IPC-A-610 RU

Издание F - Июль 2014
Заменяет издание E
Апрель 2010

Критерии приемки электронных сборок

Разработан

Association Connecting Electronics Industries

IPC®

The Principles of Standardization

In May 1995 the IPC's Technical Activities Executive Committee (TAEC) adopted Principles of Standardization as a guiding principle of IPC's standardization efforts.

Standards Should:

- Show relationship to Design for Manufacturability (DFM) and Design for the Environment (DFE)
- Minimize time to market
- Contain simple (simplified) language
- Just include spec information
- Focus on end product performance
- Include a feedback system on use and problems for future improvement

Standards Should Not:

- Inhibit innovation
- Increase time-to-market
- Keep people out
- Increase cycle time
- Tell you how to make something
- Contain anything that cannot be defended with data

Notice

IPC Standards and Publications are designed to serve the public interest through eliminating misunderstandings between manufacturers and purchasers, facilitating interchangeability and improvement of products, and assisting the purchaser in selecting and obtaining with minimum delay the proper product for his particular need. Existence of such Standards and Publications shall not in any respect preclude any member or nonmember of IPC from manufacturing or selling products not conforming to such Standards and Publication, nor shall the existence of such Standards and Publications preclude their voluntary use by those other than IPC members, whether the standard is to be used either domestically or internationally.

Recommended Standards and Publications are adopted by IPC without regard to whether their adoption may involve patents on articles, materials, or processes. By such action, IPC does not assume any liability to any patent owner, nor do they assume any obligation whatever to parties adopting the Recommended Standard or Publication. Users are also wholly responsible for protecting themselves against all claims of liabilities for patent infringement.

IPC Position Statement on Specification Revision Change

It is the position of IPC's Technical Activities Executive Committee that the use and implementation of IPC publications is voluntary and is part of a relationship entered into by customer and supplier. When an IPC publication is updated and a new revision is published, it is the opinion of the TAEC that the use of the new revision as part of an existing relationship is not automatic unless required by the contract. The TAEC recommends the use of the latest revision. Adopted October 6, 1998

Why is there a charge for this document?

Your purchase of this document contributes to the ongoing development of new and updated industry standards and publications. Standards allow manufacturers, customers, and suppliers to understand one another better. Standards allow manufacturers greater efficiencies when they can set up their processes to meet industry standards, allowing them to offer their customers lower costs.

IPC spends hundreds of thousands of dollars annually to support IPC's volunteers in the standards and publications development process. There are many rounds of drafts sent out for review and the committees spend hundreds of hours in review and development. IPC's staff attends and participates in committee activities, typesets and circulates document drafts, and follows all necessary procedures to qualify for ANSI approval.

IPC's membership dues have been kept low to allow as many companies as possible to participate. Therefore, the standards and publications revenue is necessary to complement dues revenue. The price schedule offers a 50% discount to IPC members. If your company buys IPC standards and publications, why not take advantage of this and the many other benefits of IPC membership as well? For more information on membership in IPC, please visit www.ipc.org or call 847/597-2872.

Thank you for your continued support.

©Copyright 2014. IPC, Bannockburn, Illinois, USA. All rights reserved under both international and Pan-American copyright conventions. *Any copying, scanning or other reproduction of these materials without the prior written consent of the copyright holder is strictly prohibited and constitutes infringement under the Copyright Law of the United States.*

IPC A-610F RU

Критерии приемки электронных сборок

If a conflict occurs between the English and translated versions of this document, the English version will take precedence.

В случае разночтений англоязычной версии и перевода, англоязычная версия имеет приоритет.

Разработано командой разработчиков IPC-A-610, включающей рабочую группу (7-31B), азиатскую рабочую группу (7-31BCN), северную рабочую группу (7-31BND), рабочую группу немецкого языка (7-31BDE) и рабочую группу Индии (7-31BIN) из Комитетов по контролю за качеством продукции (7-30 и 7-30CN) IPC

Переведено:

RENEX EEC
Authorized IPC Training Center
POLAND
www.renex.com.pl
www.ipctraining.pl
office@ipctraining.pl

Заменяет:

IPC-A-610E - Апрель 2010
IPC-A-610D - Февраль 2005
IPC-A-610C - Январь 2000
IPC-A-610B - Декабрь 1994
IPC-A-610A - Март 1990
IPC-A-610 - Август 1983

Пользователям данного стандарта предлагается принять участие в разработке последующих изменений.

Контактная информация:

IPC
3000 Lakeside Drive, Suite 309S
Bannockburn, Illinois
60015-1249
Tel 847 615.7100
Fax 847 615.7105

ADOPTION NOTICE

IPC-A610, "Acceptability of Electronic Assemblies", was adopted on 12-FEB-02 for use by the Department of Defense (DoD). Proposed changes by DoD activities must be submitted to the DoD Adopting Activity: Commander, US Army Tank-Automotive and Armaments Command, ATTN: AMSTA-TR-E/IE, Warren, MI 48397-5000. Copies of this document may be purchased from the The Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits, 2215 Sanders Rd, Suite 200 South, Northbrook, IL 60062. http://www.ipc.org/

Custodians:
Army - AT
Navy - AS
Air Force - 11

Reviewer Activities:
Army - AV, MI

Adopting Activity:
Army - AT
(Project SOLD-0060)

AREA SOLD

DISTRIBUTION STATEMENT A: Approved for public release; distribution is unlimited.

Благодарности

Любой стандарт, включающий сложную технологию, привлекает материалы из огромного числа источников. Ниже приведены основные участники команды разработчиков IPC-A-610, включающую рабочую группу (7-31B), азиатскую рабочую группу (7-31BCN), северную рабочую группу (7-31BND), рабочую группу немецкого языка (7-31BDE) и рабочую группу Индии (7-31BIN) из Комитетов по контролю за качеством продукции (7-30 и 7-30CN) IPC. Невозможно упомянуть всех, кто участвовал в разработке данного стандарта. Каждому из них члены IPC выражают свою благодарность.

Комитет гарантии качества

Председатель
Mel Parrish
STI Electronics, Inc.

Заместитель Председателя
Mike Hill
Viasystems Group, Inc.

Взаимосвязь по техническим вопросам Совета Директоров IPC

Bob Neves
Microtek (Changzhou) Laboratories

IPC-A-610 Рабочая группа (7-31B)

Сопредседатели
Constantino J. Gonzalez
ACME Training & Consulting

Jennifer Day
CGI Federal

Kathy Johnston
Raytheon Missile Systems

IPC-A-610 Северная рабочая группа (7-31BND)

Сопредседатели
Alex Christensen
HYTEK

Claus Molgaard
ALPHA-elektronik A/S

Keld Maaloee
LEGO Systems A/S

IPC-A-610 Рабочая группа – Китай (7-31BCN)

Председатель
Renhua Wang
Jabil Circuit (Shanghai) Ltd.

IPC-A-610 Рабочая группа – Немецкий язык (7-31BDE)

Председатель
Rainer Taube
Taube Electronic GmbH

IPC-A-610 Рабочая группа – Индия (7-31BIN)

Председатель
T.S. Nanjundaswamy
IPC Technology Consulting Pvt Ltd

Члены рабочей группы IPC-A-610 (7-31B)

Jon Roberts
Doug Rogers
Teresa Rowe
Donald McFarland, 3i
Arye Grushka, A. A. Training Consulting and Trade A.G. Ltd.
Alejandro Cruz, ACME Training & Consulting
Constantino Gonzalez, ACME Training & Consulting
Debbie Wade, Advanced Rework Technology-A.R.T
John Vickers, Advanced Rework Technology-A.R.T
Darrin Dodson, Alcatel-Lucent
Joseph Smetana, Alcatel-Lucent
Russell Nowland, Alcatel-Lucent
Sean Keating, Amphenol Limited (UK)
Bruce Hughes, Amrdec MS&T EPPT
Michael Aldrich, Analog Devices Inc.
Christopher Sattler, AQS - All Quality & Services, Inc.
Scott Venhaus, Arrow Electronics Inc.
Mark Shireman, ATK Armament Systems
Agnieszka Ozarowski, BAE Systems
Mark Hoylman, BAE Systems CNI Div.
Joseph Kane, BAE Systems Platform Solutions
Marvin Banks, Ball Aerospace & Technologies Corp.
Jonathon Vermillion, Ball Aerospace & Technologies Corp.
Andre Baune, Bautech Inc.
Gerald Leslie Bogert, Bechtel Plant Machinery, Inc.
Norman Mier, BEST Inc.
Dorothy Cornell, Blackfox Training Institute
Karl Mueller, Boeing Company
Edward Cuneo, Boeing Company
Mary Bellon, Boeing Research & Development
Michael Jawitz, Boeing Research & Development
Jack Olson, Caterpillar Inc.

Благодарности (продолжение)

Zenaida Valianu, Celestica
Jennifer Day, CGI Federal
Alanis Heriberto, Chamberlain
Steven Perng, Cisco Systems Inc.
Robert Priore, Cisco Systems Inc.
Lavanya Gopalakrishnan, Cisco Systems Inc.
Richard Brown, CommScope
Marilyn Lawrence, Conformance Technologies, Inc.
Israel Martinez, Continental Automotive Nogales S.A. de C.V.
Cynthia Gomez, Continental Temic SA de CV
Jose Servin, Continental Temic SA de CV
Miguel Dominguez, Continental Temic SA de CV
Mary Muller, Crane Aerospace & Electronics
Reggie Malli, Creation Technologies
Lowell Sherman, Defense Supply Center Columbus
Wallace Ables, Dell Inc.
John Borneman, Delphi Electronics and Safety
Irene Romero, Delta Group Electronics Inc.
Michael Mora, Delta Group Electronics Inc.
Cengiz Oztunc, DNZ Ltd.
Gabriel Rosin, Elbit Systems Ltd.
Pam McCord, Elbit Systems of America
Imelda Avila, EPIC Technologies
Helena Pasquito, EPTAC Corporation
Leo Lambert, EPTAC Corporation
Joachim Schuett, FED-Fachverband Elektronik Design e.V.
Nancy Chism, Flextronics
Omar Karin Hernandez, Flextronics Manufacturing Mex, SA de CV
Eric Camden, Foresite, Inc.
Michael Yuen, Foxconn CMMSG-NVPD
Doug Lamond, Foxconn LLC
Stephen Fribbins, Fribbins Training Services
Ray Davison, FSI
Gary Ferrari, FTG Circuits
Frederick Santos, General Dynamics - C4 Systems
Kristen Troxel, Hewlett-Packard Company
Elizabeth Benedetto, Hewlett-Packard Company
Robert Zak, Honeywell
John Mastorides, Honeywell Aerospace
Richard Rumas, Honeywell Canada
William Novak, Honeywell International
Jennie Hwang, H-Technologies Group
Marco Huber, Huber Consulting
Poul Juul, HYTEK
Bert El-Bakri, Inovar, Inc.
Jagadeesh Radhakrishnan, Intel Corporation
Ife Hsu, Intel Corporation
Ricardo Moncaglieri, INVAP SE
James (Chunguang) Liu, IPC China (Beijing Office)
John Yu, I-SAC Electronic Co., Ltd.
Richard Pond, Itron Inc.
Quyen Chu, Jabil Circuit, Inc.
Girish Wable, Jabil Circuit, Inc. (HQ)
Thomas Cipielewski, Jabil Circuit, Inc. (HQ)
Minh Do, Jet Propulsion Laboratory
Reza, Ghaffarian, Jet Propulsion Laboratory
Frank Hules, Johanson Dielectrics Inc.
Akikazu Shibata, JPCA-Japan Electronics Packaging and Circuits Association
Nancy Bullock-Ludwig, Kimball Electronics
Augustin Stan, L&G Advice Serv SRL
Shelley Holt, L-3 Communications
Robert Fornefeld, L-3 Communications
Frederick Beltran, L-3 Communications
Byron Case, L-3 Communications
Peter Menuez, L-3 Communications - Cincinnati Electronics
Bruce Bryla, L-3 Communications - Narda Microwave East
Keld Maaloee, LEGO Systems A/S
Linda Woody, Lockheed Martin Missile & Fire Control
Vijay Kumar, Lockheed Martin Missile & Fire Control
Sam Polk, Lockheed Martin Missiles & Fire Control
Kimberly Shields, Lockheed Martin Mission Systems & Training
Pamela Petcosky, Lockheed Martin Mission Systems & Training
Dominik Alder, Lockheed Martin Space Systems Company
Neil Wolford, Logic PD
Daniel Foster, Missile Defense Agency
Bill Kasprzak, Moog Inc.
Mary Lou Sachenik, Moog Inc.
William Draper, Moog Inc.
Anthony Wong, NASA Johnson Space Center
Robert Cooke, NASA Johnson Space Center
James Blanche, NASA Marshall Space Flight Center
Charles Gamble, NASA Marshall Space Flight Center
Christopher Hunt, National Physical Laboratory
Wayne Thomas, Nexteer Automotive
Rene Martinez, Northrop Grumman Aerospace Systems

Благодарности (продолжение)

Mahendra Gandhi, Northrop Grumman Aerospace Systems
Robert Cass, Northrop Grumman Amherst Systems
Randy McNutt, Northrop Grumman Corp.
Mac Butler, Northrop Grumman Corporation
Tana Soffa, Northrop Grumman Corporation
Doris McGee, Northrop Grumman Corporation
Toshiyasu Takei, NSK Co., ltd.
Angela Pennington, NuWaves Engineering
Ken Moore, Omni Training Corp.
Raymond Falkenthal, Optimum Design Associates
Matt Garrett, Phonon Corporation
Ron Fonsaer, PIEK International Education Centre (I.E.C.) BV
Frank Huijsmans, PIEK International Education Centre (I.E.C.) BV
Rob Walls, PIEK International Education Centre (I.E.C.) BV
Peter Koller, PKS Systemtechnik GmbH
Richard Kraszewski, Plexus Corp.
Timothy Pitsch, Plexus Corporation
Bill Barthel, Plexus Manufacturing Solutions
Toby Stecher, Pole Zero Corporation
Guy Ramsey, R & D Assembly
Lisa Maciolek, Raytheon Company
James Saunders, Raytheon Company
David Nelson, Raytheon Company
Joe Whitaker, Raytheon Company
Roger Miedico, Raytheon Company
Amy Hagnauer, Raytheon Company
Lynn Krueger, Raytheon Company
David Tucker, Raytheon Company
William Ortloff, Raytheon Company
Fonda Wu, Raytheon Company
James Daggett, Raytheon Company
Kathy Johnston, Raytheon Missile Systems
Lance Brack, Raytheon Missile Systems
George Millman, Raytheon Missile Systems
Patrick Kane, Raytheon System Technology
Paula Jackson, Raytheon UK
Udo Welzel, Robert Bosch GmbH
Caroline Ehlinger, Rockwell Collins
Debie Vorwald, Rockwell Collins
Douglas Pauls, Rockwell Collins
David Hillman, Rockwell Collins
David Adams, Rockwell Collins
Greg Hurst, RSI, Inc.
Neil Johnson, Saab - Electronic Defence Systems
Casimir Budzinski, Safari Circuits Inc.
Gaston Hidalgo, Samsung Telecommunications America
Richard Henrick, Sanmina Corporation
Mary James, Schlumberger Well Services
Dan Kelsey, Scienscope International Corporation
Finn Skaanning, Skaanning Quality & Certification - SQC
Craig Pfefferman, Southern California Braiding Company, Inc.
Gregg Owens, Space Exploration Technologies
Roger Bell, Space Systems/Loral
Paul Pidgeon, STEM Training
Mel Parrish, STI Electronics, Inc.
Patricia Scott, STI Electronics, Inc.
Floyd Bertagnolli, STM - Service To Mankind
Terry Clitheroe, Surface Mount Circuit Board Association
Andres Ojalill, Tallinn Polytechnic School
Rainer Taube, Taube Electronic GmbH
Tracy Clancy Vecchiolli, Technical Training Center
Cary Schmidt, Teknetix Inc.
Constantinos Metaxas, Telephonics Corporation
Thomas Ahrens, Trainalytics GmbH
Calette Chamness, U.S. Army Aviation & Missile Command
R. Michael Moore, U.S. Army Aviation & Missile Command
David Carlton, U.S. Army Aviation & Missile Command
Sharon Ventress, U.S. Army Aviation & Missile Command
Heidi Havelka, Unipower Corporation
Scott Meyer, UTC Aerospace Systems
Constantin Hudon, Varitron Technologies Inc.
Gabriela, Ventana Medical Systems
Linda Tucker-Evoniuk, Vergent Products, Inc.
Lawrence (Skip) Foust, Veteran Affairs Hospital
Gerjan Diepstraten, Vitronics Soltec
David Zueck, Western Digital Corporation
Jeffrey Black, Westinghouse Electric Co. - NPO
Peter Newell, Whirlpool Corporation
Lionel Fullwood, WKK Distribution Ltd.
Zhe (Jacky) Liu, ZTE Corporation
Jiamin Zhang, ZTE Corporation
Jianfeng Liu, ZTE Corporation

Благодарности (продолжение)

Члены рабочей группы IPC-A-610 – Китай (7-31BCN)

He Yun
Zhou Guanjun
Cao Yanling, Alcatel-Lucent Shanghai Bell Co., Ltd.
Liu Zhijie, Beijing Dinghan Technology Co., Ltd
Zhao Jack, Emerson Network Power Co. Ltd.
Zhao, Charlie, Emerson Network Power Co. Ltd.
Zhang Cylin, Flextronics Electronics Technology (Suzhou) Co. Ltd.
Yuan Zhang, Huawei Technologies Co., Ltd.
Tu Yunhua (Danny), Huawei Technologies Co., Ltd.
Gong Peter, Huawei Technologies Co., Ltd.
Cao Xi, Huawei Technologies Co., Ltd.
He Dapeng, Huawei Technologies Co., Ltd.
Zhou Huilin, Huawei Technologies Co., Ltd.
Chen Yenchi, Integrated Service Technology (Kunshan)
Wang Renhua, Jabil Circuit (Shanghai) Ltd.
Sun Learner, Jabil Circuit (Shanghai) Ltd.
Wan Yi, Jabil Circuit (Shanghai) Ltd.
Li Liyi, Jabil Circuit (Shanghai) Ltd.
Zhao Johnson (Songtao), ShenZhen Easyway Science & Technology Co. Ltd.
Luo Jinsong, Shenzhen KaiFa Technology Co., Ltd.
Jia Bianfen, ZTE Corporation
Gao Yunhang, ZTE Corporation
Tang Xuemei, ZTE Corporation

Члены северной рабочей группы IPC-A-610 (7-31BND)

Claus Molgaard, ALPHA-elektronik A/S
Jacob Wrobell, APC Denmark
Turi Roslund, Bang & Olufsen
Jorgen Stenstrup, Danfoss Drives A/S
Jesper Konge, Gaasdal Bygningsindustri A/S
Jesper Djurhuus, GPV Electronics A/S
Torben Kruse, Grundfos Management A/S
Svein Kolbu, Hapro AS
Alex Christensen, HYTEK
Eva Vinsrygg, Kitron AS
Elin Olsen, Kitron AS
Keld Maaloee, LEGO Systems A/S
Henrick Snaebum, MAN Diesel
Torgrim Nordhus, Norautron AS
Palle Pedersen, Printca GRAPHIC A/S
Gregers Dybdal, Protec Electronics ApS
Birgitte Carstens, Protec Electronics ApS
Steven Hansen, Vestas Control Systems
Bjarne Hartvigsen, Vestas Control Systems
Jan Vindvik, WesternGeco

Члены рабочей группы немецкого языка IPC-A-610 (7-31BDE)

Thomas Lauer, Cassidian
Joachim Schuett, FED-Fachverband Elektronik Design e.V.
Marco Huber, Huber Consulting
Peter Koller, PKS Systemtechnik GmbH
Rainer Taube, Taube Electronic GmbH
Thomas Ahrens, Trainalytics GmbH

Члены рабочей группы IPC-A-610 – Индия (7-31BIN)

Jithashree Nayakarahalli, Centum Electronics Limited
Nagaraja Upadhya, Centum Rakon India Pvt. Ltd.
Rentachintala Sudhakar, Electronics Test & Development Center
Appanallur Saravanan, Indian Institute of Science
Panchapakesan Kannan, Indsoltech
Tirumalai Phanishayee, IPC Technology Consulting Pvt Ltd
T. Nanjundaswamy, IPC Technology Consulting Pvt Ltd
Chandrashekaraiah Nagaraj, IPC Technology Consulting Pvt Ltd
Dilip, Rane, IPC Technology Consulting Pvt Ltd
B. J., Srinivas, Kreative Technologies

Благодарности (продолжение)

ОСОБАЯ БЛАГОДАРНОСТЬ

Выражаем особую благодарность следующим участникам за предоставленные рисунки и иллюстрации, которые используются в настоящем выпуске:

Donald McFarland, 3i
Constantino Gonzalez, ACME Training & Consulting
Darrin Dodson, Alcatel-Lucent
Jonathon Vermillion, Ball Aerospace & Technologies Corp.
Jennifer Day, CGI Federal
Cynthia Gomez, Continental Temic SA de CV
Anitha Sinkfield, Delphi Electronics and Safety
Jack Zhao, Emerson Network Power Co. Ltd.
Omar Karin Hernandez, Flextronics Manufacturing Mex, SA de CV
He DaPeng, Huawei Technologies Co., LTD.
Zhou HuiLing, Huawei Technologies Co., LTD.
Zhang Yuan, Huawei Technologies Co., LTD.
Alex Christensen, HYTEK
Bert El-Bakri, Inovar, Inc.
Luca Moliterni, Istituto Italiano della Saldatura
Wang Renhua, Jabil Circuit, Shanghai
Nancy Bullock-Ludwig, Kimball Electronics Group
C. Don Dupriest, Lockheed Martin Missiles and Fire Control
Linda Woody, Lockheed Martin Missile & Fire Control
Hue Green, Lockheed Martin Space Systems Company
Daniel Foster, Missile Defense Agency
Ken Moore, Omni Training Corp.[1]
Rob Walls, PIEK International Education Centre BV
Julie Pitsch, Plexus Corp.
David Nelson, Raytheon Company
Kathy Johnston, Raytheon Missile Systems
Paula Jackson, Raytheon UK
Marcin Sudomir, RENEX
David Hillman, Rockwell Collins
Douglas Pauls, Rockwell Collins
David Decker, Samtec
Bob Willis, SMART Group[2]
Mel Parrish, STI Electronics
Patricia Scott, STI Electronics
Bee-Eng Sarafyn, Strataflex Corporation
Thomas Ahrens, Trainalytics GmbH
Philipp Hechenberger, TridonicAtco GmbH & Co KG

1. Figures 3-4, 3-5, 5-18, 5-40, 6-19, 6-22, 6-24, 6-46, 6-68, 6-72, 6-73, 6-86, 6-87, 6-96, 6-100, 6-101, 6-102, 6-103, 6-104, 6-107, 6-108, 6-109, 6-110, 6-111, 6-113, 6-114, 6-115, 6-117, 6-118, 6-119, 6-123, 6-124, 7-17, 7-28, 7-32, 7-84, 7-92, 7-95, 8-171, 8-172 are © Omni Training, used by permission.
2. Figures 5-50, 8-59, 8-66, 8-95, 8-135, 8-164, 8-165, 8-166, 8-167, 8-168, 8-169, and 11-22 are © Bob Willis, used by permission.

Страница преднамеренно оставлена пустой.

Содержание

1 Предисловие ... 1-1

1.1 Область применения ... 1-2

1.2 Назначение ... 1-3

1.3 Квалификация персонала ... 1-3

1.4 Классификация ... 1-3

1.5 Определение требований ... 1-3
1.5.1 Критерии приемки ... 1-4
1.5.1.1 Желаемый результат ... 1-4
1.5.1.2 Приемлемое состояние ... 1-4
1.5.1.3 Состояние дефекта ... 1-4
1.5.1.3.1 Принятие решения ... 1-4
1.5.1.4 Состояние индикатора отклонения процесса ... 1-4
1.5.1.4.1 Методологии управления процессом ... 1-4
1.5.1.5 Комбинированные состояния ... 1-4
1.5.1.6 Неопределенные состояния ... 1-5
1.5.1.7 Специализированные конструкции ... 1-5

1.6 Термины и определения ... 1-5
1.6.1 Ориентация печатной платы ... 1-5
1.6.1.1 *Первичная сторона ... 1-5
1.6.1.2 *Вторичная сторона ... 1-5
1.6.1.3 Сторона пайки ... 1-5
1.6.1.4 Сторона установки компонентов ... 1-5
1.6.2 *Холодная пайка ... 1-5
1.6.3 Электрический зазор ... 1-5
1.6.4 Твердые загрязнения ... 1-5
1.6.5 Высокое напряжение ... 1-5
1.6.6 Интрузивная пайка ... 1-6
1.6.7 Наплыв обволакивания (компонент) ... 1-6
1.6.8 *Недействующая контактная площадка ... 1-6
1.6.9 Паста в отверстиях (Pin-in-Paste) ... 1-6
1.6.10 Шарики припоя ... 1-6
1.6.11 Диаметр провода ... 1-6
1.6.12 Перекрытие провода ... 1-6
1.6.13 Навивание провода ... 1-6

1.7 Примеры и иллюстрации ... 1-6

1.8 Методология контроля ... 1-6

1.9 Контроль размеров ... 1-6

1.10 Увеличительные приборы ... 1-6

1.11 Освещение ... 1-7

2 Применимые документы ... 2-1

2.1 Документы IPC ... 2-1

2.2 Объединенные промышленные документы ... 2-1

2.3 Документы ассоциации ЭП/ЭСР ... 2-2

2.4 Документы Объединения электронной промышленности ... 2-2

2.6 Документы Международной Электротехнической Комиссии ... 2-2

2.7 Технические публикации ... 2-2

3 Манипулирование электронными сборками ... 3-1

3.1 Предотвращение ЭП/ЭСР ... 3-2
3.1.1 Электрическая перегрузка (ЭП) ... 3-3
3.1.2 Электростатический разряд (ЭСР) ... 3-4
3.1.3 Предупреждающие наклейки ... 3-5
3.1.4 Защитные материалы ... 3-6

3.2 Рабочее место с защитой от ЭП/ЭСР/УЭСЗ ... 3-7

3.3 Приемы манипулирования ... 3-9
3.3.1 Указания ... 3-9
3.3.2 Механическое повреждение ... 3-10
3.3.3 Загрязнение ... 3-10
3.3.4 Электронные сборки ... 3-11
3.3.5 После пайки ... 3-11
3.3.6 Перчатки и напальчники ... 3-12

4 Установочные изделия ... 4-1

4.1 Сборка установочных изделий ... 4-2
4.1.1 Электрический зазор ... 4-2
4.1.2 Помехи ... 4-3
4.1.3 Монтаж компонентов - Высокая мощность ... 4-4
4.1.4 Радиаторы ... 4-6
4.1.4.1 Изоляторы и теплопроводящие компаунды ... 4-6
4.1.4.2 Контакт ... 4-8
4.1.5 Резьбовой крепеж и другие резьбовые элементы ... 4-9
4.1.5.1 Момент затяжки ... 4-11
4.1.5.2 Провода ... 4-13

Содержание (продолжение)

4.2 Монтаж стоек крепления 4-15

4.3 Соединительные штыри 4-16
4.3.1 Штыри краевых разъемов 4-16
4.3.2 Запрессованные штыри 4-17
4.3.2.1 Пайка 4-20

4.4 Крепление жгута проводов 4-23
4.4.1 Общие требования 4-23
4.4.2 Вязка 4-26
4.4.2.1 Повреждения 4-27

4.5 Укладка – Провода и жгуты проводов 4-28
4.5.1 Переплетение проводов 4-28
4.5.2 Радиус изгиба 4-29
4.5.3 Коаксиальный кабель 4-30
4.5.4 Концы неиспользуемых проводов 4-31
4.5.5 Узлы на соединениях встык и муфтах 4-32

5 Пайка 5-1

5.1 Требования к приемлемости паяных соединений 5-3

5.2 Отклонения в процессе пайки 5-4
5.2.1 Оголение металлического основания 5-4
5.2.2 Микроотверстия / раковины 5-6
5.2.3 Оплавление паяльной пасты 5-7
5.2.4 Отсутствие смачивания припоем 5-8
5.2.5 Холодная пайка / непропаянное соединение 5-9
5.2.6 Неполное смачивание 5-9
5.2.7 Избыток припоя 5-10
5.2.7.1 Шарики припоя 5-11
5.2.7.2 Перемычки 5-12
5.2.7.3 Паутина припоя / брызги 5-13
5.2.8 Горячая деформация 5-14
5.2.9 Разрыв паяного соединения 5-15
5.2.10 Сосульки припоя 5-16
5.2.11 Поднятие галтели при пайке бессвинцовым припоем 5-17
5.2.12 Горячий надрыв / усадочная раковина при пайке бессвинцовым припоем 5-18
5.2.13 Следы щупов либо другие аналогичные состояния поверхности паяных соединений 5-19

6 Контактные соединения 6-1

6.1 Обжимные изделия 6-2
6.1.1 Контакты 6-2
6.1.1.1 Зазор между основанием контакта и контактной площадкой 6-2
6.1.1.2 Колончатый 6-3
6.1.1.3 Вильчатый 6-4
6.1.2 Раскатанный фланец 6-5
6.1.3 Развальцованный фланец 6-6
6.1.4 Регулируемое расщепление 6-7
6.1.5 Пайка 6-8

6.2 Изоляция 6-10
6.2.1 Повреждение 6-10
6.2.1.1 Перед пайкой 6-10
6.2.1.2 После пайки 6-12
6.2.2 Зазор 6-13
6.2.3 Гибкая трубка 6-15
6.2.3.1 Размещение 6-15
6.2.3.2 Повреждение 6-17

6.3 Провод 6-18
6.3.1 Деформация 6-18
6.3.2 Повреждение 6-19
6.3.2.1 Многожильный провод 6-19
6.3.2.2 Одножильный провод 6-20
6.3.3 Расхождение жил (Птичья клетка) – Перед пайкой 6-20
6.3.4 Расхождение жил (Птичья клетка) – После пайки 6-21
6.3.5 Лужение 6-22

6.4 Петли для обслуживания 6-24

6.5 Снятие напряжение 6-25
6.5.1 Жгут 6-25
6.5.2 Загиб провода/вывода 6-26

6.6 Размещение выводов / проводов – Общие требования 6-28

6.7 Пайка – Общие требования 6-30

6.8 Колончатые и прямые контакты 6-31
6.8.1 Размещение выводов / проводов 6-31
6.8.2 Колончатые и прямые контакты – Пайка 6-33

6.9 Вильчатые 6-34
6.9.1 Размещение выводов / проводов – Подвод сбоку 6-34
6.9.2 Размещение выводов / проводов – Закрепление проводов 6-37
6.9.3 Размещение выводов / проводов – Подвод снизу и сверху 6-38
6.9.4 Пайка 6-39

6.10 Щелевые 6-42
6.10.1 Размещение выводов / проводов 6-42
6.10.2 Пайка 6-43

Содержание (продолжение)

6.11 Перфорированные 6-44
6.11.1 Размещение выводов / проводов 6-44
6.11.2 Пайка 6-46

6.12 Крючковые 6-47
6.12.1 Размещение выводов / проводов 6-47
6.12.2 Пайка 6-49

6.13 Гильзы для пайки 6-50
6.13.1 Размещение выводов / проводов 6-50
6.13.2 Пайка 6-52

6.14 Провода AWG 30 и меньшего диаметра – Размещение выводов / проводов 6-54

6.15 Последовательное соединение 6-55

6.16 Краевые пружинные контакты – Установка 6-56

7 Технология монтажа в отверстия 7-1

7.1 Монтаж компонентов 7-2
7.1.1 Ориентация 7-2
7.1.1.1 Ориентация – Горизонтальная установка 7-3
7.1.1.2 Ориентация – Вертикальная установка 7-5
7.1.2 Формовка выводов 7-6
7.1.2.1 Радиус изгиба 7-6
7.1.2.2 Зазор между герметизацией вывода/местом сварки и точкой загиба 7-7
7.1.2.3 Ослабление механического напряжения 7-8
7.1.2.4 Повреждение 7-10
7.1.3 Проводники, пересекающие выводы 7-11
7.1.4 Непроходимость отверстия 7-12
7.1.5 Компоненты и гнездовые разъемы типов DIP/SIP 7-13
7.1.6 Радиальные выводы – Вертикальная установка 7-15
7.1.6.1 Прокладки 7-16
7.1.7 Радиальные выводы – Горизонтальная установка 7-18
7.1.8 Разъемы 7-19
7.1.8.1 Установка под прямым углом 7-21
7.1.8.2 Вертикально установленные направляющие штырьковых разъемов и гнездовые части разъемов 7-22
7.1.9 Проводящие корпуса 7-23

7.2 Крепление компонентов 7-23
7.2.1 Монтажные хомуты 7-23
7.2.2 Приклейка 7-25
7.2.2.1 Приклейка – Неприподнятые компоненты 7-26
7.2.2.2 Приклейка – Приподнятые компоненты 7-29
7.2.3 Другие элементы 7-30

7.3 Металлизированные отверстия 7-31
7.3.1 Аксиальные выводы – Горизонтальная установка 7-31
7.3.2 Аксиальные выводы – Вертикальная установка 7-33
7.3.3 Выступание провода / вывода 7-35
7.3.4 Подгибка провода / вывода 7-36
7.3.5 Пайка 7-38
7.3.5.1 Вертикальное заполнение (A) 7-41
7.3.5.2 Сторона установки компонентов – Пайка вывода в отверстие (B) 7-43
7.3.5.3 Сторона установки компонентов – Покрытие припоем контактной площадки (C) 7-45
7.3.5.4 Сторона пайки – Пайка вывода в отверстие (D) 7-46
7.3.5.5 Сторона пайки – Покрытие припоем контактной площадки (E) 7-47
7.3.5.6 Состояние пайки – Припой на изгибе вывода 7-48
7.3.5.7 Состояние пайки – Контакт с корпусом компонента, монтируемого в отверстие 7-49
7.3.5.8 Состояние пайки – Пайка компонентов с наплывом обволакивания 7-50
7.3.5.9 Обрезка выводов после пайки 7-52
7.3.5.10 Изоляция покрытого провода в паяном соединении 7-53
7.3.5.11 Соединения без выводов – Переходные отверстия 7-54
7.3.5.12 Монтаж одной печатной платы на другую (Board in Board) 7-55

7.4 Неметаллизированные отверстия 7-58
7.4.1 Аксиальные выводы – Горизонтальная установка 7-58
7.4.2 Аксиальные выводы – Вертикальная установка 7-59
7.4.3 Выступание провода / вывода 7-60
7.4.4 Подгибка провода / вывода 7-61
7.4.5 Пайка 7-63
7.4.6 Обрезка выводов после пайки 7-65

7.5 Перемычки из провода 7-66
7.5.1 Выбор провода 7-66
7.5.2 Прокладка провода 7-67
7.5.3 Фиксация провода 7-69
7.5.4 Металлизированные отверстия 7-71
7.5.4.1 Металлизированные отверстия – Вывод в отверстии 7-71
7.5.5 Соединение с навивкой 7-72
7.5.6 Пайка внахлест 7-73

Содержание (продолжение)

8 Поверхностный монтаж 8-1

8.1 Приклейка 8-3
8.1.1 Фиксация компонентов 8-3
8.1.2 Механическая прочность 8-4

8.2 Выводы компонентов для поверхностного монтажа 8-6
8.2.1 Пластиковые компоненты 8-6
8.2.2 Повреждение 8-6
8.2.3 Уплощение 8-7

8.3 Соединения с применением технологии поверхностного монтажа (ТПМ) 8-7

8.3.1 Чип-компоненты – Контактные поверхности расположены только снизу 8-8
8.3.1.1 Боковое выступание (A) 8-9
8.3.1.2 Торцевое выступание (B) 8-10
8.3.1.3 Ширина галтели с торца (C) 8-11
8.3.1.4 Длина галтели сбоку (D) 8-12
8.3.1.5 Максимальная высота галтели (E) 8-13
8.3.1.6 Минимальная высота галтели (F) 8-13
8.3.1.7 Толщина припоя (G) 8-14
8.3.1.8 Перекрытие на торце (J) 8-14

8.3.2 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон 8-15
8.3.2.1 Боковое выступание (A) 8-16
8.3.2.2 Торцевое выступание (B) 8-18
8.3.2.3 Ширина галтели с торца (C) 8-19
8.3.2.4 Длина галтели сбоку (D) 8-21
8.3.2.5 Максимальная высота галтели (E) 8-22
8.3.2.6 Минимальная высота галтели (F) 8-23
8.3.2.7 Толщина припоя (G) 8-24
8.3.2.8 Перекрытие на торце (J) 8-25
8.3.2.9 Варианты установки 8-26
8.3.2.9.1 Монтаж на бок (на торец) 8-26
8.3.2.9.2 Перевернутый монтаж компонентов 8-28
8.3.2.9.3 Штабелированный монтаж компонентов 8-29
8.3.2.9.4 Эффект «надгробного камня» 8-30
8.3.2.10 Контактные поверхности, расположенные по центру компонента 8-31
8.3.2.10.1 Ширина пайки на боковой контактной поверхности 8-31
8.3.2.10.2 Минимальная высота галтели на боковой контактной поверхности 8-32

8.3.3 Компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами 8-33
8.3.3.1 Боковое выступание (A) 8-34
8.3.3.2 Торцевое выступание (B) 8-35
8.3.3.3 Ширина галтели с торца (C) 8-36
8.3.3.4 Длина галтели сбоку (D) 8-37
8.3.3.5 Максимальная высота галтели (E) 8-38
8.3.3.6 Минимальная высота галтели (F) 8-39
8.3.3.7 Толщина припоя (G) 8-40
8.3.3.8 Перекрытие на торце (J) 8-41

8.3.4 Компоненты с зубчатыми металлизированными торцами 8-42
8.3.4.1 Боковое выступание (A) 8-43
8.3.4.2 Торцевое выступание (B) 8-44
8.3.4.3 Минимальная ширина галтели с торца (C) 8-44
8.3.4.4 Минимальная длина галтели сбоку (D) 8-45
8.3.4.5 Максимальная высота галтели (E) 8-45
8.3.4.6 Минимальная высота галтели (F) 8-46
8.3.4.7 Толщина припоя (G) 8-46

8.3.5 Плоские выводы в форме крыльев чайки 8-47
8.3.5.1 Боковое выступание (A) 8-47
8.3.5.2 Торцевое выступание (B) 8-51
8.3.5.3 Минимальная ширина галтели с торца (C) 8-52
8.3.5.4 Минимальная длина галтели сбоку (D) 8-54
8.3.5.5 Максимальная высота галтели со стороны пятки вывода (E) 8-56
8.3.5.6 Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода (F) 8-57
8.3.5.7 Толщина припоя (G) 8-58
8.3.5.8 Компланарность выводов 8-59

8.3.6 Круглые и уплощенные выводы в форме крыльев чайки 8-60
8.3.6.1 Боковое выступание (A) 8-61
8.3.6.2 Торцевое выступание (B) 8-62
8.3.6.3 Минимальная ширина галтели с торца (C) 8-62
8.3.6.4 Минимальная длина галтели сбоку (D) 8-63
8.3.6.5 Максимальная высота галтели со стороны пятки вывода (E) 8-64
8.3.6.6 Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода (F) 8-65
8.3.6.7 Толщина припоя (G) 8-66
8.3.6.8 Минимальная высота контакта сбоку (Q) 8-66
8.3.6.9 Компланарность выводов 8-67

8.3.7 J-образные выводы 8-68
8.3.7.1 Боковое выступание (A) 8-68
8.3.7.2 Торцевое выступание (B) 8-70
8.3.7.3 Ширина галтели с торца (C) 8-70
8.3.7.4 Длина галтели сбоку (D) 8-72
8.3.7.5 Максимальная высота галтели со стороны пятки вывода (E) 8-73
8.3.7.6 Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода (F) 8-74
8.3.7.7 Толщина припоя (G) 8-76
8.3.7.8 Компланарность 8-76

Содержание (продолжение)

8.3.8 I-образные выводы 8-77
8.3.8.1 Переделанные воводы монтируемых в отверстия компонентов 8-77
8.3.8.2 Выводы, «заряженные» (наполненные) припоем 8-78
8.3.8.3 Максимальное боковое выступание (A) 8-79
8.3.8.4 Максимальное торцевое выступание (B) 8-80
8.3.8.5 Минимальная ширина галтели с торца (C) 8-81
8.3.8.6 Минимальная длина галтели сбоку (D) 8-82
8.3.8.7 Максимальная высота галтели (E) 8-82
8.3.8.8 Минимальная высота галтели (F) 8-83
8.3.8.9 Толщина припоя (G) 8-84

8.3.9 Плоские лепестковые выводы 8-85

8.3.10 Высокие компоненты, имеющие контакты только с нижней стороны 8-86

8.3.11 Компоненты с L-образными выводами, загнутыми под корпус 8-87

8.3.12 Компоненты с матричным расположением выводов 8-89
8.3.12.1 Совмещение 8-90
8.3.12.2 Зазор между шариковыми выводами 8-90
8.3.12.3 Паяные соединения 8-91
8.3.12.4 Пустоты 8-93
8.3.12.5 Подзаливка / приклейка 8-93
8.3.12.6 Корпус-на-корпусе 8-94

8.3.13 Компоненты с контактными поверхностями снизу 8-96

8.3.14 Компоненты с теплоотводными площадками под корпусом 8-98

8.3.15 Сплющенные штыри 8-100
8.3.15.1 Максимальное выступание соединения – Контактная площадка квадратной формы 8-100
8.3.15.2 Максимальное выступание соединения – Контактная площадка круглой формы 8-101
8.3.15.3 Максимальная высота галтели 8-101

8.3.16 Компоненты с P-образными выводами 8-102
8.3.16.1 Максимальное боковое выступание (A) 8-103
8.3.16.2 Максимальное торцевое выступание (B) 8-103
8.3.16.3 Минимальная ширина галтели с торца (C) 8-104
8.3.16.4 Минимальная длина галтели сбоку (D) 8-104
8.3.16.5 Минимальная высота галтели (F) 8-105

8.4 Специализированные соединения поверхностного монтажа 8-106

8.5 Разъемы для поверхностного монтажа 8-107

8.6 Перемычки из провода 8-108
8.6.1 Технология поверхностного монтажа (ТПМ) 8-109
8.6.1.1 Чип-компоненты и компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами 8-109
8.6.1.2 Выводы типа «крыло чайки» 8-110
8.6.1.3 J-образные выводы 8-111
8.6.1.4 Зубчатые контакты 8-111
8.6.1.5 Контактная площадка 8-112

9 Повреждения компонентов 9-1

9.1 Потеря металлизации 9-2

9.2 Повреждения чип-резисторов 9-3

9.3 Выводные / безвыводные компоненты 9-4

9.4 Керамические чип-конденсаторы 9-8

9.5 Разъемы 9-10

9.6 Реле 9-13

9.7 Повреждения сердечника трансформатора 9-13

9.8 Разъемы, ручки, экстракторы, замки 9-14

9.9 Штыри краевых разъемов 9-15

9.10 Запрессованные штыри 9-16

9.11 Штыри разъемов коммутационной панели 9-17

9.12 Монтаж радиаторов 9-18

9.13 Резьбовые элементы и установочные изделия 9-19

Содержание (продолжение)

10 Печатные платы и сборки 10-1

10.1 Непаяемые контактные поверхности 10-2
10.1.1 Загрязнение 10-2
10.1.2 Повреждение 10-4

10.2 Повреждения диэлектрика платы 10-4
10.2.1 Пятнистость и волосяные трещины 10-5
10.2.2 Вздутие и расслоение 10-7
10.2.3 Текстура ткани / оголение ткани 10-9
10.2.4 Ореол 10-10
10.2.5 Расслоение края платы, сколы и волосяные трещины на краю платы 10-12
10.2.6 Обгорание 10-14
10.2.7 Изгиб и кручение 10-15
10.2.8 Разделение панелей 10-16

10.3 Проводники / контактные площадки 10-18
10.3.1 Уменьшение размеров 10-18
10.3.2 Отслоение 10-19
10.3.3 Механическое повреждение 10-21

10.4 Гибкие и гибко-жесткие платы 10-22
10.4.1 Повреждения 10-22
10.4.2 Расслоение/Вздутие 10-24
10.4.2.1 Гибкая часть 10-24
10.4.2.2 Зона усиления 10-25
10.4.3 Затекание припоя 10-26
10.4.4 Присоединение 10-27

10.5 Маркировка 10-28
10.5.1 Травление (Включая ручное нанесение) 10-30
10.5.2 Трафаретное нанесение 10-31
10.5.3 Нанесение с помощью штампа 10-33
10.5.4 Нанесение лазером 10-34
10.5.5 Этикетки 10-35
10.5.5.1 Штрих-код/Матричный код 10-35
10.5.5.2 Читаемость 10-36
10.5.5.3 Этикетки – Адгезия и повреждение 10-37
10.5.5.4 Расположение 10-37
10.5.6 Метки радиочастотной идентификации 10-38

10.6 Чистота 10-39
10.6.1 Остатки флюса 10-40
10.6.2 Твердые загрязнения 10-41
10.6.3 Хлориды, карбонаты и белый налет 10-42
10.6.4 Остатки флюса – Безотмывочный процесс – Внешний вид 10-44
10.6.5 Внешний вид поверхности 10-45

10.7 Паяльная маска 10-46
10.7.1 Складки / трещины 10-47
10.7.2 Пустоты, пузыри, царапины 10-49
10.7.3 Разрывы 10-50
10.7.4 Изменение цвета 10-51

10.8 Конформное покрытие 10-51
10.8.1 Общие указания 10-51
10.8.2 Нанесение 10-52
10.8.3 Толщина 10-54
10.8.4 Электроизоляционное покрытие 10-55
10.8.4.1 Нанесение 10-55
10.8.4.2 Толщина 10-55

10.9 Заливка 10-56

11 Проводной монтаж 11-1

11.1 Навивка без припоя 11-2
11.1.1 Количество витков 11-3
11.1.2 Межвитковый зазор 11-4
11.1.3 Хвостовики, навивка изоляции 11-5
11.1.4 Перекрытие выступающих витков 11-7
11.1.5 Расположение соединения 11-8
11.1.6 Заправка провода 11-10
11.1.7 Слабина провода 11-11
11.1.8 Покрытие провода 11-12
11.1.9 Поврежденная изоляция 11-13
11.1.10 Поврежденные провода и штыри 11-14

12 Высокое напряжение 12-1

Приложение А A-1

Предисловие

В данном разделе рассматриваются следующие темы:

1.1 Область применения 1-2

1.2 Назначение 1-3

1.3 Квалификация персонала 1-3

1.4 Классификация 1-3

1.5 Определение требований 1-3
1.5.1 Критерии приемки 1-4
1.5.1.1 Желаемый результат 1-4
1.5.1.2 Приемлемое состояние 1-4
1.5.1.3 Состояние дефекта 1-4
1.5.1.3.1 Принятие решения 1-4
1.5.1.4 Состояние индикатора отклонения процесса 1-4
1.5.1.4.1 Методологии управления процессом 1-4
1.5.1.5 Комбинированные состояния 1-4
1.5.1.6 Неопределенные состояния 1-5
1.5.1.7 Специализированные конструкции 1-5

1.6 Термины и определения 1-5
1.6.1 Ориентация печатной платы 1-5
1.6.1.1 *Первичная сторона 1-5
1.6.1.2 *Вторичная сторона 1-5
1.6.1.3 Сторона пайки 1-5
1.6.1.4 Сторона установки компонентов 1-5
1.6.2 *Холодная пайка 1-5
1.6.3 Электрический зазор 1-5
1.6.4 Твердые загрязнения 1-5
1.6.5 Высокое напряжение 1-5
1.6.6 Интрузивная пайка 1-6
1.6.7 Наплыв обволакивания (компонент) 1-6
1.6.8 *Недействующая контактная площадка 1-6
1.6.9 Паста в отверстиях (Pin-in-Paste) 1-6
1.6.10 Шарики припоя 1-6
1.6.11 Диаметр провода 1-6
1.6.12 Перекрытие провода 1-6
1.6.13 Навивание провода 1-6

1.7 Примеры и иллюстрации 1-6

1.8 Методология контроля 1-6

1.9 Контроль размеров 1-6

1.10 Увеличительные приборы 1-6

1.11 Освещение 1-7

Предисловие (продолжение)

1.1 Область применения Данный стандарт является сборником требований к визуальному качеству электронных сборок. Стандарт не предоставляет критерии для сравнительной оценки.

Данный документ представляет критерии приемки при изготовлении электрических и электронных сборок. Исторически, стандарты по сборке электроники содержали более полные материалы для изучения принципов и подходов. Для более полного понимания рекомендаций и требований данного документа рекомендуется его использовать совместно с документами IPC-HDBK-001, IPC-AJ-820 и IPC J-STD-001.

Критерии данных стандартов не предназначены ни для определения процессов сборки электронных устройств, ни для подтверждения необходимости ремонта / внесения изменений либо замены продукции клиента. К примеру, наличие критерия к приклейке компонентов не влечет за собой/не разрешает/не требует использования приклейки, а изображение навитого по часовой стрелке вывода не влечет за собой/не разрешает/не требует, чтобы все выводы и провода были навиты по часовой стрелке.

Следует ознакомить пользователей данного стандарта с требованиями документа, а также способами их применения.

Следует сохранять объективные свидетельства, подтверждающие данные знания. При отсутствии возможности вести такие объективные свидетельства организации следует проводить периодический контроль навыков персонала для надлежащего определения визуальных критериев приемки.

Стандарт IPC-A-610 включает в себя критерии, выходящие за пределы стандарта IPC J-STD-001 – манипулирование, механические и другие квалификационные требования. Смежные документы указаны в таблице 1-1.

Стандарт IPC-AJ-820 является вспомогательным документом, который предоставляет информацию о назначении данного документа и объясняет либо подробно излагает техническое обоснование границ перехода критериев от состояния Желаемый результат до состояния Дефекта. Дополнительно предоставляется вспомогательная информация для более широкого понимания процессов, которые связаны с эксплуатационными показателями, но не всегда различимы с помощью методов визуального контроля.

Таблица 1-1 Сводка смежных документов

Цель документа	Spec.#	Определение
Стандарт по конструированию	IPC-2220 (серия) IPC-7351 IPC-CM-770	Требования к конструкции отражают три уровня сложности (уровни A, B и C), указывающие на более мелкие размеры, бóльшую плотность установки, большее количество операций при изготовлении продукции. Руководства по компонентам и процессу сборки предназначены для оказания помощи в конструировании печатных плат и сборке, где вопрос конструирования ориентирован на конструирование контактных площадок для поверхностного монтажа, а вопрос сборки – на принципах поверхностного монтажа и монтажа в отверстия, которые обычно включены в процесс конструирования и документацию.
Требования к печатным платам	IPC-6010 (серия) IPC-A-600	Требования и документация по приемке жестких, гибко-жестких, гибких и подложек других типов.
Документы для конечных изделий	IPC-D-325	Документация, описывающая особые требования к печатным платам, сконструированных заказчиком, либо требования к конечным изделиям. Отдельные моменты могут соответствовать или не соответствовать промышленным стандартам или требованиям к качеству исполнения, предпочтениям заказчика или требованиям внутренних стандартов.
Стандарты для конечных изделий	J-STD-001	Требования к паяным электрическим и электронным сборкам, представляющие собой минимальные приемлемые характеристики, а также методы оценки (испытаний), частоту испытаний и возможность применения требований к управлению процессом.
Стандарт приемки	IPC-A-610	Иллюстрированный поясняющий документ, описывающий разнообразные характеристики печатной платы и/или сборки в соответствии с минимально приемлемыми характеристиками, отраженные в стандарте на конечное изделие, и отражающий различные состояния выхода процесса из-под контроля (индикатор отклонения процесса или дефект), что помогает принять решение о необходимости корректирующих действий.
Программы обучения (необязательны)		Документированные требования к преподаванию, процедуры и техники обучения по внедрению требований приемки на конечное изделие, стандартов приемки или требований, приведенных в документации заказчика.
Доработка и ремонт	IPC-7711/7721	Документация, описывающая методы удаления конформного покрытия, демонтажа и замены компонентов, восстановления защитной паяльной маски, модификации / восстановления материала платы, проводников и сквозных металлизированных отверстий.

Предисловие (продолжение)

Пояснения, приведенные в документе IPC-AJ-820, могут быть полезны для принятия решений по состояниям, классифицированным как Дефект, в процессах, связанных с Индикатором отклонения процесса, а также для ответа на вопросы, связанные с пониманием и использованием определенного содержания настоящего стандарта. Ссылка на IPC-A-610, приводимая в договоре (контракте), не требует применения стандарта IPC-AJ-820, если это не оговорено в контрактной документации.

1.2 Назначение Стандарты для визуального контроля в этом документе отражают требования существующих стандартов IPC и других применяемых документов. Для возможности применения данного документа потребителем следует, чтобы сборка (изделие) соответствовала требованиям других имеющихся документов IPC, таких как IPC-7351, серия IPC-2220, серия IPC-6010 и IPC-A-600. Если сборка не соответствует этим или аналогичным требованиям, критерии приемки **должны** быть согласованы между заказчиком и поставщиком.

Иллюстрации в данном документе отражают специфические требования, обозначенные в заглавии каждой страницы. Каждая иллюстрация снабжена кратким описанием. Этот документ не ставит своей целью исключить какой-либо процесс установки компонента или нанесения флюса и припоя, применяемый для создания электрического соединения; однако применяемые методы **должны** обеспечить создание готового паяного соединения, соответствующего требованиям приемки, описанным в данном документе.

В случае противоречия текстовое изложение критерия всегда имеет преимущество перед иллюстрациями

1.3 Квалификация персонала Все инструкторы, операторы и контролеры должны быть компетентными в тех задачах, которые они выполняют. Объективные свидетельства их квалификации должны быть сохранены и доступны для ознакомления. В качестве таких объективных свидетельств следует использовать записи по обучению выполняемым рабочим операциям, опыт работы, тестирование по требованиям данного стандарта и/или результаты периодической квалификационной оценки. Обучение без отрыва от производства допускается под наблюдением, пока квалификация не будет подтверждена.

1.4 Классификация Решения о приемке и/или отклонении **должны** основываться на предоставленной документации, такой как договоры (контракты), чертежи, спецификации, стандарты и ссылочные документы. Критерии, определенные в данном документе, отражают три класса:

Класс 1—Электронные изделия общего назначения
Включает в себя изделия, пригодные для применения в условиях, при которых главным требованием к готовому изделию является его функционирование.

Класс 2—Электронные изделия специального назначения
Включает в себя изделия, от которых требуется непрерывное функционирование и повышенный срок службы, и для которых бесперебойная работа желательна, но не является критичной. Обычно условия эксплуатации изделий не способствуют возникновению отказов.

Класс 3—Электронные изделия с высокими эксплуатационными качествами/работающие в жестких условиях
Включает изделия, для которых непрерывное функционирование с повышенными характеристиками, либо работа по необходимости являются критичными, не допускаются периоды неисправного состояния оборудования, а условия эксплуатации могут быть крайне жесткими. Оборудование должно функционировать всегда, когда это требуется, как например, в системах жизнеобеспечения или других ответственных системах.

Заказчик (потребитель) несет полную ответственность за определение класса, по которому оценивается электронная сборка. Если пользователь и производитель совместно не устанавливают и не документируют класс приемки, производитель может установить его самостоятельно.

1.5 Определение требований Данный документ предоставляет критерии приемки готовых электронных сборок. Если имеется требование, которое нельзя определить в терминах приемлемого результата, индикатора отклонения процесса либо дефекта, для определения требования используется слово «**должен**». Если не указано иное, слово «**должен**» в данном документе указывает на требование к производителям изделий всех классов, несоответствие указанным требованиям является несоблюдением данного стандарта.

Предисловие (продолжение)

Все изделия **должны** отвечать требованиям чертежа (-ей) / документации и требованиям к применимому классу изделий, определенным в данном документе. Отсутствие установочных изделий или компонентов является дефектом для всех классов.

1.5.1 Критерии приемки В случае цитирования или ссылок в договоре (контракте) на стандарт IPC-A-610, как на самостоятельный документ для контроля и/или приемки, требования стандарта IPC J-STD-001 «Требования к электрическим и электронным сборкам, изготавливаемым с помощью пайки» не применяются, кроме случаев, когда это требуется отдельно и специально.

В случае противоречия необходимо применять документы в следующей очередности:

1. Поставка в соответствии с соглашениями и документами между заказчиком и поставщиком.
2. Рабочий чертеж или сборочный чертеж, отображающие подробные требования заказчика.
3. IPC-A-610, если имеется требование заказчика или договора (контракта), указывающее на его применение.

Если приводятся ссылки на документы, отличные от IPC-A-610, порядок приоритетов **должен** определяться в документах на поставку.

Критерии даются для каждого класса по четырем состояниям: желаемый результат, приемлемое состояние, дефект или индикатор отклонения процесса. “Не определено” означает, что нет точно определенного критерия для этого класса и может потребоваться установить его дополнительно между производителем и потребителем.

1.5.1.1 Желаемый результат Состояние, близкое к совершенному / предпочтительному, однако это желательное состояние не всегда достижимо и может быть необязательным для обеспечения надежности сборки в условиях эксплуатации.

1.5.1.2 Приемлемое состояние Эта характеристика обозначает состояние, которое не обязательно совершенно, но будет обеспечивать целостность и надежность электронной сборки в условиях эксплуатации.

1.5.1.3 Состояние дефекта Дефект – это состояние, которое может быть недостаточным для уверенного обеспечения формы, сопряжения или функционирования узла в условиях эксплуатации. По состояниям дефектов производителем **должны** быть приняты решения на основе требований конструкции, обслуживании, а также требований, предъявляемых заказчиком. Может быть принято решение о ремонте, доработке, отбраковке или использовании «как есть». Ремонт или использование «как есть» может потребовать согласия заказчика

Потребитель (заказчик) несет ответственность за определение уникальных видов дефектов, применяемых к продукту.

Дефект для класса 1 автоматически подразумевает дефект для класса 2 и 3. Дефект для класса 2 подразумевает дефект для класса 3.

1.5.1.3.1 Принятие решения Определение того, как необходимо обращаться с дефектами. Возможные решения включают, но не ограничиваются ремонтом, использованием «как есть», отбраковкой либо восстановлением.

1.5.1.4 Состояние индикатора отклонения процесса Индикатор отклонения процесса является состоянием (не дефектом), определяющим характеристики, которые не влияют на форму, сопряжение или функционирование изделия.

- Такое состояние является результатом причин, связанных с материалами, конструкцией и/или оператором / оборудованием, которые создают условия, не соответствующие полностью ни критериям приемки, ни дефекту.
- Индикаторы отклонения процесса следует контролировать как часть системы управления процессом. Если количество индикаторов отклонения процесса показывает ненормальные отклонения в процессе или нежелательные тенденции, процесс следует проанализировать. Это может привести к действиям по снижению отклонений и увеличению выхода годных изделий.
- Принятие решения по отдельным индикаторам отклонения процесса не требуется, и изделие следует использовать «как есть».

1.5.1.4.1 Методологии управления процессом При планировании, выполнении и оценке производственных процессов, используемых для изготовления электрических и электронных сборок с применением пайки, следует применять методологии управления процессом. В зависимости от конкретной рассматриваемой компании, операции или параметра, для обеспечения соответствия управления процессом и его возможностей требованиям конечного изделия в различных процессах могут

Предисловие (продолжение)

применяться различные основополагающие подходы, стратегии применения, инструменты и решения. Производителю необходимо поддерживать ведение доступных для ознакомления объективных свидетельств имеющегося плана управления / улучшения процессов.

1.5.1.5 Комбинированные состояния Для приемки изделия совокупные состояния **должны** быть рассмотрены дополнительно к составляющим его характеристикам, даже если эти характеристики по отдельности не являются дефектами. Значительное количество возможных комбинаций не позволяет полностью описать их в данном стандарте, но производителю следует проявлять бдительность относительно возможности комбинированных или совокупных состояний и их влияния на работу готового изделия.

Условия приемки, приведенные в данном стандарте, определены и разработаны, исходя из их раздельного влияния на надежность изделий обозначенных классов. В случае комбинированного влияния связанных между собой состояний их совокупное влияние может быть значительным. Например, минимальное количество припоя, образующего галтель, в сочетании с максимальным боковым выступанием и минимальным перекрытием на торце может быть причиной значительного снижения механической прочности соединения. За определение таких условий отвечает производитель.

Потребитель отвечает за определение комбинированных условий, в которых значительное влияние оказывает условия эксплуатации и требования к производительности продукта.

1.5.1.6 Неопределенные состояния Состояния, которые не определены как дефект или индикатор отклонения процесса, могут считаться приемлемыми, если не установлено, что они влияют на форму, сопряжение или функционирование.

1.5.1.7 Специализированные конструкции IPC-A-610, согласованный промышленностью документ, он не может учесть всех возможных комбинаций компонентов и конструкций узлов. Там, где используются нестандартные или специализированные технологии, может потребоваться разработка особых требований. Однако, при наличии аналогичных характеристик, документ может служить руководством для определения критериев приемки. Часто необходимо определить особые требования для специальных характеристик при рассмотрении влияющих на производительность продукта критериев. Разработку следует выполнять с участием либо по согласованию с заказчиком. Для Класса 2 и 3 критерий **должен** включать согласованное определение условий приемки.

По мере возможности эти критерии следует предоставить Техническому комитету IPC для рассмотрения и возможного включения в следующую редакцию данного стандарта.

1.6 Термины и определения Пункты, обозначенные знаком «*», цитируются из IPC-T-50.

1.6.1 Ориентация печатной платы При определении стороны печатной платы в данном документе используются следующие термины. Сторона пайки / сторона установки компонентов **должна** учитываться при применении некоторых критериев, например, указанных в Таблицах 7-4, 7-5 и 7-7.

1.6.1.1 *Первичная сторона Сторона расположения корпусов компонентов и соединительных проводников (печатной платы), определенная таким образом на рабочем чертеже. (Обычно это сторона, содержащая наиболее сложные компоненты или наибольшее количество компонентов.) В технологии монтажа компонентов в отверстия эта сторона иногда обозначается как сторона установки компонентов.

1.6.1.2 *Вторичная сторона Сторона расположения корпусов компонентов и соединительных проводников (печатной платы), противоположная первичной стороне. (В технологи монтажа компонентов в отверстия эта сторона иногда обозначается как сторона пайки.)

1.6.1.3 *Сторона пайки Сторона пайки является той стороной печатной платы, которая контактирует с припоем. Обычно это вторичная сторона печатной платы при пайке волной, погружением или протягиванием. Сторона пайки может быть и первичной стороной платы при ручной пайке.

1.6.1.4 *Сторона установки компонентов Сторона установки компонентов является той стороной печатной платы, в направлении которой течет припой при монтаже компонентов в отверстия. Сторона установки, как правило, является первичной стороной при пайке волной, протягиванием или погружением. Сторона установки компонентов может быть вторичной при ручной пайке.

Предисловие (продолжение)

1.6.2 *Холодная пайка Паяное соединение, которое характеризуется недостаточным смачиванием и серой пористой структурой. (Это происходит вследствие чрезмерного загрязнения припоя, недостаточной очистки перед пайкой и/или недостаточного прогрева в процессе пайки.)

1.6.3 Электрический зазор В данном документе минимальное расстояние между неизолированными проводниками (например, площадками, материалами, установочными изделиями или остатками материалов) называется «минимальным электрическим зазором». Это значение определяется соответствующим стандартом по конструированию, утвержденной или контролируемой документацией. Необходимо, чтобы изоляционный материал обеспечивал достаточную электрическую изоляцию. Если стандарт по конструированию неизвестен, используйте приложение А (заимствовано из стандарта IPC-2221). Любое нарушение требований к минимальному электрическому зазору является дефектом для всех классов изделий.

1.6.4 Твердые загрязнения Общий термин для обозначения какого-либо загрязнения, мусора, твердых частиц или чужеродных предметов на сборке или системе.

1.6.5 Высокое напряжение Значение термина «высокое напряжение» зависит от конструкции и области применения. Критерии, приведенные в настоящем документе и относящиеся к высокому напряжению, применяются только в том случае, если это требование отдельно приведено в чертежах или документации на поставку.

1.6.6 Интрузивная пайка Процесс, при котором паяльная паста для монтажа компонентов в отверстия наносится с применением трафарета или дозирующего устройства, и компоненты для монтажа в отверстия паяются оплавлением вместе с компонентами поверхностного монтажа.

1.6.7 Наплыв обволакивания (компонент) Герметик или заливочный материал вывода, выступающий от посадочной плоскости компонента. Включает в себя такие материалы, как керамика, эпоксидная смола или другие композитные материалы, и встречается у литых компонентов.

1.6.8 *Недействующая контактная площадка Контактная площадка, электрически не соединенная с проводящим рисунком этого слоя.

1.6.9 Паста в отверстиях (Pin-in-Paste) См. Интрузивная пайка

1.6.10 Шарики припоя Шарики припоя – это остатки припоя, образовавшиеся после процесса пайки. Термин включает в себя также маленькие шарики паяльной пасты, «разбрызганные» вокруг паяного соединения в процессе пайки оплавлением.

1.6.11 Диаметр провода В данном документе под диаметром провода (D) понимается суммарный диаметр проводника, включая изоляцию. Если не указано иное, критерии данного стандарта применяются к одножильным проводам / выводам компонентов, либо многожильным проводам.

1.6.12 Перекрытие провода Провод/вывод охватывает более 360° и перекрещивается с самим собой, т. е. не контактирует со столбиком контакта на всем участке охвата, рис. 6-64B.

1.6.13 Навивание провода Провод / вывод охватывает более 360° и на всем участке охвата контактирует со столбиком контакта, рис. 6-64A.

1.7 Примеры и иллюстрации Многие приведенные примеры (иллюстрации) сильно преувеличены для облегчения классификации.

Пользователям этого стандарта необходимо уделять особое внимание предмету каждого радела во избежание неверного толкования.

1.8 Методология контроля Решения о приемке и/или отклонении **должны** основываться на применимой документации, такой как договор (контракт), чертежи, спецификации и ссылочные документы.

Контролер не выбирает класс проверяемой сборки, см. п. 1.4. Документация, определяющая класс контролируемой сборки, **должна** быть предоставлена в распоряжение контролера.

Технология Автоматизированной Инспекции (АИ) является альтернативой визуальному контролю и дополняет оборудование автоматизированного тестирования. Многие характеристики, описанные в данном документе, могут быть проверены с помощью

Предисловие (продолжение)

системы АИ. Стандарты IPC-AI-641 «Руководство пользователя систем автоматизированной инспекции паяных соединений» и IPC-AI-642 «Руководство пользователя автоматизированной инспекции фотошаблонов, внутренних слоев и печатных плат без установленных компонентов» содержат большее количество информации по технологии автоматизированной инспекции.

При желании заказчика воспользоваться требованиями промышленного стандарта по частоте проведения контроля и приемки, для определения более детальных требований к пайке рекомендуется использовать стандарт J-STD-001.

1.9 Контроль размеров Точное измерение конкретных размеров, указанных в данном документе (например, монтажа определенных компонентов, размеры галтели припоя, а также определение параметров, выраженных в процентах), не является обязательным, кроме как для целей экспертной оценки. Все измерения указаны в единицах СИ (Международной системы единиц) с эквивалентными размерами в английской системе, указанными в скобках. Все указанные в данном стандарте допуски являются абсолютными допусками согласно ASTM E29.

1.10 Увеличительные приборы Некоторые технические требования могут потребовать использования увеличительных приборов для визуального контроля печатных узлов.

Допуск для увеличительных приборов составляет ±15% от выбранной кратности увеличения. При использовании увеличительных приборов для визуального контроля, они **должны** соответствовать проверяемому изделию. Если требования к кратности увеличения не определены в сопроводительной документации, кратность определяется в соответствии с изделием согласно таблицам 1-2 и 1-3.

Таблица 1-2 Кратность увеличения (Ширина контактной площадки)

Ширина или диаметр контактной площадки[1]	Кратность увеличения	
	Диапазон увеличений при осмотре	Максимальное увеличение для экспертной оценки
>1 мм [0,04 дюйма]	от 1,5X до 3X	4X
>0,5 до ≤1 мм [0,02 до 0,04дюйма]	от 3X до 7.5X	10X
≥0,25 до ≤0,5 мм [0,01 до 0,02 дюйма]	от 7.5X до 10X	20X
<0,25 мм [0,01 дюйма]	от 20X	40X

Примечание 1: Часть проводящего рисунка, применяемого для обеспечения соединения и/или установки компонентов.

Таблица 1-3 Применение увеличительных приборов – остальные случаи

Чистота (с процессами отмывки либо без них)	Увеличение не требуется, см. примечание 1
Чистота (безотмывочные процессы)	Примечание 1
Конформное покрытие/Заливка, Приклейка	Примечания 1,2
Маркировка	Примечание 2
Прочее (Повреждения компонента, провода и пр.)	Примечание 1

Примечание 1: Визуальный осмотр может потребовать применение увеличения. Например, при наличии компонентов с малым шагом или сборок плотной компоновки увеличение может потребоваться для установления влияния загрязнений на форму, сопряжение или функционирование.

Примечание 2: При применении увеличения, кратность ограничивается максимум 4X.

Если наличие дефекта не может быть определено при выбранной для осмотра кратности увеличения, изделие считается приемлемым. Увеличение для экспертной оценки применяется, только если дефект был определен, но не может быть полностью идентифицирован при выбранной кратности увеличения для осмотра. Для сборок с различной шириной контактных площадок может использоваться наибольшая кратность для всего изделия.

1.11 Освещение Освещение **должно** соответствовать проверяемому изделию.

Следует обеспечивать освещение на поверхности рабочих мест по меньшей мере 1000 лм/м^2 (примерно 93 фут-канделы). Источники освещения следует подбираться так, чтобы не образовывались тени.

Примечание: При выборе источника света важным параметром является цветовая температура света. Свет с температурой от 3000 до 5000 К позволяет пользователям более явно распознавать различные элементы сборок на печатных платах и их загрязнения.

Страница преднамеренно оставлена пустой.

2 Применимые документы

Следующие документы, действующие на момент публикации, составляют часть настоящего документа в указанных здесь пределах.

2.1 Документы IPC[1]

IPC-HDBK-001 Handbook & Guide to Supplement J-STD-001

IPC-T-50 Terms and Definitions for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits

IPC-CH-65 Guidelines for Cleaning of Printed Boards and Assemblies

IPC-D-279 Design Guidelines for Reliable Surface Mount Technology Printed Board Assemblies

IPC-D-325 Documentation Requirements for Printed Boards

IPC-A-600 Критерии приемки печатных плат

IPC/WHMA-A-620 Requirements & Acceptance for Cable & Wire Harness Assemblies

IPC-AI-641 User's Guidelines for Automated Solder Joint Inspection Systems

IPC-AI-642 User's Guidelines for Automated Inspection of Artwork, Inner-layers, and Unpopulated PWBs

IPC-TM-650 Test Methods Manual

IPC-CM-770 Component Mounting Guidelines for Printed Boards

IPC-SM-785 Guidelines for Accelerated Reliability Testing of Surface Mount Attachments

IPC-AJ-820 Assembly & Joining Handbook

IPC-CC-830 Qualification and Performance of Electrical Insulating Compound for Printed Board Assemblies

IPC-HDBK-830 Guidelines for Design, Selection and Application of Conformal Coatings

IPC-SM-840 Qualification and Performance of Permanent Solder Mask

IPC-1601 Printed Board Handling and Storage Guidelines

IPC-2220 (Series) Family of Design Documents

IPC-6010 (Series) IPC-6010 Family of Board Performance Documents

IPC-7093 Design and Assembly Process Implementation for Bottom Termination Components

IPC-7095 Design and Assembly Process Implementation for BGAs

IPC-7351 Generic Requirements for Surface Mount Design and Land Pattern Standard

IPC-7711/7721 Восстановление, модификация и ремонт электронных сборок

IPC-9691 User Guide for the IPC-TM-650, Method 2.6.25, Conductive Anodic Filament (CAF) Resistance Test (Electro-chemical Migration Testing)

IPC-9701 Performance Test Methods and Qualification Requirements for Surface Mount Solder Attachments

2.2 Объединенные промышленные документы[2]

J-STD-001 Требования к электрическим и электронным сборкам, изготавливаемым с помощью пайки

EIA/IPC/JEDEC J-STD-002 Solderability Tests for Component Leads, Terminations, Lugs, Terminals and Wires

J-STD-003 Solderability Tests for Printed Boards

J-STD-004 Требования к флюсам для пайки

IPC/JEDEC J-STD-020 Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Plastic Integrated Circuit Surface Mount Devices

IPC/JEDEC J-STD-033 Standard for Handling, Packing, Shipping and Use of Moisture Sensitive Surface Mount Devices

ECA/IPC/JEDEC J-STD-075 Classification of Non-IC Electronic Components for Assembly Processes

1. www.ipc.org
2. www.ipc.org

2.3 Документы ассоциации ЭП/ЭСР[3]

ANSI/ESD S8.1 ESD Awareness Symbols

ANSI/ESD-S-20.20 Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment

2.4 Документы Объединения электронной промышленности[4]

EIA-471 Symbol and Label for Electrostatic Sensitive Devices

2.5 Документы Международной Электротехнической Комиссии[5]

IEC/TS 61340-5-1 Protection of Electronic Devices from Electrostatic Phenomena - General Requirements

2.6 Американское Общество по Испытаниям и Материалам[6]

ASTM E29 Standard Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications

2.7 Технические публикации[7]

Bob Willis Package on Package (PoP) STACK Package Assembly

3. www.esda.org
4. www.iec.ch
5. www.eia.org
6. www.astm.org
7. www.ASKbobwillis.com

Защита узла от ЭП/ЭСР и другие приемы манипулирования

В данном разделе рассматриваются следующие темы:

3.1 Предотвращение ЭП/ЭСР 3-2
3.1.1 Электрическая перегрузка (ЭП) 3-3
3.1.2 Электростатический разряд (ЭСР) 3-4
3.1.3 Предупреждающие наклейки 3-5
3.1.4 Защитные материалы 3-6

3.2 Рабочее место с защитой от ЭП/ЭСР/УЭСЗ 3-7

3.3 Приемы манипулирования 3-9
3.3.1 Указания 3-9
3.3.2 Механическое повреждение 3-10
3.3.3 Загрязнение 3-10
3.3.4 Электронные сборки 3-11
3.3.5 После пайки 3-11
3.3.6 Перчатки и напальчники 3-12

Информация в данном разделе носит общий характер. Дополнительная информация содержится в стандартах ANSI/ESD-S-20.20 и других смежных документах.

3.1 Предотвращение ЭП/ЭСР

Электростатический разряд (ЭСР) – мгновенный перенос энергии электрического поля, созданного источниками статического электричества, от одного объекта к другому, с отличным потенциалом. Если электростатический разряд произойдет вблизи или непосредственно на чувствительный компонент, компонент может быть поврежден.

Электрическая перегрузка (ЭП) является результатом неожиданного воздействия электрической энергии, способным привести к повреждению компонента. Повреждение может быть вызвано многими причинами, как например электрическое оборудование или статический разряд, возникший в процессе манипулирования либо обработки.

Компоненты, чувствительные к электростатическому разряду – это компоненты, способные пострадать от скачков высокого напряжения. Относительная чувствительность компонентов к ЭСР зависит от их конструкции и материала. Поскольку компоненты продолжают уменьшаться в размерах и их быстродействие возрастает, чувствительность к ЭСР увеличивается.

Чувствительные к электростатическому разряду компоненты могут отказать либо изменить номинал в результате неправильного обращения. Такие отказы могут быть как явными, так и скрытыми. Явный отказ может потребовать дополнительного тестирования и ремонта либо отбраковки. Однако, последствия скрытого отказа наиболее серьезны. Даже если изделие прошло проверку и функциональный тест, оно может выйти из строя после поставки заказчику.

Очень важно встраивать защиту от ЭСР в конструкцию печатной платы и корпуса. На участках производства и сборки работа часто ведется с незащищенными электронными сборками (как например, на испытательных стендах), подключенными к ЭСР-чувствительным компонентам. Важно, чтобы такие компоненты извлекались из защитной упаковки только на рабочих местах с защитой от ЭП/ЭСР в пределах участков, оборудованных электростатической защитой (УЭСЗ). Данный раздел посвящен обращению с вышеописанными незащищенными электронными сборками.

3.1.1 Предотвращение ЭП/ЭСР – Электрическая перегрузка (ЭП)

Электрические компоненты могут быть повреждены нежелательным разрядом электрической энергии от различных источников. Электрическая энергия может возникнуть вследствие накопления электростатического заряда либо вследствие электрических импульсов, обусловленных применением при работе таких инструментов, как паяльники, электрооборудование для контроля или другое электрооборудование, используемое в процессе изготовления. Некоторые изделия чувствительнее других. Степень чувствительности напрямую зависит от конструкции устройства. В общем, устройства с более высоким быстродействием и устройства с меньшими размерами более чувствительны, чем их более медленные и крупные предшественники. Назначение или серия устройства значительно влияют на степень чувствительности компонента. Данное явление обусловлено тем, что конструкция компонента позволяет ему реагировать на более слабые электрические импульсы либо в более широких частотных диапазонах. Можно утверждать также, что на сегодняшний день ЭСР является более серьезной проблемой, чем несколько лет назад. И в будущем она станет еще более критичной.

Принимая во внимание чувствительность узла, мы должны иметь в виду чувствительность наиболее восприимчивого компонента. Непредвиденная электрическая энергия может быть преобразована либо обработана так, как должен быть преобразован сигнал во время работы изделия.

Перед манипулированием либо работой с чувствительными компонентами необходимо тщательно проверить инструменты и оборудование на генерацию нежелательной энергии, в том числе импульсов напряжения. Текущие исследования показывают, что приемлемы напряжения и импульсы напряжения менее 0,5 В. Однако все увеличивающееся число сверхчувствительных компонентов требует применения паяльников, контрольного и другого оборудования, не генерирующего импульсы более 0,3 В.

Большинство требований по ЭСР указывает на необходимость проведения периодического контроля оборудования, поскольку характеристики оборудования могут ухудшиться во время эксплуатации. Также необходима программа периодического техобслуживания во избежание повреждений по вине ЭП.

Повреждения по вине ЭП по своей природе аналогичны повреждениям вследствие ЭСР, так как они являются результатом воздействия нежелательной электрической энергии.

3.1.2 Предотвращение ЭП/ЭСР – Электростатический разряд (ЭСР)

Наилучший способ предотвращения повреждений вследствие ЭСР – это комбинация действий по предотвращению накопления статических зарядов и уменьшению их величины в случае возникновения. Все способы защиты от ЭСР основаны на одном из этих принципов или на них обоих.

Повреждение ЭСР – это результат действия электрического заряда, порождаемого источником статического электричества, либо при контакте, либо при нахождении вблизи от чувствительного устройства. Источники электростатического электричества находятся вокруг нас. Величина образованного заряда тесно связана с характеристиками вызвавшего его источника. Для создания электростатической энергии необходимо относительное перемещение. Это может быть соприкосновение, разделение, либо трение материала.

Наиболее сильными источниками электростатического заряда являются диэлектрики, поскольку они концентрируют энергию в месте ее формирования или приложения, а не позволяют ей растечься по поверхности материала. См. таблицу 3-1. Широко используемые материалы, такие как пластиковые мешки или пенопластовые контейнеры, могут создавать значительные напряжения и не подходят для использования на производственных участках, особенно статически безопасных /оборудованных электростатической защитой (УЭСЗ). При снятии клейкой ленты с рулона может возникнуть напряжение 20 000 В. Даже сопла компрессора, перемещающие воздух над изоляционной поверхностью, создают заряд.

Таблица 3-1 Типовые источники электростатического заряда

Рабочие поверхности	Вощеные, крашеные или лакированные поверхности Необработанный винил и пластик Стекло
Полы	Гидроизолированный бетон Вощеное или обработанное дерево Плитка и ковровое покрытие
Одежда и персонал	Халаты без защиты от ЭСР Синтетические материалы Обувь без защиты от ЭСР Волосы
Стулья	Обработанное дерево Винил Стекловолокно Непроводящие колесики
Упаковка и подручные материалы	Пластиковые мешки, обертка, конверты Пузырьковая пленка Пенопласт Тара, поддоны, ящики, корзины для деталей без защиты от ЭСР
Инструменты для сборки и материалы	Сопла компрессора Сжатый воздух Синтетические кисти Фены, вентиляторы Копировальные аппараты, принтеры

Разрушительные статические заряды часто наводятся на близко расположенных проводниках, таких как кожа человека, и разряжаются на проводники печатного узла. Это может случиться при касании печатной платы человеком, несущим электростатический заряд. Плата может повредиться при прохождении разряда по проводникам к чувствительным компонентам. Электростатические заряды могут иметь слишком низкое для восприятия человеком напряжение (менее статических 3500 В), но повреждать компоненты.

Типовое образование статического напряжения приведено в таблице 3-2.

Таблица 3-2 Типовое образование статического напряжения

Источник	Влажность10-20%	Влажность 65-90%
Ходьба по ковровому покрытию	35 000 В	1 500 В
Ходьба по виниловому покрытию	12 000 В	250 В
Рабочий на месте	6 000 В	100 В
Виниловые конверты (Рабочие инструкции)	7 000 В	600 В
Пластиковый пакет, поднятый с рабочего места	20 000 В	1 200 В
Рабочий стул с пенопластовым сиденьем	18 000 В	1 500 В

3.1.3 Предотвращение ЭП/ЭСР – Предупреждающие наклейки

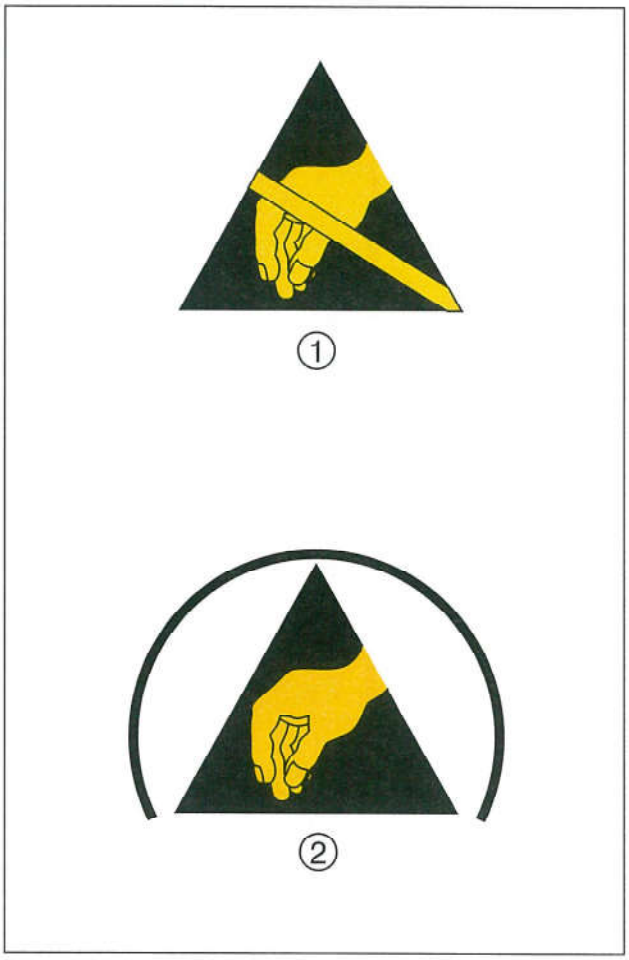


Рисунок 3-1
1. Знак чувствительности к ЭСР
2. Знак защиты от ЭСР

Предупреждающие наклейки могут размещаться в помещениях и на компонентах, узлах, оборудовании и упаковке для предупреждения людей о возможности повреждения компонентов, с которыми они работают, электростатическими или электрическими перегрузками. Примерный вид часто используемых наклеек показан на рисунке 3-1.

Знак чувствительности к ЭСР (1) – треугольник с протянутой рукой, перечеркнутый поперечной полосой. Он используется для обозначения электрического или электронного изделия, чувствительного к повреждению электростатическим разрядом.

Знак защиты от ЭСР (2) отличается от знака чувствительности к ЭСР наличием дуги вокруг треугольника и отсутствием полосы, перечеркивающей протянутую руку. Он используется при обозначении изделий, специально сконструированных для обеспечения защиты чувствительных компонентов и узлов от ЭСР.

Знаки (1) и (2) указывают на наличие чувствительных к ЭСР компонентов или на узлы, содержащие такие компоненты, то есть требующие соответствующего обращения. Данные знаки предложены ассоциацией ЭСР и описаны в стандарте ЭП/ЭСР S8.1, а также ассоциацией электронной промышленности (EIA) в стандартах EIA-471, IEC/TS 61340-5-1, а также других стандартах.

Необходимо принять во внимание, что отсутствие знака не обязательно означает нечувствительность узла к ЭСР. ***При наличии сомнений по поводу чувствительности узла, с ним необходимо обращаться, как с чувствительным, пока не будет установлено обратное.***

3.1.4 Предотвращение ЭП/ЭСР – Защитные материалы

Если с чувствительными к ЭСР компонентами и узлами не проводятся никакие работы в безопасных условиях или рабочих местах с защитой от статики их необходимо защищать от источников статического напряжения. Такой защитой могут быть проводящие, статически экранирующие ящики, конверты, пакеты или обертка.

Чувствительные к ЭСР изделия должны извлекаться из защитной упаковки только на статически защищенных рабочих местах.

Очень важно понимать различие между тремя типами защитных упаковочных материалов: (1) статическое экранирование (или защитная упаковка), (2) антистатические и (3) рассеивающие статику материалы.

Статически экранирующая упаковка препятствует прохождению электростатического разряда через упаковку в печатный узел, которое может повредить его.

Антистатические (слабо заряжающиеся) упаковочные материалы используются для мягких недорогих прокладок и промежуточной упаковки чувствительных к ЭСР изделий. Антистатические материалы не приводят к образованию заряда при перемещении. Однако, при возникновении электростатического разряда он может проникнуть сквозь антистатическую упаковку, вызвав ЭП/ЭСР повреждение чувствительных к ЭСР компонентов.

Рассеивающие статику материалы обладают проводимостью, достаточной для равномерного распределения зарядов по поверхности, разряжая сгустки энергии. Изделия, покидающие зону, защищенную от ЭП/ЭСР, должны быть переупакованы в статически экранирующую упаковку, которая обычно содержит внутри антистатические и рассеивающие статику материалы.

Не следует заблуждаться по поводу «цвета» упаковочных материалов. Широко распространено мнение, что «черная» упаковка является статически экранирующей либо проводящей, а «розовая» упаковка сама по себе антистатическая. Это мнение может быть правильным, но может и привести к ошибке. В то же время сейчас на рынке имеется большое количество прозрачных материалов, которые могут быть антистатическими или даже статически экранирующими. Одно время считалось, что прозрачные упаковочные материалы, задействованные в производстве, могут представлять опасность ЭП/ЭСР. Теперь это утверждение не соответствует действительности.

Предостережение: *Некоторые статически экранирующие и антистатические материалы, а также современные антистатические решения могут повлиять на паяемость изделий, компонентов и материалов. Необходимо соблюдать осторожность при выборе упаковочных и подручных материалов, не пачкающих изделия, и использовать их в соответствии с предписаниями изготовителя. Очистка рассеивающих статику и антистатических материалов растворителями может ухудшить их защитные свойства. При чистке придерживайтесь рекомендаций изготовителя.*

3.2 Рабочее место с защитой от ЭП/ЭСР/УЭСЗ

Рабочее место с защитой от ЭП/ЭСР предотвращает повреждение чувствительных компонентов от перенапряжений и статических разрядов во время выполнения операций. В безопасное рабочее место следует включать защиту от повреждений электрическими перегрузками, вызванными ремонтным, производственным или тестовым оборудованием. Паяльники, экстракторы припоя и оборудование контроля могут создать перенапряжение с уровнем, достаточным для разрушения особо чувствительных компонентов и значительного ухудшения характеристик других компонентов.

С целью защиты от ЭСР необходимо обеспечить заземляющий контур, нейтрализующий статические заряды, которые в противном случае могут повредить компоненты или узлы. Рабочие места с защитой от ЭП/ЭСР также включают в себя рассеивающее статику либо антистатическое покрытие, соединенное с заземлением. Кроме того, принимаются меры предосторожности для заземления кожного покрова работника, предпочтительно, с помощью браслета для исключения накапливания зарядов на коже или одежде.

При заземлении оборудования должны также приниматься меры предосторожности для защиты работника от цепей под напряжением, в следствие неосторожности либо неисправности оборудования. Данное требование обычно выполняется путем включения дополнительного сопротивления, которое также увеличивает время разряда, предотвращая возникновение искр или выбросы энергии при ЭСР. Кроме того, должно быть проведено обследование всех имеющихся источников напряжения, с которыми персонал сталкивается на рабочем месте, чтобы обеспечить адекватную защиту рабочих от поражения электрическим током.

Максимально допустимые сопротивления и времена разряда приведены в таблице 3-3.

Таблица 3-3 Максимально допустимые сопротивления и времена разряда

Измеряется от оператора через:	Максимально допустимое сопротивление	Максимально допустимое время разряда
Заземляющее покрытие пола	1000 МОм	менее 1 с
Заземляющее покрытие стола	1000 МОм	менее 1 с
Заземляющий браслет	100 МОм	менее 0,1 с

Примечание: выбор сопротивления основан на применяемых на рабочем месте напряжениях для обеспечения безопасности персонала, а также обеспечения соответствующего времени разряда.

3.2 Рабочее место с защитой от ЭП/ЭСР/УЭСЗ (продолжение)

Примеры приемлемых рабочих мест показаны на рисунках 3-2 и 3-3. При необходимости, для более чувствительных изделий могут применяться ионизаторы воздуха. Выбор и размещение ионизаторов должны обеспечивать их эффективное использование.

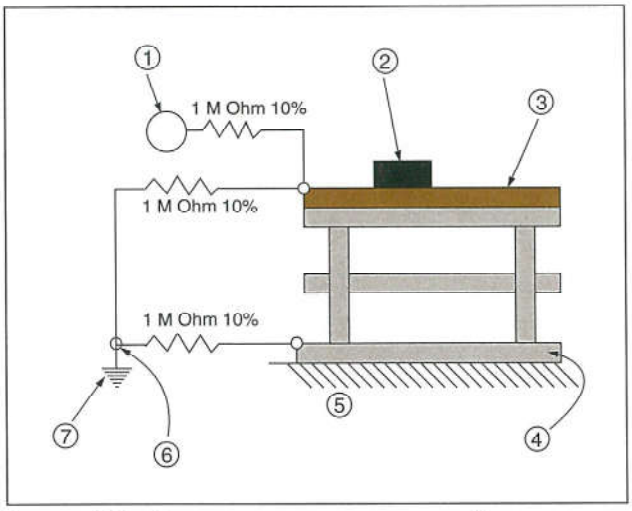


Рисунок 3-2 Последовательное подключение браслета

1. Индивидуальный браслет
2. Защитные от ЭСР поддоны, шунты, и т.п.
3. Защищенная от ЭСР крышка стола
4. Защищенный от ЭСР пол или настил
5. Пол здания
6. Общая точка заземления
7. Земля

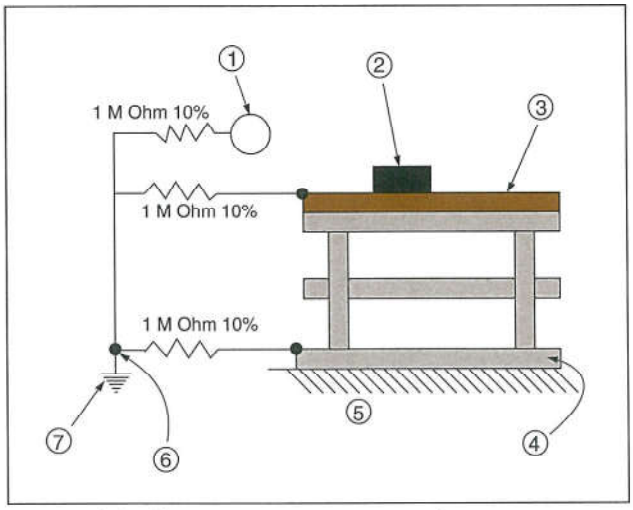


Рисунок 3-3 Параллельное подключение браслета

1. Индивидуальный браслет
2. Защитные от ЭСР поддоны, шунты, и т.п.
3. Защищенная от ЭСР крышка стола
4. Защищенный от ЭСР пол или настил
5. Пол здания
6. Общая точка заземления
7. Земля

Рабочие места необходимо освободить от материалов, порождающих электростатический заряд, таких как пенополистирол, пластмассовые экстракторы припоя, пластиковые или бумажные папки, личные вещи работников.

Периодически проверяйте рабочие места/УЭСЗ, чтобы удостовериться в их исправности. Угроза ЭП/ЭСР по отношению к продукции и персоналу может быть вызвана неправильными способами заземления или окислением соединителей. Для обеспечения эффективности защиты от ЭП/ЭСР инструменты и оборудование должны периодически проверяться и обслуживаться.

Примечание: По причине уникальности условий каждого помещения, необходимо уделить особое внимание заземлению «третьим проводом». Зачастую, вместо наличия на нем потенциала земли, провод заземления может «висеть в воздухе», приобретая потенциал от 80 до 100 В. Это напряжение между третьим проводом и электронной сборкой на правильно заземленном рабочем месте может повредить компоненты, чувствительные к ЭП, и создать опасность для персонала. Большинство технических условий ЭСР требуют также, чтобы этот потенциал равнялся потенциалу общего провода. На ЭП/ЭСР рабочих местах и в УЭСЗ настоятельно рекомендуется использование электрических розеток с устройством защитного отключения (УЗО).

3.3 Приемы манипулирования

3.3.1 Приемы манипулирования – Указания

Следует избегать загрязнения паяемых поверхностей перед пайкой. Любой предмет, соприкасающийся с этими поверхностями, должен быть чистым. После извлечения печатных плат из упаковки, обращаться с ними необходимо с большой осторожностью. Платы следует брать только за края вдали от краевых разъемов. Если во время выполнения механических операций необходимо зажать плату рукой, может потребоваться использование перчаток, отвечающих требованиям ЭП/ЭСР. Данные принципы особенно критичны при безотмывочном процессе.

Для обеспечения чистоты во время монтажа и приемки продукции необходимо соблюдать осторожность. Общее руководство по манипулированию приведено в таблице 3-4.

Таблица 3-4 Рекомендуемые правила обращения с электронными сборками

1. Содержите рабочие места в чистоте и порядке. В рабочей зоне не следует принимать пищу, пить или курить.
2. Необходимо уменьшить манипуляции с узлами и компонентами во избежание повреждений.
3. При использовании перчаток, их следует менять по мере необходимости во избежание загрязнения испачканными перчатками.
4. Не следует касаться паяемых поверхностей незащищенными руками или пальцами. Жиры и соли ухудшают паяемость, приводят к коррозии и росту дендритов. Это также может привести к уменьшению адгезии покрытий и масок.
5. Не следует пользоваться кремами для рук или лосьонами, содержащими силикон, поскольку они могут создать проблемы с пайкой и адгезией покрытий.
6. Запрещается складывать печатные узлы в стопки во избежание механических повреждений. В случае необходимости временного хранения следует предусмотреть специальные стеллажи.
7. Следует всегда считать изделия чувствительными к ЭСР, даже при отсутствии соответствующей маркировки.
8. Персонал должен быть обучен и должен придерживаться правил и процедур по защите от ЭСР.
9. Запрещается транспортировка чувствительных к ЭСР изделий при отсутствии необходимой упаковки.

Печатные платы и широко используемые компоненты в пластиковых корпусах в различной степени абсорбируют и высвобождают влагу. Нагрев во время пайки вызывает расширение абсорбированной влаги, что может помешать функционированию материалов в соответствии с требованиями. Данные повреждения (трещины, внутреннее расслоение, эффект «поп-корна»), возникающие как во время первоначальной пайки, так и во время операций ремонта, могут быть незаметными.

Для предотвращения повреждений диэлектрика платы, если уровень влажности неизвестен, необходимо произвести просушку печатных плат с целью уменьшения содержания внутренней влаги. Во избежание ухудшения паяемости вследствие роста интерметаллидов, окисления поверхности либо других внутренних повреждений компонентов, следует контролировать выбор температуры и длительность просушки.

С компонентами, чувствительными к влажности (согласно классификации IPC/JEDEC J-STD-020, ECA/IPC/JEDEC J-STD-075 или аналогичной процедуре) следует обращаться согласно стандарту IPC/JEDEC J-STD-033 или аналогичной процедуре. Требования к контролю влажности, манипулированию и упаковке печатных плат описаны в стандарте IPC-1601.

3.3.2 Манипулирование – Механическое повреждение

Несоответствующее обращение легко может стать причиной повреждения компонентов и узлов (например, трещины, выщербленные или сломанные компоненты и соединители, согнутые или сломанные контакты, сильно поцарапанные поверхности плат и контактных площадок). Механические повреждения такого рода могут разрушить изделие полностью либо отдельные компоненты.

3.3.3 Манипулирование – Загрязнение

Зачастую продукция загрязняется во время производственных процессов по причине неосторожного или несоответствующего обращения, приводя к проблемам пайки и нанесения покрытий; кожные жиры и соли, недозволенные кремы для рук являются типичными загрязняющими веществами. Жиры и кислоты уменьшают паяемость и приводят к коррозии и росту дендритов. Они также могут стать причиной недостаточной адгезии последующих покрытий и заливочных компаундов. Обычные способы очистки могут быть недостаточно эффективными. Поэтому так важно уменьшить возможность загрязнения. Лучшим решением в данном случае является его предотвращение. ***Частое мытье рук и манипуляции с платой только за края без касания контактных площадок и проводников уменьшает загрязнения. При необходимости, использование паллет и поддонов также уменьшает загрязнения.***

Многократное использование перчаток и напальчников создает ложное чувство защиты от загрязнений, и за небольшой отрезок времени платы могут загрязняться больше, чем при манипуляциях чистыми руками. При использовании перчаток и напальчников, их необходимо часто менять, правильно подбирать и утилизировать соответствующим образом.

3.3.4 Манипулирование – Электронные сборки

Даже при отсутствии соответствующей маркировки с изделием необходимо обращаться, как с чувствительным к ЭСР. Однако, компоненты и электронные сборки, чувствительные к ЭСР, необходимо обозначать соответствующими ЭП/ЭСР наклейками (см. рисунок 3-1). Многие чувствительные электронные сборки маркируются на самом узле, обычно на краевом разъеме. Для предотвращения повреждений компонентов, чувствительных к ЭП/ЭСР, все манипуляции, распаковка, сборка и контроль должны проводиться на электростатически защищенном рабочем месте (см. рисунки 3-2 и 3-3).

3.3.5 Манипулирование – После пайки

После операций пайки и отмывки все манипуляции с электронными сборками по-прежнему требуют особого внимания. Крайне сложно удалить отпечатки пальцев, которые часто проявляются на платах с конформным покрытием после климатических испытаний. Во избежание таких загрязнений может потребоваться использование перчаток либо других средств защиты. Во время операций отмывки используйте механические стойки или корзины, полностью защищенные от ЭСР.

3.3.6 Манипулирование – Перчатки и напальчники

Использование перчаток или напальчников для предотвращения загрязнений деталей или сборок может оговариваться в контракте. Также необходимо тщательно выбирать перчатки и напальчники для обеспечения ЭП/ЭСР защиты.

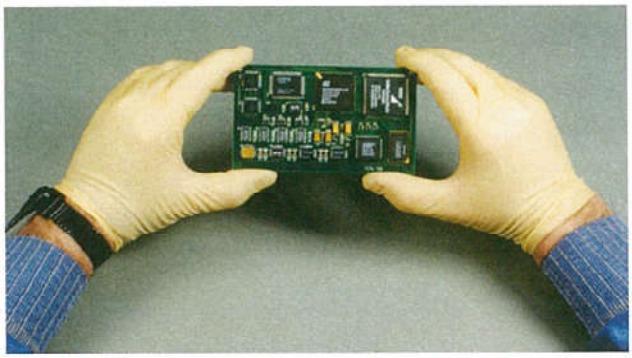


Рисунок 3-4

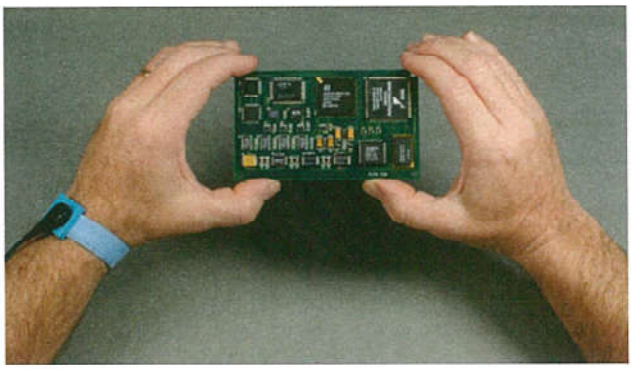


Рисунок 3-5

На рисунках 3-4 и 3-5 показаны примеры:

- Манипулирование с помощью чистых перчаток и с полной защитой от ЭП/ЭСР.
- Манипулирование во время операций отмывки с использованием стойких к растворителям перчаток, соответствующих всем требованиям защиты от ЭП/ЭСР.
- Манипулирование чистыми руками за края платы с использованием полной защиты от ЭП/ЭСР.

Примечание: Любой компонент, связанный со сборкой, при манипулировании с ним без защиты от ЭП/ЭСР, может повредить чувствительные к электростатике компоненты. Данный тип повреждений может проявиться в форме скрытых отказов, либо ухудшения характеристик изделия, не определяемых во время проведения первоначального контроля, либо полного отказа изделия.

4 Установочные изделия

Данный раздел описывает несколько типов установочных изделий, используемых для установки электронных компонентов на печатные платы либо другие виды сборочных изделий, такие как винты, болты, гайки, шайбы, клеммы, клипсы, штифты, хомуты, заклепки, соединительные штыри и т.п. Данный раздел также описывает способы визуальной оценки надлежащей затяжки (крепления), а также возможности повреждения узлов, установочных изделий и монтажной поверхности вследствие монтажа.

Производственная документация (чертежи, схемы, спецификации, описания техпроцессов) должна указывать на используемые решения; любые отклонения должны согласовываться с заказчиком.

Примечание: Критерии данного раздела не относятся к саморезам.

Визуальный контроль производится для проверки следующих условий:

a. Правильные детали и установочные изделия.
b. Правильная последовательность сборки.
c. Правильная защита и натяжение деталей и установочных изделий.
d. Отсутствие признаков повреждений.
e. Правильная ориентация деталей и установочных изделий.

В данном разделе рассматриваются следующие темы:

4.1 Сборка установочных изделий 4-2
4.1.1 Электрический зазор 4-2
4.1.2 Помехи 4-3
4.1.3 Монтаж компонентов – Высокая мощность 4-4
4.1.4 Радиаторы 4-6
4.1.4.1 Изоляторы и теплопроводящие компаунды 4-6
4.1.4.2 Контакт 4-8
4.1.5 Резьбовой крепеж и другие резьбовые элементы 4-9
4.1.5.1 Момент затяжки 4-11
4.1.5.2 Провода 4-13

4.2 Монтаж стоек крепления 4-15

4.3 Соединительные штыри 4-16
4.3.1 Штыри краевых разъемов 4-16
4.3.2 Запрессованные штыри 4-17
4.3.2.1 Пайка 4-20

4.4 Скрепление проводов в жгуты 4-23
4.4.1 Общие требования 4-23
4.4.2 Вязка 4-26
4.4.2.1 Повреждения 4-27

4.5 Укладка – Провода и жгуты проводов 4-28
4.5.1 Переплетение проводов 4-28
4.5.2 Радиус изгиба 4-29
4.5.3 Коаксиальный кабель 4-30
4.5.4 Концы неиспользуемых проводов 4-31
4.5.5 Узлы на соединениях встык и муфтах 4-32

4.1 Сборка установочных изделий

4.1.1 Сборка установочных изделий – Электрический зазор

Также смотрите раздел 1.6.3.

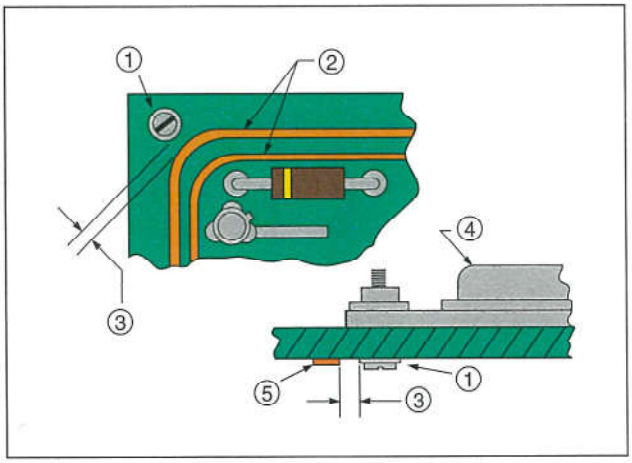


Рисунок 4-1

1. **Металлическое установочное изделие**
2. **Печатные проводники**
3. **Указанный минимальный электрический зазор**
4. **Установленный компонент**
5. **Проводник**

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Расстояние между электрически несоединенными проводниками не нарушает величины минимального электрического зазора (3). Показано на рисунке 4-1 как расстояние между (1) и (2), а также (1) и (5).

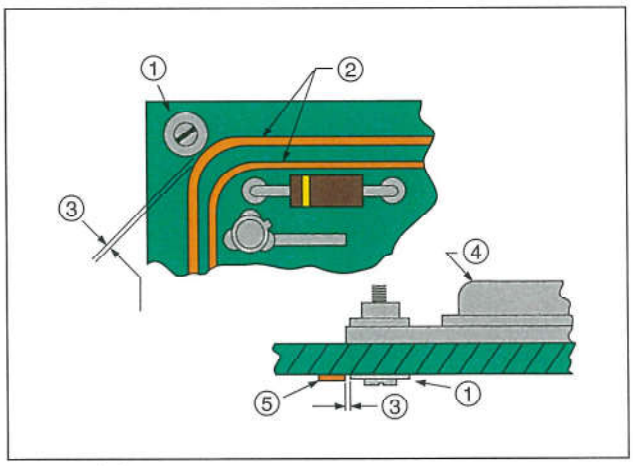


Рисунок 4-2

1. **Металлическое установочное изделие**
2. **Печатные проводники**
3. **Расстояние меньше указанного минимального электрического зазора**
4. **Установленный компонент**
5. **Проводник**

Дефект – Класс 1,2,3

- Установочное изделие нарушает величину минимального электрического зазора.

4.1.2 Сборка установочных изделий – Помехи

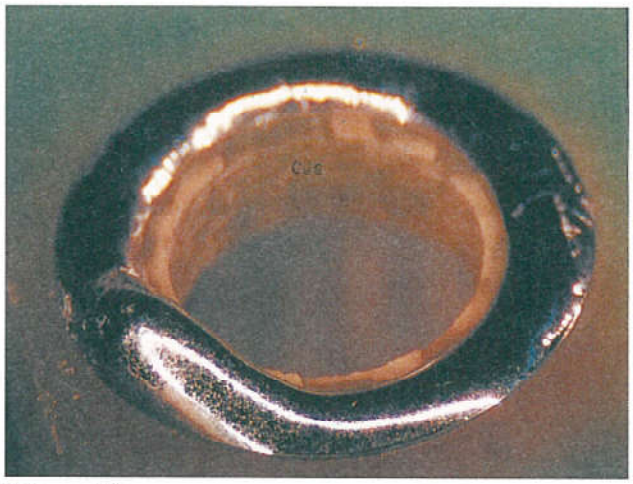


Рисунок 4-3

Приемлемо – Класс 1,2,3

- На участке монтажа отсутствуют препятствия для сборки согласно требованиям.

Дефект – Класс 1,2,3

- Избыточное количество припоя (неровность) на монтажных отверстиях под установочные изделия.
- Любые помехи для монтажа установочных изделий.

4.1.3 Сборка установочных изделий – Монтаж компонентов – Высокая мощность

На рисунках 4-4 и 4-5 показаны типичные монтажные элементы.

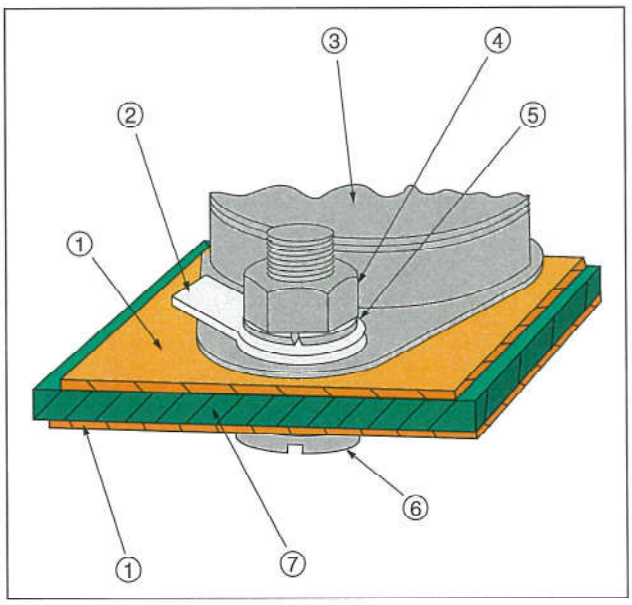


Рисунок 4-4

1. **Металлический элемент**
2. **Монтажный лепесток**
3. **Корпус компонента**
4. **Гайка**
5. **Стопорная шайба**
6. **Болт**
7. **Неметаллический элемент**

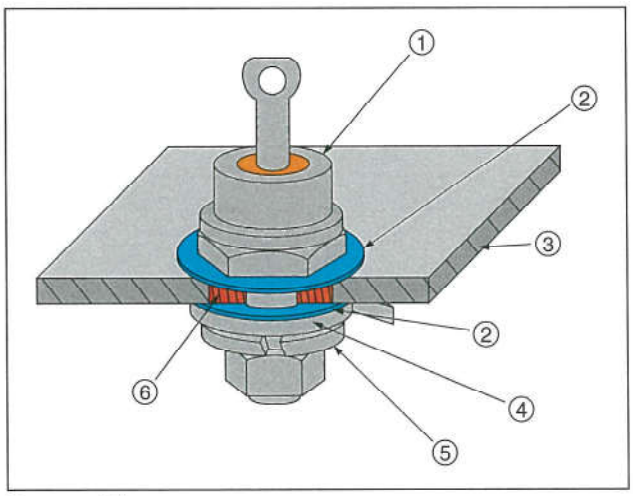


Рисунок 4-5

1. **Компонент высокой мощности**
2. **Изолирующая шайба (при необходимости)**
3. **Радиатор (может быть как металлическим, так и неметаллическим)**
4. **Монтажный лепесток**
5. **Стопорная шайба**
6. **Диэлектрическая втулка**

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Правильная последовательность сборки.
- Выводы на закрепленных установочными изделиями компонентах не загнуты (не показано).
- Изолирующая шайба обеспечивает при необходимости электрическую изоляцию.
- Термопаста, если она используются, не препятствует формированию необходимых паяных соединений.

Примечание: Если требуется использование теплопроводника, то он помещается между сопрягаемыми поверхностями мощного элемента и радиатора. Теплопроводники могут состоять из теплопроводной шайбы или изолирующей шайбы с теплопроводящей пастой.

4.1.3 Сборка установочных изделий – Монтаж компонентов – Высокая мощность (продолжение)

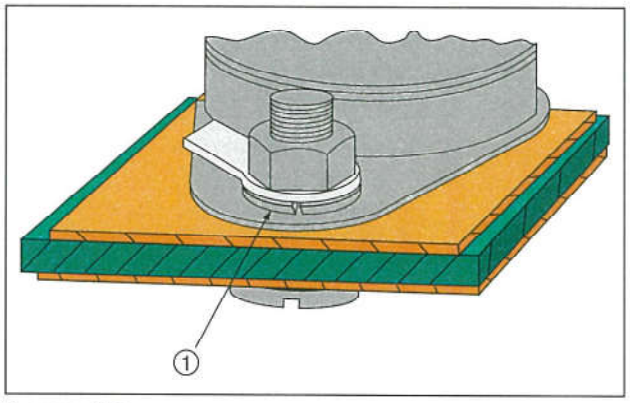


Рисунок 4-6

1. **Стопорная шайба установлена между монтажным лепестком и корпусом компонента.**

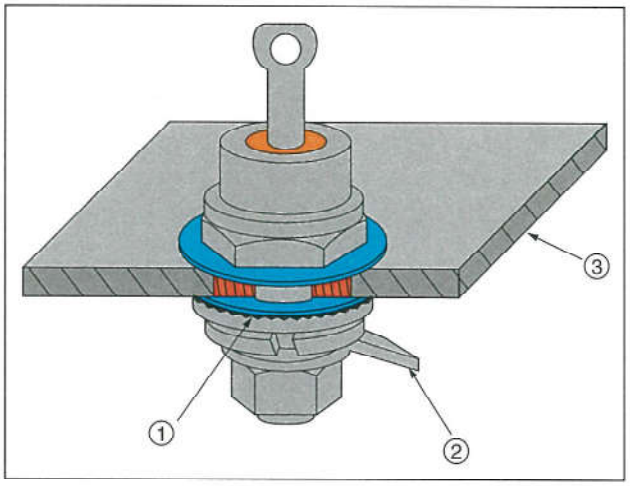


Рисунок 4-7

1. **Острая кромка шайбы со стороны изолятора**
2. **Монтажный лепесток**
3. **Металлический радиатор**

Дефект – Класс 1,2,3

- Неправильная последовательность сборки, см. Рисунок 4-6.
- Острая кромка шайбы со стороны изолятора, см. Рисунок 4-7.
- Установочное изделие не затянуто.
- Термопаста, если она используются, препятствует формированию необходимых паяных соединений.

4.1.4 Сборка установочных изделий – Радиаторы

4.1.4.1 Сборка установочных изделий – Радиаторы – Изоляторы и теплопроводящие компаунды

Данный раздел описывает различные способы установки радиаторов. Приклейка с помощью теплопроводного клея может быть задана для конкретного изделия.

Визуальный контроль должен включать затяжку крепежа, повреждение компонентов либо крепежа и правильную последовательность сборки.

Нижеуказанные принципы должны приниматься во внимание:

• Компонент находится в хорошем контакте с радиатором.

• Установочные изделия надежно закрепляют компонент на радиаторе.

• Компонент и радиатор взаимно параллельны и плоскостны.

• Теплопроводный компаунд/изолятор (слюда, силиконовая паста, пластиковая пленка и т.п.) нанесен правильно.

4.1.4.1 Сборка установочных изделий – Радиаторы – Изоляторы и теплопроводящие компаунды (продолжение)

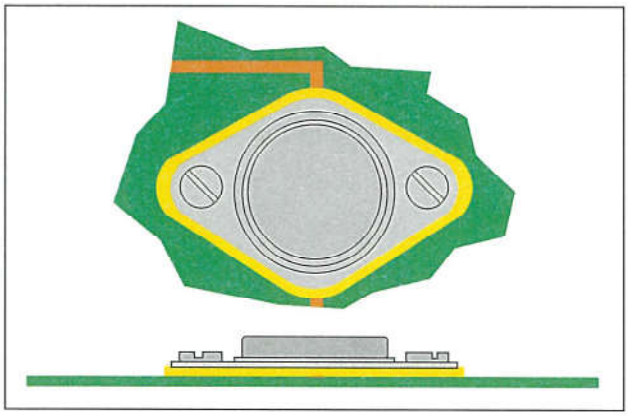


Рисунок 4-8

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Ровный край слюды, пластиковой пленки или теплопроводного компаунда вокруг кромок компонента.

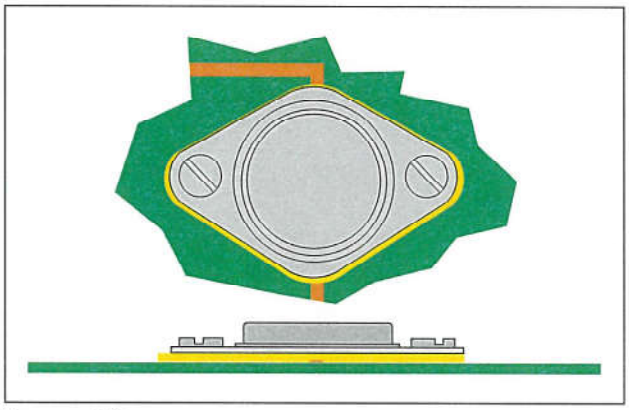


Рисунок 4-9

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Неравномерный, но видимый край слюды, пластиковой пленки или теплопроводного компаунда вокруг кромок компонента.

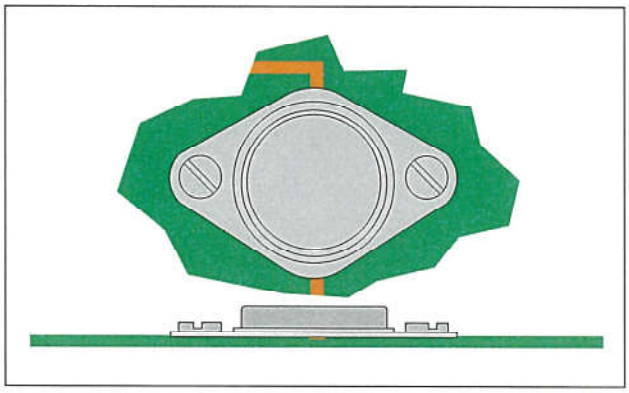


Рисунок 4-10

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие требуемого изоляционного материала или теплопроводного компаунда.
- Теплопроводный компаунд препятствует образованию требуемого паяного соединения.

4.1.4.2 Сборка установочных изделий –Радиаторы – Контакт

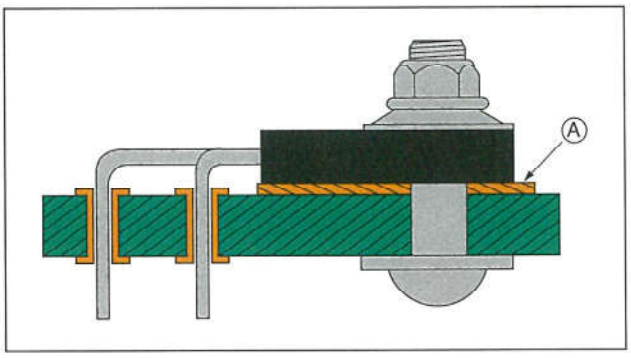


Рисунок 4-11

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Компонент и радиатор находятся в полном контакте с монтажной поверхностью, см. Рисунок 4-11-A.
- Установочные изделия отвечают указанным требованиям к креплению.

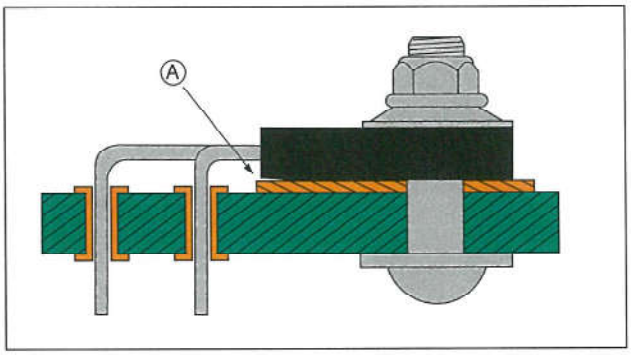


Рисунок 4-12

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Компонент установлен с зазором, см. Рисунок 4-12-A.
- Площадь контакта с монтажной поверхностью не менее 75%.
- Момент затяжки установочных изделий отвечает указанным требованиям.

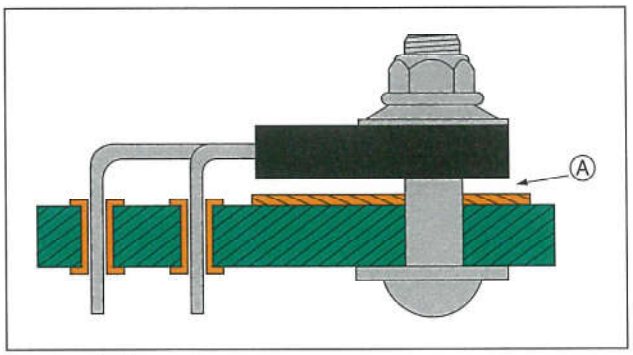


Рисунок 4-13

Дефект – Класс 1,2,3

- Площадь контакта с монтажной поверхностью менее 75%, см. Рисунок 4-13-A.
- Ослаблены установочные изделия.

4.1.5 Сборка установочных изделий – Резьбовой крепеж и другие резьбовые элементы

Во время сборки необходимо принимать во внимание порядок и ориентацию монтажного крепежа. Может потребоваться использование стопорных либо зубчатых шайб, имеющих заостренные кромки с одной стороны и разрезающих сопрягаемую поверхность во избежание ослабления установочного соединения. Пример использования данного типа стопорной шайбы изображен на рисунке 4-15. Если не указано иное, рекомендуется направлять заостренные кромки стопорной шайбы в сторону плоской шайбы.

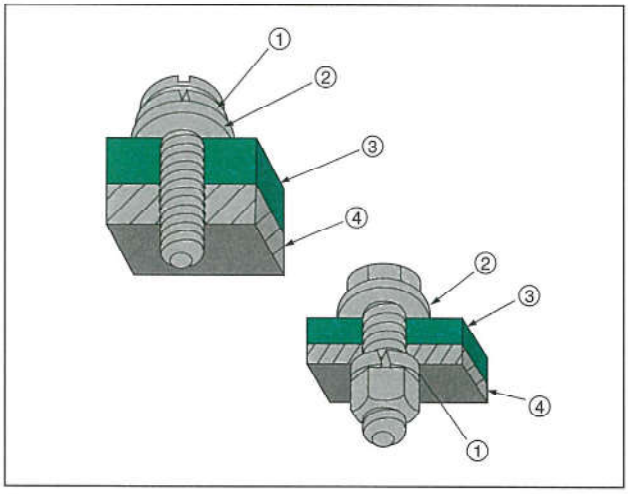


Рисунок 4-14

1. **Стопорная шайба, показано, что острые кромки направлена в сторону плоской шайбы**
2. **Плоская шайба**
3. **Непроводящий материал (диэлектрик платы и пр.)**
4. **Металл (непечатный проводник либо фольга)**

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Правильная последовательность и ориентация установочных изделий, см. Рисунки 4-14 и 4-15.
- Паз или отверстие перекрыто гладкой шайбой, см. Рисунок 4-16.

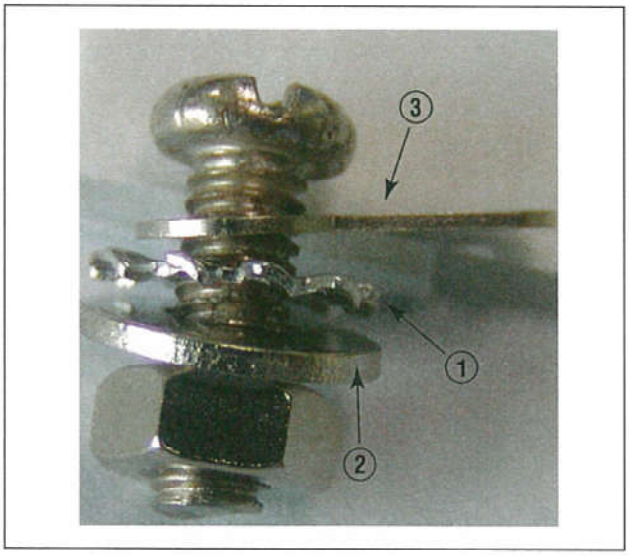


Рисунок 4-15

1. **Стопорная шайба, острая кромка направлена в сторону плоской шайбы**
2. **Плоская шайба**
3. **Лепесток для пайки**

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- За пределы резьбового установочного изделия, например гайки, выступает менее чем полтора витка резьбы, при условии, что выступающие витки не могут быть помехой другим компонентам.
- Выступание резьбы превышает 3 мм [0,1 дюйма] плюс полтора витка для болтов или винтов длиной до 25 мм [1 дюйма].
- Выступание резьбы превышает 6,3 мм [0,25 дюйма] плюс полтора витка для болтов или винтов длиной более 25 мм [1 дюйма].
- Выступание резьбы болта или винта над резьбовым установочным изделием составляет менее чем полтора витка, при отсутствии стопорного механизма.

4.1.5 Сборка установочных изделий – Резьбовой крепеж и другие резьбовые элементы (продолжение)

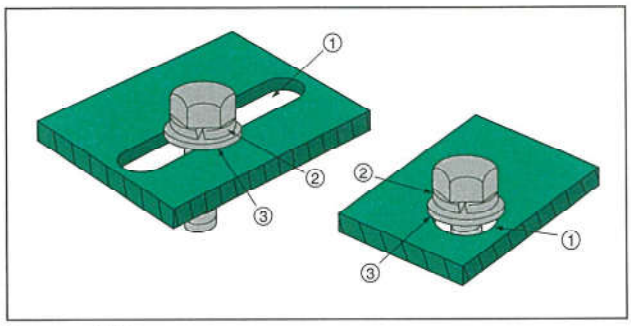


Рисунок 4-16
1. Паз или отверстие
2. Стопорная шайба
3. Плоская шайба

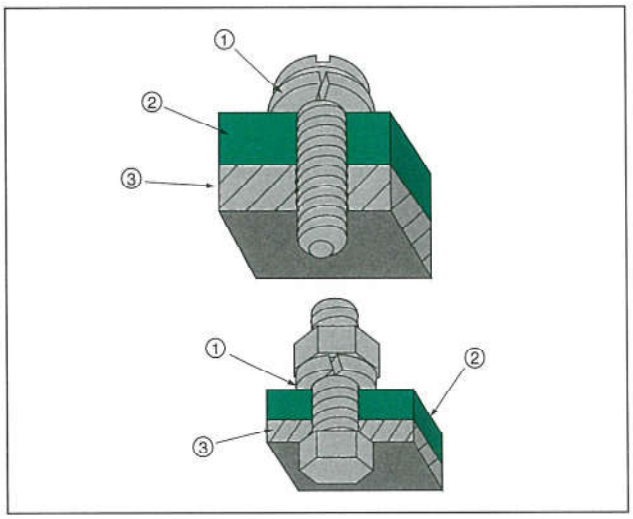


Рисунок 4-17
1. Стопорная шайба
2. Неметаллический материал
3. Металл (не печатный проводник и не фольга)

Дефект – Класс 1,2,3

- Выступающая часть резьбы мешает соседним компонентам.
- Крепежные материалы либо последовательность сборки не соответствуют чертежам.
- Стопорная шайба расположена на неметаллическом материале / диэлектрике платы.
- Отсутствует плоская шайба, см. Рисунки 4-17 и 4-18.
- Крепление отсутствует либо неверно, см. Рисунок 4-19.

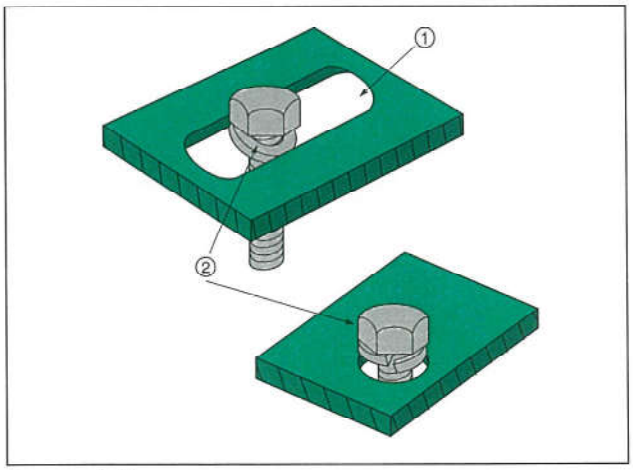


Рисунок 4-18
1. Паз или отверстие
2. Стопорная шайба

Рисунок 4-19

4.1.5.1 Сборка установочных изделий – Резьбовой крепеж и другие резьбовые элементы – Момент затяжки

Помимо резьбовых крепежных деталей, используемых для установки элемента на сборку, существуют и другие типы резьбовых элементов, которые могут быть использованы на отдельных частях в сборке. Может потребоваться затяжка с заданным значением крутящего момента или согласно обычной отраслевой практике, чтобы избежать ослабления или повреждения компонента. Такие элементы включают в себя, в частности, разъемы с запресованными гайками, зажимы для снятия напряжения, оснастку для заливки / литья и т.д., гайки для монтажа держателей предохранителей и другие похожие резьбовые элементы.

Если момент затяжки не указан в документации заказчика, то необходимо придерживаться испробованных на практике производственных приемов. Однако, некоторые из этих резьбовых элементов могут быть изготовлены из пластика или другого материала, который может быть поврежден из-за чрезмерного крутящего момента во время сборки. Для таких элементов может быть необходимо выполнить затяжку с точно определенным моментом.

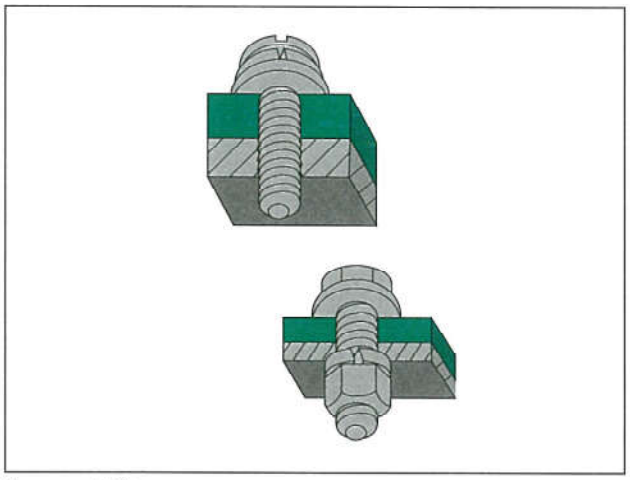


Рисунок 4-20

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Резьбовой крепеж затянут, и в случае использования стопорных шайб, они полностью сжаты.
- Момент затяжки резьбового крепежа, если указан, находится в пределах допуска.
- Нет следов повреждения элемента вследствие чрезмерной затяжки.

4.1.5.1 Сборка установочных изделий – Резьбовой крепеж и другие резьбовые элементы – Момент затяжки (продолжение)

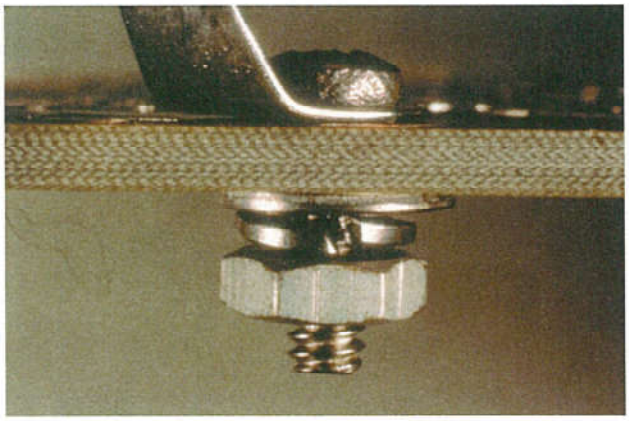


Рисунок 4-21

Дефект – Класс 1,2,3

- Резьбовой элемент не затянут и стопорная шайба, если она используется, не сжата, см. Рисунок 4-21.
- Момент затяжки резьбового крепежа не находится в пределах допуска, если он указан.
- Крепежный элемент ослаблен, см. Рисунок 4-22.
- Есть следы повреждения элемента вследствие чрезмерной затяжки.

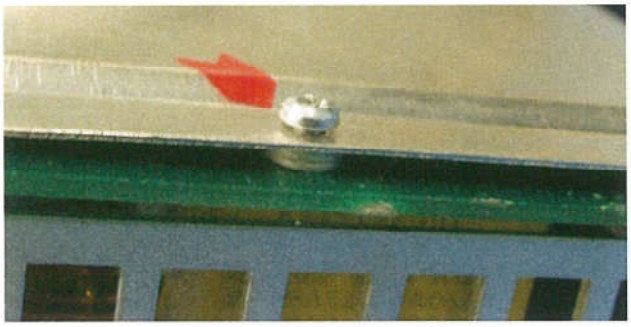


Рисунок 4-22

4.1.5.2 Сборка установочных изделий – Резьбовой крепеж и другие резьбовые элементы – Провода

Когда не требуется использование монтажных лепестков, провода оборачивают вокруг контактов винтового типа способом, не допускающим возникновение слабины при затяжке винта. Конец провода должен быть достаточно коротко обрезан во избежание замыкания на общий провод либо контакта с другими токоведущими проводниками.

При использовании шайбы провод/вывод должен быть смонтирован под шайбой.

Если не указано другое, все требования применимы к многожильным и одножильным проводам.

По отношению к крепежу/приклейке могут потребоваться специальные критерии приемки.

Рисунок 4-23

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Не нарушено изначальное расположение жил (многожильный провод).
- Провод охватывает не менее 270° вокруг винта.
- Конец провода закреплен под головкой винта.
- Провод навит в правильном направлении.
- Все жилы располагаются под головкой винта.

4.1.5.2 Сборка установочных изделий – Резьбовой крепеж и другие резьбовые элементы – Провода (продолжение)

Рисунок 4-24

Рисунок 4-25

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Менее одной трети диаметра провода выступает из-под головки винта.
- Провод, выступающий из-под головки, не нарушает требований минимального электрического зазора.
- Механическое крепление провода находится в контакте между головкой винта и контактной поверхностью на протяжении дуги не менее 180°.
- Отсутствие изоляции в участке контакта.
- Провод не перекрывает сам себя.

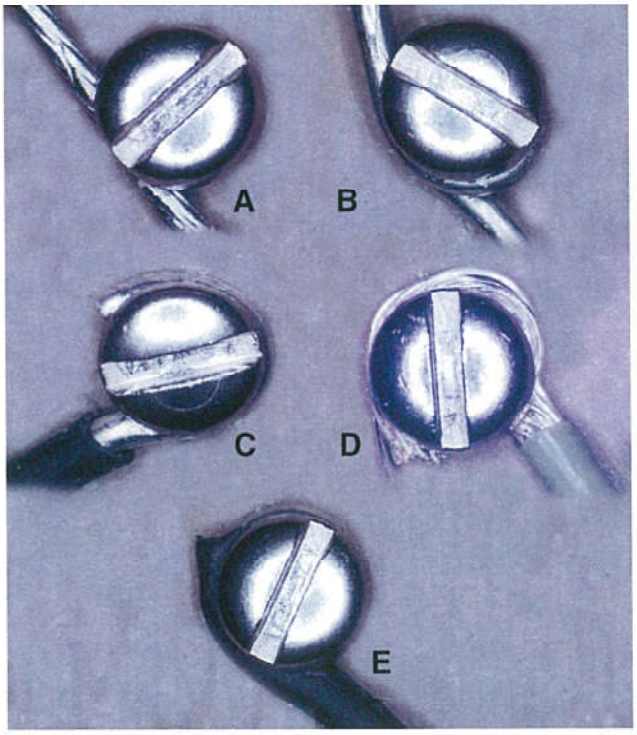


Рисунок 4-26

Дефект – Класс 1,2,3

- Более 1/3 диаметра провода выступает из-под головки винта.
- Провод не навит вокруг винта, см. Рисунок 4-26-A.
- Провод охватывает более 360°, см. Рисунок 4-26-B.
- Одножильный провод навит в неправильном направлении, см. Рисунок 4-26-C.
- Многожильный провод навит в неправильном направлении (затяжка винта приводит к расхождению жил), см. Рисунок 4-26-D.
- Изоляция в участке контакта, см. Рисунок 4-26-E.
- Многожильный провод облужен (не показано).
- Отсутствие припоя или клея не соответствует требованиям заказчика (не показано).

4.2 Монтаж стоек крепления

В данном разделе рассматривается отношение высоты торца стойки крепления и соответствующего торца разъема. Данное условие является необходимым для обеспечения наилучшего контакта штырей разъема.

Чтобы торец стойки крепления располагался в пределах от уровня торца стойки разъема до уровня на 0,75 мм [0,030 дюйма] ниже него, может использоваться разный набор установочных изделий для смонтированных разъемов.

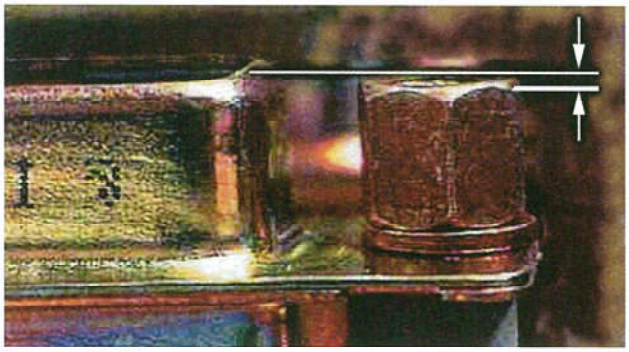


Рисунок 4-27

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Стойка крепления находится на уровне торца разъема либо ниже него на величину не более 0,75 мм [0,030 дюйма].
- Высота регулируется добавлением либо удалением шайб (поставляются в комплекте со стойкой крепления).

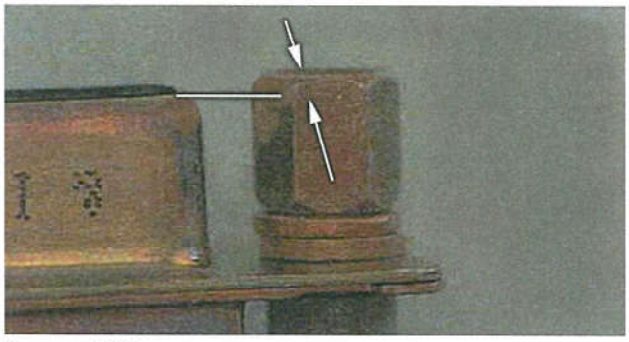


Рисунок 4-28

Дефект – Класс 1,2,3

- Торец стойки крепления выступает выше торца разъема, см. Рисунок 4-28.
- Торец стойки крепления находится более чем на 0,75 мм [0.030 дюйма] ниже торца разъема, см. Рисунок 4-29.

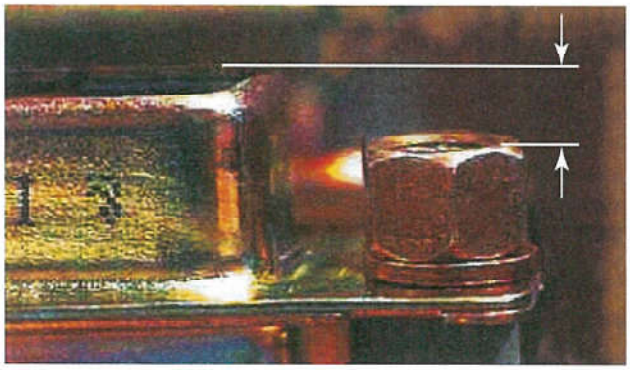


Рисунок 4-29

4.3 Соединительные штыри

Данный раздел описывает два типа штырей – штыри краевых разъемов и соединительные штыри. Установка этих изделий обычно производится автоматизированным оборудованием. Визуальный контроль данной механической операции включает: нормальные штыри, поврежденные штыри, согнутые и сломанные штыри, поврежденные пружинные контакты и повреждения подложки основы или проводящих площадок. Критерии монтажа разъемов указаны в разделе 7.1.8. Дефекты разъемов описаны в разделе 9.5.

4.3.1 Соединительные штыри – Штыри краевых разъемов

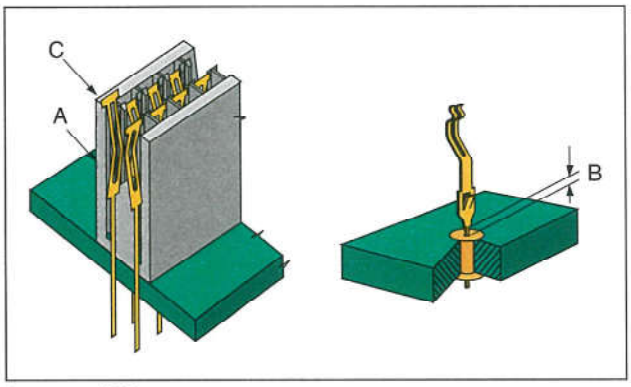


Рисунок 4-30

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Контакт находится внутри изолятора, см. Рисунок 4-30-A.
- Зазор в допустимых пределах, см. Рисунок 4-30-B.

Примечание: Для обеспечения возможности применения инструментов для демонтажа штырей зазор между пояском контакта и контактной площадкой должен быть соразмерным с инструментом каждого производителя.

Дефект – Класс 1,2,3

- Контакт находится выше изолятора, см. Рисунок 4-30-C.
- Зазор между пояском контакта и площадкой больше установленного, см. Рисунок 4-30-B.

4.3.2 Соединительные штыри – Запрессованные штыри

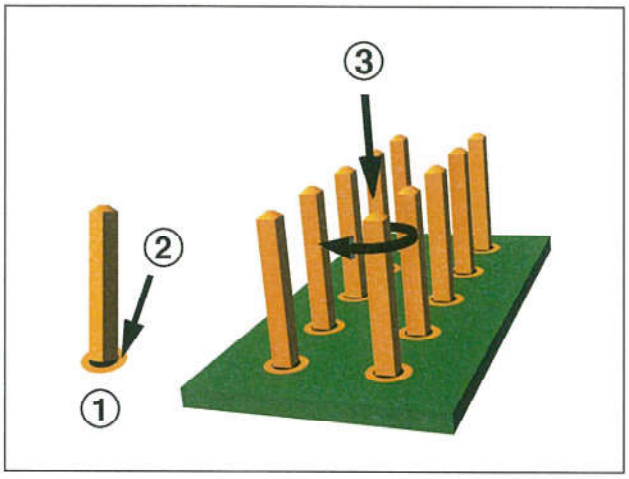


Рисунок 4-31

1. Отсутствие явных повреждений
2. Контактная площадка
3. Отсутствие явного перекручивания

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Штыри прямые, не перекручены и правильно установлены.
- Высота штырей находится в заданных пределах.

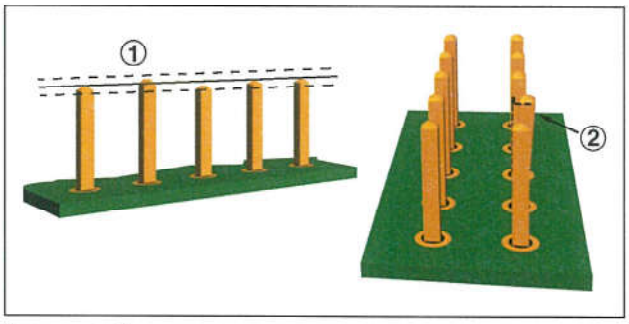


Рисунок 4-32

1. Допуск по высоте штыря
2. Менее 50% толщины штыря

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Штыри слегка изогнуты в сторону на 50% толщины штыря или менее.

Примечание: Допустимые пределы высоты штырей определяются техническими условиями на разъем либо на чертеже общего вида. Штыри и сопряженный разъем должны иметь хороший электрический контакт.

4.3.2 Соединительные штыри – Запрессованные штыри (продолжение)

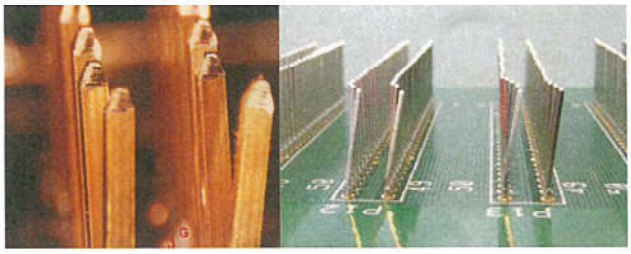


Рисунок 4-33

Дефект – Класс 1,2,3

- Штырь значительно согнут – штырь согнут более чем на 50% толщины от оси, см. Рисунок 4-33.
- Штырь явно перекручен, см. Рисунок 4-34.
- Высота штыря выходит за пределы указанных в технических условиях допусков, см. Рисунок 4-35.

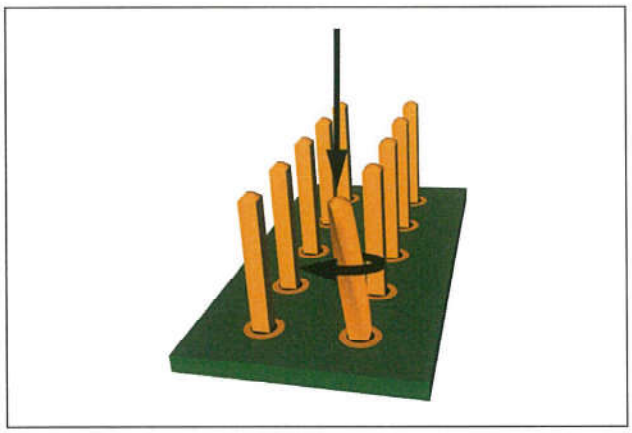


Рисунок 4-34

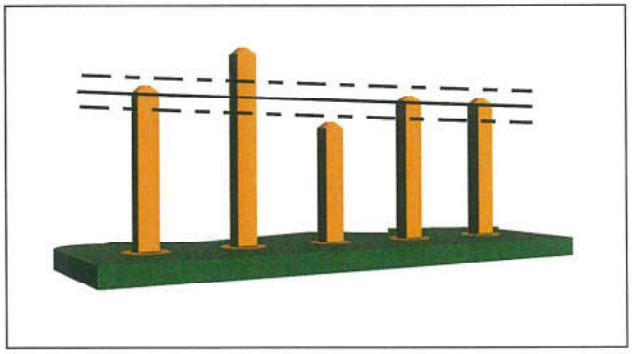


Рисунок 4-35

4.3.2 Соединительные штыри – Запрессованные штыри (продолжение)

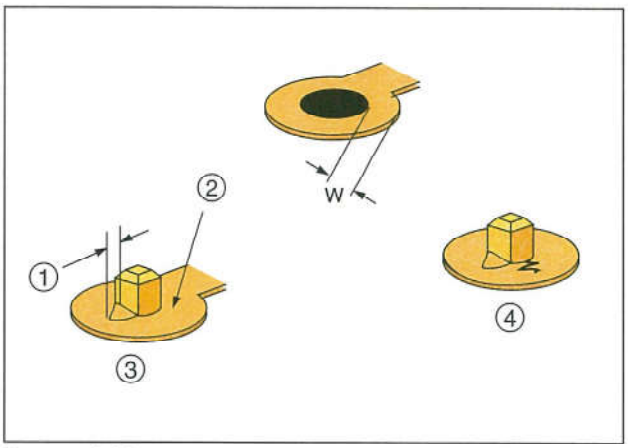


Рисунок 4-36

1. **Отслоение 75% или менее ширины пояска**
2. **Контактная площадка с проводником**
3. **Контактная площадка не повреждена**
4. **Отслоение и повреждение контактной площадки, но контактная площадка надежно прикреплена (незадействованная)**

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие отслоений либо повреждений контактных площадок с запрессованными штырями.

Приемлемо – Класс 1,2

- Со стороны выступания штыря отслоение не более 75% ширины (W) пояска, см. Рисунок 4-36.

Приемлемо – Класс 2

- Отсутствие признаков отслоения контактной площадки со стороны запрессовки.

Приемлемо – Класс 3

- Отсутствие отслоений либо повреждений поясков.

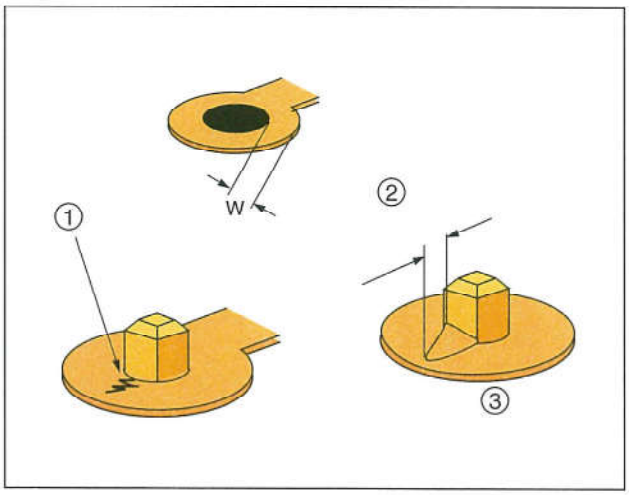


Рисунок 4-37

1. **Контактная площадка повреждена**
2. **Отслоение более 75% ширины пояска**
3. **Отслоение контактной площадки**

Дефект – Класс 1,2

- Отслоение любого задействованного пояска на стороне выступания штыря более чем на 75% ширины (W).

Дефект – Класс 2

- Любой признак отслоения контактной площадки со стороны запрессовки.

Дефект – Класс 3

- Любое отслоение либо повреждение пояска с запрессованным штырем.

Примечание: Для дополнительной информации см. пункт 10.3.2.

4.3.2.1 Запрессованные штыри – Пайка

Термин «запрессованные штыри» носит общий характер, и многие типы штырей, установленных с применением усилия, например, разъемы, стойки и т.п., не предназначены для пайки. Если пайка требуется, то применяются нижеследующие критерии.

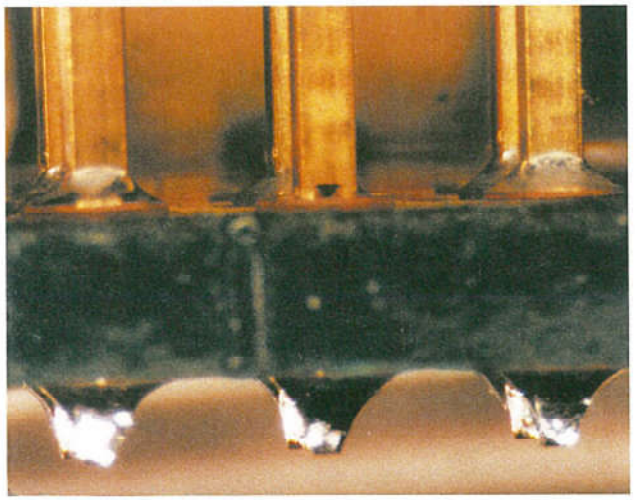


Рисунок 4-38

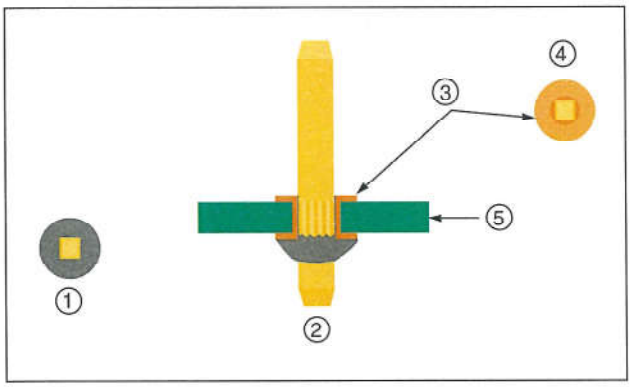


Рисунок 4-39
1. Вид снизу
2. Вид сбоку
3. Контактная площадка
4. Вид сверху
5. Печатная плата

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Наличие галтели припоя, распространяющейся на 360°, на стороне выступания штырей.

Примечание: На стороне запрессовки наличие галтели припоя не требуется.

4.3.2.1 Запрессованные штыри – Пайка (продолжение)

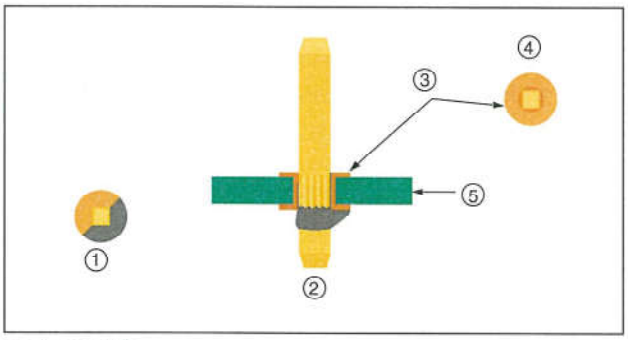


Рисунок 4-40

1. **Вид снизу**
2. **Вид сбоку**
3. **Контактная площадка**
4. **Вид сверху**
5. **Печатная плата**

Приемлемо – Класс 1,2

- Наличие галтели припоя на двух смежных гранях штыря на стороне выступания.

Приемлемо – Класс 3

- Наличие галтели припоя, распространяющейся на 330° на стороне выступания штыря.

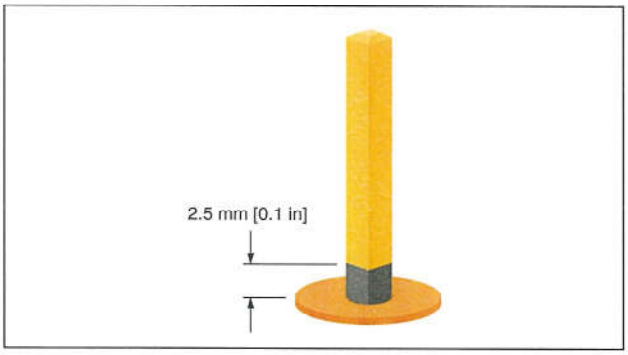


Рисунок 4-41

Приемлемо – Класс 1

- Допускается затекание припоя на высоту более 2,5 мм [0,1 дюйма] на стороне штырей при условии, что утолщения припоя не будут создавать помех соединению разъема.

Приемлемо – Класс 2,3

- Затекание припоя на высоту менее 2,5 мм [0,1 дюйма] на стороне штырей при условии, что утолщения припоя не будут создавать помех соединению разъема.

4.3.2.1 Запрессованные штыри – Пайка (продолжение)

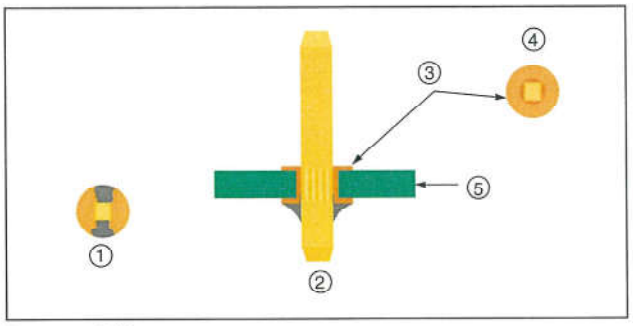


Рисунок 4-42

1. Вид снизу
2. Вид сбоку
3. Контактная площадка
4. Вид сверху
5. Печатная плата

Дефект – Класс 1,2

- Наличие галтели припоя на менее чем двух смежных сторонах штыря на стороне выступания штырей.

Дефект – Класс 3

- Наличие галтели припоя менее чем на 330° окружности на стороне выступания штырей.

Дефект – Класс 1,2,3

- Утолщение припоя создает помехи соединению разъема.

Дефект – Класс 2,3

- Затекание припоя превышает 2,5 мм [0,1 дюйма].

4.4 Скрепление проводов в жгуты

Дополнительные критерии находятся в стандарте IPC/WHMA-A-620.

4.4.1 Скрепление проводов в жгуты – Общие требования

Примечание: Не разрешается подвергать ленту, пропитанную воском, действию растворителей. Использование пчелиного воска для Класса 3 неприемлемо.

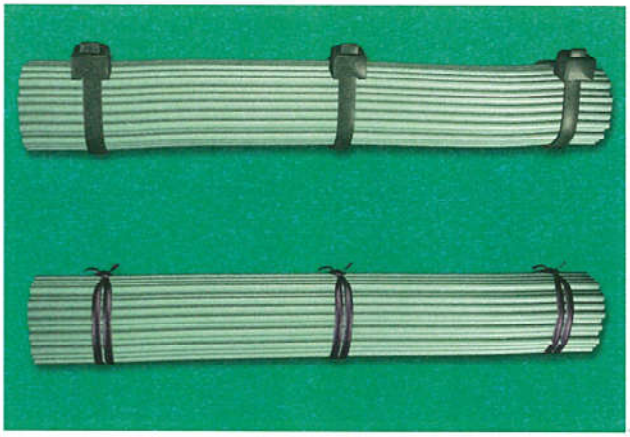


Рисунок 4-43

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Стяжки аккуратные и тугие и расположены на расстоянии, позволяющем удерживать провода в плотном аккуратном жгуте.
- Стяжки неподвижные.
- Стяжки не приводят к заметному продавливанию или деформации проводов жгута.

4.4.1 Скрепление проводов в жгуты – Общие требования (продолжение)

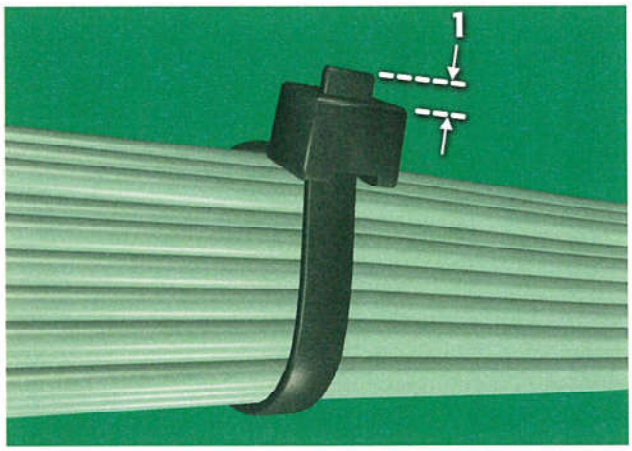


Рисунок 4-44

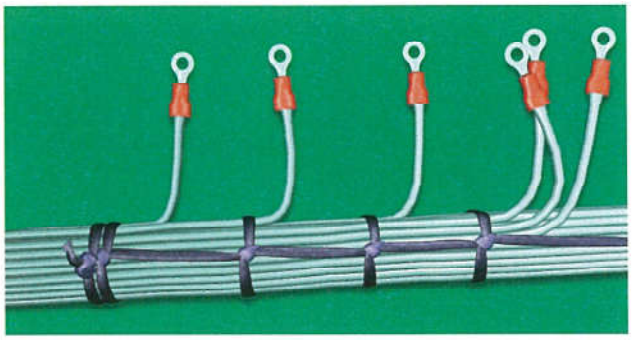


Рисунок 4-45

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Конец стяжки, см. Рисунок 4-44:
  - Выступает максимум на одну толщину стяжки.
  - Обрезан под прямым углом к лицевой стороне стяжки.
- Провода закреплены в жгуте.
- Шнуры или стяжки находятся по обеим сторонам разветвления проводов.
- Точки стяжки аккуратные и тугие, см. Рисунок 4-45.
- Для стяжки используется прямой узел, хирургический узел или другой принятый узел.
- Стяжка не имеет возможности продольного движения, но может вращаться.

4.4.1 Скрепление проводов в жгуты – Общие требования (продолжение)

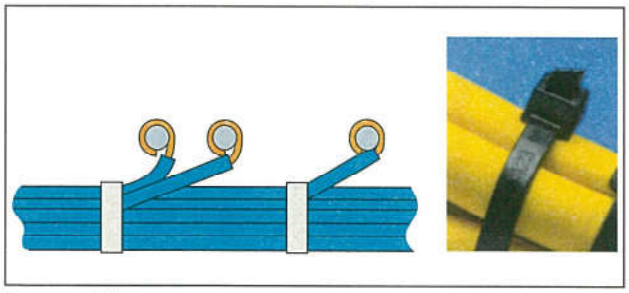


Рисунок 4-46

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Провод под стяжкой натянут, см. Рисунок 4-46 – левая сторона.
- Стяжки либо хомуты расположены под муфтами либо маркировкой.
- Конец стяжки выступает более чем на одну толщину стяжки, см. Рисунок 4-46 – правая сторона.

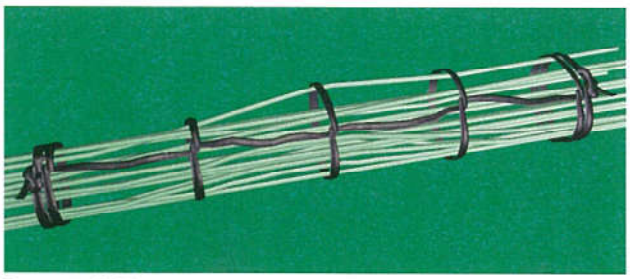


Рисунок 4-47

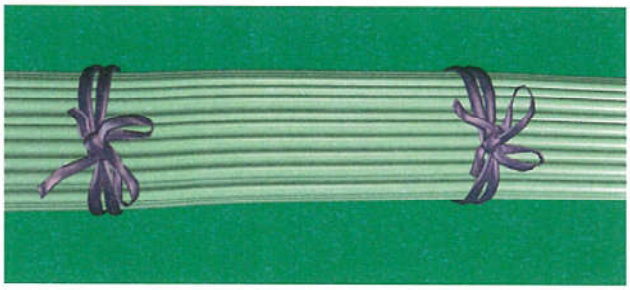


Рисунок 4-48

Дефект – Класс 1,2,3

- Местная стяжка или узел ослаблены.
- Местная стяжка прорезает изоляцию.
- Жгут ослаблен.
- Кабель стянут неподходящим узлом. Этот узел со временем может ослабнуть.
- Жгут деформируется стяжкой.
- Изоляция сжата более чем на 20% (см. 6.2.1) или повреждена стяжкой.
- Стяжка может продольно перемещаться.

4.4.2 Скрепление проводов в жгуты – Вязка

Вязка отличается от стяжки наличием непрерывающегося шнура. Расстояние между точками перехвата при вязке меньше, чем между стяжками. Критерии к стяжкам кабеля применимы также и к вязке.

Примечание: Не разрешается подвергать ленту для вязки, пропитанную воском, действию растворителей. Использование пчелиного воска для Класса 3 неприемлемо.

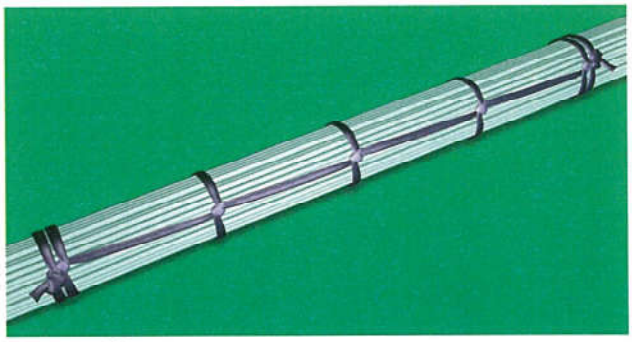


Рисунок 4-49

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Вязка начинается и заканчивается узлом.
- Вязка тугая, и провода стянуты в аккуратный жгут.

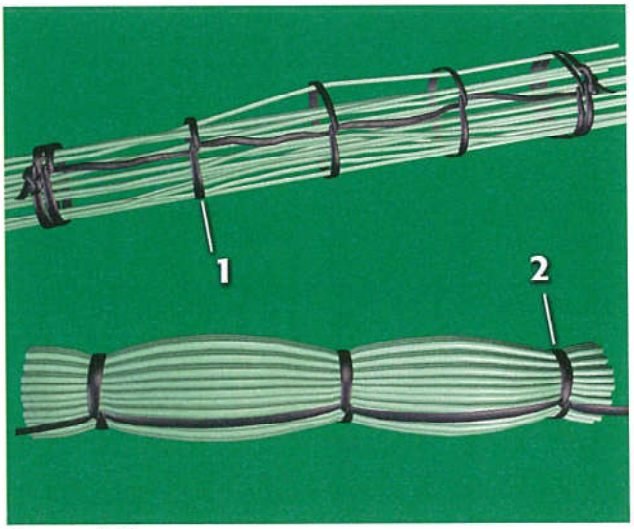


Рисунок 4-50

Дефект – Класс 1,2,3

- Вязка ослаблена, ослаблены отдельные провода в жгуте (1).
- Вязка слишком туга, врезается в изоляцию (2).

4.4.2.1 Скрепление проводов в жгуты – Вязка – Повреждения

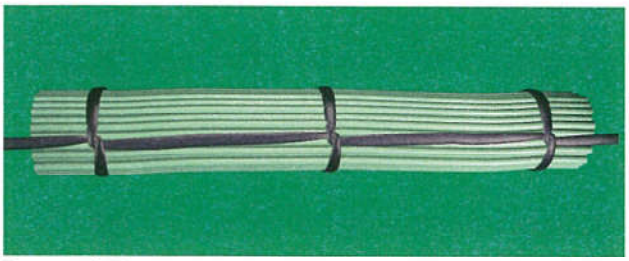


Рисунок 4-51

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Стяжки не потерты, не растрепаны, не повреждены в каком-либо месте.
- Стяжки не имеют острых кромок, способных представлять опасность для персонала или оборудования.

Приемлемо – Класс 1,2

- Наличие на стяжках следов износа, потертостей, повреждений размером менее 25% их толщины.

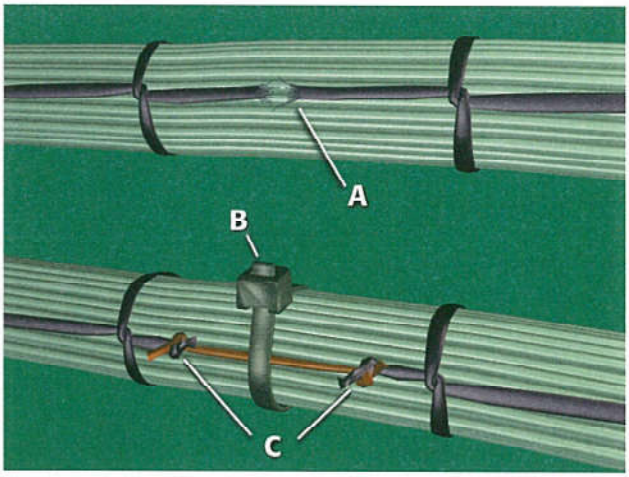


Рисунок 4-52

Дефект – Класс 1,2

- Повреждение или износ превышает 25% толщины стяжек, см. Рисунок 4-52-A.

Дефект – Класс 3

- Повреждение или износ стяжек, см. Рисунок 4-52-A.
- Конец вязки не был обожжен после обрезки.
- Узел затронут обжигом.
- Концы вязки потерты.

Дефект – Класс 1,2,3

- Острые концы, подвергающие опасности персонал либо оборудование, см. Рисунок 4-52-B.
- Разорванные концы стяжки не затянуты прямым узлом, хирургическим узлом, либо другим припятым узлом, см. Рисунок 4-52-C.

4.5 Укладка – Провода и жгуты проводов

Данные критерии применимы к одиночным проводам или жгутам проводов.

Провода в жгуте расположены таким образом, чтобы уменьшить их переплетение и обеспечить видимою равномерность.

4.5.1 Укладка – Провода и жгуты проводов – Переплетение проводов

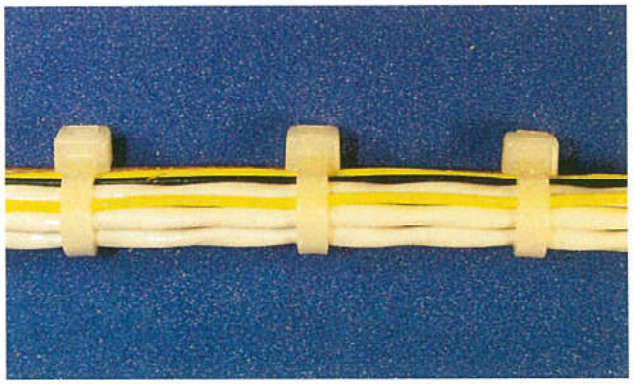


Рисунок 4-53

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Провода расположены практически параллельно оси жгута без переплетения.
- Коаксиальный кабель зафиксирован стяжками / хомутами.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Провода перекручены и переплетаются, но жгут на своем протяжении имеет одинаковый диаметр.

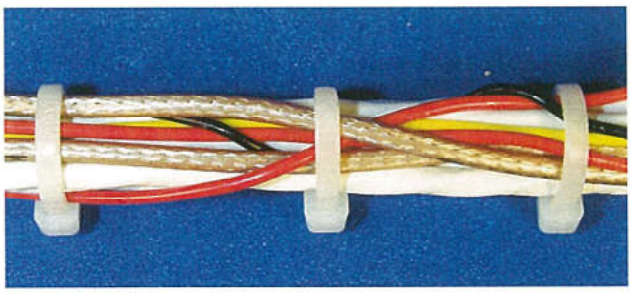


Рисунок 4-54

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Провода перекручены и переплетены под стяжками.

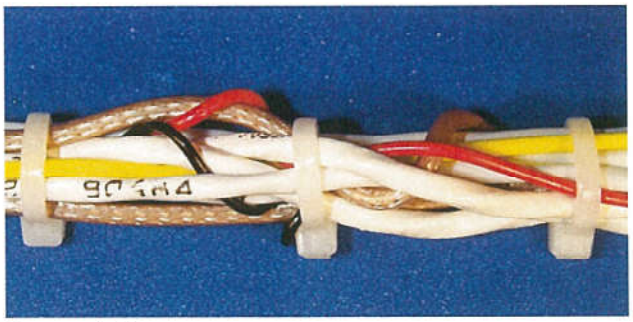


Рисунок 4-55

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Жгут имеет неодинаковый диаметр.
- Чрезмерное переплетение проводов.

Дефект – Класс 1,2,3

- Любые загибы, не соответствующие минимальным требованиям к радиусу.
- Повреждена изоляция провода, см. 6.2.1.

4.5.2 Укладка – Провода и жгуты проводов – Радиус изгиба

Радиус изгиба измеряется по внутренней дуге провода или жгута.

Минимальный радиус изгиба жгутовой сборки **не должен** быть меньше наибольшего радиуса изгиба, определенного согласно Таблицы 4-1, любого провода/кабеля этой сборки.

Таблица 4-1 Минимальные требования к радиусу изгиба

Тип кабеля	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Гибкий коаксиальный кабель [3]	10X ВД[1]	10X ВД[1]	10X ВД[1]
Фиксированный коаксиальный кабель[2]	5X ВД[1]	5X ВД[1]	5X ВД[1]
Полужесткий коаксиальный кабель	Не менее радиуса, установленного производителем		
Жгуты кабеля с коаксиальным кабелем	5X ВД[1]	5X ВД[1]	5X ВД[1]
Жгуты кабеля без коаксиального кабеля	2X ВД[1]	2X ВД[1]	2X ВД[1]
Кабель Ethernet	4X ВД[1]	4X ВД[1]	4X ВД[1]
Экранированные провода и кабели	Требования не установлены		5X ВД[1]
Неэкранированные кабели	Требования не установлены		3X для ≤ AWG 10 5X для >AWG 10
Изолированный провод и плоский ленточный кабель	2X ВД[1]	2X ВД[1]	2X ВД[1]
Провода с полиимидной изоляцией (экранированные или неэкранированные)	Требования не установлены		10X OD[1]
Неизолированный либо эмалированный провод	2X ВД[1]	2X ВД[1]	2X ВД[1]
Волоконно-оптический кабель – отдельное оптоволокно с буфером, заключенное в кожух	25 мм (1 дюйм) либо согласно спецификации производителя	25 мм (1 дюйм) либо согласно спецификации производителя	25 мм (1 дюйм) либо согласно спецификации производителя

Примечание 1: ВД – внешний диаметр провода или кабеля, включая изоляцию.

Примечание 2: **Фиксированный коаксиальный кабель** – Коаксиальный кабель, зафиксированный для предотвращения перемещений; не предполагается многократное изгибание кабеля во время эксплуатации оборудования.

Примечание 3: **Гибкий коаксиальный кабель** – Коаксиальный кабель, который может изгибаться во время эксплуатации изделия.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Минимальный радиус изгиба отвечает требованиям таблицы 4-1.

Дефект – Класс 1,2,3

- Радиус изгиба меньше радиуса, установленного таблицей 4-1.

4.5.3 Укладка – Провода и жгуты проводов – Коаксиальный кабель

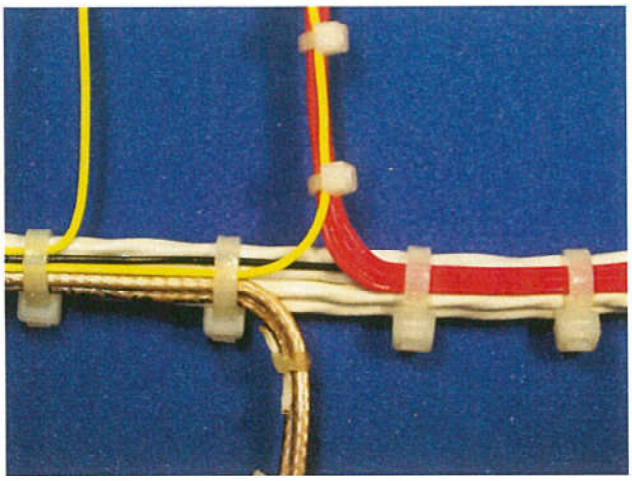


Рисунок 4-56

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Радиус изгиба соответствует требованиям таблицы 4-1.

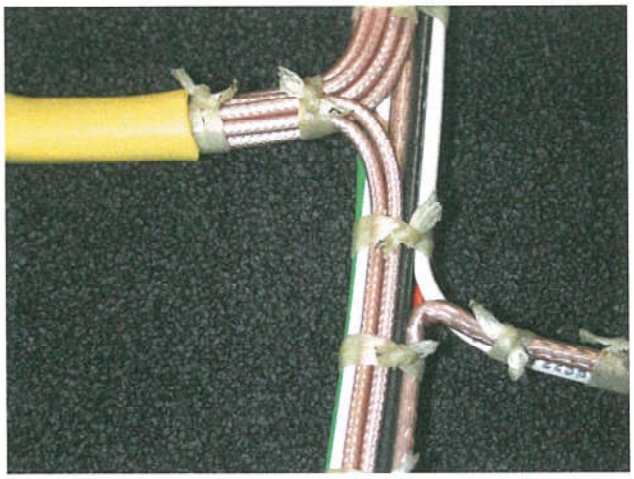


Рисунок 4-57

Дефект – Класс 1,2,3

• Радиус изгиба не соответствует требованиям таблицы 4-1.

Дефект – Класс 3

• Стяжки либо хомуты деформируют коаксиальный кабель.

4.5.4 Укладка – Провода и жгуты проводов – Концы неиспользуемых проводов

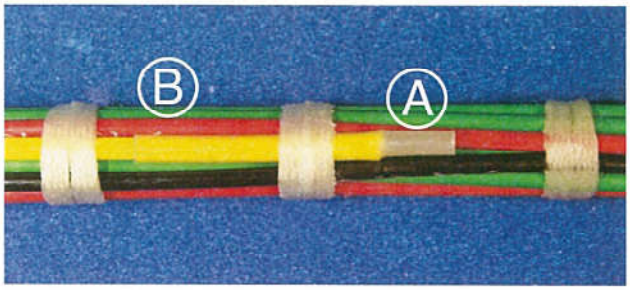


Рисунок 4-58

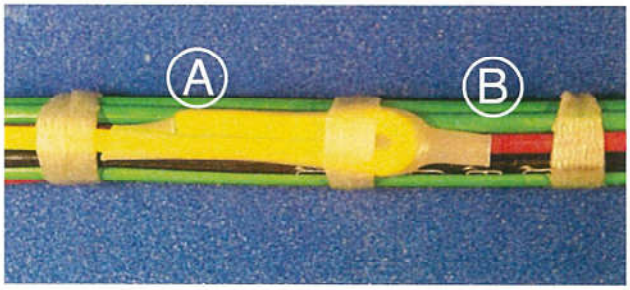


Рисунок 4-59

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Изоляционная трубка провода вытянута от конца провода на расстояние в три его диаметра, см. Рисунок 4-58-А.
- Неиспользуемый провод заправлен назад и стянут в жгут, см. Рисунок 4-59-А.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Концы неиспользуемых проводов покрыты изоляционной трубкой см. Рисунок 4-58-А.
- Провод может располагаться по всей длине жгута, см. Рисунок 4-58, либо быть заправленным назад, см. Рисунок 4-59-А.
- Изоляционная трубка выступает от конца провода на расстояние не менее двух его диаметров, см. Рисунок 4-59-В.
- Изоляционная трубка натянута на изоляцию провода на расстояние как минимум 4 диаметра провода или 6 мм [0,24 дюйма] (выбирается большее значение), см. Рисунок 4-59-А.
- Неиспользуемый провод затянут в жгут.

Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Изоляционная трубка вытянута от конца провода на расстояние менее двух его диаметров.
- Изоляционная трубка натянута на изоляцию провода на расстояние менее 4-х диаметров провода или 6 мм [0,24 дюйма] (выбирается большее значение).

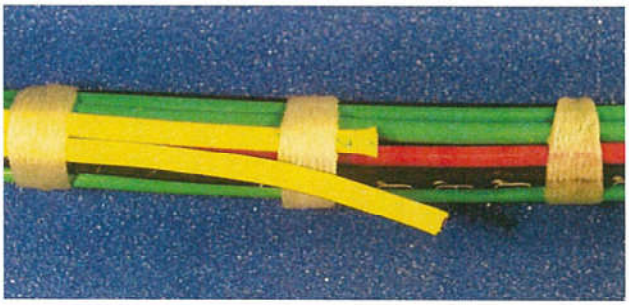


Рисунок 4-60

Дефект – Класс 1,2,3

- Оголены концы неиспользуемых проводов.
- Неиспользуемые провода не затянуты в жгут.

4.5.5 Укладка – Провода и жгуты проводов – Узлы на соединениях встык и муфтах

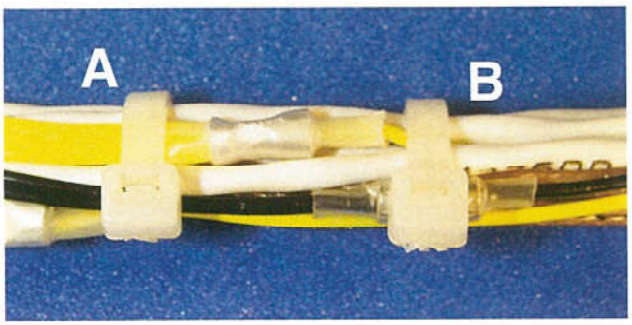


Рисунок 4-61

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Стяжки/хомуты расположены в непосредственной близости от соединений встык или паяных муфт.
- Отсутствие усилия при затяжке крепежа возле мест соединения провода, см. Рисунок 4-61-A.

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Стяжки/хомуты расположены поверх соединений встык или паяных муфт, см. Рисунок 4-61-B.

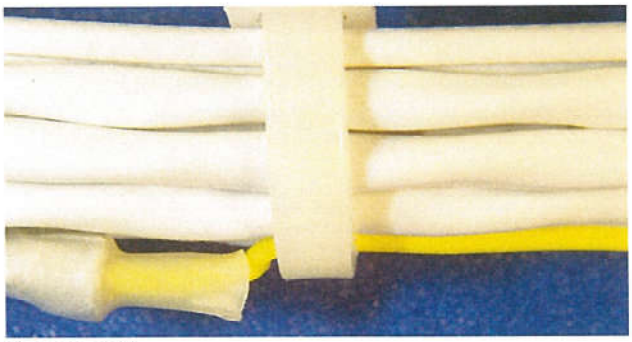


Рисунок 4-62

Дефект – Класс 1,2,3

- Стяжки/хомуты затянуты с усилием возле мест соединения провода.

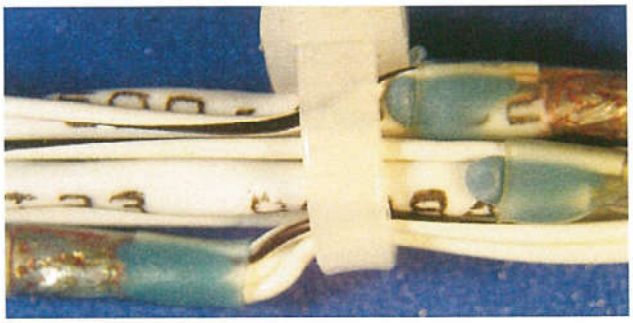


Рисунок 4-63

5 Пайка

Данный раздел устанавливает критерии качества паяных соединений всех типов, например, при поверхностном монтаже, пайке соединителей, сквозных отверстий и т.п. Хотя целевые применения и условия эксплуатации рассматриваются для классов 1,2 и 3, сам характер процесса пайки может устанавливать требования, при которых приемлемое соединение будет иметь характеристики, идентичные для всех трех классов, и характеристики неприемлемого соединения будут также идентичными для всех трех классов.

При возможности, тип процесса пайки указывается в описании критериев. В любом случае, критерии соединения применяются независимо от применения определенных методов пайки, например:

• Пайка паяльником.

• Импульсная пайка.

• Пайка волной или пайка протягиванием.

• Пайка оплавлением.

• Интрузивная пайка.

Как исключение из вышесказанного, существуют специализированные финишные покрытия (например, иммерсионное олово, палладий, золото и так далее), требующие создания специальных критериев приемки, отличающихся от изложенных в данном документе. При разработке таких критериев следует учитывать конструкцию, свойства процесса и эксплуатационные требования.

Смачивание не во всех случаях может быть оценено по внешнему виду поверхности. Значительность номенклатуры паяльных сплавов обуславливает широкий диапазон типичных углов смачивания – от практически 0° до примерно 90°. Приемлемое паяное соединение **должно** иметь видимое смачивание и адгезию, когда происходит диффузия припоя в паяную поверхность.

Угол смачивания паяного соединения (измеряемый между выводом компонента и припоем, а также контактной площадкой и припоем) **не должен** превышать 90° см. Рисунок 5-1 A, B. Как исключение, угол паяного соединения может превышать 90° (Рисунок 5-1 C, D), когда он обусловлен выступанием контура галтели припоя за пределы контактной площадки или паяльной маски.

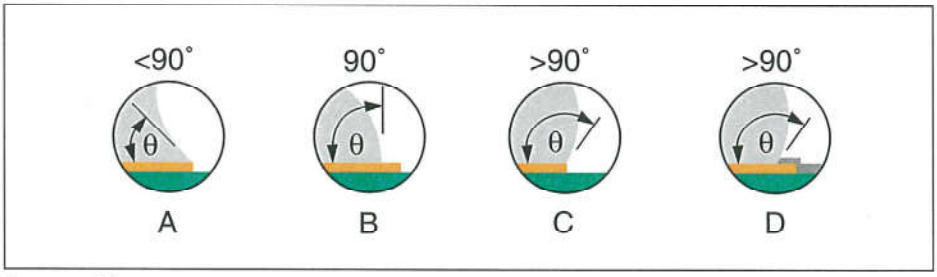


Рисунок 5-1

5 Пайка (продолжение)

В данном разделе рассматриваются следующие темы:

5.1 Требования к приемлемости паяных соединений 5-3

5.2 Отклонения в процессе пайки 5-4
5.2.1 Оголение металлического основания 5-4
5.2.2 Микроотверстия / раковины 5-6
5.2.3 Оплавление паяльной пасты 5-7
5.2.4 Отсутствие смачивания припоем 5-8
5.2.5 Холодная пайка / непропаянное соединение 5-9
5.2.6 Неполное смачивание 5-9
5.2.7 Избыток припоя 5-10
5.2.7.1 Шарики припоя 5-11
5.2.7.2 Перемычки 5-12
5.2.7.3 Паутина припоя / брызги 5-13
5.2.8 Горячая деформация 5-14
5.2.9 Разрыв паяного соединения 5-15
5.2.10 Сосульки припоя 5-16
5.2.11 Поднятие галтели при пайке бессвинцовым припоем 5-17
5.2.12 Горячий надрыв / усадочная раковина при пайке бессвинцовым припоем 5-18
5.2.13 Следы щупов либо другие аналогичные состояния поверхности паяных соединений 5-19

5.1 Требования к приемлемости паяных соединений

См. раздел 5.2 об отклонениях в процессе пайки.

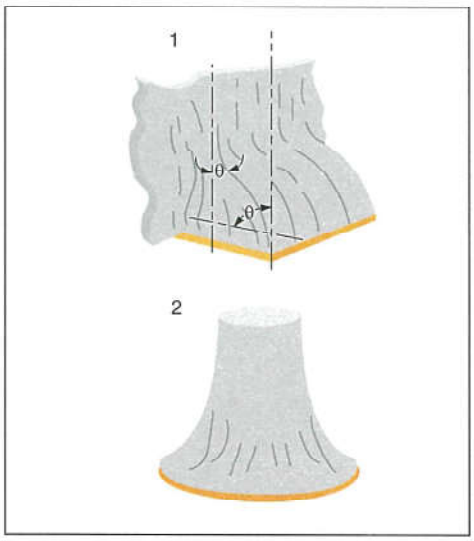


Рисунок 5-2

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Галтель припоя выглядит в основном гладкой и показывает хорошее смачивание паяных поверхностей припоем.
- Легко определяются контуры выводов.
- Припой на соединенных выводах образует расплывшийся край.
- Галтель припоя имеет вогнутую форму.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Существуют материалы и процессы, к примеру, бессвинцовые сплавы и медленное охлаждение печатных плат большой массы, которые могут привести к матовому, серому или зернистому виду паяных соединений, которые являются нормальными для данного материала или процесса. Такие соединения являются приемлемыми.
- Угол смачивания паяного соединения (между выводом компонента и припоем, а также площадкой платы и припоем, см. Рисунок 5-2) не превышает 90°, см. Рисунок 5-1 A, B.
  - Как исключение, угол смачивания паяного соединения может превышать 90°, см. Рисунок 5-1 C, D, в случае если контур галтели припоя выступает за пределы контактной площадки или паяльной маски.

Рисунок 5-3

Основное отличие между паяными соединениями, полученными с использованием оловянно-свинцовых и бессвинцовых сплавов, заключается во внешнем виде соединения. В данном стандарте содержатся визуальные критерии контроля как для оловянно-свинцовых, так и для бессвинцовых соединений. Рисунки, обозначающие бессвинцовые соединения, обозначены символом, показанным на рисунке 5-3.

Приемлемые бессвинцовые и оловянно-свинцовые соединения могут выглядеть одинаково, но для бессвинцовых более характерна шероховатая поверхность (зернистая или матовая) либо большие углы смачивания.

Характеристики галтели припоя аналогичны.

Типичные оловянно-свинцовые соединения имеют поверхность от блестящей до матовой, они обычно гладкие и демонстрируют хорошую смачиваемость, на что указывают, к примеру, вогнутые галтели между паяными объектами. Припои с высокой температурой плавления могут иметь тусклый внешний вид. Ремонт (доработка) паяных соединений производится с особой осторожностью во избежание дополнительных проблем и для достижения результата, отвечающего требованиям данного Класса.

5.2 Отклонения в процессе пайки

5.2.1 Отклонения в процессе пайки – Оголение металлического основания

Выводы компонентов, торцы контактных площадок, проводников и применяемая жидкая фотоэкспонируемая паяльная маска могут содержать оголенный металл в своей исходной конструкции.

Характеристики смачивания могут отличаться в зависимости от финишного покрытия печатных проводников, и смачивание припоем может происходить только в определенных местах. Согласно вышеизложенным условиям, оголение металла основания следует считать нормальным при условии приемлемости достигнутых характеристик смачиваемости паяного соединения.

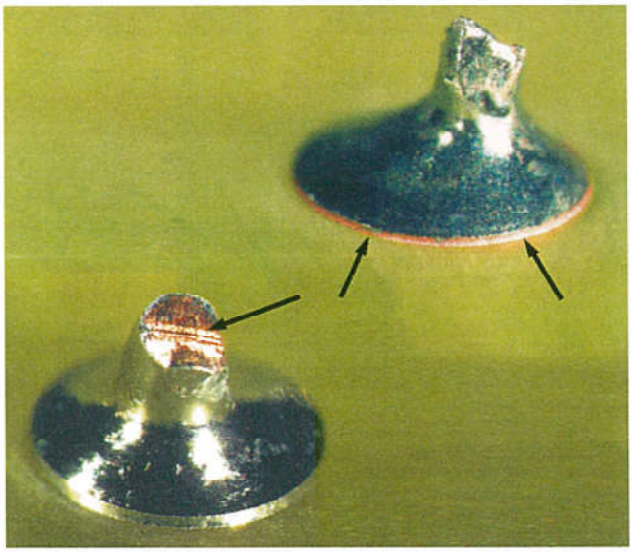


Рисунок 5-4

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Оголенный металл основания на:
  - Вертикальных кромках проводников.
  - Обрезанных концах выводов компонентов или проводников.
  - Контактных площадках, покрытых органическим финишным покрытием.
- Оголенные участки, покрытые финишным покрытием, которые не являются необходимой частью галтели припоя.

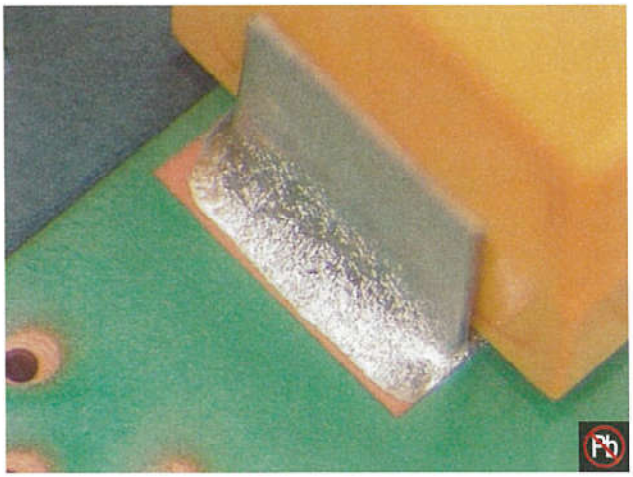


Рисунок 5-5

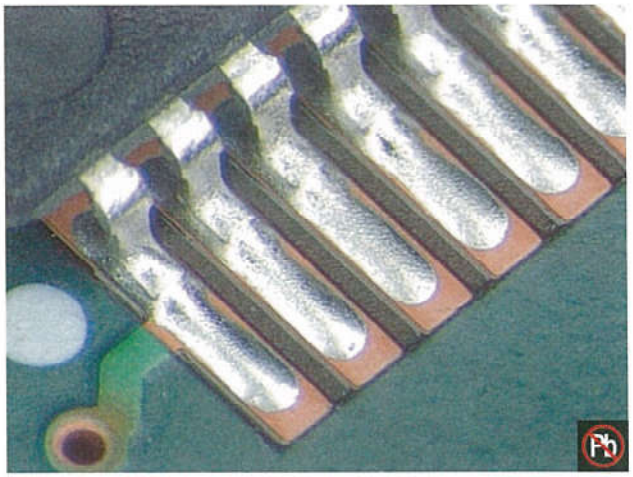


Рисунок 5-6

5.2.1 Отклонения в процессе пайки – Оголение металлического основания (продолжение)

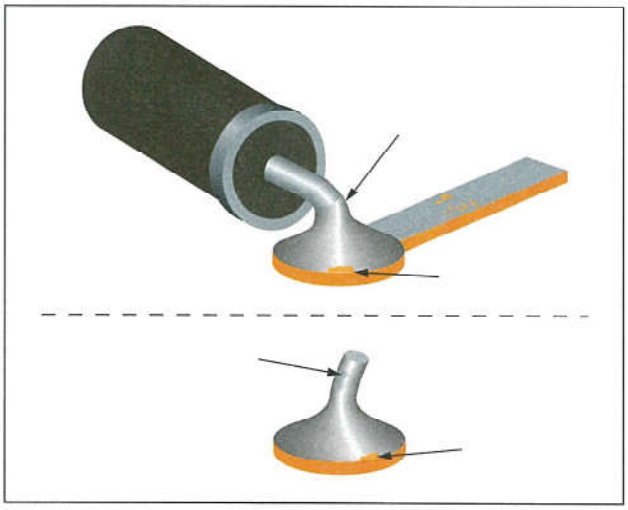


Рисунок 5-7

Приемлемо – Класс 1

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Оголенный вследствие повреждения зазубринами или царапинами металл выводов компонентов, проводников или контактных площадок соответствует требованиям пункта 7.1.2.4 для выводов и пункта 10.3.1 для проводников и контактных площадок.

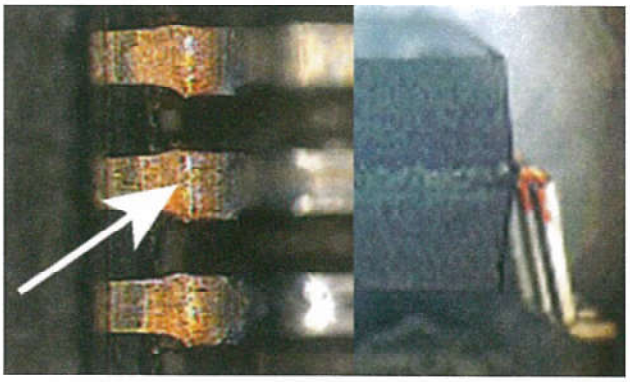


Рисунок 5-8

Дефект – Класс 1,2,3

- Оголенный вследствие повреждения зазубринами, царапинами либо других условий металл выводов компонентов (Рисунок 5-8), проводников или контактных площадок не соответствует требованиям пункта 7.1.2.4 для выводов и пункта 10.3.1 для проводников и контактных площадок.

5.2.2 Отклонения в процессе пайки – Микроотверстия / Раковины

Рисунок 5-9

Рисунок 5-10

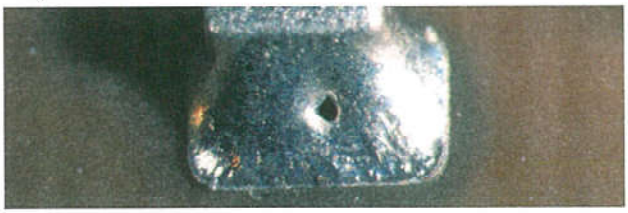


Рисунок 5-11

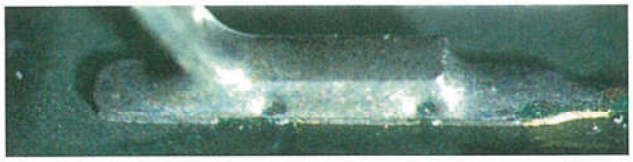


Рисунок 5-12

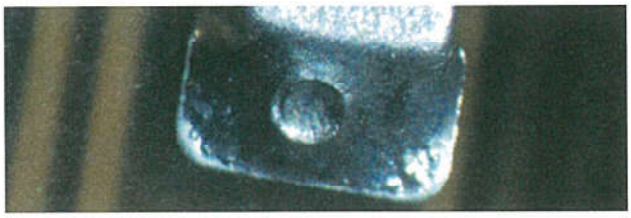


Рисунок 5-13

Приемлемо – Класс 1

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Раковины, см. Рисунки 5-9, 10, отверстия, см. Рисунок 5-11, пустоты, см. Рисунки 5-12, 13, и т.д., при условии, что паяные соединения отвечают всем остальным требован.

Дефект – Класс 1,2,3

- Паяные соединения, в которых отверстия, раковины, пустоты и т.д. не отвечают минимальным установленным требованиям (не показано).

5.2.3 Отклонения в процессе пайки – Оплавление паяльной пасты

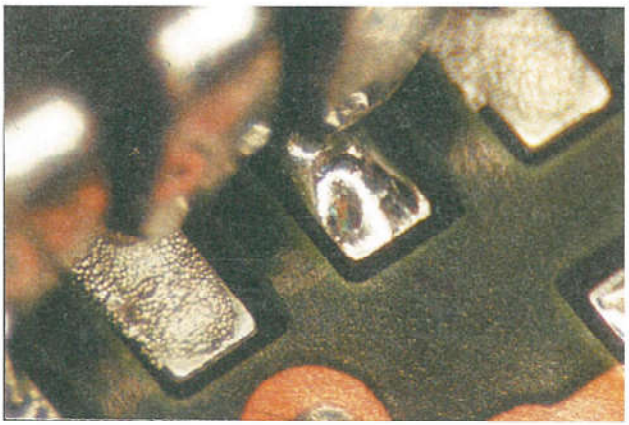


Рисунок 5-14

Дефект – Класс 1,2,3

• Неполное оплавление паяльной пасты.

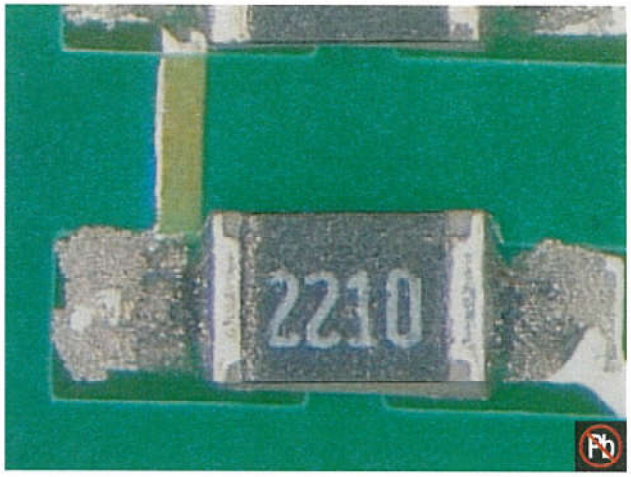


Рисунок 5-15

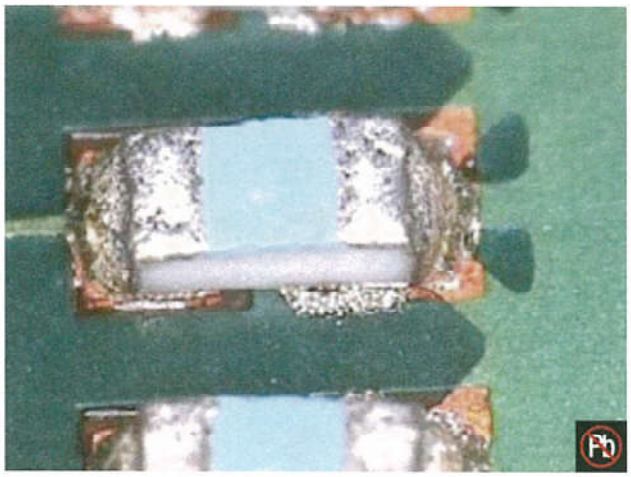


Рисунок 5-16

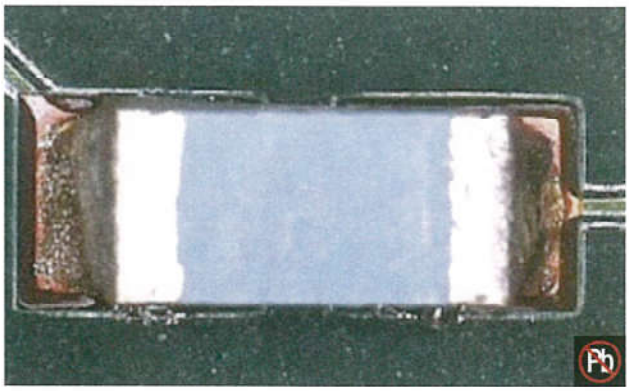


Рисунок 5-17

5.2.4 Отклонения в процессе пайки – Отсутствие смачивания припоем

IPC-T-50 определяет отсутствие смачивания, как неспособность расплавленного припоя сформировать металлическое соединение с металлическим основанием. Настоящий стандарт содержит также требования к финишным покрытиям, пункт 5.2.1.

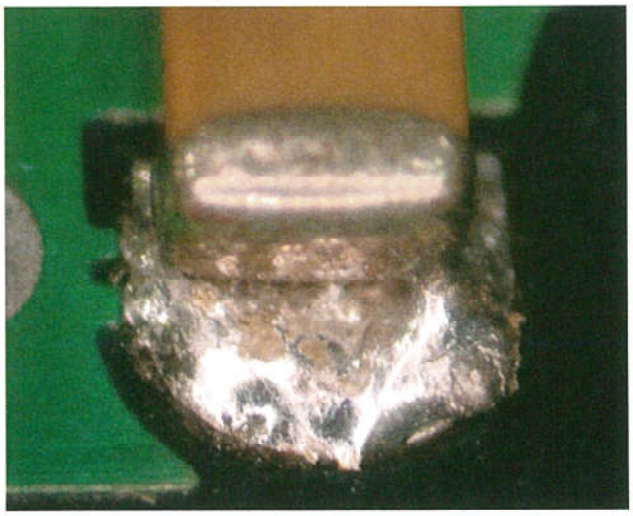


Рисунок 5-18

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие смачивания припоем поверхности компонента или контактной площадки в нужном месте. См. Рисунки 5-18, 19, 20 – выводы компонентов, Рисунок 5-21 – вывод экрана, и рисунок 5-22 – конец провода.
- Покрытие припоем не соответствует установленным требованиям для типа вывода.

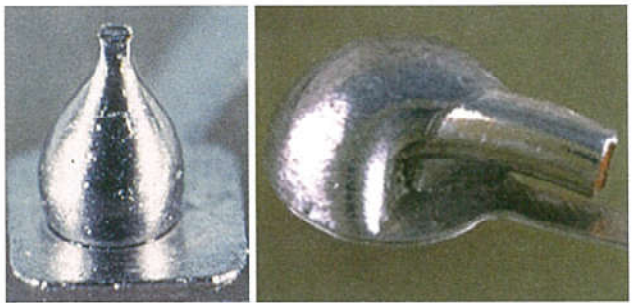


Рисунок 5-19

Рисунок 5-20

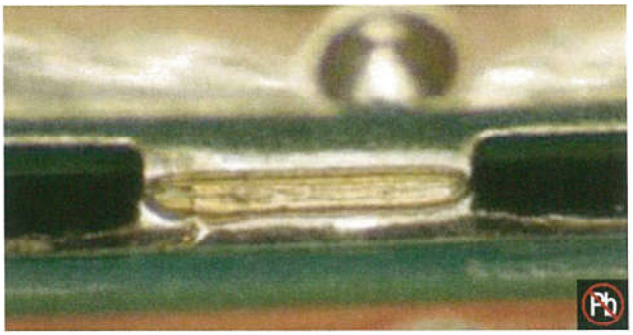


Рисунок 5-21

Рисунок 5-22

5.2.5 Отклонения в процессе пайки – Холодная пайка / непропаянное соединение

IPC-T-50 определяет холодную пайку как «Паяное соединение, которое характеризуется недостаточным смачиванием и серой пористой структурой. (Это происходит вследствие чрезмерного загрязнения припоя, недостаточной очистки перед пайкой и/или недостаточного прогрева в процессе пайки.)» Непропаянное соединение определяется в IPC-T-50 как «Паяное соединение, имеющее внешний вид, практически идентичный холодной пайке, а также признаки включений флюса, разделяющих соединяемые поверхности».

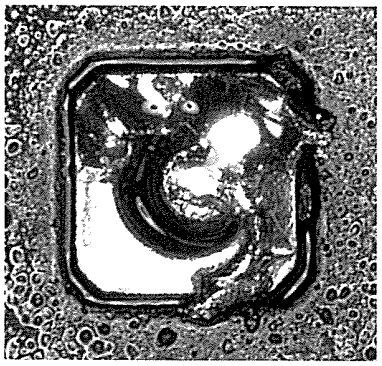


Рисунок 5-23

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие смачивания или недостаточное смачивание, в следствие холодной пайки (см. Рисунок 5-23) или непропаянного соединения (не показано).

5.2.6 Отклонения в процессе пайки – Неполное смачивание

IPC-T-50 определяет неполное смачивание как состояние, образуемое в результате того, что расплавленный припой покрывает поверхность, а затем собирается, оставляя бугорки припоя неправильной формы, разделенные областями, покрытыми тонкой пленкой припоя, не оголяя при этом базовый металл.

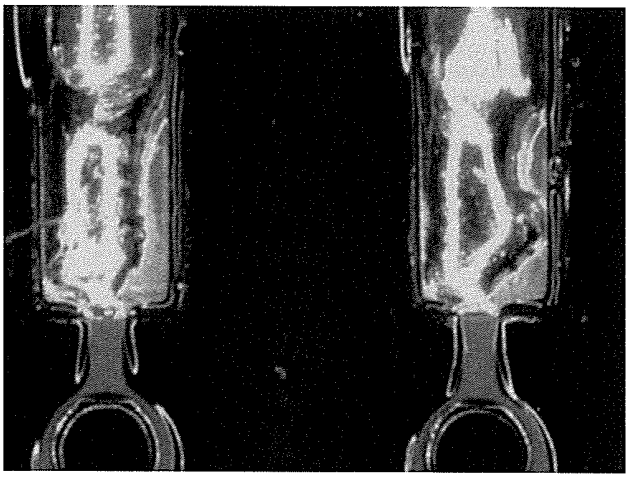


Рисунок 5-24

Дефект – Класс 1,2,3

- Неполное смачивание, вследствие которого паяное соединение не отвечает требованиям к галтели припоя.

5.2.6 Отклонения в процессе пайки – Неполное смачивание (продолжение)

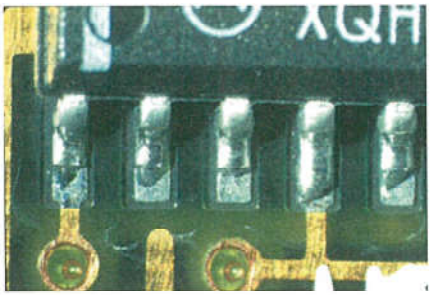


Рисунок 5-25

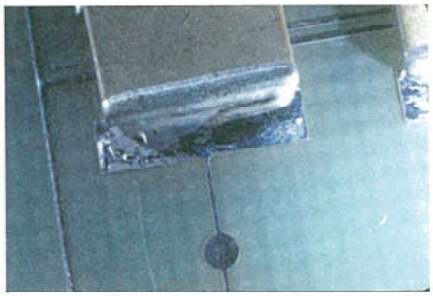


Рисунок 5-26

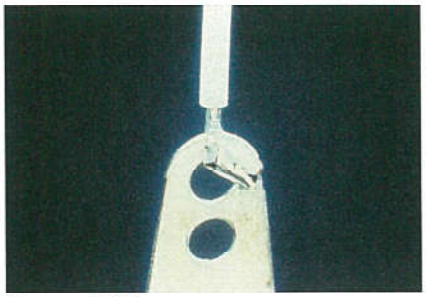


Рисунок 5-27

5.2.7 Отклонения в процессе пайки – Избыток припоя

Компоненты в металлическом корпусе

Брызги припоя либо оловянное покрытие на металлизированном корпусе компонента, см. рисунок 5-28, следует оценивать на предмет ухудшения герметизации и излучения компонента, принимая во внимание условия эксплуатации. Брызги припоя на металлизированных поверхностях могут являться приемлемыми, если к эксплуатационным показателям не предъявляются значительные требования.

В последующих критериях слова «вкраплен», «капсулирован» и «прикреплен» используются для обозначения случаев, когда частицы припоя не могут сместиться в нормальных условиях эксплуатации. Методы, которые используются для определения возможности отрыва и перемещения твердых загрязнений, следует согласовать между производителем и заказчиком.

Рисунок 5-28

5.2.7.1 Отклонения в процессе пайки – Избыток припоя – Шарики припоя

Шарики припоя – сферические образования припоя, остающиеся после процесса пайки. Понятие включает в себя и небольшие шарики припоя, разбрызгивающиеся вокруг паяного соединения во время процесса оплавления.

Методы, которые используются для определения возможности перемещения проводящих частиц припоя (шариков, брызг), следует согласовать между производителем и заказчиком.

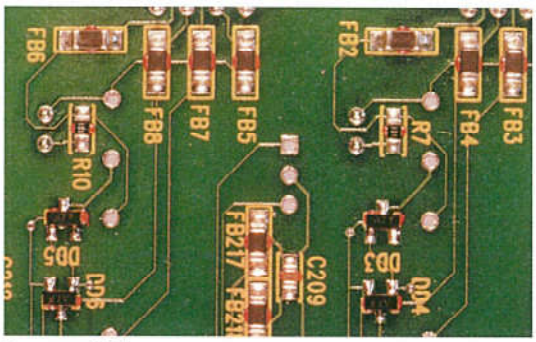


Рисунок 5-29

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие шариков припоя на печатном узле.

Рисунок 5-30

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Шарики припоя вкраплены / капсулированы либо прикреплены (напр. флюсом, не требующим отмывки, в конформное покрытие, припаяны к металлической поверхности, вкраплены в паяльную маску либо находятся под компонентом).
- Шарики припоя не нарушают минимальный электрический зазор.

Рисунок 5-31

Дефект – Класс 1,2,3

- Шарики припоя не вкраплены / капсулированы, не прикреплены либо могут сместиться в нормальных условиях эксплуатации.
- Шарики припоя нарушают величину минимального электрического зазора.

Рисунок 5-32

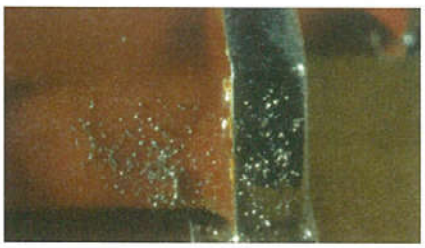


Рисунок 5-33

Рисунок 5-34

5.2.7.2 Отклонения в процессе пайки – Избыток припоя – Перемычки

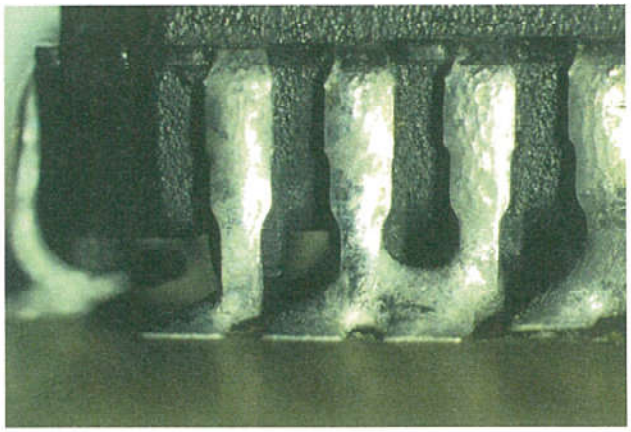


Рисунок 5-35

Дефект – Класс 1,2,3

- Соединение припоем проводников, которые не должны быть соединены.
- Припой шунтирует смежные проводники или компоненты, которые не должны быть соединены.

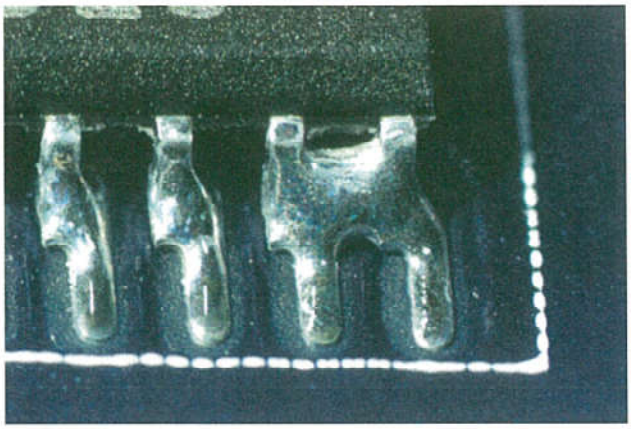


Рисунок 5-36

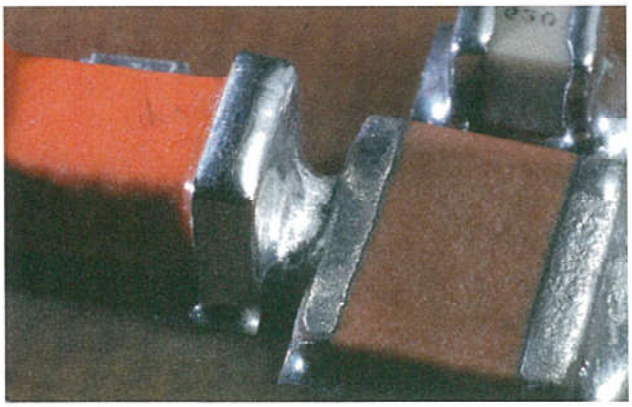


Рисунок 5-37

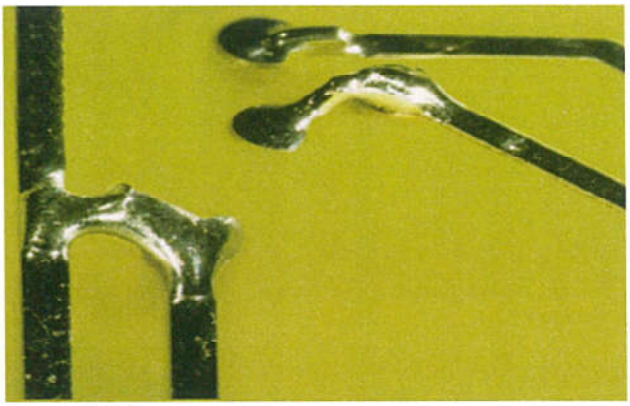


Рисунок 5-38

5.2.7.3 Отклонения в процессе пайки – Избыток припоя – Паутина припоя/брызги

Визуальный осмотр **должен** проводиться без применения увеличительных приборов.

Желаемый результат – Класс 1,2,3

• Отсутствие брызг припоя и паутины.

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Брызги припоя либо металлические частицы отвечают следующим требованиям:

– Прикреплены/вкраплены/капсулированы к печатной плате либо паяльной маске, либо припаяны к металлической поверхности.

– Не нарушают минимальный электрический зазор.

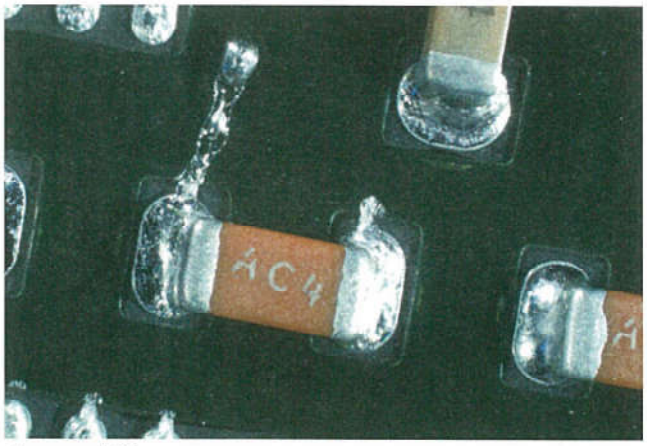


Рисунок 5-39

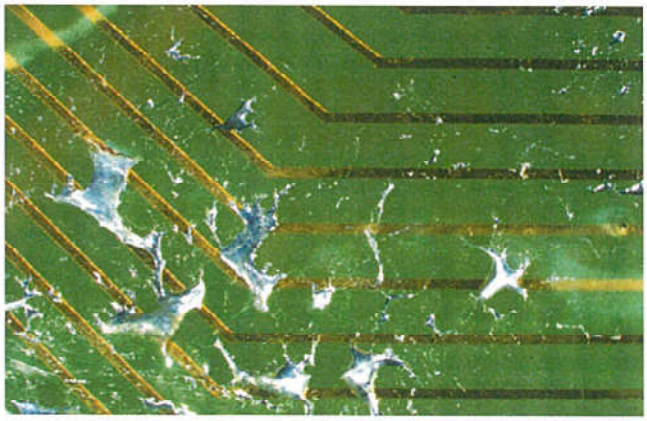


Рисунок 5-40

Дефект – Класс 1,2,3

• Паутина припоя.

• Брызги припоя не прикреплены, вкраплены либо капсулированы.

• Брызги припоя на металлическом компоненте влияют на форму, размсры либо функционирование, напр. нарушают герметизацию вывода в герметичных компонентах.

• Нарушение требований к минимальному электрическому зазору.

5.2.8 Отклонения в процессе пайки – Горячая деформация

Поверхность с видимыми линиями охлаждения, показанная на рисунках 5-41 (бессвинцовый сплав) и 5-42 (оловянно-свинцовый) как приемлемая, с большей вероятностью возникает в результате применения бессвинцовых сплавов и не является горячей деформацией.

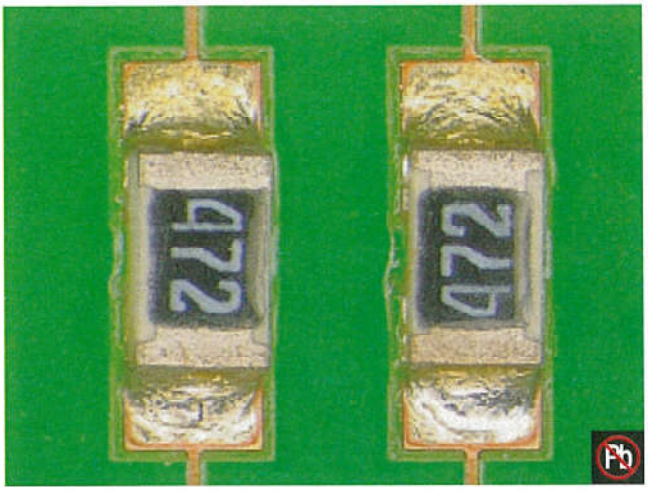


Рисунок 5-41

Приемлемо – Класс 1,2,3

- На бессвинцовых и оловянно-свинцовых паяных соединениях проявляются:
  - Линии охлаждения, рисунок 5-41.
  - Вторичное оплавление, рисунок 5-42.

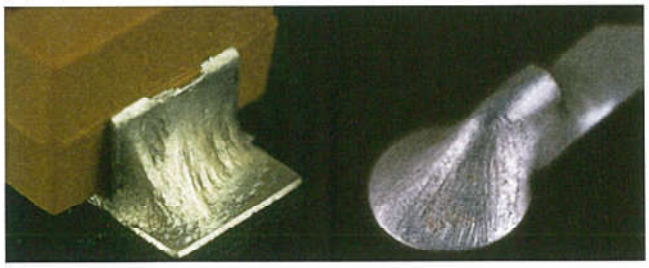


Рисунок 5-42

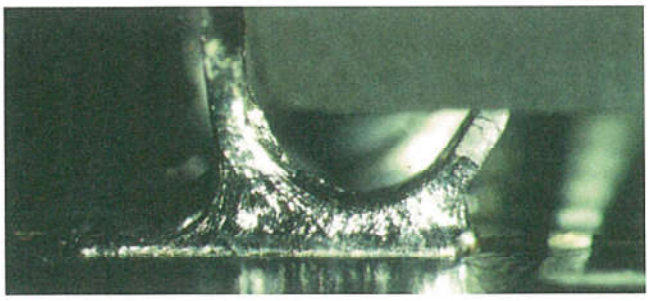


Рисунок 5-43

Дефект – Класс 1,2,3

- Горячая деформация паяного соединения, характеризующаяся неровной поверхностью, обусловленной движениями материала паяного соединения во время охлаждения.

Рисунок 5-44

5.2.9 Отклонения в процессе пайки – Разрыв паяного соединения

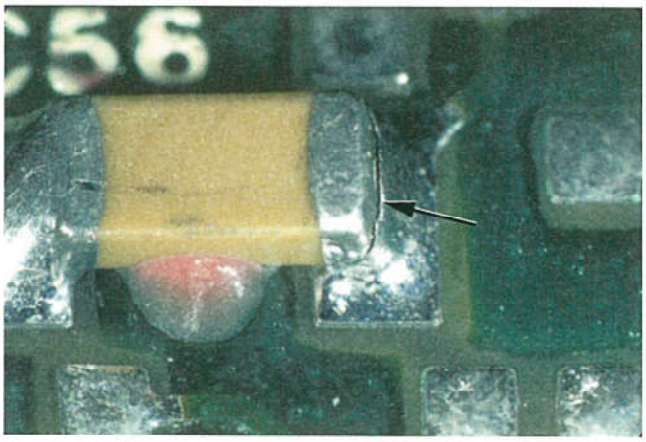


Рисунок 5-45

Дефект – Класс 1,2,3

• Разрывы или трещины в паяном соединении.

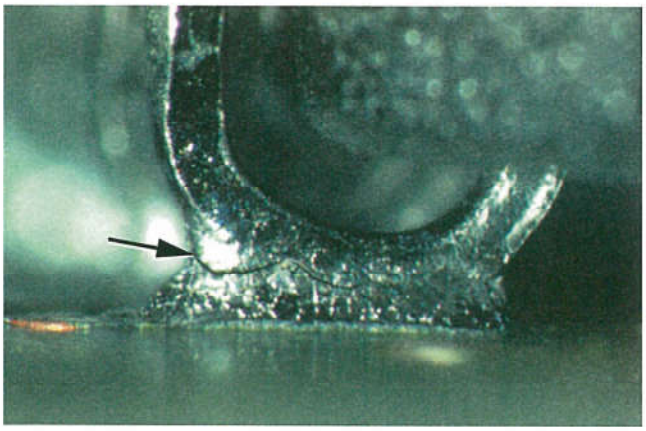


Рисунок 5-46

Рисунок 5-47

5.2.10 Отклонения в процессе пайки – Сосульки припоя

Рисунок 5-48

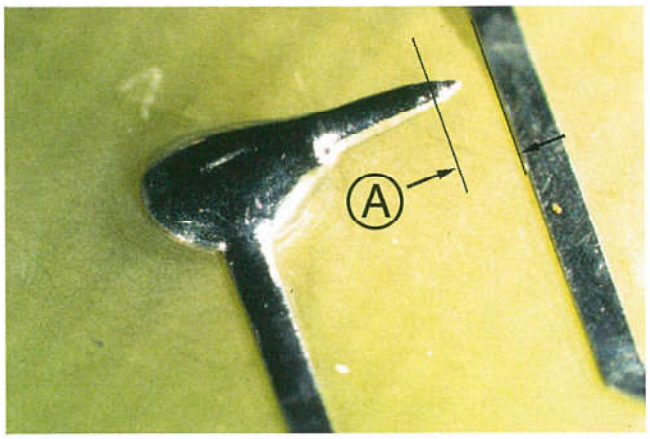


Рисунок 5-49

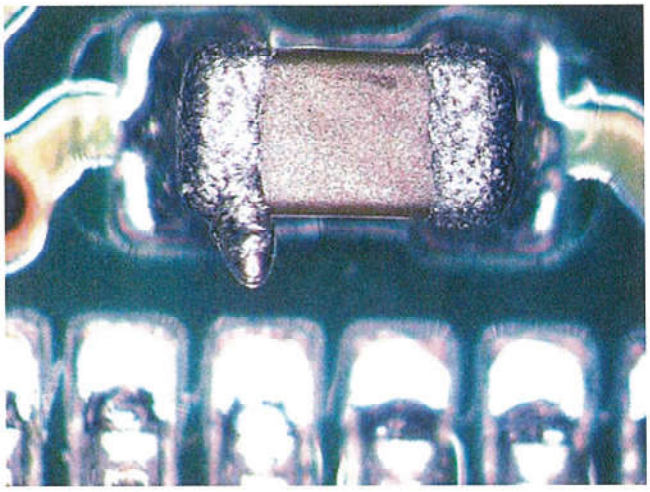


Рисунок 5-50

Дефект – Класс 1,2,3

- Сосулька припоя нарушает требования к максимальной высоте электронной сборки или требования к выступанию вывода, см. Рисунок 5-48.
- Сосулька нарушает минимальный электрический зазор, см. Рисунки 5-49-A и 5-50.

5.2.11 Отклонения в процессе пайки – Поднятие галтели при пайке бессвинцовым припоем

Данные критерии применимы для сквозных металлизированных соединений.

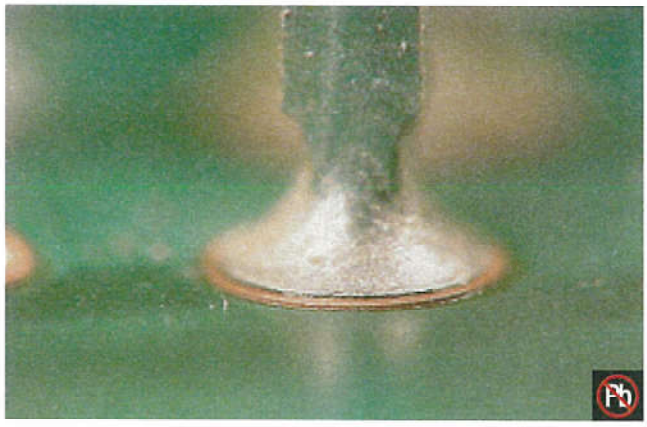


Рисунок 5-51

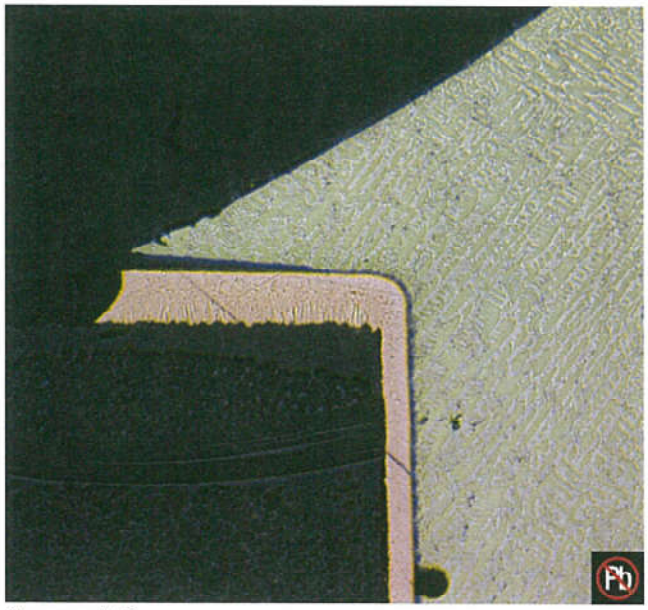


Рисунок 5-52

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Поднятие галтели – отделение нижней части припоя от контактной площадки. Соединение с поднятой галтелью должно соответствовать всем остальным критериям приемки.

Примечание: (Из IPC-T-50) Поднятие галтели – явление при котором галтель припоя отделяется от контактной площадки в основном во время процесса пайки волной. Данное явление чаще возникает на первичной стороне (стороне установки компонентов), чем на вторичной (стороне пайки), открытой для пайки волной. На рисунке 5-52 изображен микрошлиф поднятия галтели.

Данное явление не является дефектом.

Примечание: критерии, связанные с повреждениями контактной площадки, которые могут возникнуть вследствие поднятия галтели, рассматриваются в разделе 10.3.2.

5.2.12 Отклонения в процессе пайки – Горячий надрыв / усадочная раковина при пайке бессвинцовым припоем

Если соединение отвечает всем остальным критериям приемки, данная аномалия не является дефектом. Рисунки 5-53 и 5-54 иллюстрируют горячий надрыв. Горячий надрыв/усадочная раковина обычно можно обнаружить на поверхности паяного соединения. Соединения с горячим надрывом/усадочной раковиной должны отвечать всем остальным критериям приемки.

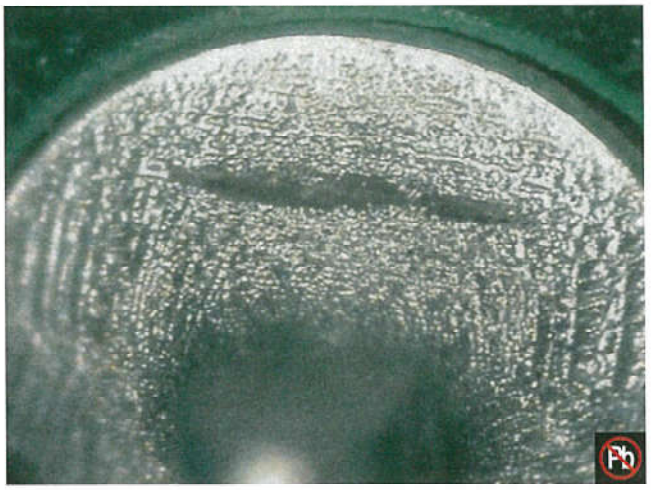


Рисунок 5-53

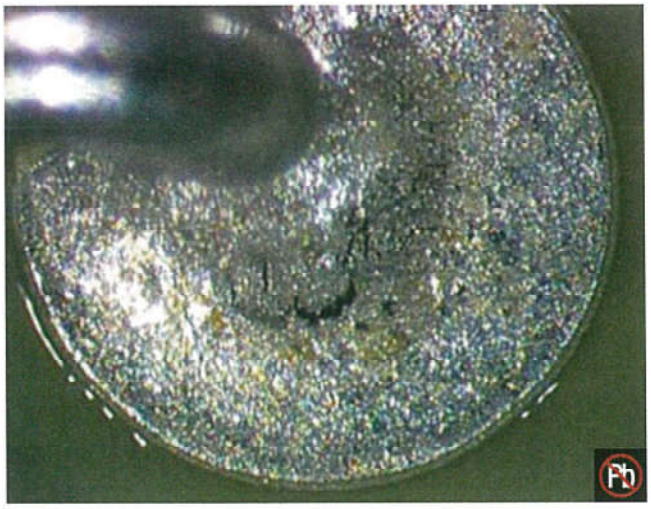


Рисунок 5-54

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Горячий надрыв/усадочную раковину – щель или пустота в паяном соединении, образовавшиеся в процессе отвердевания бессвинцового припоя в процессе монтажа.

5.2.13 Следы щупов либо другие аналогичные состояния поверхности паяных соединений

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие следов щупов либо других аналогичных состояний на поверхности паяного соединения.

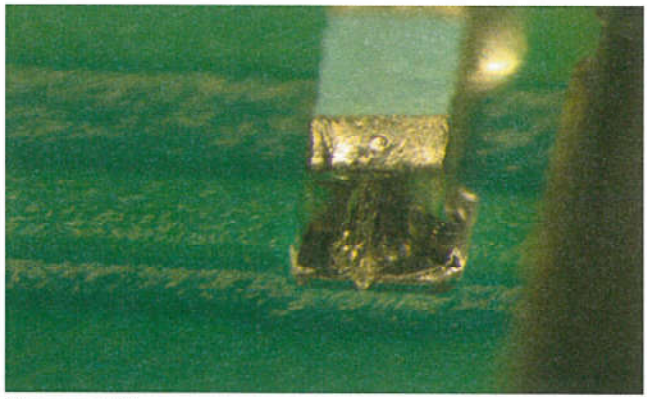


Рисунок 5-55

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Следы щупов либо другие аналогичные состояния поверхности отвечают остальным требованиям.

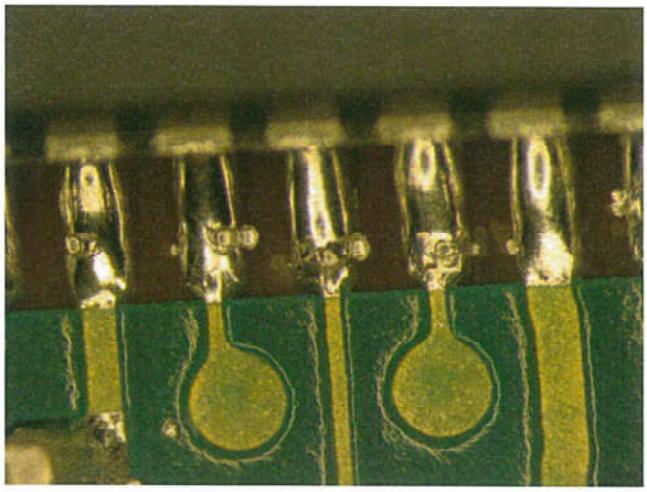


Рисунок 5-56

Дефект – Класс 1,2,3

- Следы щупов либо другие аналогичные состояния поверхности являются причиной повреждений, не отвечающих требованиям.

Страница преднамеренно оставлена пустой.

6 Контактные соединения

Данные критерии применимы как для проводов, так и для выводов компонентов. Предпочтительным условием создания паяного соединения является механическое соединение между выводом/проводом и паяемой поверхностью для обеспечения полной неподвижности вывода/провода во время пайки. Обычно для обеспечения механического соединения применяется угол охвата 180° по периметру контакта.

Исключением для вышеописанных условий является соединение вывода/провода с вильчатыми и щелевыми контактами, гильзами и лепестками, в которых охват контакта не является необходимым для получения приемлемого результата. За исключением случая щелевых контактов (пункт 6.10) выводы/провода при отсутствии охвата должны быть приклеены, зажаты или зафиксированы, см. 6.9.1 и 6.9.2. Целью является предотвращение передачи толчков, вибраций и перемещения присоединенных проводов, что может ухудшить паяное соединение.

Критерии данного раздела сгруппированы в одиннадцать подразделов. Не все возможные сочетания типов проводов/выводов могут быть подробно описаны, поэтому в данном разделе излагаются наиболее общие критерии, применимые ко всем аналогичным комбинациям. К примеру, к выводу резистора или многожильному проводу навесного монтажа применяются аналогичные требования при их соединении с колончатым контактом, но расхождение жил типа «птичья клетка» возможно только для многожильного провода навесного монтажа.

В дополнение к критериям данного раздела применяются также критерии раздела 5.

В данном разделе рассматриваются следующие темы:

6.1 Обжимные изделия 6-2
6.1.1 Контакты 6-2
6.1.1.1 Зазор между основанием контакта и контактной площадкой 6-2
6.1.1.2 Колончатый 6-3
6.1.1.3 Вильчатый 6-4
6.1.2 Раскатанный фланец 6-5
6.1.3 Развальцованный фланец 6-6
6.1.4 Регулируемое расщепление 6-7
6.1.5 Пайка 6-8

6.2 Изоляция 6-10
6.2.1 Повреждение 6-10
6.2.1.1 Перед пайкой 6-10
6.2.1.2 После пайки 6-12
6.2.2 Зазор 6-13
6.2.3 Гибкая трубка 6-15
6.2.3.1 Размещение 6-15
6.2.3.2 Повреждение 6-17

6.3 Провод 6-18
6.3.1 Деформация 6-18
6.3.2 Повреждение 6-19
6.3.2.1 Многожильный провод 6-19
6.3.2.2 Одножильный провод 6-20
6.3.3 Расхождение жил (Птичья клетка) – Перед пайкой 6-20
6.3.4 Расхождение жил (Птичья клетка) – После пайки 6-21
6.3.5 Лужение 6-22

6.4 Петли для обслуживания 6-24

6.5 Снятие напряжения 6-25
6.5.1 Жгут 6-25
6.5.2 Загиб провода/вывода 6-26

6.6 Размещение выводов / проводов – Общие требования 6-28

6.7 Пайка – Общие требования 6-30

6.8 Колончатые и прямые контакты 6-31
6.8.1 Размещение выводов / проводов 6-31
6.8.2 Колончатые и прямые контакты – Пайка 6-33

6.9 Вильчатые 6-34
6.9.1 Размещение выводов / проводов – Подвод сбоку 6-34
6.9.2 Размещение выводов / проводов – Закрепление проводов 6-37
6.9.3 Размещение выводов / проводов – Подвод снизу и сверху 6-38
6.9.4 Пайка 6-39

6.10 Щелевые 6-42
6.10.1 Размещение выводов / проводов 6-42
6.10.2 Пайка 6-43

6.11 Перфорированные 6-44
6.11.1 Размещение выводов / проводов 6-44
6.11.2 Пайка 6-46

6.12 Крючковые 6-47
6.12.1 Размещение выводов / проводов 6-47
6.12.2 Пайка 6-49

6.13 Гильзы для пайки 6-50
6.13.1 Размещение выводов / проводов 6-50
6.13.2 Пайка 6-52

6.14 Провода AWG 30 и меньшего диаметра – Размещение выводов / проводов 6-54

6.15 Последовательное соединение 6-55

6.16 Краевые пружинные контакты – Установка 6-56

6.1 Обжимные изделия

Данный раздел содержит критерии к основным типам обжимных крепежных изделий.

Допускается выступание обжимного крепежного изделия за пределы контактной площадки, не нарушающее величину минимального электрического зазора, см. пункт 1.6.3.

Следует согласовывать гальваническое покрытие и паяемость обжимных крепежных изделий с соответствующими стандартами на гальванические покрытия и паяемость. Требования к паяемости приведены в стандартах IPC/EIA J-STD-002 и IPC/EIA J-STD-003.

6.1.1 Обжимные изделия – Контакты

В данном разделе описана механическая сборка колончатого и вильчатого контактов. Контакты, подлежащие пайке, могут быть установлены таким образом, что их можно провернуть рукой; но при этом они должны быть вертикально устойчивыми.

6.1.1.1 Обжимные изделия – Основание контакта – Зазор между основанием и контактной площадкой

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Окружность основания контакта находится в полном контакте с контактной площадкой при отсутствии признаков механического повреждения контактной площадки.
- Контакт после обжима можно вращать вокруг оси с помощью пальцев.
- Контакт устойчив по вертикали (отсутствует возможность вертикального перемещения контакта).

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Контакт после обжима можно вращать вокруг оси с помощью пальцев.
- Контакт устойчив по вертикали (отсутствует возможность вертикального перемещения контакта).

Приемлемо – Класс 1,2

- Окружность основания контакта соприкасается с контактной площадкой на дуге превышающей 180°, зазор между основанием и контактной площадкой превышает толщину контактной площадки не более чем в 2 раза.

Приемлемо – Класс 3

- Окружность основания контакта соприкасается с контактной площадкой на дуге, превышающей 270°, зазор между основанием и контактной площадкой не превышает толщины контактной площадки.

Дефект – Класс 1,2

- Окружность основания контакта соприкасается с контактной площадкой на дуге менее 180°.
- Зазор между основанием и контактной площадкой превышает толщину контактной площадки более чем в 2 раза.

Дефект – Класс 3

- Окружность основания контакта соприкасается с контактной площадкой на дуге менее 270°.
- Зазор между основанием и контактной площадкой превышает толщину контактной площадки.

Дефект – Класс 1,2,3

- Контакт не устойчив по вертикали.

6.1.1.2 Обжимные изделия – Контакты – Колончатый

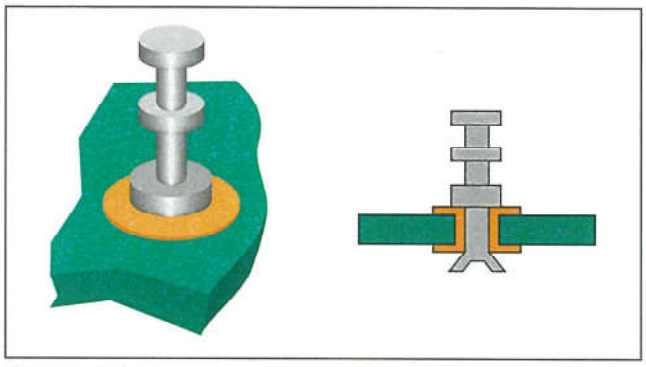


Рисунок 6-1

Желаемый результат – Класс 1,2,3

• Прямой и неповрежденный контакт.

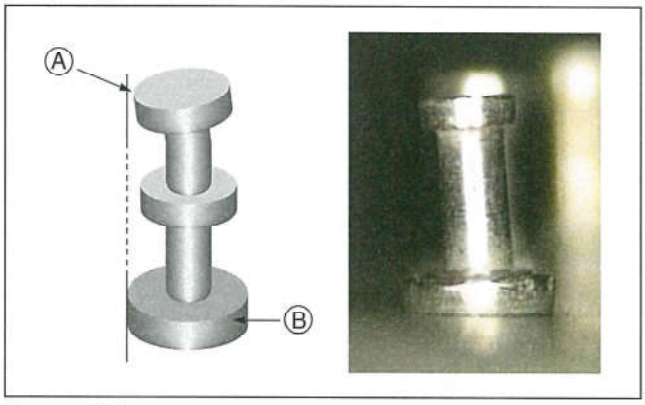


Рисунок 6-2

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Контакт согнут, но верхняя кромка, Рисунок 6-2-A, не выступает за пределы основания, Рисунок 6-2-B.

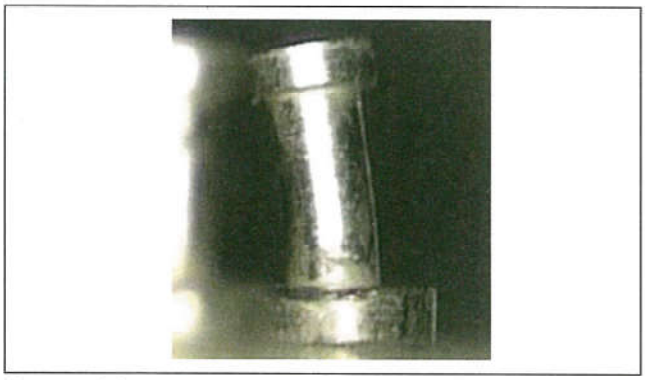


Рисунок 6-3

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

• Верхняя кромка согнута и выступает за пределы основания.

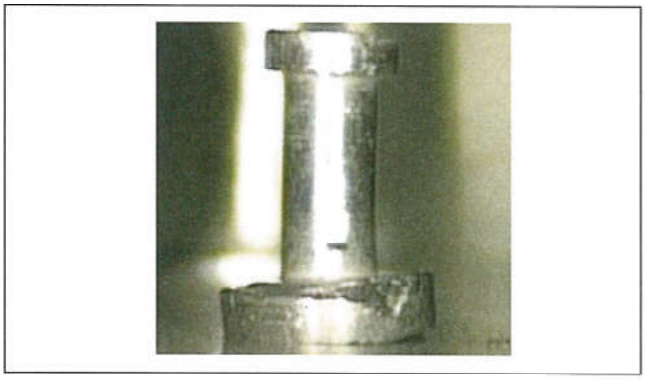


Рисунок 6-4

Дефект – Класс 1,2,3

• Центральный вывод сломан.

6.1.1.3 Обжимные изделия – Контакты – Вильчатый

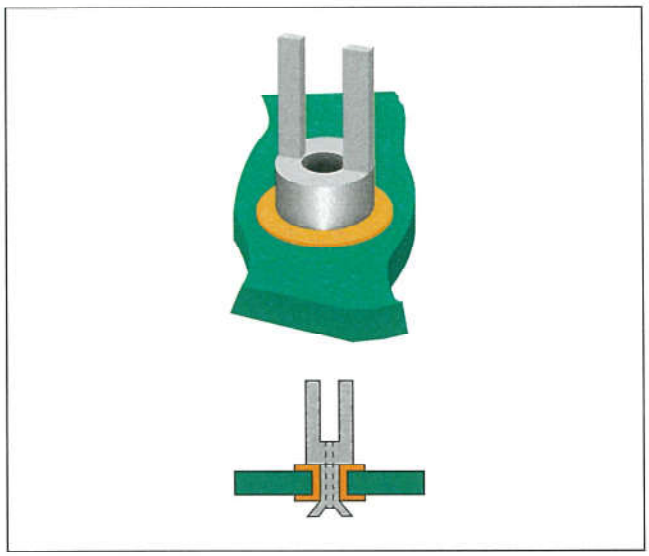


Рисунок 6-5

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Прямой и неповрежденный контакт.

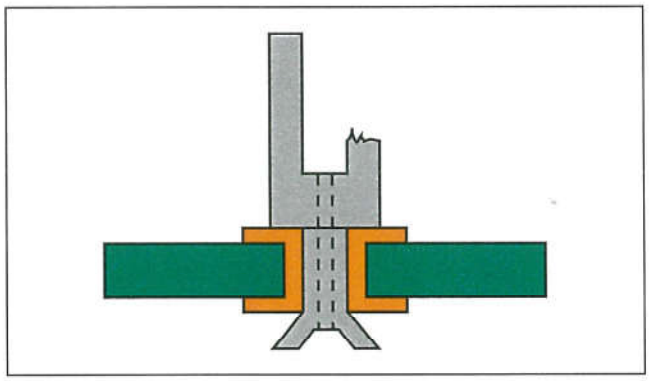


Рисунок 6-6

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Вывод сломан, но остается достаточный участок для монтажа необходимых проводов/выводов.

Дефект – Класс 1,2,3

- Оба вывода сломаны.

6.1.2 Обжимные изделия – Раскатанный фланец

Раскатанный фланец используется для механического соединения, где не требуется электрическое соединение с контактной площадкой. Раскатанные фланцы не припаиваются к контактной площадке печатной платы и не устанавливаются на активные схемы. Они могут быть установлены на пассивные либо изолированные схемы.

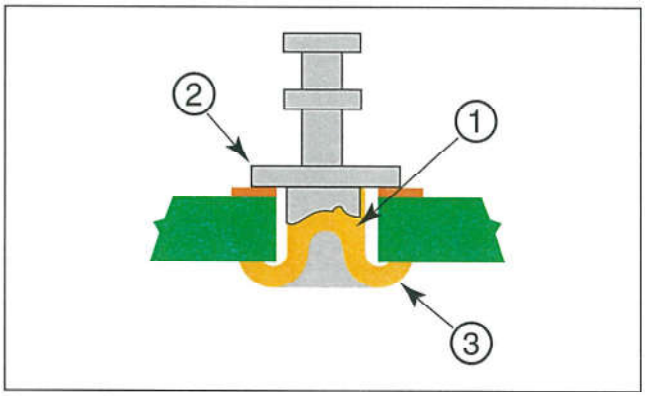


Рисунок 6-7
1. Трубка
2. Основание контакта
3. Раскатанный фланец

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Раскатанный фланец равномерно обжат и отцентрирован относительно отверстия крепления.
- Сжатие фланца достаточно для обеспечения механического соединения контактной клеммы в условиях эксплуатации.
- После обжатия фланец не поворачивается и не двигается.
- На контактной клемме отсутствуют расколы или трещины.
- Контактная клемма перпендикулярна поверхности изделия.
- Кромка раскатанного фланца находится в тесном контакте с материалом платы по всей окружности фланца.
- Отсутствует повреждение материала платы.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Следы обкатки и деформация, потребовавшиеся для обжатия.
- Не более трех радиальных трещин.
- Любые два раскола или трещины разделены углом 90° или более.
- Повреждения подложки не превышают допустимые, см. п. 10.2.
- Отсутствие трещин или сколов по окружности.
- Сколы или трещины не проникают в корпус контактной клеммы.

Дефект – Класс 1,2,3

- Любые трещины или сколы по окружности.
- Любые сколы или трещины, проникающие в корпус контактной клеммы.
- Более трех радиальных сколов или трещин.
- Радиальные сколы или трещины разделены углом менее 90°.
- Отсутствие кусков раскатанного фланца.
- Раскатанные фланцы установлены на активные схемы или сквозные металлизированные отверстия.
- Раскатанные фланцы запаяны.
- Любые повреждения подложки превышают допустимые; см. раздел 10.2.

6.1.3 Обжимные изделия – Развальцованный фланец

Трубчатая часть фланца, выступающая над поверхностью контактной площадки, обжимается для образования обратного конуса, равномерно развернута и концентрична относительно отверстия.

Фланец не расколот, отсутствуют трещины или другие повреждения, позволяющие флюсам, маслам, краскам и другим жидким веществам, используемым для обработки печатных узлов, просочиться в монтажное отверстие.

Критерии пайки развальцованного фланца указаны в пункте 6.1.5.

Рисунок 6-8

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Развальцованный фланец равномерно обжат и концентричен относительно отверстия.
- Признаки деформации или напряжения, вызванные развальцовкой, минимальны.
- Фланец обжат достаточно плотно для предотвращения смещения по оси Z.

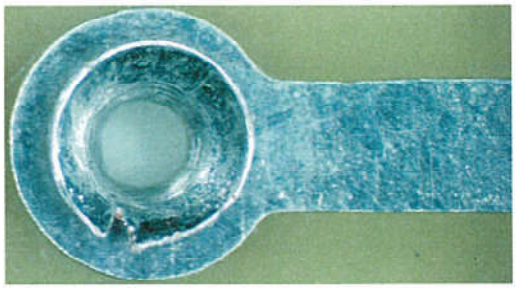


Рисунок 6-9

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Раскол не проникает в цилиндрическую часть развальцованного фланца.
- Не более трех радиальных расколов.
- Угол между расколами либо трещинами составляет не менее 90°.

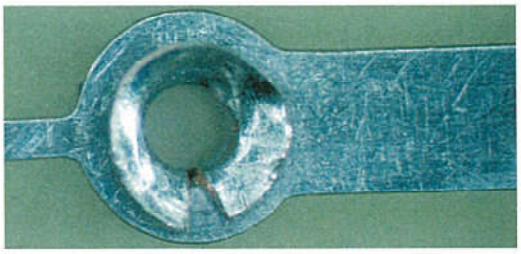


Рисунок 6-10

Приемлемо – Класс 1

- Проникновение раскола в цилиндрическую часть развальцованного фланца допустимо при условии пайки после обжима.

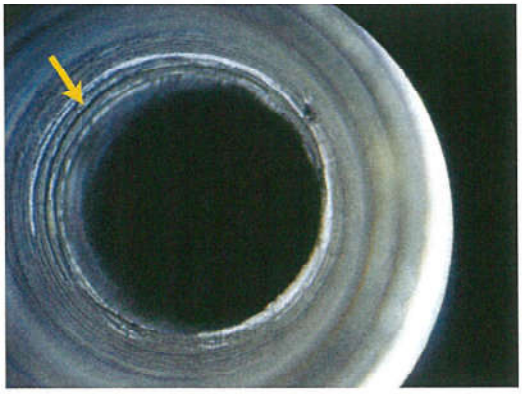


Рисунок 6-11

Дефект – Класс 1,2,3

- Наличие зазубрин или неровностей по периметру развальцованного фланца.
- Проникновение раскола в цилиндрическую часть; смотрите вышеуказанное исключение для Класса 1.
- Любые расколы/трещины по окружности, см. Рисунок 6-11.
- Более трех радиальных расколов.
- Радиальные расколы или трещины разделены углом менее 90°.
- Отсутствие частей развальцованного фланца.

6.1.4 Обжимные изделия – Регулируемое расщепление

Данная форма крепежного изделия получается вследствие использования надрезанной заготовки с равными сегментами. При развальцовке каждый сегмент должен отогнуться на определенный угол.

Крепежное изделие с регулируемым расщеплением должно быть запаяно после развальцовки как можно быстрее во избежание окисления.

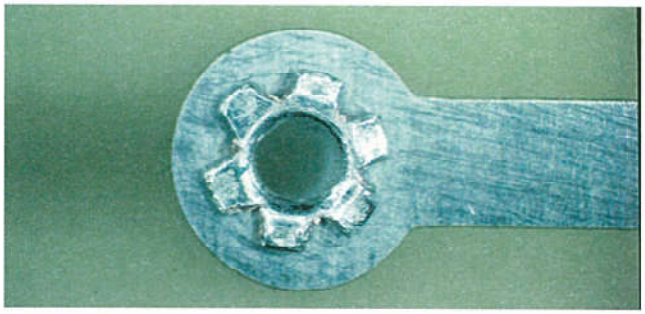


Рисунок 6-12

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Фланец равномерно расщеплен и концентричен с отверстием.
- Расщепленные сегменты не выступают за пределы контактной площадки.
- Фланец обжат достаточно плотно для предотвращения смещения по оси Z.

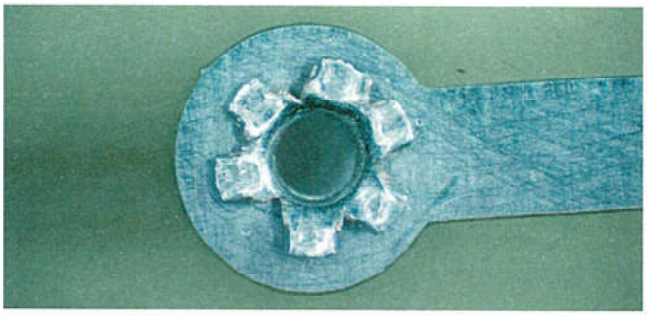


Рисунок 6-13

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Сегменты фланца отогнуты к плате, а не внутрь цилиндрической части.

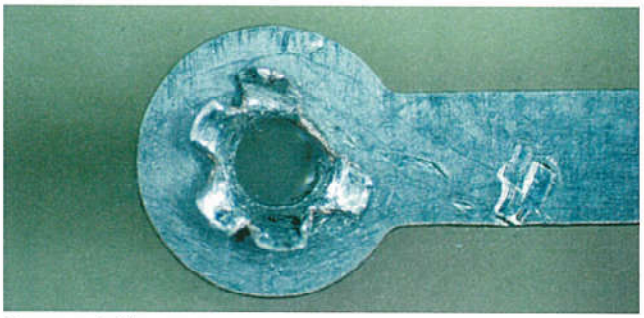


Рисунок 6-14

Дефект – Класс 1,2,3

- Повреждение фланца.
- Сегменты сильно деформированы.
- Отсутствие сегмента.
- Расщепление проникает внутрь цилиндрической части.
- Любые сколы/трещины по окружности.

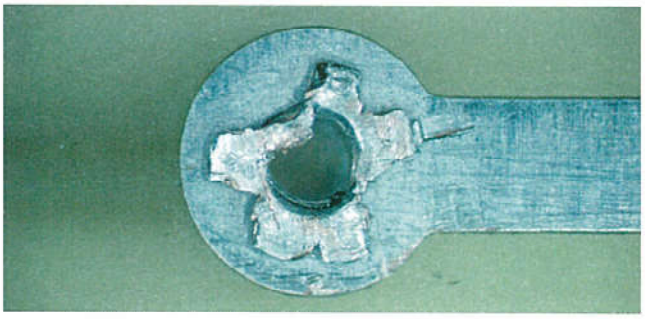


Рисунок 6-15

6.1.5 Обжимные изделия – Пайка

Данные критерии приемлемости пайки, приведенные в Таблице 6-1, применимы к развальцованному фланцу и к плоским обжимным крепежным изделиям.

Плоский фланец не расщеплен, отсутствуют трещины и другие повреждения, позволяющие проникнуть внутрь монтажного отверстия флюсам, маслам, краскам или другим жидким веществам, используемым в производстве печатного узла.

Таблица 6-1 Минимальные требования к пайке обжимных крепежных изделий

Критерий	Класс 1	Класс 2	Класс 3
A. Галтель и смачивание по окружности – сторона пайки.	270°		330°
B. Часть контактной площадки на стороне пайки, смоченная припоем.	75%		
C. Высота припоя на развальцованном фланце.	75%		
D. Высота припоя на плоском фланце.	100%		

Рисунок 6-16

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Угол охватывания галтелью припоя и смачивание контактной площадки составляет 360°.
- Развальцованный фланец находится как можно ближе к контактной площадке для предотвращения смещения по оси Z.
- Видимое затекание припоя между развальцованным фланцем и печатной платой или другой подложкой.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- 75% или более контактной площадки смочено припоем.
- Высота галтели припоя составляет не менее 75% высоты развальцованного фланца.
- Высота галтели припоя составляет 100% высоты плоского фланца.

6.1.5 Обжимные изделия – Пайка (продолжение)

Рисунок 6-17

Приемлемо – Класс 1,2

- Угол охватывания галтелью припоя и смачивание контактной площадки составляет не менее 270°.
- Любое радиальное расщепление заполнено припоем.

Приемлемо – Класс 3

- Угол охватывания галтелью припоя и смачивание контактной площадки составляет не менее 330°.

Рисунок 6-18

Дефект – Класс 1,2

- Угол охватывания галтелью припоя и смачивание контактной площадки менее 270°.
- Любое незаполненное припоем радиальное расщепление.

Дефект – Класс 1,2,3

- Неправильная развальцовка, фланец не лежит на области контакта.
- Высота галтели припоя не достигает 75% высоты развальцованного фланца.
- Высота галтели припоя не равна 100% высоты плоского фланца.
- Менее 75% контактной площадки смочено припоем.

Дефект – Класс 3

- Угол охватывания припоем фланца составляет менее 330°.

6.2 Изоляция

6.2.1 Изоляция – Повреждение

6.2.1.1 Изоляция – Повреждение – Перед пайкой

Покрытия, выполненные поверх основного материала изоляции, например покрытие полиимида смолой, не считаются частью изоляционного покрытия, и требования данного раздела к ним не применяются.

Срезанные концы некоторых изоляционных материалов, особенно из стекловолокна, могут выглядеть обтрепанными. Критерии приемки для недостатков такого вида следует согласовывать между производителем и потребителем.

Эти критерии применимы также к приемке после сборки. Дополнительные критерии по повреждению изоляции в результате операций пайки приведены в п. 6.2.1.2.

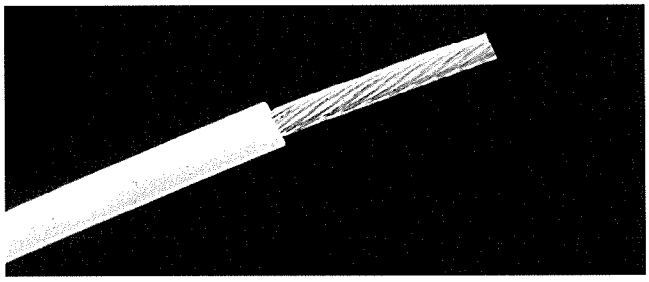


Рисунок 6-19

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Изоляция удалена аккуратно без признаков сжатия, растяжения, срыва, обесцвечивания, обугливания или обгорания.

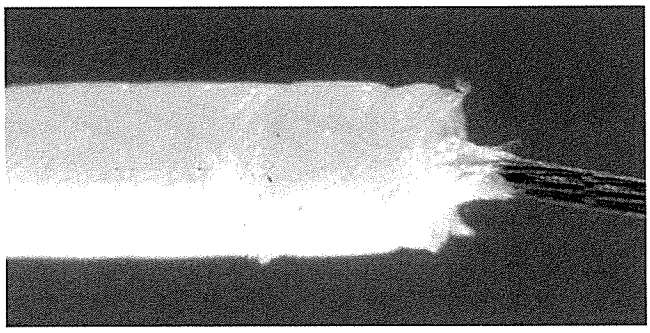


Рисунок 6-20

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Легкое, равномерное сжатие изоляции после захвата приспособлением для зачистки.
- Химические растворы, пасты и кремы для зачистки не вызывают повреждения провода.
- Допускается незначительное обесцвечивание вследствие термической зачистки при условии отсутствия обугливания, трещин и расщеплений.

6.2.1.1 Изоляция – Повреждение – Перед пайкой (продолжение)

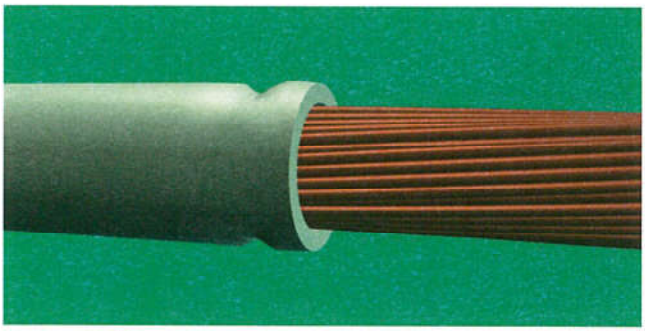


Рисунок 6-21

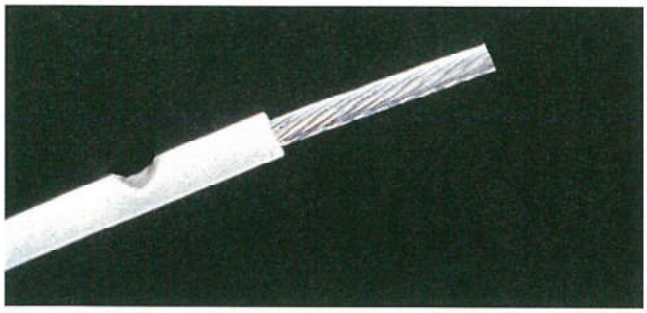


Рисунок 6-22

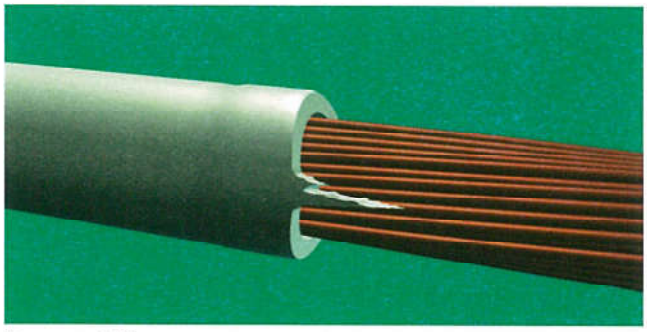


Рисунок 6-23

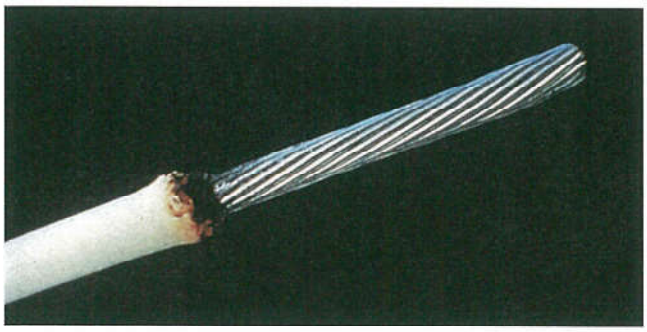


Рисунок 6-24

Дефект – Класс 1,2,3

- Срезы, трещины или расщепления изоляции (не показано).
- Изоляция вплавлена в жилы провода (не показано).
- Толщина изоляции уменьшена более чем на 20%, см. Рисунки 6-21, 6-22.
- Неровные или зазубренные куски изоляции (следы износа, хвосты или обрывки) превышают 50% диаметра провода или 1 мм [0,04 дюйма], выбирается большее значение, см. Рисунок 6-23.
- Обугливание изоляции, см. Рисунок 6-24.

6.2.1.2 Изоляция – Повреждение – После пайки

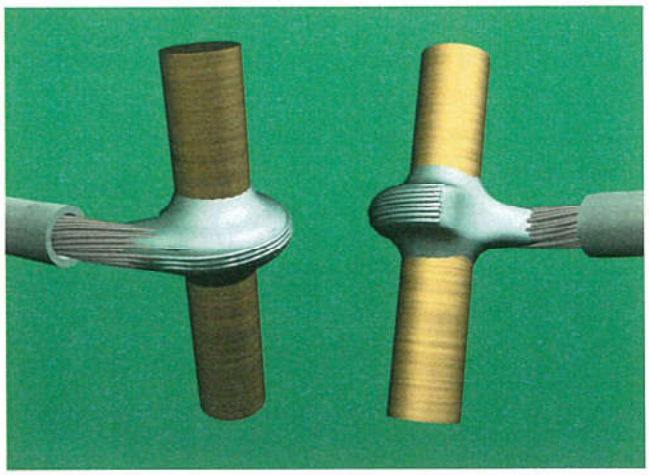


Рисунок 6-25

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствуют оплавления, обугливания или другие виды повреждений, возникшие при пайке.

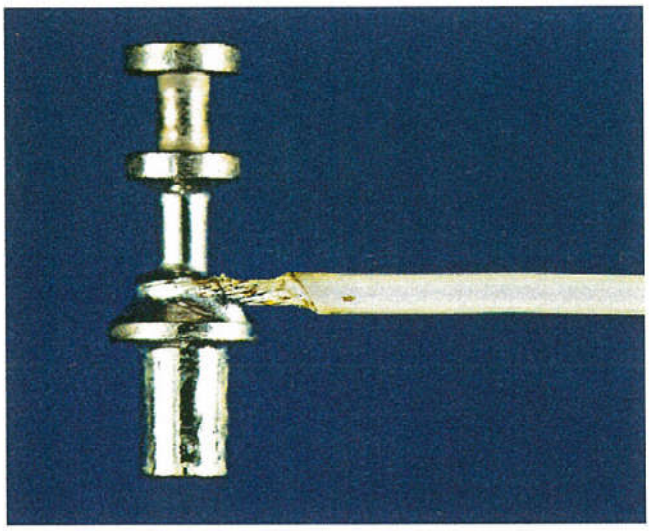


Рисунок 6-26

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Незначительное оплавление изоляции.

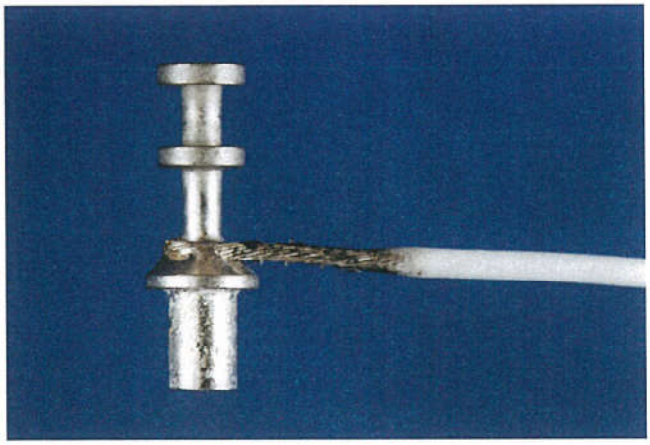


Рисунок 6-27

Дефект – Класс 1,2,3

- Изоляция обуглена.
- Паяное соединение загрязнено обгоревшей или оплавленной изоляцией.

6.2.2 Изоляция – Зазор

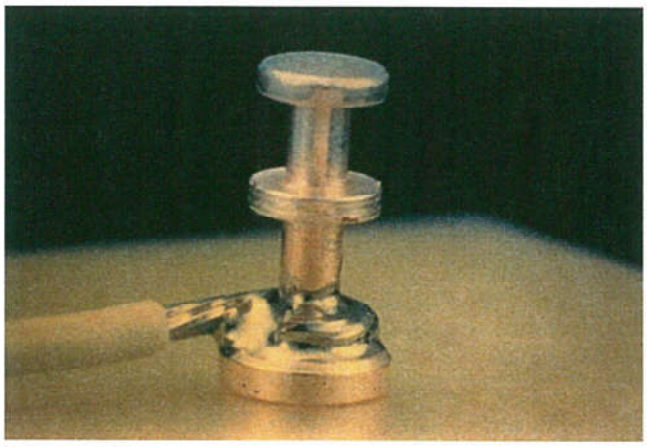


Рисунок 6-28

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Между концом изоляции и галтелью припоя имеется отделяющий зазор (C) размером в один диаметр провода (D).

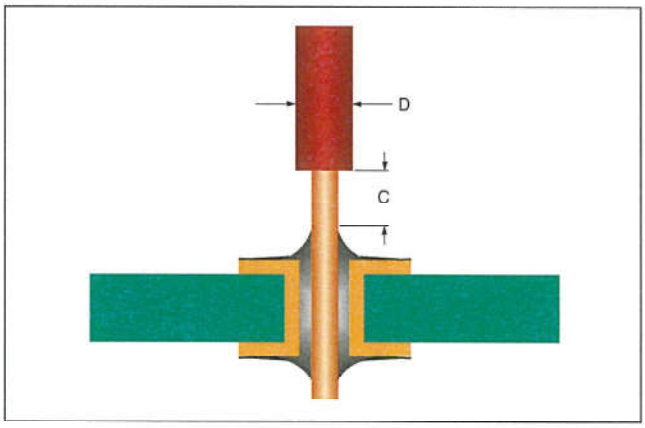


Рисунок 6-29

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Расстояние до изоляции (C) составляет два диаметра провода с изоляцией или менее, либо 1,5 мм [0,06 дюйма] (выбирается большее значение).
- Расстояние до изоляции (C) не уменьшает величину минимального электрического зазора относительно ближайших не соединенных электрически проводов.
- Изоляция соприкасается с припоем, но никак не влияет на формирование приемлемого паяного соединения.

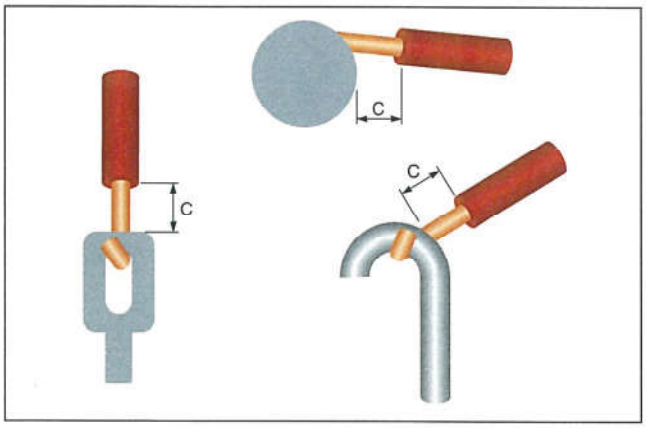


Рисунок 6-30

6.2.2 Изоляция – Зазор (продолжение)

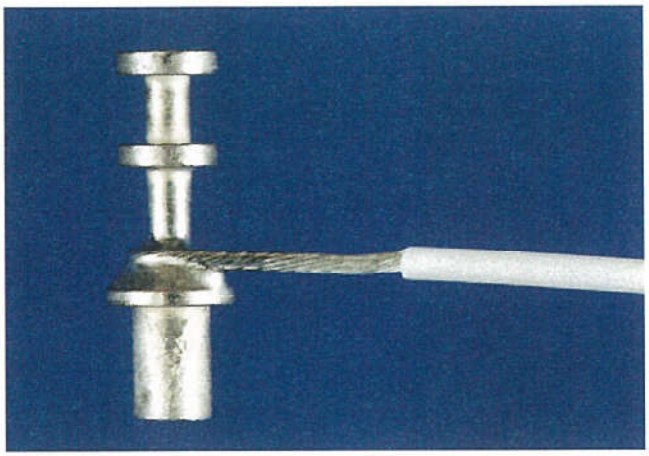


Рисунок 6-31

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Расстояние до изоляции (C) составляет более двух диаметров провода с изоляцией, либо 1,5 мм [0,06 дюйма] (выбирается большее значение).

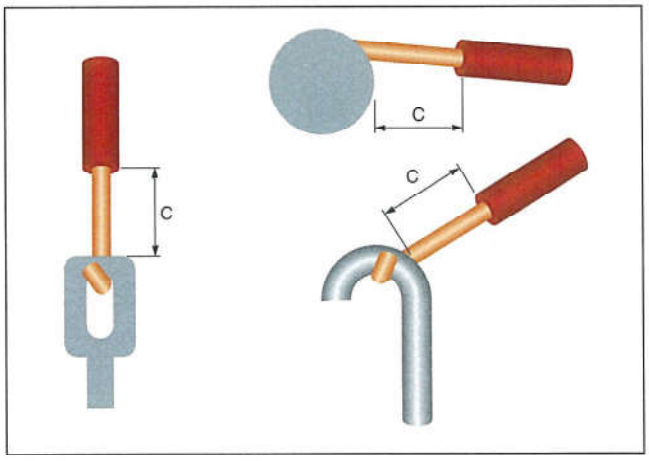


Рисунок 6-32

Дефект – Класс 1,2,3

- Расстояние до изоляции (C) нарушает величину минимального электрического зазора относительно соседних не соединенных электрически проводов.
- Изоляция влияет на формирование паяного соединения.

Дефект – Класс 2,3

- Изоляция имеет вкрапления припоя либо покрыта припоем (не показано).

6.2.3 Изоляция – Гибкая трубка

Данные критерии применяются при использовании термоусадочной изоляционной трубки. Критерии для других типов изоляционных трубок следует согласовывать между производителем и потребителем.

Очистка, при необходимости, должна быть выполнена до усадки трубки.

Нагрев, используемый для термоусадочной трубки не должен повреждать разъем, провод, изоляционную трубку, соседние компоненты, а также приводить к оплавлению паяных соединений.

6.2.3.1 Изоляция – Гибкая трубка – Размещение

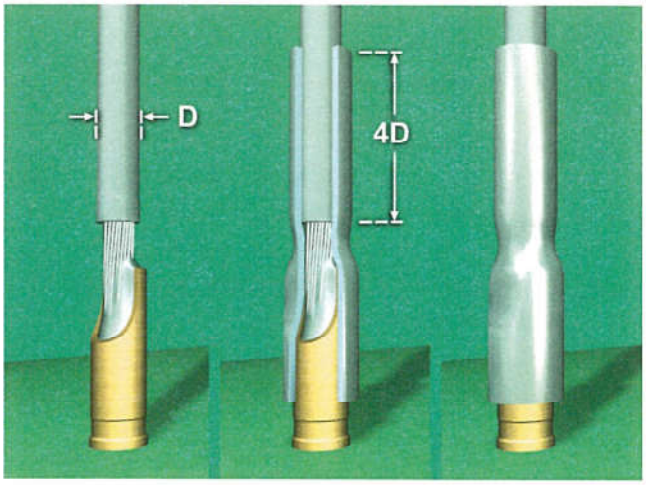


Рисунок 6-33

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Изоляционная трубка накрывает соединительный разъем и продолжается на изоляции провода на четыре диаметра провода (D).
- Расстояние между изоляционной трубкой и точкой соединения контакта и изолятора разъема составляет один диаметр провода (D).

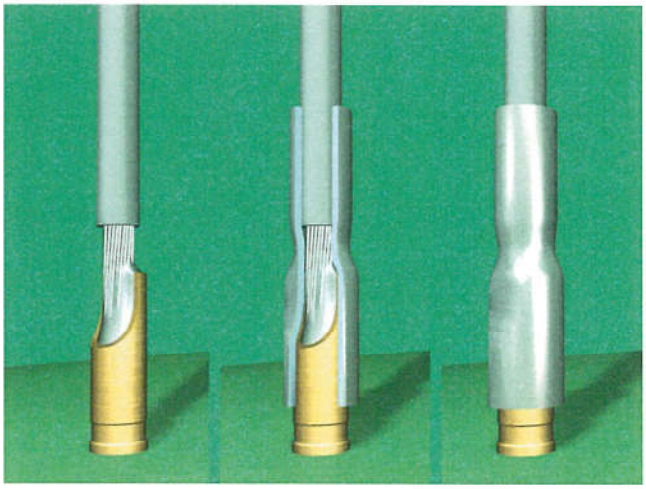


Рисунок 6-34

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Изоляционная трубка накрывает соединительный разъем и продолжается на изоляции провода не менее двух диаметров провода.
- Расстояние между изоляционной трубкой и точкой соединения контакта и изолятора разъема составляет более 50% и менее двух диаметров провода.

Приемлемо – Класс 1

- Муфта/трубка плотно прилегает к контакту, но не прилегает к проводу/кабелю.

Приемлемо – Класс 2,3

- Муфта/трубка плотно прилегает к контакту и проводу/кабелю.
- Несколько частей трубки перекрывают друг друга на не менее чем 3 диаметра провода/кабеля, либо 13 мм [0,5 дюйма], выбирается большее значение.

6.2.3.1 Изоляция – Гибкая трубка – Размещение (продолжение)

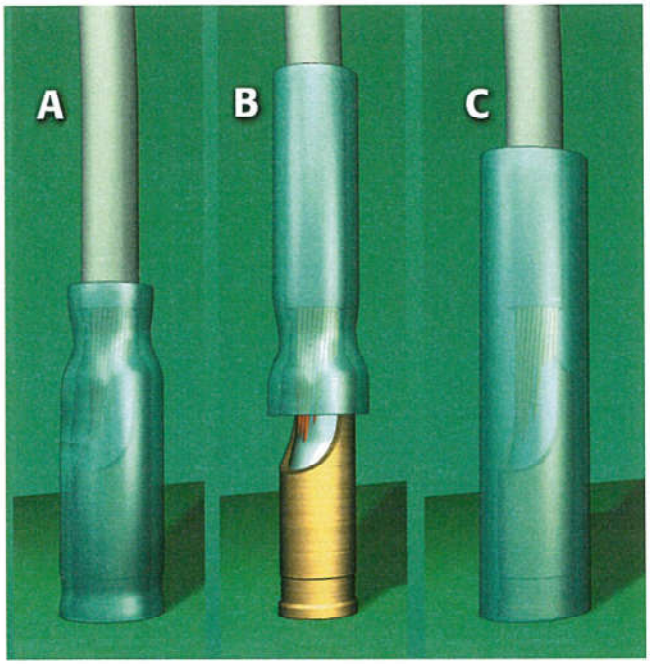


Рисунок 6-35

Дефект – Класс 1

- Муфта/трубка не прилегает к контакту.

Дефект – Класс 2,3

- Муфта/трубка не прилегает к контакту и проводу/кабелю.
- Перекрытие частей трубки менее 13 мм [0,5 дюйма], либо менее 3 диаметров провода/кабеля, выбирается меньшее значение.

Дефект – Класс 1,2,3

- Изоляционная трубка накрывает изоляцию провода на расстоянии менее двух диаметров провода, см. Рисунок 6-35-A.
- Расстояние между изоляционной трубкой и точкой соединения контакта и изолятора разъема составляет более двух диаметров провода, см. Рисунок 6-35-B.
- Изоляционная трубка не зафиксирована на контакте (может скользить или болтаться, оголяя при этом участок провода или разъема более допустимого), см. Рисунок 6-35-C.
- Изоляционная трубка не позволяет контакту свободно перемещаться, когда это необходимо.

6.2.3.2 Изоляция – Гибкая трубка – Повреждение

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Отсутствие расщеплений, обугливания, трещин, разрывов, раковин и других видов повреждений изоляционной трубки.

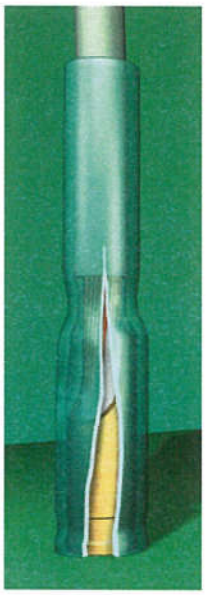


Рисунок 6-36

Дефект – Класс 1,2,3

- Наличие расщеплений, обугливания, трещин, разрывов, раковин либо других видов повреждений изоляционной трубки.

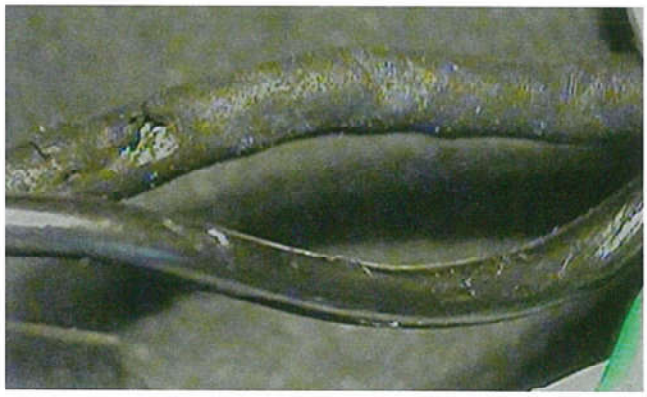


Рисунок 6-37

6.3 Провод

6.3.1 Провод – Деформация

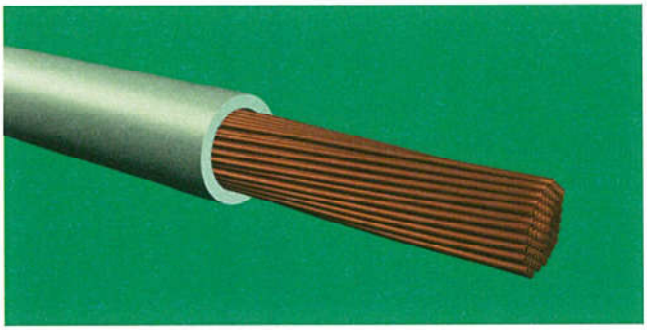


Рисунок 6-38

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие расплющенных, расплетенных, согнутых, перекрученных или иным образом деформированных жил.
- Не нарушено исходное положение жил провода.

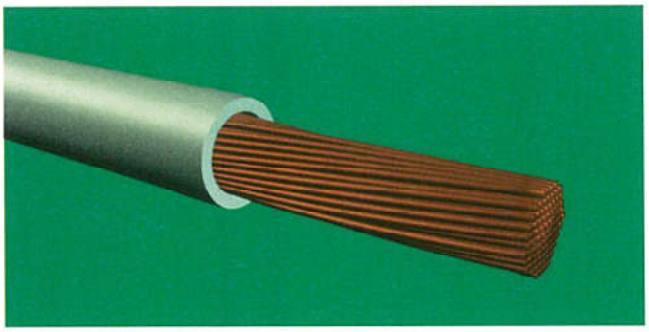


Рисунок 6-39

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Там, где жилы были раскручены при зачистке, они должны быть закручены в исходном направлении.
- Жилы провода не перекручены.

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Не сохраняется основное направление закрутки жил.

Дефект – Класс 3

- Жилы провода перекручены.

6.3.2 Провод – Повреждения

6.3.2.1 Провод – Повреждения – Многожильный провод

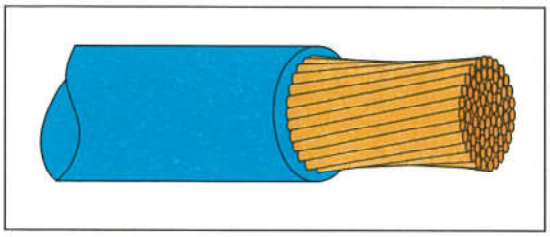


Рисунок 6-40

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Жилы провода не ободраны, не зазубрены, не надрезаны, не сплющены и не повреждены каким-либо иным образом.

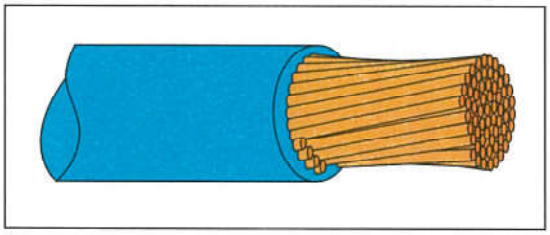


Рисунок 6-41

Приемлемо – Класс 1

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Жилы провода обрезаны, сломаны, ободраны или оторваны, но число поврежденных жил не превышает значения, указанные в таблице 6-2.

Дефект – Класс 1,2,3

- Число поврежденных (обрезанных, зазубренных или надломленных) жил превышает значения, указанные в таблице 6-2.

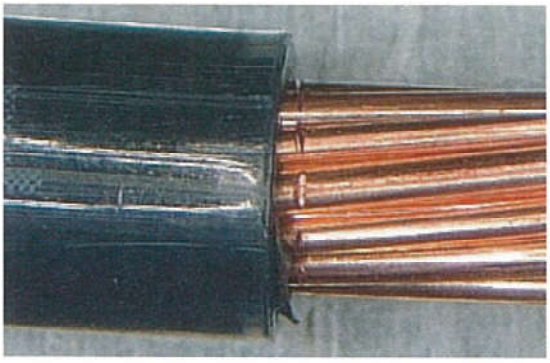


Рисунок 6-42

Таблица 6-2 Повреждения жил провода[1,2,3]

Количество жил	Допустимое количество поврежденных, зазубренных или надломленных жил для Класса 1,2	Допустимое количество поврежденных, зазубренных или надломленных жил для проводов, которые не будут облуживаться перед монтажом в изделиях Класса 3	Допустимое количество поврежденных, зазубренных или надломленных жил для проводов, которые будут облуживаться перед монтажом в изделиях Класса 3
1 (одножильный провод)	Никаких повреждений свыше 10% от диаметра провода		
2-6	0	0	0
7-15	1	0	1
16-25	3	0	2
26-40	4	3	3
41-60	5	4	4
61-120	6	5	5
121 и более	6% всех жил	5% всех жил	5% всех жил

Примечание 1: В проводах, применяемых при напряжении 6 кВ и более либо обозначенных как высоковольтные, повреждение жил не допускается.
Примечание 2: Для проводов с покрытием повреждение покрытия, не оголяющее металл, не считается повреждением жилы.
Примечание 3: Жила считается поврежденной, если зазубрины либо следы зачистки превышают 10% от диаметра жилы.

6.3.2.2 Провод – Повреждения – Одножильный провод

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Отсутствие зазубрин или деформации, превышающих 10% диаметра, ширины или толщины провода. Критерии по оголению металла провода смотри в п. 5.2.1.

Дефект – Класс 1,2,3

- Провод поврежден более чем на 10% от диаметра или толщины.
- Провод деформирован в результате многократного сгибания.

6.3.3 Провод – Расхождение жил (Птичья клетка) – Перед пайкой

Положение жил провода, нарушенное во время зачистки, следует восстановить до соответствия исходному состоянию.

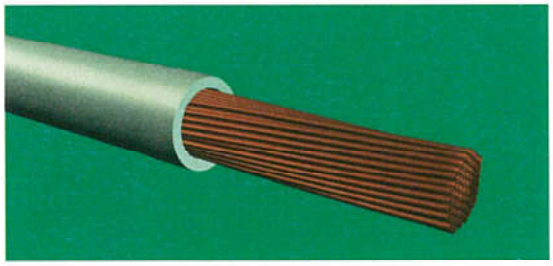


Рисунок 6-43

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Исходное положение жил не нарушено.

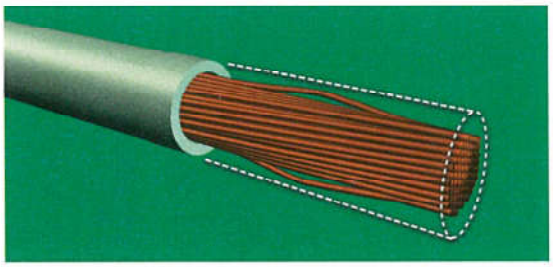


Рисунок 6-44

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Расхождение жил провода (птичья клетка) присутствует, но не:
  - превышает диаметра одной жилы.
  - выступает за пределы внешнего диаметра изоляции.

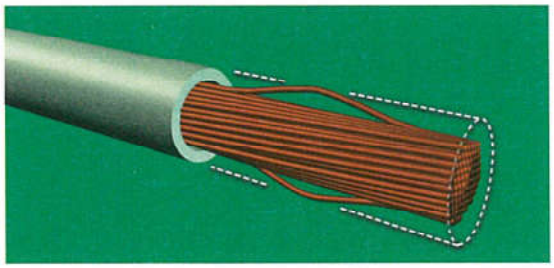


Рисунок 6-45

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Расхождение жил превышает диаметр одной жилы, но не выступает за пределы внешнего диаметра изоляции.

6.3.3 Провод – Расхождение жил (Птичья клетка) – Перед пайкой (продолжение)

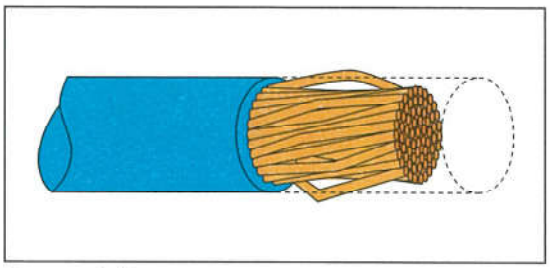


Рисунок 6-46

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

• Жилы провода выступают за пределы внешнего диаметра провода.

6.3.4 Провод – Расхождение жил (Птичья клетка) – После пайки

Желаемый результат – Класс 1,2,3

• Отсутствие «птичьей клетки».

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Расхождение жил провода (птичья клетка) присутствует, но не:
  – превышает диаметра одной жилы.
  – выступает за пределы внешнего диаметра изоляции.

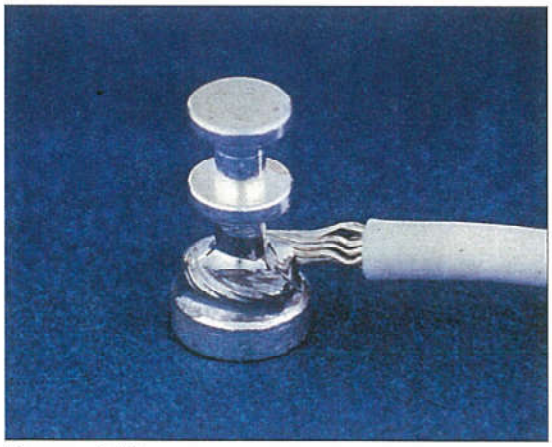


Рисунок 6-47

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

• Наличие расхождения жил провода, превышающего диаметр одной жилы, но не выходящего за пределы внешнего диаметра изоляции провода.

6.3.4 Провод – Расхождение жил (Птичья клетка) – После пайки (продолжение)

Рисунок 6-48

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Наличие расхождения типа «птичья клетка», выступающего за пределы внешнего диаметра изоляции провода.

6.3.5 Провод – Лужение

В данном документе понятия облуживание и лужение обозначают одно и то же в соответствии с IPC-T-50: «Нанесение расплавленного припоя на металлическую основу с целью увеличения паяемости».

Облуживание многожильного провода дает дополнительное преимущество – связывание отдельных жил в одно целое, что позволяет формировать и присоединять провод к контактным клеммам без расхождения жил («птичьей клетки»).

При необходимости лужения проводов применяются указанные ниже критерии.

Рисунок 6-49

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Многожильный провод равномерно покрыт тонким слоем припоя, при этом можно легко различить отдельные жилы провода.
- Длина необлуженного со стороны изоляции участка провода не превышает диаметра провода.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Припой смачивает облуженный участок провода и проникает к внутренним жилам многожильного провода.
- Припой не растекается на участки провода, которые должны оставаться гибкими.
- Лужение обеспечивает тонкий слой припоя, при этом видны контуры жил провода.

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Отдельные жилы провода не различимы, но большое количество припоя не влияет на форму, размеры или функциональность.
- Припой не проникает к внутренним жилам провода.

6.3.5 Провод – Лужение (продолжение)

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Длина необлуженых жил от конца изоляции превышает величину диаметра провода.

Примечание: стандарт IPC/EIA J-STD-002 содержит дополнительную информацию по данным требованиям.

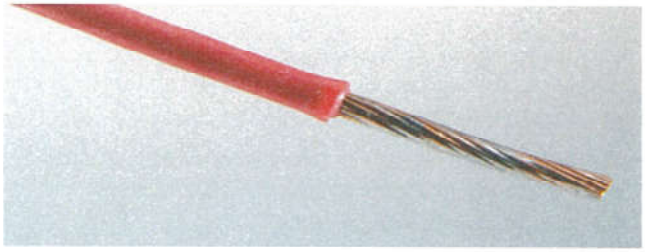


Рисунок 6-50

Дефект – Класс 2,3

- Отверстия, пустоты или отсутствие/недостаточное смачивание превышает 5% поверхности, подвергающейся лужению, см. Рисунок 6-50.
- Припой не смачивает луженую часть провода.
- Многожильный провод не облужен перед соединением с контактной клеммой или формированием сочленения проводов (исключение составляет сочленение переплетением).

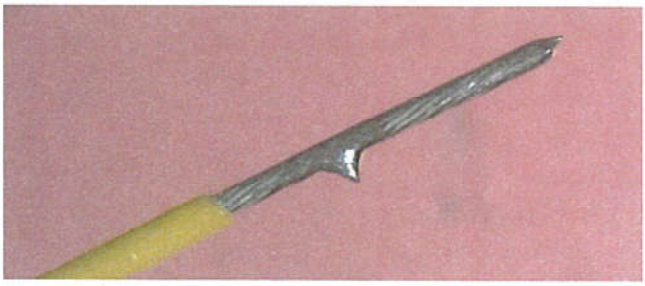


Рисунок 6-51

Дефект – Класс 1,2,3

- Припой распространяется на участок, который должен оставаться гибким после пайки.
- Припой выступает над поверхностью или образует сосульки, что может повлиять на последующие сборочные операции, см. Рисунок 6-51.

6.4 Петли для обслуживания

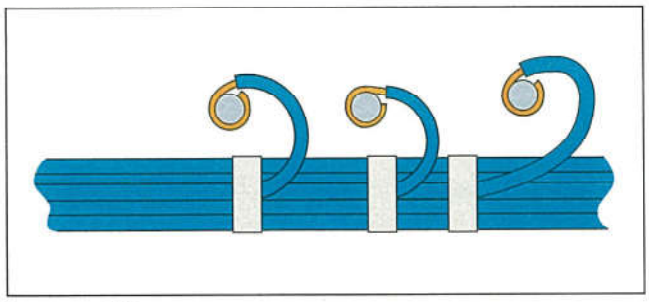


Рисунок 6-52

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Первоначальное соединение имеет достаточную длину для проведения одного повторного подключения, при необходимости.

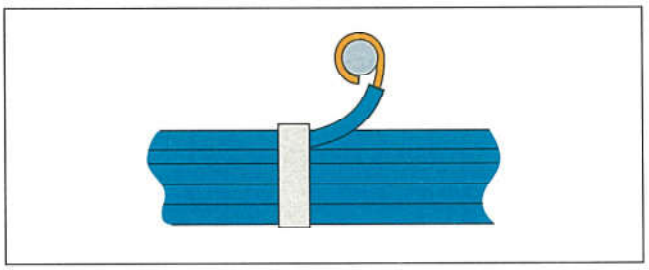


Рисунок 6-53

Дефект – Класс 1,2,3

- Первоначальное соединение имеет недостаточную длину для проведения по крайней мере одного повторного подключения, при необходимости.

6.5 Снятия напряжения

6.5.1 Снятия напряжения – Жгут

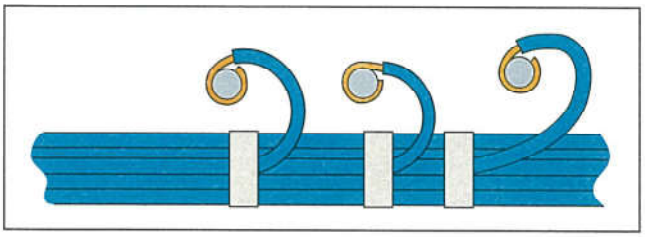


Рисунок 6-54

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Провод подводится к контакту петлей или изгибом, достаточным для снятия любого теплового/вибрационного напряжения в соединении.
- Направление изгиба для снятия напряжения не нагружает механическую накрутку или паяное соединение.
- Изгиб, не касающийся контакта, соответствует требованиям таблицы 4-1.

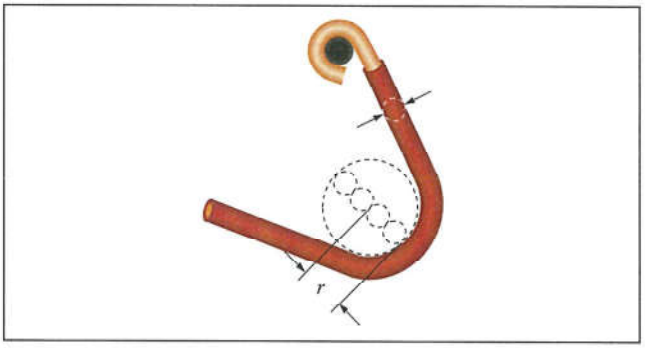


Рисунок 6-55

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Несоответствие требованиям к радиусу изгиба. См. Таблицу 4-1, см. Рисунок 6-55.
- Недостаточное снятие напряжения, см. Рисунок 6-56.
- Намотанный провод натянут, см. Рисунок 6-56.

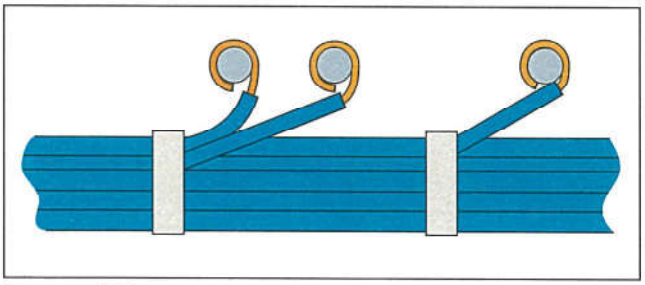


Рисунок 6-56

6.5.2 Снятие напряжения – Изгиб вывода / провода

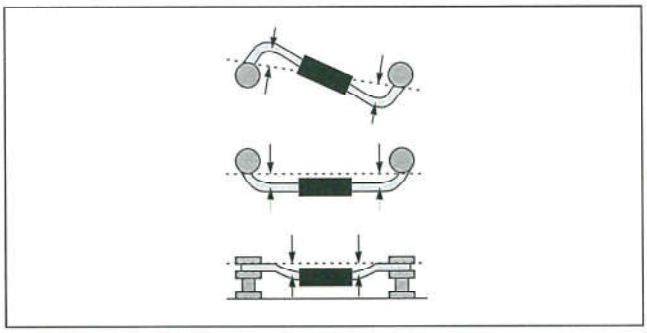


Рисунок 6-57

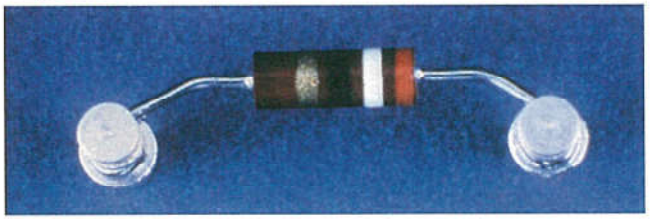


Рисунок 6-58

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Расстояние между осью компонента и кромкой контакта составляет не менее половины (50%) диаметра компонента либо 1,3 мм [0,05 дюйма] (выбирается большее значение).
- При креплении компонентов хомутами или клеем, выводы компонентов должны быть отформованы со снятием напряжения.

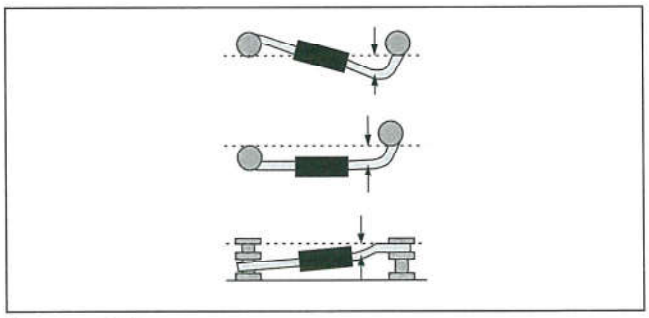


Рисунок 6-59

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Один из выводов отформован со снятием напряжения, при условии, что компонент не закреплен при помощи хомута, клея, либо другим способом.
- Каждый вывод отформован со снятием напряжения в случае, если компонент закреплен при помощи хомута, клея, либо другим способом.

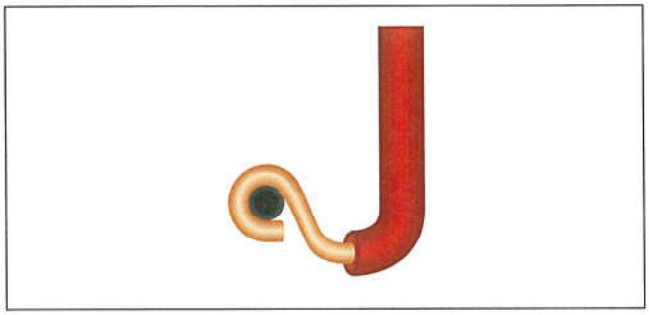


Рисунок 6-60

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Направление намотки на контакт противоположно направлению провода.

6.5.2 Снятие напряжения – Изгиб вывода / провода (продолжение)

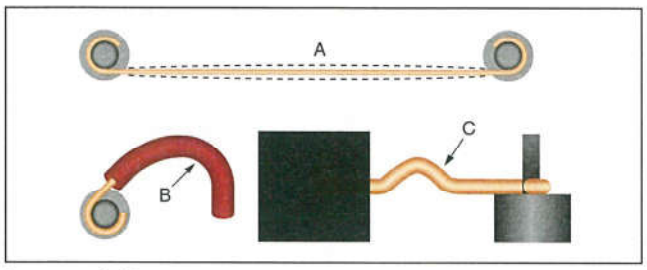


Рисунок 6-61

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Провод расположен прямо между контактами при отсутствии петли, но не натянут, см. Рисунок 6-61-A.
- Нет излома провода, см. Рисунок 6-61-B, C.

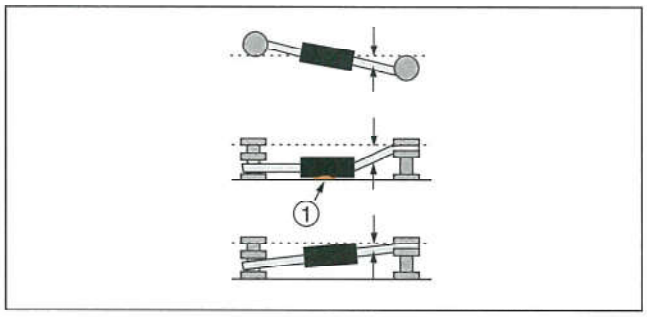


Рисунок 6-62
1. Клей

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие снятия напряжения.
- Снятие напряжения отсутствует на всех выводах закрепленного компонента, см. Рисунок 6-62.
- Провод туго натянут между контактами, см. Рисунок 6-63-A.
- Излом вывода/провода, см. Рисунок 6-63-B.

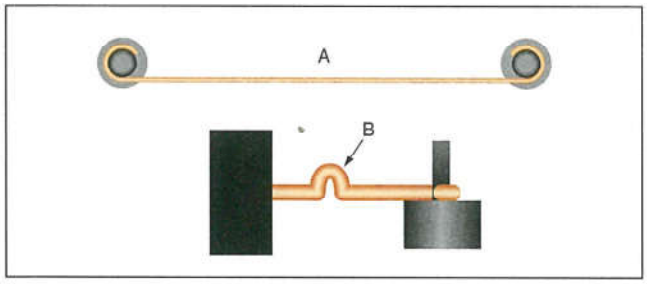


Рисунок 6-63

6.6 Контакты – Размещение выводов / проводов – Общие требования

Требования к навиванию провода на контакт, приведенные в таблице 6-3, применимы как для проводов, так и для выводов компонентов. Критерии, указанные по каждому из типов контактов в пунктах с 6.8 по 6.15, применяются только к данному типу.

Если не указано иное, провод (вывод компонента) следует располагать на основании контакта или ранее установленном проводе.

Навивание провода – Провод/вывод охватывает более 360° и находится в контакте со столбиком контакта, см. Рисунок 6-64-A

Перекрытие провода – Провод / вывод охватывает более 360° и перекрещивается с собственным концом, то есть не контактирует со столбиком контакта, см. Рисунок 6-64-B.

Таблица 6-3 Размещение выводов / проводов на контакте

Тип контакта	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Колончатый и прямой	<90° Дефект	<90° Дефект от ≥90° до 180° Индикатор отклонения процесса	Дефект <180°
Вильчатый	Дефект <90°		
Крючковый	<90° Дефект	<90° Дефект от ≥90° до 180° Индикатор отклонения процесса	Дефект <180°
Перфорированный	Контактирование с поверхностью	Дефект <90°	

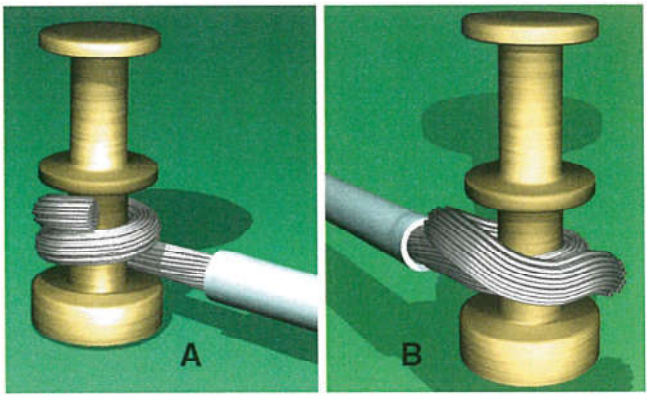


Рисунок 6-64

6.6 Размещение выводов / проводов – Общие требования (продолжение)

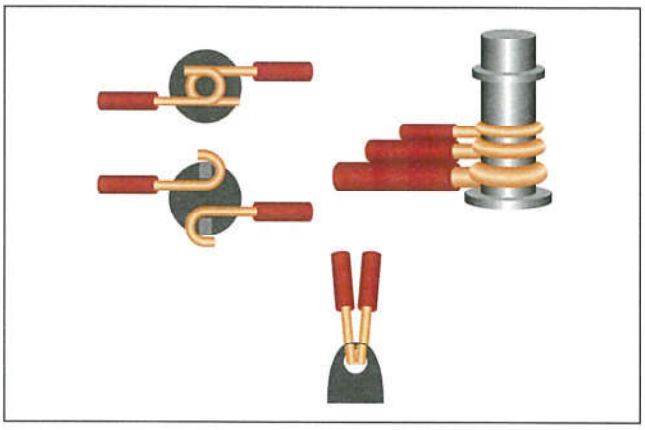


Рисунок 6-65

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Витки на контакте параллельны основанию контакта и между собой.
- Провода навиты настолько близко к основанию контакта, насколько позволяет изоляция.
- Навитые провода не пересекаются и не перекрывают друг друга.
- Расхождение жил («Птичья клетка») отвечает требованиям п. 6.3.3 и 6.3.4.
- Калибровочные компоненты могут быть смонтированы на пустотелых контактах сверху, см. Рисунок 6-66.

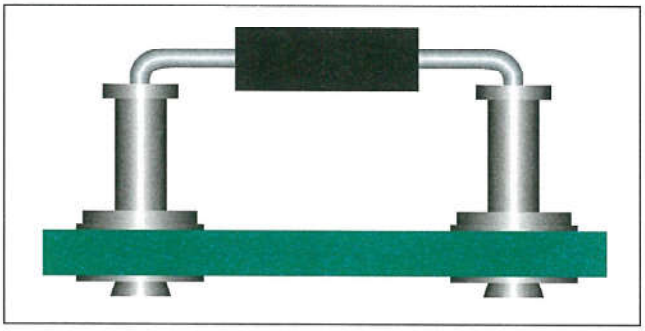


Рисунок 6-66

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Контакт переделан с целью подключения провода большего размера или группы проводов.
- Навитые провода пересекаются или накладываются друг на друга, см. Рисунок 6-64B.
- Расхождение жил («Птичья клетка») не отвечает требованиям п. 6.3.3 и 6.3.4.

6.7 Пайка – Общие требования

Если иное не указано для специальных типов контактов, то для всех типов применяются общие требования, указанные ниже:

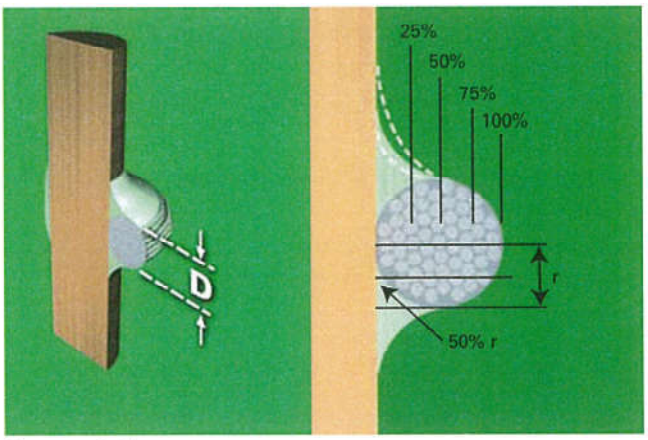


Рисунок 6-67

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- 100% галтель припоя вокруг провода / вывода и поверхности контакта (на всем протяжении витка).
- Припой смачивает провод/вывод и контакт, при этом образуя отчетливую галтель с гладкой кромкой.
- Провод/вывод отчетливо различается в паяном соединении.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Наличие галтели припоя на протяжении 75% окружности провода/вывода и поверхности контакта.
- Высота припоя превышает 75% диаметра провода в месте соединения провода с контактной областью.

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Провод/вывод не различается в паяном соединении.

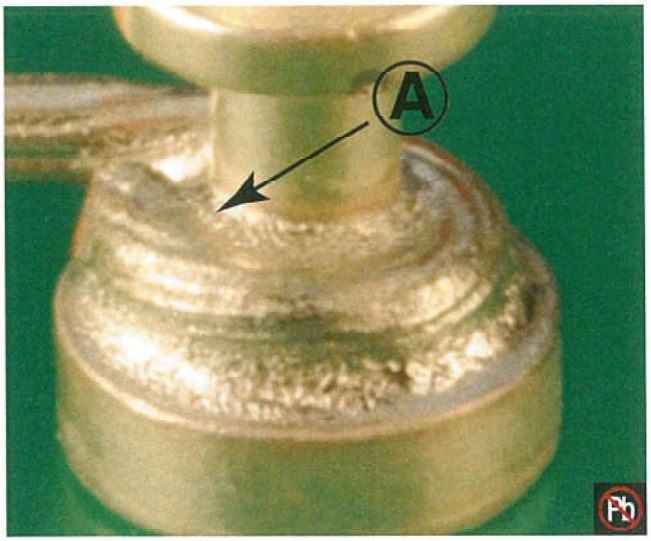


Рисунок 6-68

Дефект – Класс 1,2

- Углубление в припое, см. Рисунок 6-68-A, между контактом и проводом более 50% радиуса провода / вывода (r), см. Рисунок 6-67.

Дефект – Класс 3

- Углубление в припое между контактом и проводом более 25% радиуса провода / вывода (r).

Дефект – Класс 1,2,3

- Для контактов с минимально допустимой навивкой <180° припой смачивает менее 100% требуемой области навивки.
- Для контактов с минимально допустимой навивкой 180° или более припой смачивает менее 75% требуемой области навивки.

6.8 Колончатые и прямые контакты

6.8.1 Колончатые и прямые контакты – Размещение выводов / проводов

Требования, указанные в таблице 6-4 применимы к выводам и проводам, присоединенным к колончатым и прямым контактам.

Таблица 6-4 Размещение выводов / проводов на колончатых и прямых контактах[2]

Критерий	Класс 1	Класс 2	Класс 3
<90° прилегания вывода / провода к столбику контакта	Дефект		
От 90° до <180° прилегания вывода / провода к столбику контакта.	Приемлемо	Индикатор отклонения процесса	Дефект
≥180° прилегания вывода / провода к столбику контакта	Приемлемо		
Провод перекрывает себя. Примечание 1	Приемлемо	Дефект	
Провод нарушает минимальный электрический зазор.	Дефект		

Примечание 1: См.6.6.
Примечание 2: Критерии, применимые к проводам AWG 30 и меньшего диаметра, рассматриваются в пункте 6.14.

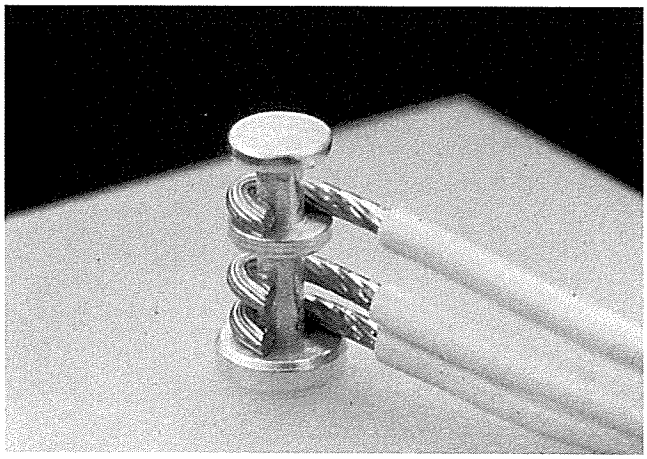


Рисунок 6-69

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Витки параллельны друг другу и основанию.
- Провод смонтирован вплотную к основанию контакта или к ранее смонтированному проводу.
- На прямых контактах верхний провод находится на расстоянии одного диаметра провода от шляпки контакта.
- Витки охватывают дугу от 180° до 270°.
- Провода и выводы перед пайкой механически закрепляются на контактах.

6.8.1 Колончатые и прямые контакты – Размещение выводов / проводов (продолжение)

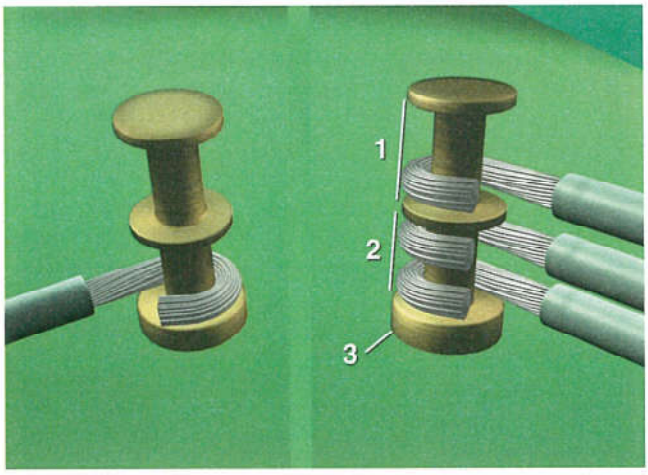


Рисунок 6-70

1. **Верхний направляющий паз**
2. **Нижний направляющий паз**
3. **Основание**

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Провода и выводы охватывают контакт минимум на 180° и не перекрываются.

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Перекрытие провода.

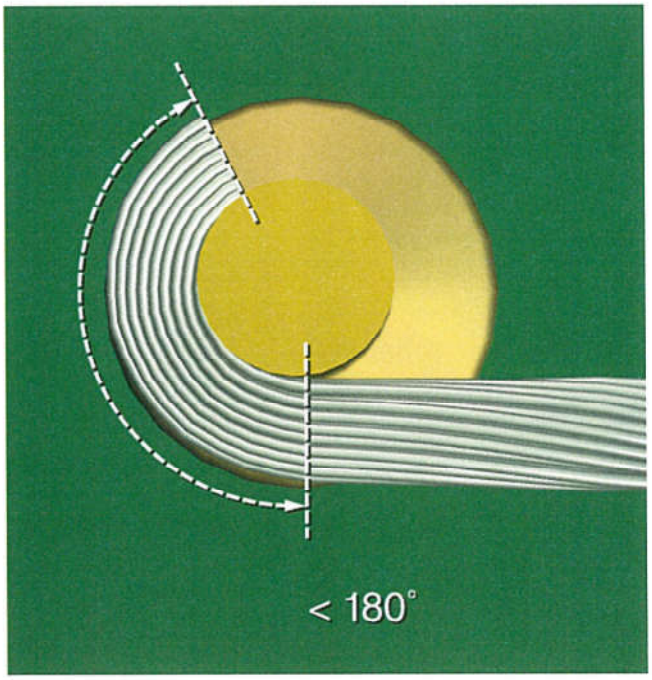


Рисунок 6-71

Индикатор отклонения процесса – Класс 2

- Провод охватывает от 90° до 180° круглого контакта.

Дефект – Класс 1,2

- Провод охватывает менее 90° круглого контакта.

Дефект – Класс 1,2,3

- Излишняя длина провода нарушает минимальный электрический зазор.

Дефект – Класс 3

- Провод охватывает менее 180° круглого контакта.

6.8.2 Колончатые и прямые контакты – Пайка

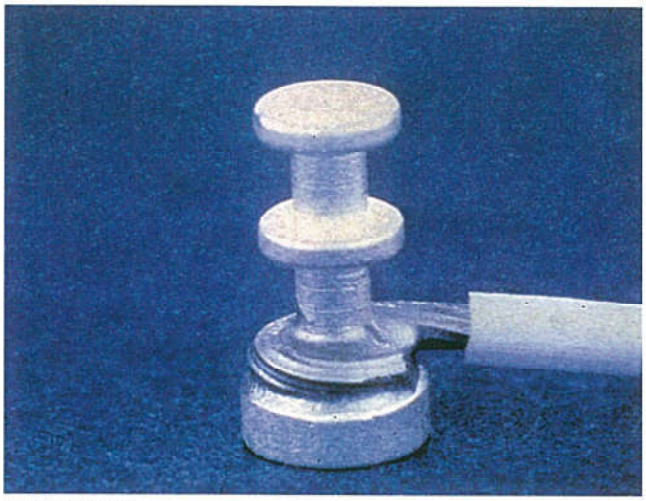


Рисунок 6-72

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Контур вывода различим в припое, наличие гладкой поверхности припоя на проводе и контакте.
- Наличие галтели припоя во всех точках соприкосновения провода/вывода и поверхности контакта.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Припой смачивает не менее 75% участка контакта между проводом / выводом и границей контакта для выводов, загнутых на 180° или более.
- Высота припоя на участке контакта провода и столбика контакта более 75% диаметра провода.

Приемлемо – Класс 1,2

- Смачивание припоем составляет 100% участка контакта между проводом / выводом и границей контакта для выводов, загнутых от 90° до 180°.

Приемлемо – Класс 1

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Контур провода/вывода не различим в паяном соединении.

Рисунок 6-73

Рисунок 6-74

Дефект – Класс 1,2

- Смачивание припоем составляет менее 100% участка контакта между проводом / выводом и границей контакта для выводов, загнутых от 90° до 180°.
- Углубление в припое между столбиком контакта и витком провода составляет более 50% радиуса провода.

Дефект – Класс 3

- Углубление в припое между столбиком контакта и витком провода составляет более 25% радиуса провода.

Дефект – Класс 1,2,3

- Галтель припоя покрывает менее 75% участка между выводом и поверхностью контакта для выводов, загнутых на 180° и более.

6.9 Вильчатые

6.9.1 Вильчатые – Размещение выводов / проводов – Подвод сбоку

Требования, указанные в таблице 6-5, применимы к выводам и проводам, присоединенным сбоку к вильчатым контактам.

Таблица 6-5 Подвод сбоку выводов / проводов к вильчатым контактам

Критерий	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Загиб провода/вывода <90°	Дефект		
Загиб провода/вывода ≥90°	Приемлемо		
Провод перекрывает себя. Примечание 1	Приемлемо	Дефект	
Нарушает величину минимального электрического зазора	Дефект		

Примечание 1: См.6.6.

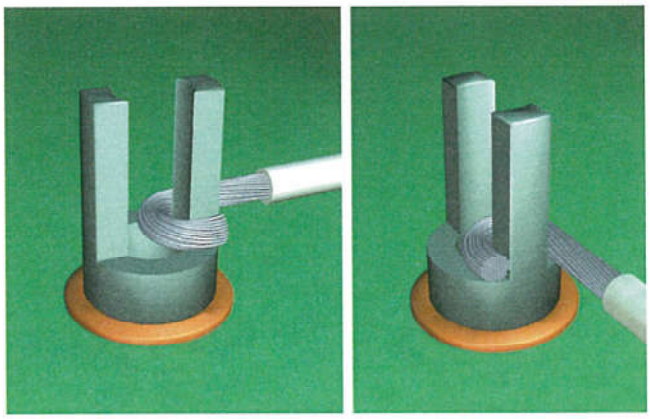


Рисунок 6-75

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Провод или вывод соприкасается с двумя параллельными гранями столбика контакта (загиб 180°).
- Срезанный конец провода соприкасается с контактом.
- Отсутствует перекрещивание проводов.
- Провода размещены в возрастающем порядке с наибольшим проводом возле основания.
- Несколько проводов присоединяются к столбикам поочередно.

6.9.1 Вильчатые – Размещение выводов / проводов – Подвод сбоку (продолжение)

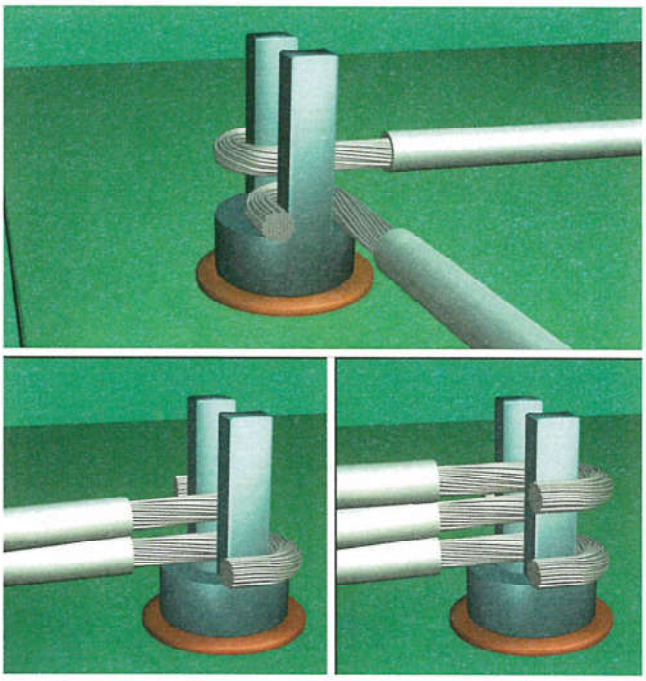


Рисунок 6-7б

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Конец провода выступает за пределы основания контакта при условии обеспечения минимального электрического зазора.
- Провод пропущен через прорезь вилки и соприкасается, по меньшей мере, с одним ребром столбика контакта.
- Отсутствие частей провода, выступающих над контактом.
- Провод охватывает столбик дугой не менее 90°, при необходимости.

Приемлемо – Класс 1,2

- Провода / выводы диаметром 0,75 мм [0,03 дюйма] и более пропущены между столбиками напрямую.

Примечание: 0,75 мм [0,03 дюйма] приблизительно равны диаметру многожильного провода калибра 22 AWG.

Приемлемо – Класс 3

- Провода / выводы диаметром 0,75 мм [0,03 дюйма] и более пропущены между столбиками напрямую и закреплены, см. раздел 6.9.2.

6.9.1 Вильчатые – Размещение выводов / проводов – Подвод сбоку (продолжение)

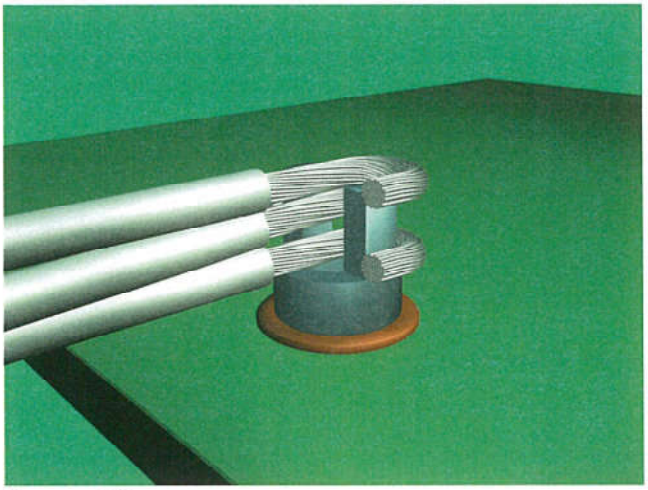


Рисунок 6-77

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Любая часть провода выступает над контактом.
- Провода / выводы диаметром менее 0,75 мм [0,03 дюйма] охватывают столбик дугой менее 90°.

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Перекрытие провода.

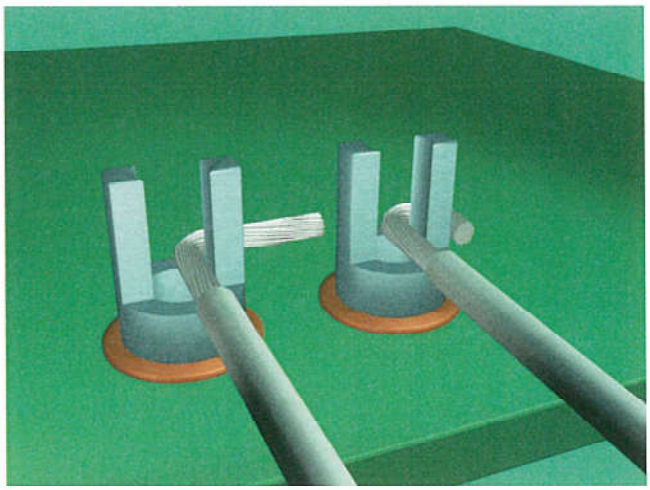


Рисунок 6-78

Дефект – Класс 3

- Провода / выводы диаметром 0,75 мм [0,03 дюйма] и более охватывают столбик дугой менее 90° и не закреплены, см. раздел 6.9.2.

Дефект – Класс 1,2,3

- Провод не пропущен через прорезь вилки.
- Конец провода нарушает величину минимального электрического зазора, см. рисунок 6-78.

6.9.2 Вильчатые – Размещение выводов / проводов – Закрепленные провода

Как альтернатива требованиям к навивке п.п. 6.9.1 или 6.11, данные критерии (указанные в Таблице 6-6) применяются к проводам / выводам / компонентам, которые закреплены, приклеены или другим способом зафиксированы для обеспечения неподвижности при пайке.

Таблица 6-6 Требования к закреплению сбоку проводов, пропущенных напрямую – Вильчатые контакты

Диаметр проводника	Класс 1	Класс 2	Класс 3
<0,75 мм [0,03 дюйма][1]	Дефект при отсутствии крепления		
≥0,75 мм [0,03 дюйма][2]	Приемлемо при отсутствии крепления	Индикатор отклонения процесса при отсутствии крепления	Дефект при отсутствии крепления

Примечание 1: AWG-22 и меньшего диаметра
Примечание 2: AWG-20 и большего диаметра

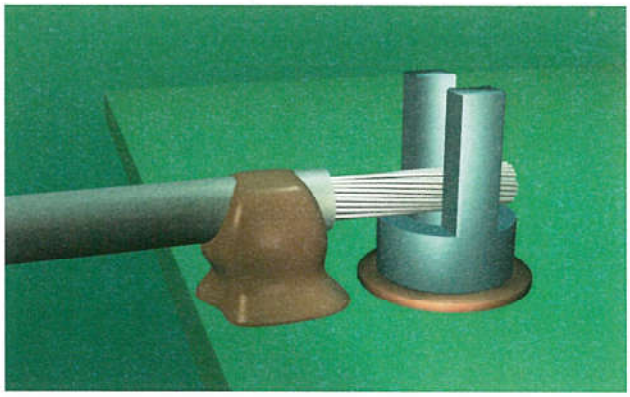


Рисунок 6-79

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Провод закреплен или зафиксирован неподвижным монтажным приспособлением.
- Провод соприкасается с основанием контакта или с ранее закрепленным проводом.
- Провод проходит через столбики вильчатого контакта.

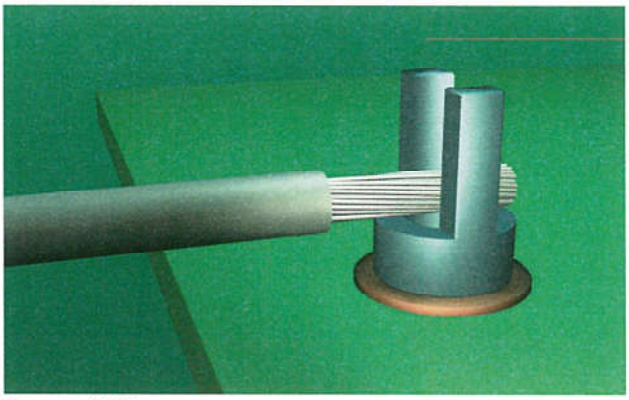


Рисунок 6-80

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2

- Провода / выводы диаметром более 0,75 мм [0,03 дюйма] охватывают столбик дугой менее 90° и не закреплены.

Дефект – Класс 1,2

- Провода / выводы диаметром менее 0,75 мм [0,03 дюйма] охватывают столбик дугой менее 90° и не закреплены.

Дефект – Класс 3

- Любой провод, пропущенный через контакт, не закреплен.

6.9.3 Вильчатые – Размещение выводов / проводов – Подвод снизу и сверху

Таблица 6-7 применима к подводу выводов/проводов к вильчатым контактам снизу.

Таблица 6-7 Подвод выводов / проводов к вильчатым контактам снизу

Критерий	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Загиб провода <90°	Приемлемо	Индикатор отклонения процесса	Дефект
Загиб провода от 90° до 180°	Приемлемо		

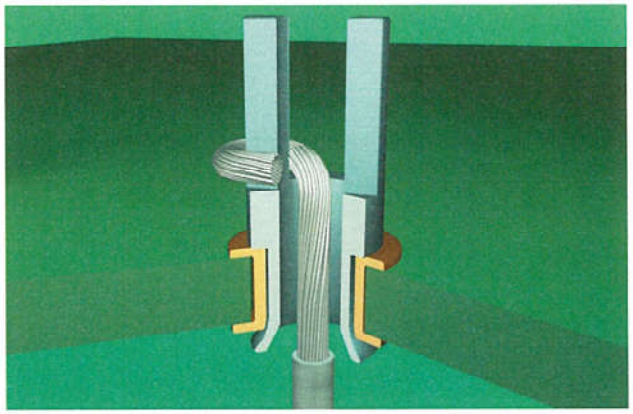


Рисунок 6-81

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Изоляция провода не соприкасается с основанием или столбиками контакта.
- Проложенный снизу провод соприкасается с двумя параллельными гранями столбика (180°).
- Провод соприкасается с основанием контакта.
- Наличие зазора между столбиками, заполненного отдельной вставкой или согнутым вдвое проводом, при прокладывании провода сверху, см. Рисунок 6-82-B, C.

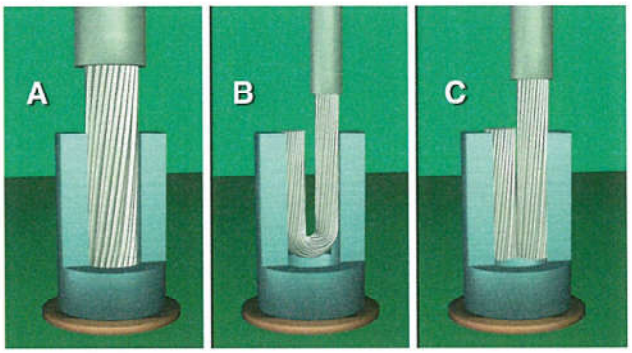


Рисунок 6-82

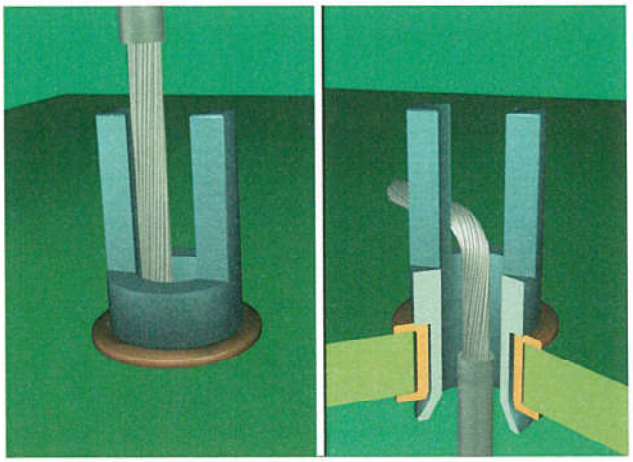


Рисунок 6-83

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Изоляция провода соприкасается с основанием или столбиками контакта.
- Проложенный сверху провод не поддерживается вставкой.
- Проложенный снизу провод не охватывает основание или столбик дугой не менее 90°.

6.9.4 Вильчатые – Пайка

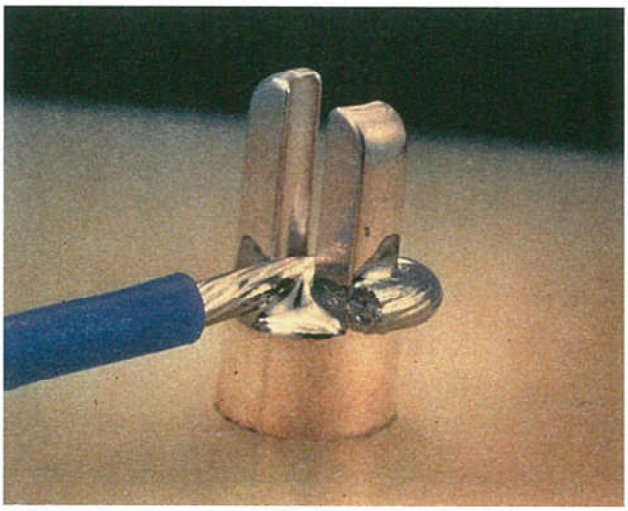


Рисунок 6-84

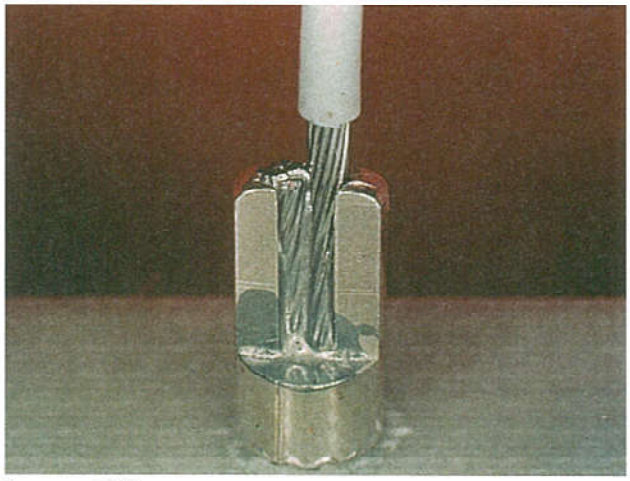


Рисунок 6-85

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Контур вывода различается в припое, наличие гладкой поверхности припоя на проводе и контакте.
- Наличие галтели припоя во всех точках соприкосновения провода/вывода и поверхности контакта.

6.9.4 Вильчатые – Пайка (продолжение)

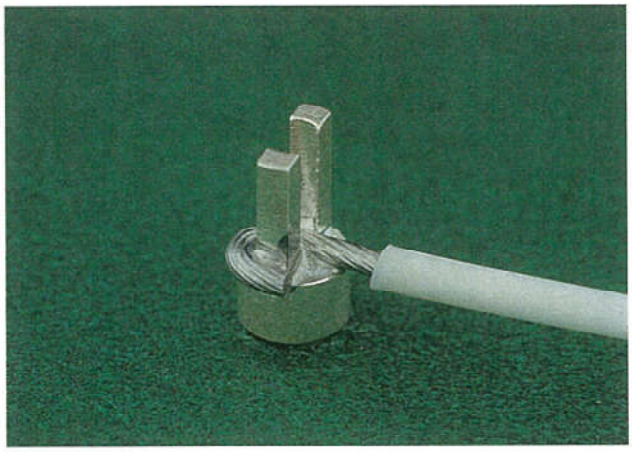


Рисунок 6-86

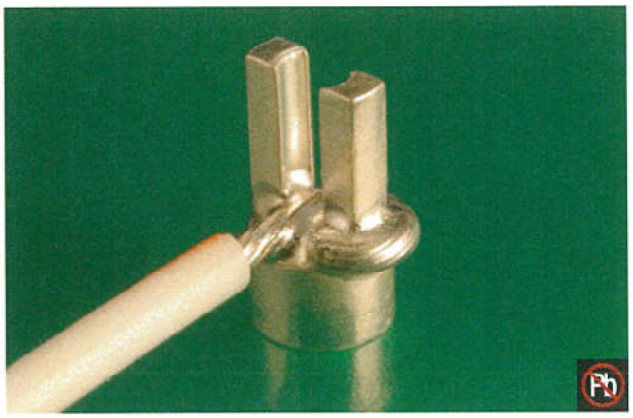


Рисунок 6-87

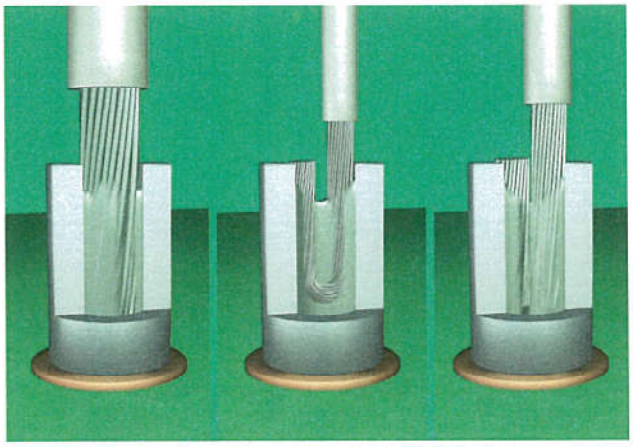


Рисунок 6-88

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Припой смачивает не менее 75% участка контакта между проводом / выводом и поверхностью контакта для выводов, загнутых на 180° или более.
- Припой смачивает 100% участка контакта между проводом / выводом и поверхностью контакта для выводов, загнутых менее чем на 180°.
- Наличие припоя на 75% высоты столбика контакта при монтаже провода сверху.

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Провод / вывод не различается в паяном соединении.

6.9.4 Вильчатые – Пайка (продолжение)

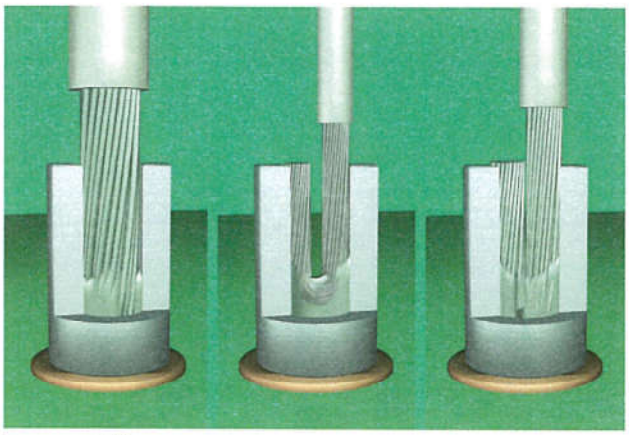


Рисунок 6-89

Дефект – Класс 1,2

- Углубление в припое между столбиком контакта и витком провода составляет более 50% радиуса провода.

Дефект – Класс 3

- Углубление в припое между столбиком контакта и витком провода составляет более 25% радиуса провода.

Дефект – Класс 1,2,3

- Наличие припоя на менее чем 75% высоты столбика контакта при монтаже провода сверху.
- Галтель припоя охватывает менее 100% окружности контакта при навивке менее 180° (не показано).
- Галтель припоя охватывает менее 75% окружности контакта при навивке 180° или более (не показано).

6.10 Щелевые

6.10.1 Щелевые – Размещение выводов/проводов

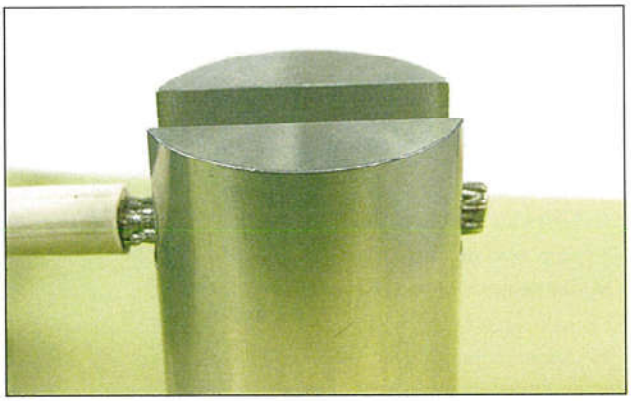


Рисунок 6-90

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Вывод компонента или провод расположен полностью в щелевом контакте и выступает с противоположной стороны.
- Провод соприкасается с основанием контакта или с ранее закрепленным проводом.

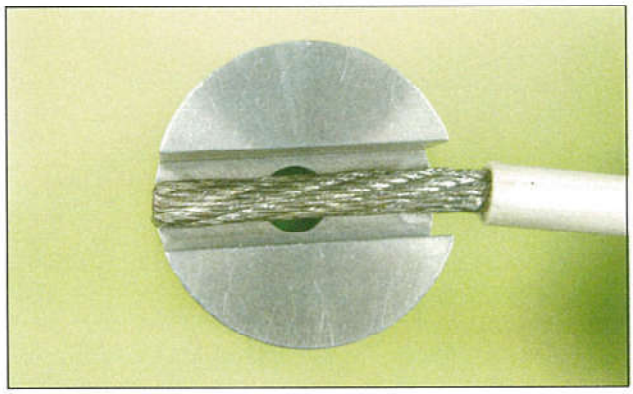


Рисунок 6-91

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Вывод или провод выступает с противоположной стороны контакта.
- Ни одна часть провода не возвышается над контактом.

Примечание: На щелевых контактах не требуется навивание провода.

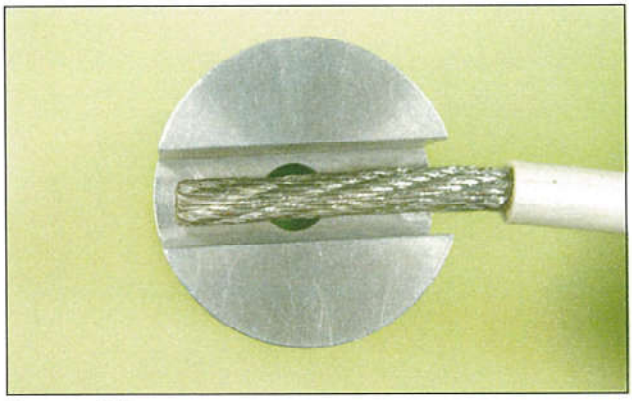


Рисунок 6-92

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Провод возвышается над контактом.

Дефект – Класс 1,2,3

- Вывод или провод не смонтирован вровень с противоположной стороной контакта или не выступает за нее.
- Конец провода нарушает величину минимального электрического зазора.

6.10.2 Щелевые – Пайка

Желательно, чтобы припой образовывал галтель с частью участка вывода или провода, соединяющейся с контактом. Припой может заполнять щель, но его выступание над поверхностью контакта следует избегать. Пайку следует производить таким образом, чтобы вывод/провод был различим в щелевом контакте.

Рисунок 6-93

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Припой образует галтель с частью участка вывода или провода, соединяющейся с контактом.
- Наличие видимого зазора между контактом и изоляцией провода.

Рисунок 6-94

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Припой заполняет щель контакта.
- Конец вывода или провода различим в щелевом контакте с противоположной стороны.

Рисунок 6-95

Дефект – Класс 1,2,3

- Конец вывода или провода не различим с противоположной стороны контакта.
- Галтель сформирована не по всей длине участка соединения вывода с контактом (не показано).

6.11 Перфорированные

6.11.1 Перфорированные – Размещение выводов / проводов

Таблица 6-8 применима к креплению выводов / проводов к перфорированным контактам.

Таблица 6-8 Крепления выводов / проводов к перфорированным контактам

Критерий	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Навивка <90°	Приемлемо	Дефект	
Навивка ≥90°	Приемлемо		
Перекрытие провода. Примечание 1	Приемлемо	Дефект	
Провод не проходит через отверстие в лепестке	Приемлемо	Дефект	
Провод не находится в контакте с по меньшей мере двумя гранями лепестка	Приемлемо	Дефект	
Конец провода нарушает величину минимального электрического зазора	Дефект		

Примечание 1: См. 6.6.

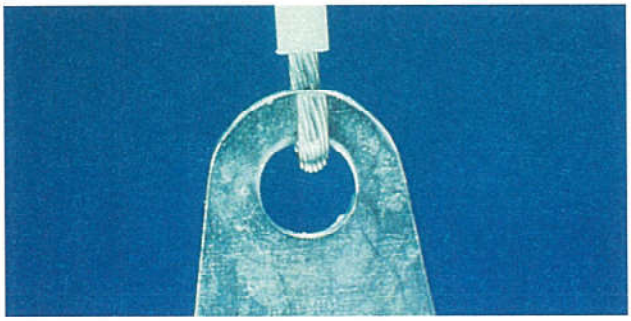


Рисунок 6-96

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Провод пропущен через отверстие лепестка.
- Провод соприкасается с двумя несмежными сторонами лепестка.

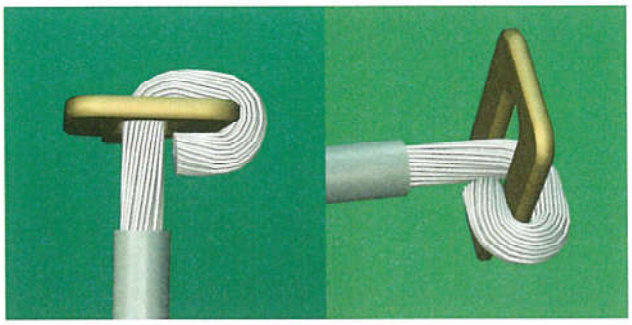


Рисунок 6-97

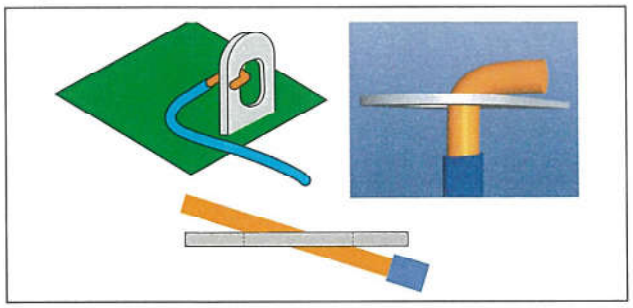


Рисунок 6-98

6.11.1 Перфорированные – Размещение выводов/проводов (продолжение)

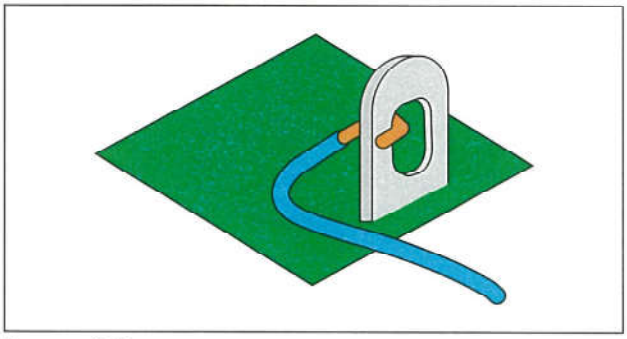


Рисунок 6-99

Приемлемо – Класс 2,3

- Дуга охвата 90° или более, либо провод находится в контакте с обеими сторонами лепестка.

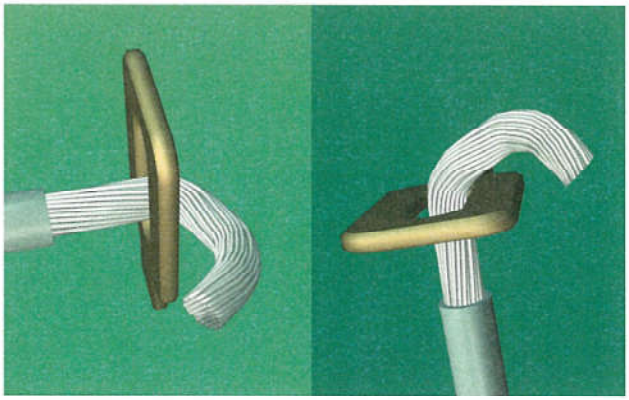


Рисунок 6-100

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Дуга охвата менее 90°, или провод не находится в контакте с обеими сторонами лепестка.
- Провод не проходит через отверстие в лепестке.

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Перекрытие провода.

Дефект – Класс 2,3

- Лепесток переделан с целью подключения провода большего размера или группы проводов.

Дефект – Класс 1,2,3

- Конец провода нарушает величину минимального электрического зазора относительно проводника, не находящегося в контакте (не показано).

6.11.2 Перфорированные – Пайка

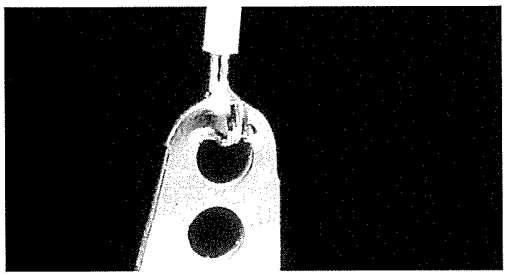


Рисунок 6-101

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Контуры вывода различимы; гладкое покрытие припоем провода и контакта.
- Наличие галтели припоя на всем участке соединения вывода/провода и поверхности контакта.

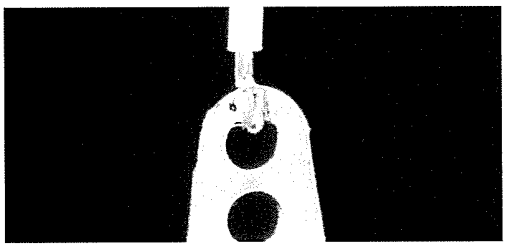


Рисунок 6-102

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Галтель припоя смачивает не менее 75% поверхности соединения провода и контакта при навивке 180° или более.
- Галтель припоя смачивает 100% поверхности соединения провода и контакта при навивке менее 180°.

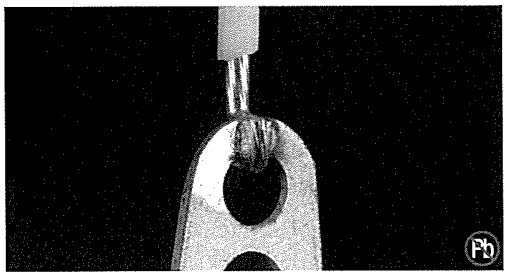


Рисунок 6-103

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Провод / вывод не различим в паяном соединении.

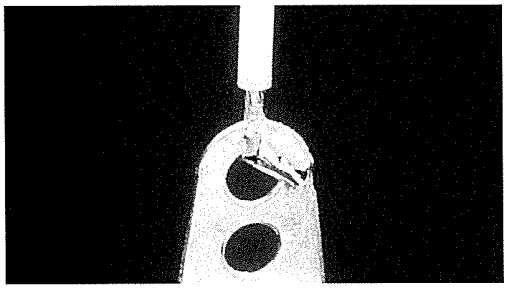


Рисунок 6-104

Дефект – Класс 1,2

- Углубление в припое между контактом и витком провода составляет более 50% радиуса провода.

Дефект – Класс 1,2,3

- Галтель припоя смачивает менее 100% поверхности соединения провода и контакта при навивке менее 180°.
- Галтель припоя смачивает менее 75% поверхности соединения провода и контакта при навивке 180° и более.

Дефект – Класс 3

- Углубление в припое между столбиком контакта и витком провода составляет более 25% радиуса провода.

6.12 Крючковые

6.12.1 Крючковые – Размещение выводов / проводов

Таблица 6-9 применима к креплению выводов / проводов к крючковым контактам.

Таблица 6-9 Крепления выводов / проводов к крючковым контактам

Критерий	Класс 1	Класс 2	Класс 3
<90° контакта между выводом/проводом и крючком.	Дефект		
От 90° до <180° контакта между выводом/проводом и крючком.	Приемлемо	Индикатор отклонения процесса	Дефект
≥180° контакта между выводом/проводом и крючком.	Приемлемо		
Перекрытие провода. Примечание 1.	Приемлемо	Дефект	Дефект
Расстояние от конца крючка до ближайшего провода составляет менее одного диаметра провода.	Приемлемо	Индикатор отклонения процесса	
Провод прикреплен за пределами дуги крючка, и на расстоянии менее двух диаметров вывода или 1 мм [0,04 дюйма] от основания контакта (выбирается большее значение).	Приемлемо	Индикатор отклонения процесса	Дефект
Провод нарушает величину минимального электрического зазора.	Дефект		

Примечание 1: См. 6.6.

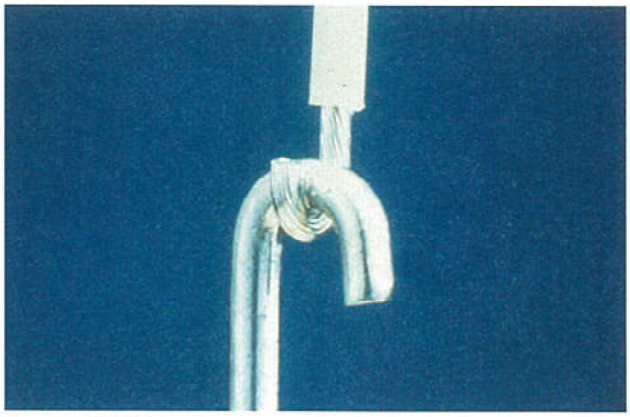


Рисунок 6-105

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Провода присоединены к крючку в пределах дуги 180°.
- Провода не перекрываются.

6.12.1 Крючковые – Размещение выводов/проводов (продолжение)

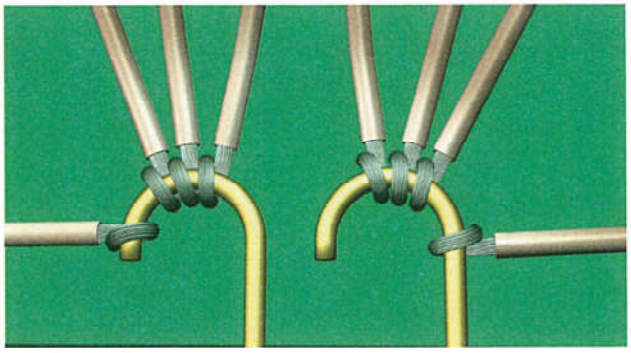


Рисунок 6-106

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Провод находится в контакте и охватывает крючок дугой не менее 180°.
- Расстояние от конца крючка до ближайшего провода составляет не менее одного диаметра провода.

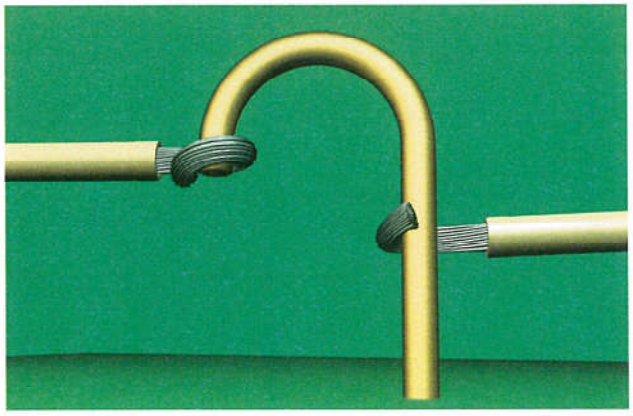


Рисунок 6-107

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Расстояние от конца крючка до провода составляет менее одного диаметра провода.
- Провод прикреплен на расстоянии менее двух диаметров вывода или 1 мм [0,04 дюйма] от основания контакта (выбирается большее значение).
- Дуга охвата провода менее 180°.

Дефект – Класс 1,2

- Дуга охвата провода менее 90°.

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Перекрытие провода.

Дефект – Класс 1,2,3

- Конец провода нарушает величину минимального электрического зазора относительно проводника, не находящегося в контакте.

6.12.2 Крючковые – Пайка

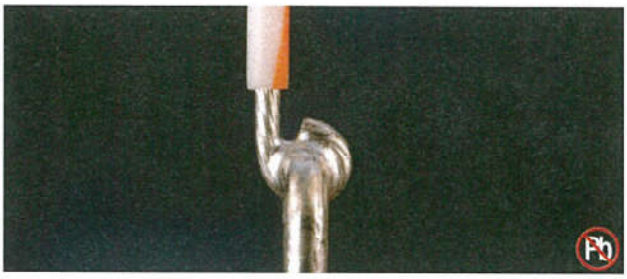


Рисунок 6-108

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Контуры провода/вывода различимы; гладкое покрытие припоем провода и контакта.
- Наличие галтели припоя на всем участке соединения вывода/провода и поверхности контакта.

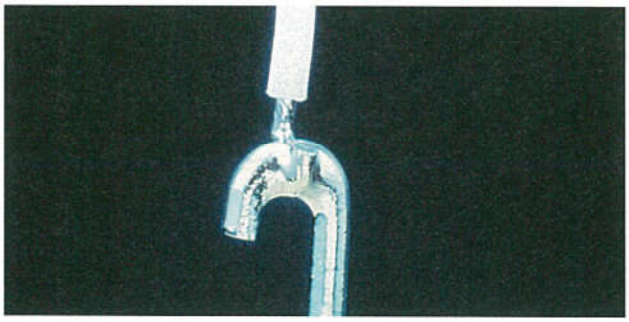


Рисунок 6-109

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Галтель припоя смачивает не менее 75% поверхности соединения провода/вывода и контакта при навивке 180° или более.
- Галтель припоя смачивает 100% поверхности соединения провода/вывода и контакта при навивке менее 180°.

Приемлемо – Класс 1

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Провод/вывод не различим в паяном соединении.

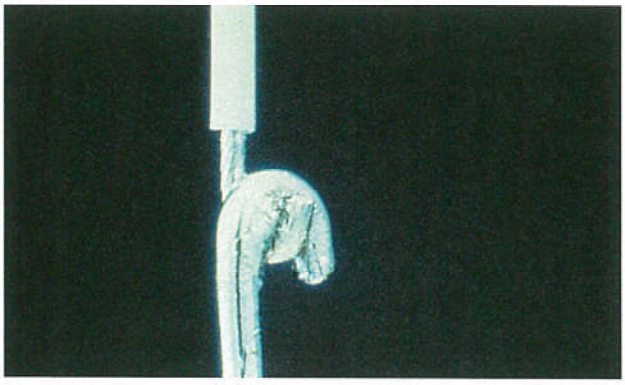


Рисунок 6-110

Дефект – Класс 1,2

- Углубление в припое между крючком и витком провода составляет более 50% радиуса провода.

Дефект – Класс 1,2,3

- Галтель припоя смачивает менее 100% поверхности соединения провода и контакта при навивке менее 180°.
- Галтель припоя смачивает менее 75% поверхности соединения провода и контакта при навивке 180° или более.

Дефект – Класс 3

- Углубление в припое между крючком и витком провода составляет более 25% радиуса провода.

6.13 Гильзы для пайки

6.13.1 Гильзы для пайки – Размещение выводов/проводов

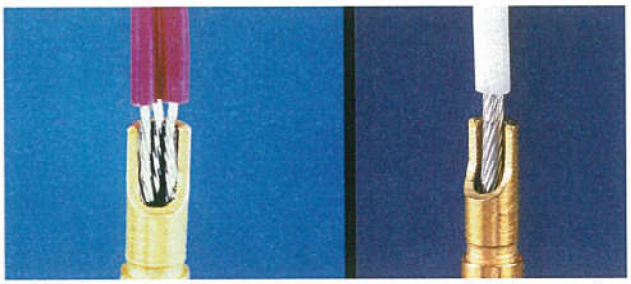


Рисунок 6-111

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Провода вставляются в гильзы для пайки прямо и на всей глубине соприкасаются со стенкой или другими проводами.

6.13.1 Гильзы для пайки – Размещение выводов/проводов (продолжение)

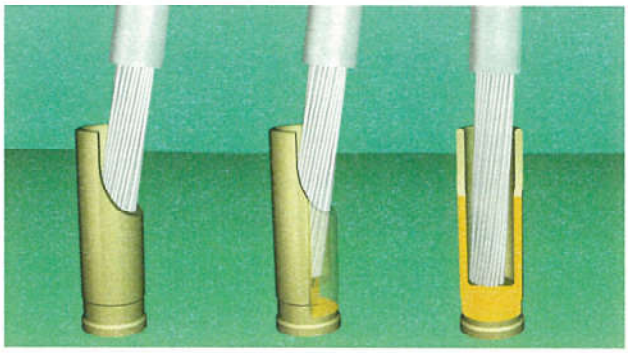


Рисунок 6-112

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Провод не мешает выполнению последующих операций сборки.
- Жилы провода не обрезаны и не переделаны с целью подгонки под гильзу.
- Провода не переплетаются между собой.

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Провод не соприкасается со стенкой либо другими проводами.

Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Провод(а) не вставлен(ы) на всю глубину гильзы.

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Гильза переделана с целью подключения провода большего размера или группы проводов.

Дефект – Класс 1,2,3

- Жилы проводов не соответствуют разделу 6.3.2.
- Провод не соприкасается со стенкой и мешает последующим этапам сборки.
- Провода переплетаются между собой.

6.13.2 Гильзы для пайки – Пайка

Данные критерии применимы как к одножильному, так и к многожильному проводу, к одному или к нескольким проводам.

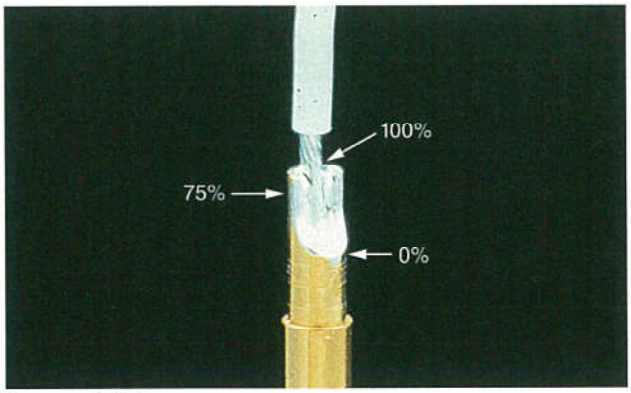


Рисунок 6-113

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Припой смачивает всю внутреннюю поверхность гильзы.
- Заполнение припоем составляет 100%.

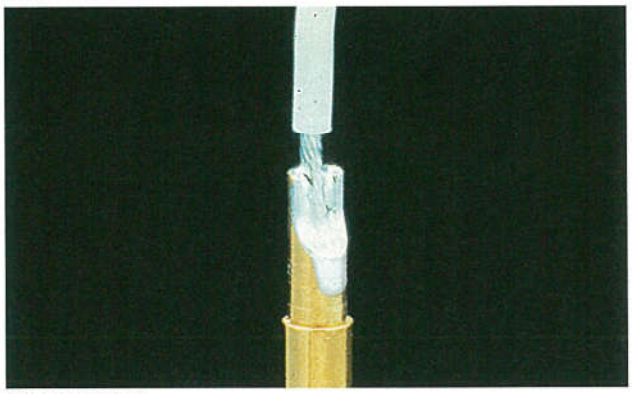


Рисунок 6-114

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Пленка припоя на внешней части гильзы.
- Заполнение припоем больше или равно 75%.
- Наплыв припоя на внешней стороне гильзы, не влияющий на форму, функциональность или размеры.
- Наличие или незначительное выступание припоя из контрольного отверстия (при его наличии).

Рисунок 6-115

6.13.2 Гильзы для пайки – Пайка (продолжение)

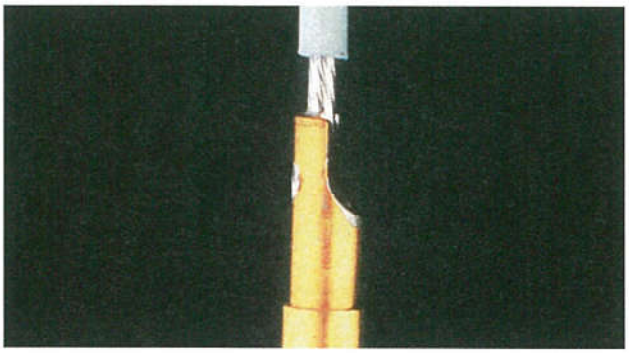


Рисунок 6-116

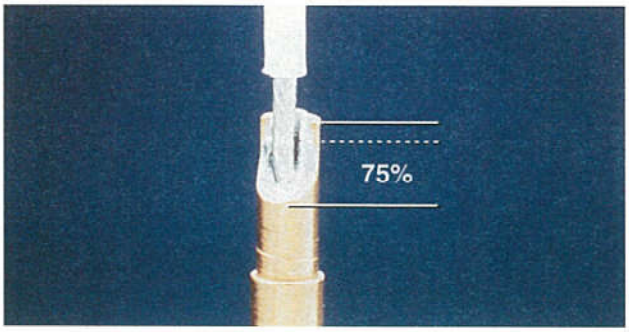


Рисунок 6-117

Дефект – Класс 1,2,3

- Заполнение припоем по вертикали менее 75%.
- Наплыв припоя на внешней стороне гильзы, негативно влияющий на форму, функциональность или соединение.
- Припой не виден в контрольном отверстии (при его наличии).

Дефект – Класс 1,2

- Углубление в припое между гильзой и проводом составляет более 50% радиуса провода.

Дефект – Класс 3

- Углубление в припое между гильзой и проводом составляет более 25% радиуса провода.

6.14 Провода AWG 30 и меньшего диаметра – Размещение выводов/ проводов

Критерии Таблицы 6-10 применимы к проводам AWG 30 и меньшего диаметра. Эти критерии не применимы к перемычкам из провода.

Таблица 6-10 Требования к навивке проводов AWG 30 и меньшего диаметра

Критерии	Класс 1	Класс 2	Класс 3
<90°	Дефект		
От 90° до <180°	Приемлемо	Дефект	
От 180° до <360°	Приемлемо	Индикатор отклонения процесса	Дефект
≥360°	Приемлемо		

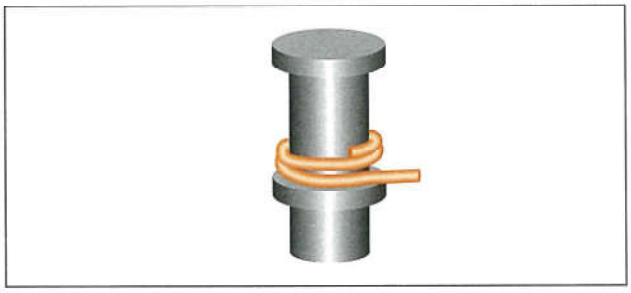


Рисунок 6-118

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Провод дважды (на 720°) обернут вокруг столбика контакта.
- Провод не перекрывается собственным концом либо другими проводами на данном контакте.

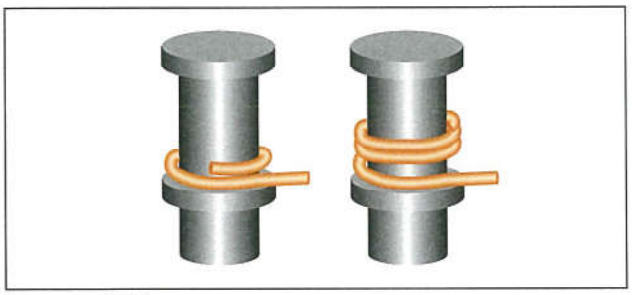


Рисунок 6-119

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Провод обернут более одного раза (360°), но менее трех.

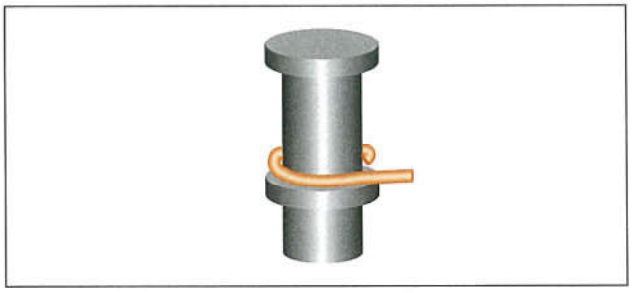


Рисунок 6-120

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2

- Провод охватывает менее 180°.

Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Провод обернут менее одного раза (360°).

6.15 Последовательное соединение

Данные критерии применяются в случае, если три или более контакта соединены общим проводом.

Рисунок 6-121

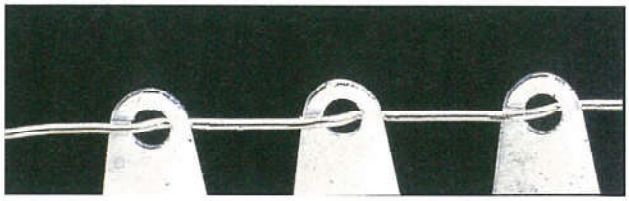


Рисунок 6-122

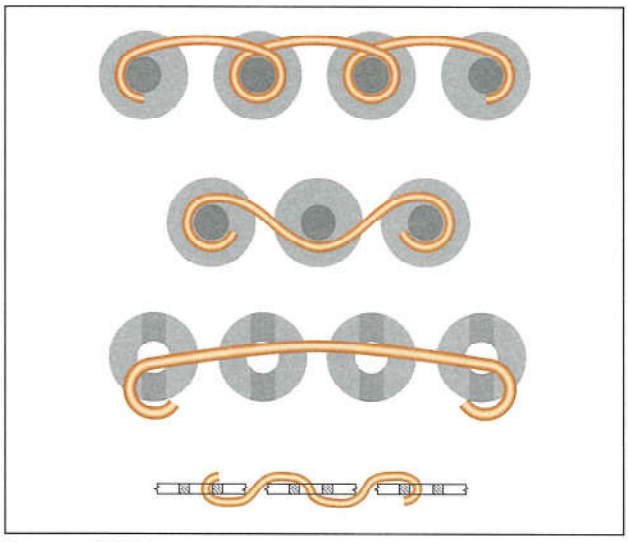


Рисунок 6-123

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Наличие радиуса для снятия напряжения между каждым контактом.
- **Колончатые** – провод соприкасается с основанием контакта или закрепленным ранее проводом и полностью или частично охватывает каждый из контактов.
- **Крючковые** – провод охватывает каждый контакт на 360°.
- **Вильчатые**– провод пропущен между столбиками и соприкасается с основанием или ранее установленным проводом.
- **Перфорированные** – провод соприкасается с двумя несмежными гранями каждого контакта.
- Размещение провода на первом и последнем контакте должно соответствовать требованиям к отдельному контакту.

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- **Колончатые** – провод не охватывает 360° вокруг каждого внутреннего контакта либо не ввит между контактами.
- **Крючковые** – провод охватывает менее 360° вокруг внутреннего контакта.
- **Вильчатые** – провод не пропущен между столбиками или не соприкасается с основанием или ранее установленным проводом.
- **Перфорированные** – провод не соприкасается с двумя несмежными сторонами каждого внутреннего контакта.

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие снятия напряжения между любыми двумя контактами.
- Размещение провода на первом и последнем контакте не соответствует требованиям к отдельному контакту.

6.16 Краевые пружинные контакты – Установка

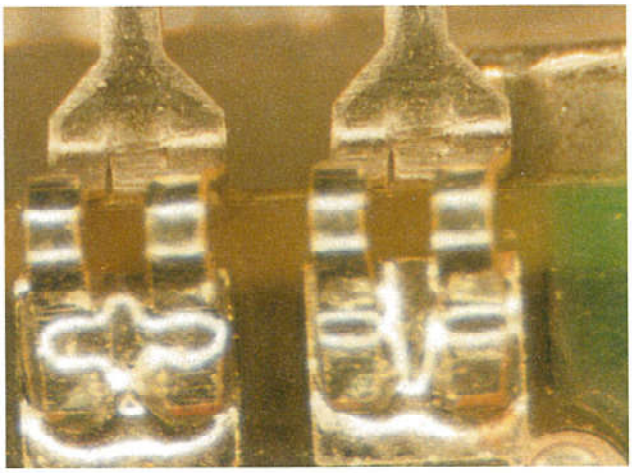


Рисунок 6-124

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Пружинный контакт отцентрирован на контактной площадке без бокового выступания.

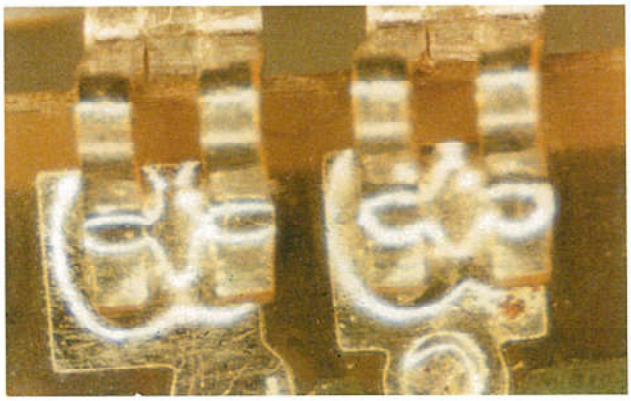


Рисунок 6-125

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Выступание пружинного контакта составляет не более 25%.
- Выступание не уменьшает величину минимального электрического зазора.

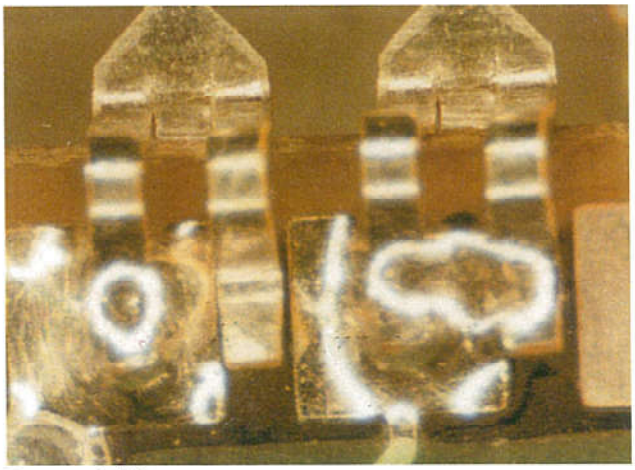


Рисунок 6-126

Дефект – Класс 1,2,3

- Выступание пружинного контакта составляет более 25%.
- Выступание пружинного контакта нарушает требования минимального электрического зазора.

7 Технология монтажа в отверстия

Данный раздел включает в себя требования по креплению, приклейке, формовке выводов, установке и пайке компонентов, монтируемых в отверстия.

Размещение любого компонента не должно препятствовать установке либо демонтажу крепежных изделий, используемых для крепления узла (должен предусматриваться зазор для инструмента).

Минимальное расстояние между установленными крепежными изделиями и печатными проводниками, выводами компонентов или неизолированными компонентами зависит от конкретного напряжения и не должно быть меньше установленного минимального электрического зазора, см. 1.6.3.

Количество клеящего материала должно быть достаточным для крепления компонента, но не должно охватывать компонент или закрывать его маркировку.

Визуальный контроль включает в себя проверку маркировки компонентов и полярности, последовательности сборки и повреждения установочных изделий, компонентов и платы.

В дополнение к требованиям данного раздела, применяются требования раздела 5.

В данном разделе рассматриваются следующие темы:

7.1 Монтаж компонентов 7-2
7.1.1 Ориентация 7-2
7.1.1.1 Ориентация – Горизонтальная установка 7-3
7.1.1.2 Ориентация – Вертикальная установка 7-5
7.1.2 Формовка выводов 7-6
7.1.2.1 Радиус изгиба 7-6
7.1.2.2 Зазор между герметизацией вывода/местом сварки и точкой загиба 7-7
7.1.2.3 Ослабление механического напряжения 7-8
7.1.2.4 Повреждение 7-10
7.1.3 Проводники, пересекающие выводы 7-11
7.1.4 Непроходимость отверстия 7-12
7.1.5 Компоненты и гнездовые разъемы типов DIP/SIP 7-13
7.1.6 Радиальные выводы – Вертикальная установка ... 7-15
7.1.6.1 Прокладки 7-16
7.1.7 Радиальные выводы – Горизонтальная установка 7-18
7.1.8 Разъемы 7-19
7.1.8.1 Установка под прямым углом 7-21
7.1.8.2 Вертикально установленные направляющие штырьковых разъемов и гнездовые части разъемов 7-22
7.1.9 Проводящие корпуса 7-23

7.2 Крепление компонентов 7-23
7.2.1 Монтажные хомуты 7-23
7.2.2 Приклейка 7-25
7.2.2.1 Приклейка – Неприподнятые компоненты 7-26
7.2.2.2 Приклейка – Приподнятые компоненты 7-29
7.2.3 Другие элементы 7-30

7.3 Металлизированные отверстия 7-31
7.3.1 Аксиальные выводы – Горизонтальная установка 7-31
7.3.2 Аксиальные выводы – Вертикальная установка 7-33
7.3.3 Выступание провода / вывода 7-35
7.3.4 Подгибка провода / вывода 7-36
7.3.5 Пайка 7-38
7.3.5.1 Вертикальное заполнение (A) 7-41
7.3.5.2 Сторона установки компонентов – Пайка вывода в отверстие (B) 7-43
7.3.5.3 Сторона установки компонентов – Покрытие припоем контактной площадки (C) 7-45
7.3.5.4 Сторона пайки – Пайка вывода в отверстие (D) 7-46
7.3.5.5 Сторона пайки – Покрытие припоем контактной площадки (E) 7-47
7.3.5.6 Состояние пайки – Припой на изгибе вывода 7-48
7.3.5.7 Состояние пайки – Контакт с корпусом компонента, монтируемого в отверстие 7-49
7.3.5.8 Состояние пайки – Пайка компонентов с наплывом обволакивания 7-50
7.3.5.9 Обрезка выводов после пайки 7-52
7.3.5.10 Изоляция покрытого провода в паяном соединении 7-53
7.3.5.11 Соединения без выводов – Переходные отверстия 7-54
7.3.5.12 Монтаж одной печатной платы на другую (Board in Board) 7-55

7.4 Неметаллизированные отверстия 7-58
7.4.1 Аксиальные выводы – Горизонтальная установка 7-58
7.4.2 Аксиальные выводы – Вертикальная установка 7-59
7.4.3 Выступание провода / вывода 7-60
7.4.4 Подгибка провода / вывода 7-61
7.4.5 Пайка 7-63
7.4.6 Обрезка выводов после пайки 7-65

7.5 Перемычки из провода 7-66
7.5.1 Выбор провода 7-66
7.5.2 Прокладка провода 7-67
7.5.3 Фиксация провода 7-69
7.5.4 Металлизированные отверстия 7-71
7.5.4.1 Металлизированные отверстия – Вывод в отверстии 7-71
7.5.5 Соединение с навивкой 7-72
7.5.6 Пайка внахлест 7-73

7.1 Монтаж компонентов

7.1.1 Монтаж компонентов – Ориентация

Данный подраздел охватывает требования приемки к установке, размещению и ориентации компонентов и проводов, смонтированных на печатные платы.

Критерии указаны только, собственно, для монтажа или размещения компонентов на электронных сборках или на прокладках. Пайка упоминается, только когда она непосредственно влияет на установочные размеры и только по отношению к этим размерам.

Визуальный контроль обычно начинается с общего осмотра электронной сборки, потом следует осмотр каждого места соединения компонента / провода, обращая внимание на вывод в соединении, само соединение и выступание вывода / провода за пределы соединения. Контроль выступания вывода / провода следует оставлять напоследок, чтобы плату можно было перевернуть и проверить все соединения одновременно.

7.1.1.1 Монтаж компонентов – Ориентация – Горизонтальная установка

Дополнительные критерии к горизонтальной установке компонентов с аксиальными выводами описаны в пунктах 7.3.1 (металлизированные отверстия) и 7.4.1 (неметаллизированные отверстия).

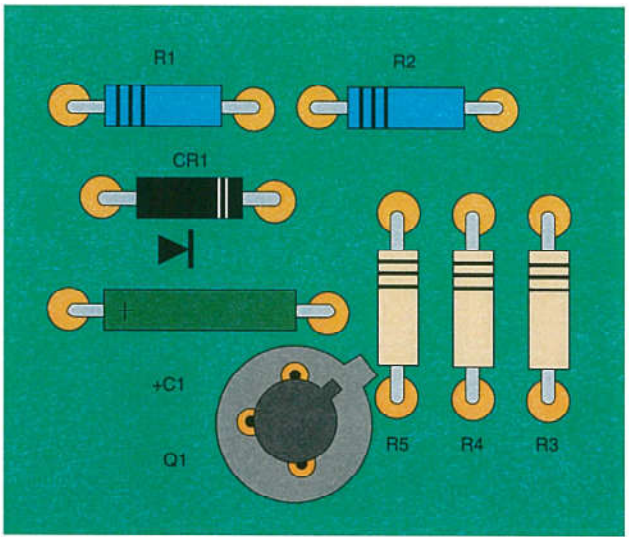


Рисунок 7-1

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Компоненты отцентрированы относительно их контактных площадок.
- Различима маркировка компонентов.
- Неполярные компоненты расположены так, что маркировка читается в одном направлении (слева направо либо сверху вниз).

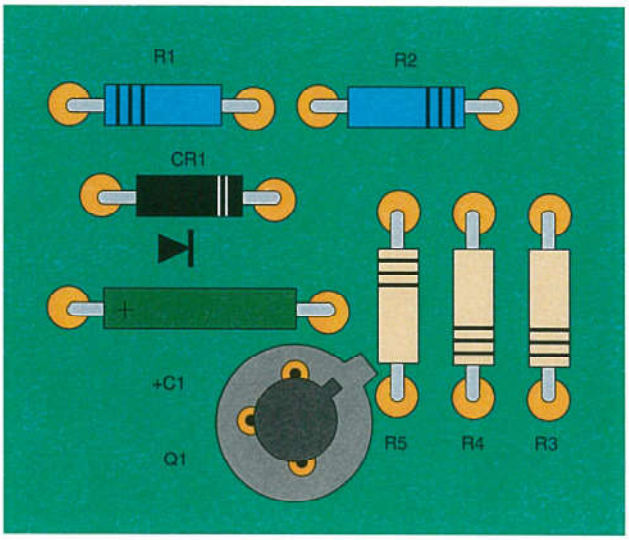


Рисунок 7-2

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Полярные и многовыводные компоненты правильно ориентированы.
- При ручной установке и ручном монтаже различима маркировка полярности.
- Все компоненты установлены в соответствии с перечнем и в правильные отверстия.
- Неполярные компоненты не расположены таким образом, что маркировка читается в одном направлении (слева направо либо сверху вниз).

7.1.1.1 Монтаж компонентов – Ориентация – Горизонтальная установка (продолжение)

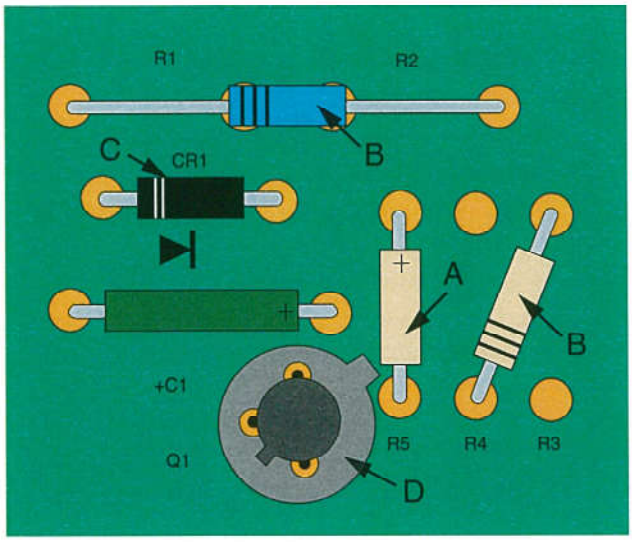


Рисунок 7-3

Дефект – Класс 1,2,3

- Установлен не соответствующий перечню компонент (неверная деталь), Рисунок 7-3-A.
- Компоненты установлены не в те отверстия, Рисунок 7-3-B.
- Полярные компоненты установлены наоборот, Рисунок 7-3-C.
- Многовыводные компоненты ориентированы неправильно, Рисунок 7-3-D.

7.1.1.2 Монтаж компонентов – Ориентация – Вертикальная установка

Дополнительные критерии для вертикальной установки аксиальных компонентов приведены в пунктах 7.3.2 (металлизированные отверстия) и 7.4.2 (неметаллизированные отверстия).

В приведенных примерах на рисунках с 7-4 по 7-6 стрелки на черном покрытии конденсатора указывают на отрицательный вывод компонента.

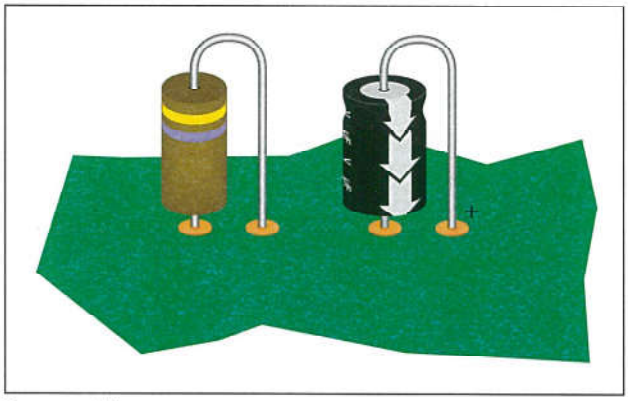


Рисунок 7-4

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Маркировка неполярных компонентов читается сверху вниз.
- Маркировка полярности располагается сверху.

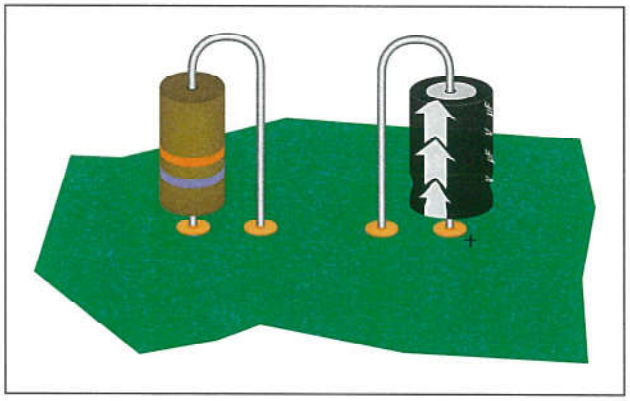


Рисунок 7-5

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Полярные компоненты монтируются с длинным выводом со стороны минуса компонента.
- Маркировка полярности не видна.
- Маркировка неполярных компонентов читается снизу вверх.

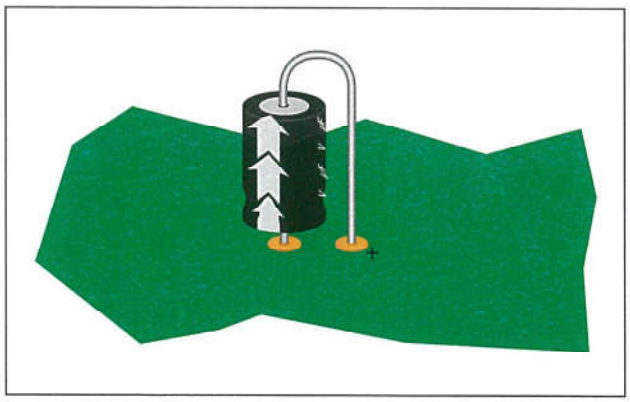


Рисунок 7-6

Дефект – Класс 1,2,3

- Полярные компоненты смонтированы наоборот.

7.1.2 Монтаж компонентов – Формовка выводов

7.1.2.1 Монтаж компонентов – Формовка выводов – Радиус изгиба

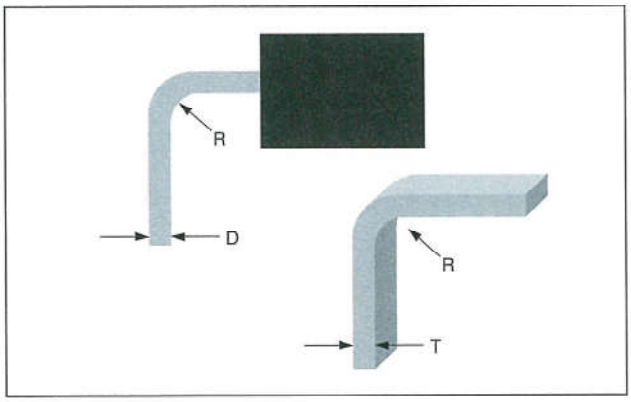


Рисунок 7-7

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Внутренний радиус изгиба выводов компонента отвечает требованиям таблицы 7-1.

Таблица 7-1 Минимальный внутренний радиус изгиба

Диаметр (D) или толщина (T) вывода	Минимальный внутренний радиус изгиба (R)
<0,8 мм [0,03 дюйма]	1 D/T
от 0,8 мм [0,03 дюйма] до 1,2 мм [0,05 дюйма]	1,5 D/T
>1,2 мм [0,05 дюйма]	2 D/T

Примечание: Толщина (T) используется для плоских выводов.

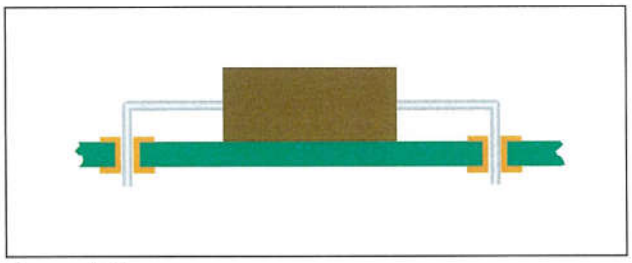


Рисунок 7-8

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Внутренний радиус изгиба выводов компонента не отвечает требованиям таблицы 7-1.

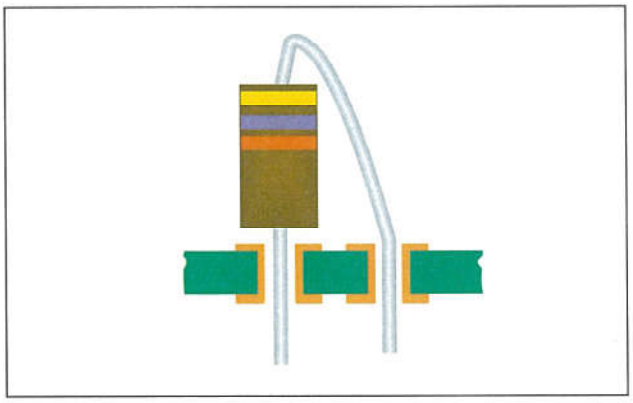


Рисунок 7-9

Дефект – Класс 1,2,3

- Вывод имеет излом.

7.1.2.2 Монтаж компонентов – Формовка выводов – Зазор между герметизацией вывода/местом сварки и точкой загиба

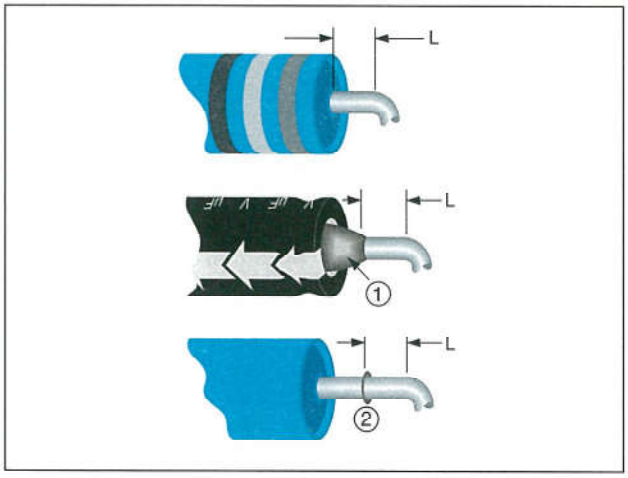


Рисунок 7-10

1. Капля припоя/место пайки вывода к корпусу
2. Сварной шов

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Длина незагнутой части вывода составляет не менее одного его диаметра/толщины, но не менее 0,8 мм [0,03 дюйма] от корпуса, места пайки вывода к корпусу, либо сварного шва вывода.

Рисунок 7-11

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Длина незагнутой части вывода составляет менее одного его диаметра/толщины или менее 0,8 мм [0,03 дюйма] от корпуса, места пайки вывода к корпусу, либо сварного шва вывода.

Рисунок 7-12

Дефект – Класс 1,2,3

- Сломанная сварка вывода, капля припоя либо герметизация вывода корпуса компонента.
- Повреждения вывода не отвечают требованиям пункта 7.1.2.4.

7.1.2.3 Монтаж компонентов – Формовка выводов – Ослабление механического напряжения

Компоненты могут устанавливаться в любой из комбинаций нижеуказанных способов:

- Обычным способом, используя загнутые под углом 90° выводы, непосредственно в монтажные отверстия.
- С петлевым изгибом типа «верблюжий горб». При использовании одиночного петлевого изгиба корпус компонента может быть смещен в сторону от центра.
- Другие способы могут использоваться по соглашению с заказчиком либо при наличии конструкторских ограничений.

Петлевые изгибы могут использоваться в случае, если расположение монтажных отверстий не позволяет использовать стандартный изгиб, и где отсутствует риск замкнуть вывод на какой-либо из соседних компонентов или проводников. Применение петлевого изгиба может повлиять на сопротивление цепи и т. п., поэтому **должно** быть согласованно с разработчиком.

Подготовленные компоненты с изгибами для снятия механического напряжения, показанные на рисунке 7-14, часто не отвечают требованиям по максимальному зазору для прямых выводов радиальных компонентов, см. подраздел 7.1.6. Максимальный зазор между компонентом и поверхностью печатной платы определяется конструктивными ограничениями и условиями эксплуатации. Ограничения изгиба выводов определяются оборудованием для подготовки компонентов, а также предложенными изготовителем условиями и возможностями. Данные условия могут потребовать изменения технологической оснастки.

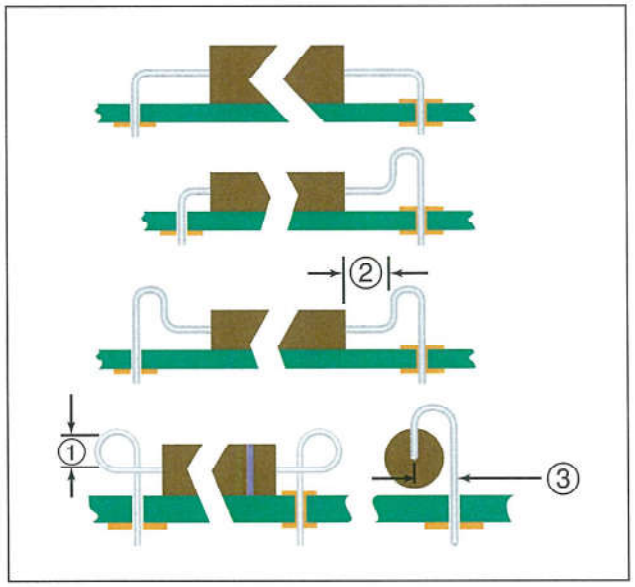


Рисунок 7-13

1. **Обычно 4 – 8 диаметров провода**
2. **Не менее 1 диаметра провода**
3. **Не менее 2 диаметров провода**

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Выводы отформованы для снятия напряжения.
- Вывод на участке выхода из компонента практически параллелен оси корпуса компонента.
- Вывод компонента в непосредственной близости от площадки практически перпендикулярен поверхности платы.
- Центровка компонента может быть нарушена вследствие формовки выводов.

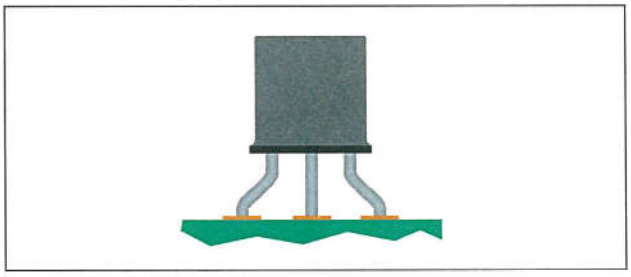


Рисунок 7-14

7.1.2.3 Монтаж компонентов – Формовка выводов – Ослабление механического напряжения (продолжение)

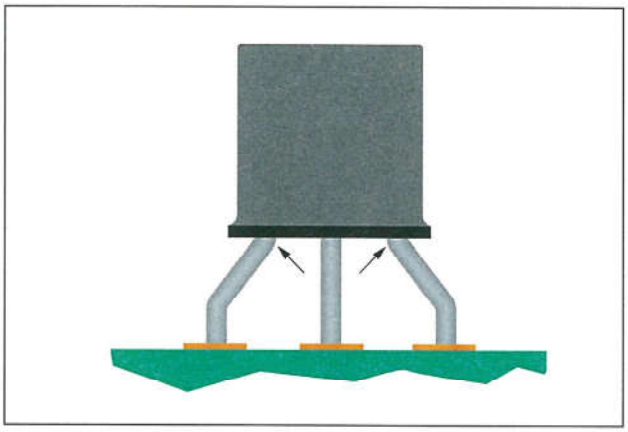


Рисунок 7-15

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Длина незагнутой части вывода составляет менее одного его диаметра или толщины, но не менее 0,8 мм [0,03 дюйма] от места герметизации корпуса.

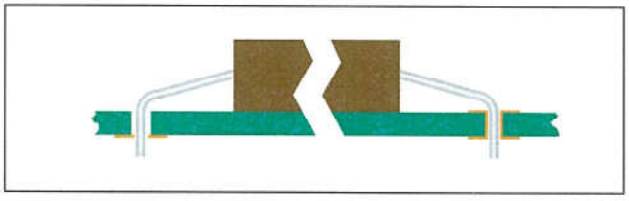


Рисунок 7-16

Дефект – Класс 1,2,3

- Повреждение либо излом места герметизации вывода в корпусе.
- Отсутствует ослабление механического напряжения.

7.1.2.4 Монтаж компонентов – Формовка выводов – Повреждение

Данные критерии применяются к выводам, формованным вручную, на станке либо при помощи штампа.

Рисунок 7-17

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Отсутствие зазубрин или деформации, превышающей 10% диаметра, ширины или толщины вывода. Критерии по оголенному металлу описаны в пункте 5.2.1.

Рисунок 7-18

Дефект – Класс 1,2,3

- Повреждение вывода составляет более 10% его диаметра или толщины.
- Вывод деформирован вследствие повторного либо неосторожного изгиба.

Рисунок 7-19

Дефект – Класс 1,2,3

- Значительные вдавливания, как например следы плоскогубцев.
- Диаметр вывода уменьшен более чем на 10%.

7.1.3 Монтаж компонентов – Проводники, пересекающие выводы

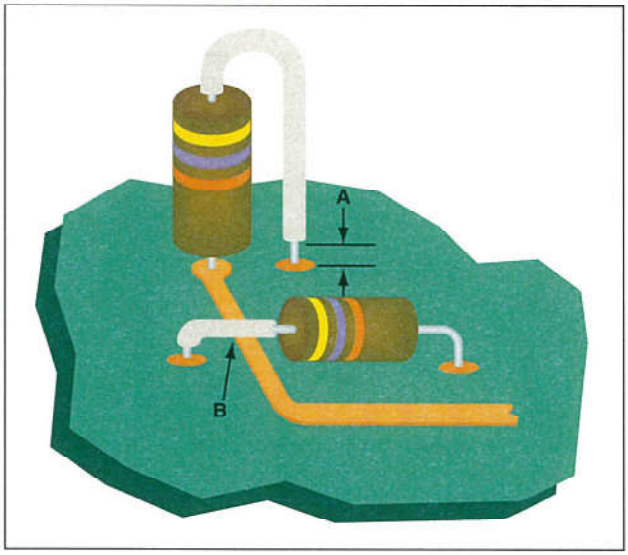


Рисунок 7-20

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Изолирующая трубка не влияет на образование требуемого паяного соединения см. Рисунок 7-20-A.
- Изолирующая трубка закрывает участок, который обозначен как защищаемый, см. Рисунок 7-20-B.

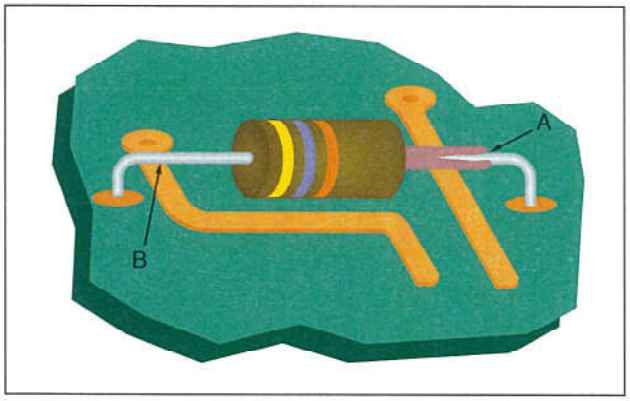


Рисунок 7-21

Дефект – Класс 2,3

- Расщепление и/или расслаивание изолирующей трубки, см. Рисунок 7-21-A.

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие требуемых изолирующих трубок, см. Рисунок 7-21-B.
- Поврежденная/короткая трубка не защищает от замыкания.
- Изолирующая трубка мешает образованию требуемого паяного соединения.
- Вывод компонента, пересекающий не связанный с ним электрически проводник, нарушает минимальный электрический зазор, см. Рисунок 7-21-B.

7.1.4 Монтаж компонентов – Непроходимость отверстия

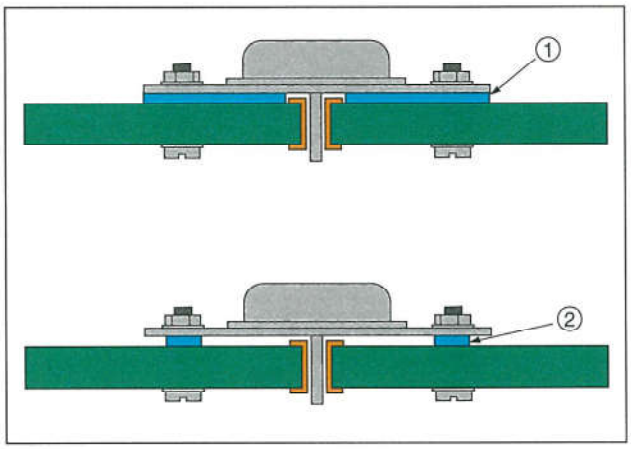


Рисунок 7-22
1. Изоляционная шайба
2. Прокладка

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Детали и компоненты установлены таким образом, что они не препятствуют затеканию припоя на первичную сторону (сторону установки компонентов) сквозных металлизированных отверстий, которые должны быть покрыты припоем.

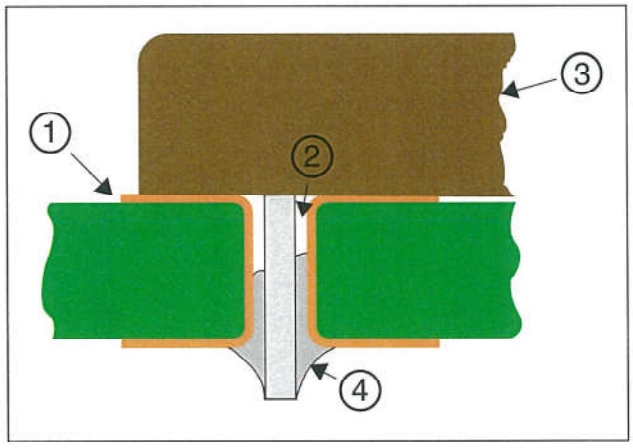


Рисунок 7-23
1. Жесткое крепление
2. Воздух
3. Корпус компонента
4. Припой

Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Детали и компоненты препятствуют затеканию припоя на первичную сторону (сторону установки компонентов) сквозных металлизированных отверстий, которые должны быть покрыты припоем.

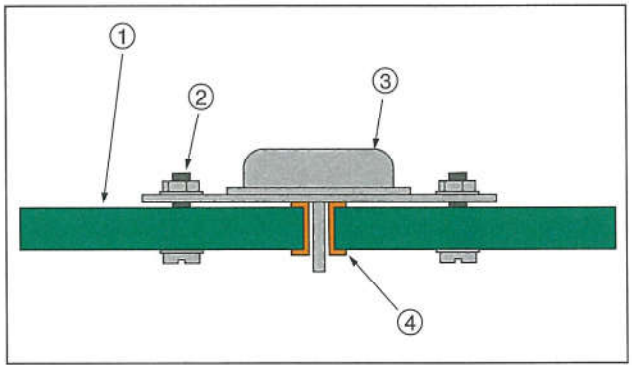


Рисунок 7-24
1. Неметалл
2. Крепежное изделие
3. Корпус компонента
4. Печатный проводник

Дефект – Класс 1,2,3

- Детали и компоненты смонтированы таким образом, что они нарушают величину минимального электрического зазора.

7.1.5 Монтаж компонентов – Компоненты и гнездовые разъемы типов DIP/SIP

Данные критерии применяются к компонентам и гнездовым разъемам типов DIP (два ряда выводов) и SIP (один ряд выводов).

Примечание: В том случае, если между компонентом и печатной платой располагается радиатор, могут быть заданы другие критерии.

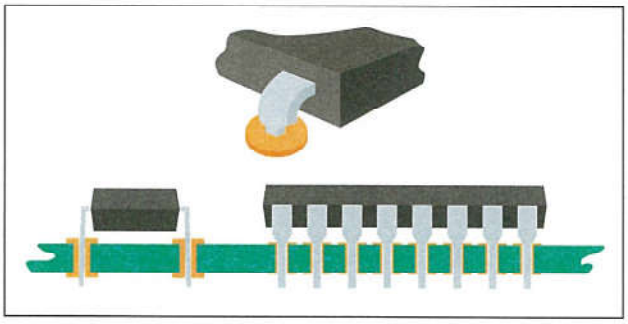


Рисунок 7-25

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Ступенька вывода, обеспечивающая зазор, опирается на площадку.
- Выступание вывода отвечает требованиям, см. разделы 7.3.3 и 7.4.3.

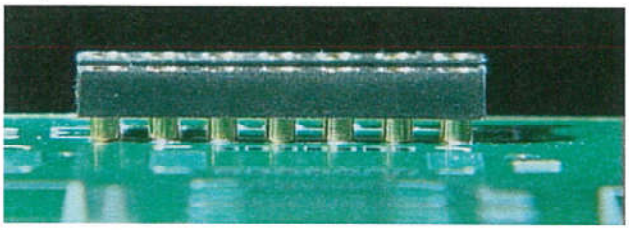


Рисунок 7-26

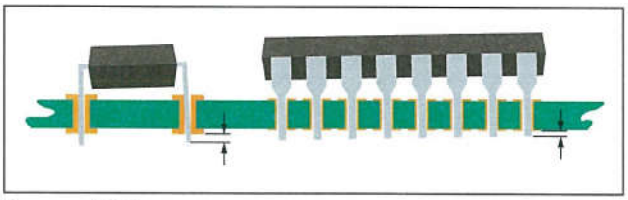


Рисунок 7-27

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Допустимый наклон корпуса ограничен минимальным выступанием выводов и требованиями к высоте.

Рисунок 7-28

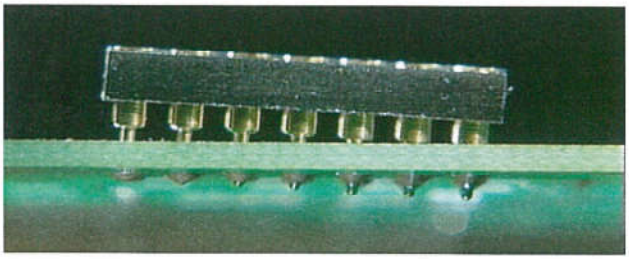


Рисунок 7-29

7.1.5 Монтаж компонентов – Компоненты и гнездовые разъемы типов DIP/SIP (продолжение)

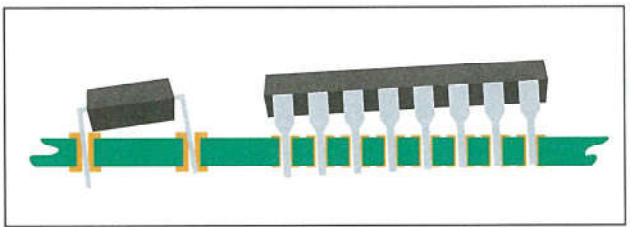


Рисунок 7-30

Дефект – Класс 1,2,3

- Наклон компонента превышает допустимые ограничения по высоте компонента.
- Выступание выводов не отвечает требованиям приемки по причине наклона компонента.

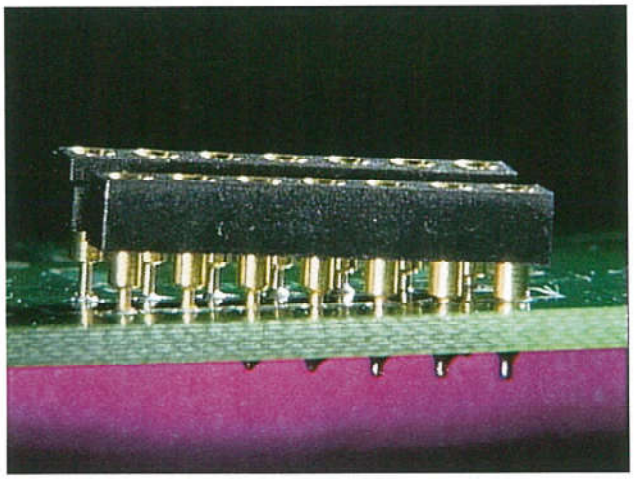


Рисунок 7-31

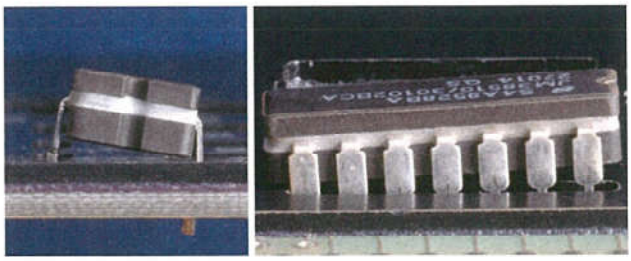


Рисунок 7-32

7.1.6 Монтаж компонентов – Радиальные выводы – Вертикальная установка

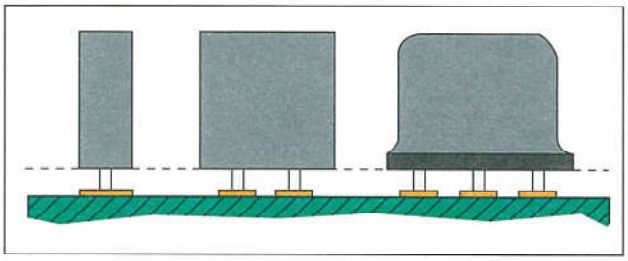


Рисунок 7-33

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Компонент установлен перпендикулярно, а основание параллельно плате.
- Зазор между основанием компонента и поверхностью платы/контактной площадкой лежит в пределах 0,3 мм [0,01 дюйма] и 2 мм [0,08 дюйма].

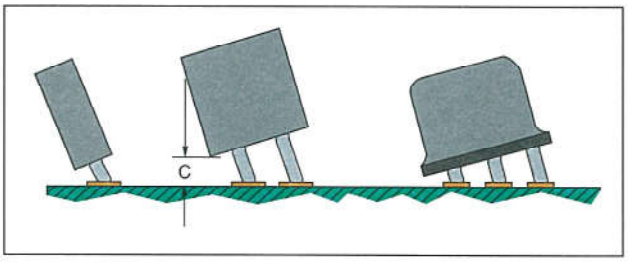


Рисунок 7-34

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Наклон компонента не нарушает величины минимального электрического зазора, Рисунок 7-34-C.

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Зазор между основанием компонента и поверхностью платы/контактной площадкой менее 0,3 мм [0,01 дюйма] или более 2 мм [0,08 дюйма], см. раздел 7.1.4.

Дефект – Класс 1,2,3

- Нарушен минимальный электрический зазор.

Примечание: Для некоторых компонентов наклон недопустим по причине их сопряжения с корпусами или панелями, например, для тумблеров, потенциометров, жидкокристаллических индикаторов и светодиодов.

7.1.6.1 Монтаж компонентов – Радиальные выводы – Вертикальная установка – Прокладки

Прокладки, используемые для механической опоры либо для компенсации массы компонента, необходимо устанавливать так, чтобы они находились в полном контакте с компонентом и поверхностью платы.

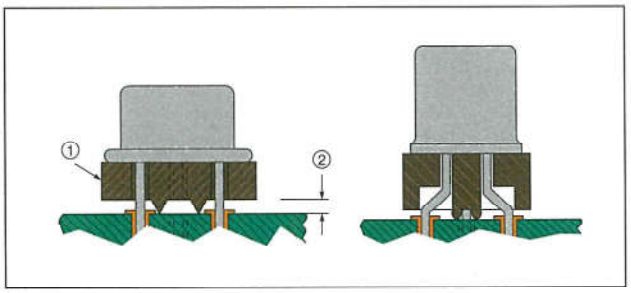


Рисунок 7-35
1. Прокладка
2. Контакт

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Прокладка находится в полном контакте с компонентом и платой.
- Правильная формовка выводов.

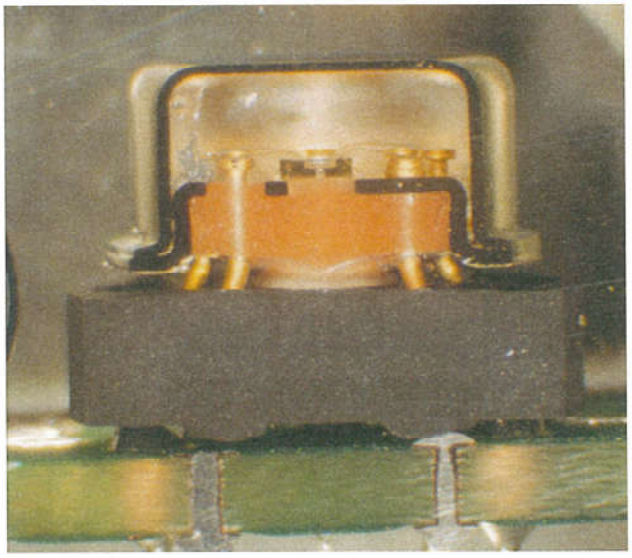


Рисунок 7-36

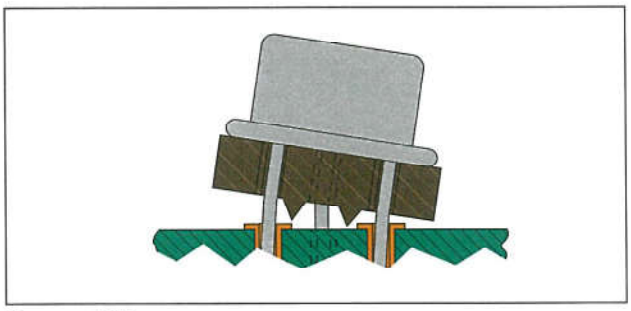


Рисунок 7-37

Приемлемо (металлизированные отверстия) – Класс 1,2
Индикатор отклонения процесса (металлизированные отверстия) – Класс 3
Дефект (неметаллизированные отверстия) – Класс 1,2,3

- Прокладка не находится в полном контакте с компонентом и платой.

7.1.6.1 Монтаж компонентов – Радиальные выводы – Вертикальная установка – Прокладки (продолжение)

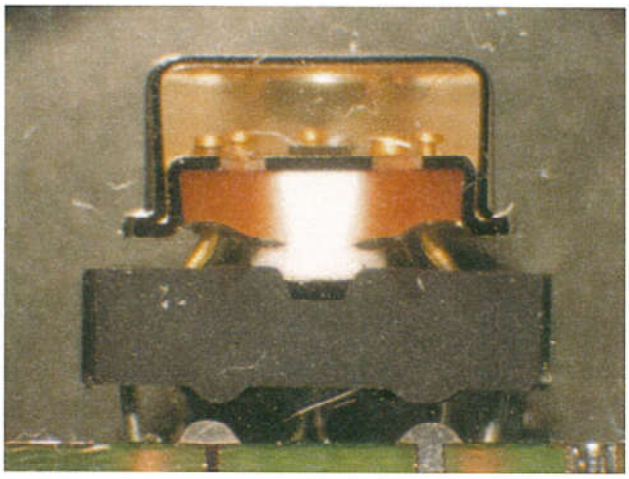


Рисунок 7-38

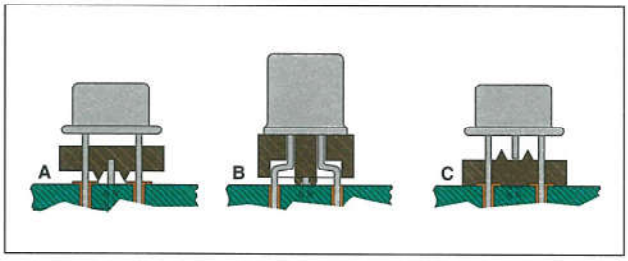


Рисунок 7-39

Приемлемо (металлизированные отверстия) – Класс 1
Индикатор отклонения процесса (металлизированные отверстия) – Класс 2
Дефект (металлизированные отверстия) – Класс 3
Дефект (неметаллизированные отверстия) – Класс 1,2,3

- Прокладка не находится в контакте с компонентом и платой, рисунок 7-39-A.
- Неправильная формовка выводов, рисунок 7-39-B.

Не установлено – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Прокладка перевернута, рисунок 7-39-C.

7.1.7 Монтаж компонентов – Радиальные выводы – Горизонтальная установка

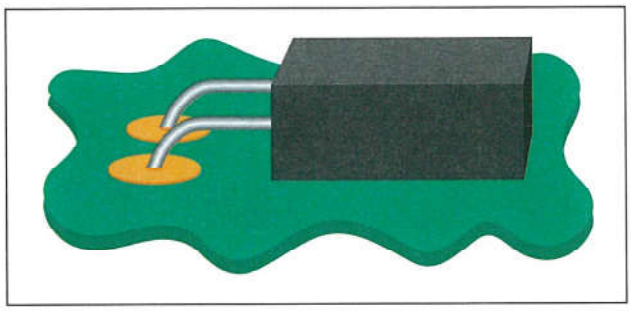


Рисунок 7-40

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Плоскость компонента находится в полном контакте с поверхностью платы.
- Наличие клея, при необходимости. См. раздел 7.2.2.

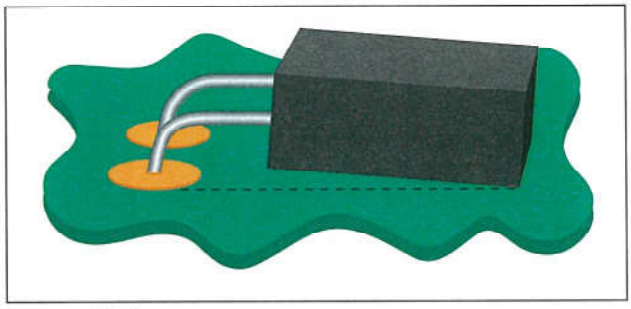


Рисунок 7-41

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Не менее одной грани и/или поверхности компонента находится в контакте с платой.

Примечание: Если это указано в утвержденном чертеже, компонент может устанавливаться на бок либо на торец. Может потребоваться, чтобы корпус был приклеен либо прикреплен другим способом к плате для предотвращения повреждения вследствие вибрации либо удара.

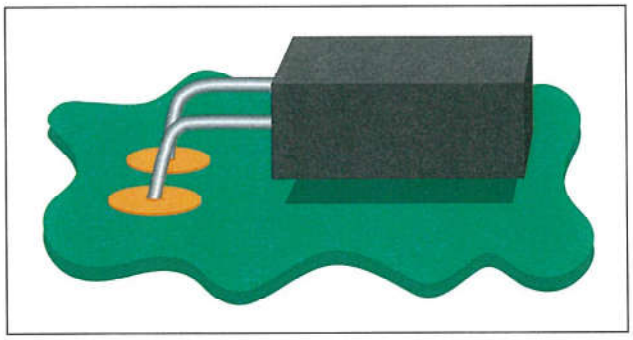


Рисунок 7-42

Дефект – Класс 1,2,3

- Не приклеенный корпус компонента не находится в контакте с поверхностью платы.
- Отсутствует клеящий материал, если он необходим.

7.1.8 Монтаж компонентов – Разъемы

Данные критерии применяются к паяным разъемам. Критерии к штырям разъемов описаны в разделе 4.3. Критерии повреждений разъемов описаны в разделе 9.5.

Несоосность модулей / штыревых контактов разъемов, описанная в данном разделе, должна измеряться на входном участке разъема (гнездовая часть) либо на торце штырьков (вилочная часть).

В случае составления сборного разъема из двух или более идентичных модулей, модули, произведенные разными производителями, **не должны** использоваться вместе.

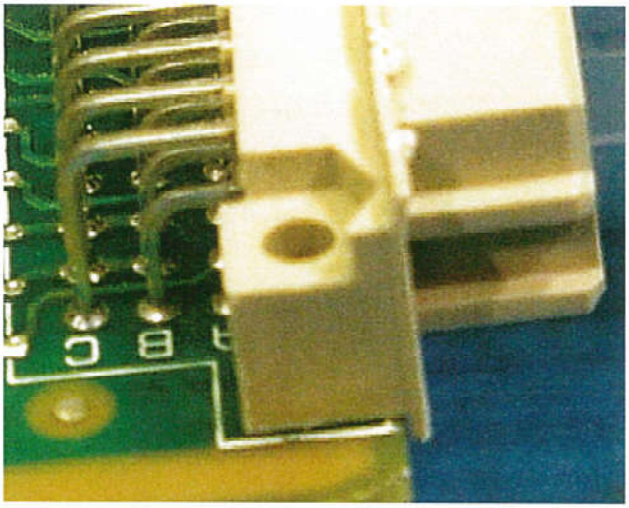


Рисунок 7-43

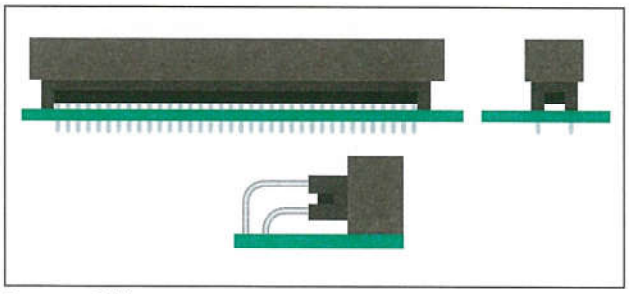


Рисунок 7-44

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Разъем установлен без зазора с печатной платой.
- Выступание выводов соответствует требованиям.
- Замок разъема (если имеется) полностью вставлен / зафиксирован в плате.

7.1.8 Монтаж компонентов – Разъемы (продолжение)

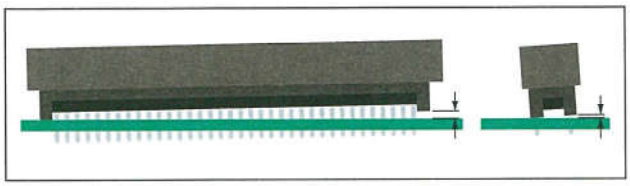


Рисунок 7-45

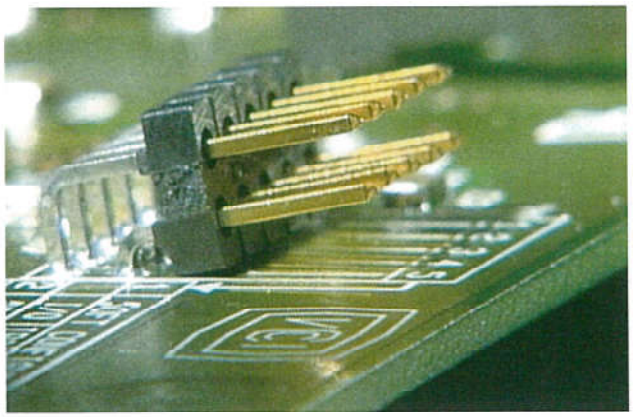


Рисунок 7-46

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Замок разъема полностью установлен / зафиксирован в плате.
- Любой наклон либо несоосность, при условии, что:
  - Соблюдаются минимальные требования к выступанию выводов.
  - Не превышены максимальные требования к высоте.
  - Разъем правильно стыкуется.

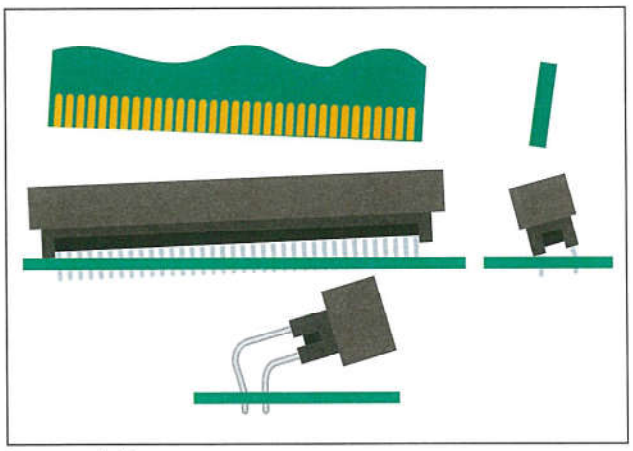


Рисунок 7-47

Дефект – Класс 1,2,3

- Не будет стыковаться вследствие наличия стыковочного угла либо несоосности.
- Компонент нарушает требования к высоте.
- Замок разъема не полностью установлен / зафиксирован в плате.
- Выступание выводов не соответствует требованиям приемки.

Примечание: Для проверки соответствия разъема требованиям по форме, размерам и функциональности может потребоваться проверочная стыковка разъема.

7.1.8.1 Монтаж компонентов – Разъемы – Установка под прямым углом

Данные критерии применяются к разъемам, хвостовики которых расположены под прямым углом к контактам, с шагом ≥2,5 мм [0,1 дюйма].

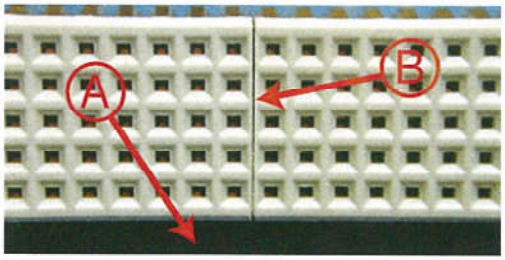


Рисунок 7-48

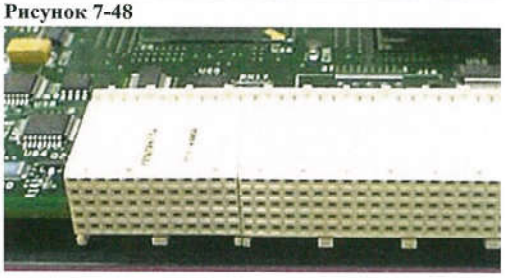


Рисунок 7-49

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Разъем установлен на поверхность печатной платы без зазора, см. Рисунок 7-48-А.
- Все модули составного разъема установлены соосно и вровень со смежными модулями, см. Рисунок 7-48-В.

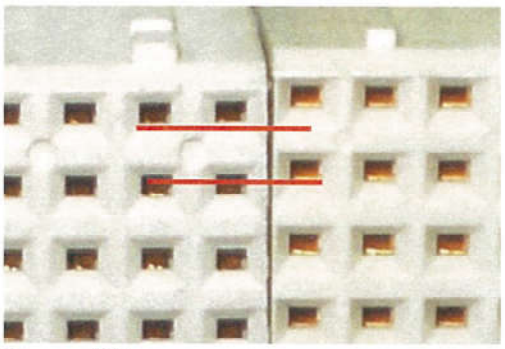


Рисунок 7-50

Приемлемо – Класс 1

- Установочный зазор разъема соответствует требованиям сборки (например, с лицевыми панелями, защелками, ответными частями разъема и пр.).

Приемлемо – Класс 2,3

- Зазор между разъемом и печатной платой не превышает 0,13 мм [0,005 дюйма] (не показано).
- Максимальная несоосность контактных окон всех частей составного разъема менее 0,25 мм [0,01 дюйма], Рисунок 7-50.

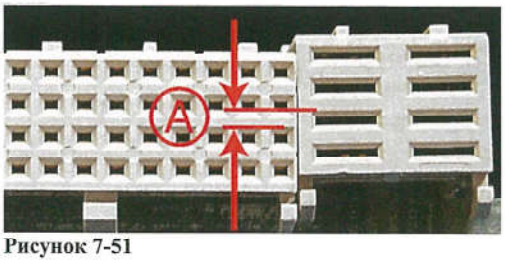


Рисунок 7-51

Дефект – Класс 1,2,3

- Зазор разъема не соответствует требованиям сборки (например, с лицевыми панелями, защелками, ответными частями разъема и пр.).

Дефект – Класс 2,3

- Зазор между разъемом и печатной платой превышает 0,13 мм [0,005 дюйма] (не показано).
- Максимальная несоосность контактных окон всех частей составного разъема (Рисунок 7-51-А) более 0,25 мм [0,01 дюйма].

7.1.8.2 Монтаж компонентов – Разъемы – Вертикально установленные направляющие штырьковых разъемов и гнездовые части разъемов

Данные критерии применяются к вертикально установленным направляющим штырьковых разъемов и вертикальным гнездовым частям разъемов с шагом контактов 2 мм – 2,54 мм [0,08 – 0,1 дюйма].

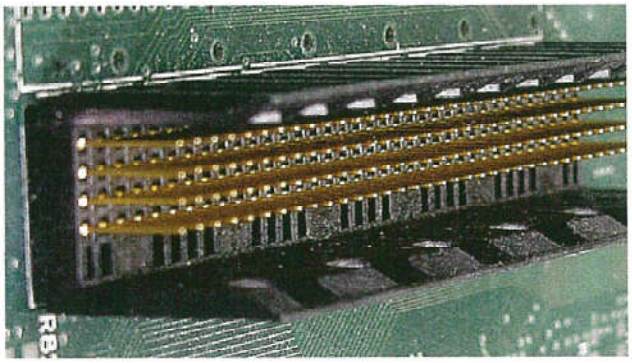


Рисунок 7-52

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Разъем установлен на поверхность печатной платы без зазора.
- Все модули составного разъема установлены соосно и вровень со смежными модулями (не показано).

Приемлемо – Класс 1

- Установочный зазор разъема соответствует требованиям сборки (например, с лицевыми панелями, защелками, ответными частями разъема и пр.).

Приемлемо – Класс 2,3

- Зазор между разъемом и печатной платой не превышает 0,13 мм [0,005 дюйма] (не показано).
- Несоосность отдельных контактных окон смежных модулей, требующих выравнивания, не превышает 0,25 мм [0,01 дюйма] (не показано).
- Максимальная несоосность любых двух модулей/контактов составного разъема менее 0,25 мм [0,01 дюйма] (не показано).

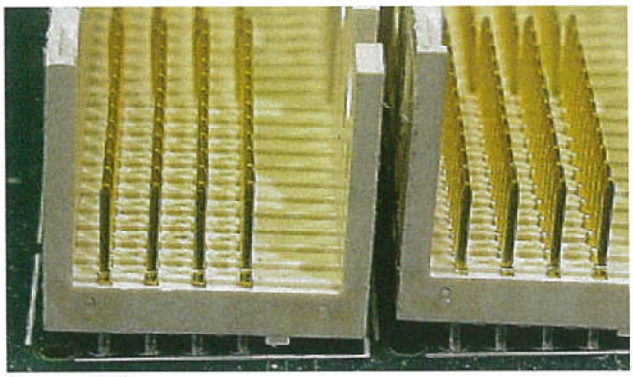


Рисунок 7-53

Дефект – Класс 1,2,3

- Зазор разъема не соответствует требованиям сборки (например, с лицевыми панелями, защелками, ответными частями разъема и пр.)

Дефект – Класс 2,3

- Зазор между разъемом и печатной платой превышает 0,13 мм [0,005 дюйма], см. Рисунок 7-53.
- Несоосность отдельных контактных окон смежных модулей, требующих выравнивания, превышает 0,25 мм [0,01 дюйма] (не показано).
- Максимальная несоосность любых двух модулей/контактов составного разъема более 0,25 мм [0,01 дюйма] (не показано).

7.1.9 Монтаж компонентов – Проводящие корпуса

При возможности короткого замыкания (нарушении минимального электрического зазора) между токопроводящими корпусами компонентов по крайней мере один из корпусов **должен** быть защищен изолятором.

7.2 Крепление компонентов

7.2.1 Крепление компонентов – Монтажные хомуты

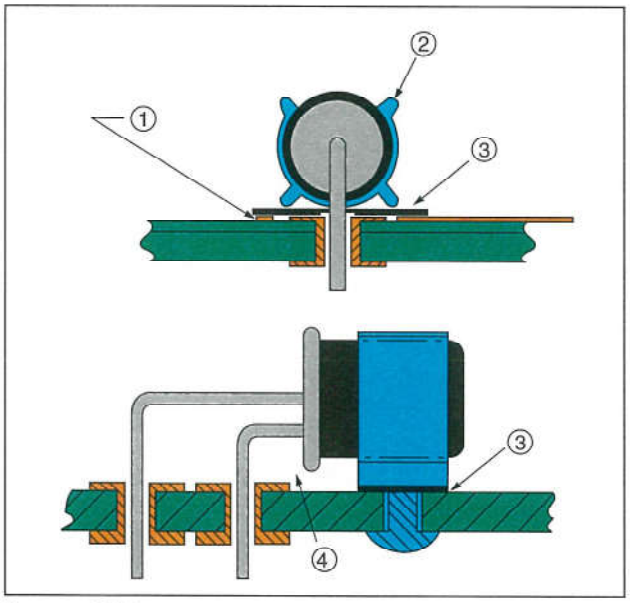


Рисунок 7-54

1. **Печатные проводники**
2. **Металлический хомут**
3. **Изоляционный материал**
4. **Зазор**

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Неизолированный металлический компонент изолирован от расположенных под ним проводников с помощью изоляционных материалов.
- Неизолированные металлические хомуты и фиксирующие детали, используемые для крепления компонентов, изолированы от расположенных под ними проводников с помощью подходящего изоляционного материала.

7.2.1 Крепление компонентов – Монтажные хомуты (продолжение)

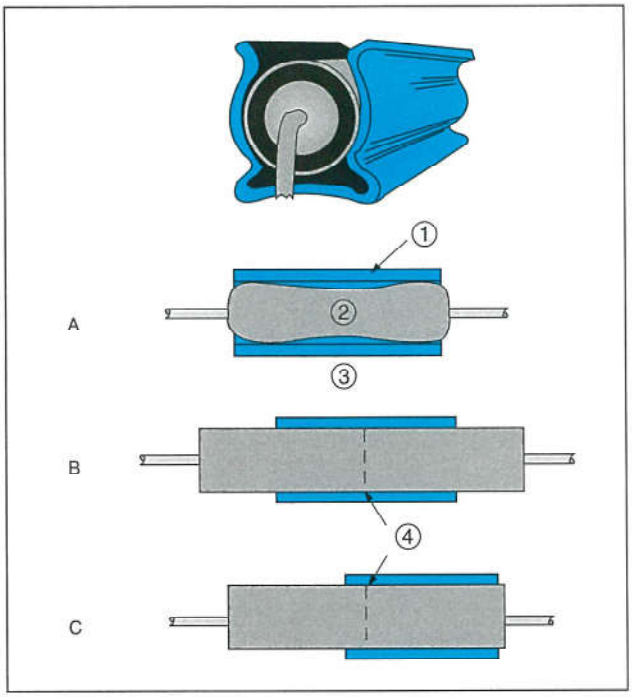


Рисунок 7-55

1. Хомут
2. Несимметричный корпус
3. Вид сверху
4. Центр тяжести

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Хомут находится в контакте с обеими сторонами компонента см. Рисунок 7-55-A.
- Центр тяжести установленного компонента находится в геометрических границах хомута, см. Рисунок 7-55-B, C.
- Торец компонента находится заподлицо либо выступает за торец хомута, см. Рисунок 7-55-C.
- Расстояние между контактной площадкой и неизолированным корпусом компонента не нарушает требования к минимальному электрическому зазору.

7.2.1 Крепление компонентов – Монтажные хомуты (продолжение)

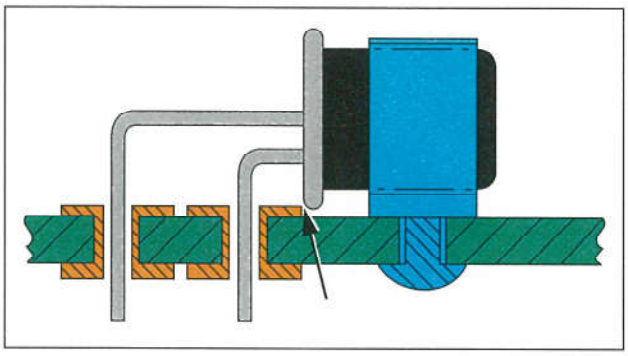


Рисунок 7-56

Дефект – Класс 1,2,3

- Расстояние между контактной площадкой и неизолированным корпусом компонента меньше минимального электрического зазора, рисунок 7-56.
- Неизолированный металлический хомут либо фиксирующая деталь не изолированы от расположенных под ними проводников.
- Хомут не удерживает компонент, рисунок 7-57-A.
- Геометрический центр компонента либо центр тяжести не лежит в пределах хомута, рисунок 7-57-C.

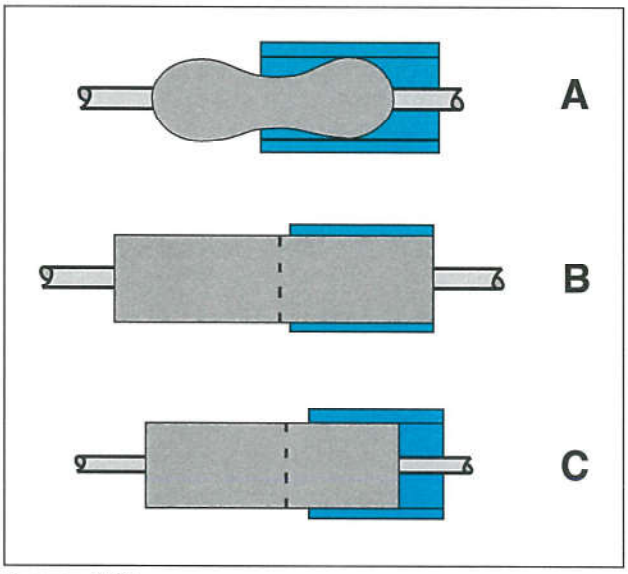


Рисунок 7-57

7.2.2 Крепление компонентов – Приклейка

Данные критерии **должны** применяться в случае, если требуется крепление клеем и критерии не указаны на чертеже. Данные критерии не относятся к компонентам технологии поверхностного монтажа (см. пункт 8.1).

Контроль приклейки может проводиться без использования увеличительных приборов. Для целей экспертной оценки может использоваться увеличение от 1,75X до 4X.

Более подробная информация о требованиях к отверждению клея может быть получена из рекомендаций изготовителя клея.

7.2.2.1 Крепление компонентов – Приклейка – Не приподнятые компоненты

Данные критерии применяются как для компонентов в изолирующей трубке, так и без нее. Ниже приведены исключения для компонентов в стеклянных корпусах.

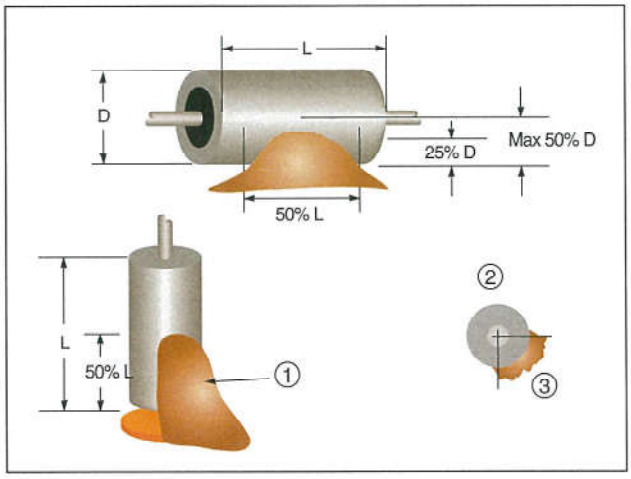


Рисунок 7-58
1. Клей
2. Вид сверху
3. 25% окружности

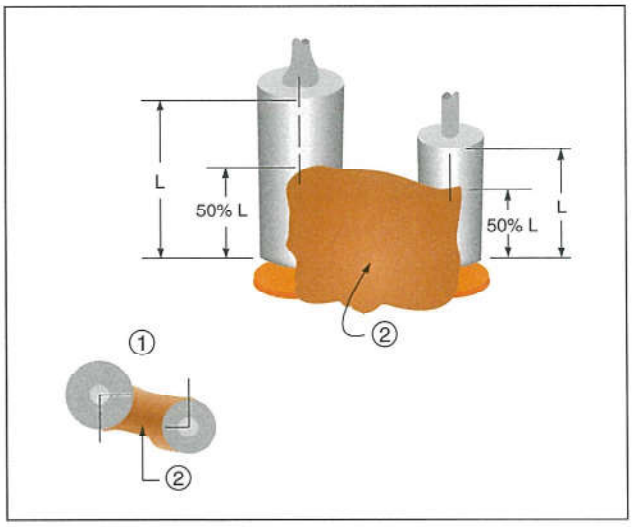


Рисунок 7-59
1. Вид сверху
2. Клей

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Непрерывная галтель клея между монтажной поверхностью и корпусом компонента.
- Клей полностью отвердел.
- Отсутствие разрывов/разделений/трещин между клеевым слоем и соединяемыми поверхностями.
- Для компонентов, монтируемых горизонтально:
  - протяженность адгезии клея составляет не менее 50% длины компонента (L).
  - высота клея не превышает 50% диаметра компонента.
  - протяженность адгезии клея составляет минимум 25% диаметра (D) с одной стороны. Клей расположен примерно по центру корпуса.
- Для компонентов, монтируемых вертикально:
  - протяженность адгезии клея составляет не менее 25% длины компонента (L) с незначительным затеканием клеящего материала под корпус компонента, см. Рисунок 7-58-1.
  - клеящий материал приклеен к компоненту:
    - как минимум тремя каплями, расположенными по окружности с примерно равными расстояниями, ИЛИ.
    - как минимум на 50% окружности компонента.
- При необходимости компоненты в стеклянном корпусе перед приклеиванием помещены в трубчатую изоляцию.
  - Клеи, используемые для фиксации, соединения и т.п., не контактируют с неизолированной поверхностью компонентов в стеклянном корпусе.
  - Для компонентов, покрытых изолирующей трубкой, адгезия на обеих сторонах составляет от 50% до 100% длины компонента и не менее 25% высоты компонента.
- На нескольких монтируемых вертикально компонентах.
  - адгезия составляет не менее 50% длины (L) для каждого из компонентов, и клей расположен между ними непрерывно, см. Рисунок 7-59-2.
  - адгезия по окружности каждого из компонентов составляет не менее 25%, см. Рисунок 7-59-1.

7.2.2.1 Крепление компонентов – Приклейка – Не приподнятые компоненты (продолжение)

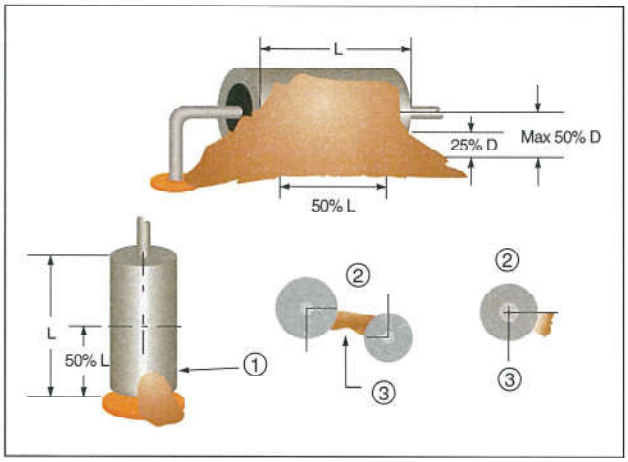


Рисунок 7-60

1. **<50% длины (L)**
2. **Вид сверху**
3. **<25% окружности**

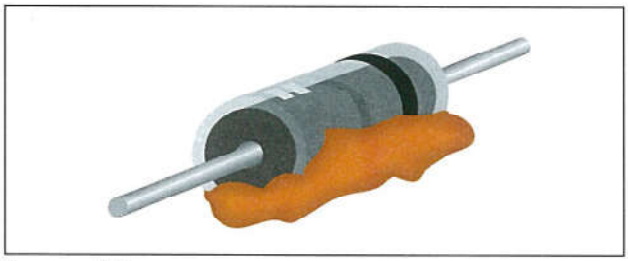


Рисунок 7-61

Не установлено – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Для компонентов, установленных горизонтально, высота клея превышает 50% диаметра, при условии, что верхняя часть компонент видна по всей длине корпуса компонента.
- Для компонентов в стеклянном корпусе, покрытых изолирующей трубкой, клеящий материал нанесен менее чем на 50% длины компонента на каждой стороне.

Не установлено – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Для аксиальных компонентов, покрытых изолирующей трубкой (за исключением компонентов в стеклянном корпусе).
  - отсутствие клеящего материала на обоих торцах компонента.
  - адгезия составляет менее 25% диаметра (высоты) компонента.
  - адгезия составляет более 50% диаметра (высоты) компонента.
  - Клеящий материал покрывает верхнюю часть компонента, вследствие чего она не видна по всей длине.
- Для компонентов в стеклянном корпусе, покрытых изолирующей трубкой, отсутствие адгезии высотой не менее 25% высоты компонента.

7.2.2.1 Крепление компонентов – Приклейка – Не приподнятые компоненты (продолжение)

Дефект – Класс 1,2,3

- Высота клея превышает 50% диаметра компонента, смонтированного горизонтально, и клеящий материал покрывает верхнюю часть компонента, вследствие чего она не видна по всей длине.
- Отсутствие непрерывной галтели клея между монтажной поверхностью и корпусом компонента.
- Компонент в неизолированном металлическом корпусе приклеен над проводящими дорожками.
- Несоответствие требованиям таблиц 7-4, 7-5 или 7-7 вследствие наличия клеящего материала на паяемых поверхностях.
- Твердые клеи, используемые для фиксации, соединения и т.п., контактируют с неизолированной поверхностью компонентов в стеклянном корпусе, покрытых изолирующей трубкой, рисунок 7-61. компонентов в стеклянном корпусе, рисунок 7-61.
- Клей не полностью отвердел.
- Для компонентов, не покрытых изолирующей трубкой и монтируемых горизонтально:
  - к компоненту и монтажной поверхности на длине менее чем 50% дины компонента (L).
  - на области менее 25% диаметра компонента (D) на одной стороне.
- Для компонентов, не покрытых изолирующей трубкой и монтируемых вертикально:
  - нанесено менее 3х капель клеящего материала на протяжении менее 25% его высоты.
  - на протяжении менее 25% высоты компонента.
- На нескольких монтируемых вертикально компонентах:
  - адгезия составляет менее 50% длины (L) для каждого из компонентов.
  - адгезия составляет менее 25% окружности каждого компонента.
  - клей не расположен между ними непрерывно.

7.2.2.2 Крепление компонентов – Приклейка – Приподнятые радиальные компоненты

Нижеуказанные критерии относятся в основном к закрытым кожухом либо залитым компаундом трансформаторам и/или катушкам, которые смонтированы на печатную плату с зазором.

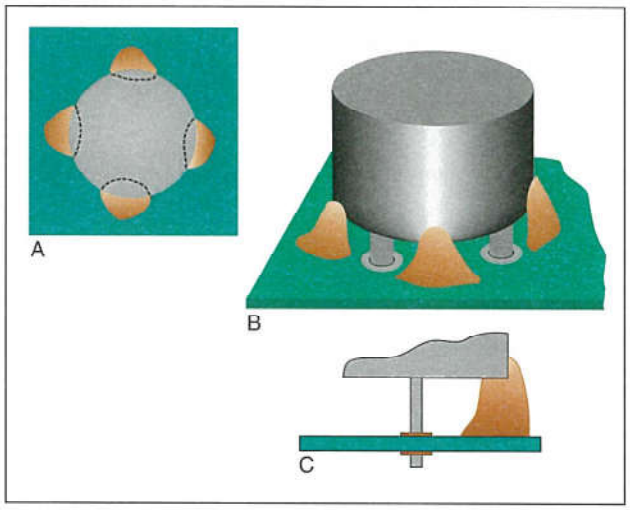


Рисунок 7-62

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Требования к приклейке следует указывать в технической документации, однако при отсутствии механического крепления компоненты должны приклеиваться к печатной плате не менее чем в четырех местах, расположенных по окружности на равных промежутках, см. Рисунок 7-62-A.
- Приклеивается не менее 20% полного периметра компонента, см. Рисунок 7-62-B.
- Клеящий материал прочно соединен с нижней и боковыми частями компонента и платой, см. Рисунок 7-62-C.
- Клеящий материал не препятствует формированию требуемого паяного соединения.

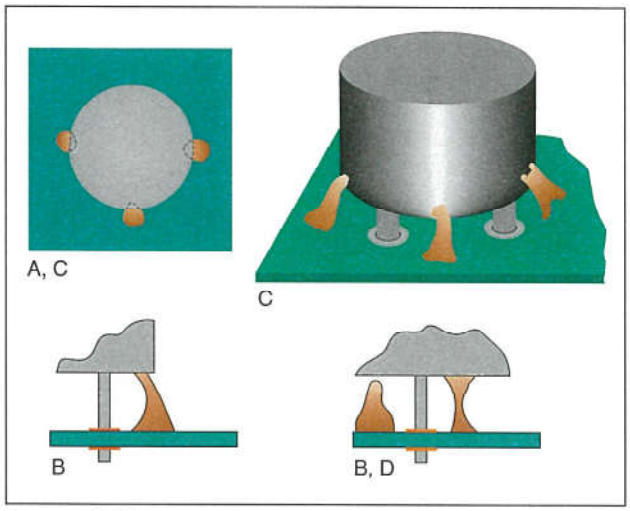


Рисунок 7-63

Дефект – Класс 1,2,3

- Клеевое соединение не соответствует требованиям спецификации.
- В какой-либо точке крепления отсутствует смачивание или признаки адгезии на нижней или боковой части компонента либо на монтажной поверхности, см. Рисунок 7-63-B.
- Приклеено менее 20% полного периметра компонента, см. Рисунок 7-63-C.
- Клеящий материал образовал слишком тонкий для хорошего крепления столбик, см. Рисунок 7-63-D.
- Клеящий материал препятствует формированию требуемого паяного соединения.

7.2.3 Крепление компонентов – Другие элементы

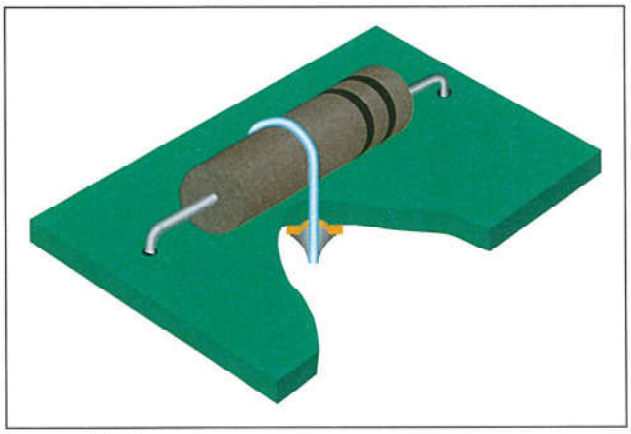


Рисунок 7-64

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Компонент надежно закреплен на монтажной поверхности.
- Отсутствует повреждение корпуса компонента и изоляции, вызванное элементом крепежа.
- Проводящий элемент крепления не нарушает минимальный электрический зазор.

Дефект – Класс 1,2,3

- Повреждение корпуса компонента, вызванное элементом крепежа.
- Проводящий элемент крепления нарушает минимальный электрический зазор.

7.3 Металлизированные отверстия

7.3.1 Металлизированные отверстия – Аксиальные выводы – Горизонтальная установка

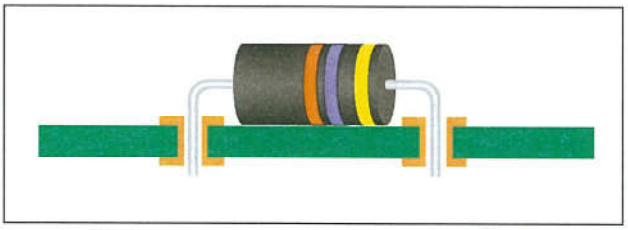


Рисунок 7-65

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Корпус компонента находится в полном контакте с поверхностью платы.
- Расстояние между компонентами, которые должны быть приподняты над платой, к примеру, по причине повышенного тепловыделения, и поверхностью платы, составляет не менее 1,5 мм [0,06 дюйма].

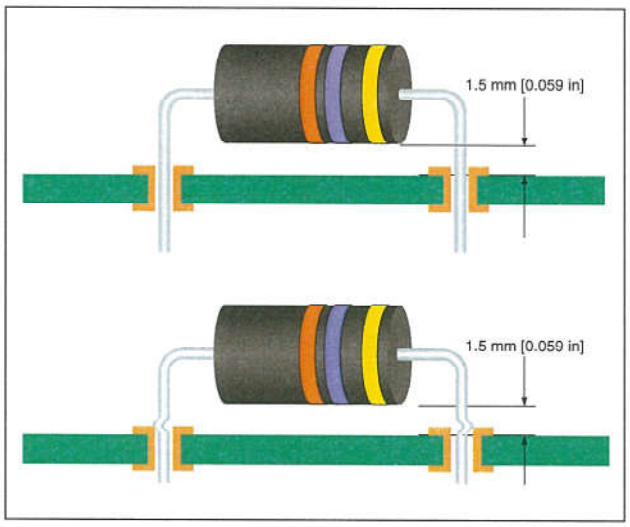


Рисунок 7-66

7.3.1 Металлизированные отверстия – Аксиальные выводы – Горизонтальная установка (продолжение)

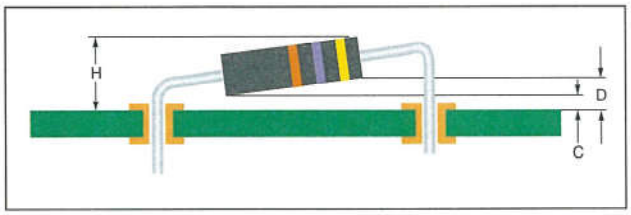


Рисунок 7-67

Приемлемо – Класс 1,2

- Максимальный зазор (C) между компонентом и поверхностью платы не нарушает требований к выступанию вывода, см. раздел 7.3.3, или к высоте установки компонента (H). Величина (H) определяется заказчиком.

Приемлемо – Класс 3

- Зазор (C) между корпусом компонента и печатной платой не превышает 0,7 мм [0,03 дюйма].

Индикатор отклонения процесса – Класс 3

- Наибольшее расстояние (D) между корпусом компонента и платой превышает 0,7 мм [0,03 дюйма].

Дефект – Класс 3

- Расстояние (D) между корпусом компонента и платой превышает 1,5 мм [0,06 дюйма].

Дефект – Класс 1,2,3

- Высота компонента превышает установленную заказчиком величину (H).
- Зазор (C) под компонентами, которые необходимо монтировать над печатной платой, менее 1,5 мм [0,06 дюйма] от поверхности платы.

7.3.2 Металлизированные отверстия – Аксиальные выводы – Вертикальная установка

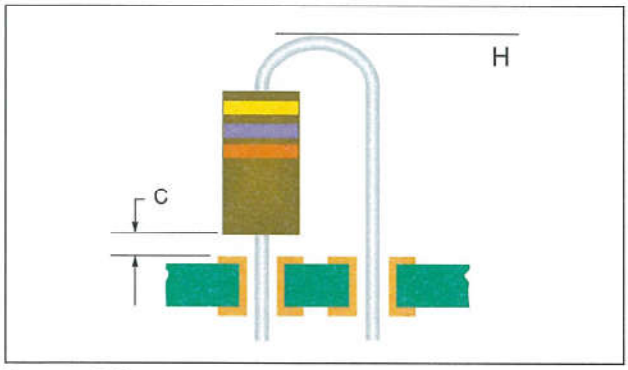


Рисунок 7-68

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Зазор (C) между корпусом компонента или местом герметизации вывода и контактной площадкой равен 1 мм [0,04 дюйма].
- Корпус компонента перпендикулярен к плате.
- Высота установки не превышает максимальных требований по высоте, заданных конструкторской документацией (H).

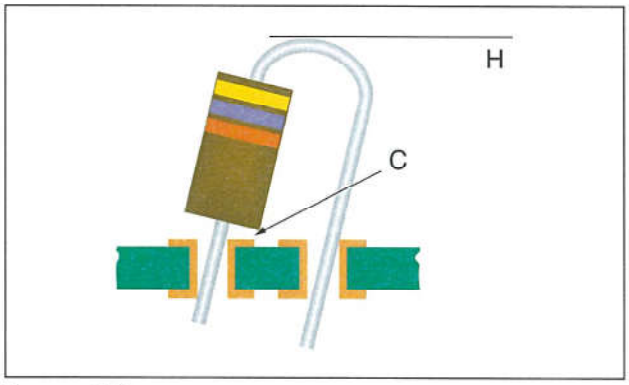


Рисунок 7-69

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Зазор между корпусом компонента или местом герметизации вывода и площадкой (C) отвечает требованиям, указанным в таблице 7-2.
- Наклон вывода компонента не нарушает минимальный электрический зазор.

Таблица 7-2 Зазор между компонентом и контактной площадкой

	Класс 1	Класс 2	Класс 3
C (мин.)	0,1мм [0,004 дюйма]	0,4 мм [0,016 дюйма]	0,8 мм [0,03 дюйма]
C (макс.)	6 мм [0,2 дюйма]	3 мм [0,1 дюйма]	1,5 мм [0,06 дюйма]

7.3.2 Металлизированные отверстия – Аксиальные выводы – Вертикальная установка (продолжение)

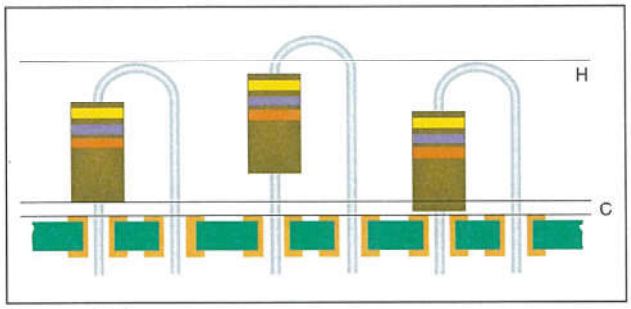


Рисунок 7-70

Приемлемо – Класс 1

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Зазор между компонентом и платой, Рисунок 7-70-C, превышает максимальный, указанный в таблице 7-2.
- Зазор между компонентом или местом герметизации вывода и платой (C) меньше минимального, указанного в таблице 7-2.

Дефект – Класс 1,2,3

- Компоненты нарушают минимальный электрический зазор.
- Высота компонента не отвечает требованиям по форме, размерам или функциональности.
- Высота компонента, Рисунок 7-70-H, превышает установленные заказчиком требования.

7.3.3 Металлизированные отверстия – Выступание провода/вывода

Выступание вывода **должно** отвечать требованиям таблицы 7-3.

Примечание: Высокочастотные изделия требуют более пристального внимания к длине выступающих выводов во избежание нарушения функционирования конструкции.

Таблица 7-3 Выступание выводов из металлизированных отверстий

	Класс 1	Класс 2	Класс 3
(L) мин.	Вывод различим в припое, Примечания 1,3.		
(L) макс., примечение 2	Отсутствует риск замыкания	2,5 мм [0,1 дюйма]	1,5 мм [0,06 дюйма]

Примечание 1: Для компонентов с заранее заданной длиной выводов, меньшей толщины печатной платы, и компонентов, корпус или горизонтальные части выводов которых устанавливаются на поверхность печатной платы без зазора, не требуется, чтобы конец вывод был виден в последующем паяном соединении, см. пункт 1.5.1.6.

Примечание 2: Выводы разъемов, реле, закаленные выводы и выводы диаметром более 1,3 мм [0,05 дюйма] являются исключением из вышеуказанных требований к максимальной длине, при условии, что не нарушен минимальный электрический зазор.

Примечание 3: См. п. 7.3.5 в качестве исключения из требования различимости выводов минимальной длины.

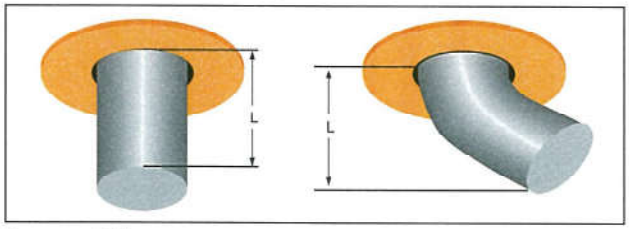


Рисунок 7-71

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Выводы выступают над контактной площадкой в пределах минимальных и максимальных значений (L) таблицы 7-5, при условии, что не нарушен минимальный электрический зазор.
- Выводы соответствуют конструктивным требованиям к длине (L), если они имеются.

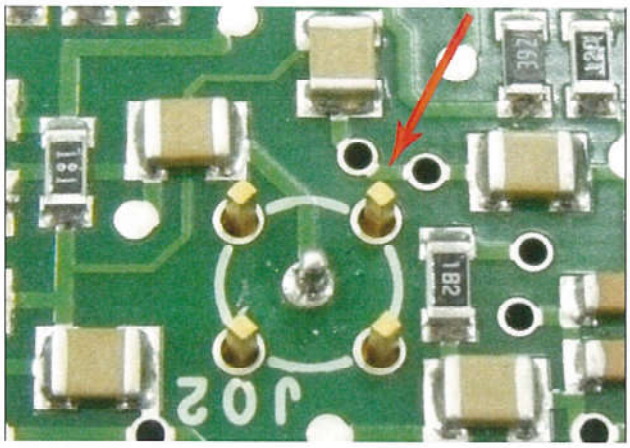


Рисунок 7-72

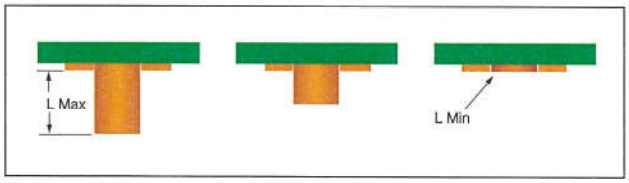


Рисунок 7-73

Дефект – Класс 1,2,3

- Выступание вывода не отвечает требованиям таблицы 7-3.
- Выступание вывода нарушает минимальный электрический зазор.
- Выступание вывода превышает конструктивные требования по высоте изделия.

7.3.4 Металлизированные отверстия – Подгибка провода/вывода

Для выводов компонентов при установке в отверстия может использоваться формовка для установки в прямом, частично подогнутом или подогнутом исполнении. Подгибку следует выполнять достаточной для обеспечения неподвижности во время пайки. Ориентировать подгибку по отношению к какому-либо проводнику необязательно. Не менее двух диагонально противоположных выводов DIP-компонентов следует частично подгибать наружу. Выводы диаметром или толщиной более 1,3 мм [0,050 дюйма] не следует подвергать формовке либо изгибу для целей монтажа. Закаленные выводы **не должны** подгибаться полностью.

Вывод должен соответствовать требованиям таблицы 7-3 по выступанию вывода при измерении вертикально от поверхности контактной площадки и не должен нарушать требований по минимальному электрическому зазору.

Данный раздел описывает требования к соединениям с использованием подгибки выводов. Остальные требования могут быть указаны в соответствующей документации или чертежах. Частично подогнутые выводы считаются не подогнутыми и **должны** отвечать требованиям к выступающим концам выводов.

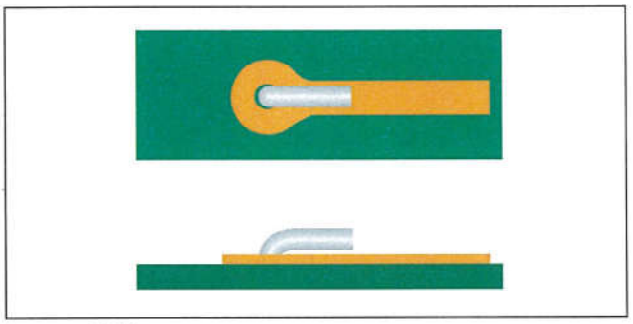


Рисунок 7-74

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Конец вывода параллелен плате, подгибка направлена вдоль соединительного проводника.

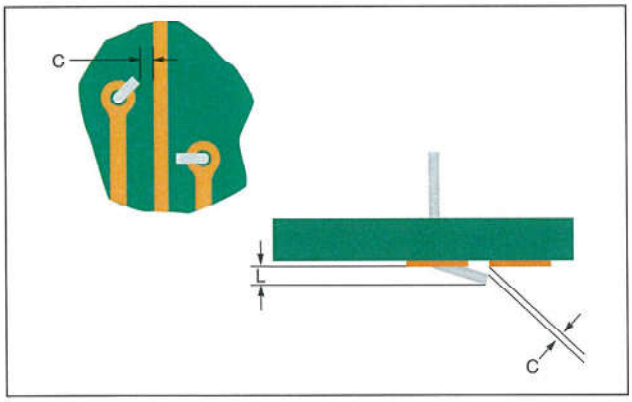


Рисунок 7-75

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Подогнутый вывод не нарушает величины минимального электрического зазора (C) между электрически не связанными проводниками.
- Выступание (L) над поверхностью контактной площадки не превышает аналогичных требований для неподогнутых выводов. См. рисунок 7-75 и таблицу 7-3.

7.3.4 Металлизированные отверстия – Подгибка провода/вывода (продолжение)

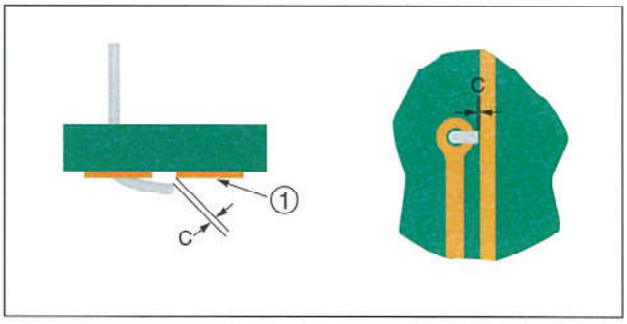


Рисунок 7-76

1. Не связанный электрически проводник

Дефект – Класс 1,2,3

- Вывод подогнут по направлению к электрически не связанному с ним проводнику и нарушает минимальный электрический зазор (C).

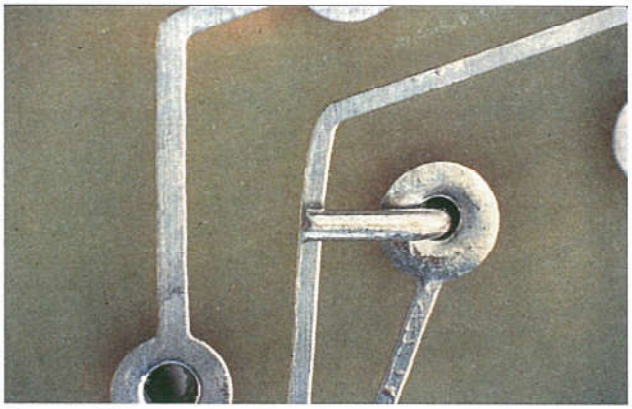


Рисунок 7-77

7.3.5 Металлизированные отверстия – Пайка

Критерии для паяных металлизированных отверстий приведены в пунктах с 7.3.5.1 по 7.3.5.12. Данные критерии применяются независимо от технологии пайки: пайки волной, ручной, интрузивной и пр.

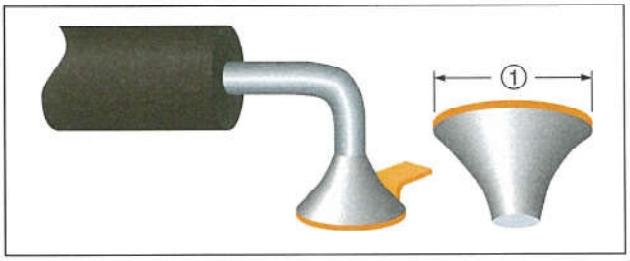


Рисунок 7-78
1. Участок контактной площадки

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие участков с пустотами либо неоднородностями.
- Хорошее смачивание вывода и контактной площадки.
- Вывод просматривается.
- 100% галтель припоя вокруг вывода.
- Припой покрывает вывод и растекается с образованием тонкой кромки на выводе/проводнике.

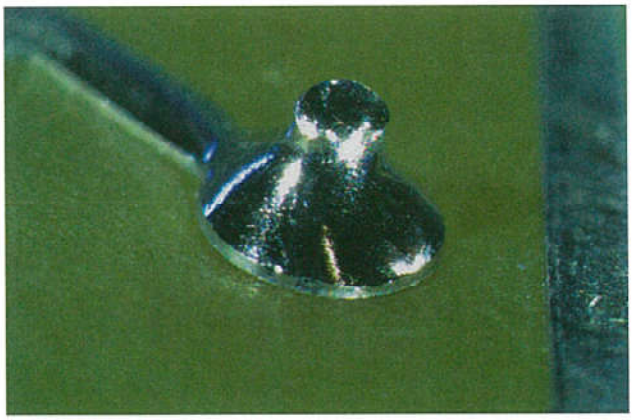


Рисунок 7-79

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Вывод различим в припое.

Рисунок 7-80

7.3.5 Металлизированные отверстия – Пайка (продолжение)

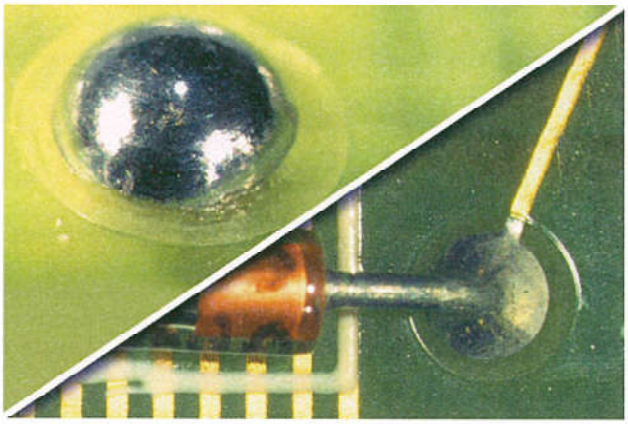


Рисунок 7-81

Приемлемо – Класс 1

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Галтель выпукла, и как исключение из требований таблиц 7-3 и 7-4, вывод не просматривается по причине избыточности припоя, при условии очевидности наличия вывода в отверстии, определяемого с первичной стороны.

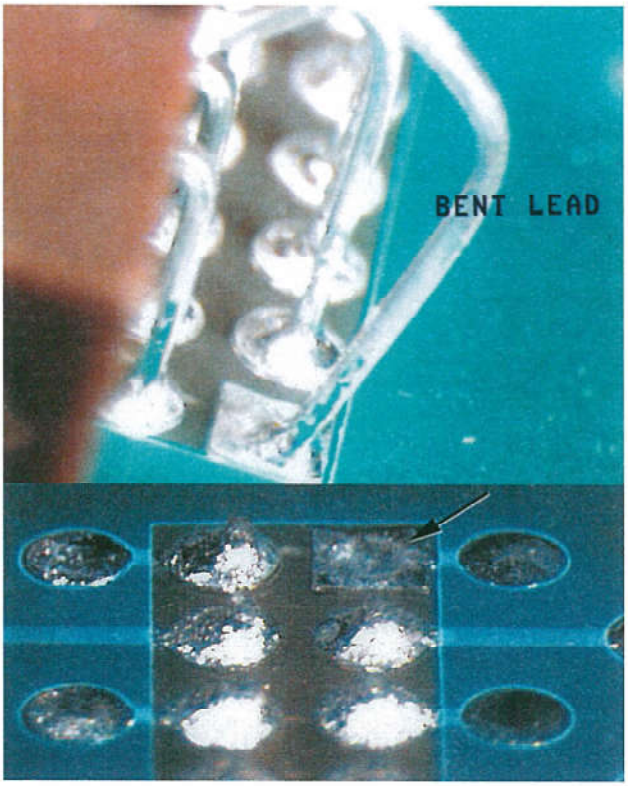


Рисунок 7-82

Дефект – Класс 1,2,3

- Вывод не различим по причине изгиба.
- Припой не смачивает вывод или площадку.
- Покрытие припоем не отвечает требованиям таблицы 7-4.

7.3.5 Металлизированные отверстия – Пайка (продолжение)

Таблица 7-4 Сквозные металлизированные отверстия с выводами компонентов – Минимально допустимые условия приемки [1]

Критерий		Класс 1	Класс 2	Класс 3
A.	Заполнение припоем по вертикали для компонентов с менее чем 14 выводами, Примечания 2, 3 (см. п. 7.3.5.1)	Не указано	75%	75%
	Заполнение припоем по вертикали для компонентов с 14 выводами или более, Примечания 2, 3 (см. п. 7.3.5.1)		50% или 1,2 мм [0,05 дюйма], выбирается меньшее значение	
B.	Смачивание вывода и стенок отверстия по окружности на стороне установки компонентов (см. п. 7.3.5.2).	Не указано	180°	270°
C.	Доля площади контактной площадки, смоченная припоем на стороне установки компонентов (см. п. 7.3.5.3).	0		
D.	Смачивание вывода и стенок отверстия по окружности на стороне пайки (см. п. 7.3.5.4).	270°		330°
E.	Доля площади контактной площадки, смоченная припоем на стороне пайки (см. п. 7.3.5.5).	75%		

Примечание 1. Смачивание припоем относится к припою, нанесенному в процессе пайки. Для интрузивной пайки внешняя галтель между выводом и контактной площадкой может отсутствовать.

Примечание 2. Незаполненные припоем 25% высоты отверстия включают углубления и на стороне пайки, и на стороне установки компонентов.

Примечание 3. При некоторых условиях, например, при термоударе, требованиях к электрическим характеристикам, заполнение менее 100% может быть неприемлемым. Заказчик должен сообщать производителю о таких случаях.

Дефект – Класс 1,2,3

• Паяные соединения не отвечают требованиям таблицы 7-4.

7.3.5.1 Металлизированные отверстия – Пайка – Вертикальное заполнение (A)

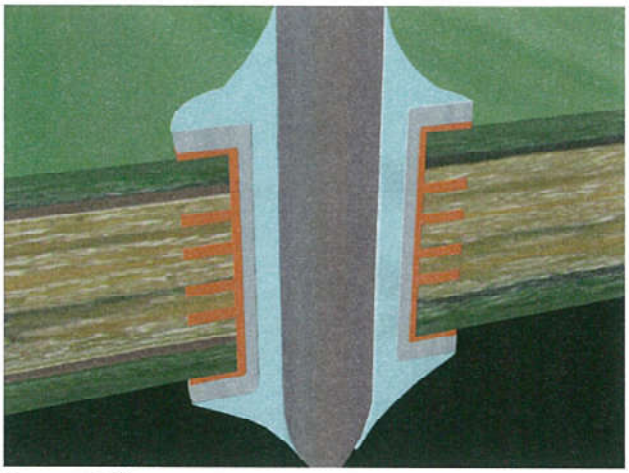


Рисунок 7-83

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Заполнение на 100%.

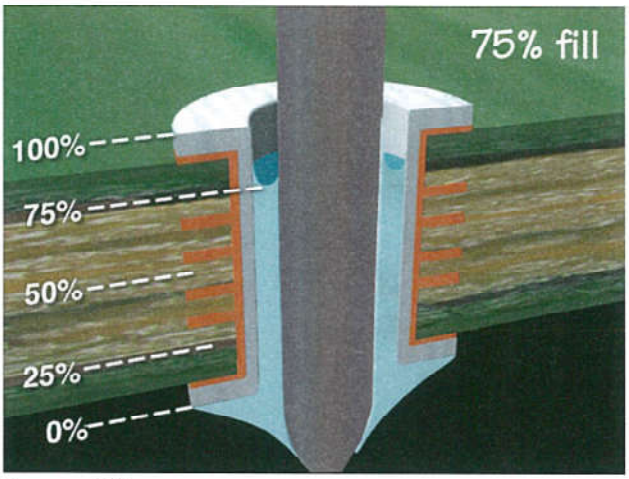


Рисунок 7-84

Приемлемо – Класс 2

- Вертикальное заполнение отверстия составляет не менее 50% или 1,2 мм [0,05 дюйма] для компонентов с 14 выводами или более.
- Выводы компонента различимы в припое на стороне пайки.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Вертикальное заполнение отверстия составляет не менее 75%. Допускается снижение уровня на 25%, включая углубления на стороне пайки и стороне установки компонентов.

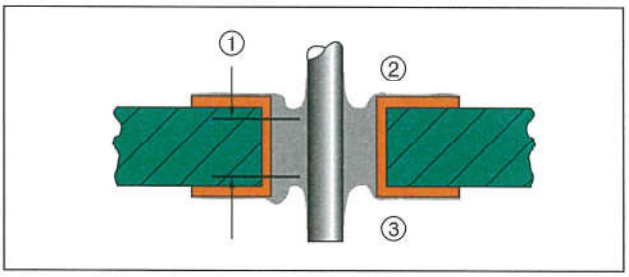


Рисунок 7-85

1. Вертикальное заполнение отвечает требованиям таблицы 7-4
2. Сторона установки компонентов
3. Сторона пайки

7.3.5.1 Металлизированные отверстия – Пайка – Вертикальное заполнение (A)

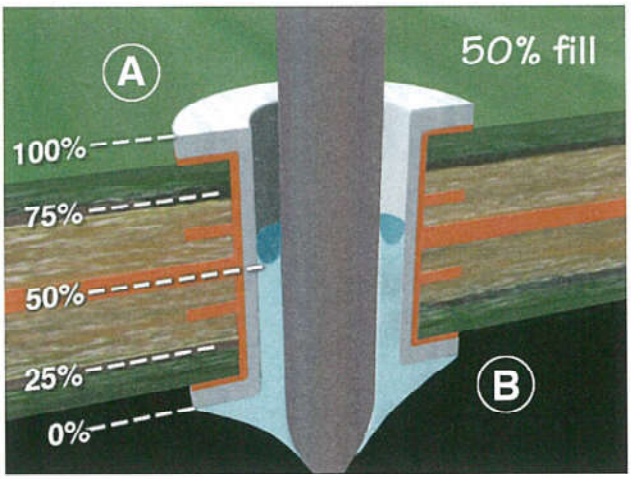


Рисунок 7-86

Дефект – Класс 2

- Вертикальное заполнение отверстия составляет менее 75% для компонентов с менее чем 14 выводами.
- Вертикальное заполнение отверстия составляет менее 50% или 1.2 мм [0.05 дюйма], выбирается меньшее значение, для компонентов с 14 выводами или более.

Дефект – Класс 3

- Вертикальное заполнение отверстия составляет менее 75%.

Примечание: При некоторых условиях, например, при термоударе, требованиях к электрическим характеристикам, заполнение менее 100% может быть неприемлемым. Заказчик должен сообщать производителю о таких случаях.

7.3.5.2 Металлизированные отверстия – Пайка – Сторона установки компонентов – Пайка вывода в отверстие (B)

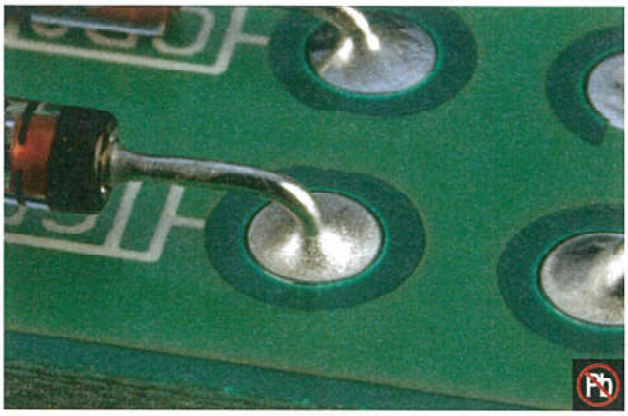


Рисунок 7-87

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Смачивание вывода и стенок отверстия на 360° окружности.

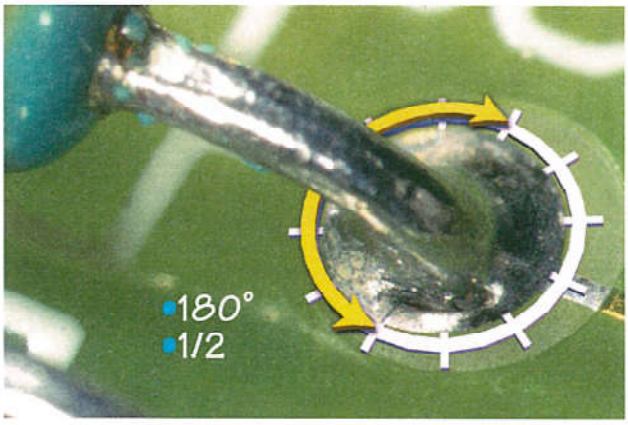


Рисунок 7-88

Не определено – Класс 1

Приемлемо – Класс 2

- Смачивание вывода и стенок отверстия не менее чем на 180° окружности, см. Рисунок 7-88.

Приемлемо – Класс 3

- Смачивание вывода и стенок отверстия не менее чем на 270° окружности, см Рисунок 7-89.

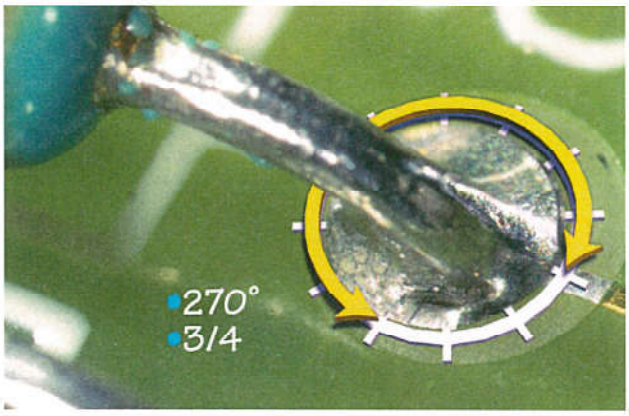


Рисунок 7-89

7.3.5.2 Металлизированные отверстия – Пайка – Сторона установки компонентов – Пайка вывода в отверстие (B) (продолжение)

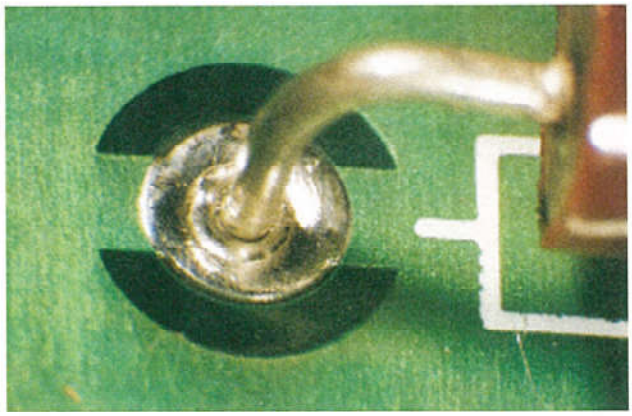


Рисунок 7-90

Дефект – Класс 2

• Смочено менее 180° окружности вывода и стенок отверстия.

Дефект – Класс 3

• Смочено менее 270° окружности вывода и стенок отверстия.

Рисунок 7-91

7.3.5.3 Металлизированные отверстия – Пайка – Сторона установки компонентов – Покрытые припоем контактной площадки (C)

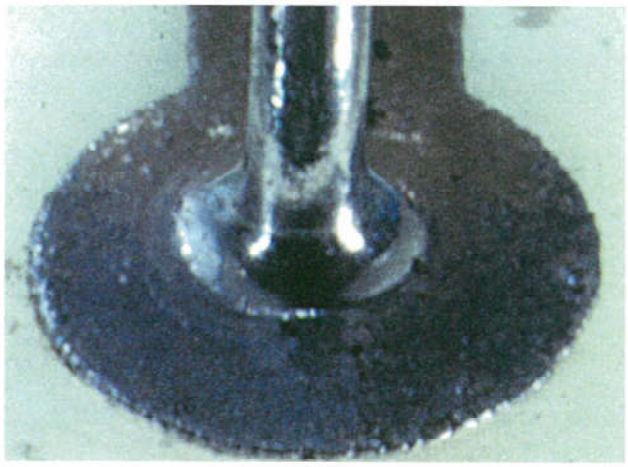


Рисунок 7-92

Приемлемо – Класс 1,2,3

- На стороне установки компонентов не требуется смачивание контактной площадки.

7.3.5.4 Металлизированные отверстия – Пайка – Сторона пайки – Пайка вывода в отверстие (D)

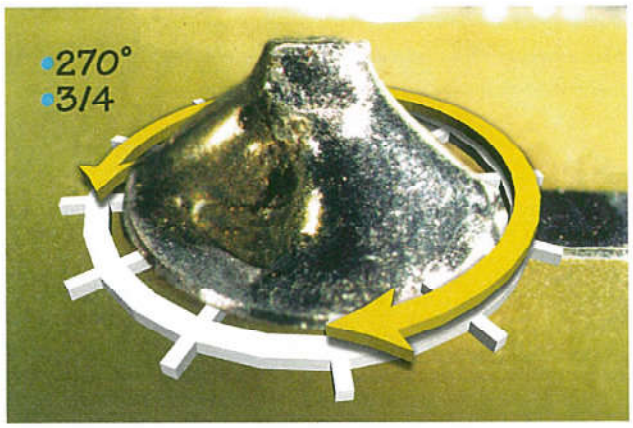


Рисунок 7-93

Приемлемо – Класс 1,2

- Смачивание и галтель не менее чем на 270° окружности (вывода, стенок отверстия и контактной площадки).

Приемлемо – Класс 3

- Смачивание и галтель не менее чем на 330° окружности (вывода, стенок отверстия и контактной площадки) (не показано).

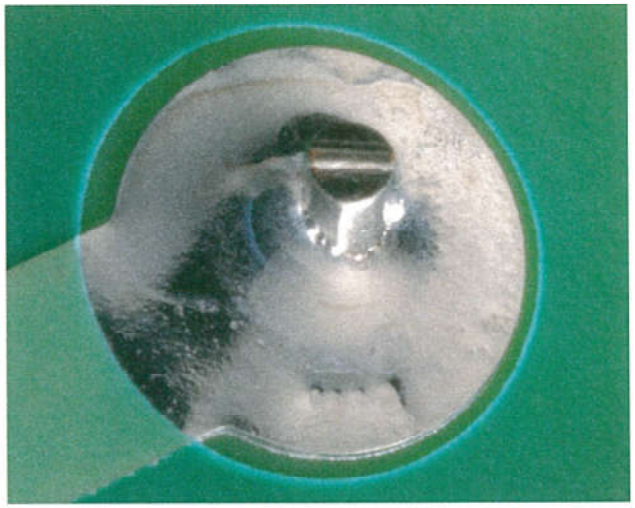


Рисунок 7-94

Дефект – Класс 1,2,3

- Не соблюдаются требования таблицы 7-4.

7.3.5.5 Металлизированные отверстия – Пайка – Сторона пайки – Покрытые припоем контактной площадки (E)

Рисунок 7-95

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Контактная площадка на стороне пайки полностью покрыта припоем.

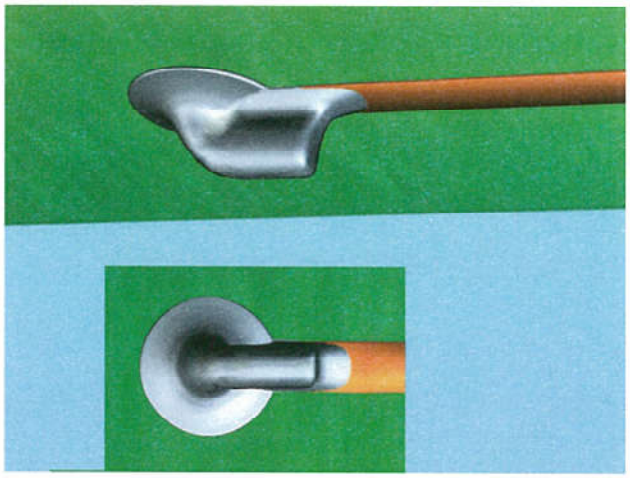


Рисунок 7-96

Рисунок 7-97

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Припоем покрыто не менее 75% контактной площадки на стороне пайки, см. Рисунок 7-97.

Дефект – Класс 1,2,3

- Нет соответствия требованиям таблицы 7-4.

7.3.5.6 Металлизированные отверстия – Состояние пайки – Припой на изгибе вывода

Припой на изгибе не является причиной для отбраковки при условии, что вывод правильно отформован и верхняя сторона вывода в области изгиба различима в припое.

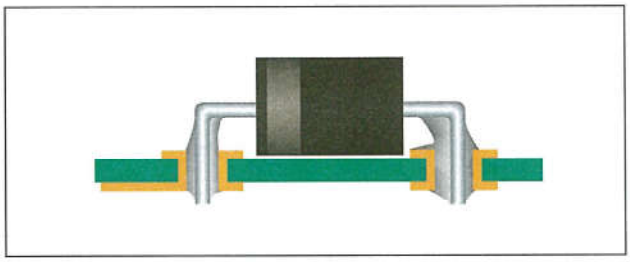


Рисунок 7-98

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Припой на изгибе вывода не соприкасается с корпусом компонента.
- Припой не закрывает загиб для снятия избыточного механического напряжения компонента, монтируемого в отверстия.

Рисунок 7-99

Дефект – Класс 1,2,3

- Припой на изгибе вывода соприкасается с корпусом компонента.
- Припой закрывает загиб для снятия избыточного механического напряжения компонента, монтируемого в отверстия.

7.3.5.7 Металлизированные отверстия – Состояние пайки – Контакт с корпусом компонента, монтируемого в отверстие

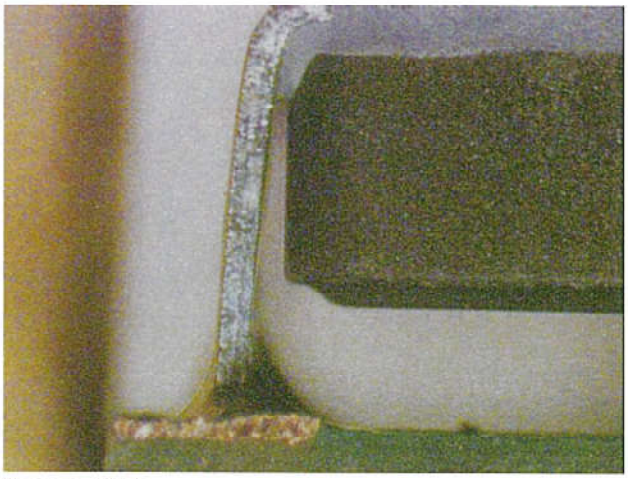


Рисунок 7-100

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Припой не соприкасается с корпусом компонента либо герметизацией вывода.

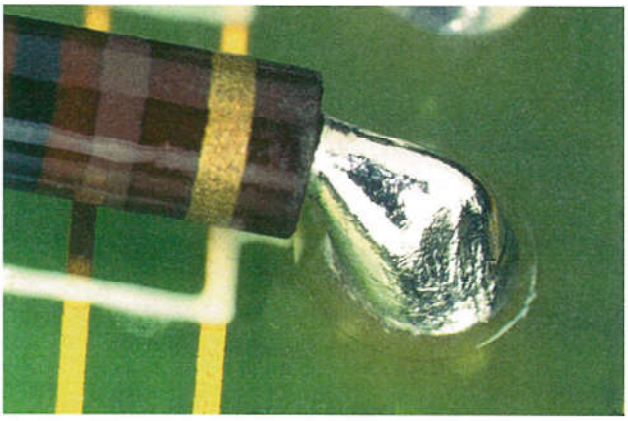


Рисунок 7-101

Дефект – Класс 1,2,3

- Припой соприкасается с корпусом компонента либо герметизацией вывода. Исключения указаны в пункте 7.3.5.8.
- Припой закрывает загиб для снятия избыточного механического напряжения.

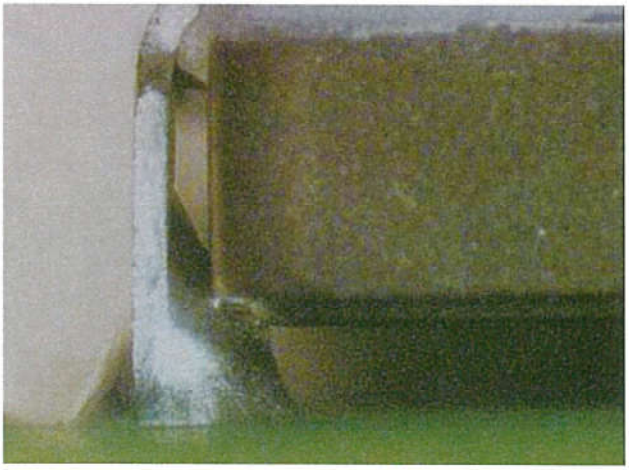


Рисунок 7-102

7.3.5.8 Металлизированные отверстия – Состояние пайки – Пайка компонентов с наплывом обволакивания

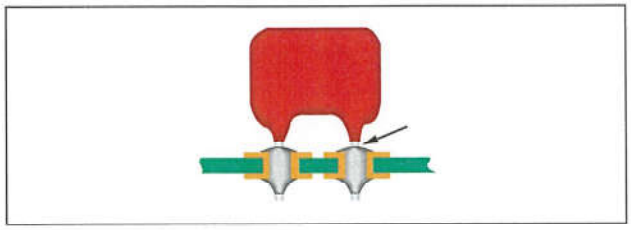


Рисунок 7-103

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Расстояние между наплывом обволакивания и галтелью припоя составляет 1,2 мм [0,05 дюйма].

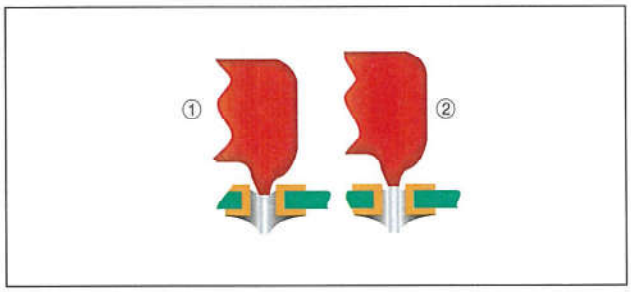


Рисунок 7-104
1. Класс 1
2. Класс 2,3

Приемлемо – Класс 1

- Компонент с наплывом обволакивания может устанавливаться с проникновением наплыва в припой при условии, что:
  - Окружность смачивания на стороне пайки составляет 360°.
  - Наплыв обволакивания не виден в паяном соединении на вторичной стороне.

Приемлемо – Класс 2,3

- Наплыв обволакивания не проникает в металлизированное переходное отверстие, и явно виден зазор между наплывом и галтелью припоя.

Индикатор отклонения процесса – Класс 2

- Наплыв обволакивания находится в металлизированном отверстии, но паяное соединение соответствует требованиям таблицы 7-4.

Дефект – Класс 3

- Наплыв обволакивания находится в металлизированном отверстии.
- Наплыв обволакивания проникает в паяное соединение.

7.3.5.8 Металлизированные отверстия – Состояние пайки – Пайка компонентов с наплывом обволакивания (продолжение)

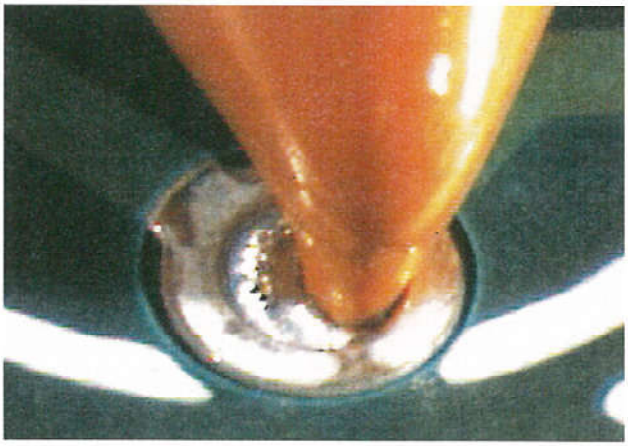


Рисунок 7-105

Дефект – Класс 1,2

- Наплыв обволакивания виден в паяном соединении на стороне пайки.

Дефект – Класс 1,2,3

- Окружность смачивания на стороне пайки не составляет 360°.
- Не соответствует требованиям таблицы 7-4.

Примечание: При необходимости за наплывом обволакивания компонентов следует следить для гарантии того, что после установки компонента наплыв не проникает в сквозные металлизированные отверстия (например, для высокочастотных схем и очень тонких печатных плат).

7.3.5.9 Обрезка выводов после пайки

Нижеуказанные критерии относятся к печатным узлам, на которых соединения были обрезаны после пайки. Допускается обрезка выводов после пайки при условии отсутствия повреждения компонента или паяного соединения. Для Классов 2 и 3 после обрезки соединение **должно** быть проверено визуально при кратности увеличения 10X, чтобы удостовериться в отсутствии повреждений паяного соединения, к примеру, трещин или деформаций. В качестве альтернативы визуальной инспекции может применяться оплавление. В случае оплавления паяного соединения, данная операция считается частью технологического процесса, а не ремонтом. Данное требование не относится к компонентам, часть вывода которых необходимо удалить после пайки, к примеру отрывные соединительные планки.

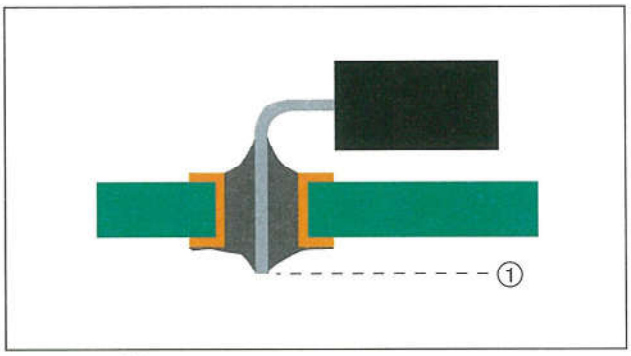


Рисунок 7-106
1. Выступание вывода

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Отсутствие изломов между выводом и припоем.
- Выступание вывода в пределах указанных требований, см. 7.3.3.

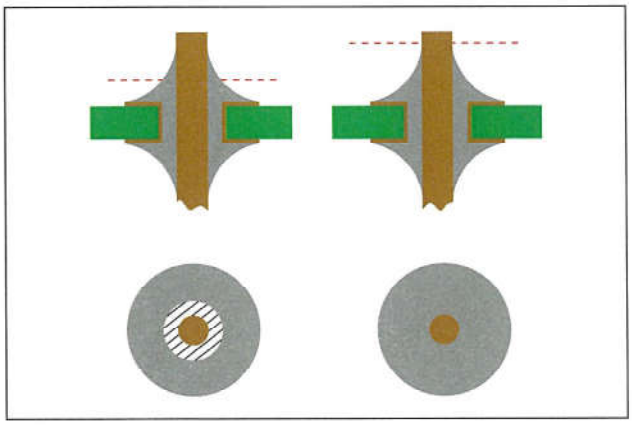


Рисунок 7-107

Дефект – Класс 1,2,3

- Наличие изломов между выводом и галтелью припоя.

Дефект – Класс 3

- Повреждение галтели припоя, возникшее при обрезке, не оплавлено впоследствии.

7.3.5.10 Металлизированные отверстия – Изоляция покрытого провода в паяном соединении

Данные требования применяются, когда паяное соединение соответствует минимальным требованиям таблицы 7-4. Требования к зазору изоляции, полученной экструзией, указаны в разделе 6.2.2.

Данный раздел применим к изоляционным покрытиям, которые могут проникать в паяное соединение во время операций пайки, при условии, что материал не агрессивный.

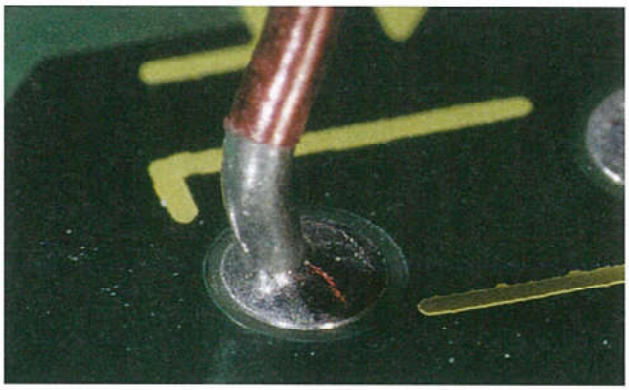


Рисунок 7-108

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Зазор между галтелью припоя и изоляцией равен одному диаметру провода.

Рисунок 7-109

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Покрытие проникает в паяное соединение на первичной стороне и отвечает требованиям таблицы 7-4.

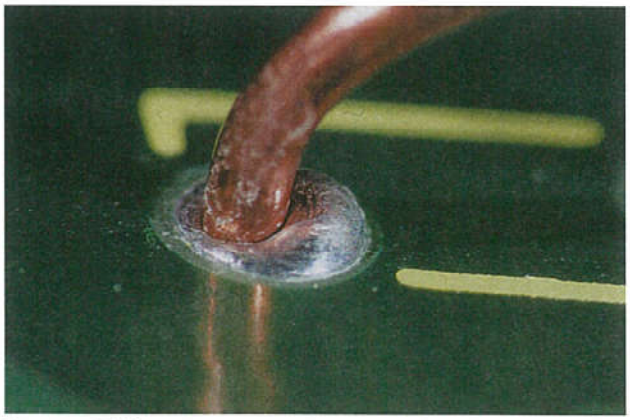


Рисунок 7-110

Дефект – Класс 1,2,3

- Паяное соединение проявляет недостаточную смачиваемость и не соответствует требованиям таблицы 7-4.
- Покрытие просматривается на нижней стороне.

7.3.5.11 Металлизированные отверстия – Соединения без выводов – Переходные отверстия

Металлизированные отверстия, закрытые постоянной или временной паяльной маской, могут не заполняться припоем во время пайки. Металлизированные отверстия без выводов после пайки волной, погружением или протягиванием должны соответствовать нижеуказанным критериям приемки.

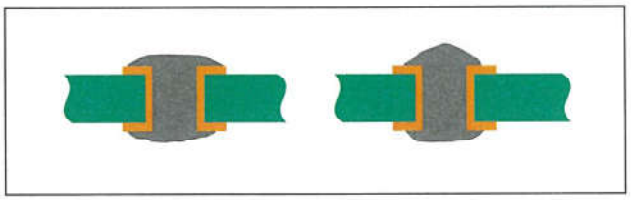


Рисунок 7-111

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отверстия полностью заполнены припоем.
- Хорошее смачивание поверхности контактных площадок.

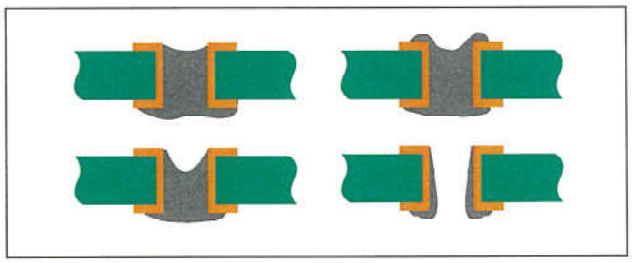


Рисунок 7-112

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Стенки отверстий смочены припоем.

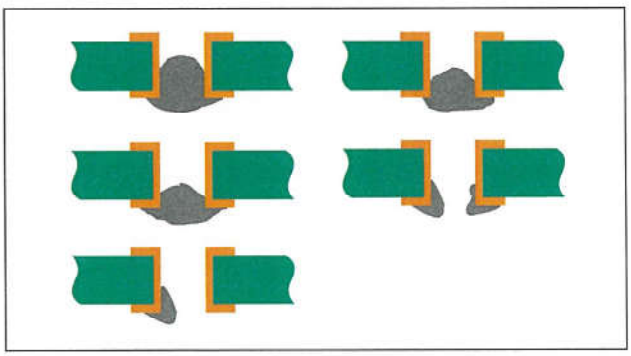


Рисунок 7-113

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Стенки отверстий не смочены припоем.

Примечание: Для данного случая отсутствует условие дефекта.

Примечание: Переходные отверстия, частично заполненные припоем, могут удерживать загрязнения, которые тяжело удаляются во время отмывки.

7.3.5.12 Металлизированные отверстия – Монтаж одной печатной платы на другую (Board in Board)

Для Класса 3 критерии монтажа одной печатной платы на другую не установлены.

Стандарт IPC-T-50 определяет дочернюю плату как «печатную плату, закрепленную и электрически соединенную с материнской печатной платой».

При необходимости для присоединения могут использоваться вспомогательные средства, например, клеи либо крепеж, обеспечивающие целостность соединения в условиях эксплуатации.

Таблица 7-5 Монтаж одной печатной платы на другую – Минимальные требования приемки при пайке[1]

Критерий	Класс 1	Класс 2
Вертикальное заполнение припоем, Примечание 2	75%	
Смачивание контактной площадки дочерней платы на первичной стороне (стороне установки компонентов) и ширина паяного соединения	50%	75%
Участок контактной площадки материнской печатной платы, покрытый припоем на первичной стороне (стороне установки компонентов)	0%	
Ширина галтели и смачивания паяного соединения на вторичной стороне (стороне пайки) материнской платы относительно контактных площадок на обеих сторонах дочерней печатной платы	50%	75%
Участок контактной площадки материнской печатной платы, покрытый припоем на вторичной стороне (стороне пайки)	75%	

Примечание 1. Смачивание припоем относится к припою, нанесенному в процессе пайки.
Примечание 2. Незаполненные припоем 25% высоты отверстия включают углубления и на стороне пайки, и на стороне установки компонентов.

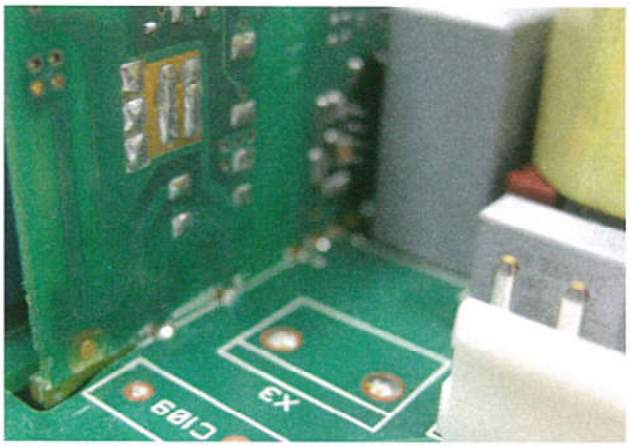


Рисунок 7-114

Приемлемо – Класс 1,2

- Дочерняя печатная плата установлена под прямым углом к материнской плате.
- Дочерняя плата установлена вплотную к материнской печатной плате.
- При необходимости использования механического крепления оно правильно установлено.
- Вертикальное заполнение припоем составляет 75%.

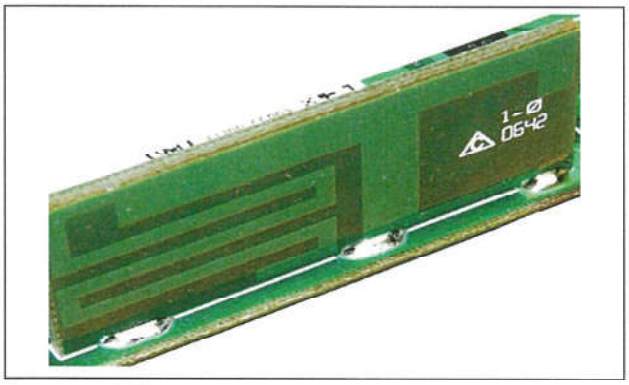


Рисунок 7-115

7.3.5.12 Металлизированные отверстия – Монтаж одной печатной платы на другую (Board in Board) (продолжение)

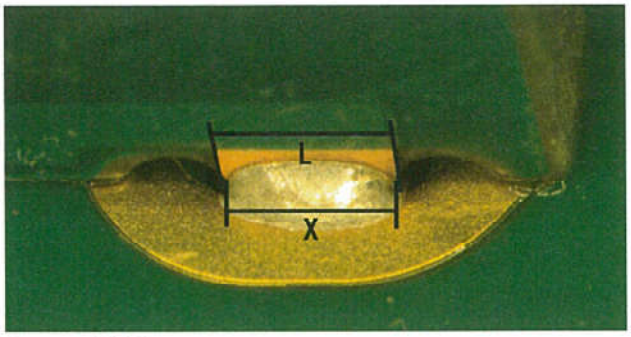


Рисунок 7-116

Приемлемо – Класс 1

- Смачивание припоем (X) составляет не менее 50% ширины контактных площадок (L) на каждой из сторон дочерней печатной платы на вторичной стороне (стороне пайки) материнской печатной платы.
- Смачивание припоем (X) составляет не менее 50% ширины контактных площадок (L) на каждой из сторон дочерней печатной платы на первичной стороне (стороне установки компонентов) материнской печатной платы.

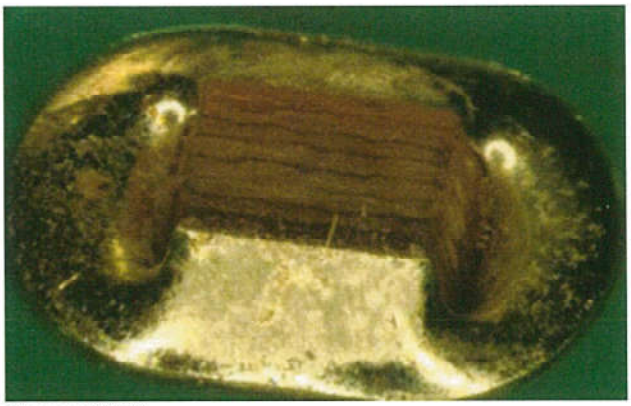


Рисунок 7-117

Приемлемо – Класс 2

- Смачивание припоем (X) составляет не менее 75% ширины контактных площадок (L) на каждой из сторон дочерней печатной платы на вторичной стороне (стороне пайки) материнской печатной платы.
- Смачивание припоем (X) составляет не менее 75% ширины контактных площадок (L) на каждой из сторон дочерней печатной платы на первичной стороне (стороне установки компонентов) материнской печатной платы.

Рисунок 7-118

7.3.5.12 Металлизированные отверстия – Монтаж одной печатной платы на другую (Board in Board) (продолжение)

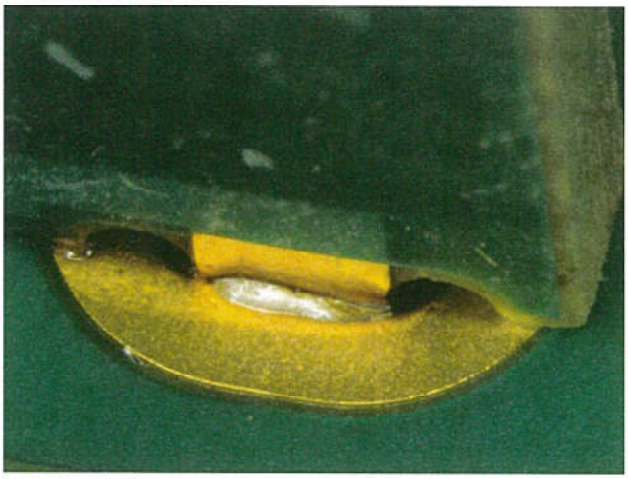


Рисунок 7-119

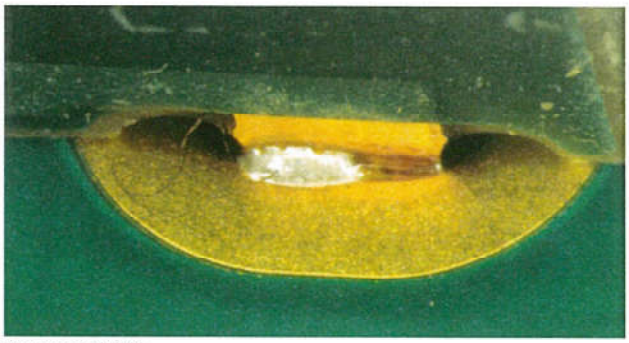


Рисунок 7-120

Дефект – Класс 1,2

- Угол установки дочерней печатной платы создает напряжение в монтажных лепестках.
- Отсутствует либо неправильно установлено необходимое механическое крепление.
- Вертикальное заполнение припоем составляет менее 75%.
- Отсутствует смачивание припоем контактных площадок обеих сторон дочерней печатной платы либо контактных площадок материнской печатной платы.

Дефект – Класс 1

- Смачивание припоем (X) составляет менее 50% ширины контактных площадок (L) на обеих сторонах дочерней печатной платы на вторичной стороне (стороне пайки) материнской печатной платы.
- Смачивание припоем (X) составляет менее 50% ширины контактных площадок (L) на обеих сторонах дочерней печатной платы на первичной стороне (стороне установки компонентов) материнской печатной платы.

Дефект – Класс 2

- Смачивание припоем (X) составляет менее 75% ширины контактных площадок (L) на обеих сторонах дочерней печатной платы на вторичной стороне (стороне пайки) материнской печатной платы.
- Смачивание припоем (X) составляет менее 75% ширины контактных площадок (L) на обеих сторонах дочерней печатной платы на первичной стороне (стороне установки компонентов) материнской печатной платы.

7.4 Неметаллизированные отверстия

7.4.1 Неметаллизированные отверстия – Аксиальные выводы – Горизонтальная установка

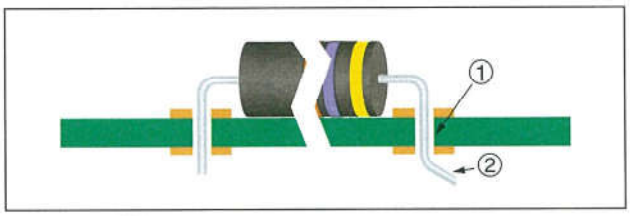


Рисунок 7-121

1. Отсутствие металлизации в отверстии
2. Для Класса 3 необходима подгибка вывода, см. 7.4.4

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Весь корпус компонента находится в контакте с поверхностью платы.
- Расстояние между платой и компонентами, которые должны быть приподняты над платой, к примеру, по причине повышенного тепловыделения, и поверхностью платы, составляет не менее 1,5 мм [0,06 дюйма].
- Наличие механической опоры компонентов, приподнятых над платой, либо формовки выводов, предотвращающей отслоение контактной площадки.

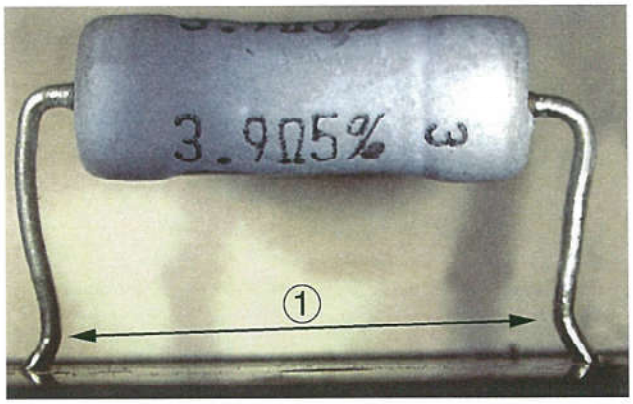


Рисунок 7-122

1. Формовка вывода

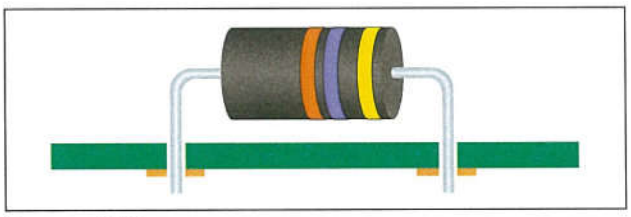


Рисунок 7-123

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствует механическая опора компонентов, приподнятых над платой, либо формовка выводов, предотвращающая отслоение контактной площадки.
- Компоненты, которые должны быть приподняты над платой, установлены на расстоянии менее 1,5 мм [0,06 дюйма].
- Высота компонента выходит за пределы, установленные заказчиком.

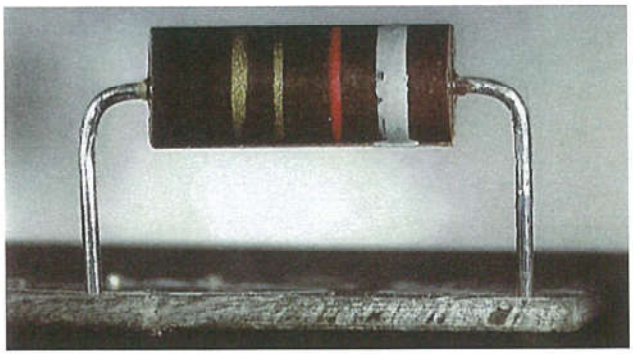


Рисунок 7-124

7.4.2 Неметаллизированные отверстия – Аксиальные выводы – Вертикальная установка

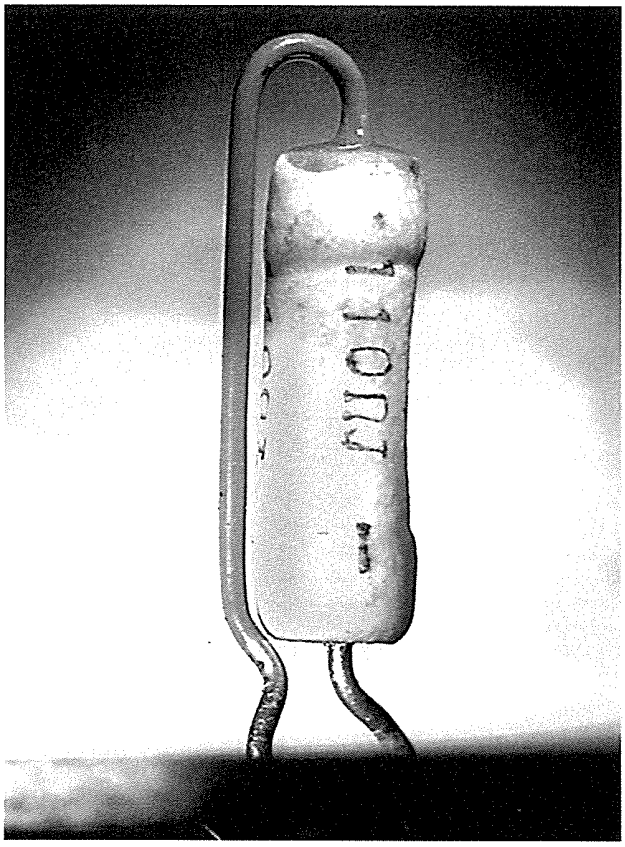


Рисунок 7-125

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Наличие механической опоры компонентов, устанавливаемых в неметаллизированные отверстия и приподнятых над платой, либо формовки выводов, предотвращающей отслоение контактной площадки.

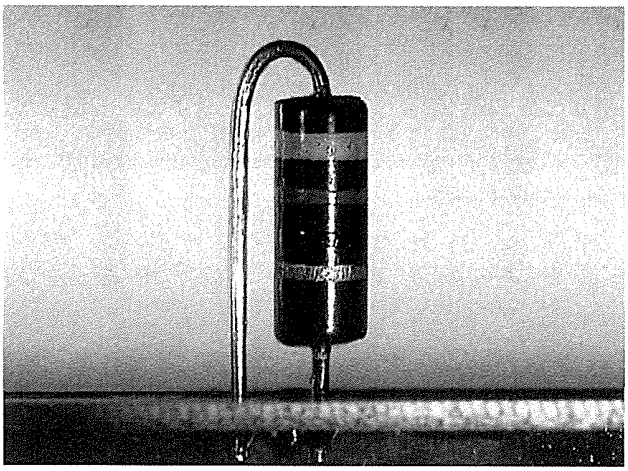


Рисунок 7-126

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствует механическая опора компонентов, монтируемых в неметаллизированные отверстия и приподнятых над платой, либо формовка выводов, предотвращающая отслоение контактной площадки.

7.4.3 Неметаллизированные отверстия – Выступание провода/вывода

Примечание: Высокочастотные изделия требуют более пристального внимания к длине выступающих выводов во избежание нарушения функционирования изделия.

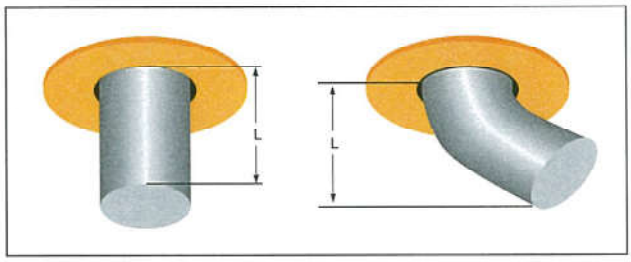


Рисунок 7-127

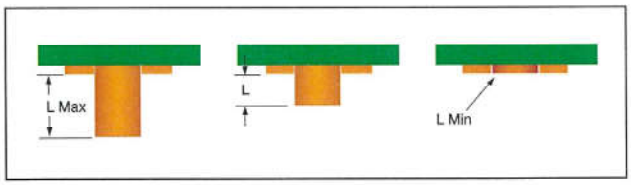


Рисунок 7-128

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Выступание вывода находится в указанных минимальных и максимальных пределах (L) таблицы 7-6, не нарушая минимальный электрический зазор.

Таблица 7-6 Выступание выводов из неметаллизированных отверстий

	Класс 1	Класс 2	Класс 3
(L) мин	Конец различим в припое		Длина достаточна для подгибки
(L) макс	Не нарушен минимальный электрический зазор		

Примечание 1. Следует, чтобы выступание выводов не превышало 2,5 мм [0,1 дюйма], если существует возможность нарушения минимального электрического зазора, повреждения паяного соединения при смещении выводов или нарушения защитной антистатической упаковки во время последующих манипуляций либо в условиях эксплуатации.

Дефект – Класс 1,2,3

- Выступание вывода не отвечает требованиям таблицы 7-6.
- Выступание вывода нарушает минимальный электрический зазор.
- Выступание вывода превышает конструктивные требования по высоте изделия.

7.4.4 Неметаллизированные отверстия – Подгибка провода/вывода

Данный раздел описывает требования к подогнутым концам выводов. Другие требования могут быть описаны в соответствующих технических условиях либо на чертежах. Выводы, частично подогнутые для фиксации компонента, считаются неподогнутыми, и к ним применяются требования по выступанию выводов.

Подгибку следует производить таким образом, чтобы обеспечивалась неподвижность компонента во время пайки. Ориентировать подгибку по отношению к каким-либо проводникам необязательно. Не менее двух диагонально противоположных выводов DIP-компонентов следует частично подгибать наружу. Закаленные выводы и выводы толщиной более 1,3 мм [0,050 дюйма] не следует подвергать формовке либо изгибу для целей монтажа. Закаленные выводы не должны подгибаться полностью.

Вывод должен отвечать требованиям таблицы 7-6 при измерении вертикально от поверхности площадки и не должен нарушать величину минимального электрического зазора.

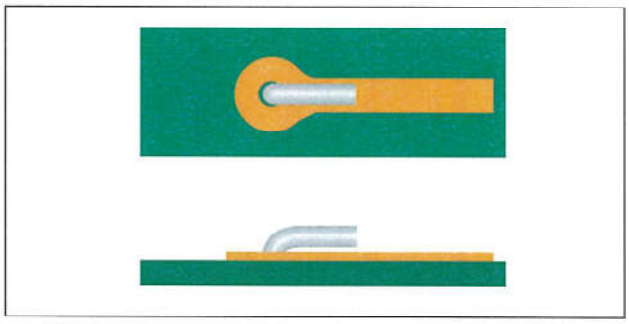


Рисунок 7-129

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Конец вывода параллелен плате и подогнут вдоль соединительного проводника.

7.4.4 Неметаллизированные отверстия – Подгибка провода/вывода (продолжение)

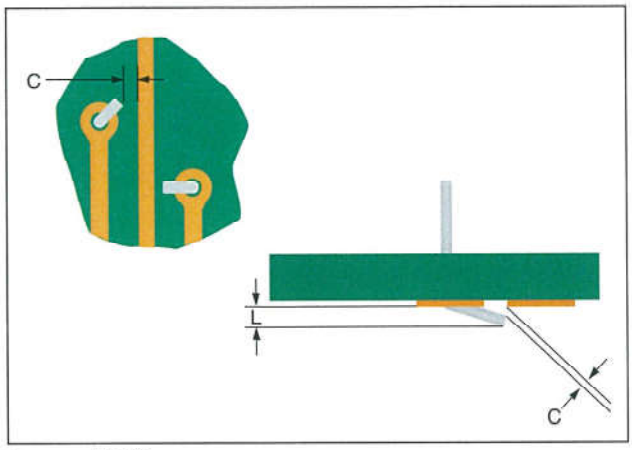


Рисунок 7-130

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Подогнутый вывод не нарушает величины минимального электрического зазора (C) между электрически несвязанными проводниками.
- Выступание (L) над поверхностью площадки не превышает аналогичных требований по высоте к неподогнутым выводам.
- Вывод выступает за пределы площадки в указанных в таблице 7-6 минимальных и максимальных пределах (L), при условии, что он не нарушает величины минимального электрического зазора.

Приемлемо – Класс 3

- Вывод, установленный в неметаллизированное отверстие, подогнут не менее чем на 45°.

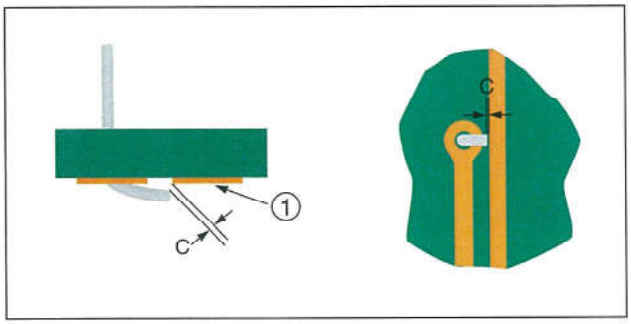


Рисунок 7-131

1. Электрически несвязанный проводник

Дефект – Класс 1,2,3

- Вывод подогнут в направлении проводника, несвязанного с ним электрически, и нарушает величину минимального электрического зазора (C).
- Выступание вывода недостаточно для выполнения необходимой подгибки.

Рисунок 7-132

Дефект – Класс 3

- Вывод, установленный в неметаллизированные отверстие, подогнут менее чем на 45° (не показано).

7.4.5 Неметаллизированные отверстия – Пайка

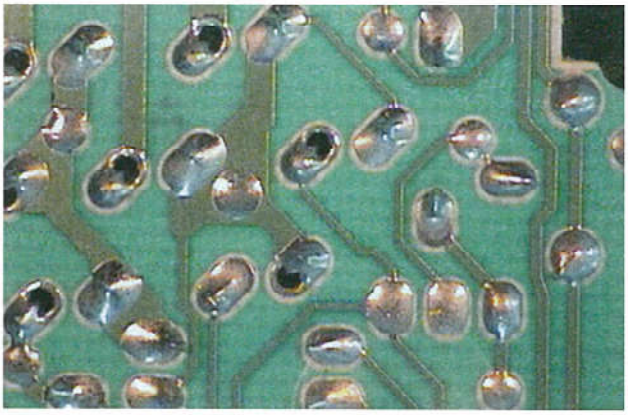


Рисунок 7-133

Таблица 7-7 Неметаллизированные отверстия с выводами компонентов, минимальные требования приемки. Примечания 1 и 4

Критерий	Класс 1	Класс 2	Класс 3
A. Смачивание галтели вывода и площадки	270°		330° Примечание 2
B. Процентное смачивание площадки припоем Примечание 3.	75%		

Примечание 1. A и B применяются к обеим сторонам двусторонней печатной платы при наличии функциональных контактных площадок на обеих сторонах.

Примечание 2. Для Класса 3, вывод должен смачиваться припоем в месте подгибки.

Примечание 3. Не требуется заполнение или покрытие припоем отверстия.

Примечание 4. Смачивание припоем относится к припою, нанесенному в процессе пайки.

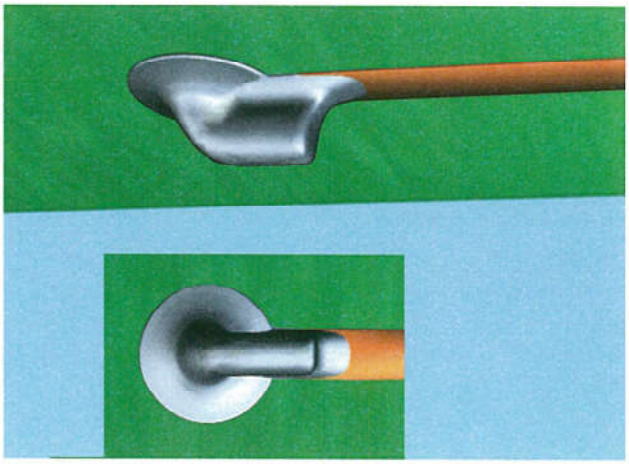


Рисунок 7-134

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Паяное соединение (площадка и провод), полностью смочено и покрыто припоем, и контур вывода виден в галтели.
- Отсутствие пустот и неоднородностей поверхности.
- Вывод и контактная площадка хорошо смочены.
- Вывод подогнут.
- 100% галтель припоя вокруг вывода.

7.4.5 Неметаллизированные отверстия – Пайка (продолжение)

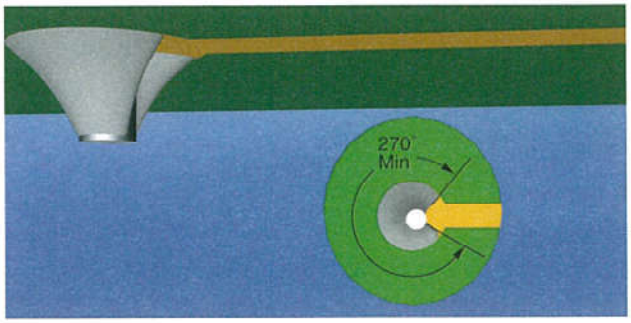


Рисунок 7-135

Приемлемо – Класс 1,2

- Покрытие припоем отвечает требованиям таблицы 7-7.

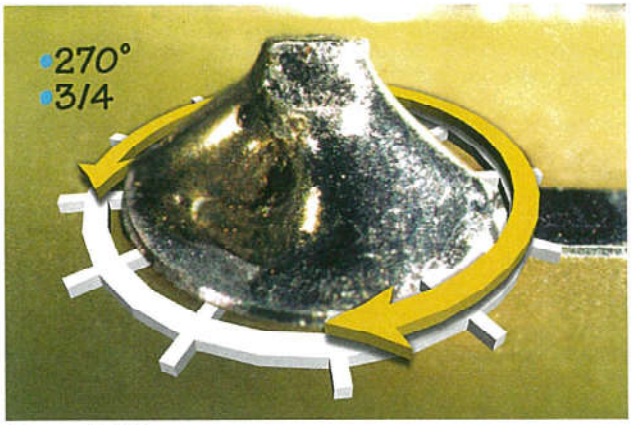


Рисунок 7-136

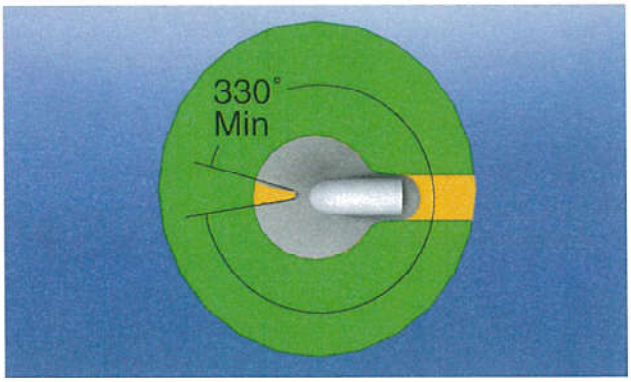


Рисунок 7-137

Приемлемо – Класс 3

- Вывод смачивается припоем в месте подгибки.
- Галтель припоя смачивает не менее 330° окружности вывода компонента.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Не менее 75% участка площадки на вторичной стороне покрыто припоем (не показано).

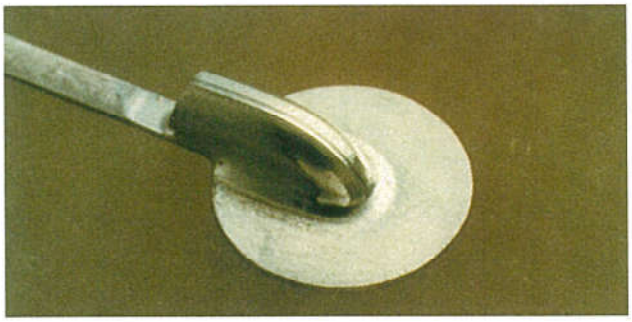


Рисунок 7-138

7.4.5 Неметаллизированные отверстия – Пайка (продолжение)

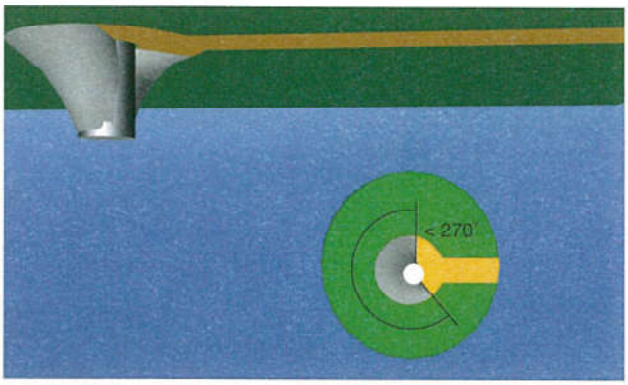


Рисунок 7-139

Дефект – Класс 1,2

- Паяное соединение прямого вывода составляет менее 270° окружности галтели припоя.
- Покрытие припоем контактной площадки составляет менее 75%.

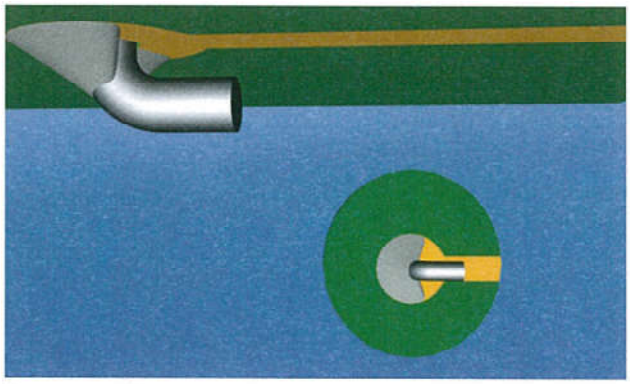


Рисунок 7-140

Дефект – Класс 3

- Паяное соединение составляет менее 330° окружности галтели припоя.
- Вывод не подогнут (не показано).
- Вывод не смочен на участке подгибки.
- Покрытие припоем контактной площадки составляет менее 75%.

Рисунок 7-141

Дефект – Класс 1,2,3

- Контур вывода не различим по причине избыточности припоя.

7.4.6 Неметаллизированные отверстия – Обрезка выводов после пайки

Критерии пункта 7.3.5.9 также применимы к паяным соединениям неметаллизированных отверстий.

7.5 Перемычки из провода

Данные критерии не дают права производить ремонт узлов без предварительного согласования с заказчиком; см. раздел 1.1. Данный раздел устанавливает критерии приемлемости при визуальном контроле отдельных проводов (перемычек, временных проводов, и т. п.), используемых для соединения компонентов при отсутствии непрерывного печатного проводника.

Требования относительно типа провода, прокладки, крепления и пайки одинаковы как для перемычек, так и для временных проводов. Исключительно с целью упрощения в данном разделе используется только термин «перемычки», хотя требования раздела применяются для обоих типов.

Информация относительно восстановления и ремонта находится в стандарте IPC-7711/7721.

Далее рассматриваются следующие пункты:

• Выбор провода

• Прокладка провода

• Приклейка провода

• Распайка провода

Провода могут распаиваться в переходные отверстия и/или на штыревые контакты, контактные площадки, выводы компонентов.

Перемычки считаются компонентами и подпадают под действие конструкторского документа по прокладке, соединению, креплению и выбору типа провода.

Используйте по возможности более короткие перемычки и не прокладывайте их поверх или под другими заменяемыми компонентами, если иное не указано в документации. При прокладке и фиксации проводов необходимо учитывать такие конструктивные ограничения, как наличие свободного пространства и минимальный электрический зазор. Соединительный провод длиной до 25 мм [1 дюйм], не расположенный поверх проводящих участков и отвечающий требованиям к минимальным электрическим зазорам, можно не изолировать. Изоляция, при необходимости ее наличия на перемычках, **должна** быть совместимой с конформным покрытием, если необходимо его наличие.

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Изоляция контактирует с припоем, но не влияет на формирование приемлемого соединения.

Дефект – Класс 1,2,3

• Изоляция препятствует формированию паяного соединения.

7.5.1 Перемычки из провода – Выбор провода

При выборе провода для перемычки необходимо руководствоваться нижеследующими соображениями:

1. Используйте изолированный провод, если его длина более 25 мм [1 дюйма], либо если он может вызвать замыкание с контактными площадками или выводами компонентов.
2. Не следует применять многожильный провод с серебряным покрытием. Может возникнуть коррозия при некоторых условиях эксплуатации.
3. Необходимо выбирать провод наименьшего диаметра, способный пропустить требуемый ток.
4. Изоляцию провода следует подбирать таким образом, чтобы она выдерживала температуру пайки, имела некоторую стойкость к истиранию, а также имела сопротивление диэлектрика равное или превышающее сопротивление диэлектрика материала печатной платы.
5. Рекомендуется использовать одножильный изолированный медный провод с металлическим покрытием.
6. Химические растворы, пасты и кремы, используемые для зачистки одножильных проводов, не должны приводить к разрушению провода.

7.5.2 Перемычки из провода – Прокладка провода

Если требованиями высокого быстродействия / высокой частоты не указывается иное, прокладывайте перемычки к точкам контакта по кратчайшему пути, по возможности прямо, обходя контрольные точки. Оставляйте запас достаточный для прокладки, зачистки и крепления.

Соединительные провода, проложенные по изделиям, имеющим одинаковый артикул, следует изготавливать по одному образцу.

Прокладка **должна** документироваться для каждого артикула изделия и соблюдаться без отклонения.

Не допускается прохождение соединительных проводов поверх и под компонентами, однако они могут прокладываться поверх термических монтажных пластин, кронштейнов и элементов, прикрепленных к печатной плате.

Соединительные провода могут прокладываться над контактными площадками, при условии обеспечения достаточного запаса провода для его перемещения при замене компонента.

Контакт с радиаторами сильно нагревающихся компонентов **должен** исключаться.

За исключением разъемов на торцах платы, не разрешается прокладывать провода через посадочные места компонентов кроме случаев, когда топология узла запрещает прокладку по другим участкам.

Не разрешается прокладывать соединительные провода через элементы топологии либо переходные отверстия, используемые в качестве контрольных точек.

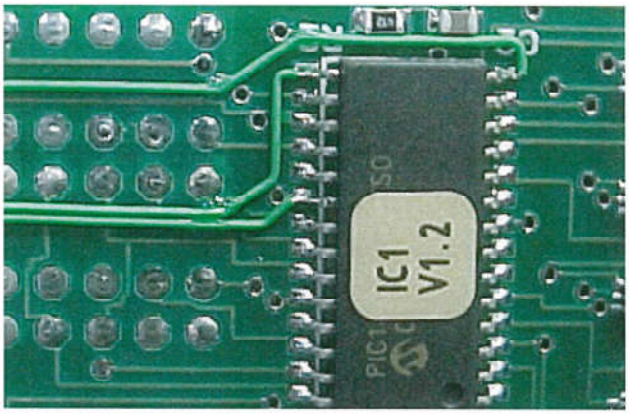


Рисунок 7-142

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Провод проложен по кратчайшему пути.
- Провод не проходит поверх или под компонентом.
- Провод не проходит поверх элементов топологии либо переходных отверстий, используемых в качестве контрольных точек.
- Провод не пересекает посадочные места и контактные площадки компонентов.

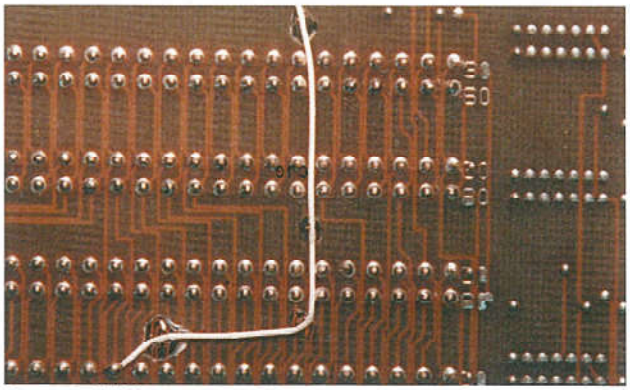


Рисунок 7-143

7.5.2 Перемычки из провода – Прокладка провода (продолжение)

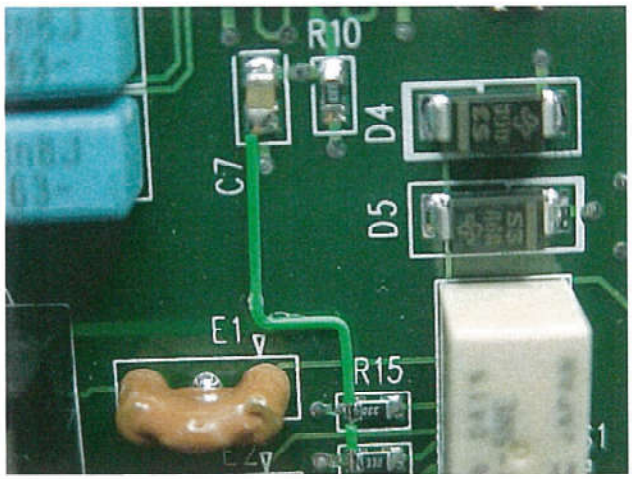


Рисунок 7-144

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Контактные площадки не перекрыты проводом.
- Достаточная слабина провода, позволяющая перемещать провод при замене или тестировании компонента.
- Провод не ослаблен до такой степени, что может оказаться выше соседних компонентов.

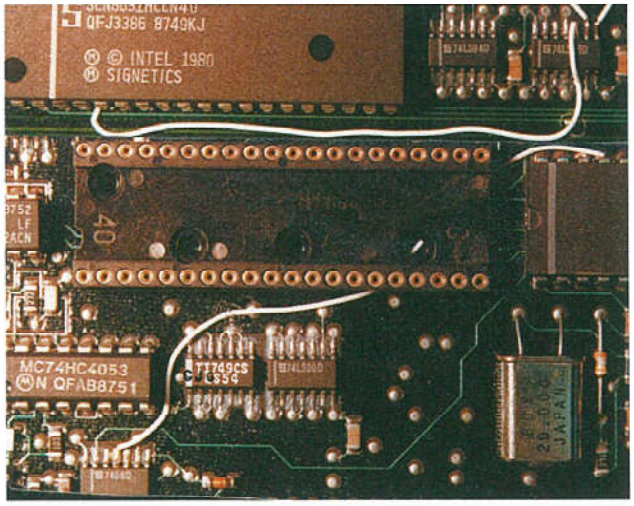


Рисунок 7-145

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Слабина провода недостаточна для перемещения провода при замене компонента.
- Неизбежное пересечение основания компонента или контактной площадки.

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Провод проложен поверх или под компонентом.
- Провод выступает за край печатной платы или охватывает его.
- Провод ослаблен до такой степени, что может оказаться выше соседних компонентов.

Примечание: Следует учитывать захват загрязнений при прокладке проводов под компонентами. При прокладке поверх компонентов следует учитывать контакт с теплоотводами значительно нагревающихся компонентов и влияние помех в высокочастотной аппаратуре.

7.5.3 Перемычки из провода – Фиксация провода

Соединительные провода могут крепиться к базовому материалу (либо к общей теплопроводной монтажной пластине или крепежным изделиям) с помощью клея или липкой ленты (точками или полосками).

Перед контролем весь клей должен полностью отвердеть. Для выбора способа фиксации необходимо учитывать условия эксплуатации узла и последующие этапы технологического процесса.

Приклейка в точке должна обеспечивать достаточное крепление провода при отсутствии затеканий на смежные контактные площадки или компоненты.

Крепление **не должно** располагаться на сменных или устанавливаемых на разъем компонентах. Там, где имеются конструктивные ограничения, крепление должно оговариваться с заказчиком.

Соединительные провода **не должны** крепиться либо касаться движущихся частей любого рода. При каждом изменении направления прокладки провода должны крепиться в области закругления.

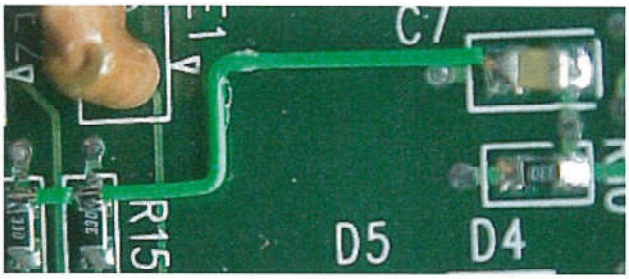


Рисунок 7-146

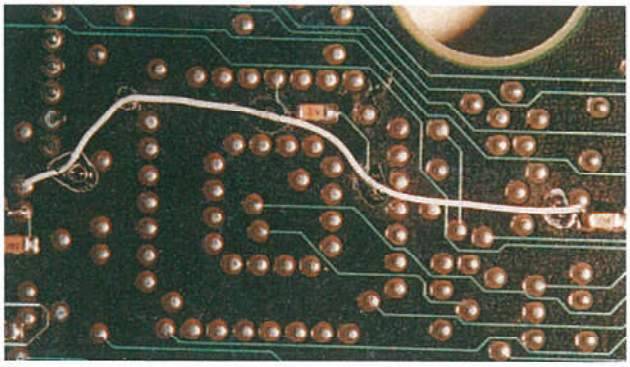


Рисунок 7-147

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Соединительные провода фиксируются через интервалы, указанные в конструкторской документации, либо:
  - При любых изменениях направления для ограничения перемещения провода.
  - Как можно ближе к паяному соединению.
- Клейкая лента/клей не выступают за край платы и не нарушают требований по расстоянию до края.

7.5.3 Перемычки из провода – Фиксация провода (продолжение)

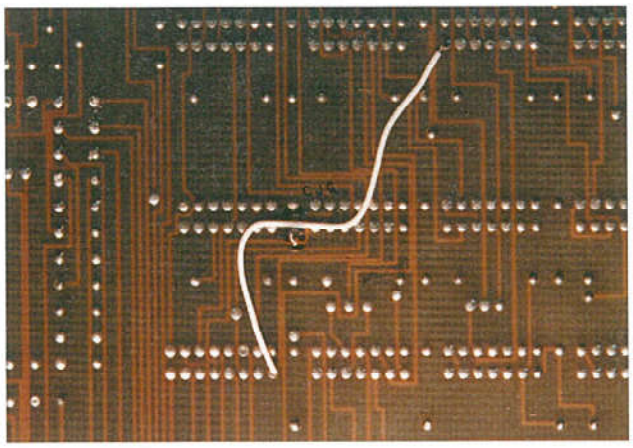


Рисунок 7-148

Приемлемо – Класс 1

Дефект – Класс 2,3

- Соединительные провода не зафиксированы, как требуется.
- Клейкая лента/клей выступают за край платы либо нарушают требования по расстоянию до края.

Дефект – Класс 1,2,3

- Клей, если используется, не полностью отвердел.

7.5.4 Перемычки из провода – Металлизированные отверстия

Соединительные провода могут крепиться любым из нижеуказанных методов.

Данный раздел предназначен для описания подходов, используемых при исходном изготовлении. Для получения дополнительной информации для ремонта и модификации обращайтесь к стандарту IPC-7711/7721.

При креплении перемычек к выводам компонентов, кроме аксиальных, провода паяются к выводам внахлест.

Убедитесь, что длина паяного соединения и зазор до изоляции отвечают минимальным / максимальным требованиям приемки, см. пункт 6.2.2.

7.5.4.1 Перемычки из провода – Металлизированные отверстия – Вывод в отверстии

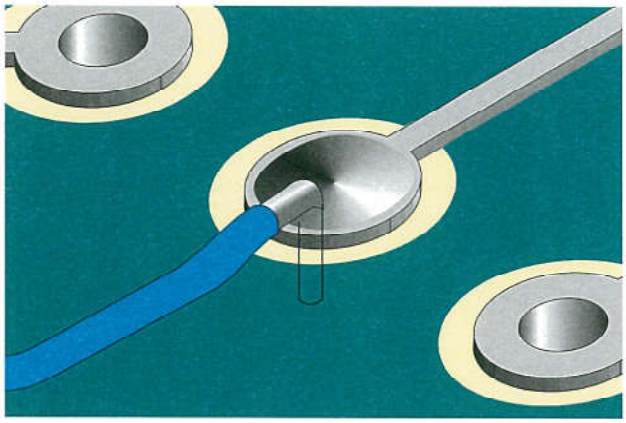


Рисунок 7-149

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Провода впаиваются в металлизированные/переходные отверстия.

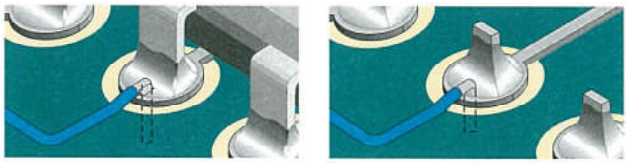


Рисунок 7-150

Приемлемо – Класс 1,2
Дефект – Класс 3

- Провод впаян в металлизированные отверстие вместе с выводом компонента.

7.5.5 Перемычки из провода – Соединение с навивкой

Концы перемычки навиты на выступающую часть компонента. Не требуется, чтобы перемычки размера 30 AWG и менее соответствовали требованиям п. 6.14.

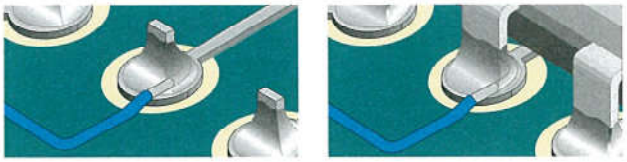


Рисунок 7-151

Рисунок 7-152

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Провод охватывает вывод компонента на 180° … 270° и припаян к выводу.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Провод охватывает не менее 90° плоского вывода или не менее 180° круглого вывода.
- Приемлемое паяное соединение провода/вывода.
- Различим контур провода в паяном соединении.
- Выступающий за границы контактной площадки провод не нарушает величину минимального электрического зазора.

Дефект – Класс 1,2,3

- Провод охватывает менее 90° плоского вывода или менее 180° круглого вывода.
- Выступающий провод нарушает величину минимального электрического зазора.

7.5.6 Перемычки из провода – Пайка внахлест

Следующие критерии применяются при пайке к контактной площадке или выводу компонента и площадке. При пайке к контактной площадке доступная площадь контакта определяется исходя из диаметра контактной площадки. При пайке к контактной площадке и выводу компонента доступная площадь контакта – это расстояние от края контактной площадки до изгиба вывода.

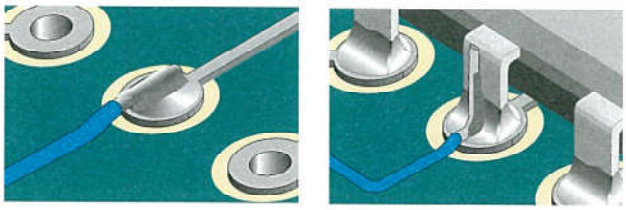


Рисунок 7-153

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Паяное соединение распространяется минимум на 3 диаметра провода, если доступная площадь контакта составляет не менее 3х диаметров провода.
- Контур провода различим в припое.

Приемлемо – Класс 1,2

- Паяное соединение покрывает 100% контактной площадки или расстояния от контактной площадки до изгиба вывода, если доступная площадь контакта менее 3х диаметров провода

Приемлемо – Класс 3

- Паяное соединение покрывает 100% контактной площадки или расстояния от контактной площадки до изгиба вывода, если доступная площадь контакта менее 3х диаметров провода и провод приклеен или надежно закреплен другим способом.

7.5.6 Перемычки из провода – Пайка внахлест (продолжение)

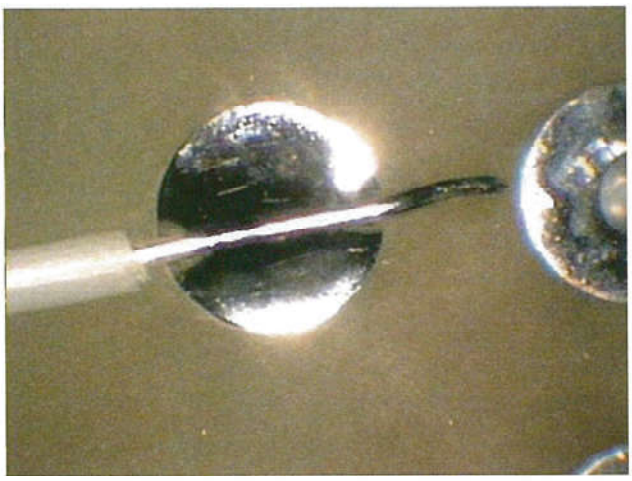


Рисунок 7-154

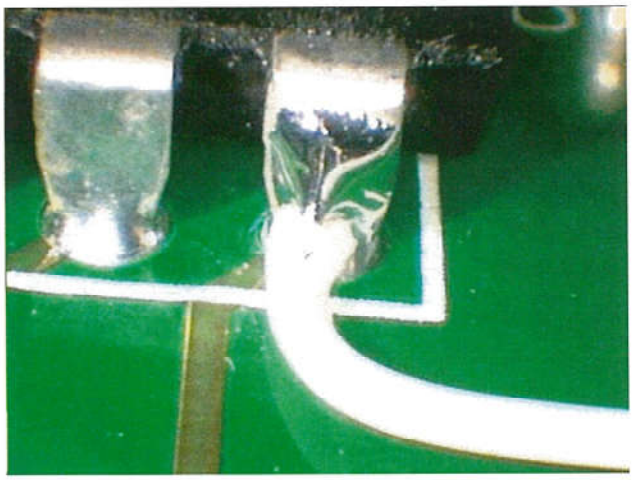


Рисунок 7-155

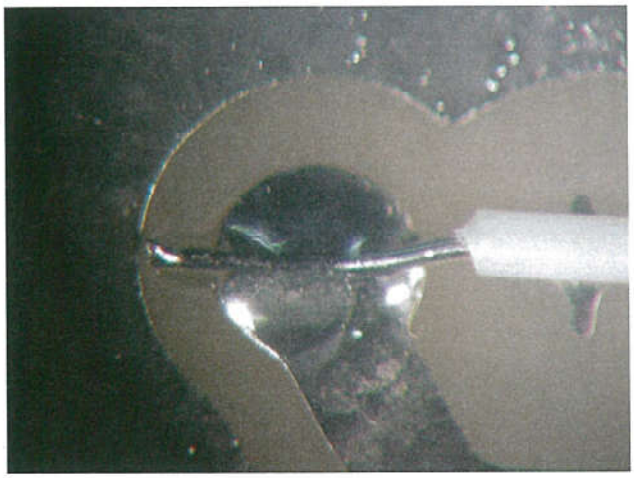


Рисунок 7-156

Дефект – Класс 1,2

- Паяное соединение распространяется менее чем на 3 диаметра провода, если доступная площадь контакта составляет не менее 3х диаметров провода.
- Паяное соединение покрывает менее 100% контактной площадки или расстояния от контактной площадки до изгиба вывода, если доступная площадь контакта менее 3х диаметров провода.

Дефект – Класс 3

- Паяное соединение распространяется менее чем на 3 диаметра провода, если доступная площадь контакта составляет не менее 3х диаметров провода.
- Паяное соединение распространяется менее чем на 3 диаметра провода, без дополнительной приклейки или другой механической фиксации.

Дефект – Класс 1,2,3

- Провод припаян внахлест к выводу компонента на длине менее 75% длины от края контактной площадки до изгиба вывода.
- Провод выступает за изгиб вывода компонента.
- Нарушается величина минимального электрического зазора.

8 Поверхностный монтаж

Данный раздел описывает требования приемки при производстве узлов методом поверхностного монтажа.

В дополнение к требованиям данного раздела, паяные соединения должны отвечать требованиям раздела 5.

В данном разделе рассматриваются следующие темы:

8.1 Приклейка 8-3
8.1.1 Фиксация компонентов 8-3
8.1.2 Механическая прочность 8-4

8.2 Выводы компонентов для поверхностного монтажа 8-6
8.2.1 Пластиковые компоненты 8-6
8.2.2 Повреждение 8-6
8.2.3 Уплощение 8-7

8.3 Соединения с применением технологии поверхностного монтажа (ТПМ) 8-7

8.3.1 Чип-компоненты – Контактные поверхности расположены только снизу 8-8
8.3.1.1 Боковое выступание (A) 8-9
8.3.1.2 Торцевое выступание (B) 8-10
8.3.1.3 Ширина галтели с торца (C) 8-11
8.3.1.4 Длина галтели сбоку (D) 8-12
8.3.1.5 Максимальная высота галтели (E) 8-13
8.3.1.6 Минимальная высота галтели (F) 8-13
8.3.1.7 Толщина припоя (G) 8-14
8.3.1.8 Перекрытие на торце (J) 8-14

8.3.2 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон 8-15
8.3.2.1 Боковое выступание (A) 8-16
8.3.2.2 Торцевое выступание (B) 8-18
8.3.2.3 Ширина галтели с торца (C) 8-19
8.3.2.4 Длина галтели сбоку (D) 8-21
8.3.2.5 Максимальная высота галтели (E) 8-22
8.3.2.6 Минимальная высота галтели (F) 8-23
8.3.2.7 Толщина припоя (G) 8-24
8.3.2.8 Перекрытие на торце (J) 8-25
8.3.2.9 Варианты установки 8-26
8.3.2.9.1 Монтаж на бок 8-26
8.3.2.9.2 Перевернутый монтаж компонентов 8-28
8.3.2.9.3 Штабелированный монтаж компонентов 8-29
8.3.2.9.4 Эффект «надгробного камня» 8-30
8.3.2.10 Контактные поверхности, расположенные по центру компонента 8-31
8.3.2.10.1 Ширина пайки на боковой контактной поверхности 8-31
8.3.2.10.2 Минимальная высота галтели на боковой контактной поверхности 8-32

8.3.3 Компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами 8-33
8.3.3.1 Боковое выступание (A) 8-34
8.3.3.2 Торцевое выступание (B) 8-35
8.3.3.3 Ширина галтели с торца (C) 8-36
8.3.3.4 Длина галтели сбоку (D) 8-37
8.3.3.5 Максимальная высота галтели (E) 8-38
8.3.3.6 Минимальная высота галтели (F) 8-39
8.3.3.7 Толщина припоя (G) 8-40
8.3.3.8 Перекрытие на торце (J) 8-41

8.3.4 Компоненты с зубчатыми металлизированными торцами 8-42
8.3.4.1 Боковое выступание (A) 8-43
8.3.4.2 Торцевое выступание (B) 8-44
8.3.4.3 Минимальная ширина галтели с торца (C) 8-44
8.3.4.4 Минимальная длина галтели сбоку (D) 8-45
8.3.4.5 Максимальная высота галтели (E) 8-45
8.3.4.6 Минимальная высота галтели (F) 8-46
8.3.4.7 Толщина припоя (G) 8-46

8.3.5 Плоские выводы в форме крыльев чайки 8-47
8.3.5.1 Боковое выступание (A) 8-47
8.3.5.2 Торцевое выступание (B) 8-51
8.3.5.3 Минимальная ширина галтели с торца (C) 8-52
8.3.5.4 Минимальная длина галтели сбоку (D) 8-54
8.3.5.5 Максимальная высота галтели со стороны пятки вывода (E) 8-56
8.3.5.6 Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода (F) 8-57
8.3.5.7 Толщина припоя (G) 8-58
8.3.5.8 Компланарность выводов 8-59

8.3.6 Круглые и уплощенные выводы в форме крыльев чайки 8-60
8.3.6.1 Боковое выступание (A) 8-61
8.3.6.2 Торцевое выступание (B) 8-62
8.3.6.3 Минимальная ширина галтели с торца (C) 8-62
8.3.6.4 Минимальная длина галтели сбоку (D) 8-63
8.3.6.5 Максимальная высота галтели со стороны пятки вывода (E) 8-64
8.3.6.6 Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода (F) 8-65
8.3.6.7 Толщина припоя (G) 8-66
8.3.6.8 Минимальная высота контакта сбоку (Q) 8-66
8.3.6.9 Компланарность выводов 8-67

8 Поверхностный монтаж (продолжение)

8.3.7 J-образные выводы 8-68
8.3.7.1 Боковое выступание (A) 8-68
8.3.7.2 Торцевое выступание (B) 8-70
8.3.7.3 Ширина галтели с торца (C) 8-70
8.3.7.4 Длина галтели сбоку (D) 8-72
8.3.7.5 Максимальная высота галтели со стороны пятки вывода (E) 8-73
8.3.7.6 Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода (F) 8-74
8.3.7.7 Толщина припоя (G) 8-76
8.3.7.8 Компланарность выводов 8-76

8.3.8 I-образные выводы 8-77
8.3.8.1 Переделанные воводы монтируемых в отверстия компонентов 8-77
8.3.8.2 Выводы, «заряженные» (наполненные) припоем 8-78
8.3.8.3 Максимальное боковое выступание (A) 8-79
8.3.8.4 Максимальное торцевое выступание (B) 8-80
8.3.8.5 Минимальная ширина галтели с торца (C) 8-81
8.3.8.6 Минимальная длина галтели сбоку (D) 8-82
8.3.8.7 Максимальная высота галтели (E) 8-82
8.3.8.8 Минимальная высота галтели (F) 8-83
8.3.8.9 Толщина припоя (G) 8-84

8.3.9 Плоские лепестковые выводы 8-85

8.3.10 Высокие компоненты, имеющие контакты только с нижней стороны 8-86

8.3.11 Компоненты с L-образными выводами, загнутыми под корпус 8-87

8.3.12 Компоненты с матричным расположением выводов 8-89
8.3.12.1 Совмещение 8-90
8.3.12.2 Зазор между шариковыми выводами 8-90
8.3.12.3 Паяные соединения 8-91
8.3.12.4 Пустоты 8-93
8.3.12.5 Подзаливка / приклейка 8-93
8.3.12.6 Корпус-на-корпусе 8-94

8.3.13 Компоненты с контактными поверхностями снизу 8-96

8.3.14 Компоненты с теплоотводными площадками под корпусом 8-98

8.3.15 Сплющенные штыри 8-100
8.3.15.1 Максимальное выступание соединения – Контактная площадка квадратной формы 8-100
8.3.15.2 Максимальное выступание соединения – Контактная площадка круглой формы 8-101
8.3.15.3 Максимальная высота галтели 8-101

8.3.16 Компоненты с P-образными выводами 8-102
8.3.16.1 Максимальное боковое выступание (A) 8-103
8.3.16.2 Максимальное торцевое выступание (B) 8-103
8.3.16.3 Минимальная ширина галтели с торца (C) 8-104
8.3.16.4 Минимальная длина галтели сбоку (D) 8-104
8.3.16.5 Минимальная высота галтели (F) 8-105

8.4 Специализированные соединения поверхностного монтажа 8-106

8.5 Разъемы для поверхностного монтажа 8-107

8.6 Перемычки из провода 8-108
8.6.1 Технология поверхностного монтажа (ТПМ) 8-109
8.6.1.1 Чип-компоненты и компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами 8-109
8.6.1.2 Выводы типа «крыло чайки» 8-110
8.6.1.3 J-образные выводы 8-111
8.6.1.4 Зубчатые контакты 8-111
8.6.1.5 Контактная площадка 8-112

8.1 Приклейка

Данные критерии применимы к нанесению клея до монтажа компонентов.

8.1.1 Приклейка – Фиксация компонентов

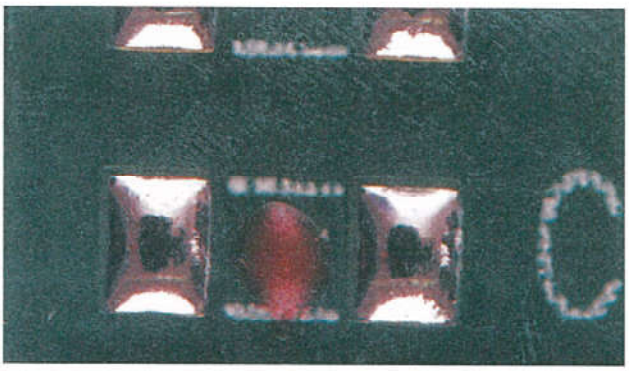


Рисунок 8-1

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие клея на паяемых поверхностях и на контактной площадке.
- Клей нанесен по центру между контактными площадками.

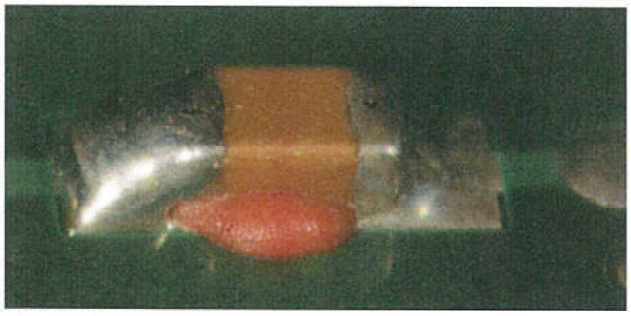


Рисунок 8-2

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2

- Клеящий материал, выступающий из-под компонента, виден на участке контактной поверхности, но ширина паяного соединения соответствует минимальным требованиям.

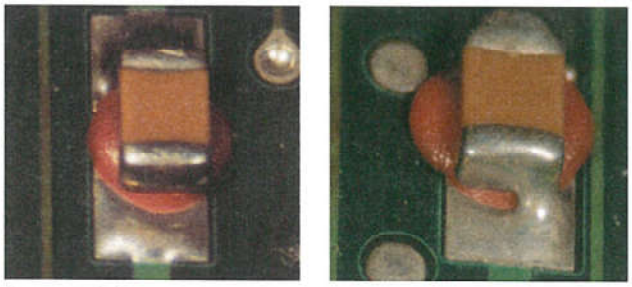


Рисунок 8-3

Дефект – Класс 1,2

- Клеящий материал виден на участке контактной поверхности и паяное соединение не соответствует минимальным требованиям.

Дефект – Класс 3

- Клеящий материал, выступающий из-под компонента, виден на участке контактной поверхности.

8.1.2 Приклейка – Механическая прочность

Данные критерии применимы к нанесению клея после монтажа компонентов.

Склеивание по окружности может производиться в 1 или более точках.

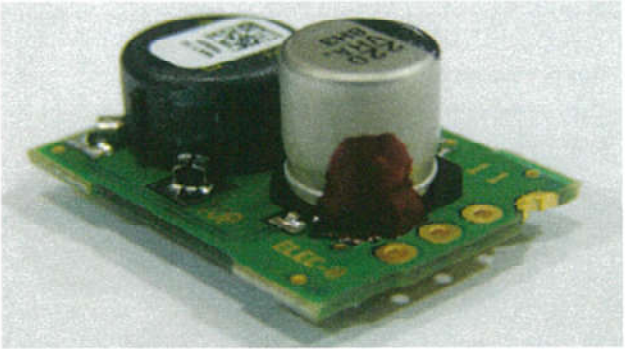


Рисунок 8-4

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Клей нанесен на корпус круглого компонента на высоту не менее 25% от высоты компонента.
- На круглые компоненты минимум 3 точки клея нанесены приблизительно равномерно по окружности.
- Клей нанесен на корпус прямоугольного компонента по всем углам на высоту не менее 25% от высоты компонента.
- Явно видна адгезия к монтируемой поверхности.
- Клей полностью отвержденный и однородный.
- Крепление клеем не препятствует ослаблению напряжения.
- Небольшой подтек под корпусом не повреждает компонент и не влияет на его форму, размеры и функциональность.

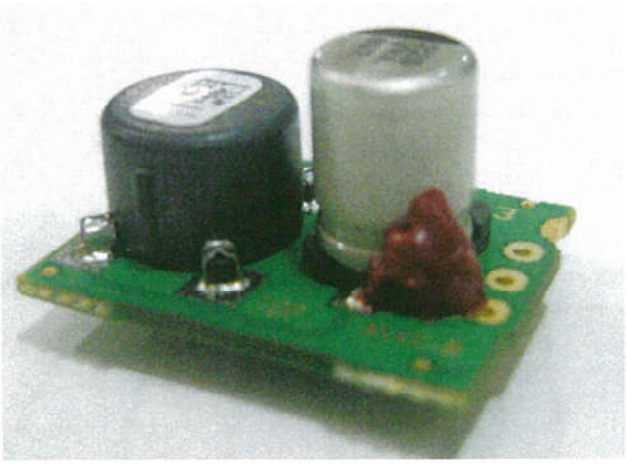


Рисунок 8-5

Приемлемо – Класс 1

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Клей на контактных площадках либо проводниках не влияет на формирование паяного соединения.

8.1.2 Приклейка – Механическая прочность (продолжение)

Рисунок 8-6

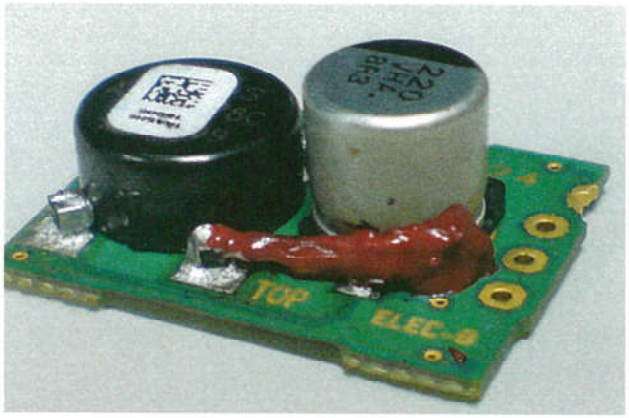


Рисунок 8-7

Не установлено – Класс 1

Дефект – Класс 2,3

- Клей нанесен на корпус круглого компонента на высоту менее 25% от высоты компонента.
- На круглые компоненты нанесено менее 3х точек.
- Клей не нанесен на корпус прямоугольного компонента по всем углам на высоту не менее 25% от высоты компонента.

Дефект – Класс 1,2,3

- Адгезия к монтируемой поверхности явно не видна.
- Клей влияет на формирование требуемого паяного соединения.
- Клей не полностью отвержденный и однородный.
- Крепление клеем препятствует ослаблению напряжения.

8.2 Выводы компонентов для поверхностного монтажа

8.2.1 Пластиковые компоненты

В данных критериях определение «пластиковый компонент» используется в общем смысле для отличия корпусов компонентов, изготовленных из пластика, от корпусов, изготовленных с использованием других материалов, например керамики / оксида алюминия или металла (обычно герметизированных).

Если другое не указано, припой не должен касаться корпуса компонента или места герметизации вывода. Исключением являются случаи, когда медный вывод компонента или конфигурация контактной области способствуют контакту галтели припоя и корпуса пластикового компонента:

- Пластиковые компоненты SOIC типа («small outline packages» – «малогабаритные корпуса», такие как SOT, SOD).
- Расстояние от верхней кромки вывода до основания пластикового компонента равно 0.15 мм [0.006 дюйма] или менее.
- Разъемы, при условии, что припой не затекает в полость.
- Безвыводные компоненты, в случае если спроектированная контактная площадка простирается за контактной областью компонента.
- При согласовании между производителем и потребителем.

8.2.2 Выводы компонентов для поверхностного монтажа – Повреждение

Данные критерии применяются для ручной формовки выводов либо формовки с помощью пресса.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Отсутствие зазубрин либо деформации, превышающих 10% диаметра, ширины либо толщины вывода. Критерии по оголению металлического основания указаны в пункте 5.2.1.

Дефект – Класс 1,2,3

- Повреждение либо деформация вывода составляет более 10% диаметра, ширины либо толщины вывода.
- Вывод поврежден вследствие многократного либо небрежного изгиба.
- Значительные вмятины, например, следы зубчатых плоскогубцев.

8.2.3 Выводы компонентов для поверхностного монтажа – Уплощение

Аксиальные выводы круглого сечения могут расплющиваться (штамповаться) для улучшения посадки при поверхностном монтаже. К преднамеренно уплощенным участкам выводов не предъявляются требования, касающиеся 10% деформации, указанные в пункте 8.2.

Приемлемо – Класс 1,2
Дефект – Класс 3

- Уменьшение толщины уплощенных участков составляет менее 40% первоначального диаметра.

8.3 Соединения с применением технологии поверхностного монтажа (ТПМ)

Требования к соединениям с применением ТПМ указаны в разделах с 8.3.1 по 8.3.16.

Некоторые размеры, к примеру, толщина припоя, не подлежат контролю, и требования к ним указываются в примечаниях.

Величина (G) – это размер галтели припоя от контактной площадки до нижней части вывода компонента. Величина (G) является основным параметром при определении надежности паяного соединения для безвыводных компонентов. Желательным является толстый слой припоя (G). Дополнительная информация относительно надежности соединений поверхностного монтажа находится в стандартах IPC-D-279, IPC-SM-785 и IPC-9701.

Конструкции со сквозными металлизированными отверстиями в контактных площадках могут препятствовать соблюдению критериев по высоте галтели припоя. Критерии приемки следует согласовывать между производителем и потребителем.

Компоненты с несмачиваемыми в силу конструкции контактными поверхностями или сторонами освобождаются от требований по смачиванию припоем в этих областях. Смачивание припоем сторон или торцов выводов не требуется, если специально не указано иное.

Галтель припоя может проходить через верхний изгиб. Следует избегать затекания припоя под корпус компонента, чьи выводы сделаны из сплава 42 или схожих металлов.

Некоторые компоненты не могут быть установлены с наклоном из-за требований по сопряжению с корпусами или панелями, например, переключатели, потенциометры, ЖК дисплеи и светодиоды. Такие ограничения следует отражать в конструкторской документации.

8.3 Соединения с применением технологии поверхностного монтажа (ТПМ) (продолжение)

Желаемый результат – Класс 1,2,3

• Отсутствие признаков наклона или поднятия компонента.

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Приподнятый/наклоненный компонент:

– Не нарушает величину минимального электрического зазора.

– Не нарушает требования по максимальной высоте компонента.

– Не влияет на его форму, размеры и функциональность.

Дефект – Класс 1,2,3

• Приподнятый/наклоненный компонент:

– Нарушает величину минимального электрического зазора.

– Нарушает требования по максимальной высоте компонента.

– Влияет на его форму, размеры и функциональность.

8.3.1 Чип-компоненты – Контактные поверхности расположены только снизу

Соединения с чип-компонентами, у которых контактные поверхности расположены только снизу, должны отвечать требованиям к размерам и галтели припоя, приведенным в таблице 8-1 и главах 8.3.1.1 – 8.3.1.8 Ширина контактной поверхности компонента и контактной площадки обозначены как (W) и (P) соответственно, а выступание контактной поверхности описывает условие, когда меньшая поверхность выступает над большей (напр., W или P). Длина контактной поверхности и контактной площадки обозначены как (R) и (S) соответственно.

Критерии для высоких компонентов, имеющих контакты только с нижней стороны, приведены в главе 8.3.10.

Таблица 8-1 Размерные критерии– Чип-компоненты – Характеристики контактных поверхностей, расположенных только снизу

Характеристики	Разм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Максимальное боковое выступание	A	50% (W) или 50% (P), выбирается меньшее значение; Примечание 1		25% (W) или 25% (P), выбирается меньшее значение; Примечание 1
Торцевое выступание	B	Не допускается		
Минимальная ширина припоя на торце	C	50% (W) или 50% (P), выбирается меньшее значение		75% (W) или 75% (P), выбирается меньшее значение
Минимальная длина галтели сбоку	D	Примечание 3		
Максимальная высота галтели	E	Примечание 3		
Минимальная высота галтели	F	Примечание 3		
Толщина припоя	G	Примечание 3		
Минимальное перекрытие на торце	J	Примечание 3	50% (R)	75% (R)
Ширина контактной площадки	P	Примечание 2		
Длина поверхности контакта / металлизации	R	Примечание 2		
Длина контактной площадки	S	Примечание 2		
Ширина контактной поверхности	W	Примечание 2		

Примечание 1. Не нарушает величины минимального электрического зазора.
Примечание 2. Параметр не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.
Примечание 3. Явное смачивание припоем.

8.3.1.1 Чип-компоненты – Контактные поверхности расположены только снизу – Боковое выступание (A)

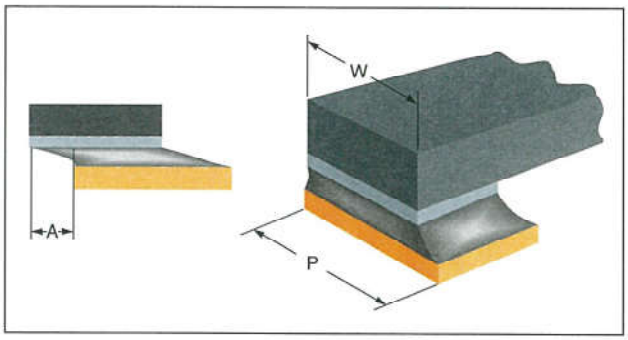


Рисунок 8-8

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие бокового выступания.

Приемлемо – Класс 1,2

- Боковое выступание (A) меньше или равно 50% ширины контактной поверхности компонента (W) или 50% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

Приемлемо – Класс 3

- Боковое выступание (A) меньше или равно 25% ширины контактной поверхности компонента (W) или 25% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

Дефект – Класс 1,2

- Боковое выступание (A) больше 50% ширины контактной поверхности компонента (W) или 50% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

Дефект – Класс 3

- Боковое выступание (A) больше 25% ширины контактной поверхности компонента (W) или 25% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

8.3.1.2 Чип-компоненты – Контактные поверхности расположены только снизу – Торцевое выступание (B)

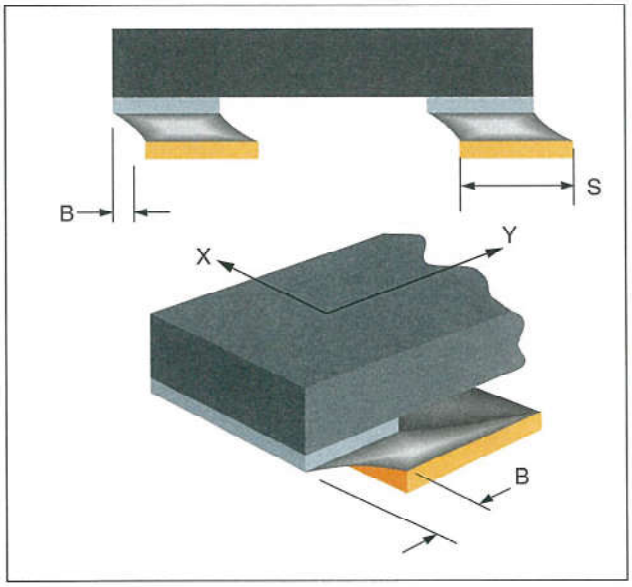


Рисунок 8-9

Дефект – Класс 1,2,3

• Торцевое выступание (B) по оси Y не допускается.

8.3.1.3 Чип-компоненты – Контактные поверхности расположены только снизу – Ширина галтели с торца (C)

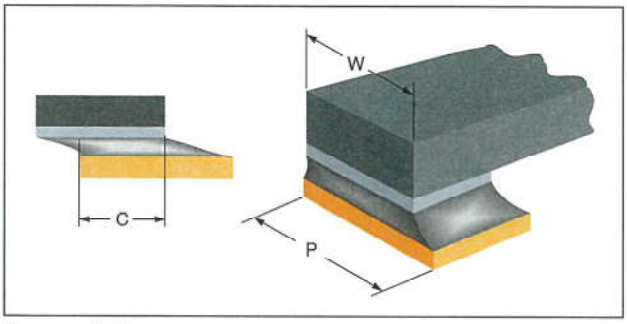


Рисунок 8-10

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Ширина галтели с торца (C) равна ширине контактной поверхности компонента (W) или ширине контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

Приемлемо – Класс 1,2

- Минимальная ширина галтели с торца (C) составляет 50% ширины контактной поверхности компонента (W) или 50% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

Приемлемо – Класс 3

- Минимальная ширина галтели с торца (C) составляет 75% ширины контактной поверхности компонента (W) или 75% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

Дефект – Класс 1,2

- Ширина галтели с торца (C) составляет менее 50% ширины контактной поверхности компонента (W) или менее 50% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

Дефект – Класс 3

- Ширина галтели с торца (C) составляет менее 75% ширины контактной поверхности компонента (W) или менее 75% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

8.3.1.4 Чип-компоненты – Контактные поверхности расположены только снизу – Длина галтели сбоку (D)

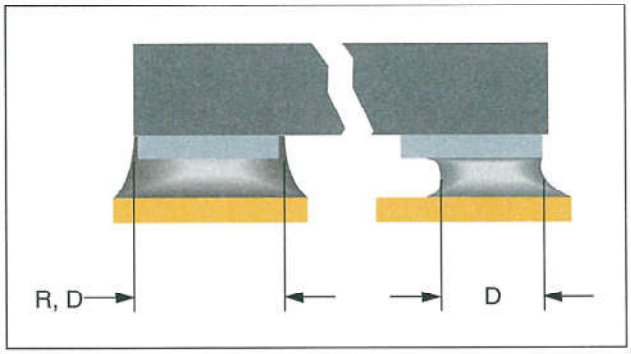


Рисунок 8-11

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Длина галтели сбоку (D) равна длине контактной поверхности компонента (R).

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Любая длина галтели сбоку (D) приемлема, если соблюдаются все остальные требования к пайке.

8.3.1.5 Чип-компоненты – Контактные поверхности расположены только снизу – Максимальная высота галтели (E)

Требования к максимальной высоте галтели (E) не установлены для Классов 1,2 или 3. Однако требуется наличие явного смачивания.

Дефект – Класс 1,2,3

• Отсутствие явного смачивания.

8.3.1.6 Чип-компоненты – Контактные поверхности расположены только снизу – Минимальная высота галтели (F)

Требования к минимальной высоте галтели (F) не установлены для Классов 1,2 или 3. Однако требуется наличие явного смачивания.

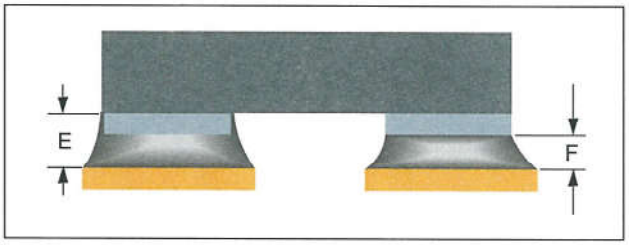


Рисунок 8-12

Дефект – Класс 1,2,3

• Отсутствие явного смачивания.

8.3.1.7 Чип-компоненты – Контактные поверхности расположены только снизу – Толщина припоя (G)

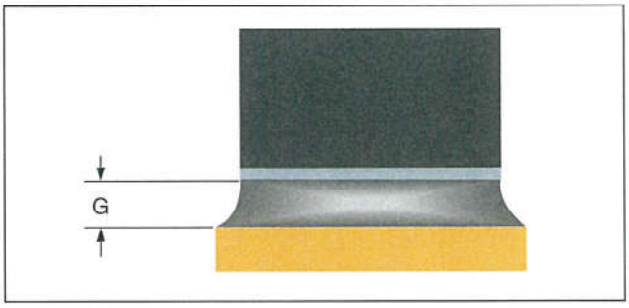


Рисунок 8-13

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Явное смачивание припоем.

Дефект – Класс 1,2,3

• Отсутствие явного смачивания.

8.3.1.8 Чип-компоненты – Контактные поверхности расположены только снизу – Перекрытие на торце (J)

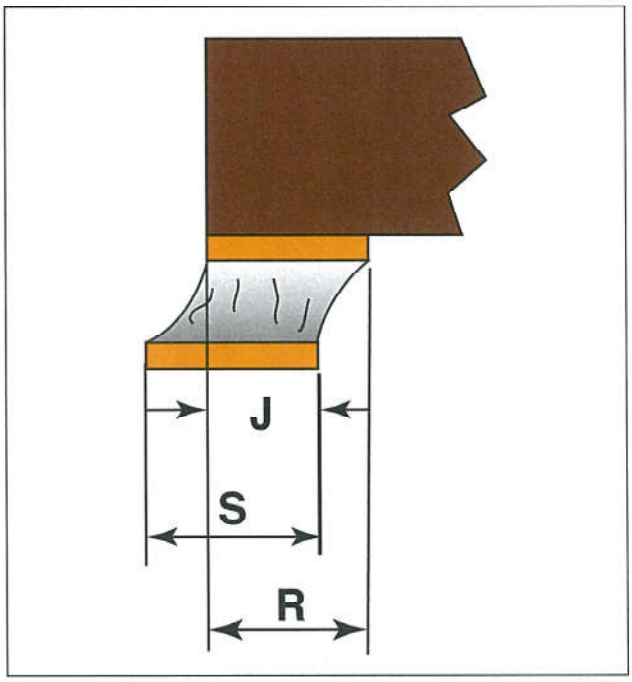


Рисунок 8-14

Приемлемо – Класс 1

• Явное смачивание галтели.

Приемлемо – Класс 2

• Перекрытие на торце (J) между контактной поверхностью компонента и контактной площадкой составляет не менее 50% длины контактной поверхности (R).

Приемлемо – Класс 3

• Перекрытие на торце (J) между контактной поверхностью компонента и контактной площадкой составляет не менее 75% длины контактной поверхности (R).

Дефект – Класс 1,2,3

• Отсутствует перекрытие контактной поверхности компонента и контактной площадки.

Дефект – Класс 2

• Перекрытие на торце (J) составляет менее 50% длины контактной поверхности (R).

Дефект – Класс 3

• Перекрытие на торце (J) составляет менее 75% длины контактной поверхности (R).

8.3.2 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон

Данные критерии относятся к таким типам компонентов, как чип-резисторы, чип-конденсаторы, сборки пассивных компонентов (резисторные сборки и пр., имеющие аналогичный тип выводов) и компоненты в цилиндрических корпусах с выводами квадратной формы.

Паяные соединения компонентов с контактными поверхностями квадратной или прямоугольной формы **должны** соответствовать требованиям к размерам и галтели припоя, приведенным в таблице 8-2 и главах 8.3.2.1 – 8.3.2.10.2. В случае, если контактная поверхность расположена только с 1ой стороны, паяемой стороной является вертикальная торцевая поверхность компонента.

Таблица 8-2 Размерные критерии – Чип-компоненты – Компоненты с контактными поверхностями квадратной или прямоугольной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон

Feature	Dim.	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Максимальное боковое выступание	A	50% (W) или 50% (P) (выбирается меньшее значение); Примечание 1		25% (W) или 25% (P) (выбирается меньшее значение); Примечание 1
Торцевое выступание	B	Не допускается		
Минимальная ширина припоя на торце	C	50% (W) или 50% (P), (выбирается меньшее значение), Примечание 5		75% (W) или 75% (P), (выбирается меньшее значение), Примечание 5
Минимальная длина галтели сбоку	D	Примечание 3		
Максимальная высота галтели	E	Примечание 4		
Минимальная высота галтели	F	Явное смачивание вертикальной поверхности (поверхностей) контакта компонента.		(G) + 25% (H) или (G) + 0,5 мм [0,02 дюйма], (выбирается меньшее значение).
Толщина припоя	G	Примечание 3		
Высота контактной поверхности	H	Примечание 2		
Минимальное перекрытие на торце	J	Требуется		25% (R)
Ширина контактной площадки	P	Примечание 2		
Длина контактной поверхности	R	Примечание 2		
Ширина контактной поверхности	W	Примечание 2		
Монтаж на бок, Примечания 6, 7				
Отношение ширины к высоте		Не превышает 2:1		
Смачивание торцевого контакта и контактной площадки		100% смачивание контактной площадки и торцевой металлизации		
Минимальное перекрытие на торце	J	100%		
Максимальное боковое выступание	A	Не допускается		
Торцевое выступание	B	Не допускается		
Максимальный размер компонента		Не ограничен		1206, Примечание 8
Количество контактных поверхностей		Три или более смачиваемых контактных участка на каждом из концов.		

Примечание 1. Не нарушается величина минимального электрического зазора.
Примечание 2. Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.
Примечание 3. Явное смачивание припоем.
Примечание 4. Галтель припоя может выступать за пределы контактной площадки и распространяться на верхнюю или боковую часть металлизации вывода, однако припой не должен выступать на верхнюю или боковую часть корпуса компонента.
Примечание 5: Величина (C) измеряется от точки на стороне галтели припоя, в которой она наиболее узкая.
Примечание 6: Данные критерии применимы к чип-компонентам, которые могут перевернуться на узкую сторону во время сборки.
Примечание 7: Данные критерии могут быть неприемлемы для некоторых высокочастотных конструкций или конструкций, подвергающихся высокому уровню вибрации.
Примечание 8. Размер компонента может быть больше, чем 1206, если отношение ширины компонента к его высоте менее 1.25:1 и он имеет 5 контактных граней.

8.3.2.1 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Боковое выступание (A)

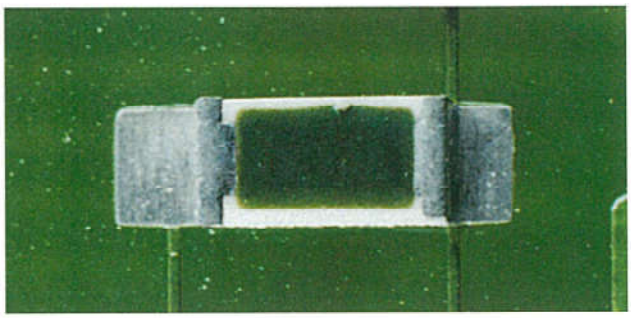


Рисунок 8-15

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие бокового выступания.

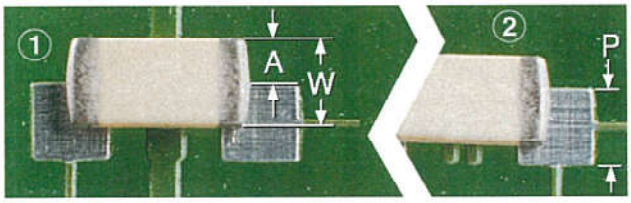


Рисунок 8-16
1. Класс 1,2
2. Класс 3

Приемлемо – Класс 1,2

- Боковое выступание (A) меньше или равно 50% ширины контактной поверхности (W) или 50% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

Приемлемо – Класс 3

- Боковое выступание (A) меньше или равно 25% ширины контактной поверхности (W) или 25% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

8.3.2.1 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Боковое выступание (A) (продолжение)

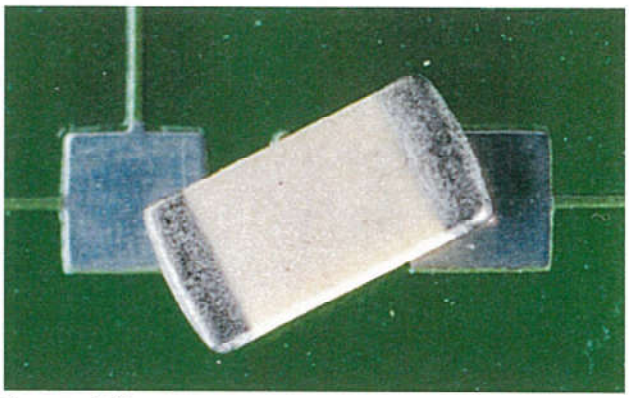


Рисунок 8-17

Дефект – Класс 1,2

- Боковое выступание (A) превышает 50% ширины контактной поверхности (W) или 50% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

Дефект – Класс 3

- Боковое выступание (A) превышает 25% ширины контактной поверхности (W) или 25% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

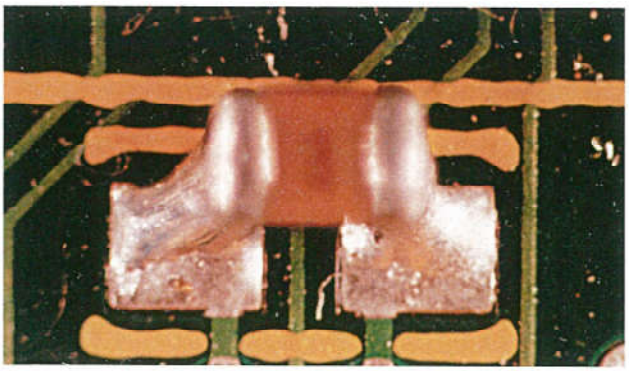


Рисунок 8-18

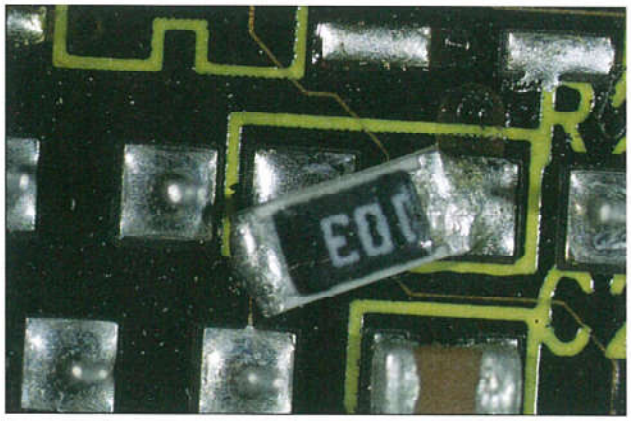


Рисунок 8-19

8.3.2.2 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Торцевое выступание (B)

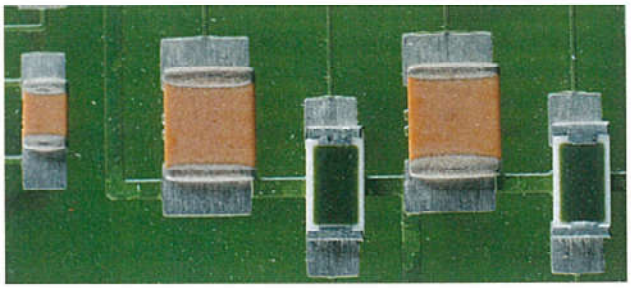


Рисунок 8-20

Желаемый результат – Класс 1,2,3

• Отсутствие торцевого выступания.

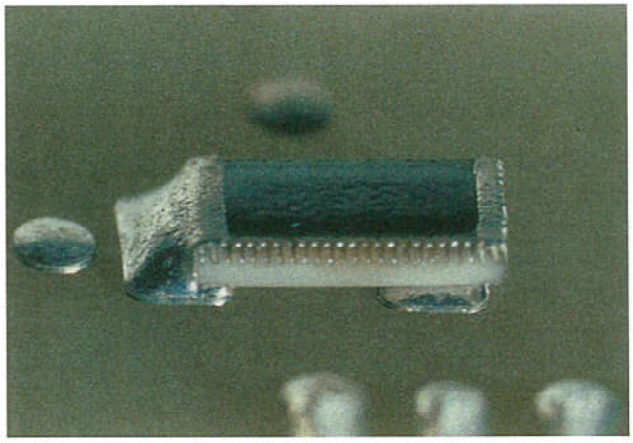


Рисунок 8-21

Дефект – Класс 1,2,3

• Контактная поверхность выступает за пределы площадки.

8.3.2.3 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Ширина галтели с торца (C)

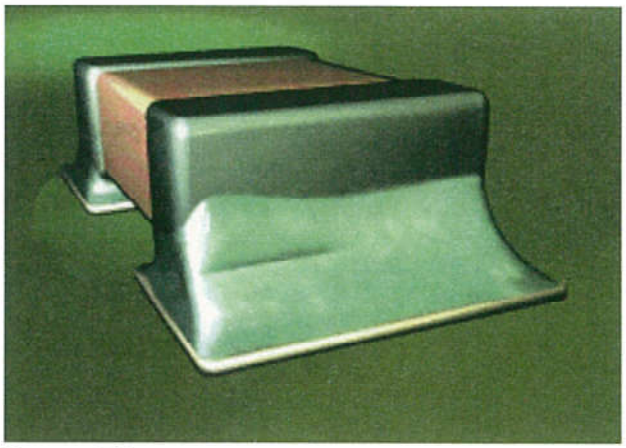


Рисунок 8-22

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Ширина галтели с торца равна ширине контактной поверхности компонента или ширине контактной площадки (выбирается меньшее значение).

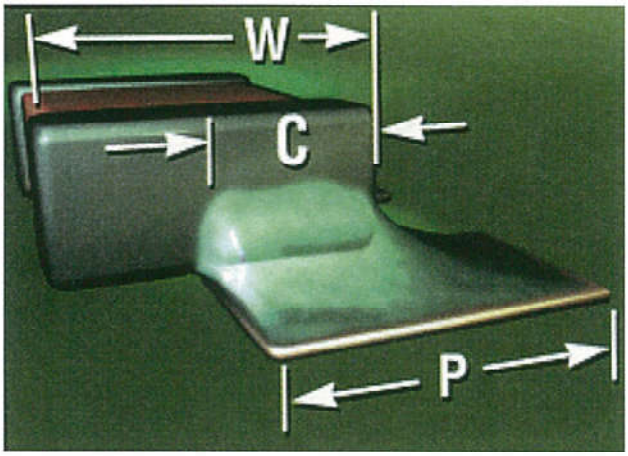


Рисунок 8-23

Приемлемо – Класс 1,2

- Ширина галтели с торца (C) составляет не менее 50% ширины контактной поверхности компонента (W) или 50% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

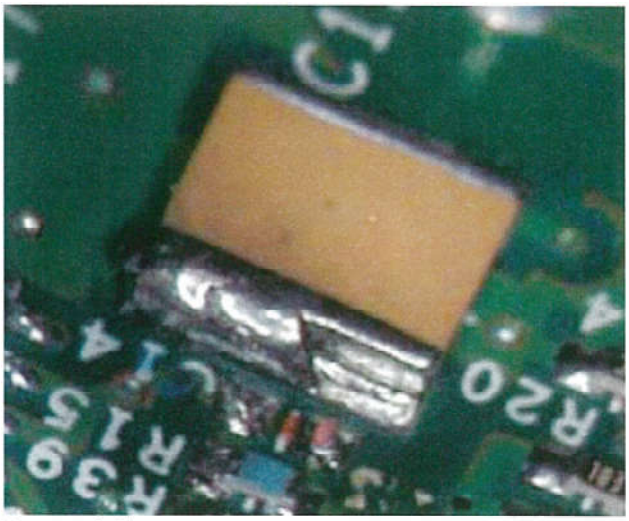


Рисунок 8-24

8.3.2.3 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Ширина галтели с торца (C) (продолжение)

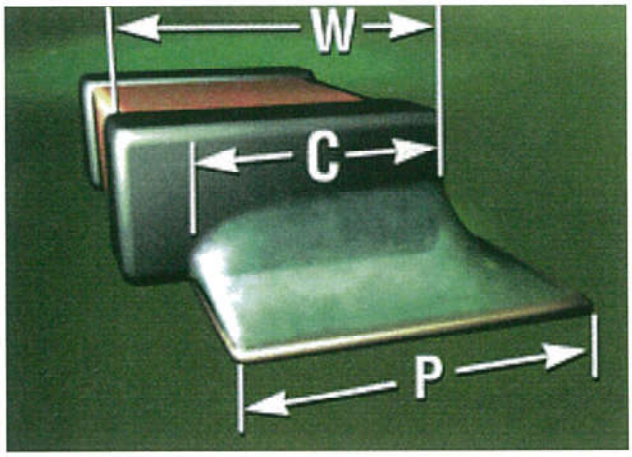


Рисунок 8-25

Приемлемо – Класс 3

- Ширина галтели с торца (C) составляет не менее 75% ширины контактной поверхности компонента (W) или 75% ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

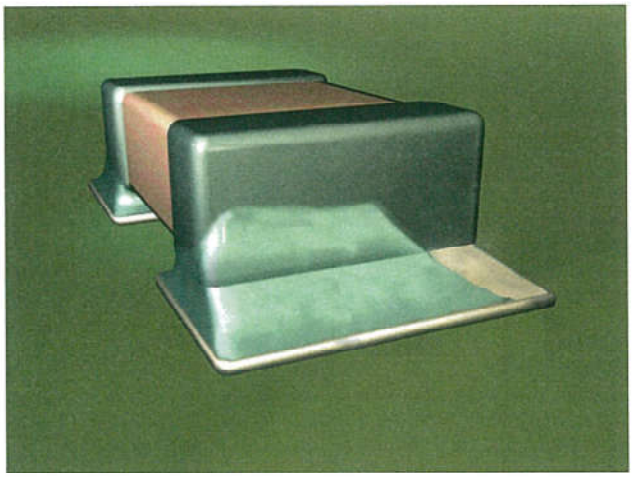


Рисунок 8-26

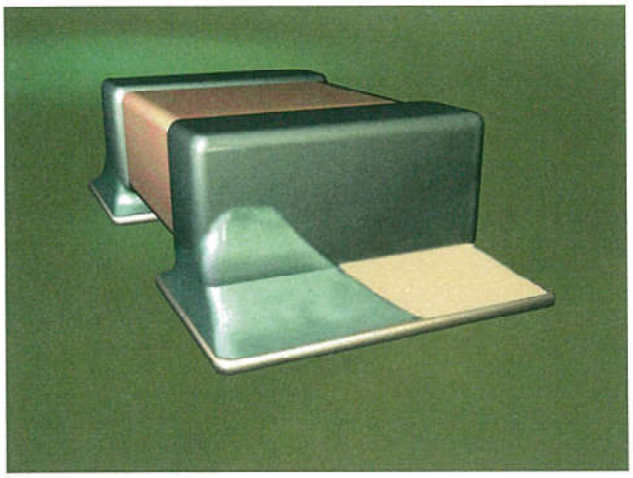


Рисунок 8-27

Дефект – Класс 1,2,3

- Ширина галтели с торца меньше установленной.

8.3.2.4 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Длина галтели сбоку (D)

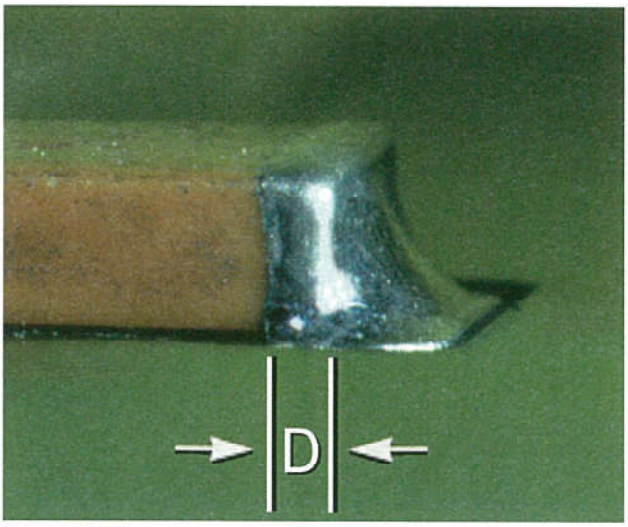


Рисунок 8-28

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Длина галтели сбоку равна длине контактной поверхности компонента.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Требования к длине галтели сбоку не установлены. Однако должно быть явное смачивание галтели.

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие смачивания.

8.3.2.5 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Максимальная высота галтели (E)

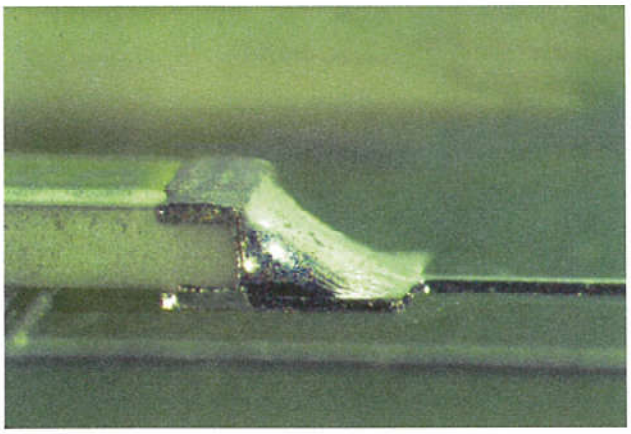


Рисунок 8-29

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Максимальная высота галтели равна толщине припоя плюс высота контактной поверхности компонента.

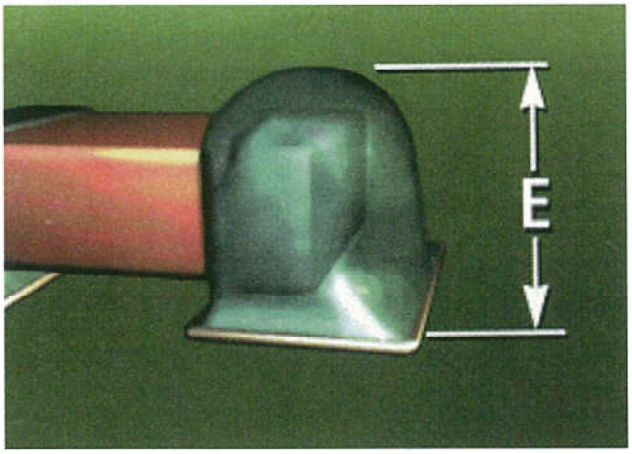


Рисунок 8-30

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Максимальная высота галтели (E) может выступать за контактную площадку и/или распространяться на верхнюю или боковую часть металлизации контакта, однако припой не должен выступать на верхнюю или боковую сторону компонента.

Дефект – Класс 1,2,3

- Галтель припоя выступает на корпус компонента.

8.3.2.6 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Минимальная высота галтели (F)

Рисунок 8-31

Приемлемо – Класс 1,2

- Минимальная высота галтели (F) показывает наличие смачивания на вертикальных контактных поверхностях компонента.

Приемлемо – Класс 3

- Минимальная высота галтели (F) равна толщине припоя (G) плюс либо 25% высоты контактной поверхности (H), либо 0,5 мм [0,02 дюйма] (выбирается меньшее значение).

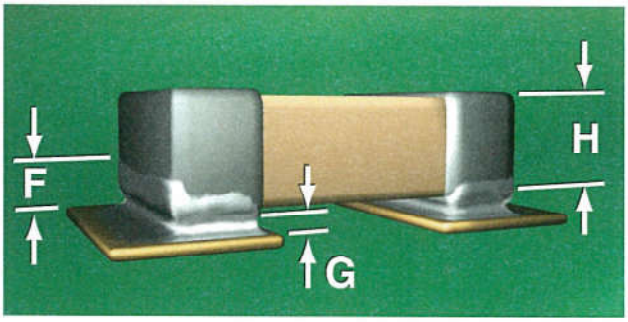


Рисунок 8-32

Дефект – Класс 1,2

- Галтель припоя не видна на контактных поверхностях компонентов.

Дефект – Класс 3

- Минимальная высота галтели (F) меньше толщины припоя (G) плюс 25% высоты контактной поверхности (H) или 0,5 мм [0,02 дюйма] (выбирается меньшее значение).

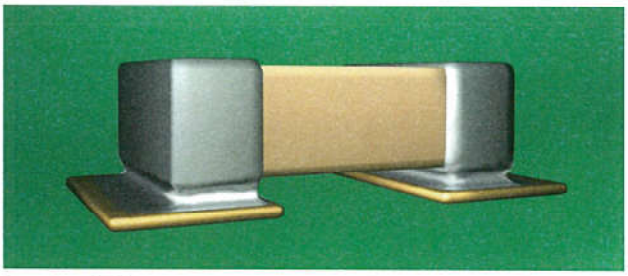


Рисунок 8-33

Дефект – Класс 1,2,3

- Недостаточное количество припоя.
- Отсутствие явного смачивания припоем.

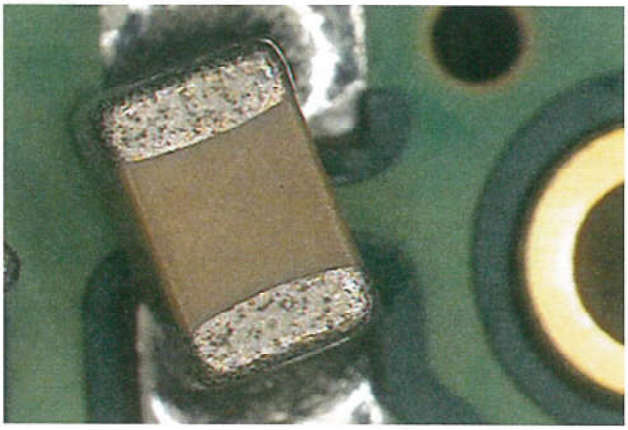


Рисунок 8-34

8.3.2.7 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Толщина припоя (G)

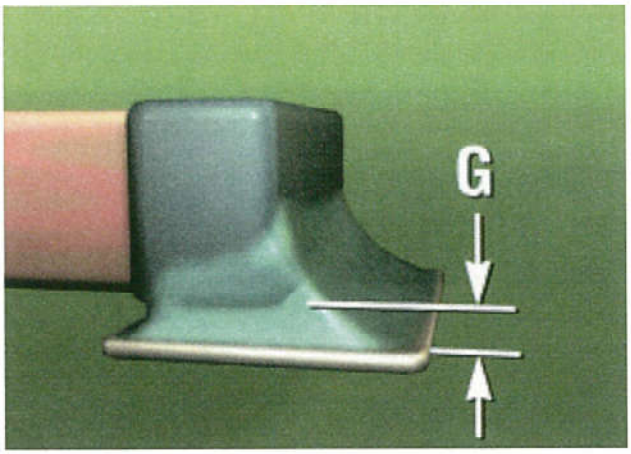


Рисунок 8-35

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Явное смачивание припоем.

Дефект – Класс 1,2,3

• Отсутствие смачивания.

8.3.2.8 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Перекрытие на торце (J)

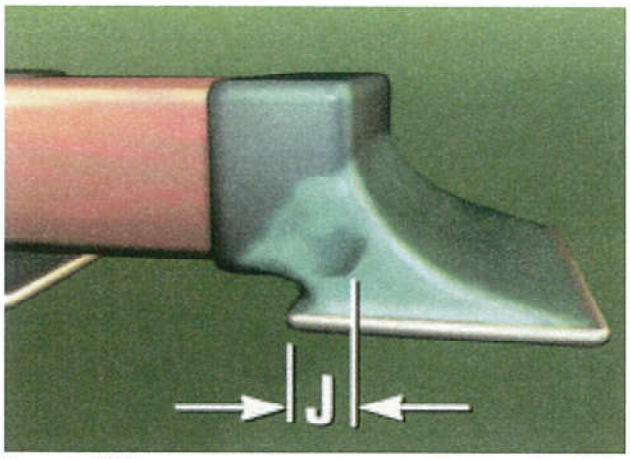


Рисунок 8-36

Приемлемо – Класс 1,2

- Требуется явное перекрытие контактной поверхности (J) между контактной поверхностью компонента и контактной площадкой.

Приемлемо – Класс 3

- Требуется перекрытие контактной поверхности (J) между контактной поверхностью компонента и контактной площадкой минимум 25%.

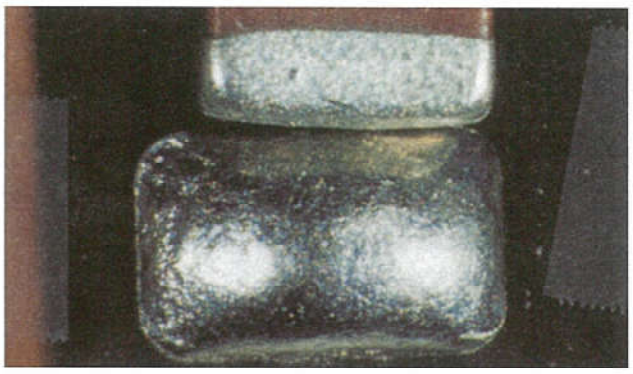


Рисунок 8-37

Дефект – Класс 1,2,3

- Недостаточное перекрытие контактной поверхности.

Дефект – Класс 3

- Перекрытие контактной поверхности (J) между контактной поверхностью компонента и контактной площадкой менее 25%.

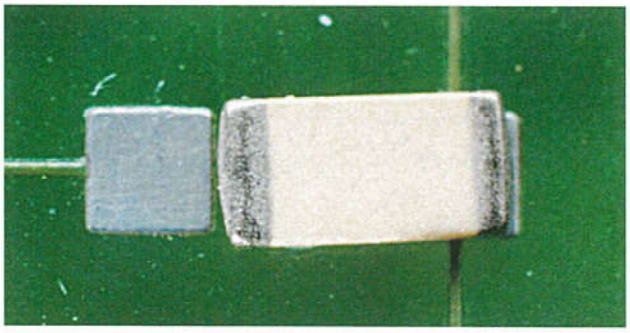


Рисунок 8-38

8.3.2.9 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Варианты установки

8.3.2.9.1 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Варианты установки – Монтаж на бок

Данный раздел указывает критерии для чип-компонентов, которые могут перевернуться на узкую сторону во время сборки.

Данные критерии могут быть неприемлемы для некоторых высокочастотных конструкций или конструкций, подвергающихся высокому уровню вибраций.

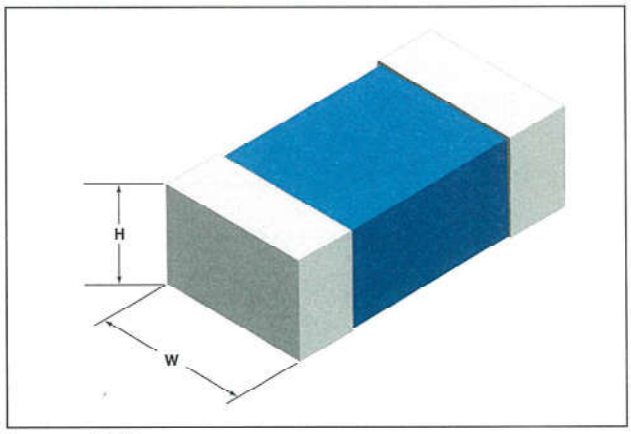


Рисунок 8-39

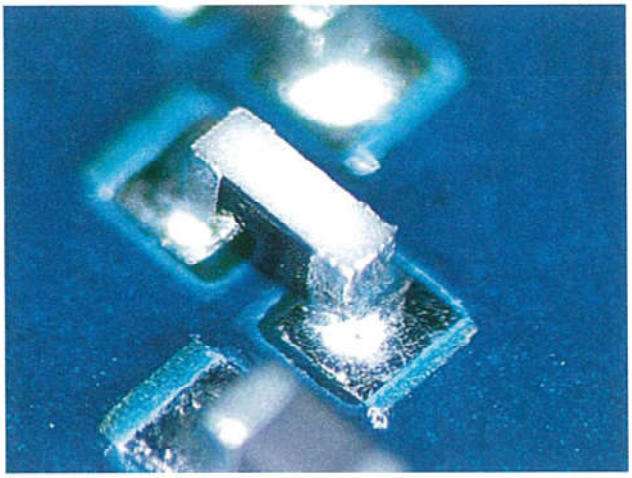


Рисунок 8-40

Приемлемо – Класс 1,2

- Отношение ширины (W) к высоте (H) не превышает 2:1; см. Рисунок 8-39.
- Полное смачивание контактной площадки и торцевого металлизированного покрытия компонента.
- 100% перекрытие между контактной поверхностью компонента (металлизацией) и контактной площадкой.
- Наличие трех или более сторон контакта компонента (металлизации).
- Явно видно смачивание трех вертикальных сторон контактной поверхности.

Приемлемо – Класс 3

- Для компонентов размером 1206 или меньше:
  - Отношение ширины (W) к высоте (H) не превышает (2:1), см. Рисунок 8-40.
  - Полное смачивание торцевой контактной поверхности компонента и контактной площадки.
  - Полное перекрытие (100%) между контактной поверхностью компонента (металлизацией) и контактной площадкой.
  - Компонент имеет три или более стороны контакта (металлизации).
  - Явно видно смачивание трех вертикальных сторон контактной поверхности.
- Для компонентов размером больше, чем 1206:
  - Отношение ширины (W) к высоте (H) не превышает (1.25:1).
  - Компонент имеет 5 сторон контакта (металлизации).
  - Полное смачивание торцевой контактной поверхности компонента и контактной площадки.
  - Полное перекрытие (100%) между контактной поверхностью компонента (металлизацией) и контактной площадкой.
  - Явно видно смачивание трех вертикальных сторон контактной поверхности.

8.3.2.9.1 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Варианты установки – Монтаж на бок (продолжение)

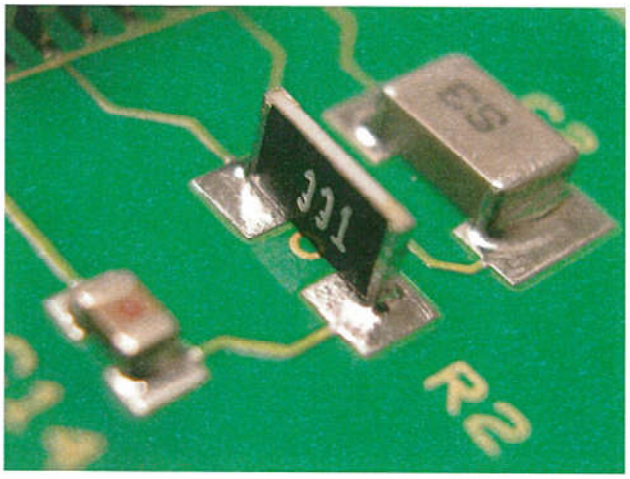


Рисунок 8-41

Дефект – Класс 1,2

- Отношение ширины к высоте превышает 2:1.
- Неполное смачивание по крайней мере трех контактных поверхностей компонента и контактной площадки.
- Перекрытие между контактной поверхностью компонента (металлизацией) и контактной площадкой составляет менее 100%.
- Компонент выступает за края контактной площадки сбоку или с торца.
- Компонент имеет менее трех сторон контакта (металлизации).

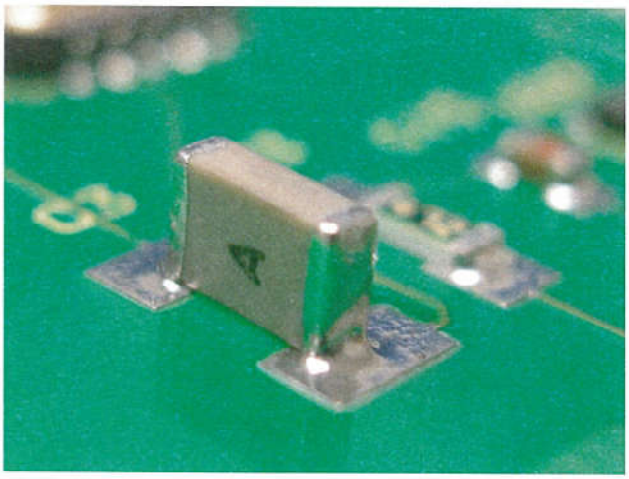


Рисунок 8-42

Дефект – Класс 3

- Для компонентов размером 1206 или меньше:
  - Отношение ширины (W) к высоте (H) превышает (2:1).
  - Неполное смачивание по меньшей мере трех сторон контактной поверхности и контактной площадки.
  - Перекрытие между контактной поверхностью компонента (металлизацией) и контактной площадкой менее 100%.
  - Компонент выступает за края контактной площадки сбоку или с торца.
  - Компонент имеет менее трех сторон контакта (металлизации).
- Для компонентов размером больше, чем 1206 (см. Рисунок 8-42):
  - Неполное смачивание по меньшей мере трех сторон контактной поверхности и контактной площадки.
  - Перекрытие между контактной поверхностью компонента (металлизацией) и контактной площадкой менее 100%.
  - Компонент выступает за края контактной площадки сбоку или с торца.
  - Отношение ширины (W) к высоте (H) превышает 1.25:1.
  - Компонент не имеет 5 сторон контакта (металлизации).

8.3.2.9.2 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Варианты установки – Перевернутый монтаж компонентов

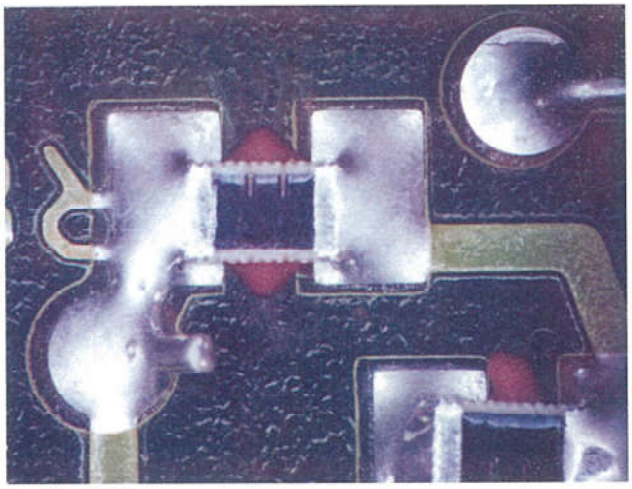


Рисунок 8-43

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Чип-компонент смонтирован с обозначением электрического номинала вверх/ в сторону от печатной платы.

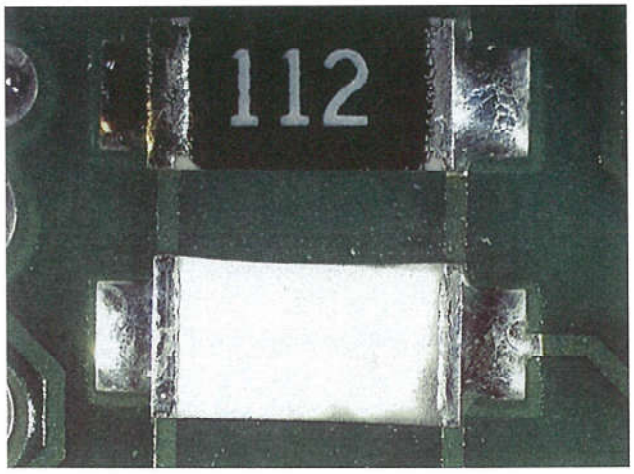


Рисунок 8-44

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Чип-компонент смонтирован с обозначением электрического номинала вниз.

8.3.2.9.3 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Варианты установки – Штабелированный монтаж компонентов

Данные критерии применяются, если требуется монтаж компонентов один над другим.

При штабелированном монтаже компонентов верхняя контактная поверхность компонента становится контактной площадкой для следующего компонента, расположенного выше.

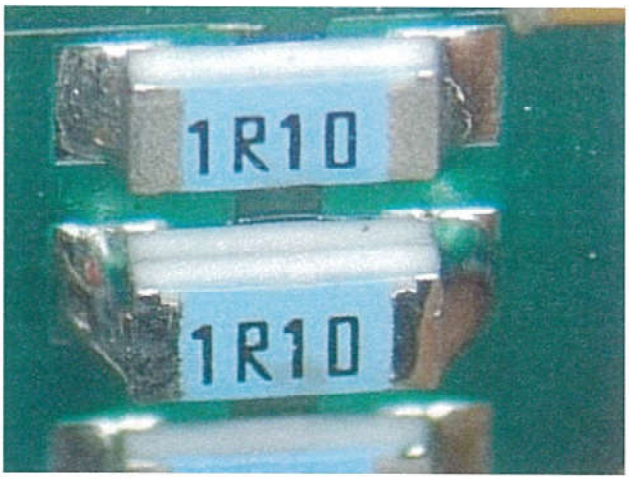


Рисунок 8-45

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Когда предусмотрено на чертеже.
- Порядок монтажа отвечает требованиям сборочного чертежа.
- Установленные один над другим компоненты соответствуют критериям таблицы 8-2 для соответствующих Классов.
- Боковое выступание не препятствует образованию требуемых галтелей припоя.

Дефект – Класс 1,2,3

- Компоненты смонтированы один над другим, если это не предусмотрено сборочным чертежом.
- Порядок монтажа не отвечает требованиям сборочного чертежа.
- Установленные один над другим компоненты не отвечают требованиям таблицы 8-2 для соответствующих Классов.
- Боковое выступание препятствует образованию требуемых галтелей припоя.

8.3.2.9.4 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Варианты установки –Эффект «надгробного камня»

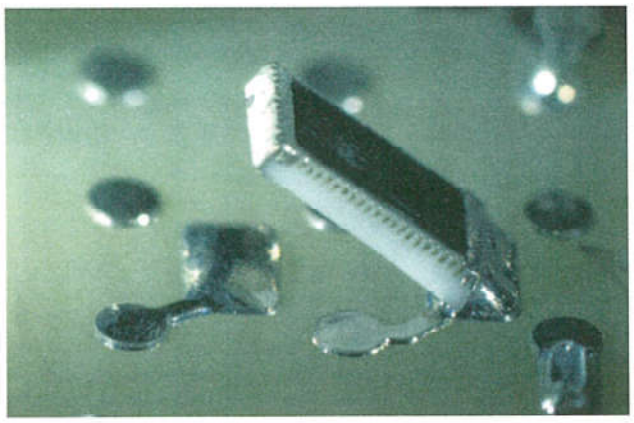


Рисунок 8-46

Дефект – Класс 1,2,3

- Чип-компонент поднимается одним из выводов над контактной площадкой («надгробный камень»).

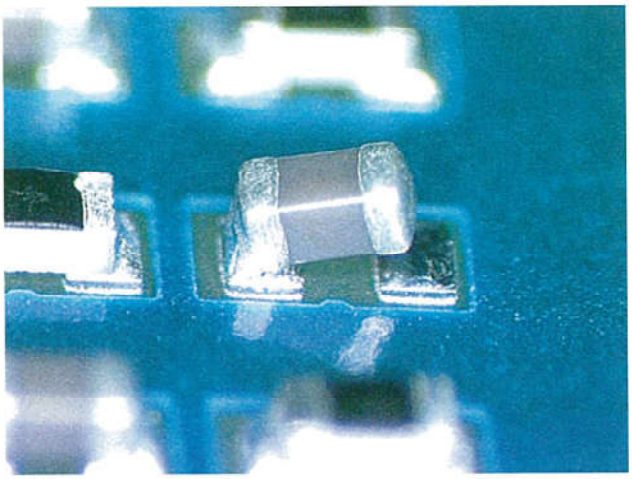


Рисунок 8-47

8.3.2.10 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – – Варианты установки – Контактные поверхности, расположенные по центру

Данные критерии также применяются к чип-компонентам в корпусах цилиндрической формы с контактными поверхностями, расположенными сбоку, см. Рисунок 8-49.

8.3.2.10.1 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Контактные поверхности, расположенные по центру – Ширина пайки на боковой контактной поверхности

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Ширина галтели на боковой контактной поверхности равна ширине контактной поверхности компонента либо ширине контактной площадки, выбирается меньшее значение.

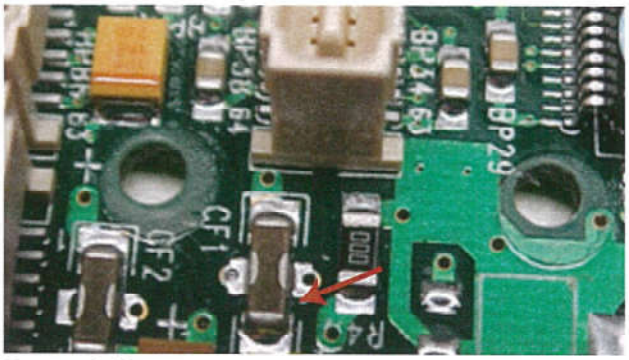


Рисунок 8-48

Приемлемо – Класс 1,2

- Ширина галтели на боковой контактной поверхности составляет не менее 50% ширины контактной поверхности компонента либо 50% ширины контактной площадки, выбирается меньшее значение.

Приемлемо – Класс 3

- Ширина галтели на боковой контактной поверхности составляет не менее 75% ширины контактной поверхности компонента либо 75% ширины контактной площадки, выбирается меньшее значение.

Дефект – Класс 1,2,3

- Ширина галтели меньше допустимой.

8.3.2.10.2 Чип-компоненты с контактными поверхностями прямоугольной или квадратной формы – Контактные поверхности находятся с 1, 3 или 5 сторон – Контактные поверхности, расположенные по центру – Минимальная высота галтели на боковой контактной поверхности

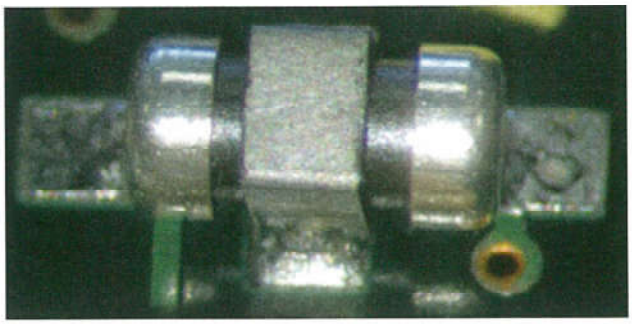


Рисунок 8-49

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Явное смачивание вертикальной грани боковой контактной поверхности компонента.

Рисунок 8-50

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие явного смачивания вертикальной грани боковой контактной поверхности компонента.

8.3.3 Компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами

Данные компоненты в некоторых случаях обозначаются как MELF (Metal Electrode Leadless Face – Безвыводные металлические контактные поверхности). Паяные соединения компонентов с цилиндрическими торцевыми контактами должны соответствовать требованиям к размерам и галтели припоя, приведенным в таблице 8-3 и главах 8.3.3.1 – 8.3.3.8. Пункт 8.3.2.10 включает критерии для цилиндрических компонентов, имеющих также боковые контактные поверхности, см. Рисунок 8-49.

Таблица 8-3 Размерные критерии – Компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами

Характеристика	Разм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Максимальное боковое выступание	A	25% (W) или 25% (P), выбирается меньшее значение; Примечание 1		
Торцевое выступание	B	Не допускается		
Минимальная ширина галтели с торца, Примечание 2	C	Примечание 4	50% (W) или 50% (P), выбирается меньшее значение	
Минимальная длина галтели сбоку	D	Примечания 4, 6	50% (R) или 50% (S), выбирается меньшее значение; Примечание 6	75% (R) или 75% (S), выбирается меньшее значение; Примечание 6
Максимальная высота галтели	E	Примечание 5		
Минимальная высота галтели (с торца и сбоку)	F	Явное смачивание на вертикальных контактных поверхностях компонента.		(G) + 25% (W) или (G) + 1 мм [0,04 дюйма], выбирается меньшее значение.
Толщина припоя	G	Примечание 4		
Минимальное перекрытие на торце	J	Примечания 4, 6	50% (R) Примечание 6	75% (R) Примечание 6
Ширина контактной площадки	P	Примечание 3		
Длина контактной поверхности компонента / металлизации	R	Примечание 3		
Длина контактной площадки	S	Примечание 3		
Диаметр контактной поверхности компонента	W	Примечание 3		

Примечание 1. Не нарушается величина минимального электрического зазора.
Примечание 2. Величина (C) измеряется от точки на стороне галтели припоя, в которой она наиболее узкая.
Примечание 3. Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.
Примечание 4. Явное смачивание припоем.
Примечание 5. Галтель припоя может выступать за пределы контактной площадки и распространяться на верхнюю часть металлизации вывода, однако припой не должен выступать на корпуса компонента.
Примечание 6. Не применяется к компонентам, имеющим контактные поверхности только на торце.

8.3.3.1 Компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами – Боковое выступание (A)

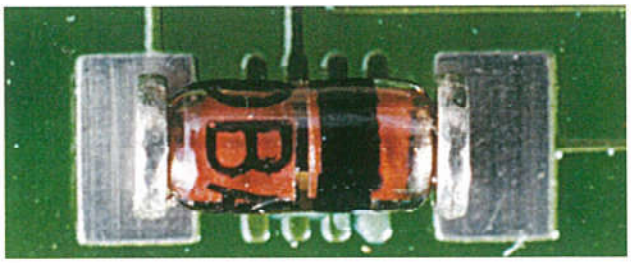


Рисунок 8-51

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие бокового выступания.

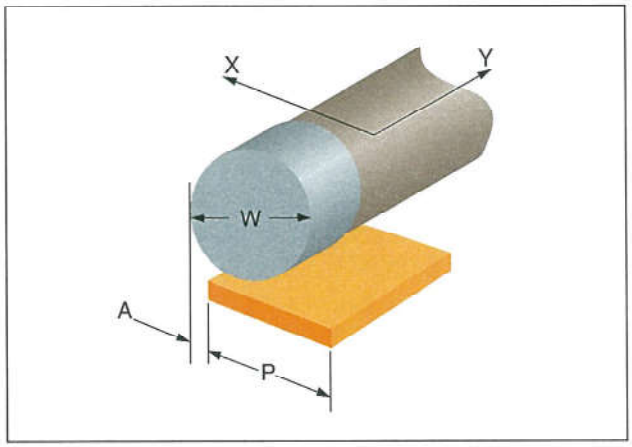


Рисунок 8-52

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Боковое выступание (A) составляет не более 25% диаметра компонента (W) либо ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

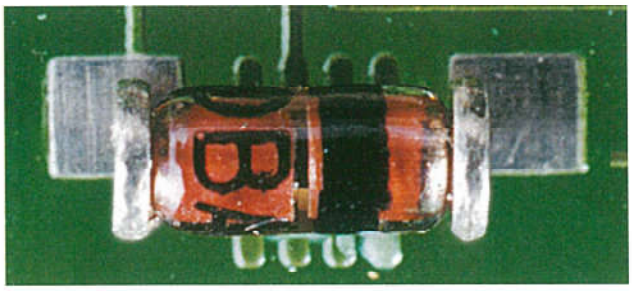


Рисунок 8-53

Дефект – Класс 1,2,3

- Боковое выступание (A) составляет более 25% диаметра компонента (W) либо ширины контактной площадки (P) (выбирается меньшее значение).

8.3.3.2 Компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами – Торцевое выступание (B)

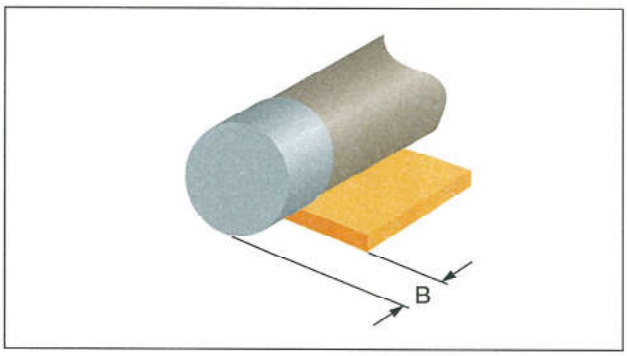


Рисунок 8-54

Желаемый результат – Класс 1,2,3

• Отсутствие торцевого выступания (B).

Дефект – Класс 1,2,3

• Любое торцевое выступание (B).

8.3.3.3 Компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами – Ширина галтели с торца (C)

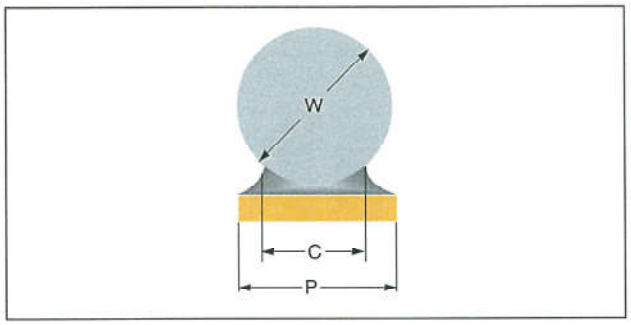


Рисунок 8-55

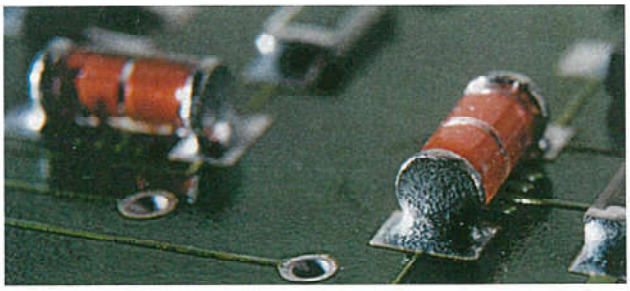


Рисунок 8-56

Рисунок 8-57

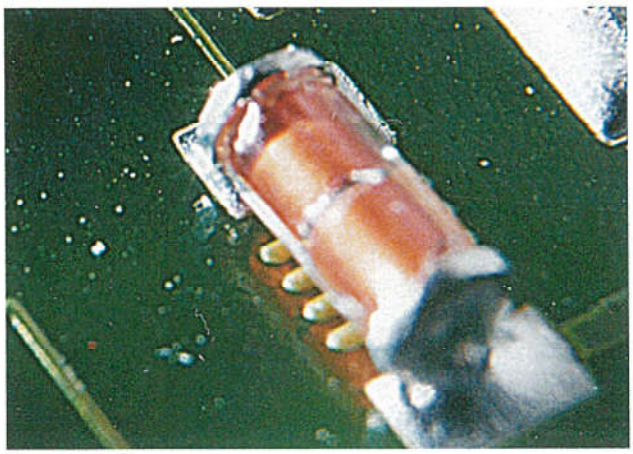


Рисунок 8-58

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Ширина галтели с торца равна или превышает диаметр компонента (W) или ширину площадки (P) (выбирается меньшее значение).

Приемлемо – Класс 1

- Наличие смачивания припоем контактной поверхности с торца компонента.

Приемлемо – Класс 2,3

- Ширина галтели с торца (C) составляет не менее 50% ширины компонента (W) или ширины площадки (P) (выбирается меньшее значение).

Дефект – Класс 1

- Отсутствие смачивания контактной поверхности с торца компонента.

Дефект – Класс 2,3

- Ширина галтели с торца (C) составляет менее 50% ширины компонента (W) или ширины площадки (P) (выбирается меньшее значение).

8.3.3.4 Компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами – Длина галтели сбоку (D)

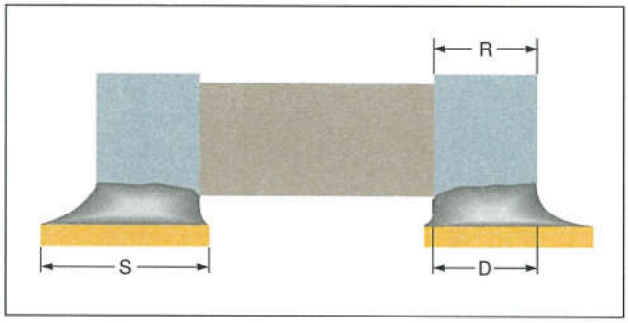


Рисунок 8-59

Рисунок 8-60

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Длина галтели сбоку (D) равняется длине контактной поверхности компонента (R) или длине контактной площадки (S) (выбирается меньшее значение).

Приемлемо – Класс 1

- Длина галтели сбоку (D) демонстрирует смачивание припоем.

Приемлемо – Класс 2

- Длина галтели сбоку (D) составляет не менее 50% длины контактной поверхности компонента (R) или длины контактной площадки (S) (выбирается меньшее значение).

Приемлемо – Класс 3

- Длина галтели сбоку (D) составляет не менее 75% длины контактной поверхности компонента (R) или длины контактной площадки (S) (выбирается меньшее значение).

Дефект – Класс 1

- Длина галтели сбоку (D) не демонстрирует смачивания припоем.

Дефект – Класс 2

- Длина галтели сбоку (D) составляет менее 50% длины контактной поверхности компонента (R) или длины контактной площадки (S) (выбирается меньшее значение).

Дефект – Класс 3

- Длина галтели сбоку (D) составляет менее 75% длины контактной поверхности компонента (R) или длины контактной площадки (S) (выбирается меньшее значение).

8.3.3.5 Компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами – Максимальная высота галтели (E)

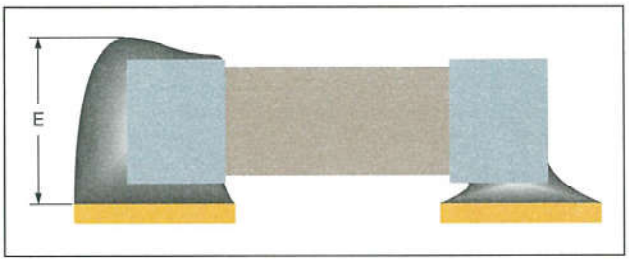


Рисунок 8-61

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Максимальная высота галтели (E) может выступать за пределы контактной площадки и/или превосходить высоту компонента, а также распространяться на верхнюю часть металлизации вывода, однако припой не должен выступать на корпус компонента.

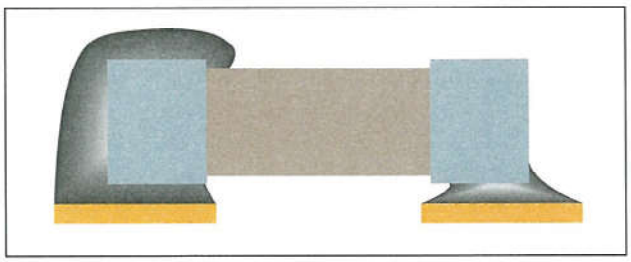


Рисунок 8-62

Дефект – Класс 1,2,3

- Галтель припоя выступает на корпус компонента.

8.3.3.6 Компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами – Минимальная высота галтели (F)

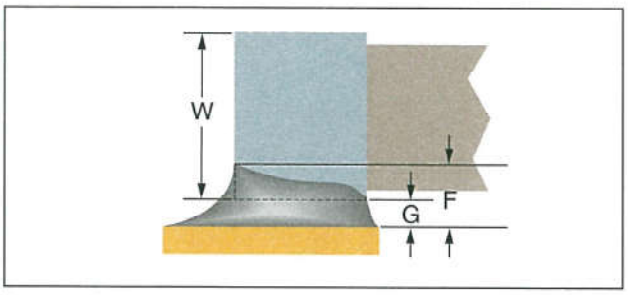


Рисунок 8-63

Приемлемо – Класс 1,2

- Наличие явного смачивания вертикальных контактных поверхностей компонента.

Приемлемо – Класс 3

- Минимальная высота галтели (F) равна толщине припоя (G) плюс либо 25% диаметра (W) вывода компонента, либо 1 мм [0,04 дюйма] (выбирается меньшее значение).

Рисунок 8-64

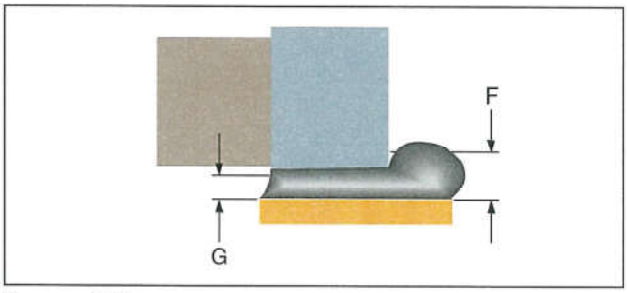


Рисунок 8-65

Дефект – Класс 1,2,3

- Минимальная высота галтели (F) не указывает на наличие смачивания припоем.

Дефект – Класс 3

- Минимальная высота галтели (F) меньше суммы толщины припоя (G) и 25% диаметра (W) вывода компонента или 1 мм [0,04 дюйма] (выбирается меньшее значение).

8.3.3.7 Компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами – Толщина припоя (G)

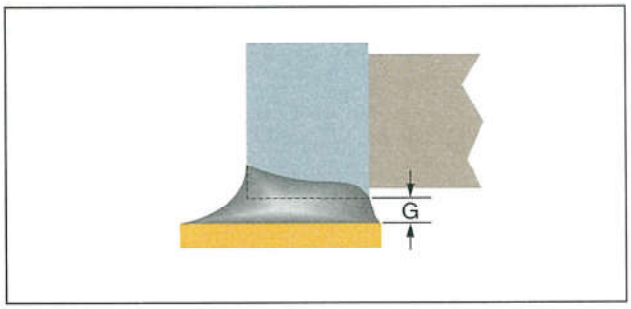


Рисунок 8-66

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Явное смачивание припоем.

Дефект – Класс 1,2,3

• Отсутствие смачивания.

8.3.3.8 Компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами – Перекрытие на торце (J)

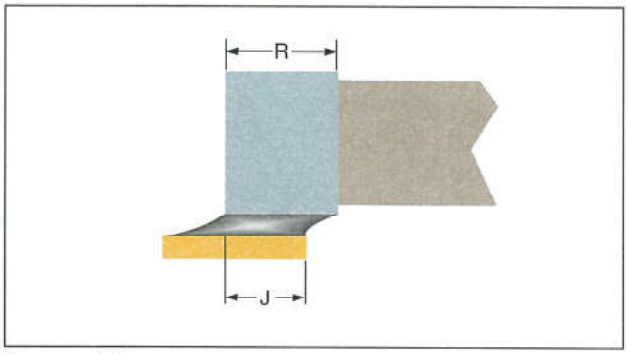


Рисунок 8-67

Приемлемо – Класс 1

- Наличие смачивания припоем.

Приемлемо – Класс 2

- Перекрытие на торце (J) между контактными поверхностями компонента и площадки составляет не менее 50% длины контактной поверхности компонента (R).

Приемлемо – Класс 3

- Перекрытие на торце (J) между контактными поверхностями компонента и площадки составляет не менее 75% длины контактной поверхности компонента (R).

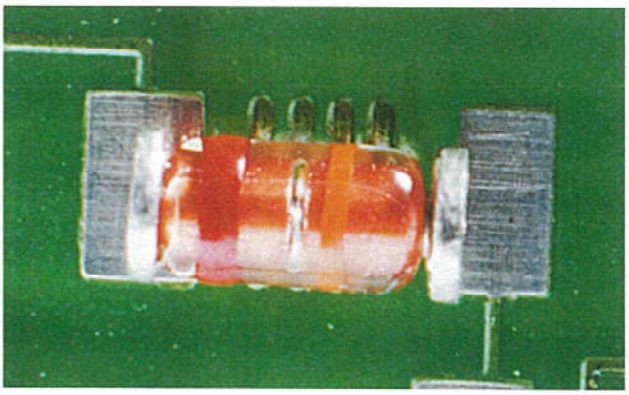


Рисунок 8-68

Дефект – Класс 1,2,3

- Контактная поверхность компонента и площадка не перекрываются.

Дефект – Класс 2

- Перекрытие на торце (J) составляет менее 50% длины контактной поверхности компонента (R).

Дефект – Класс 3

- Перекрытие на торце (J) составляет менее 75% длины контактной поверхности компонента (R).

8.3.4 Компоненты с зубчатыми металлизированными торцами

Соединения компонентов с зубчатыми металлизированными торцами должны отвечать требованиям к размерам и галтели припоя, приведенным в Таблице 8-4 и главах 8.3.4.1 – 8.3.4.7. Галтель может соприкасаться с нижней стороной компонента.

Таблица 8-4 Размерные критерии – Компоненты с зубчатыми металлизированными торцами

Характеристика	Разм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Максимальное боковое выступание	A	50% (W) Примечание 1		25% (W) Примечание 1
Торцевое выступание	B	Не допускается		
Минимальная ширина галтели с торца	C	50% (W)		75% (W)
Минимальная длина галтели сбоку	D	Примечание 3	Глубина зубцов	Глубина зубцов
Максимальная высота галтели	E	Примечания 1, 4		
Минимальная высота галтели	F	Примечание 3	(G) + 25% (H)	(G) + 50% (H)
Толщина припоя	G	Примечание 3		
Высота зубчатых металлизированных торцов	H	Примечание 2		
Длина площадки	S	Примечание 2		
Ширина зубчатых металлизированных торцов	W	Примечание 2		

Примечание 1. Не нарушается величина минимального электрического зазора.
Примечание 2. Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.
Примечание 3. Явное смачивание припоем.
Примечание 4. Галтель при максимальной высоте может распространяться выше зубчатых выводов при условии отсутствия контакта с корпусом компонента.

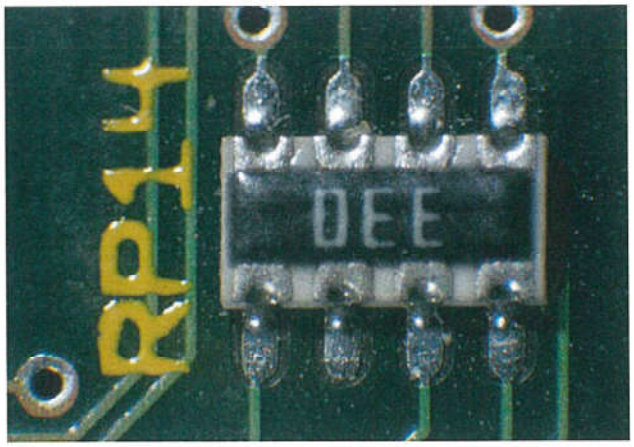


Рисунок 8-69

8.3.4.1 Компоненты с зубчатыми металлизированными торцами – Боковое выступание (A)

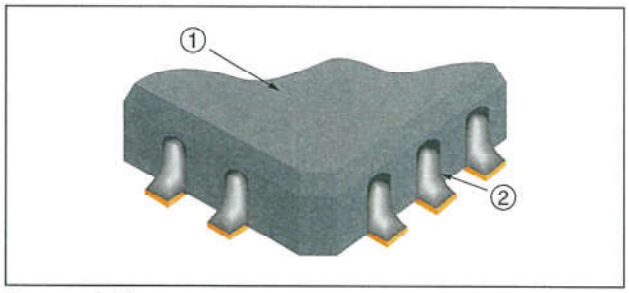


Рисунок 8-70

1. Безвыводный корпус
2. Зубцы (контактные поверхности)

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие бокового выступания.

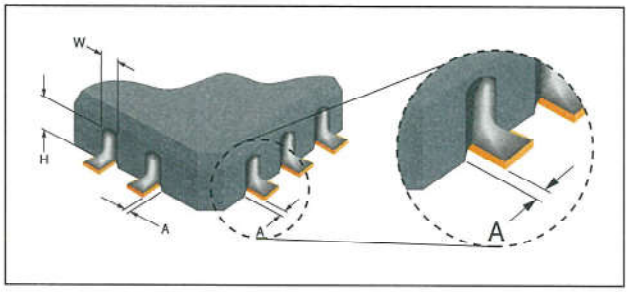


Рисунок 8-71

Приемлемо – Класс 1,2

- Максимальное боковое выступание (A) составляет 50% ширины зубчатых металлизированных торцов (W).

Приемлемо – Класс 3

- Максимальное боковое выступание (A) составляет 25% ширины зубчатых металлизированных торцов (W).

Дефект – Класс 1,2

- Боковое выступание (A) превышает 50% ширины зубчатых металлизированных торцов (W).

Дефект – Класс 3

- Боковое выступание (A) превышает 25% ширины зубчатых металлизированных торцов (W).

8.3.4.2 Компоненты с зубчатыми металлизированными торцами – Торцевое выступание (B)

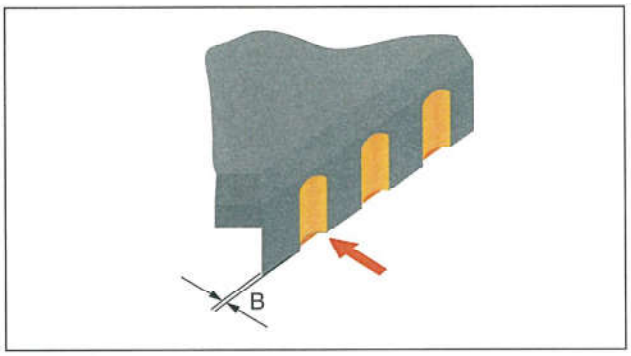


Рисунок 8-72

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Отсутствие торцевого выступания.

Дефект – Класс 1,2,3

- Наличие торцевого выступания (B).

8.3.4.3 Компоненты с зубчатыми металлизированными торцами – Минимальная ширина галтели с торца (C)

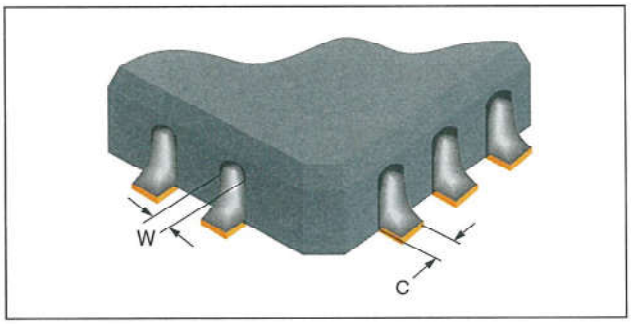


Рисунок 8-73

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Ширина галтели с торца (C) равна ширине зубчатых металлизированных торцов (W).

Приемлемо – Класс 1,2

- Минимальная ширина галтели с торца (C) составляет не менее 50% ширины зубчатых металлизированных торцов (W).

Приемлемо – Класс 3

- Минимальная ширина галтели с торца (C) составляет не менее 75% ширины зубчатых металлизированных торцов (W).

Дефект – Класс 1,2

- Ширина галтели с торца (C) составляет менее 50% ширины зубчатых металлизированных торцов (W).

Дефект – Класс 3

- Ширина галтели с торца (C) составляет менее 75% ширины зубчатых металлизированных торцов (W).

8.3.4.4 Компоненты с зубчатыми металлизированными торцами – Минимальная длина галтели сбоку (D)

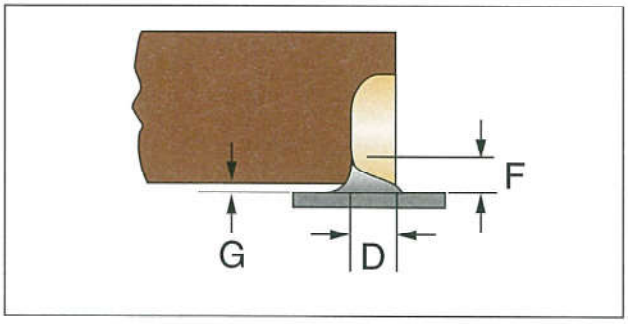


Рисунок 8-74

Приемлемо – Класс 1

- Явное смачивание припоем.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Припой растекается от задней части зубчатого торца к площадке или за кромку компонента.

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие явного смачивания.
- Припой не растекается от задней части зубчатого торца к площадке или за пределы кромки компонента.

8.3.4.5 Компоненты с зубчатыми металлизированными торцами – Максимальная высота галтели (E)

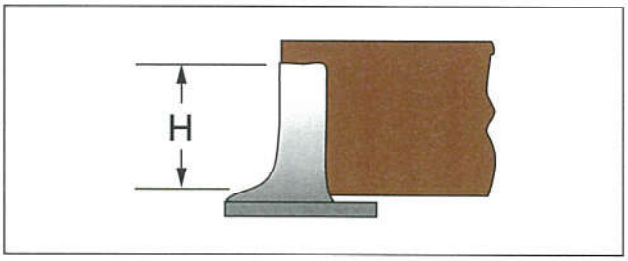


Рисунок 8-75

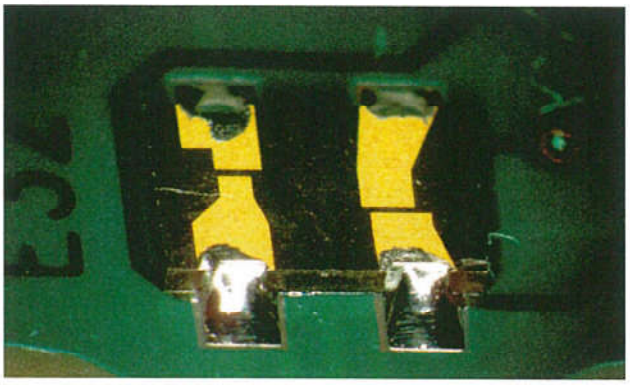


Рисунок 8-76

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Галтель при максимальной высоте может распространяться выше зубчатых выводов при условии отсутствия контакта с корпусом компонента.

Дефект – Класс 1,2,3

- Галтель припоя нарушает величину минимального электрического зазора.
- Припой распространяется выше зубчатых выводов на корпус компонента.

8.3.4.6 Компоненты с зубчатыми металлизированными торцами – Минимальная высота галтели (F)

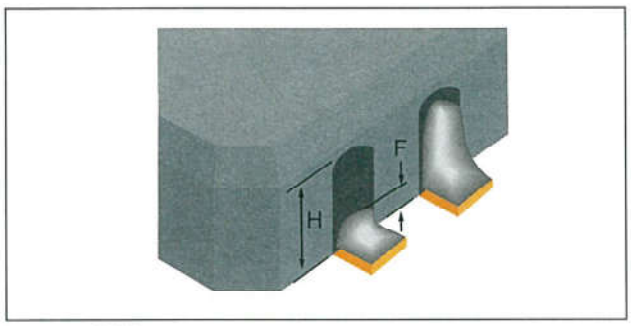


Рисунок 8-77

Приемлемо – Класс 1

• Наличие смачивания припоем.

Приемлемо – Класс 2

• Минимальная высота галтели (F) равняется толщине припоя (G) (не показано) плюс 25% высоты металлизированного зубчатого торца (H).

Приемлемо – Класс 3

• Минимальная высота галтели (F) равняется толщине припоя (G) (не показано) плюс 50% высоты металлизированного зубчатого торца (H).

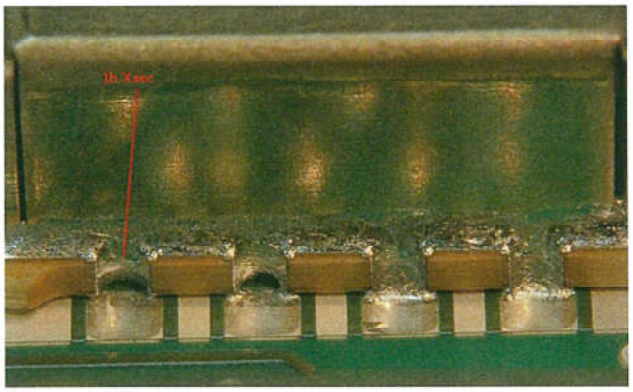


Рисунок 8-78

Дефект – Класс 1

• Отсутствует явное смачивание припоем.

Дефект – Класс 2

• Минимальная высота галтели (F) меньше толщины припоя (G) (не показано) плюс 25% высоты металлизированного зубчатого торца (H).

Дефект – Класс 3

• Минимальная высота галтели (F) меньше толщины припоя (G) (не показано) плюс 50% высоты металлизированного зубчатого торца (H).

8.3.4.7 Компоненты с зубчатыми выводами – Толщина припоя (G)

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Явное смачивание припоем.

Дефект – Класс 1,2,3

• Отсутствие смачивания.

8.3.5 Плоские выводы в форме крыльев чайки

Соединения компонентов с плоскими выводами в форме крыльев чайки должны отвечать требованиям к размерам и галтели припоя, приведенным в Таблице 8-5 и главах 8.3.5.1 – 8.3.5.8.

Таблица 8-5 Требования к размерам – Плоские выводы в форме крыльев чайки

Характеристика		Разм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Максимальное боковое выступание		A	50% (W) или 0,5 мм [0,02 дюйма], выбирается меньшее значение; Примечание 1		25% (W) или 0,5 мм [0,02 дюйма], выбирается меньшее значение; Примечание 1
Максимальное торцевое выступание		B	Примечание 1	Не допустимо, если (L) меньше 3 (W), Примечание 1	
Минимальная ширина галтели припоя с торца		C	50% (W)		75% (W)
Минимальная длина галтели сбоку, Примечание 6	при (L) ≥3 W	D	1 (W) или 0,5 мм [0,02 дюйма], выбирается меньшее значение	3 (W) или 75% L, выбирается большее значение	
	при (L) <3 W			100% (L)	
Максимальная высота галтели со стороны пятки вывода		E	Примечание 4		
Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода	(T) ≤0,4 мм [0,015 дюйма]	F	Примечание 3	(G) + (T), Примечание 5	(G) + (T) Примечание 5
	(T) >0,4 мм [0,015 дюйма]	F		(G) + 50% (T), Примечание 5	
Толщина припоя		G	Примечание 3		
Длина формованной нижней части вывода		L	Примечание 2		
Толщина вывода		T	Примечание 2		
Ширина вывода		W	Примечание 2		

Примечание 1. Не нарушается величина минимального электрического зазора.
Примечание 2. Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией. Если требуется формовка выводов, см. 7.1.2.
Примечание 3. Наличие явного смачивания.
Примечание 4. Припой не касается корпуса компонента или места герметизации вывода, см. 8.2.1.
Примечание 5. Для компонентов с выводами, расположенными носками вниз, минимальная высота галтели на пятке (F) достигает не менее середины внешнего изгиба вывода.

8.3.5.1 Плоские выводы в форме крыльев чайки – Боковое выступание (A)

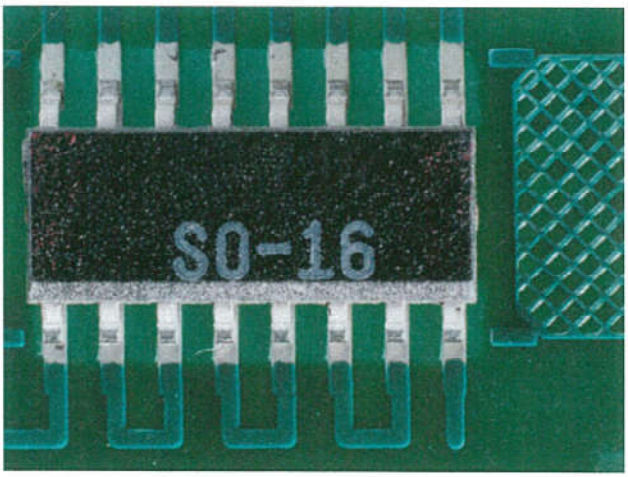


Рисунок 8-79

Желаемый результат – Класс 1,2,3

• Отсутствие бокового выступания.

8.3.5.1 Плоские выводы в форме крыльев чайки – Боковое выступание (A) (продолжение)

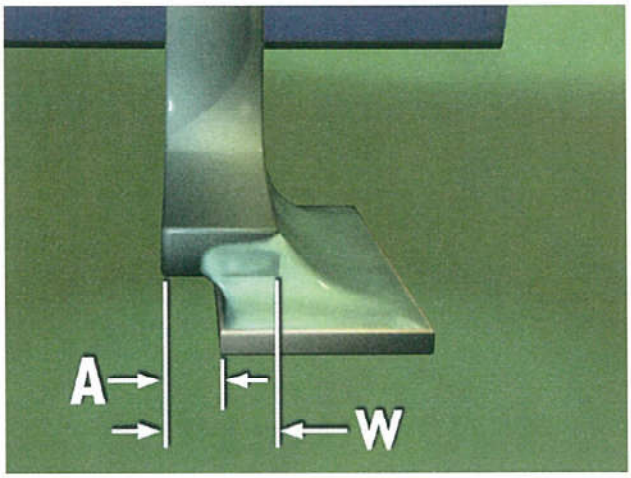


Рисунок 8-80

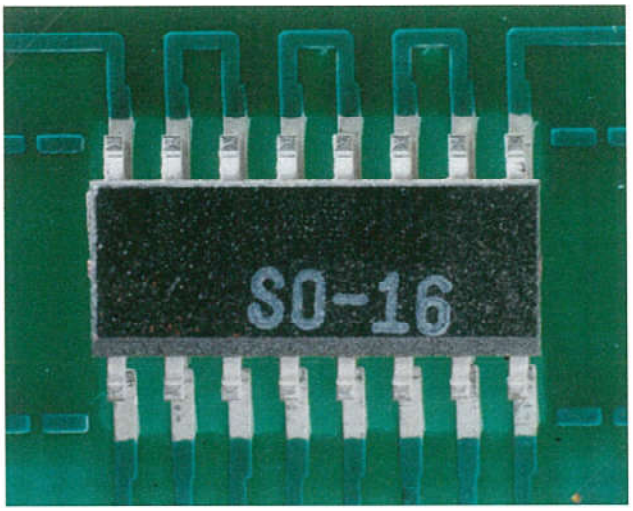


Рисунок 8-81

Приемлемо – Класс 1,2

- Максимальное боковое выступание (A) не превышает 50% ширины вывода(W) или 0,5 мм [0,02 дюйма] (выбирается меньшее значение).

8.3.5.1 Плоские выводы в форме крыльев чайки – Боковое выступание (A) (продолжение)

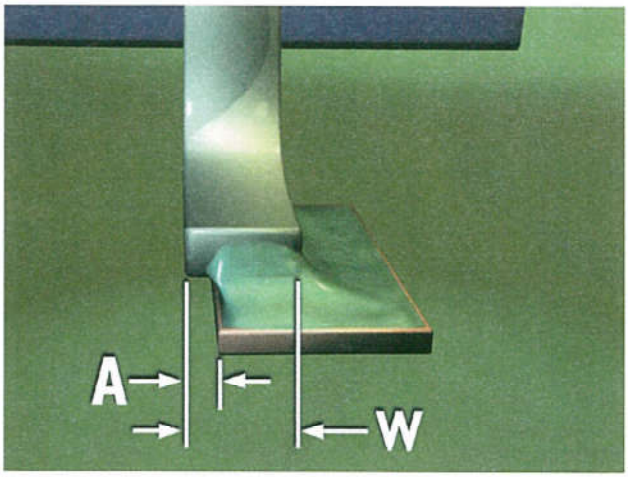


Рисунок 8-82

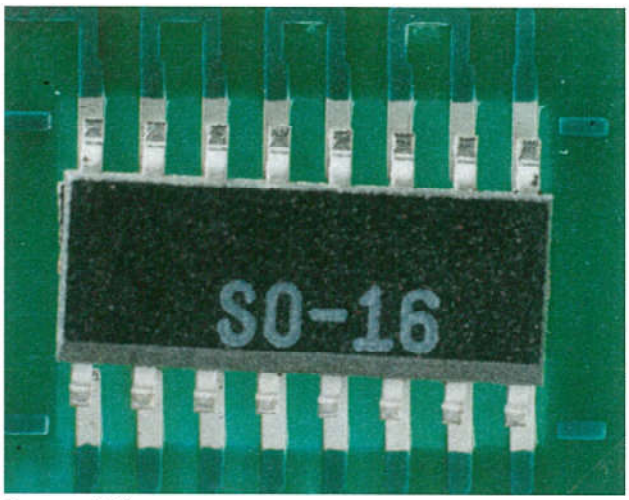


Рисунок 8-83

Приемлемо – Класс 3

- Максимальное боковое выступание (A) не превышает 25% ширины вывода (W) или 0,5 мм [0,02 дюйма] (выбирается меньшее значение).

8.3.5.1 Плоские выводы в форме крыльев чайки – Боковое выступание (A) (продолжение)

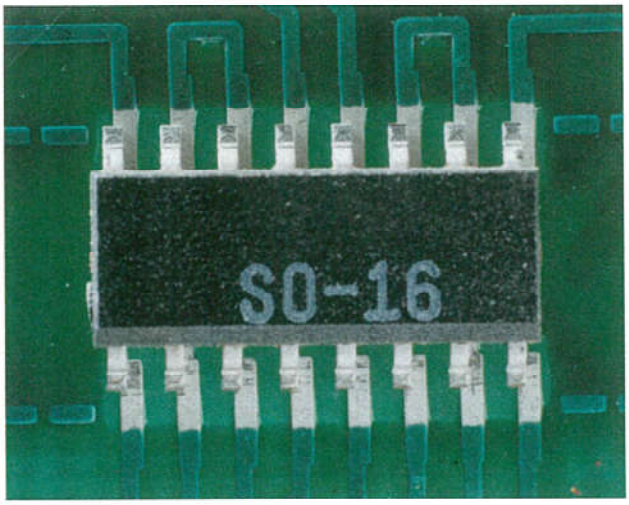


Рисунок 8-84

Дефект – Класс 1,2

- Максимальное боковое выступание (A) превышает 50% ширины вывода(W) или 0,5 мм [0,02 дюйма] (выбирается меньшее значение).

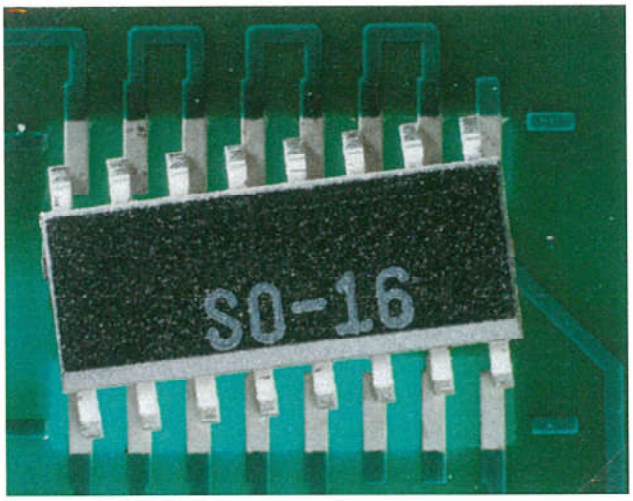


Рисунок 8-85

Дефект – Класс 3

- Максимальное боковое выступание (A) превышает 25% ширины вывода(W) или 0,5 мм [0,02 дюйма] (выбирается меньшее значение).

8.3.5.2 Плоские выводы в форме крыльев чайки – Торцевое выступание (B)

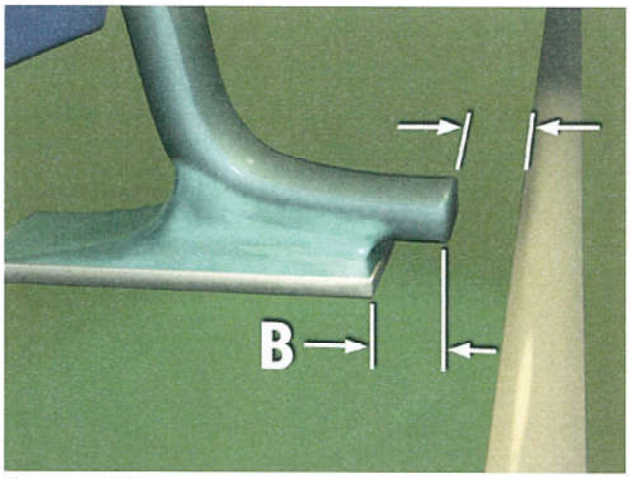


Рисунок 8-86

Приемлемо – Класс 2,3

- Длина формованной нижней части (см. Рисунок 8-94) вывода больше, чем 3 ширины вывода (W).

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Торцевое выступание не нарушает величины минимального электрического зазора.

Дефект – Класс 2,3

- Длина формованной нижней части вывода меньше, чем 3 ширины вывода (W).

Дефект – Класс 1,2,3

- Торцевое выступание нарушает величину минимального электрического зазора.

8.3.5.3 Плоские выводы в форме крыльев чайки – Минимальная ширина галтели с торца (C)

Рисунок 8-87

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Ширина галтели с торца равна или превышает ширину вывода.

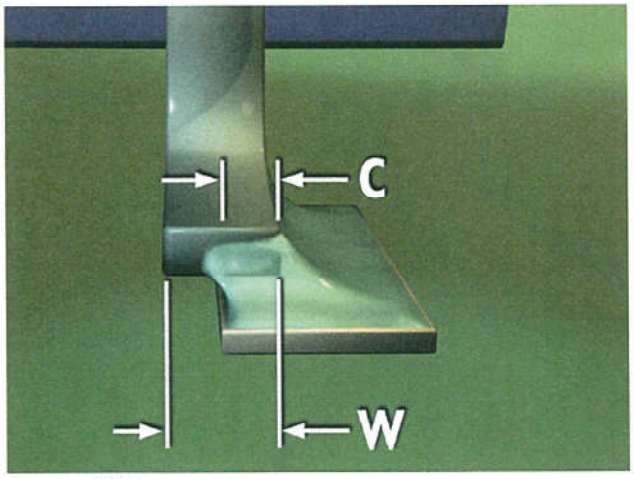


Рисунок 8-88

Приемлемо – Класс 1,2

- Минимальная ширина галтели припоя с торца (C) равна 50% ширины вывода (W).

8.3.5.3 Плоские выводы в форме крыльев чайки – Минимальная ширина галтели с торца (C) (продолжение)

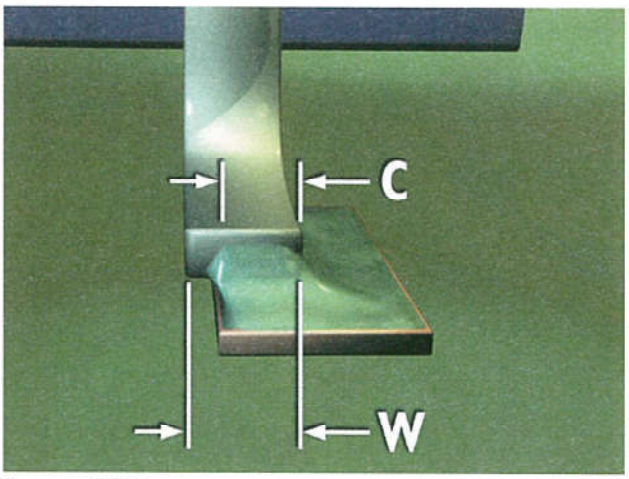


Рисунок 8-89

Приемлемо – Класс 3

- Минимальная ширина галтели припоя с торца (C) равна 75% ширины вывода (W).

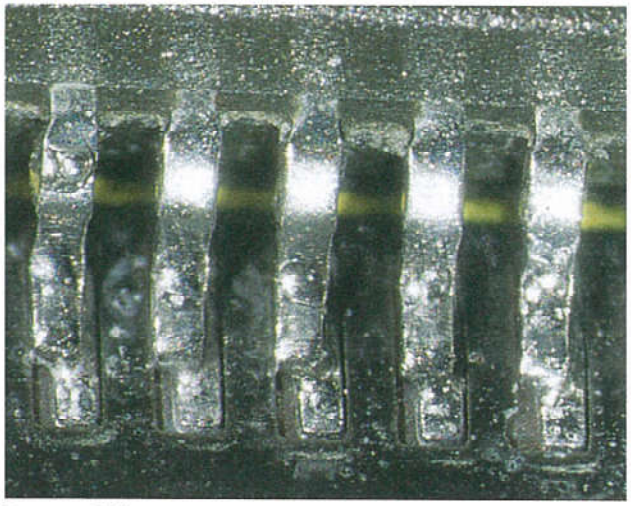


Рисунок 8-90

Дефект – Класс 1,2

- Минимальная ширина галтели припоя с торца (C) составляет менее 50% ширины вывода (W).

Дефект – Класс 3

- Минимальная ширина галтели припоя с торца (C) составляет менее 75% ширины вывода (W).

8.3.5.4 Плоские выводы в форме крыльев чайки – Минимальная длина галтели сбоку (D)

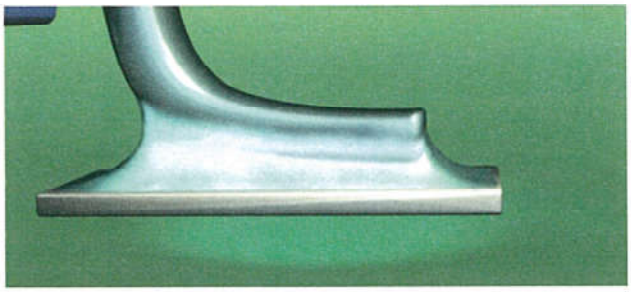


Рисунок 8-91

Рисунок 8-92

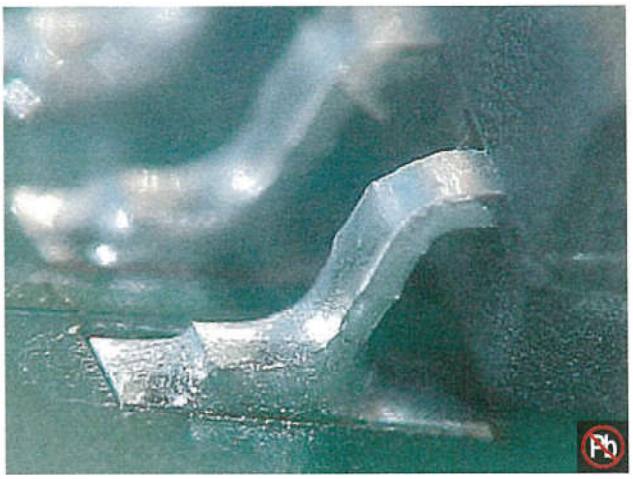


Рисунок 8-93

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Наличие смачивания припоем по всей длине «стопы» вывода.

8.3.5.4 Плоские выводы в форме крыльев чайки – Минимальная длина галтели сбоку (D) (продолжение)

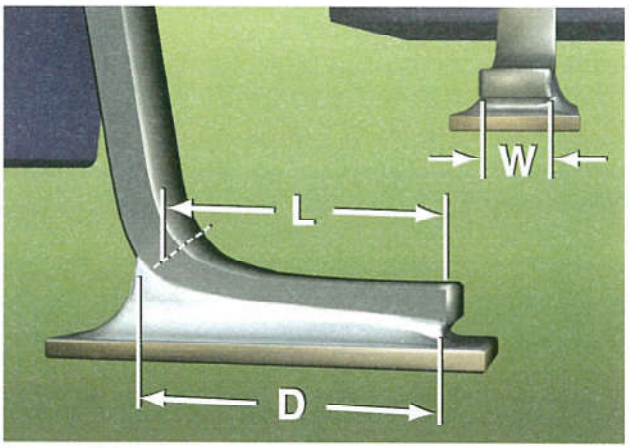


Рисунок 8-94

Приемлемо – Класс 1

- Минимальная длина галтели сбоку (D) равна ширине вывода (W) или 0,5 мм [0, 02 дюйма] (выбирается меньшее значение) (не показано).

Приемлемо – Класс 2,3

- При длине формованной части вывода (L) более трех (W) минимальная длина галтели сбоку (D) равна или превышает три ширины вывода (W), см. Рисунок 8-94.
- При длине формованной части вывода (L) менее трех (W) минимальная длина галтели (D) равна 100% (L), см. Рисунок 8-95.

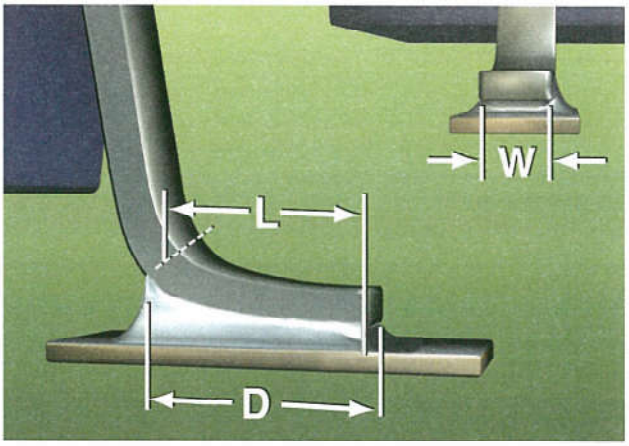


Рисунок 8-95

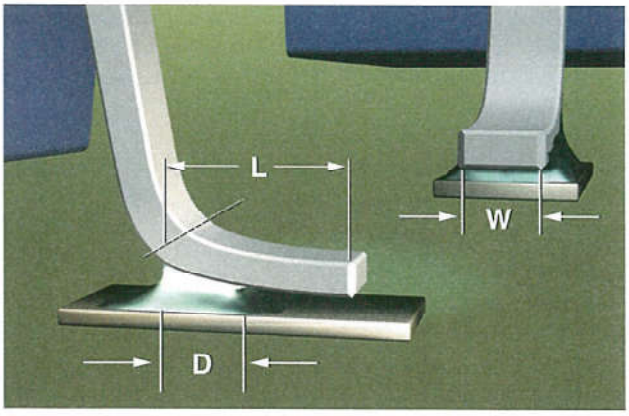


Рисунок 8-96

Дефект – Класс 1

- Минимальная длина галтели сбоку (D) меньше ширины вывода (W) или 0,5 мм [0,02 дюйма] (выбирается меньшее значение).

Дефект – Класс 2,3

- При длине формованной части вывода (L) более трех (W) длина галтели сбоку (D) меньше, чем три ширины вывода (W) или 75% (L) (выбирается большее значение).
- При длине формованной части вывода (L) менее трех (W) минимальная длина галтели (D) меньше 100% (L).

8.3.5.5 Плоские выводы в форме крыльев чайки – Максимальная высота галтели со стороны пятки вывода (E)

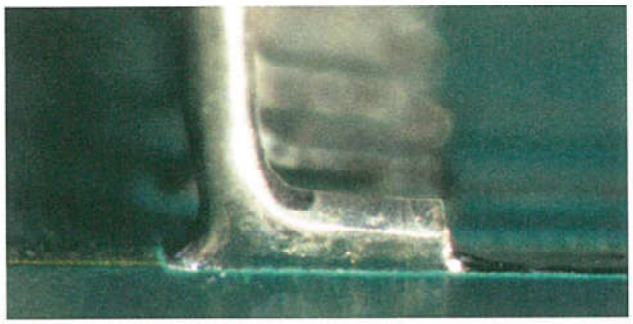


Рисунок 8-97

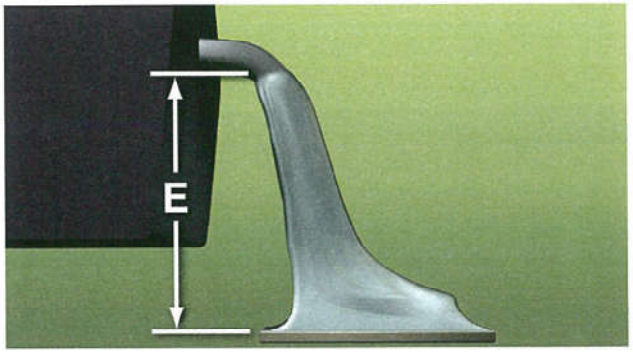


Рисунок 8-98

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Высота галтели на пятке превышает толщину вывода, но не распространяется выше верхнего изгиба вывода.
- Припой не соприкасается с корпусом компонента.

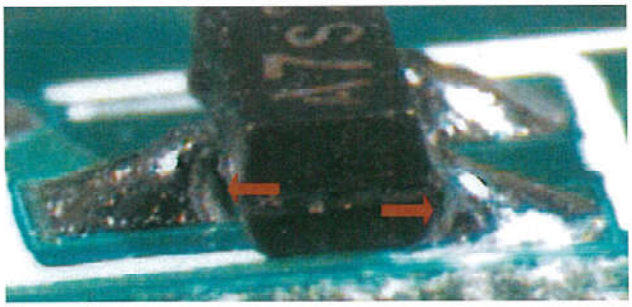


Рисунок 8-99

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Припой соприкасается с пластиковым корпусом компонента типа SOIC («small outline packages» – «малогабаритные корпуса», такие как SOT, SOD), см. Рисунок 8-99.
- Припой не соприкасается с керамическим или металлическим корпусом компонента.

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Припой соприкасается с корпусом пластикового компонента, за исключением компонентов типа SOIC («small outline packages» – «малогабаритные корпуса», такие как SOT, SOD).

Дефект – Класс 1,2,3

- Припой соприкасается с керамическим или металлическим корпусом компонента.

8.3.5.6 —Плоские выводы в форме крыльев чайки – Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода (F)

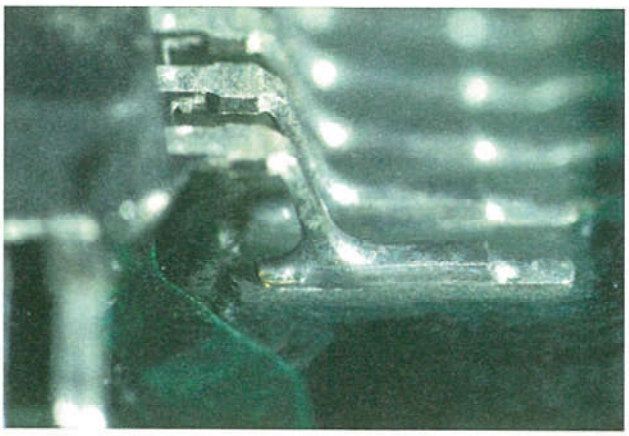


Рисунок 8-100

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Высота галтели на пятке (F) превышает сумму толщины припоя (G) и толщины вывода (T), но не распространяется выше верхнего изгиба вывода.

Приемлемо – Класс 1

- Явное смачивание припоем.

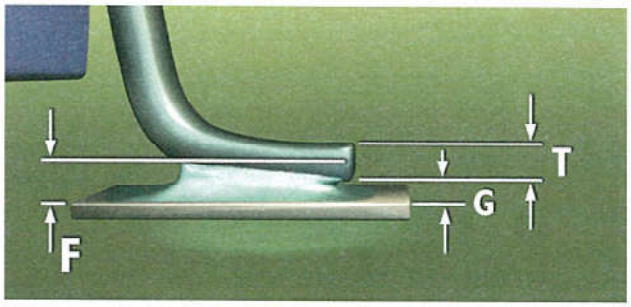


Рисунок 8-101

Приемлемо – Класс 2

- Если толщина вывода (T) не превышает 0,4 мм [0,015 дюйма], минимальная высота галтели на пятке равна сумме толщины припоя (G) и толщины вывода (T).
- Если толщина вывода (T) превышает 0,4 мм [0,015 дюйма], минимальная высота галтели на пятке равна сумме толщины припоя (G) и 50% толщины вывода (T).

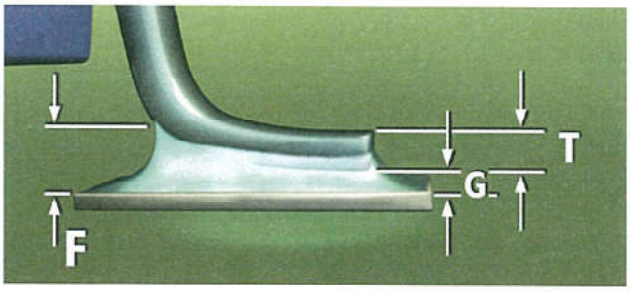


Рисунок 8-102

Приемлемо – Класс 3

- Минимальная высота галтели на пятке (F) равняется сумме толщины припоя (G) и толщины вывода (T) со стороны соединения.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Для выводов с носком, загнутым вниз , см. Рисунок 8-103, минимальная высота галтели на пятке (F) достигает не менее середины внешнего изгиба вывода.

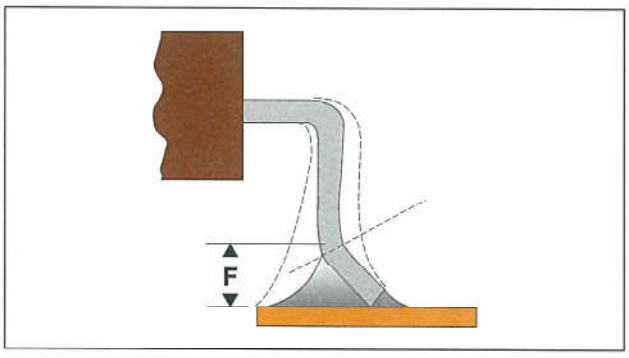


Рисунок 8-103

8.3.5.6 Плоские выводы в форме крыльев чайки – Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода (F) (продолжение)

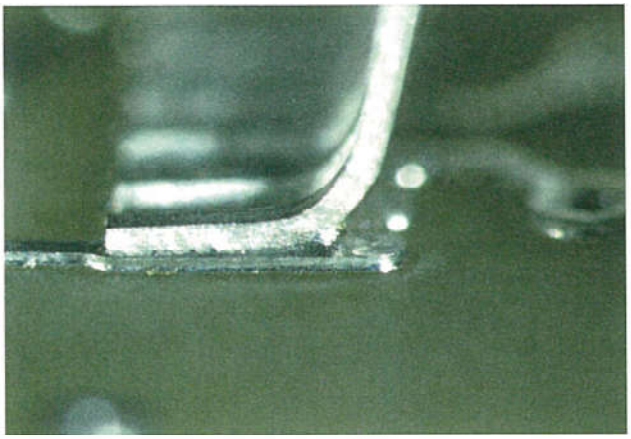


Рисунок 8-104

Дефект – Класс 1

- Отсутствует явное смачивание припоем.

Дефект – Класс 2

- Если толщина вывода (T) не превышает 0,4 мм [0,015 дюйма], минимальная высота галтели на пятке меньше суммы толщины припоя (G) и толщины вывода (T).
- Если толщина вывода (T) превышает 0,4 мм [0,015 дюйма], минимальная высота галтели на пятке меньше суммы толщины припоя (G) и 50% толщины вывода (T).

Дефект – Класс 3

- Минимальная высота галтели на пятке вывода (F) меньше суммы толщины припоя (G) и толщины вывода (T) со стороны соединения.

Дефект – Класс 1,2,3

- Для выводов с носком, загнутым вниз, минимальная высота галтели на пятке (F) не достигает середины внешнего изгиба вывода.

8.3.5.7 Плоские выводы в форме крыльев чайки – Толщина припоя (G)

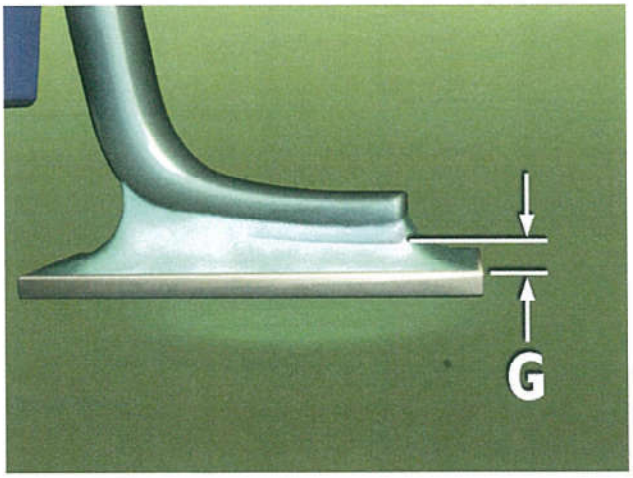


Рисунок 8-105

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Явное смачивание припоем.

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие смачивания.

8.3.5.8 Плоские выводы в форме крыльев чайки – Компланарность выводов

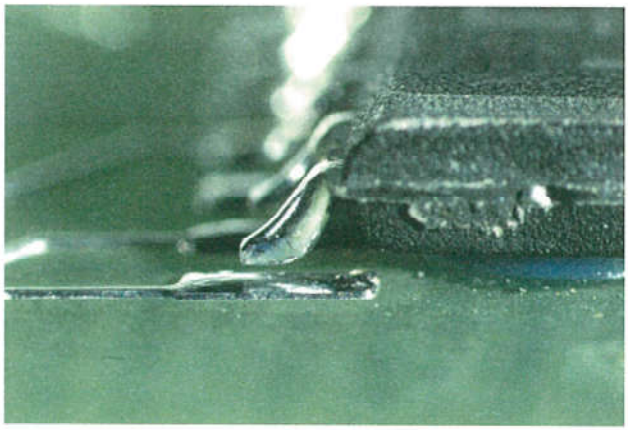


Рисунок 8-106

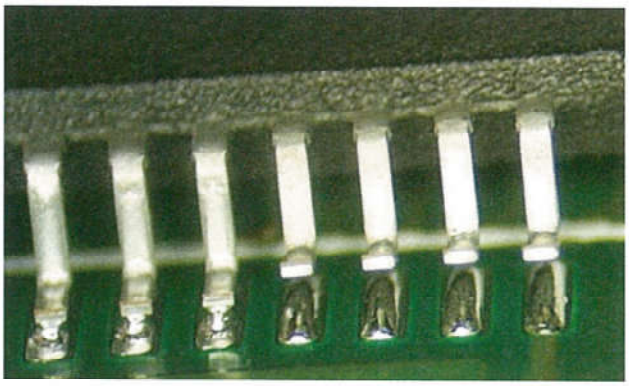


Рисунок 8-107

Дефект – Класс 1,2,3

- Вывод(ы) компонента не компланарны и препятствуют образованию приемлемого паяного соединения.

8.3.6 Круглые и уплощенные выводы в форме крыльев чайки

Соединения компонентов с круглыми или уплощенными выводами должны отвечать требованиям к размерам и галтели припоя, приведенным в Таблице 8-6 и главах 8.3.6.1 – 8.3.6.9.

Таблица 8-6 Размерные критерии – Характеристики круглых и уплощенных выводов в форме крыльев чайки

Характеристика	Разм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Максимальное боковое выступание	A	50% (W) или 0,5 мм [0,02 дюйма], (выбирается меньшее значение); Примечание 1		25% (W) или 0,5 мм [0,02 дюйма], (выбирается меньшее значение); Примечание 1
Максимальное торцевое выступание	B	Примечание 1		
Минимальная ширина галтели припоя с торца	C	Примечание 3		75% (W)
Минимальная длина галтели сбоку	D	100% (W)		150% (W)
Максимальная высота галтели со стороны пятки вывода	E	Примечание 4		
Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода	F	Примечание 3	(G) + 50% (T) Примечание 5	(G) + (T) Примечание 5
Толщина припоя	G	Примечание 3		
Длина формованной нижней части вывода	L	Примечание 2		
Минимальная высота галтели сбоку	Q	Примечание 3	(G) + 50% (T)	
Толщина вывода со стороны соединения	T	Примечание 2		
Диаметр круглого или ширина уплощенного вывода	W	Примечание 2		

Примечание 1. Не нарушается величина минимального электрического зазора.
Примечание 2. Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.
Примечание 3. Явное смачивание припоем.
Примечание 4. Припой не касается корпуса компонента или места герметизации вывода, см. пункт 8.2.1.
Примечание 5. Для компонентов с выводами, расположенными носками вниз, минимальная высота галтели со стороны пятки вывода (F) достигает не менее середины внешнего изгиба вывода.

8.3.6.1 Круглые и уплощенные выводы в форме крыльев чайки – Боковое выступание (A)

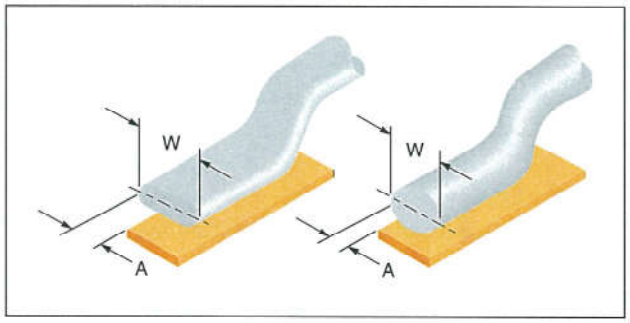


Рисунок 8-108

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Боковое выступание отсутствует.

Приемлемо – Класс 1,2

- Боковое выступание (A) не превышает 50% ширины/диаметра вывода (W) или 0,5 мм [0,02 дюйма] (выбирается меньшее значение).

Приемлемо – Класс 3

- Боковое выступание (A) не превышает 25% ширины/диаметра вывода (W) или 0,5 мм [0,02 дюйма] (выбирается меньшее значение).

Дефект – Класс 1,2

- Боковое выступание (A) превышает 50% ширины/диаметра вывода (W) или 0,5 мм [0,02 дюйма] (выбирается большее значение).

Дефект – Класс 3

- Боковое выступание (A) превышает 25% ширины/диаметра вывода (W) или 0,5 мм [0,02 дюйма] (выбирается большее значение).

8.3.6.2 Круглые и уплощенные выводы в форме крыльев чайки – Торцевое выступание (B)

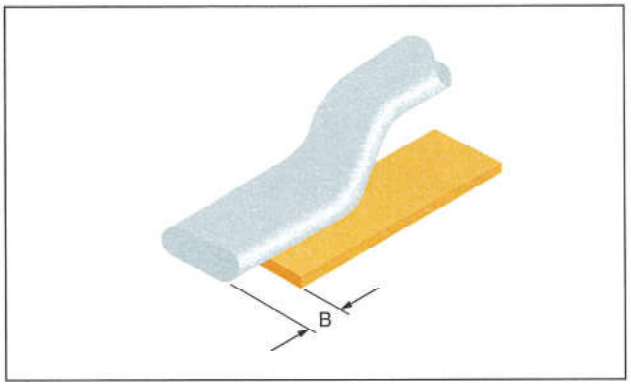


Рисунок 8-109

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Торцевое выступание (B) не установлено.
- Не нарушает величину минимального электрического зазора.

Дефект – Класс 1,2,3

- Торцевое выступание нарушает величину минимального электрического зазора.

8.3.6.3 Круглые и уплощенные выводы в форме крыльев чайки – Минимальная ширина галтели с торца (C)

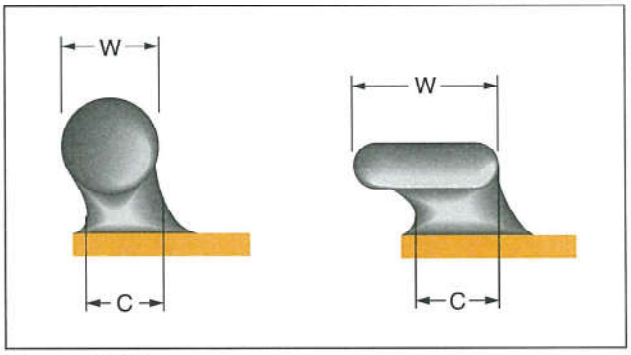


Рисунок 8-110

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Ширина галтели с торца (C) равна или больше ширины/диаметра вывода (W).

Приемлемо – Класс 1,2

- Явное смачивание припоем с торца.

Приемлемо – Класс 3

- Ширина галтели с торца (C) составляет не менее 75% ширины/диаметра вывода (W).

Дефект – Класс 1,2

- Отсутствие явного смачивания припоем с торца.

Дефект – Класс 3

- Минимальная ширина галтели с торца (C) меньше 75% ширины/диаметра вывода (W).

8.3.6.4 Круглые и уплощенные выводы в форме крыльев чайки – Минимальная длина галтели сбоку (D)

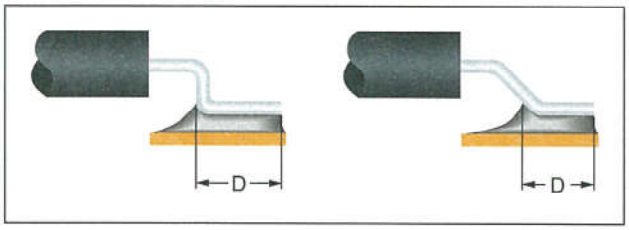


Рисунок 8-111

Приемлемо – Класс 1,2

- Длина галтели сбоку (D) равна ширине/диаметру вывода (W).

Приемлемо – Класс 3

- Минимальная длина галтели сбоку (D) равна 150% ширины/диаметра вывода (W).

Дефект – Класс 1,2

- Длина галтели сбоку (D) меньше ширины/диаметра вывода (W).

Дефект – Класс 3

- Минимальная длина галтели сбоку (D) меньше 150% ширины/диаметра вывода (W).

8.3.6.5 Круглые и уплощенные выводы в форме крыльев чайки – Максимальная высота галтели со стороны пятки вывода (E)

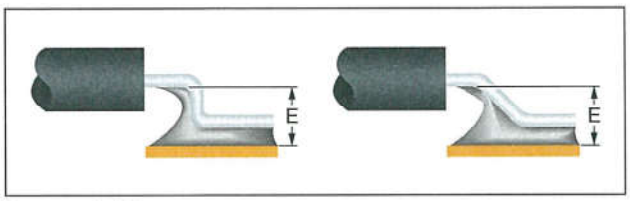


Рисунок 8-112

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Высота галтели со стороны пятки превышает высоту вывода, но не затекает выше его верхнего изгиба.
- Припой не соприкасается с корпусом компонента.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Припой соприкасается с пластиковым корпусом компонента типа SOIC («small outline packages» – «малогабаритные корпуса», такие как SOT, SOD).
- Припой не соприкасается с керамическим или металлическим корпусом компонента.

Дефект – Класс 1

- Отсутствует явное смачивание припоем.

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Припой соприкасается с корпусом пластикового компонента, за исключением компонентов типа SOIC («small outline packages» – «малогабаритные корпуса», такие как SOT, SOD).
- Припой соприкасается с керамическим или металлическим корпусом компонента.

Дефект – Класс 1,2,3

- Избыточное количество припоя нарушает величину минимального электрического зазора.

8.3.6.6 Круглые и уплощенные выводы в форме крыльев чайки – Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода (F)

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Для выводов с носком, загнутым вниз (не показано), минимальная высота галтели со стороны пятки (F) достигает не менее середины внешнего изгиба вывода.

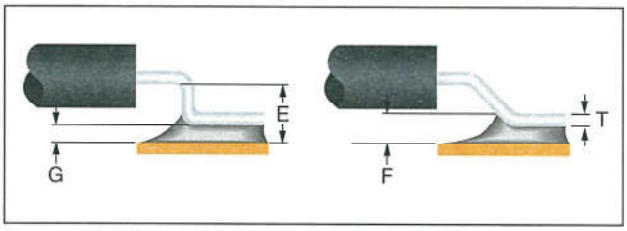


Рисунок 8-113

Приемлемо – Класс 1

- Явное смачивание припоем.

Приемлемо – Класс 2

- Минимальная высота галтели со стороны пятки (F) равна сумме толщины припоя (G) и 50% толщины вывода со стороны соединения (T).

Приемлемо – Класс 3

- Минимальная высота галтели со стороны пятки (F) равна сумме толщины припоя (G) и толщины вывода со стороны соединения (T).

Дефект – Класс 1

- Отсутствует явное смачивание припоем.

Дефект – Класс 2

- Минимальная высота галтели со стороны пятки (F) меньше суммы толщины припоя (G) и 50% толщины вывода со стороны соединения (T).

Дефект – Класс 3

- Минимальная высота галтели со стороны пятки (F) меньше суммы толщины припоя (G) и толщины вывода со стороны соединения (T).

Дефект – Класс 2,3

- Для выводов с носком, загнутым вниз (не показано), минимальная высота галтели со стороны пятки (F) не достигает середины внешнего изгиба вывода.

8.3.6.7 Круглые и уплощенные выводы в форме крыльев чайки – Толщина припоя (G)

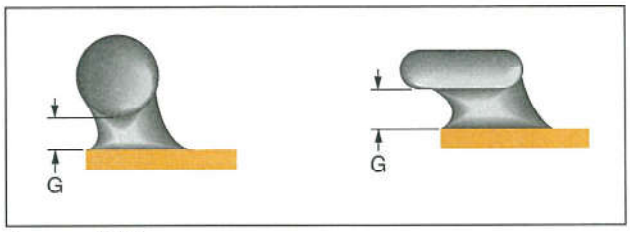


Рисунок 8-114

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Явное смачивание припоем.

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие смачивания.

8.3.6.8 Круглые и уплощенные выводы в форме крыльев чайки – Минимальная высота контакта сбоку (Q)

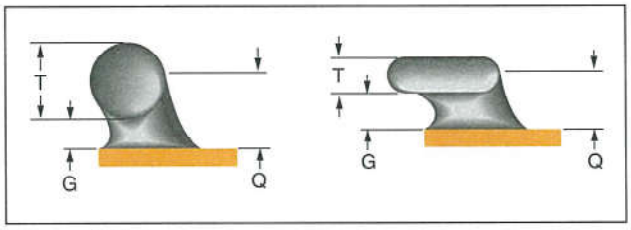


Рисунок 8-115

Приемлемо – Класс 1

- Явное смачивание припоем.

Приемлемо – Класс 2,3

- Минимальная высота контакта сбоку (Q) составляет не менее суммы толщины припоя (G) и 50% толщины вывода (T).

Дефект – Класс 1

- Отсутствие явного смачивания припоем.

Дефект – Класс 2,3

- Минимальная высота контакта сбоку (Q) составляет менее суммы толщины припоя (G) и 50% толщины вывода (T).

8.3.6.9 Круглые и уплощенные выводы в форме крыльев чайки – Компланарность выводов

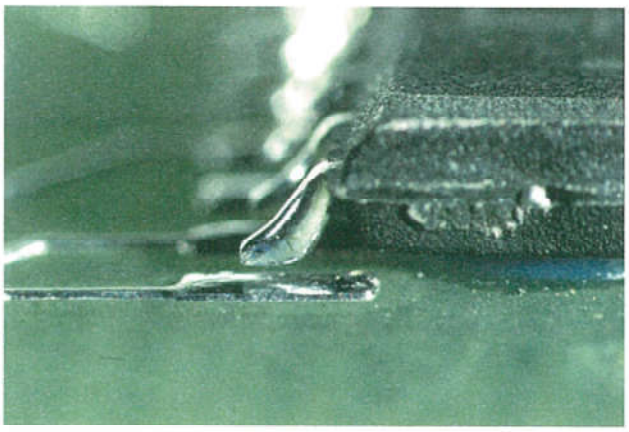


Рисунок 8-116

Дефект – Класс 1,2,3

- Вывод(ы) компонента не компланарны и препятствуют образованию приемлемого паяного соединения.

8.3.7 J-образные выводы

Соединения компонентов с J-образными выводами **должны** отвечать требованиям к размерам и галтели припоя, приведенным в Таблице 8-7 и главах 8.3.7.1 – 8.3.7.8.

Таблица 8-7 Размерные критерии – J-образные выводы

Таблица	Разм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Максимальное боковое выступание	A	50% (W) Примечание 1		25% (W) Примечание 1
Максимальное торцевое выступание	B	Примечание 1,2		
Минимальная ширина галтели припоя с торца	C	50% (W)		75% (W)
Минимальная длина галтели сбоку	D	Примечание 3	150% (W)	
Максимальная высота галтели	E	Примечание 4		
Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода	F	(G) + 50% (T)		(G) + (T)
Толщина припоя	G	Примечание 3		
Толщина вывода	T	Примечание 2		
Ширина вывода	W	Примечание 2		

Примечание 1. Не нарушает величину минимального электрического зазора.
Примечание 2. Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.
Примечание 3. Явное наличие смачивания.
Примечание 4. Припой не соприкасается с корпусом компонента или местом герметизации вывода, см.8.2.1.

8.3.7.1 J-образные выводы – Боковое выступание (A)

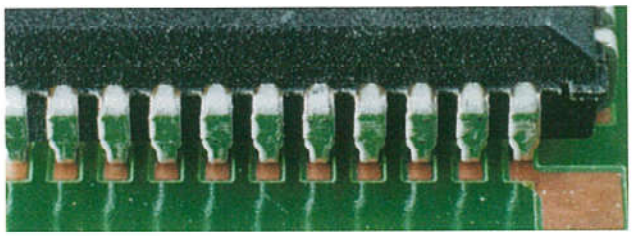


Рисунок 8-117

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие бокового выступания.

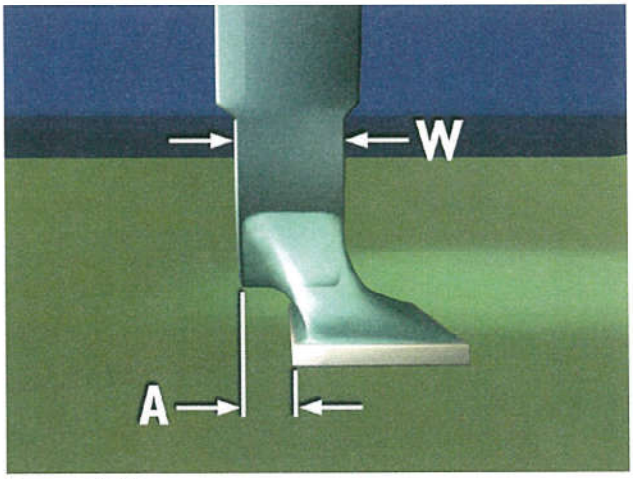


Рисунок 8-118

Приемлемо – Класс 1,2

- Боковое выступание (A) равно или меньше 50% ширины вывода (W).

8.3.7.1 J-образные выводы – Боковое выступание (A) (продолжение)

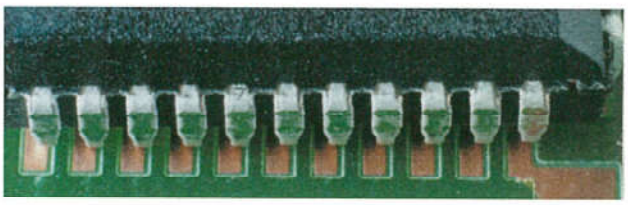


Рисунок 8-119

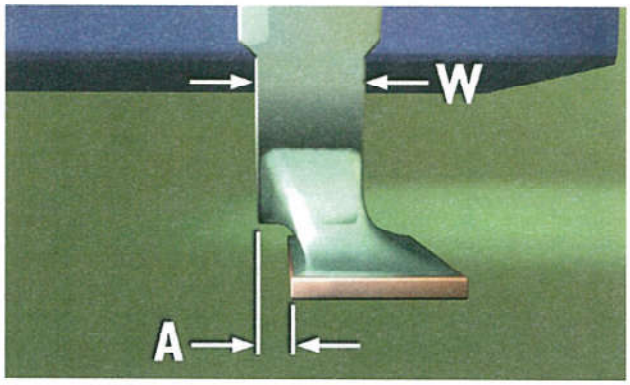


Рисунок 8-120

Приемлемо – Класс 3

- Боковое выступание (A) равно или меньше 25% ширины вывода (W).

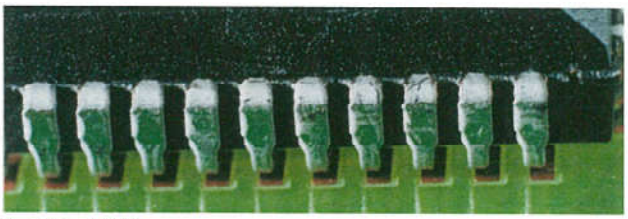


Рисунок 8-121

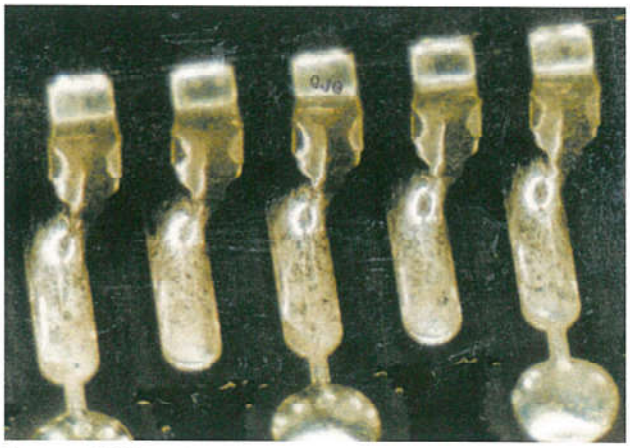


Рисунок 8-122

Дефект – Класс 1,2

- Боковое выступание превышает 50% ширины вывода (W).

Дефект – Класс 3

- Боковое выступание превышает 25% ширины вывода (W).

8.3.7.2 J-образные выводы – Торцевое выступание (B)

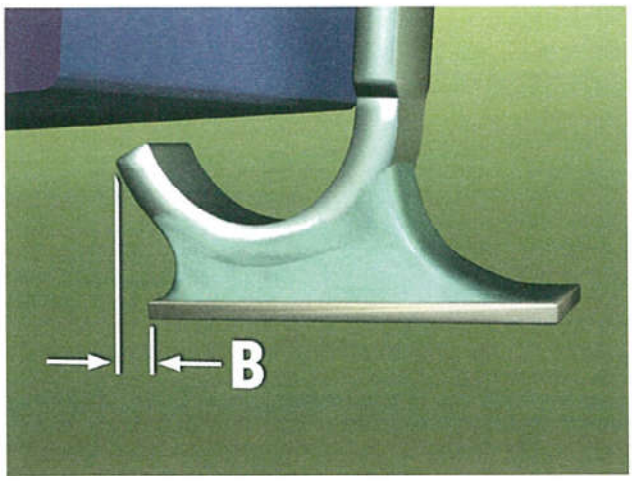


Рисунок 8-123

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Торцевое выступание (B) не является установленным параметром.

8.3.7.3 J-образные выводы – Ширина галтели с торца (C)

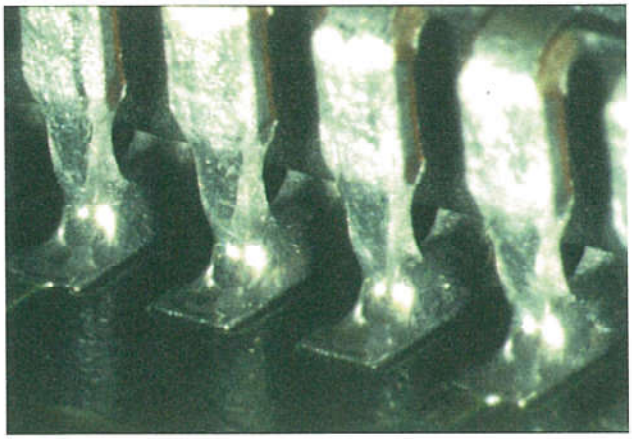


Рисунок 8-124

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Ширина галтели припоя с торца (C) равна или больше ширины вывода (W).

8.3.7.3 J-образные выводы – Ширина галтели с торца (C) (продолжение)

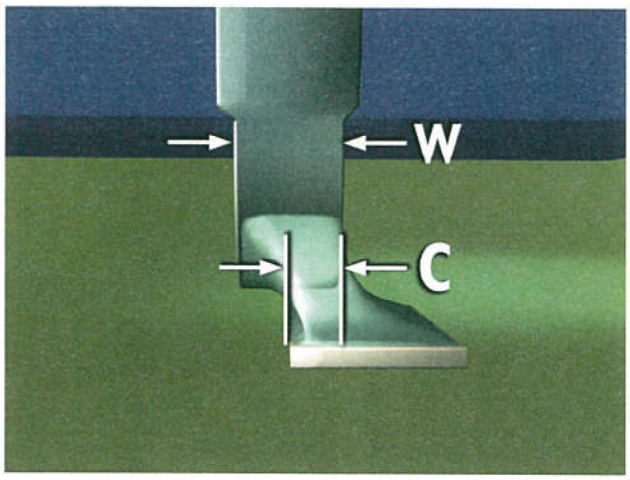


Рисунок 8-125

Приемлемо – Класс 1,2

- Минимальная ширина галтели припоя с торца (C) равна 50% ширины вывода (W).

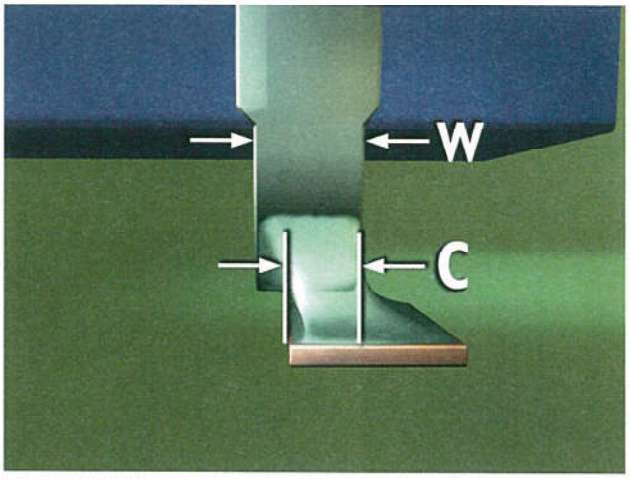


Рисунок 8-126

Приемлемо – Класс 3

- Минимальная ширина галтели припоя с торца (C) равна 75% ширины вывода (W).

Дефект – Класс 1,2

- Минимальная ширина галтели припоя с торца (C) меньше 50% ширины вывода (W).

Дефект – Класс 3

- Минимальная ширина галтели припоя с торца (C) меньше 75% ширины вывода (W).

8.3.7.4 J-образные выводы – Длина галтели сбоку (D)

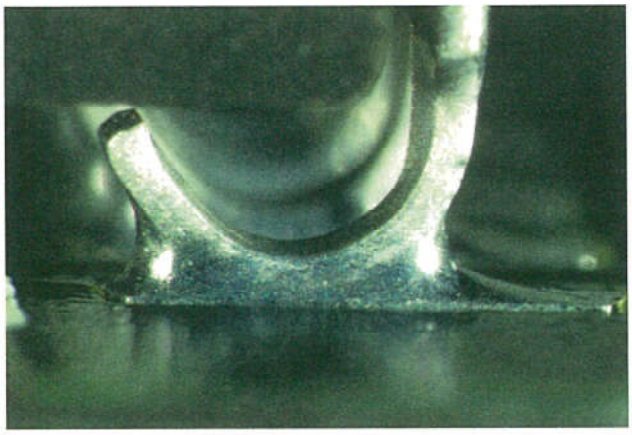


Рисунок 8-127

Желаемый результат – Класс 1,2,3

• Длина галтели сбоку (D) больше 200% ширины вывода (W).

Рисунок 8-128

Приемлемо – Класс 1

• Наличие смачивания припоем.

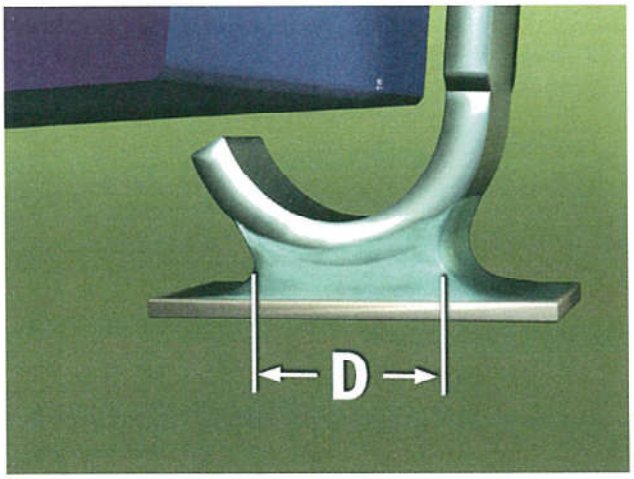


Рисунок 8-129

Приемлемо – Класс 2,3

• Длина галтели сбоку (D) ≥150% ширины вывода (W).

Дефект – Класс 2,3

• Длина галтели сбоку (D) меньше 150% ширины вывода (W).

Дефект – Класс 1,2,3

• Отсутствие смачивания припоем.

8.3.7.5 J-образные выводы – Максимальная высота галтели (E)

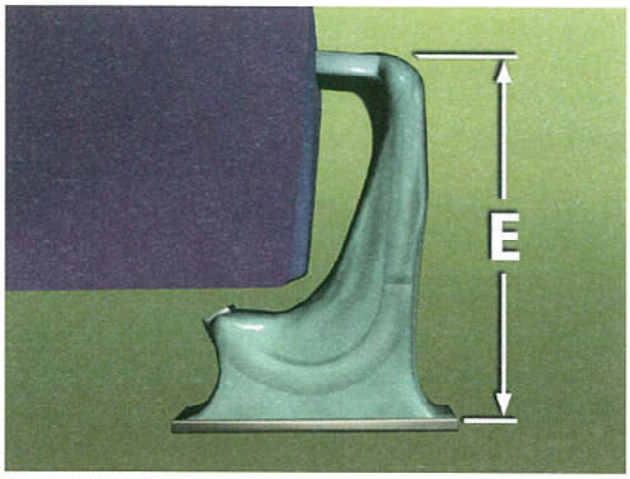


Рисунок 8-130

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Галтель припоя не соприкасается с корпусом компонента.

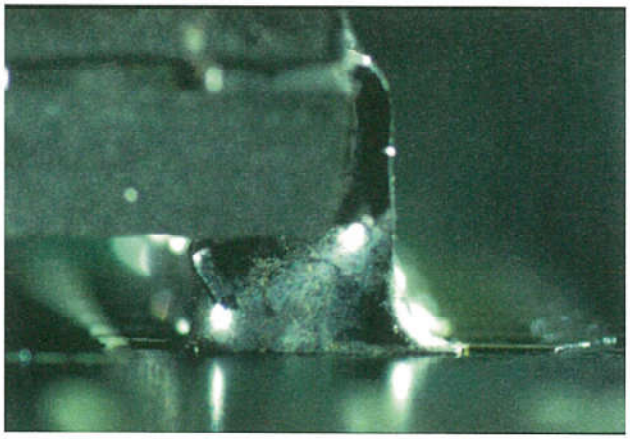


Рисунок 8-131

Дефект – Класс 1,2,3

• Галтель припоя соприкасается с корпусом компонента, см. 8.2.1.

8.3.7.6 J-образные выводы – Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода (F)

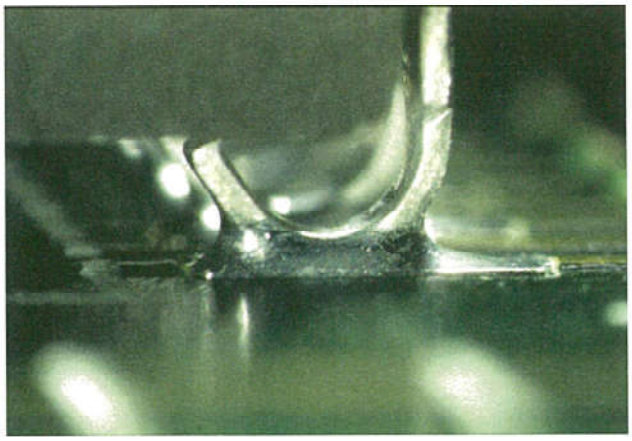


Рисунок 8-132

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Высота галтели со стороны пятки вывода (F) превышает сумму толщины вывода (T) и толщины припоя (G).

Рисунок 8-133

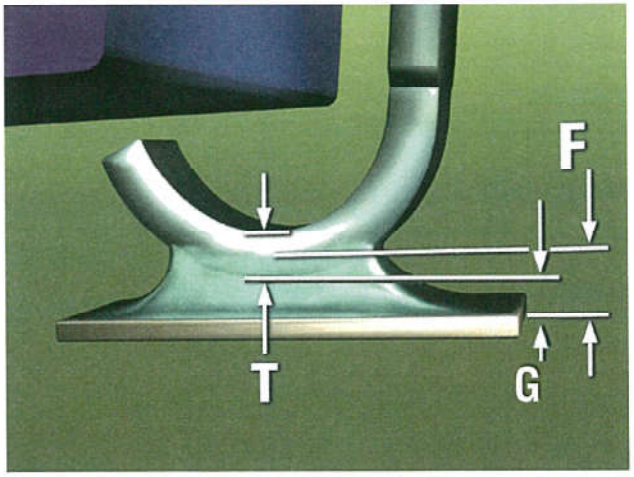


Рисунок 8-134

Приемлемо – Класс 1,2

- Высота галтели со стороны пятки вывода (F) составляет не менее 50% толщины вывода (T) плюс толщина припоя (G).

8.3.7.6 J-образные выводы – Минимальная высота галтели со стороны пятки вывода (F) (продолжение)

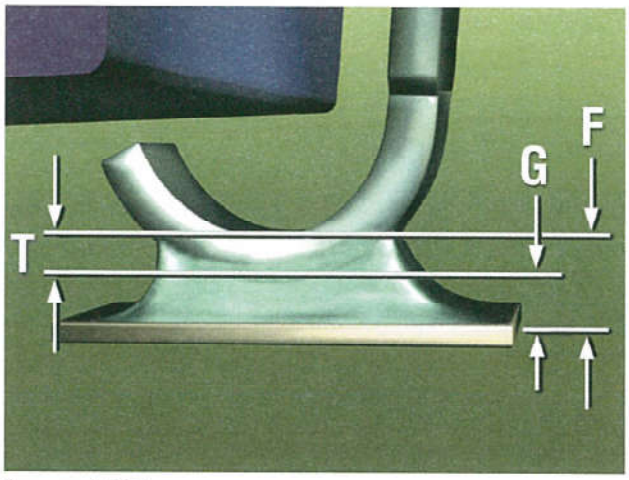


Рисунок 8-135

Приемлемо – Класс 3

- Высота галтели со стороны пятки вывода (F) составляет не меньше суммы толщины вывода (T) и толщины припоя (G).

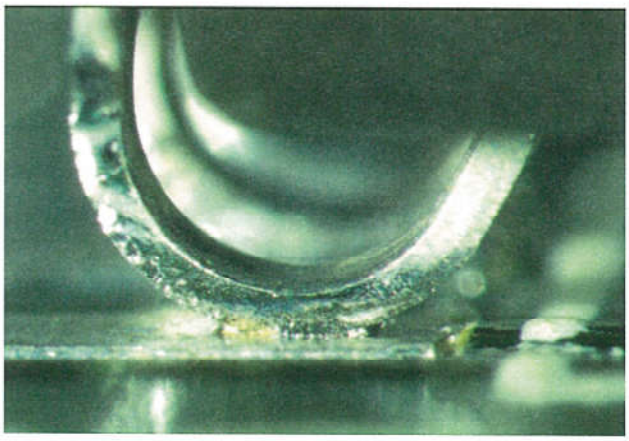


Рисунок 8-136

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие смачивания припоем со стороны пятки вывода.

Дефект – Класс 1,2

- Высота галтели со стороны пятки вывода (F) меньше суммы толщины припоя (G) и 50% толщины вывода (T).

Дефект – Класс 3

- Высота галтели со стороны пятки вывода (F) меньше суммы толщины припоя (G) и толщины вывода (T).

8.3.7.7 J-образные выводы – Толщина припоя (G)

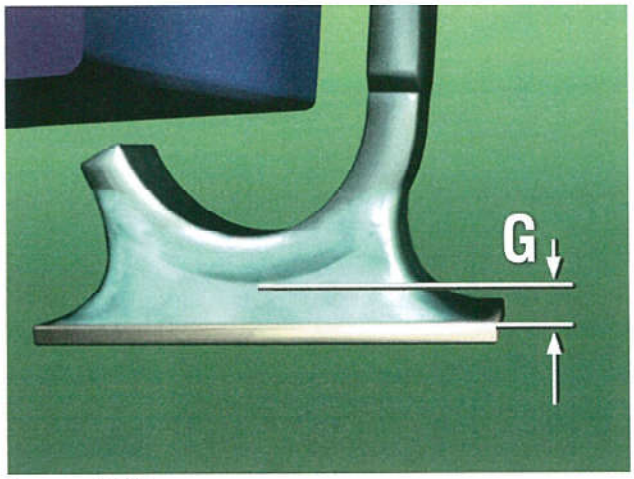


Рисунок 8-137

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Явное смачивание припоем.

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие смачивания.

8.3.7.8 J-образные выводы – Компланарность

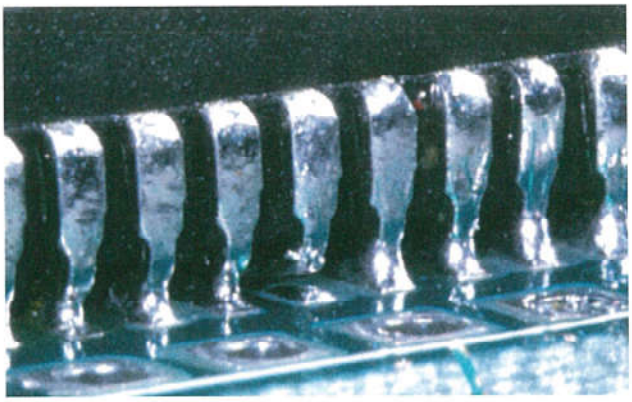


Рисунок 8-138

Дефект – Класс 1,2,3

- Вывод(ы) компонента не компланарны и препятствуют образованию приемлемого паяного соединения.

8.3.8 I-образные выводы

Соединения компонентов с I-образными выводами **должны** отвечать требованиям к размерам и галтели припоя, приведенным в Таблице 8-8 и 8-9 или главах 8.3.8.3 – 8.3.8.9.

8.3.8.1 I-образные выводы – Переделанные выводы монтируемых в отверстия компонентов

Выводы компонентов для интрузивной пайки или жесткие выводы DIP корпусов (например, сплав 42, закаленные выводы и т.д.) могут быть переделаны для соединения встык в изделиях Класса 1 и Класса 2. Для изделий Класса 3 соединения встык с переделанными выводами монтируемых в отверстия компонентов не допускаются.

При контроле (приемке), проводимом после сборки, следует учитывать присущие данному типу компонентов особенности монтажа и условия эксплуатации в сравнении с компонентами, имеющими плоские выводы либо выводы, монтируемые в отверстия.

Для изделий Классов 1 и 2 допускается отсутствие галтели припоя на боковых сторонах выводов, которые по причине конструктивных особенностей (например, штампованные или вырезанные из заготовки с металлизацией) имеют несмачиваемые стороны. Рекомендуется, чтобы конструкция изделия позволяла свободно проводить контроль смачиваемых поверхностей.

Таблица 8-8 Размерные критерии – I-образные выводы – Переделанные выводы монтируемых в отверстия компонентов

Характеристика	Разм.	Класс 1	Класс 2
Максимальное боковое выступание	A	25% (W) Примечание 1	Не допускается
Торцевое выступание	B	Не допускается	
Минимальная ширина галтели с торца	C	75% (W)	
Минимальная длина галтели сбоку	D	Примечание 3	
Максимальная высота галтели	E	Примечание 4	
Минимальная высота галтели	F	0,5 мм [0,02 дюйма]	
Толщина припоя	G	Примечание 3	
Толщина вывода	T	Примечание 2	
Ширина вывода	W	Примечание 2	

Примечание 1. Не нарушается величина минимального электрического зазора.
Примечание 2. Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.
Примечание 3. Явное смачивание припоем.
Примечание 4. Припой не соприкасается с корпусом компонента.

8.3.8.2 I-образные выводы – Выводы, «заряженные» (наполненные) припоем

Данные критерии приведены для компонентов с выводами, имеющими одно или несколько отверстий, специальный изгиб на нижней части контакта, для обеспечения достаточной толщины припоя (G) на большей части основания вывода, а также специальную вставку из припоя («заряд»), для контроля количества припоя. Компоненты с данными выводами могут монтироваться на круглые и овальные контактные площадки.

Верхнее отверстие в выводах с двумя отверстиями не обязательно должно быть заполнено припоем.

Таблица 8-9 Размерные критерии – I-образные выводы – Выводы, «заряженные» (наполненные) припоем

Характеристика	Разм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Максимальное боковое выступание	A	Не допускается		
Максимальное торцевое выступание	B	Не допускается		
Минимальная ширина галтели с торца	C	100% (W)		
Минимальная высота галтели	F	Полное заполнение припоем нижнего отверстия в выводе		
Ширина вывода	W	Примечание 1		
Ширина контактной площадки	P	Примечание 1		

Примечание 1. Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.

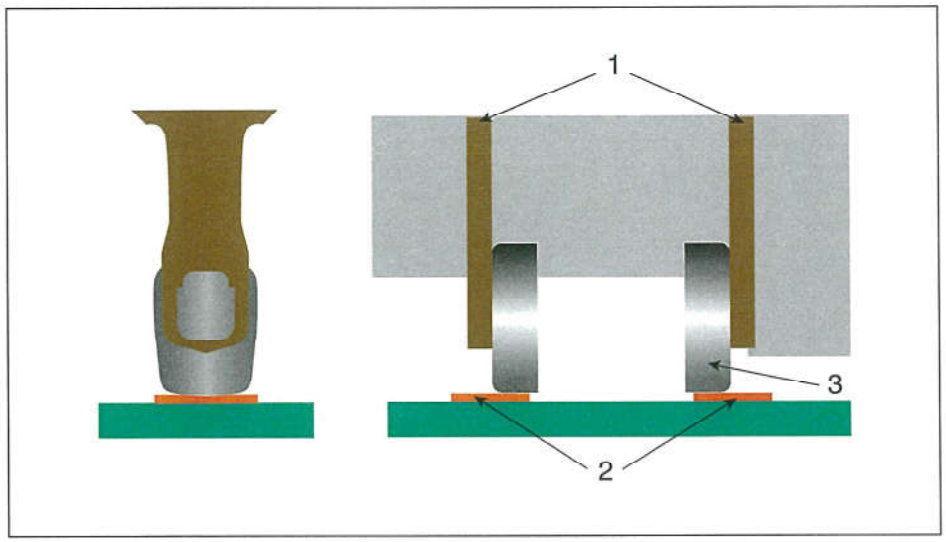


Рисунок 8-139

1. Вывод разъема
2. Контактная площадка
3. Вставка из припоя («заряд»)

8.3.8.3 I-образные выводы – Максимальное боковое выступание (A)

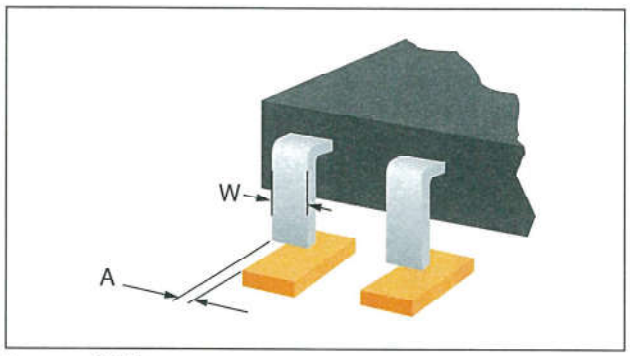


Рисунок 8-140

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие бокового выступания.

Приемлемо – Класс 1

- Для переделанных выводов монтируемых в отверстия компонентов, боковое выступание (A) меньше 25% ширины вывода (W), см. Рисунок 8-140.
- Для выводов, «заряженных» (наполненных) припоем, отсутствие бокового выступания.

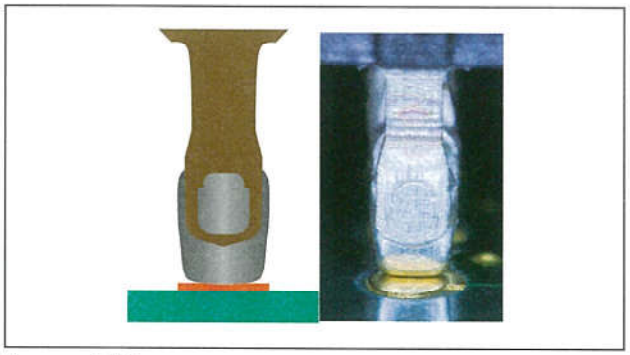


Рисунок 8-141

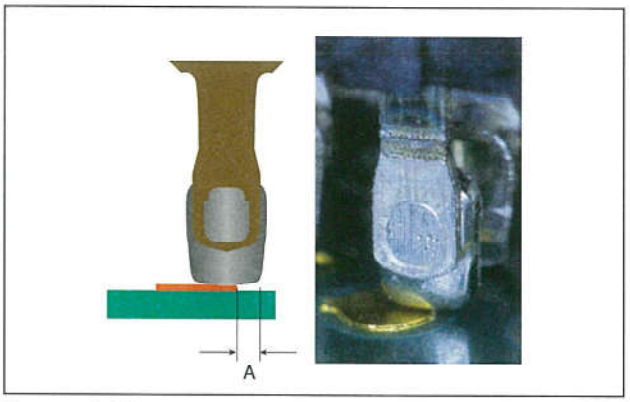


Рисунок 8-142

Дефект – Класс 1

- Для переделанных выводов монтируемых в отверстия компонентов, боковое выступание (A) превышает 25% ширины вывода (W).
- Для выводов, «заряженных» (наполненных) припоем, любое боковое выступание.

Дефект – Класс 2,3

- Любое боковое выступание (A).

8.3.8.4 I-образные выводы – Максимальное торцевое выступание (B)

Данные критерии применимы как для переделанных выводов, так и для выводов «заряженных» (наполненных) припоем.

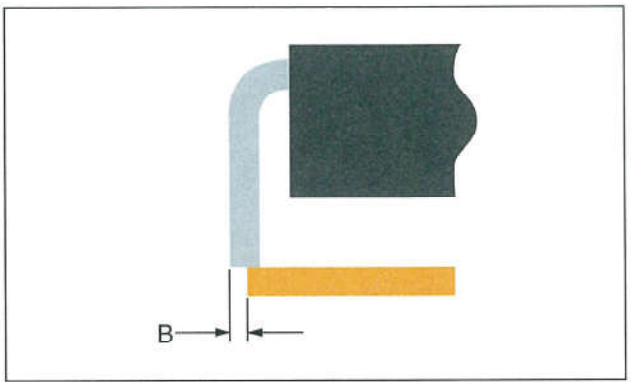


Рисунок 8-143

Дефект – Класс 1,2,3

• Любое торцевое выступание (B).

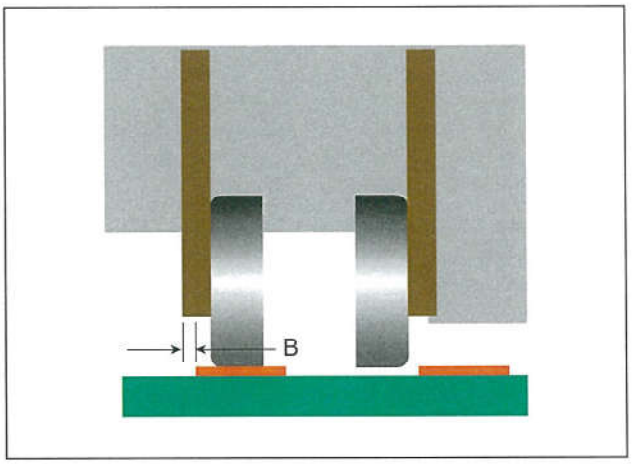


Рисунок 8-144

8.3.8.5 I-образные выводы – Минимальная ширина галтели с торца (C)

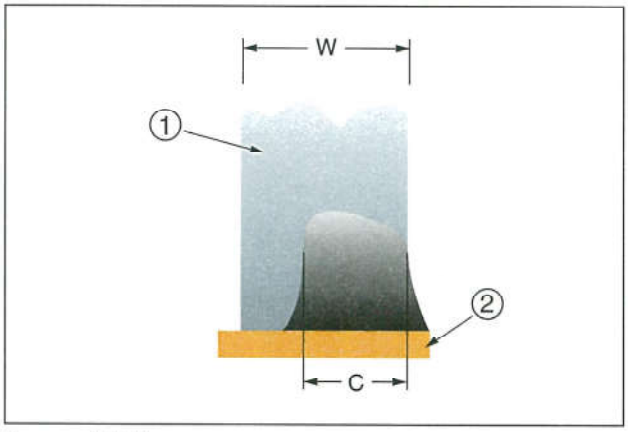


Рисунок 8-145
1. Вывод
2. Контактная площадка

Желаемый результат – Класс 1,2

- Ширина галтели с торца (C) равна 100% ширины вывода (W).

Приемлемо – Класс 1,2

- Для переделанных выводов монтируемых в отверстия компонентов, ширина галтели с торца (C) составляет не менее 75% ширины вывода (W), см. Рисунок 8-145.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Для выводов, «заряженных» (наполненных) припоем, ширина галтели с торца (C) составляет 100% ширины вывода (W).

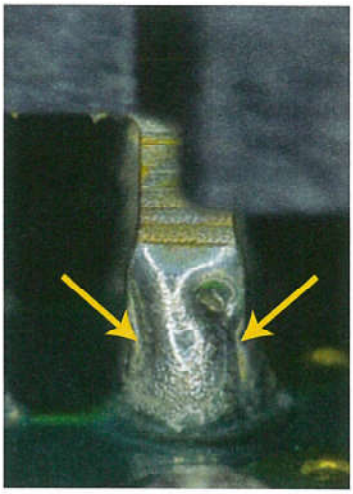


Рисунок 8-146

Дефект – Класс 1,2

- Для переделанных выводов монтируемых в отверстия компонентов, ширина галтели с торца (C) составляет менее 75% ширины вывода (W).

Дефект – Класс 3

- Для выводов, «заряженных» (наполненных) припоем, ширина галтели с торца (C) составляет менее 100% ширины вывода (W).

8.3.8.6 I-образные выводы – Минимальная длина галтели сбоку (D)

Данные критерии применимы только для переделанных выводов монтируемых в отверстия компонентов.

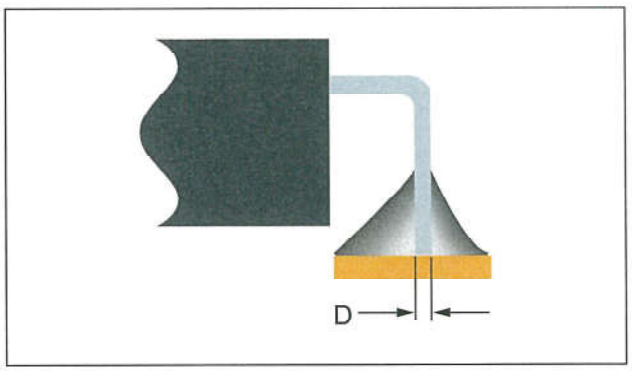


Рисунок 8-147

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Явное смачивание припоем.

8.3.8.7 I-образные выводы – Максимальная высота галтели (E)

Данные критерии применимы только для переделанных выводов монтируемых в отверстия компонентов.

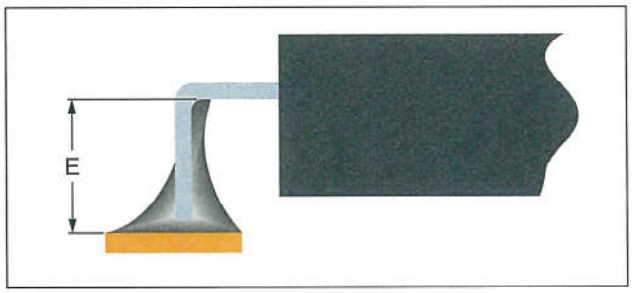


Рисунок 8-148

Приемлемо – Класс 1,2

• Явное смачивание припоем.

Дефект – Класс 1,2

• Отсутствие смачивания.

• Припой контактирует с корпусом компонента.

8.3.8.8 I-образные выводы – Минимальная высота галтели (F)

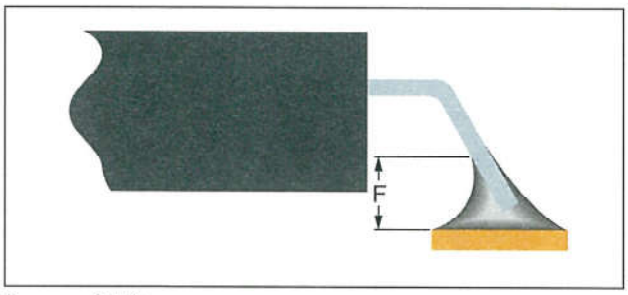


Рисунок 8-149

Приемлемо – Класс 1,2

- Для переделанных выводов монтируемых в отверстия компонентов, высота галтели (F) составляет не менее 0,5 мм [0,02 дюйма].

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Для выводов, «заряженных» (наполненных) припоем, нижнее отверстие в выводе полностью заполнено припоем.

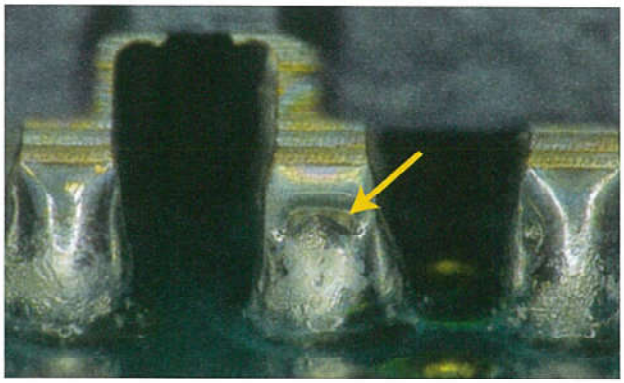


Рисунок 8-150

Дефект – Класс 1,2

- Для переделанных выводов монтируемых в отверстия компонентов, высота галтели (F) составляет менее 0,5 мм [0,02 дюйма].

Дефект – Класс 1,2,3

- Для выводов, «заряженных» (наполненных) припоем, нижнее отверстие в выводе не полностью заполнено припоем.

8.3.8.9 I-образные выводы – Толщина припоя (G)

Данные критерии применимы только для переделанных выводов монтируемых в отверстия компонентов.

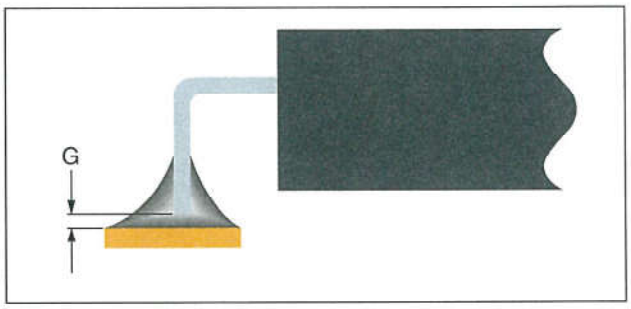


Рисунок 8-151

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Явное смачивание припоем.

Дефект – Класс 1,2,3

• Отсутствие смачивания.

8.3.9 Плоские лепестковые выводы

Паяные соединения компонентов с большой рассеиваемой мощностью, имеющих плоские лепестковые выводы, должны соответствовать требованиям к размерам, указанным в таблице 8-10, см. Рисунок 8-153. Рекомендуется, чтобы конструкция изделия позволяла свободно проводить контроль смачиваемых поверхностей.

Таблица 8-10 Размерные критерии – Плоские лепестковые выводы

Характеристика	Разм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Максимальное боковое выступание	A	50% (W) Примечание 1	25% (W) Примечание 1	Не допускается
Максимальное торцевое выступание	B	Примечание 1	Не допускается	
Минимальная ширина галтели с торца	C	50% (W)	75% (W)	(W)
Минимальная длина галтели сбоку	D	Примечание 3	(L)-(M), Примечание 4	
Максимальная высота галтели	E	Примечание 2		(G) + (T) + 1 мм [0,04 дюйма]
Минимальная высота галтели	F	Примечание 3		(G) + (T)
Толщина галтели припоя	G	Примечание 3		
Длина вывода	L	Примечание 2		
Максимальный зазор	M	Примечание 2		
Ширина площадки	P	Примечание 2		
Толщина вывода	T	Примечание 2		
Ширина вывода	W	Примечание 2		
Плоские бесформенные выводы, например, плоские бесформенные контактные поверхности гибких печатных плат Используйте критерии, приведенные выше, за исключением тех, что указаны ниже в таблице.				
Максимальное боковое выступание	A	50% (W) Примечание 1	25% (W) Примечание 1	
Максимальный зазор	M	Примечание 2		Примечание 1,2

Примечание 1. Не нарушается величина минимального электрического зазора.
Примечание 2. Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.
Примечание 3. Явное смачивание припоем.
Примечание 4. В случае если плоский вывод должен паяться под корпусом компонента, и для этого предназначена контактная площадка, вывод смачивается в зазоре M.

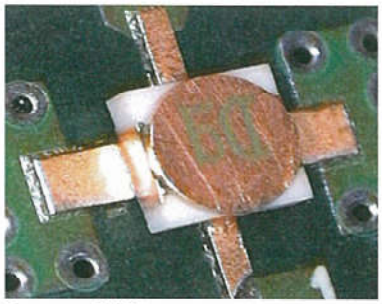


Рисунок 8-152

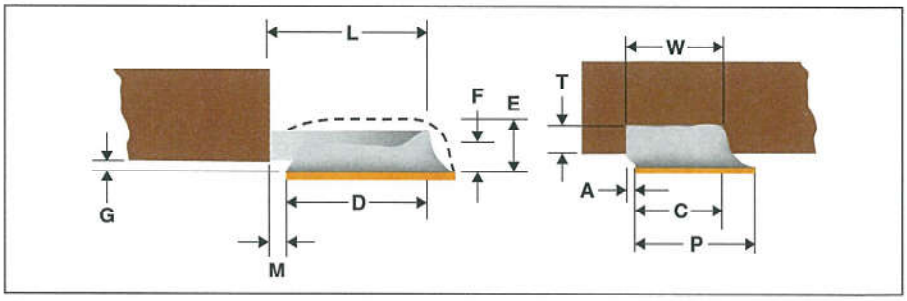


Рисунок 8-153

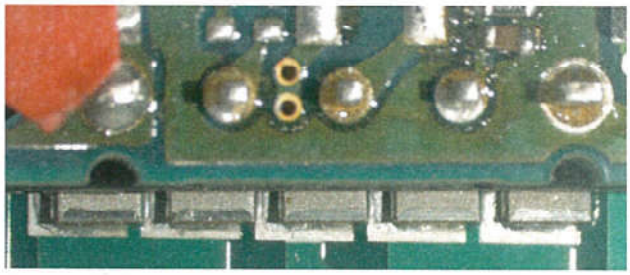


Рисунок 8-154

Дефект – Класс 1,2,3

- Боковое выступание не отвечает требованиям таблицы 8-10, см. Рисунок 8-153 и 8-154.

8.3.10 Высокие компоненты, имеющие контакты только с нижней стороны

Паяные соединения контактных поверхностей высоких компонентов (высота компонента более чем в два раза превышает его ширину или толщину, выбирается меньшее значение), имеющих контакты только с нижней стороны, должны соответствовать размерным критериям таблицы 8-11, см. Рисунок 8-155.

Таблица 8-11 Размерные критерии – Высокие компоненты, имеющие контакты только с нижней стороны

Характеристика	Разм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Максимальное боковое выступание	A	50% (W); Примечания 1, 4	25% (W); Примечания 1, 4	Не допускается; Примечания 1, 4
Максимальное торцевое выступание	B	Примечания 1, 4	Не допускается	
Минимальная ширина галтели с торца	C	50% (W)	75% (W)	(W)
Минимальная длина галтели сбоку	D	Примечание 3	50% (R)	75% (R)
Толщина галтели припоя	G	Примечание 3		
Длина поверхности контакта/ металлизации	R	Примечание 2		
Длина контактной площадки	S	Примечание 2		
Ширина контактной поверхности	W	Примечание 2		

Примечание 1. Не нарушается величина минимального электрического зазора.
Примечание 2. Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.
Примечание 3. Явное смачивание припоем.
Примечание 4. Вследствие конструкционных особенностей компонента контактная поверхность может не достигать его кромки, и корпус компонента может выступать за пределы контактной площадки печатной платы.

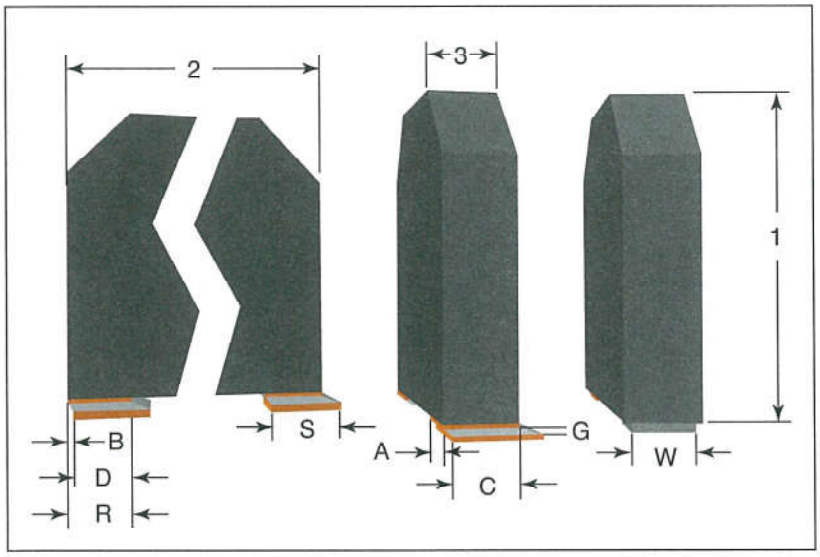


Рисунок 8-155
1. **Высота компонента**
2. **Ширина компонента**
3. **Толщина компонента**

8.3.11 Компоненты с L-образными выводами, загнутыми под корпус

Паяные соединения компонентов с L-образными выводами, загнутыми под корпус, должны соответствовать требованиям к размерам и галтели припоя таблицы 8-12, см.рисунок 8-156. Рекомендуется, чтобы конструкция изделия позволяла свободно проводить контроль смачиваемых поверхностей.

Таблица 8-12 Размерные критерии – Компоненты с L-образными выводами, загнутыми под корпус [5]

Характеристика	Разм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Максимальное боковое выступание	A	50% (W), Примечание 1		25% (W) или 25% (P) выбирается меньшее значение; Примечание 1
Максимальное торцевое выступание	B	Примечание 1		
Минимальная ширина галтели с торца	C	50% (W)		75% (W) или 75% (P), выбирается меньшее значение
Минимальная длина галтели сбоку	D	Примечание 3	50% (L)	75% (L)
Максимальная высота галтели	E	(H) + (G), Примечание 4		
Минимальная высота галтели; Примечание 5	F	Явное смачивание на вертикальной (-ых) поверхности (-ях) контакта компонента	(G) + 25% (H) или (G) + 0,5 мм [0,02 дюйма], выбирается меньшее значение	
Толщина галтели припоя	G	Примечание 3		
Высота вывода	H	Примечание 2		
Длина вывода	L	Примечание 2		
Ширина площадки	P	Примечание 2		
Длина площадки	S	Примечание 2		
Ширина вывода	W	Примечание 2		

Примечание 1. Не нарушается величина минимального электрического зазора.
Примечание 2. Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.
Примечание 3. Явное смачивания припоем.
Примечание 4. Припой не соприкасается с корпусом компонента, см. 8.2.1.
Примечание 5. При наличии у вывода двух зубцов, паяное соединение каждого из зубцов должно соответствовать указанным требованиям.

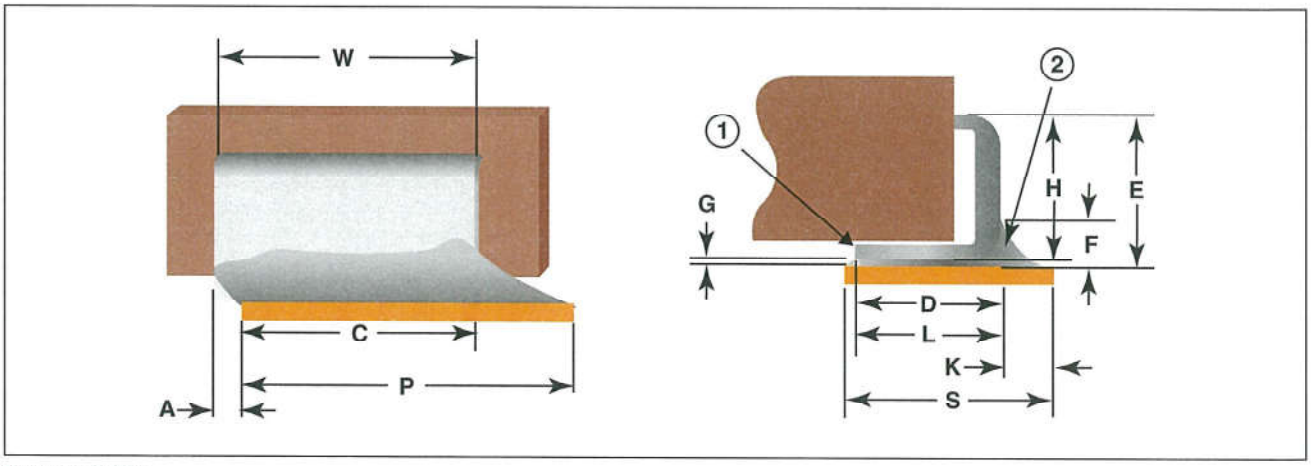


Рисунок 8-156
1. Торец
2. Пятка вывода

8.3.11 Компоненты с L-образными выводами, загнутыми под корпус (продолжение)

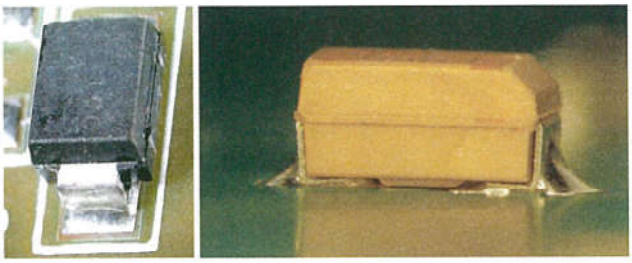


Рисунок 8-157

Примеры компонентов с L-образными выводами, загнутыми под корпус.

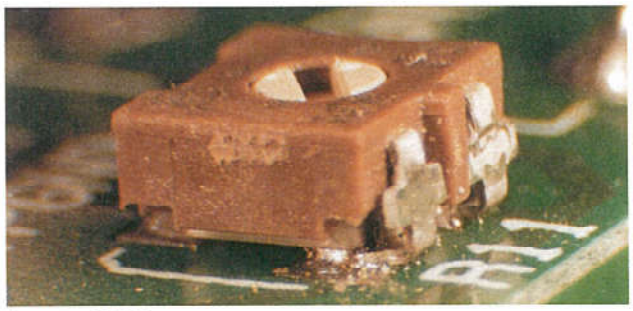


Рисунок 8-158

Дефект – Класс 1,2,3

- Недостаточная высота галтели припоя.
- Недостаточная ширина галтели с торца, см. Рисунок 8-159; изображен компонент, перевернутый на бок, что препятствует образованию приемлемого паяного соединения.

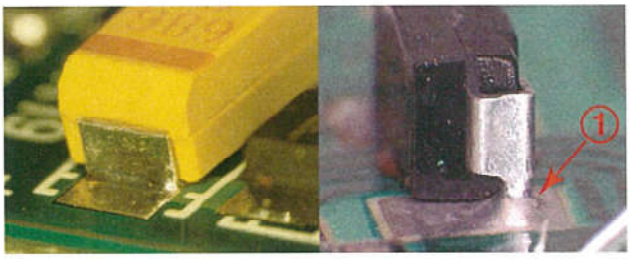


Рисунок 8-159

8.3.12 Компоненты с матричным расположением выводов

Некоторые примеры компонентов с матричным расположением выводов: BGA (корпуса с матричными шариковыми выводами), Micro-BGA, Land Grid Array (компоненты с матрицей контактных площадок) и Column Grid Array (корпуса со столбиковыми матричными выводами).

Приведенные здесь критерии по компонентам с матричным расположением выводов допускают применение как рентгеновского, так и обычного визуального контроля. В определенных пределах может применяться визуальная оценка, но чаще требуется использование рентгеновского контроля для оценки тех характеристик, которые не могут быть получены с помощью обычного визуального контроля.

Улучшение процессов и управление ими являются существенными факторами устойчивого успешного применения методов сборки и материалов. В случае применения как визуального, так и рентгеновского контроля, несоответствие требованиям таблицы 8-13, 14, и 15 считаются дефектом. Вместо рентгеновского или визуального контроля может применяться аттестация процесса при условии доступности объективных свидетельств соответствия.

Руководство по процессу монтажа компонентов с матричным расположением выводов приводится в стандарте IPC-7095, содержащем рекомендации, основанные на длительных дискуссиях о проблемах данного процесса.

Примечание: Рентгеновское оборудование, не предназначенное для использования с электронными изделиями либо неправильно настроенное, может повредить чувствительные компоненты.

Требования к визуальному контролю:

- Если в качестве метода определения приемлемости изделия используется визуальный контроль, применяются увеличения, приведенные в таблице 1-2.
- Паяные соединения, расположенные во внешнем ряду (по периметру) компонента с матричным расположение выводов, следует осматривать визуально всегда, когда это возможно.
- Компонент с матричным расположением выводов требуется совмещать по осям X и Y с помощью угловых меток на печатной плате (при их наличии).
- Отсутствие выводов, например, шарика или столбика, считается дефектом, если только их отсутствие не предусмотрено конструкцией.

Если требуется подзаливка, процесс и критерии приемки следует согласовывать между потребителем и производителем.

Таблица 8-13 Размерные критерии – Характеристики компонентов с матрицей шариковых выводов (BGA), оседающих при пайке

Характеристика	Пункт	Классы 1,2,3
Совмещение	8.3.12.1	Смещение шариковых выводов не нарушает величину минимального электрического зазора
Зазор между шариковыми выводами (C), Рисунок 8-161	8.3.12.2	Шариковый вывод не нарушает величину минимального электрического зазора.
Паяное соединение	8.3.12.3	Отсутствие перемычек припоя; шариковые выводы BGA касаются и смачивают контактные площадки, образуя неразрывные соединения в форме сжатых шариков или столбиков.
Пустоты	8.3.12.4	Участок пустот на рентгеновском снимке не превышает 30% в любом из шариковых выводов. Примечание 1,2,3
Подзаливка или приклейка	8.3.12.5	Если требуется, наличие и полная полимеризация материала подзаливки или приклейки.

Примечание 1. Пустоты, вызванные конструкцией, например, микропереходными отверстиями в контактных площадках, исключаются из данных требований. В таких случаях критерии **должны** оговариваться между производителем и потребителем.

Примечание 2. Производители могут разрабатывать альтернативные критерии по пустотам, учитывающие условия эксплуатации изделия, на основе проведения испытаний и анализа.

Примечание 3. Процессы по нанесению покрытий, приводящие к появлению пустот, например, «пузырьки шампанского», исключаются из этих критериев. В таких случаях критерии по пустотам **должны** оговариваться между производителем и потребителем.

Таблица 8-14 Характеристики компонентов с матрицей шариковых выводов (BGA), не оседающих при пайке

Характеристика	Классы 1,2,3
Совмещение	Смещение шариковых выводов не нарушает величину минимального электрического зазора.
Паяное соединение	a. Паяное соединение отвечает требованиям пункта 8.3.12.3. b. Смачивание шариковых выводов и контактных площадок припоем.
Пустоты	Наличие пустот не допускается.
Подзаливка или приклейка	Если требуется, наличие и полная полимеризация материала подзаливки или приклейки.

8.3.12 Компоненты с матричным расположением выводов (продолжение)

Таблица 8-15 Компоненты с матрицей столбиковых выводов

Характеристика	Класс 1	Классы 2,3
Совмещение	Смещение столбиков не нарушает минимальный электрический зазор.	Столбики не выступают за пределы периметра контактных площадок.
Паяное соединение	Отвечает требованиям пункта 8.3.12.3.	
	Смачивание по окружности минимум на 270° видимых частей внешних столбиков, см. Рисунок 8-166.	
Подзаливка или приклейка	Если требуется, наличие и полная полимеризация материала подзаливки или приклейки.	

8.3.12.1 Компоненты с матричным расположением выводов – Совмещение

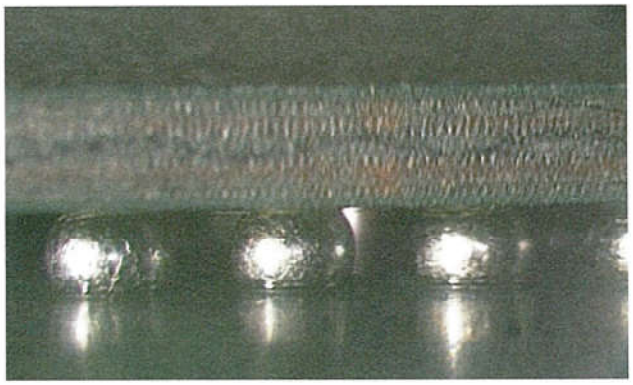


Рисунок 8-160

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Установка шариковых выводов BGA-компонентов отцентрирована, отсутствует смещение между шариковыми выводами и центрами контактных площадок.

Дефект – Класс 1,2,3

- Смещение шариковых выводов нарушает величину минимального электрического зазора.

8.3.12.2 Компоненты с матричным расположением выводов – Зазор между шариковыми выводами

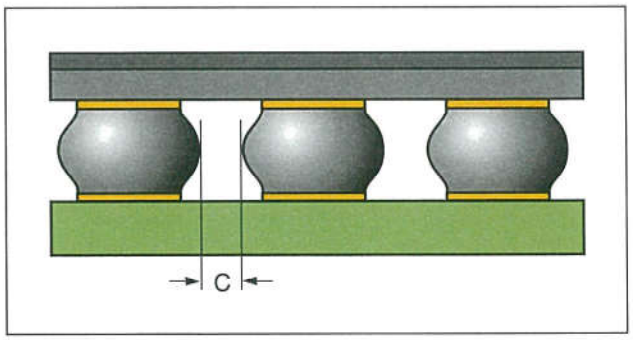


Рисунок 8-161

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Шариковые выводы BGA-компонентов не нарушают величину минимального электрического зазора, см. Рисунок 8-161-C.

Дефект – Класс 1,2,3

- Зазор между шариковыми выводами нарушает величину минимального электрического зазора.

8.3.12.3 Компоненты с матричным расположением выводов – Паяные соединения

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Все соединения шариковых выводов BGA-компонента одинаковы по размеру и форме.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Отсутствие перемычек припоя.
- Шариковые выводы BGA касаются и смачивают контактные площадки, образуя неразрывные соединения в форме сжатых шариков или столбиков, см. Рисунок 8-160.

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Соединения шариковых выводов BGA-компонента не одинаковы по размеру, форме, цвету и цветовому контрасту.

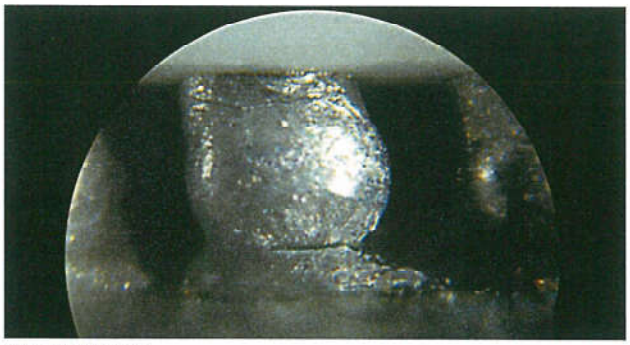


Рисунок 8-162

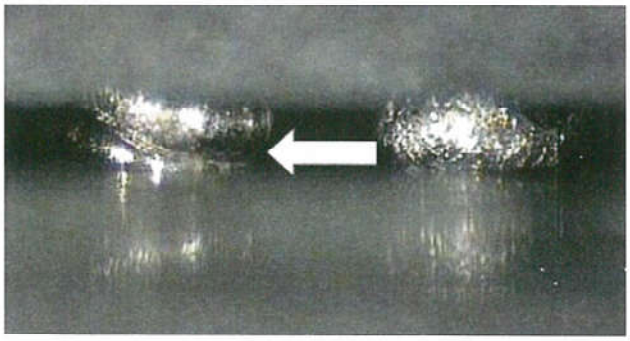


Рисунок 8-163

Дефект – Класс 1,2,3

- Разлом в паяном соединении, см. Рисунок 8-162.
- Отсутствует смачивание шарикового вывода припоем («голова в подушке» / «голова на подушке»), см. Рисунок 8-163.
- При визуальном или рентгеновском контроле видны перемычки припоя, см. Рисунок 8-164.
- Сужение (подобное «талии») паяного соединения, указывающее на то, что шарик припоя и паяльная паста не слились, см. Рисунок 8-165.
- Неполное смачивание контактной площадки, см. Рисунки 8-165 и 166.
- Наличие неполного оплавления паяльной пасты на шариковых выводах BGA-компонента, см. Рисунок 8-167.

8.3.12.3 Компоненты с матричным расположением выводов – Паяные соединения (продолжение)

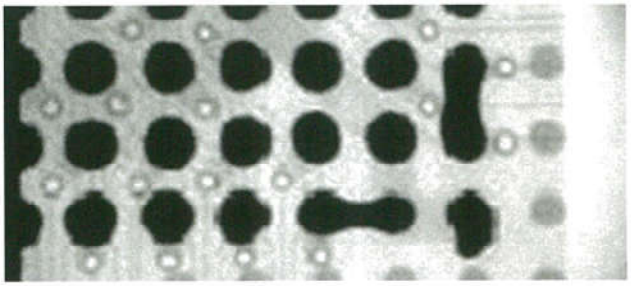


Рисунок 8-164

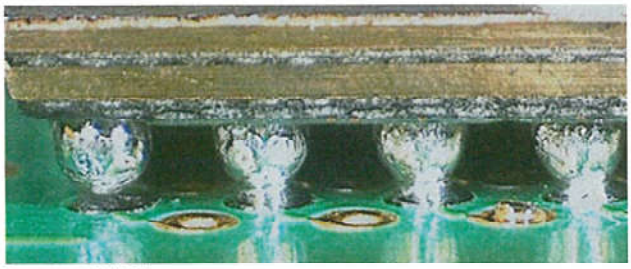


Рисунок 8-165

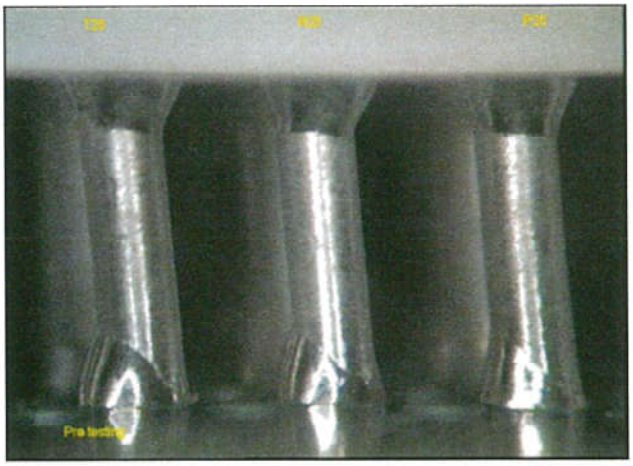


Рисунок 8-166

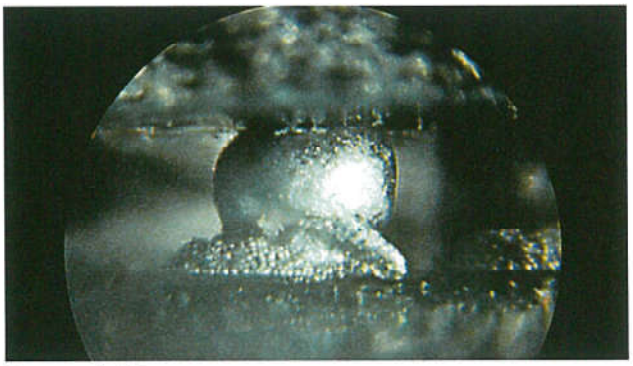


Рисунок 8-167

8.3.12.4 Компоненты с матричным расположением выводов – Пустоты

Пустоты, вызванные конструкцией, например, микропереходными отверстиями в контактных площадках, исключаются из данных требований. В таких случаях критерии **должны** оговариваться между производителем и потребителем.

Производители могут разрабатывать методы контроля и анализа пустот, учитывающие условия эксплуатации изделия.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Участок пустот в любом шариковом выводе на рентгеновском снимке не превышает 30%.

Дефект – Класс 1,2,3

- Участок пустот на рентгеновском снимке превышает 30% в любом из шариковых выводов.

8.3.12.5 Компоненты с матричным расположением выводов – Подзаливка / приклейка

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Если требуется, наличие материала подзаливки или приклейки.
- Полная полимеризация материала подзаливки или приклейки.

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие требуемого количества материала подзаливки или приклейки.
- Наличие материала подзаливки или приклейки за пределами требуемых участков.
- Неполная полимеризация материала подзаливки или приклейки.

8.3.12.6 Компоненты с матричным расположением выводов – Корпус-на-корпусе

Дополнительное руководство по процессу сборки «корпус-на-корпусе» находятся в руководстве "*Bob Willis Package on Package (PoP) STACK Package Assembly*".

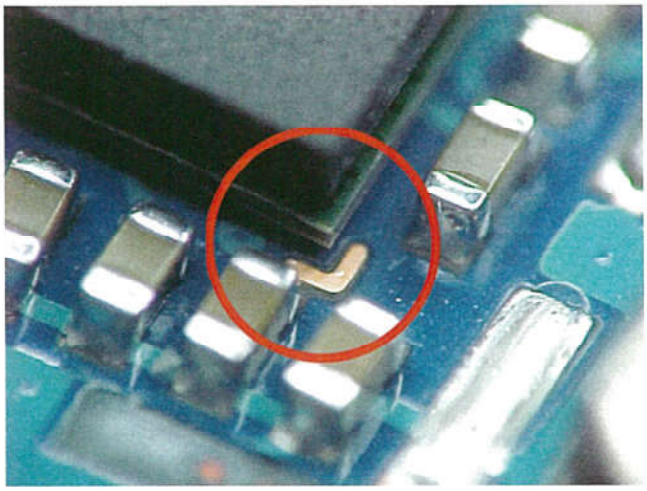


Рисунок 8-168

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Компоненты выровнены по маркировке на печатной плате (при ее наличии), см. Рисунок 8-168.
- Совмещение шариков и контактных площадок отвечает требованиям пункта 8.3.12.1.
- Паяное соединение отвечает требованиям пункта 8.3.12.3, см. Рисунок 8-169, и явно видно смачивание припоем на всех уровнях набора.
- Деформация либо искривление набора не влияет на совмещение или формирование паяного соединения.

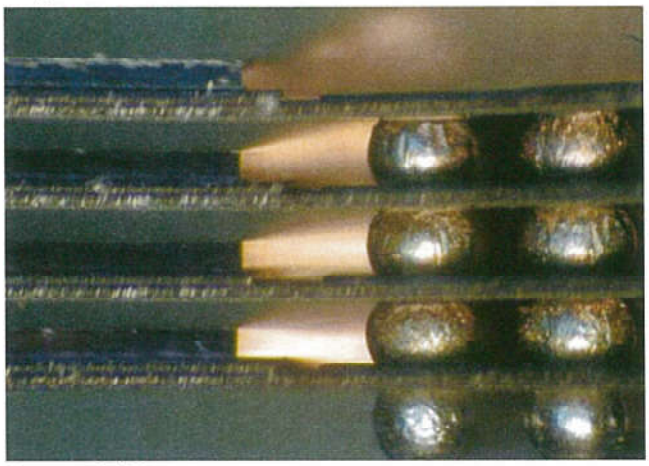


Рисунок 8-169

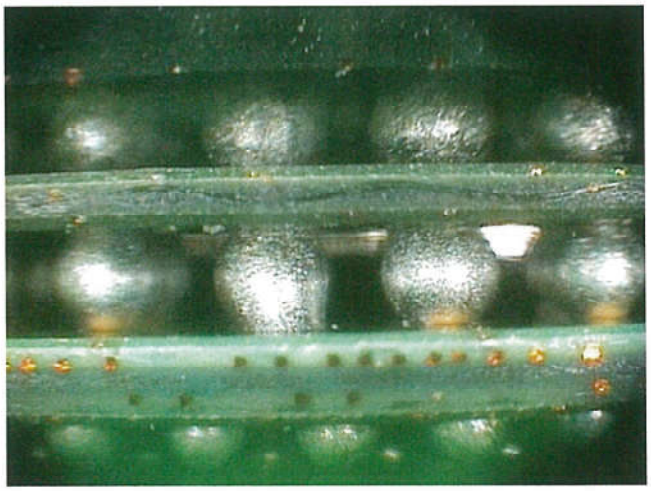


Рисунок 8-170

Дефект – Класс 1,2,3

- Совмещение шариков и контактных площадок не отвечает требованиям пункта 8.3.12.1.
- Паяное соединение не отвечает требованиям пункта 8.3.12.3. На рисунке 8-170 показано смачивание только центрального шарикового вывода.
- Отсутствие шарикового вывода(выводов), см. Рисунок 8-171.
- Деформация либо искривление набора влияет на совмещение или формирование паяного соединения, см. Рисунки 8-172 и 8-173.

8.3.12.6 Компоненты с матричным расположением выводов – Корпус-на-корпусе (продолжение)

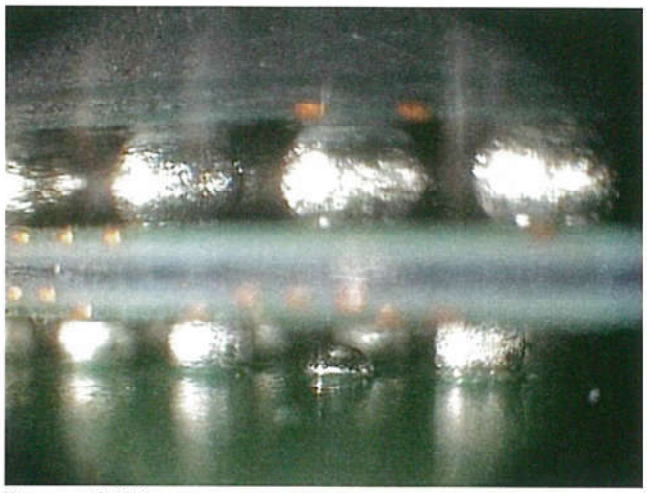


Рисунок 8-171

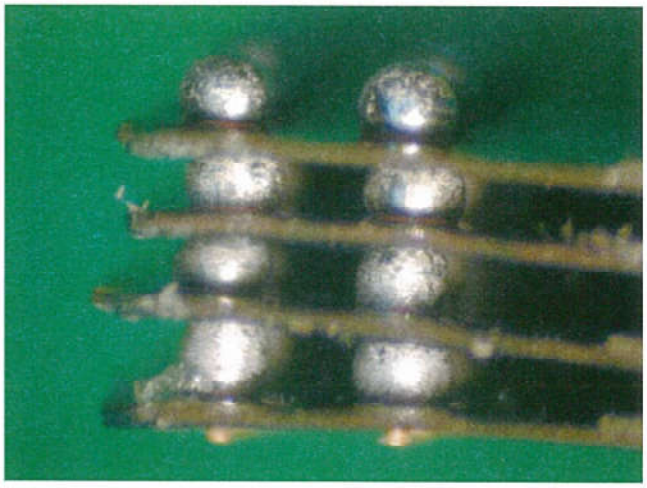


Рисунок 8-172

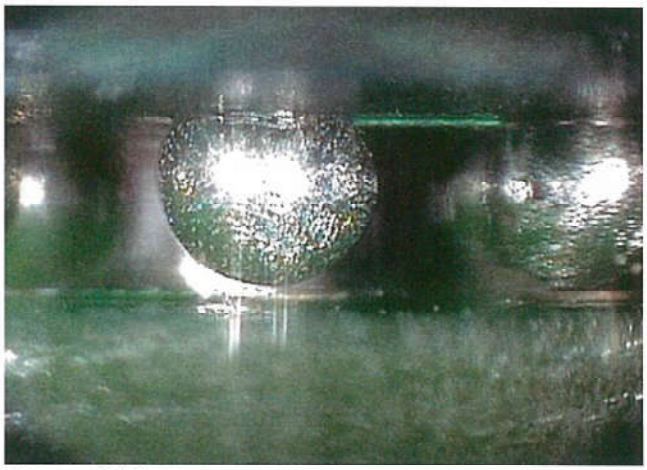


Рисунок 8-173

8.3.13 Компоненты с контактными поверхностями снизу (BTC)

Некоторые альтернативные названия компонентов данного типа: Land Grid Array (LGA), Quad Flat No-Lead (QFN), Plastic Quad Flat No-Lead (PQFN), Microlead Frame Packages (MLF), Leadless Plastic Chip Carriers (LPCC) и Quad Flat No-Lead Exposed Pad (QFN-EP). Соединения с компонентами, у которых контактные поверхности расположены снизу (BTC) должны отвечать требованиям к размерам и галтели припоя, приведенным в Таблице 8-16, см. Рисунки 8-174 и 175.

Дополнительное руководство по процессу сборки компонентов с контактными поверхностями снизу приводятся в стандарте IPC-7093, содержащем рекомендации, разработанные на основании всесторонних исследований проблем данного процесса.

Улучшение процессов и управление ими являются существенными факторами устойчивого успешного применения методов сборки и материалов. Вместо рентгеновского или визуального контроля может применяться аттестация и управление процессом при условии доступности объективных свидетельств соответствия.

Критерии для пустот в паяном соединении теплоотводной площадки должны быть согласованы между производителем и потребителем.

Таблица 8-16 Размерные критерии – Компоненты с контактными поверхностями снизу (BTC)

Характеристика	Разм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Максимальное боковое выступание	A	50% (W), Примечание 1	25% (W), Примечание 1	
Торцевое выступание (внешней кромки вывода)	B	Не допускается		
Минимальная ширина галтели с торца	C	50% (W)	75% (W)	
Минимальная длина галтели сбоку	D	Примечание 4		
Толщина галтели припоя	G	Примечание 3		
Минимальная высота галтели с торца (на носке)	F	Примечания 2, 5		
Высота контактной поверхности	H	Примечание 5		
Ширина контактной площадки	P	Примечание 2		
Ширина контактной поверхности	W	Примечание 2		

Примечание 1. Не нарушается величина минимального электрического зазора.
Примечание 2. Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.
Примечание 3. Явное смачивание припоем.
Примечание 4. Параметр не определяется визуально.
Примечание 5. (H) = высота паяемой поверхности вывода (при наличии). При отсутствии паяемой поверхности на гранях компонента наличие галтели припоя на носке (торце) вывода не требуется.

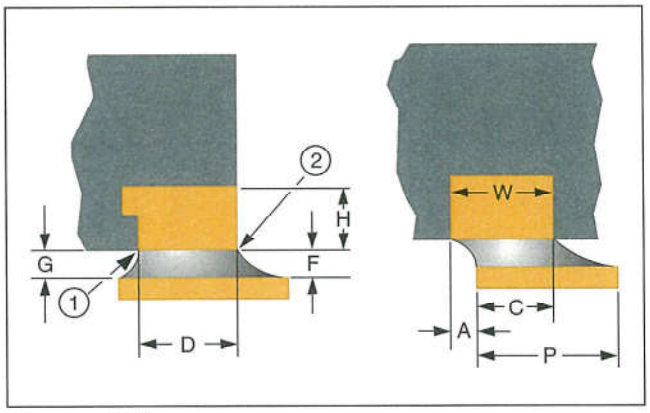


Рисунок 8-174
1. Пятка
2. Носок

8.3.13 Компоненты с контактными поверхностями снизу (продолжение)

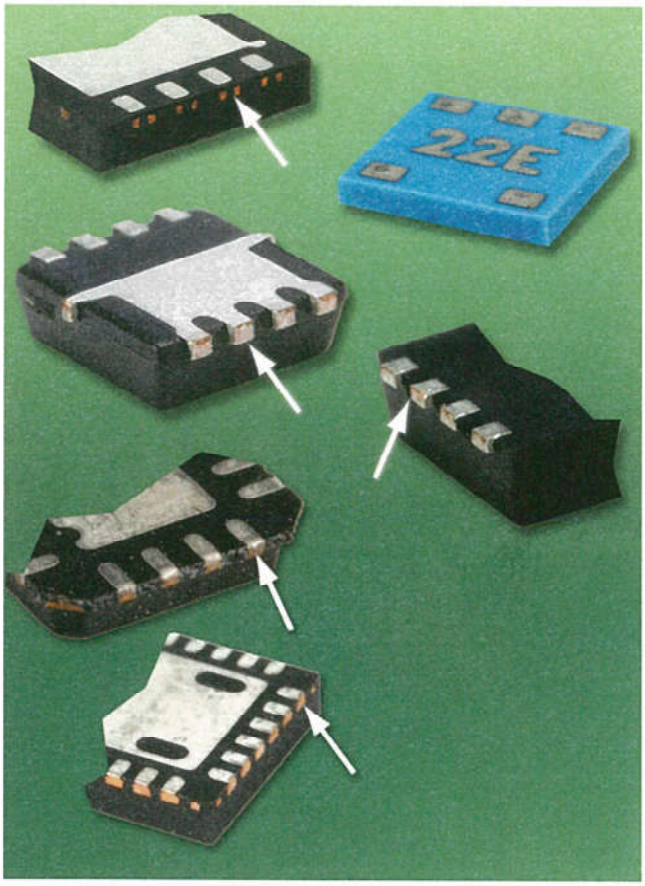


Рисунок 8-175

Существуют конфигурации корпусов компонентов, не имеющие открытых носков выводов или паяемых поверхностей открытых носков снаружи корпуса см. Рисунок 8-175 (показано стрелками), в таких случаях галтель на носках не образуется см. Рисунки 8-176 и 8-177.

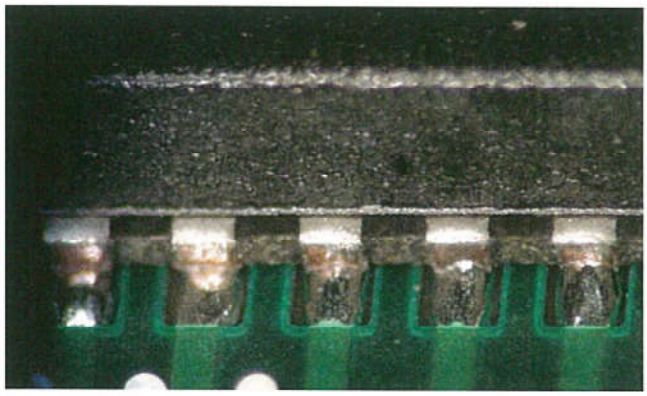


Рисунок 8-176

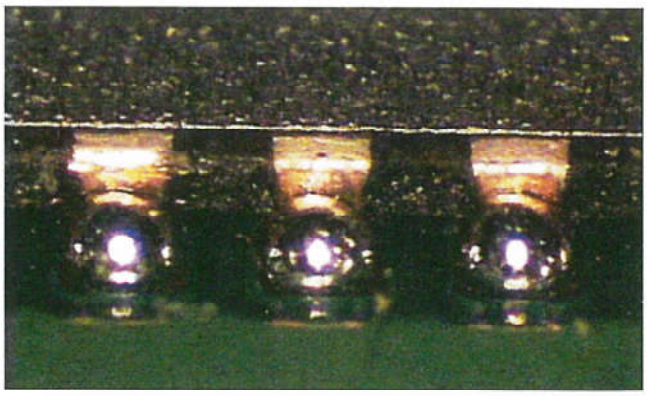


Рисунок 8-177

8.3.14 Компоненты с теплоотводными площадками под корпусом

Данные критерии применяются для любых выводных либо безвыводных компонентов с наличием паяемой теплоотводной площадки под корпусом. Одним из примеров является TO-252 (D-Pak™), приведенный здесь. Соединения с компонентами с теплоотводными площадками под корпусом должны отвечать требованиям к размерам и галтели припоя, приведенным в Таблице 8-17.

Требования по монтажу и пайке контактных поверхностей **должны** соответствовать критериям используемого типа контактной поверхности вывода.

Критерии для невидимых при визуальном контроле паяных соединений теплоотводной площадки под корпусом в данном стандарте не приводятся и **должны** оговариваться между потребителем и производителем. Критерии приемки для теплоотводной площадки связаны с конструкцией и процессом изготовления. Вопросы, которые необходимо принимать во внимание, включают, но не ограничиваются инструкцией по применению от производителя компонента, требованиями к покрытию припоем, пустотам, высоте припоя, и т. д. При пайке данного типа компонентов обычным является образование пустот в соединении.

Таблица 8-17 Размерные критерии – Компоненты с теплоотводными площадками под корпусом

Характеристики (все соединения за исключением теплоотводной площадки)	Разм.	
Максимальное боковое выступание	A	Критерии используемого типа контактной поверхности вывода
Торцевое выступание	B	
Минимальная ширина галтели припоя с торца	C	
Минимальная длина галтели сбоку	D	
Максимальная высота галтели на пятке	E	
Минимальная высота галтели на пятке	F	
Толщина галтели припоя	G	
Толщина вывода	T	
Характеристики (только для теплоотводной площадки)		**Класс 1,2,3**
Боковое выступание теплоотводной площадки		Не более 25% ширины контактной поверхности.
Торцевое выступание теплоотводной площадки		Отсутствие торцевого выступания (не показано).
Ширина галтели припоя с торца теплоотводной площадки, примечание 2		100% смачивание контактной площадки в области соединения на торце (не показано).
Длина галтели сбоку у теплоотводной площадки	D	Примечание 1
Толщина галтели припоя	G	Явное смачивание припоем при наличии галтели
Критерии к пустотам в паяном соединении теплоотводной площадки		Примечание 1
Ширина контактной поверхности теплоотводной площадки	W	Примечание 2
Ширина контактной площадки	P	Примечание 3

Примечание 1: Критерии приемки должны быть установлены между производителем и потребителем.
Примечание 2: Смачивание припоем не требуется на обрезанных краях теплоотводной площадки, которые представляют собой непаяемые вертикальные поверхности.
Примечание 3: Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.

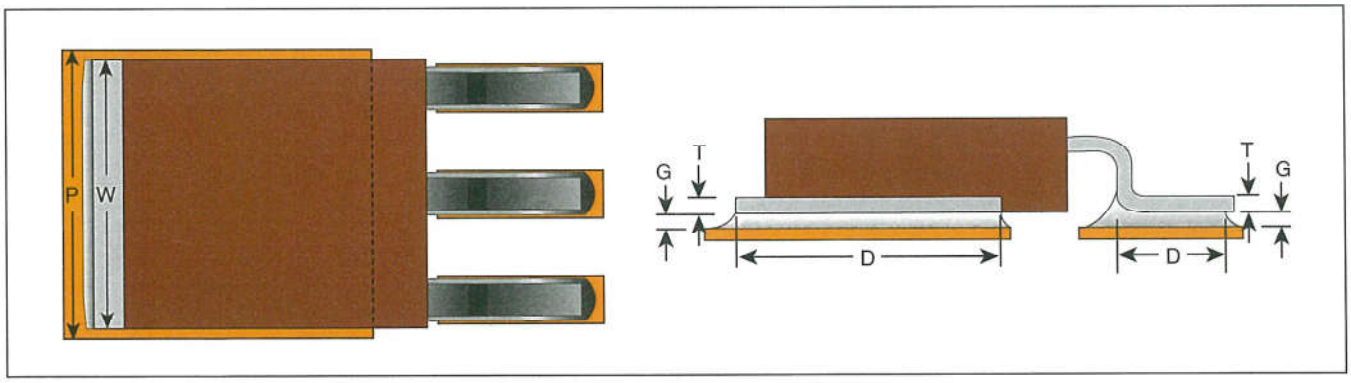


Рисунок 8-178

8.3.14 Компоненты с теплоотводными площадками под корпусом (продолжение)

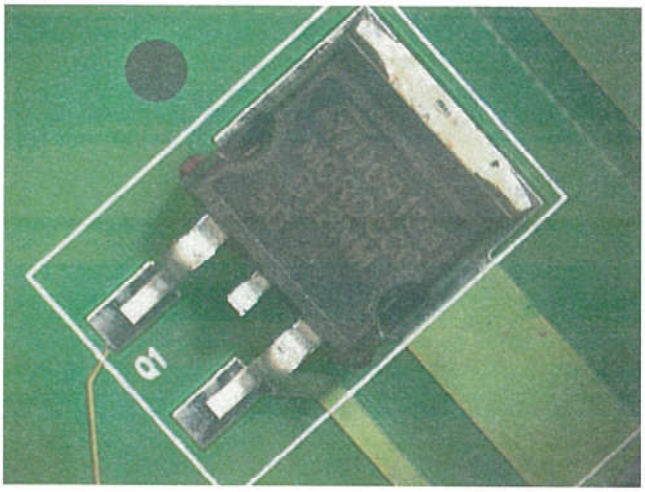


Рисунок 8-179

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие бокового выступания теплоотводной площадки.
- 100% смачивание кромки контактной поверхности теплоотводной площадки.

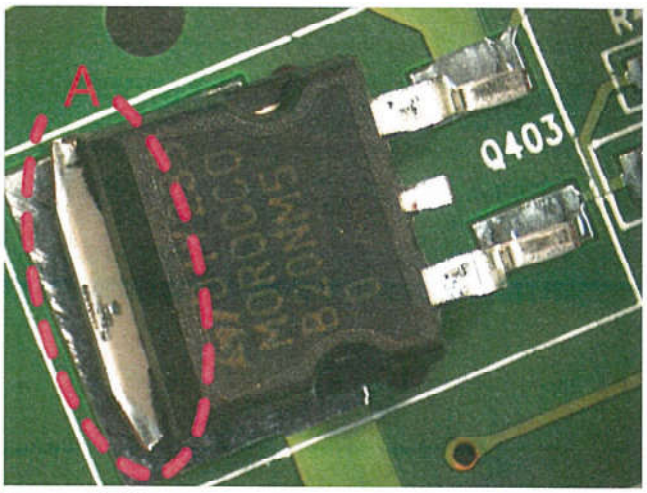


Рисунок 8-180

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Боковое выступание теплоотводной площадки не превышает 25% ширины контактной поверхности, см. Рисунок 8-180-А.
- Наличие 100% смачивания контактной площадки печатной платы по ширине торца теплоотводной площадки.

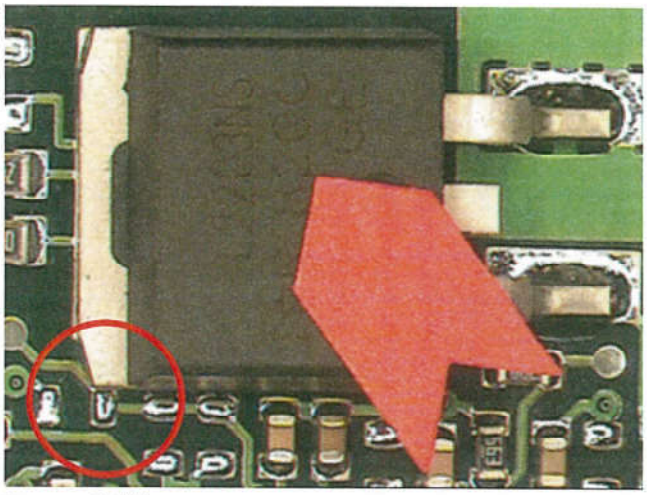


Рисунок 8-181

Дефект – Класс 1,2,3

- Боковое выступание теплоотводной площадки превышает 25% ширины контактной поверхности.
- Торец теплоотводной площадки выступает за пределы контактной площадки печатной платы.
- Смачивание теплоотводной площадки составляет менее 100% по отношению к контактной площадке печатной платы.
- Высупание теплоотводной площадки нарушает величину минимального электрического зазора, см. Рисунок 8-181.

8.3.15 Сплющенные штыри

Данный тип соединений иногда обозначается как «штырь со шляпкой».

Критерии для данного типа соединений не установлены для Класса 3. Усовершенствование и управление процессами являются существенными факторами успешного применения материалов и методов сборки. Соединения со сплющенными штырями должны отвечать требованиям к размерам и галтели припоя, приведенным в Таблице 8-18 и главах 8.3.15.1 – 8.3.15.3.

Таблица 8-18 Размерные критерии сплющенных штырей

Характеристика	Класс1	Класс 2	Класс 3
Максимальное выступание контакта, контактная площадка квадратной формы	75% ширины контакта (W), Примечания 1,2	50% ширины контакта (W), Примечания 1,2	Критерии не установлены
Максимальное выступание контакта, контактная площадка круглой формы	50% ширины контакта (W), Примечания 1,2	25% ширины контакта (W), Примечания 1,2	
Максимальная высота галтели	Примечание 4		
Минимальная высота галтели	Примечание 3		

Примечание 1. Не нарушается величина минимального электрического зазора.
Примечание 2. Диаметр вывода менее диаметра либо длины стороны контактной площадки.
Примечание 3. Явное смачивание припоем.
Примечание 4. Припой не соприкасается с корпусом компонента.

8.3.15.1 Сплющенные штыри – Максимальное выступание соединения – Контактная площадка квадратной формы

Желаемый результат – Класс 1,2

• Отсутствие выступания.

Приемлемо – Класс 1

• Выступание менее 75%.

Приемлемо – Класс 2

• Выступание менее 50%.

Дефект – Класс 1

• Выступание более 75%.

Дефект – Класс 2

• Выступание более 50%.

8.3.15.2 Сплющенные штыри – Максимальное выступание соединения – Контактная площадка круглой формы

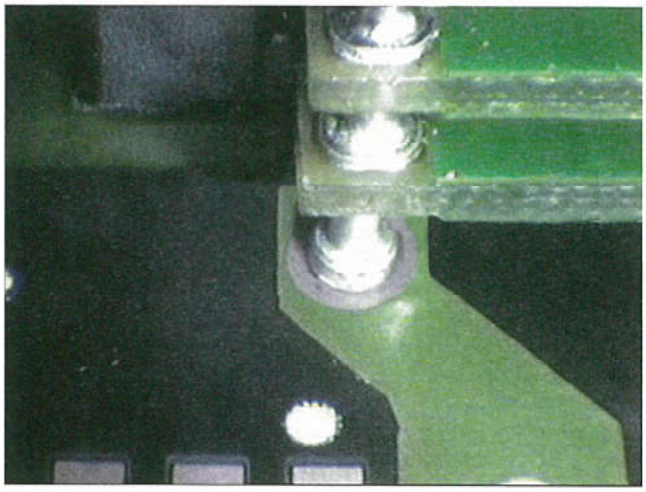


Рисунок 8-182

Желаемый результат – Класс 1,2

• Отсутствие выступания.

Приемлемо – Класс 1

• Выступание менее 50%.

Приемлемо – Класс 2

• Выступание менее 25%.

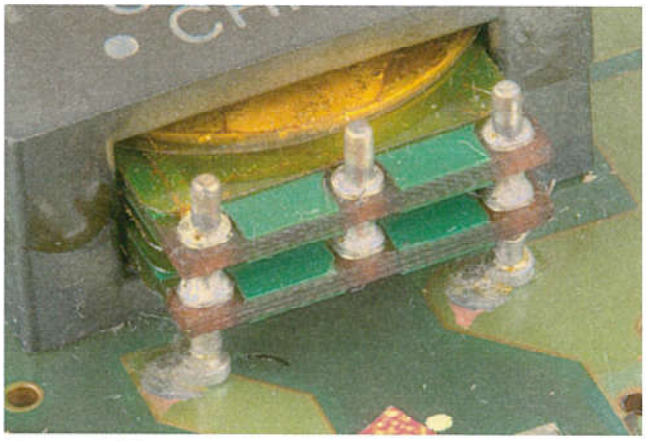


Рисунок 8-183

Дефект – Класс 1

• Выступание более 50%.

Дефект – Класс 2

• Выступание более 25%.

8.3.15.3 Сплющенные штыри – Максимальная высота галтели

Приемлемо – Класс 1,2

• Явное смачивание припоем.

Дефект – Класс 1,2

• Отсутствие смачивания.

• Припой соприкасается с корпусом компонента.

8.3.16 Компоненты с Р-образными выводами

Соединения с компонентами, имеющими Р-образные выводы (Рисунок 8-184) должны отвечать требованиям к размерам и галтели припоя, приведенным в Таблице 8-19 и главах 8.3.16.1 – 8.3.16.5. Такого рода выводы обычно встречаются на краевых разъемах, которые запаиваются с обеих сторон платы.

Таблица 8-19 Размерные критерии – Р-образные выводы

Feature	Dim.	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Максимальное боковое выступание	A	50% (W)	25% (W)	Не допускается
Максимальное торцевое выступание	B	Примечание 1		
Минимальная ширина галтели припоя с торца	C	50% (W)	75% (W)	100% (W)
Минимальная длина галтели сбоку	D	100% (W)	150% (W)	
Минимальная высота галтели – со стороны пятки вывода и с торца	F	Примечание 2	25% (H)	
Высота контактной поверхности	H	Примечание 3		
Минимальная высота галтели сбоку	J	Примечание 2		
Длина контактной поверхности	L	Примечание 3		
Ширина контактной поверхности	W	Примечание 3		

Примечание 1: Контактная поверхность по всей своей длине (L) не выступает за пределы контактной площадки.
Примечание 2: Явное смачивание припоем.
Примечание 3: Размер не установлен или может изменяться. Определяется конструкцией.

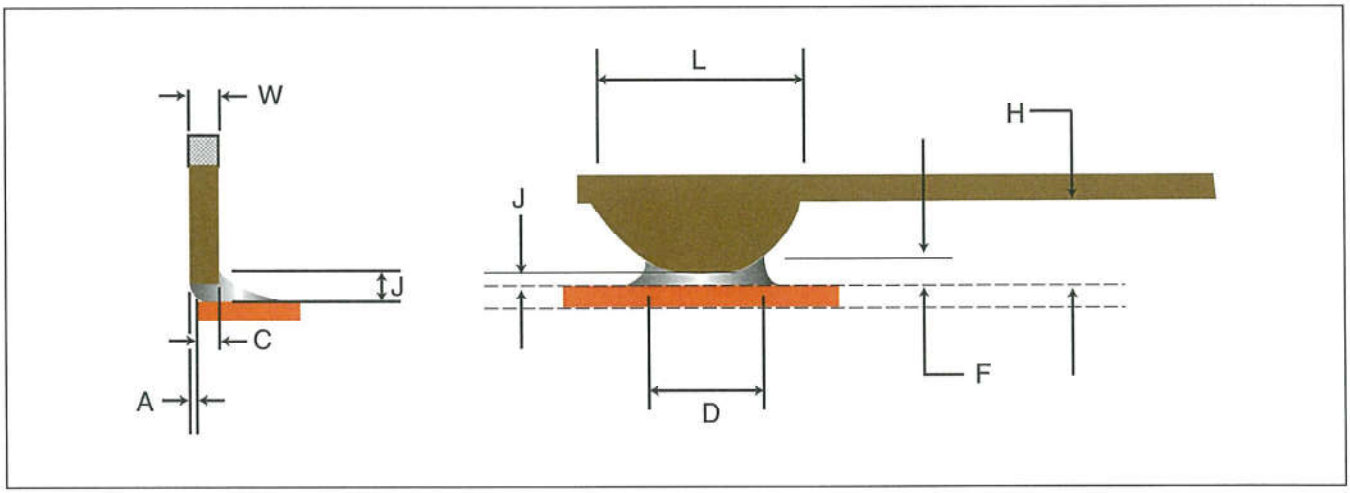


Рисунок 8-184

8.3.16.1 Компоненты с Р-образными выводами – Максимальное боковое выступание (А)

Рисунок 8-185

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие бокового выступания.

Приемлемо – Класс 1

- Выступание меньше 50% ширины контактной поверхности (W).

Приемлемо – Класс 2

- Выступание меньше 25% ширины контактной поверхности (W).

Приемлемо – Класс 3

- Отсутствие бокового выступания.

Дефект – Класс 1

- Выступание превышает 50% ширины контактной поверхности (W).

Дефект – Класс 2

- Выступание превышает 25% ширины контактной поверхности (W).

Дефект – Класс 3

- Любое боковое выступание.

8.3.16.2 Компоненты с Р-образными выводами – Максимальное торцевое выступание (В)

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Не нарушается величина минимального электрического зазора.

Дефект – Класс 1,2,3

- Нарушается величина минимального электрического зазора.

8.3.16.3 Компоненты с Р-образными выводами – Минимальная ширина галтели с торца (С)

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Ширина галтели с торца (С) равна 100% ширины контактной поверхности (W).

Приемлемо – Класс 1

- Ширина галтели с торца (С) равна 50% ширины контактной поверхности (W).

Приемлемо – Класс 2

- Ширина галтели с торца (С) равна 75% ширины контактной поверхности (W).

Дефект – Класс 1

- Ширина галтели с торца (С) меньше 50% ширины контактной поверхности (W).

Дефект – Класс 2

- Ширина галтели с торца (С) меньше 75% ширины контактной поверхности (W).

Дефект – Класс 3

- Ширина галтели с торца (С) меньше 100% ширины контактной поверхности (W).

8.3.16.4 Компоненты с Р-образными выводами – Минимальная длина галтели сбоку (D)

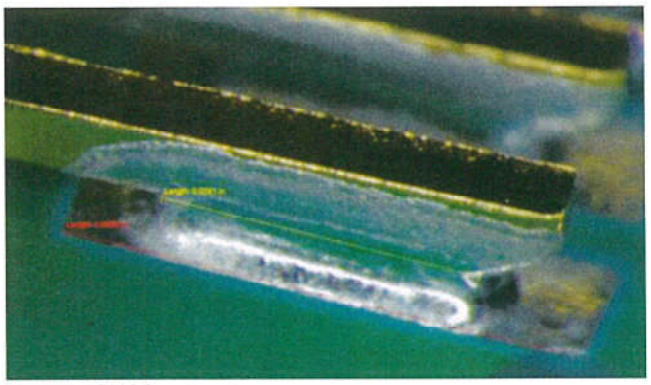


Рисунок 8-186

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Длина галтели сбоку (D) равна 100% длины контактной поверхности (L).

Приемлемо – Класс 1

- Длина галтели сбоку (D) равна 100% ширины контактной поверхности (W).

Приемлемо – Класс 2,3

- Длина галтели сбоку (D) равна 150% ширины контактной поверхности (W).

Дефект – Класс 1

- Длина галтели сбоку (D) меньше 100% ширины контактной поверхности (W).

Дефект – Класс 2,3

- Длина галтели сбоку (D) меньше 150% ширины контактной поверхности (W).

8.3.16.5 Компоненты с Р-образными выводами – Минимальная высота галтели (F)

Этот критерий применим как к высоте со стороны пятки вывода, так и с торца.

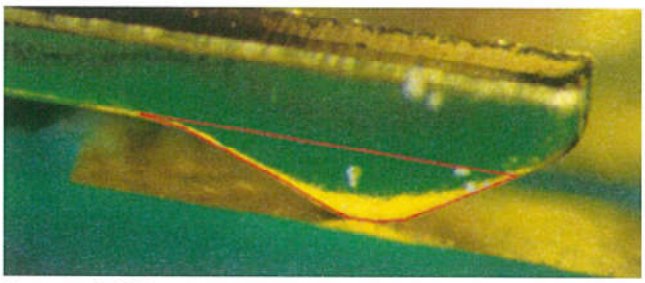


Рисунок 8-187

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Высота галтели (F) равна 100% высоты контактной поверхности (H), см. Рисунки 8-186 и 8-187 – красная линия.

Приемлемо – Класс 1

- Явное смачивание припоем.

Приемлемо – Класс 2,3

- Высота галтели (F) равна 25% высоты контактной поверхности (H).

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Высота галтели (F) меньше 25% высоты контактной поверхности (H).

8.4 Специализированные соединения поверхностного монтажа

Комитет IPC, разрабатывающий данный стандарт, получил запросы на включение в стандарт ряда специализированных соединений поверхностного монтажа, таких как показанные на рисунках 8-188, 8-189 и 8-190. Часто такие типы соединений являются уникальными для определенного компонента либо изготовлены для ограниченного количества заказчиков. Для разработки критериев приемки необходимо значительное количество случаев применения данного соединения с последующим получением данных по отказам от многочисленных заказчиков. Далее повторяется пункт 1.5.1.7 данного стандарта.

> ***1.5.1.7 Специализированные конструкции.*** *IPC-A-610 – согласованный промышленностью документ, он не может учесть всех возможных комбинаций компонентов и конструкций узлов. Там, где используются нестандартные или специализированные технологии, может потребоваться разработка особых требований. Однако, при наличии аналогичных характеристик, документ может служить руководством для определения критериев приемки. Часто необходимо определить особые требования для специальных характеристик при рассмотрении влияющих на производительность продукта критериев. Разработку следует выполнять с участием либо по согласованию с потребителем. Для Класса 2 и 3 критерий* ***должен*** *включать согласованное определение условий приемки.*
>
> *По мере возможности эти критерии следует предоставить Техническому комитету IPC для рассмотрения и возможного включения в следующую редакцию данного стандарта.*

Рисунок 8-188

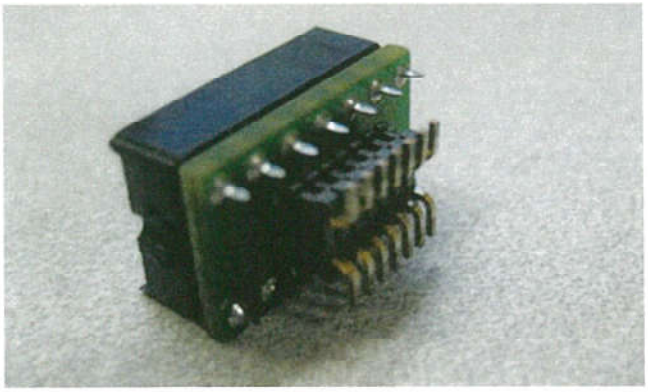


Рисунок 8-189

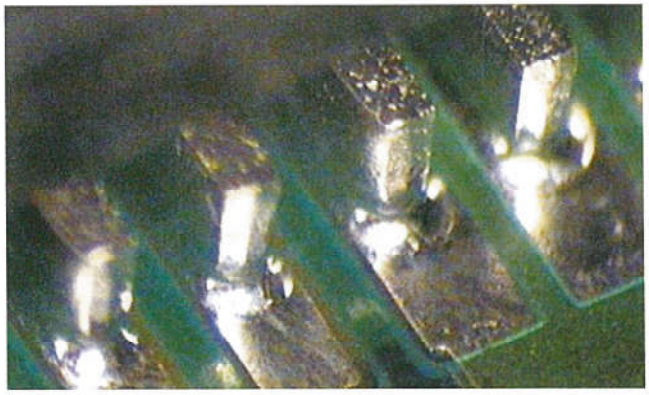


Рисунок 8-190

8.5 Разъемы для поверхностного монтажа

Данные критерии применяются к паяным разъемам. Критерии повреждений разъемов указаны в разделе 9.5. Требования по монтажу и пайке разъемов для поверхностного монтажа **должны** соответствовать критериям используемого типа вывода. Для данных критериев иллюстрации отсутствуют.

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Разъем установлен на печатную плату без зазора.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Хвостовая часть разъема установлена без зазора с платой; стыковочная часть разъема не нарушает требований к высоте.
- Замок разъема полностью установлен/зафиксирован в плате.
- Любой наклон при условии, что:
  - Не превышены максимальные требования к высоте.
  - Разъем правильно стыкуется.

Дефект – Класс 1,2,3

- Не будет стыковаться вследствие наличия стыковочного угла.
- Компонент нарушает требования к высоте.
- Замок разъема не полностью установлен/зафиксирован в плате.

Примечание: Разъемы должны соответствовать требованиям по форме, установке и функциональности. Для конечной приемки может быть необходимой проверочная стыковка разъема.

8.6 Перемычки из провода

Данные критерии не дают права производить ремонт узлов без соответствующего согласования с потребителем; см. раздел 1.1. Данный раздел устанавливает критерии приемлемости при визуальном контроле отдельных проводов (перемычек, временных проводов, и т.п.), используемых для соединения компонентов при отсутствии непрерывного печатного проводника.

Требования относительно типа провода, прокладки, крепления и пайки одинаковы как для перемычек, так и для временных проводов. Исключительно с целью упрощения в данном разделе используется только термин «перемычки», хотя требования раздела применяются для обоих типов.

Информация относительно ремонта и доработки находится в стандарте IPC-7711A/7721A.

Критерии, приведенные в пунктах: Выбор провода (7.5.1), Прокладка провода (7.5.2), Приклейка провода (7.5.3), – применимы для перемычек из провода в ТПМ.

Провода могут распаиваться в металлизированные отверстия и/или на штыревые контакты, контактные площадки и выводы компонентов.

Перемычки считаются компонентами и подпадают под действие конструкторского документа по прокладке, соединению, креплению и выбору типа провода.

Используйте по возможности более короткие перемычки и не прокладывайте их поверх или под другими заменяемыми компонентами, если иное не указано в документации. При прокладке и фиксации проводов необходимо учитывать такие конструктивные ограничения, как наличие свободного пространства и минимальный электрический зазор. Соединительный провод длиной до 25 мм [1 дюйма], не расположенный поверх проводящих участков и отвечающий требованиям к минимальным электрическим зазорам, можно не изолировать. Изоляция, в случае необходимости ее наличия на перемычках, **должна** быть совместимой с конформным покрытием в случае необходимости его наличия.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Изоляция контактирует с припоем, но не препятствует образованию приемлемого паяного соединения.

Дефект – Класс 1,2,3

- Изоляция препятствует образованию приемлемого паяного соединения.

8.6.1 Перемычки из провода – Технология поверхностного монтажа (ТПМ)

Отсутствие клея на корпусах, выводах компонентов и на контактных площадках. Остатки клея не перекрывают и не влияют на образование паяных соединений.

Для всех паяных соединений, описанных в данном разделе, нижеследующие условия будут приемлемыми:

- Зазор до изоляции не допускает замыкания с другими проводниками и не уменьшает величины минимального электрического зазора.
- Явное смачивание припоем перемычки и вывода/площадки.
- Контур провода или конца провода различим в паяном соединении.
- Отсутствие разломов в паяном соединении.
- Выступание провода не нарушает минимального электрического зазора.

Примечание: В высокочастотных изделиях концы проводов, выступающие над изгибами выводов компонентов, могут создавать проблемы.

8.6.1.1 Перемычки из провода – ТПМ – Чип-компоненты и компоненты с цилиндрическими торцевыми контактами

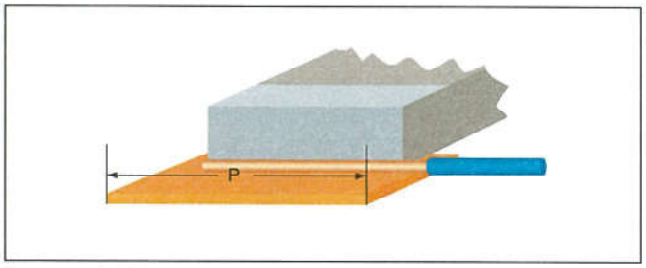


Рисунок 8-191

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Провод расположен параллельно самому длинному размеру площадки.
- Галтель припоя равна ширине контактной площадки (P).

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Длина паяного соединения провода и контактной поверхности компонента составляет не менее 50% ширины контактной площадки (P) или два диаметра провода, выбирается большее значение.

Дефект – Класс 1,2,3

- Длина паяного соединения провода и контактной поверхности компонента составляет менее 50% ширины контактной площадки (P) или двух диаметров провода, выбирается большее значение.
- Провод припаян сверху чип-компонента.

8.6.1.2 Перемычки из провода – ТПМ – Выводы типа «крыло чайки»

Данные критерии применяются к перемычкам, присоединенным к выводам. См. пункт 8.6.1.5 для перемычек, присоединенных к контактным площадкам.

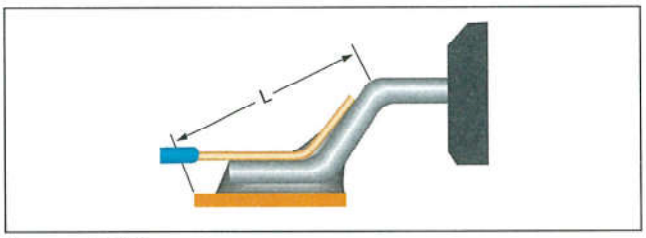


Рисунок 8-192

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Длина провода и смачивание припоем составляет не менее 75% расстояния от края контактной площадки до изгиба вывода (L).
- Провод не выступает за изгиб вывода компонента.
- Провод не нарушает величины минимального электрического зазора.

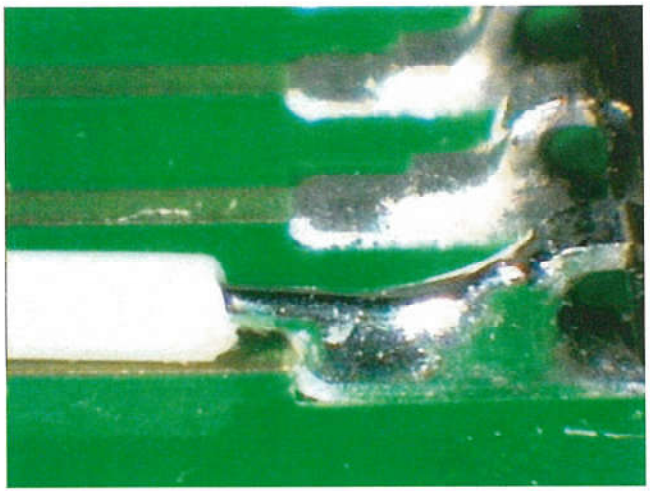


Рисунок 8-193

Рисунок 8-194

Дефект – Класс 1,2,3

- Длина провода и смачивание припоем составляет менее 75% расстояния от края контактной площадки до изгиба вывода (L).
- Провод выступает за изгиб вывода компонента.
- Провод нарушает величину минимального электрического зазора.

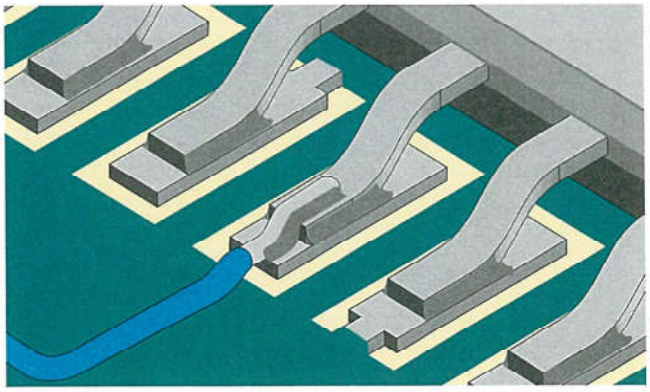


Рисунок 8-195

8.6.1.3 Перемычки из провода – ТПМ – J-образные выводы

Данные критерии применяются к перемычкам, присоединенным к выводам. См. пункт 8.6.1.5 для перемычек, присоединенных к контактным площадкам.

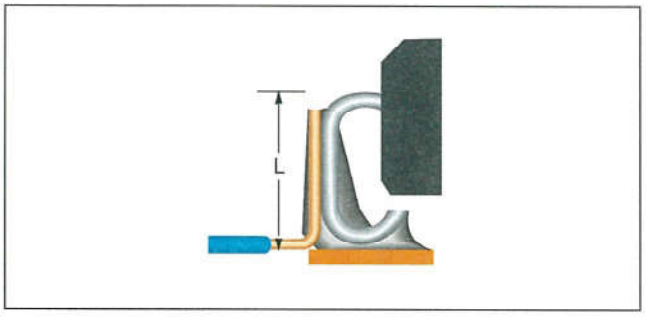


Рисунок 8-196

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Длина паяного соединения провода равна (L).

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Длина провода и смачивание припоем составляет не менее 75% высоты J-образного вывода (L).
- Провод не выступает за изгиб вывода компонента.

Дефект – Класс 1,2,3

- Длина провода и смачивание припоем составляет менее 75% высоты J-образного вывода (L).
- Провод выступает за изгиб вывода компонента.
- Провод нарушает величину минимального электрического зазора.

8.6.1.4 Перемычки из провода – ТПМ – Зубчатые контакты

Данные критерии применяются к перемычкам, присоединенным к зубчатым контактам. См. пункт 8.6.1.5 для перемычек, присоединенных к контактным площадкам.

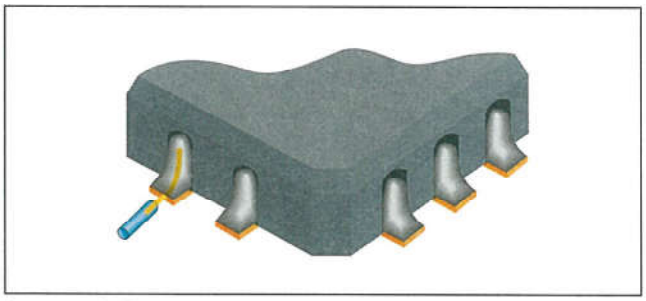


Рисунок 8-197

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Длина провода и смачивание припоем составляет не менее 75% расстояния от поверхности контактной площадки до верхней кромки зубчатого контакта.
- Провод припаян к задней стенке зубчатого контакта.
- Провод не выступает за верхнюю кромку зубчатого контакта.

Дефект – Класс 1,2,3

- Длина провода и смачивание припоем составляет менее 75% расстояния от поверхности контактной площадки до верхней кромки зубчатого контакта.
- Провод выступает за верхнюю кромку зубчатого контакта.
- Провод нарушает величину минимального электрического зазора.

8.6.1.5 Соединительные провода – ТПМ – Контактная площадка

Данные критерии применяются к свободным контактным площадкам.

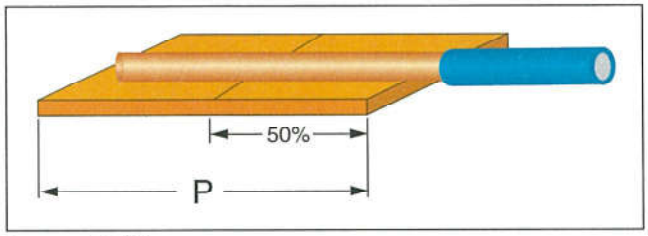


Рисунок 8-198

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Вывод расположен вдоль самого длинного размера контактной площадки.
- Длина вывода и галтели припоя равна (P).

Приемлемо – Класс 1,2,3

- При ширине контактной площадки (P) не менее 6 мм [0,25 дюйма] длина паяного соединения провода и контактной площадки составляет не менее двух диаметров провода.
- При ширине контактной площадки (P) менее 6 мм [0,25 дюйма] длина паяного соединения провода и контактной площадки составляет не менее 50% ширины контактной площадки либо двух диаметров провода, выбирается большее значение.
- Провод различим в припое.

Дефект – Класс 1,2,3

- При ширине контактной площадки (P) не менее 6 мм [0,25 дюйма] длина паяного соединения провода и контактной площадки составляет менее двух диаметров провода.
- При ширине контактной площадки (P) менее 6 мм [0,25 дюйма] длина паяного соединения провода и контактной площадки составляет менее 50% ширины контактной площадки либо двух диаметров провода, выбирается большее значение.
- Провод не различим в припое.

9 Повреждения компонентов

В данном разделе рассматриваются следующие темы:

9.1 Потеря металлизации 9-2

9.2 Повреждения чип-резисторов 9-3

9.3 Выводные / безвыводные компоненты 9-4

9.4 Керамические чип-конденсаторы 9-8

9.5 Разъемы 9-10

9.6 Реле 9-13

9.7 Повреждения сердечника трансформатора 9-13

9.8 Разъемы, ручки, экстракторы, замки 9-14

9.9 Штыри краевых разъемов 9-15

9.10 Запрессованные штыри 9-16

9.11 Штыри разъемов коммутационной панели 9-17

9.12 Монтаж радиаторов 9-18

9.13 Резьбовые элементы и установочные изделия 9-19

9.1 Потеря металлизации

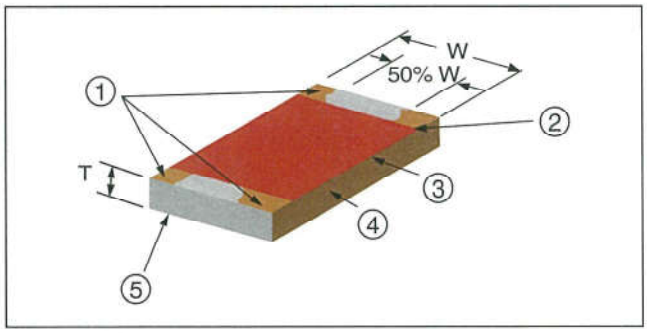


Рисунок 9-1

1. Отсутствие металлизации
2. Адгезионное покрытие
3. Резистивный элемент
4. Подложка (керамическая/алюминиевая)
5. Контактная торцевая часть

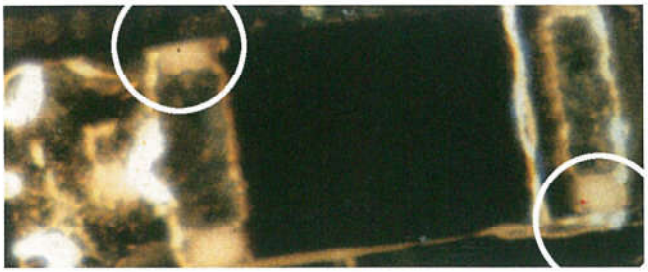


Рисунок 9-2

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Потеря металлизации на какой-либо из сторон вывода, кроме торцевой, для компонентов, контактные поверхности которых находятся с 5 сторон, не превышает 25% ширины компонента (W) либо толщины компонента (T).
- Максимум 50% металлизации потеряно на верхней части контактной области для каждого из контактов компонентов с контактными поверхностями, находящимися с 3 сторон, см. Рисунки 9-1 и 9-2.

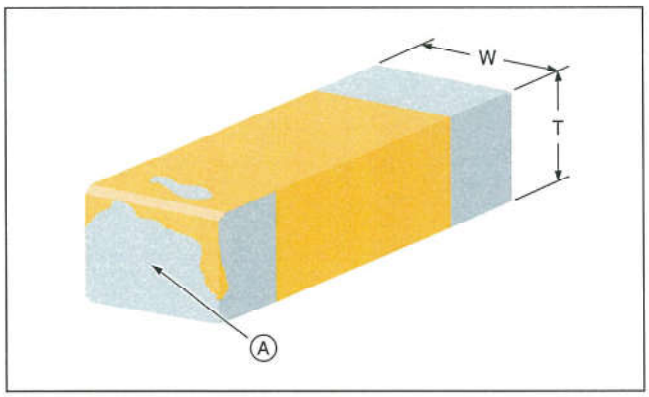


Рисунок 9-3

Дефект – Класс 1,2,3

- Потеря металлизации торцевой части компонента оголяет керамику, см. Рисунок 9-3-A.
- Потеря металлизации на какой-либо из сторон вывода, кроме торцевой, для компонентов, контактные поверхности которых находятся с 5 сторон, превышает 25% ширины компонента (W) либо толщины компонента (T), см. Рисунки 9-4 и 9-5.
- Более 50% металлизации потеряно на верхней части контактной области для каждого из контактов компонентов с контактными поверхностями, находящимися с 3 сторон, см. Рисунки 9-5 и 9-6.
- Беспорядочные структуры, превышающие максимально и минимально допустимые размеры для компонента данного типа.

9.1 Потеря металлизации (продолжение)

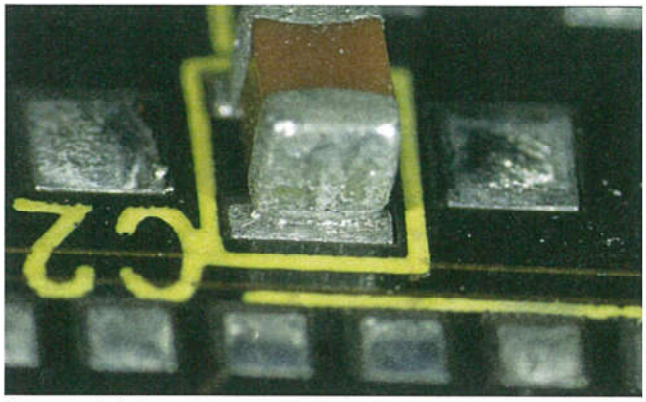


Рисунок 9-4

Рисунок 9-5

Рисунок 9-6

9.2 Повреждения чип-резисторов

Рисунок 9-7

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Отсутствие повреждений резистивного элемента или стеклянного покрытия.
- Отсутствие оголения резистивного элемента.

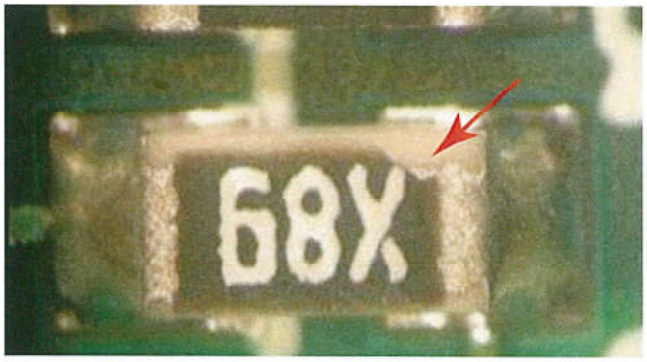


Рисунок 9-8

Дефект – Класс 1,2,3

- Повреждение стеклянного покрытия.
- Повреждение или оголение резистивного элемента.

9.3 Выводные/безвыводные компоненты

Данные критерии применимы к выводным и безвыводным компонентам.

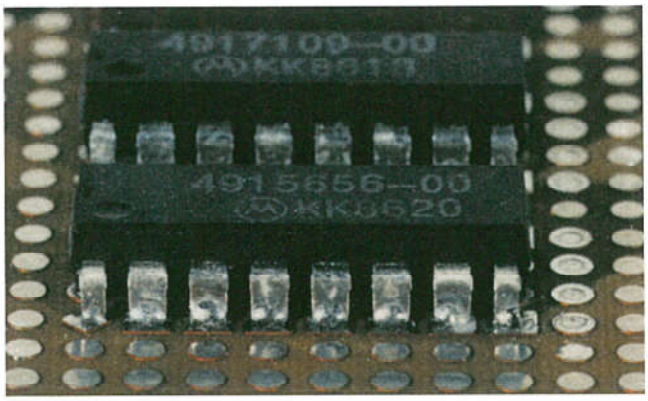


Рисунок 9-9

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Покрытие компонента не повреждено.
- Отсутствие сколов, трещин, царапин и микротрещин.
- Читаемая маркировка.

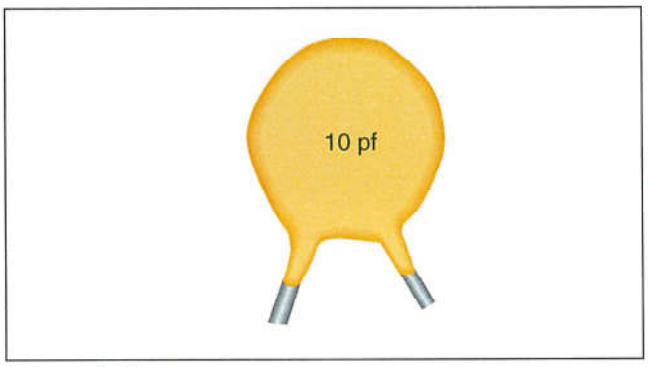


Рисунок 9-10

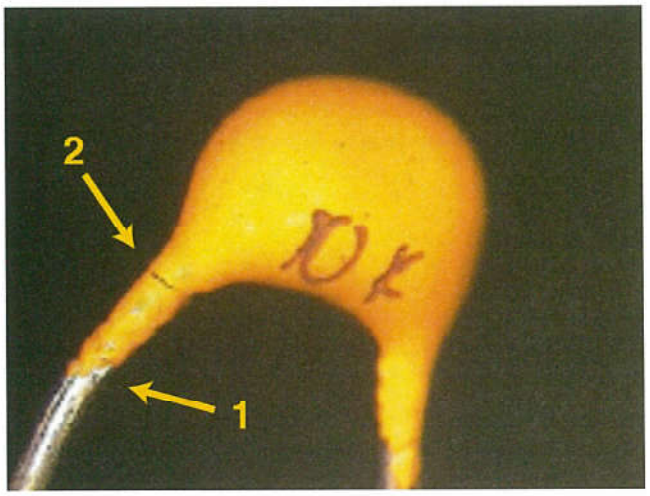


Рисунок 9-11
1. Скол
2. Трещина

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Сколы или царапины не оголяют подложку компонента или его рабочий элемент и не нарушают целостность, форму, установку либо функционирование.
- Сколы либо трещины на наплыве обволакивания компонента не оголяют подложку компонента или его рабочий элемент и не нарушают целостность, форму, установку либо функционирование.
- Никаких признаков трещин, повреждений на герметизации крышки или выводов компонента.
- Вмятины и царапины не нарушают форму, размеры, установку либо функционирование и не превышают указанных в спецификации производителя пределов.
- Отсутствие сгоревших и обугленных компонентов.

9.3 Выводные/безвыводные компоненты (продолжение)

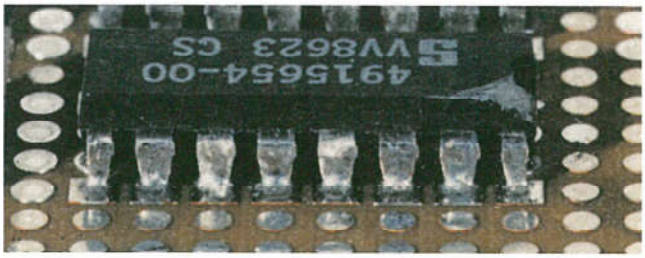


Рисунок 9-12

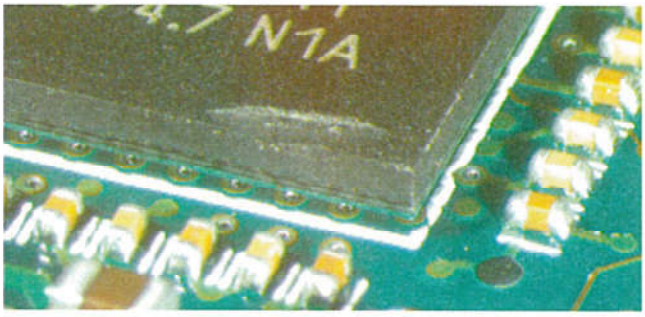


Рисунок 9-13

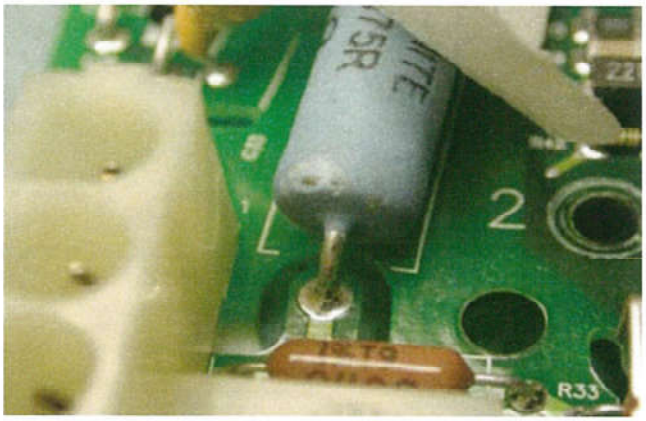


Рисунок 9-14

Рисунок 9-15

Приемлемо – Класс 1

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Вмятины или сколы на **пластиковых** корпусах компонентов не проникают внутрь герметизации крышки или выводов компонента и не оголяют внутренний функциональный элемент, см. Рисунки 9-12, 9-13 и 9-14.
- Повреждение компонента не нарушило требуемой маркировки.
- Изоляция/изоляционная трубка компонента имеет повреждения, при условии, что:
  - поврежденный участок не увеличивается в размерах, например, кромки повреждений скруглены и не имеют трещин, острых углов, крошащегося вследствие теплового повреждения материала и т.п., см. Рисунки 9-13 и 9-14.
  - нет риска замыкания открытой проводящей поверхности компонента на расположенные рядом компоненты или проводники, см. Рисунок 9-15.

9.3 Выводные/безвыводные компоненты (продолжение)

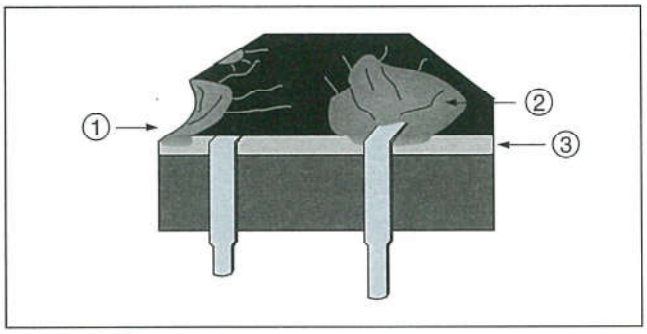


Рисунок 9-16

1. Скол распространяется на герметизацию
2. Оголенный вывод
3. Герметизация

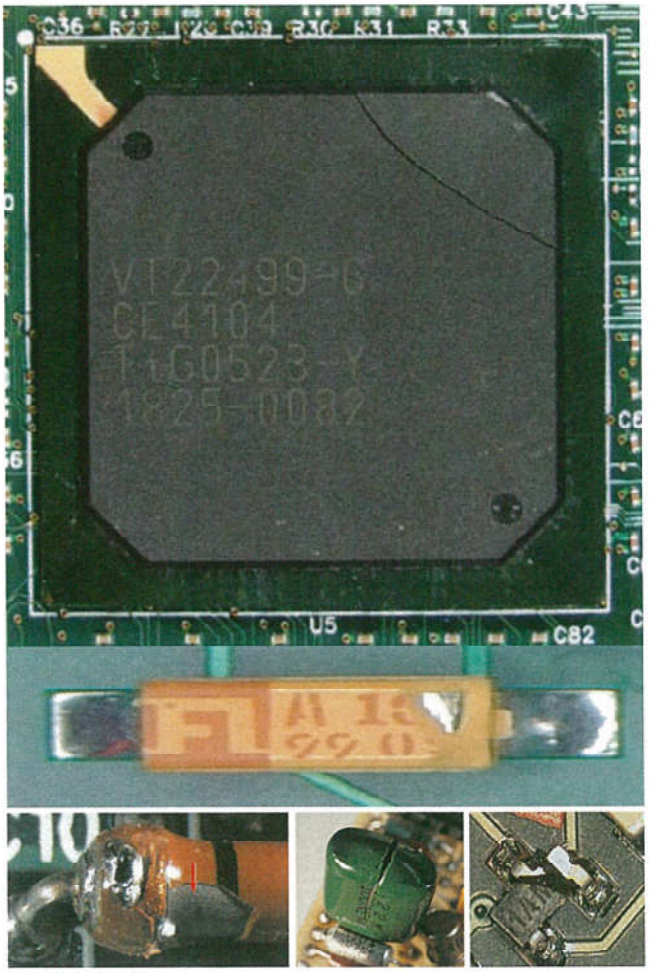


Рисунок 9-17

Дефект – Класс 1,2,3

- Трещина или скол распространяется внутрь герметизации компонента, см. Рисунок 9-16.
- Трещины распространяются от скола на керамическом корпусе компонента, см. Рисунок 9-16.
- Трещина или скол оголяет подложку компонента или внутренний функциональный элемент либо влияет на герметизацию, целостность, форму, установку либо функционирование; см. Рисунок 9-17.
- Сколы или трещины стеклянного корпуса компонентов, см. Рисунок 9-18.
- Повреждение либо трещина в стеклянном шарике изоляции выходит за пределы, указанные в спецификации (не показано).
- По причине повреждения отсутствует маркировка компонента, не показано.
- Изоляционное покрытие повреждено в такой степени, что оголяется внутренний функциональный элемент или деформируется компонент (не показано).
- Повреждение увеличивается в размерах, например, в виде трещин, острых углов, крошащегося вследствие теплового повреждения материала, и пр., см. Рисунок 9-19.
- Повреждение может стать причиной замыкания на соседние компоненты или проводники.
- Отслаивание, шелушение, либо образование вздутий покрытия.
- Сгоревшие и обугленные компоненты (черный, темно-коричневый цвет обугленной вследствие перегрева поверхности компонента), см. Рисунок 9-20.
- Вмятины или царапины на корпусе компонента нарушают форму, установку либо функционирование, либо превышают указанные в спецификации производителя пределы, см. Рисунок 9-21.
- Трещины экранирующего материала, см. Рисунок 9-22.
- Корпус компонента отслаивается от подложки, см. Рисунок 9-23.

9.3 Выводные/безвыводные компоненты (продолжение)

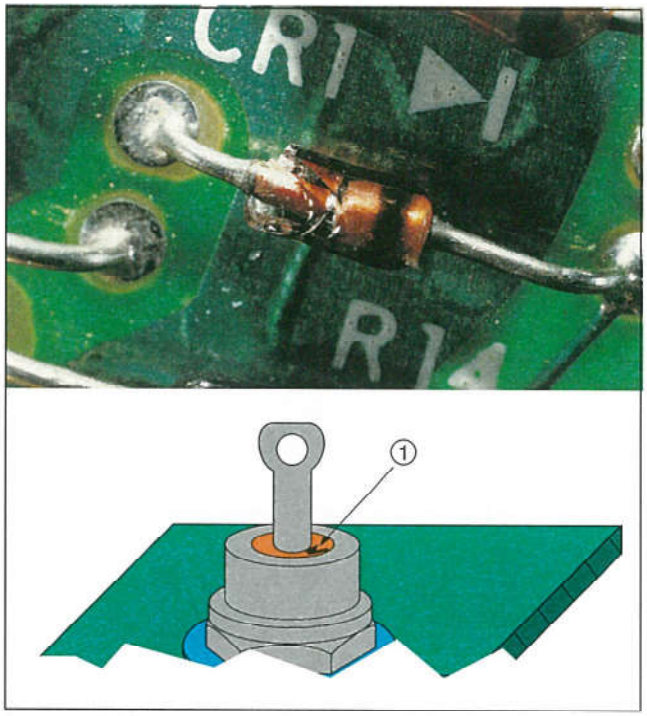


Рисунок 9-18

Рисунок 9-19

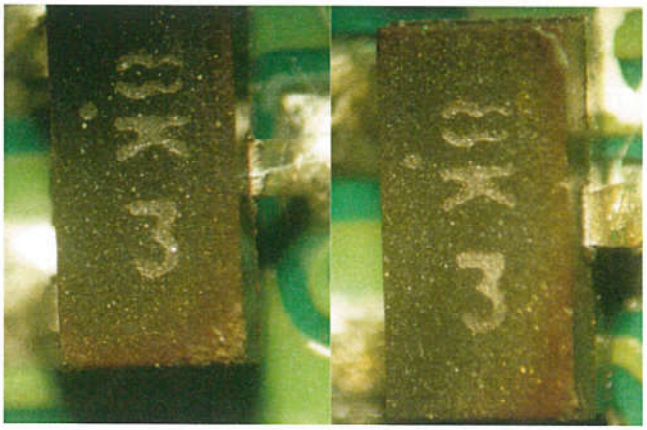


Рисунок 9-20

Рисунок 9-21

Рисунок 9-22

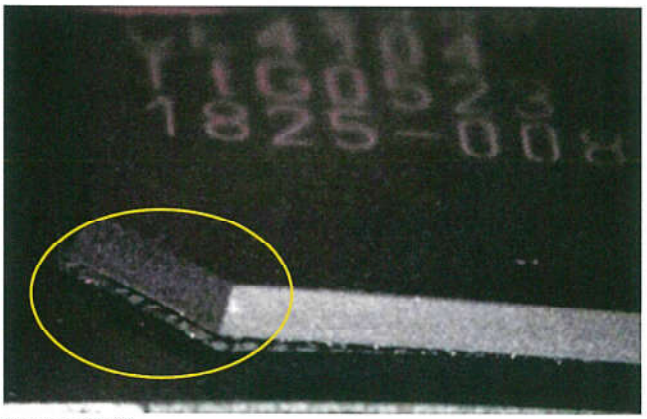


Рисунок 9-23

9.4 Керамические чип-конденсаторы

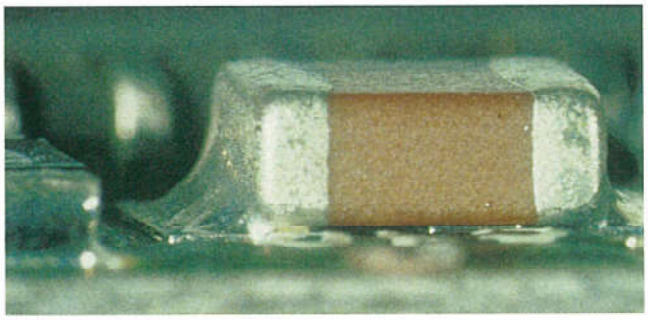


Рисунок 9-24

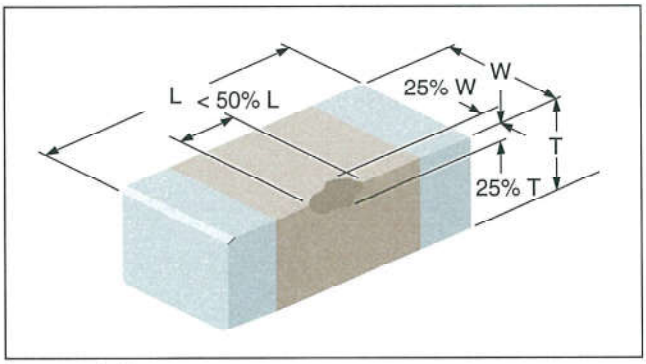


Рисунок 9-25

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие сколов, трещин или следов усталостного разрушения.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Царапины или сколы по размеру не больше указанных в таблице 9-1, отдельно для каждого.
- Изменение цвета компонента вследствие температурного воздействия во время процесса пайки оплавлением.

Таблица 9-1 Критерии оценки сколов

(T)	25% толщины
(W)	25% ширины
(L)	50% длины

9.4 Керамические чип-конденсаторы (продолжение)

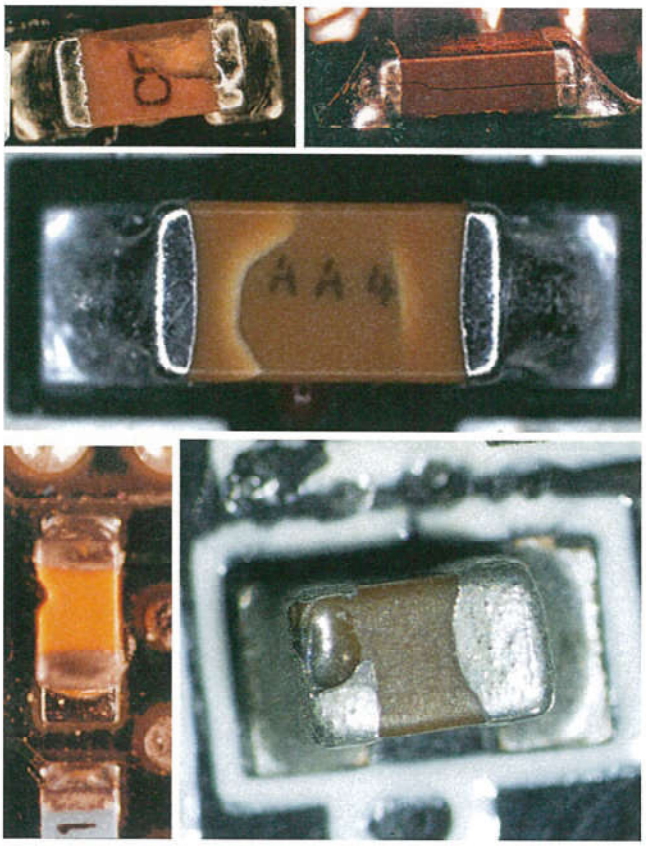


Рисунок 9-26

Дефект – Класс 1,2,3

- Любой скол на участке контактной поверхности, либо оголяющий электроды.
- Любые трещины или усталостные разрушения.
- Повреждения, превышающие указанные в таблице 9-1.

9.5 Разъемы

Данные критерии применяются к отлитым из пластика корпусам / кожухам, которые в первую очередь используются для направления разъемов при соединении. Штыри разъемов обычно устанавливаются в корпуса с натягом. Визуальный контроль корпусов и кожухов включает оценку физических повреждений, таких как трещины и деформации.

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствуют видимые физические повреждения.
- Отсутствие заусенцев на корпусах и кожухах разъемов.
- Отсутствие трещин на корпусах и кожухах разъемов.
- Штыри разъема прямые.

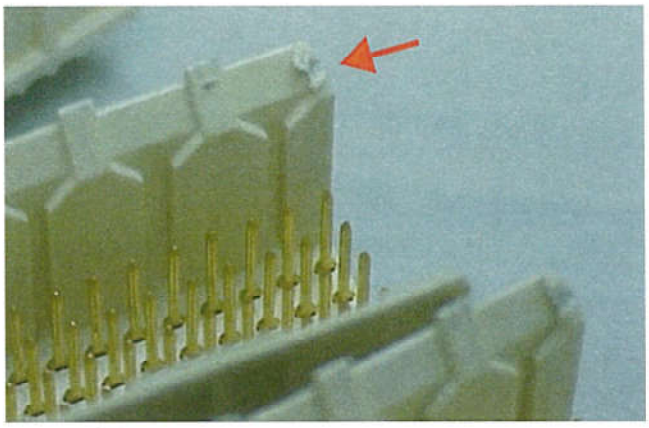


Рисунок 9-27

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Заусенцы на разъеме не мешают его нормальному соединению (заусенцы не оторваны) и не влияют на форму, установку либо функционирование.
- Трещины на некритичных участках (не влияют на целостность корпуса/кожуха разъема).
- Незначительные царапины, сколы, либо температурная деформация, не влияющая на защиту контактов либо на правильность соединения.
- Изгиб штырей от оси не превышает 25% толщины/диаметра штыря.

9.5 Разъемы (продолжение)

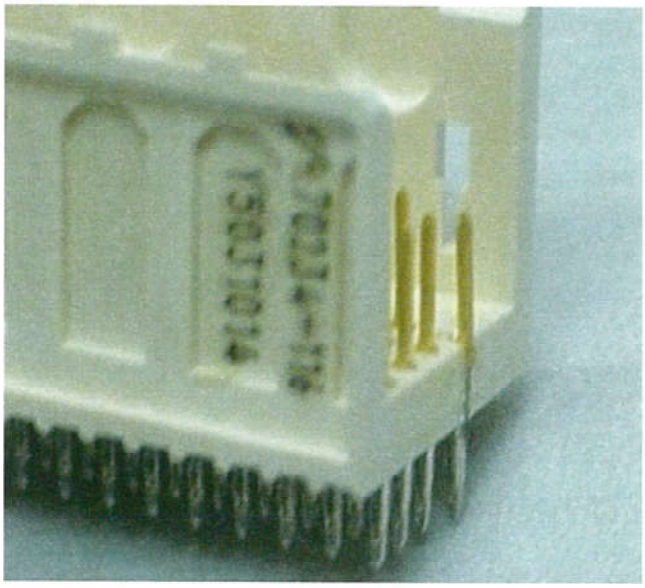


Рисунок 9-28

Дефект – Класс 1,2,3

- Заусенцы, трещины или другие деформации, нарушающие механическую целостность или функциональность корпуса разъема.
- Изгиб штырей от центра превышает 25% толщины/диаметра штыря.

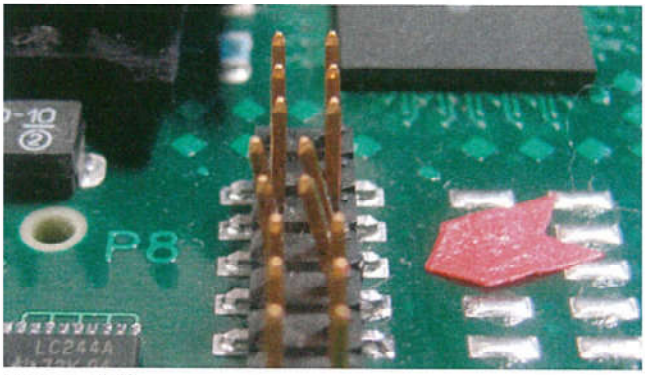


Рисунок 9-29

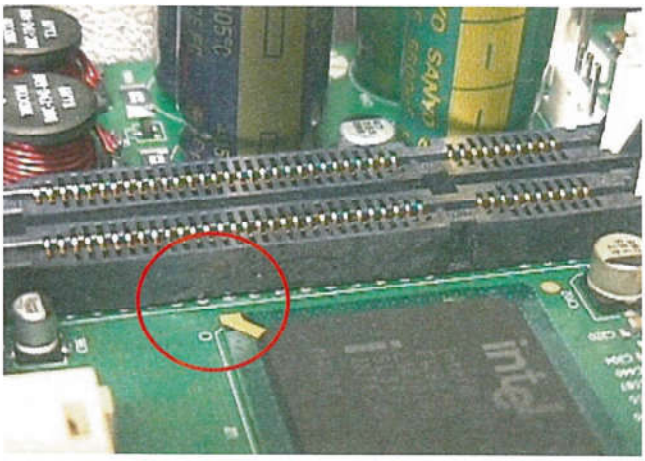


Рисунок 9-30

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Отсутствие обугливания или оплавления.
- Незначительные сколы, царапины или оплавления, не влияющие на форму, установку и функциональность.

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Незначительное обесцвечивание.

9.5 Разъемы (продолжение)

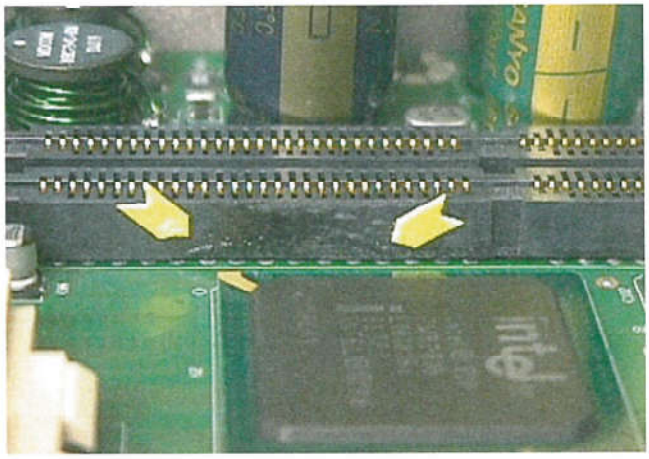


Рисунок 9-31

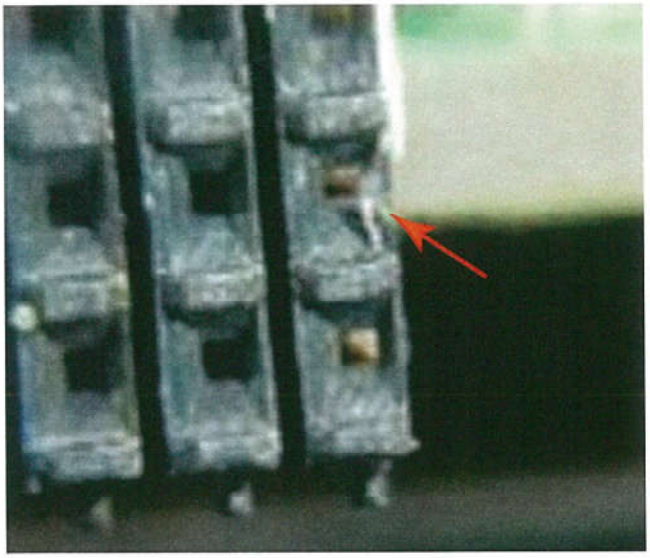


Рисунок 9-32

Дефект – Класс 1,2,3

- Явное обугливание или оплавление.
- Изменения формы, сколы, царапины, оплавление либо другое повреждение, влияющее на форму, установку или функциональность.

9.6 Реле

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Незначительные царапины, надрезы, сколы либо другие дефекты, не проникающие внутрь корпуса и не влияющие на герметизацию (не показано).

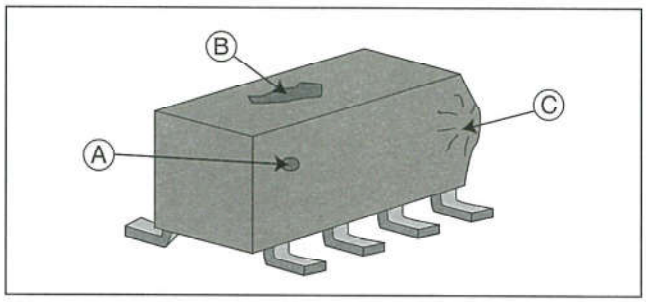


Рисунок 9-33

Дефект – Класс 1,2,3

- Царапины, надрезы, сколы либо другие дефекты, проникающие внутрь корпуса или влияющие на герметизацию, см. Рисунки 9-33-A и 9-33-B.
- Выпуклость или вздутие корпуса, см. Рисунок 9-33-C.

9.7 Повреждения сердечника трансформаторов

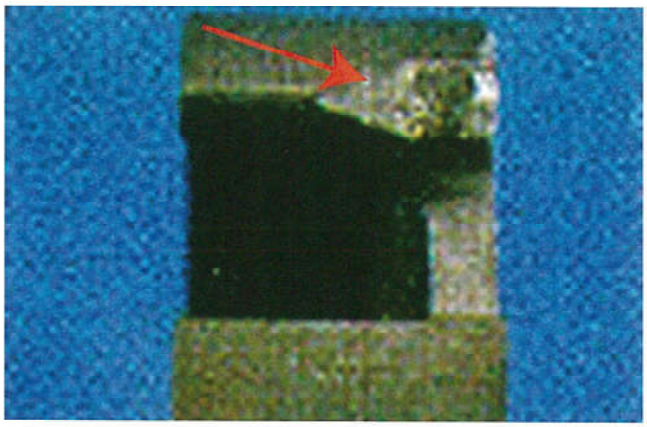


Рисунок 9-34

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Сколы и/или царапины на внешних кромках сердечника допустимы при условии, что они не распространяются до сопрягаемых поверхностей и не превышают ½ толщины сердечника.

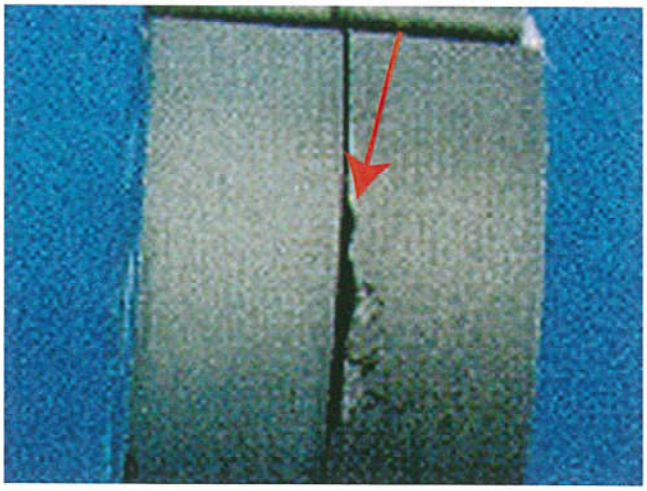


Рисунок 9-35

Дефект – Класс 1,2,3

- Скол материала сердечника расположен на сопрягаемой поверхности (обозначено стрелкой).
- Скол превышает 50% толщины сердечника.
- Трещины в материале сердечника.

9.8 Разъемы, ручки, экстракторы, замки

Данный раздел описывает некоторые из многих типов установочных изделий, таких как разъемы, ручки, экстракторы и литые пластиковые изделия.

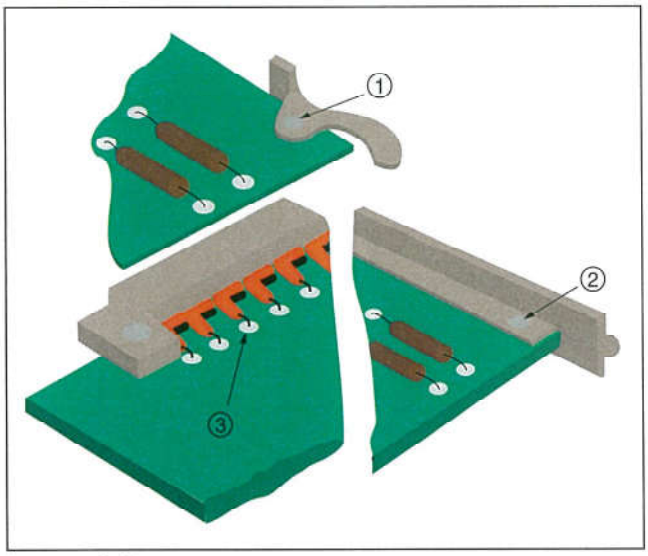


Рисунок 9-36
1. Экстрактор
2. Крепежное изделие
3. Вывод компонента

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие повреждения детали, печатной платы или крепежных изделий (заклепок, винтов и пр.).

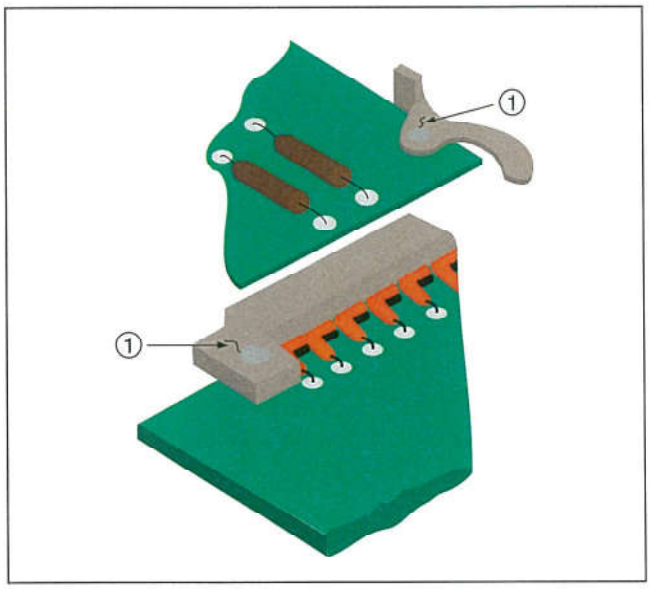


Рисунок 9-37
1. Трещина

Приемлемо – Класс 1

- Трещины в установленном изделии не распространяются более чем на 50% расстояния между монтажным отверстием и формованной кромкой.

Дефект – Класс 1

- Трещины в монтируемом изделии превышают 50% расстояния между монтажным отверстием и формованной кромкой.

Дефект – Класс 2,3

- Трещины в установленном изделии.

Дефект – Класс 1,2,3

- Трещина соединяет монтажное отверстие с кромкой.
- Повреждение/напряжение штырей разъема.

9.9 Штыри краевых разъемов

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Контакт не сломан и не перекручен.

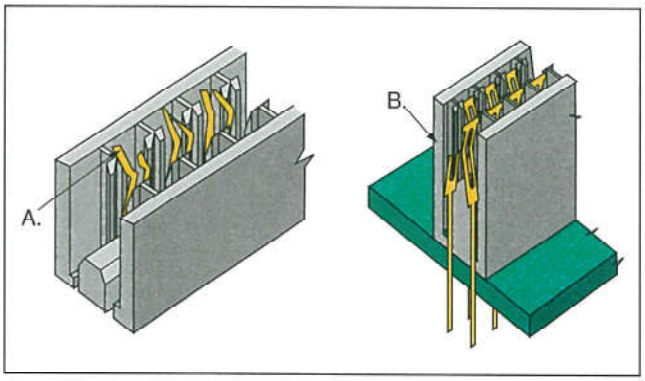


Рисунок 9-38

Дефект – Класс 1,2,3

• Контакт перекручен или деформирован другим способом, см. Рисунок 9-38-A.

• Контакт сломан, см. Рисунок 9-38-B.

9.10 Запрессованные штыри

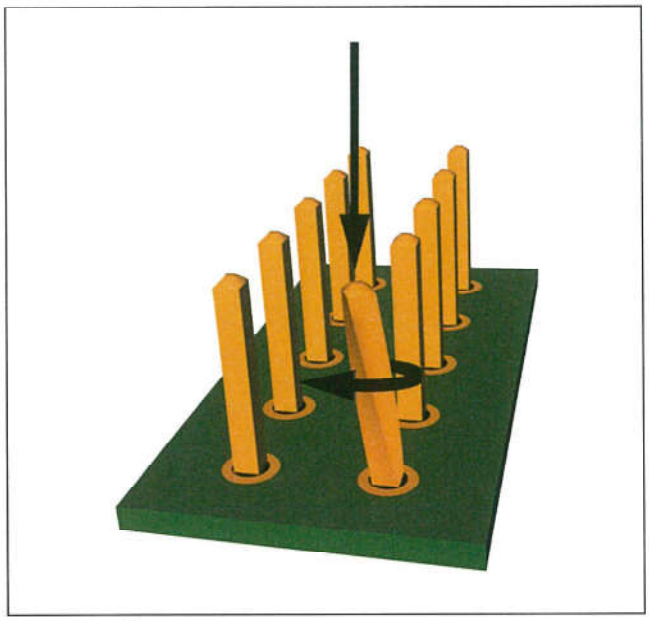


Рисунок 9-39

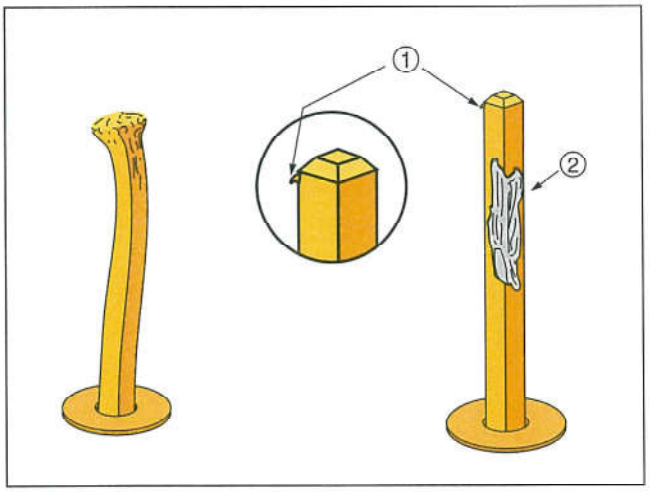


Рисунок 9-40

1. Заусенец
2. Отсутствует металлическое покрытие

Дефект – Класс 1,2,3

- Повреждение штыря в результате обращения или монтажа.
  - Перекручен.
  - Сплюснут с образованием «шляпки».
  - Изгиб, см.4.3.2.
  - Оголен базовый металл.
  - Заусенец.

9.11 Штыри разъемов коммутационной панели

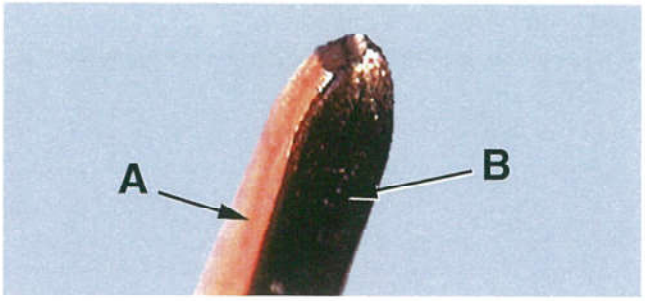


Рисунок 9-41
A. Отрезанная/несопрягаемая поверхность штыря разъема
B. Штампованная/сопрягаемая поверхность штыря разъема

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Скол на несопрягаемой поверхности штыря разъема.
- Сопрягаемая поверхность штыря разъема отполирована при условии, что не удалено металлическое покрытие.
- Скол, вторгающийся в сопрягаемую поверхность штыря, который не будет находиться в зоне контакта ответного разъема.

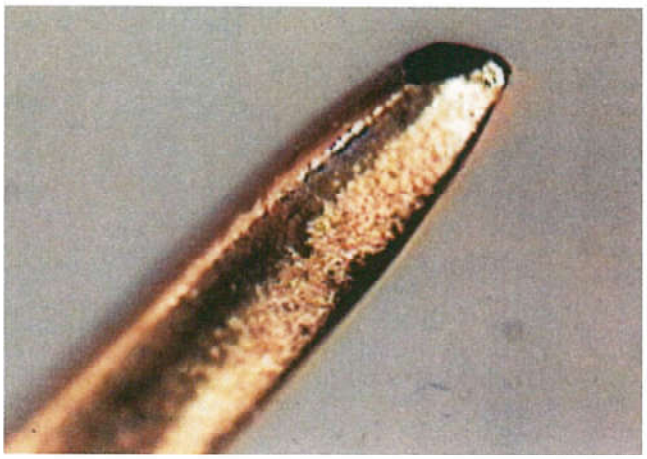


Рисунок 9-42

Дефект – Класс 1,2,3

- Сколотый на сопрягаемой поверхности штырь разъема, см. Рисунок 9-42.
- Царапины на штыре оголяют неблагородное покрытие или базовый металл.
- Отсутствие покрытия на требуемых участках.
- Заусенец на штыре, см. Рисунок 9-43.
- Трещина в основании печатной платы.
- Выдавленная металлизация отверстия, проявляющаяся в выступании меди на нижней стороне платы.

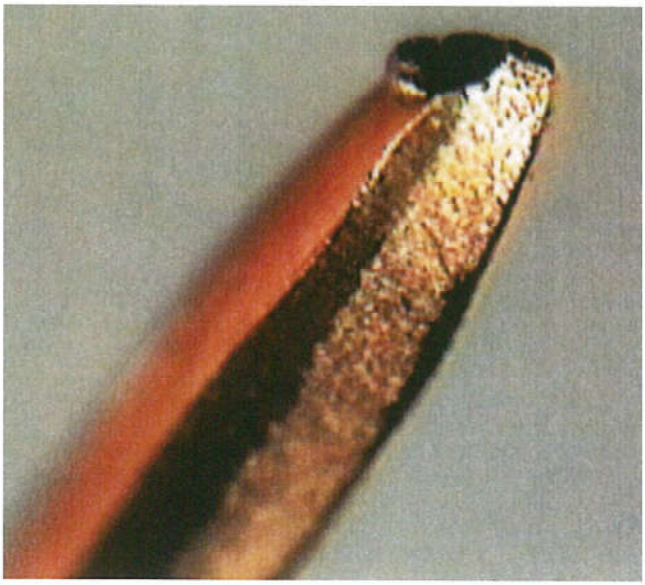


Рисунок 9-43

9.12 Монтаж радиаторов

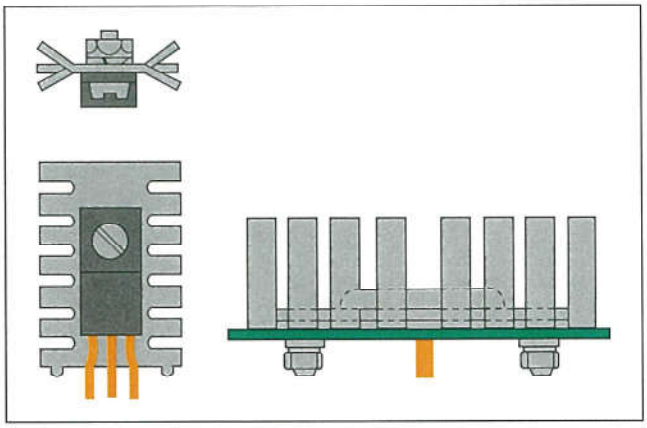


Рисунок 9-44

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Отсутствие повреждений либо напряжения в радиаторе.

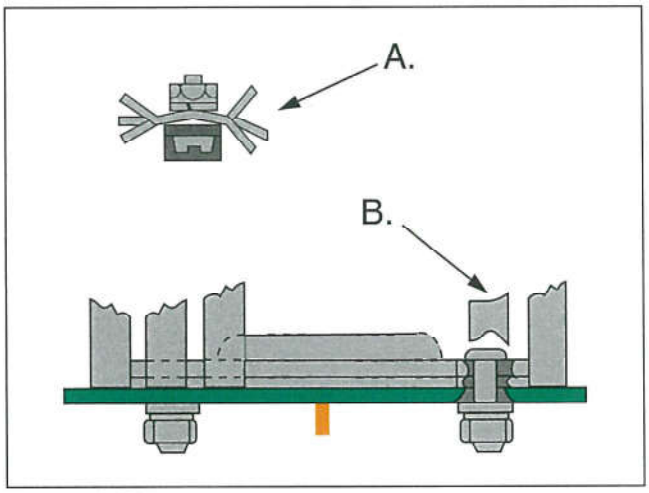


Рисунок 9-45

Дефект – Класс 1,2,3

• Радиатор согнут, см. Рисунок 9-45-A.

• Отсутствие ребра радиатора, см. Рисунок 9-45-B.

• Повреждение либо напряжение в радиаторе.

9.13 Резьбовые элементы и установочные изделия

Дефект – Класс 1,2,3

- Наличие повреждения в результате перетяжки резьбового элемента.

Страница преднамеренно оставлена пустой.

10 Печатные платы и сборки

Критерии, относящиеся к дефектам печатных плат, не связанным с повреждениями во время сборки, см. в соответствующих документах по несмонтированным печатным платам, таких как: IPC-6010 (серия), IPC-A-600 и пр.

В данном разделе рассматриваются следующие темы:

10.1 Непаяемые контактные поверхности 10-2
10.1.1 Загрязнение 10-2
10.1.2 Повреждение 10-4

10.2 Повреждения диэлектрика платы 10-4
10.2.1 Пятнистость и волосяные трещины 10-5
10.2.2 Вздутие и расслоение 10-7
10.2.3 Текстура ткани / оголение ткани 10-9
10.2.4 Ореол 10-10
10.2.5 Расслоение края платы, сколы и волосяные трещины на краю платы 10-12
10.2.6 Обгорание 10-14
10.2.7 Изгиб и кручение 10-15
10.2.8 Разделение панелей 10-16

10.3 Проводники / контактные площадки 10-18
10.3.1 Уменьшение размеров 10-18
10.3.2 Отслоение 10-19
10.3.3 Механическое повреждение 10-21

10.4 Гибкие и гибко-жесткие платы 10-22
10.4.1 Повреждения 10-22
10.4.2 Расслоение/Вздутие 10-24
10.4.2.1 Гибкая часть 10-24
10.4.2.2 Зона усиления 10-25
10.4.3 Затекание припоя 10-26
10.4.4 Присоединение 10-27

10.5 Маркировка 10-28
10.5.1 Травление (Включая ручное нанесение) 10-30
10.5.2 Трафаретное нанесение 10-31
10.5.3 Нанесение с помощью штампа 10-33
10.5.4 Нанесение лазером 10-34
10.5.5 Этикетки 10-35
10.5.5.1 Штрих-код/Матричный код 10-35
10.5.5.2 Читаемость 10-36
10.5.5.3 Этикетки – Адгезия и повреждение 10-37
10.5.5.4 Расположение 10-37
10.5.6 Метки радиочастотной идентификации 10-38

10.6 Чистота 10-39
10.6.1 Остатки флюса 10-40
10.6.2 Твердые загрязнения 10-41
10.6.3 Хлориды, карбонаты и белый налет 10-42
10.6.4 Остатки флюса – Безотмывочный процесс – Внешний вид 10-44
10.6.5 Внешний вид поверхности 10-45

10.7 Паяльная маска 10-46
10.7.1 Складки / трещины 10-47
10.7.2 Пустоты, пузыри, царапины 10-49
10.7.3 Разрывы 10-50
10.7.4 Изменение цвета 10-51

10.8 Конформное покрытие 10-51
10.8.1 Общие указания 10-51
10.8.2 Нанесение 10-52
10.8.3 Толщина 10-54
10.8.4 Электроизоляционное покрытие 10-55
10.8.4.1 Нанесение 10-55
10.8.4.2 Толщина 10-55

10.9 Заливка 10-56

10.1 Непаяемые контактные поверхности

Эти критерии применимы к контактам, которые будут сопрягаться с разъемами.

Дополнительные критерии оценки золоченых контактов, золоченых контактных штырьков или других типов контактных поверхностей с золотым покрытием приведены в стандартах IPC-A-600 и IPC-6010 (серия).

Проверка производится, как правило, без применения увеличительных приборов или дополнительной подсветки. Однако, в некоторых случаях может понадобиться их использование, например, при пористой коррозии или загрязнении поверхности.

Критическая контактная область (любая часть, контактирующая с сопрягаемой поверхностью разъема) зависит от конструкции разъема, применяемого производителем. Конкретные размеры должны указываться в документации.

10.1.1 Непаяемые контактные поверхности – Загрязнение

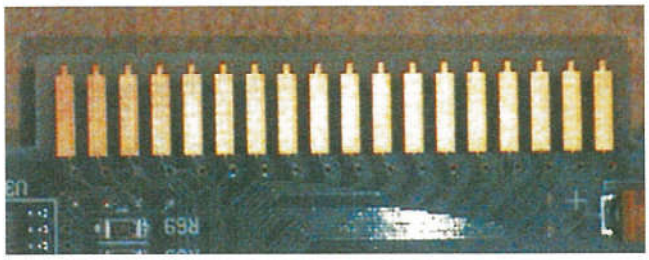


Рисунок 10-1

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие загрязнений на контактных поверхностях.

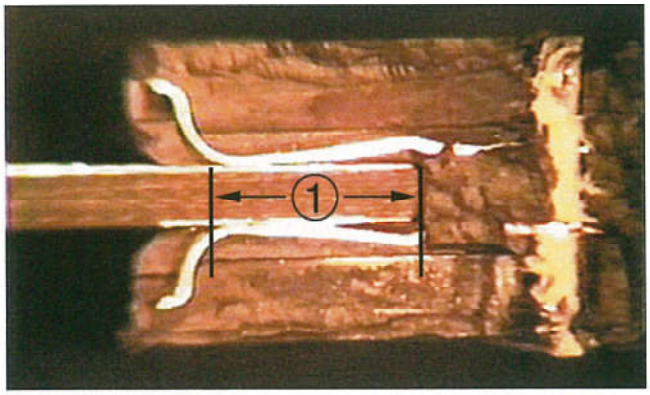


Рисунок 10-2

1. Критическая контактная область краевых штырей с пружинным контактом

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Допускается наличие припоя на неконтактных поверхностях.

10.1.1 Непаяемые контактные поверхности – Загрязнение (продолжение)

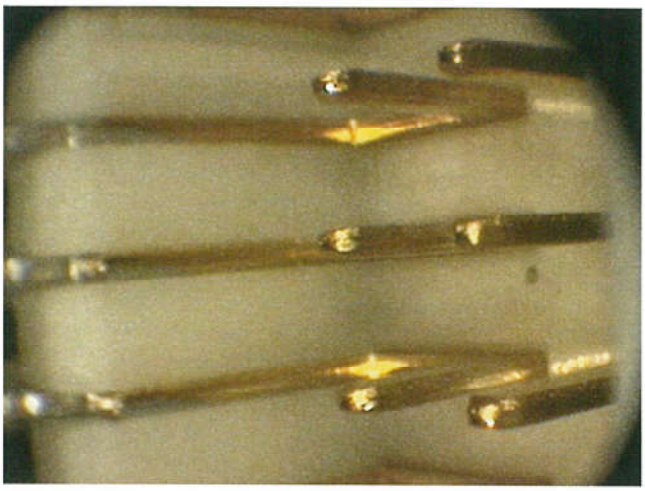


Рисунок 10-3

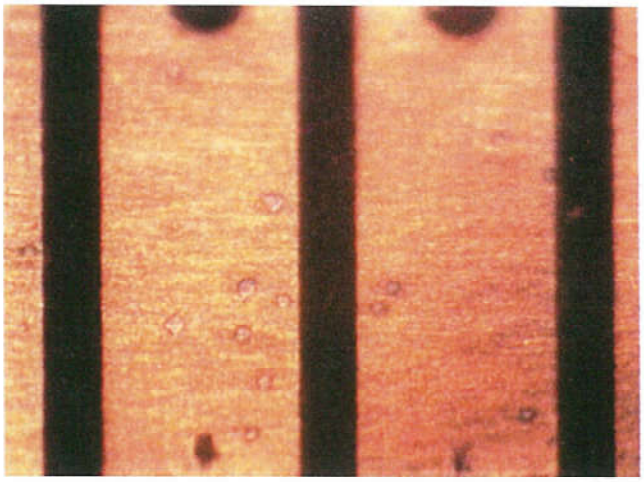


Рисунок 10-4

Дефект – Класс 1,2,3

- Припой или любое загрязнение на критической контактной области.

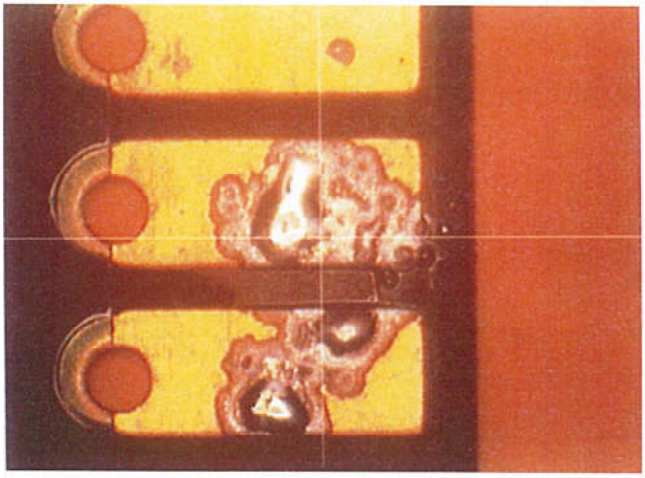


Рисунок 10-5

10.1.2 Непаяемые контактные поверхности – Повреждение

Дефект – Класс 1,2,3

• Любое повреждение поверхности в критической области контакта, которое оголяет базовый металл.

10.2 Повреждения диэлектрика платы

Цель данного раздела – помочь читателю лучше понять проблему идентификации повреждений диэлектрика платы. В дополнение к предоставленным рисункам и фотографиям, помогающим распознать общие дефекты диэлектрика платы, в этом разделе также описаны критерии приемки для плат с явлением пятнистости.

Идентификация дефектов диэлектрика платы может сбить с толку. Для облегчения идентификации условий дефекта можно использовать следующие определения, иллюстрации и фотографии, приведенные для определения и идентификации условий и критериев приемки:

• Наличие пятнистости

• Волосяные трещины

• Вздутие

• Расслоение

• Текстура ткани

• Оголение ткани

• Ореол

• Сколы и волосяные трещины на краю платы

Важно принять во внимание, что дефекты диэлектрика платы могут быть выявлены как при получении материала от производителя, так и при изготовлении или сборке печатной платы.

10.2.1 Повреждения диэлектрика платы – Пятнистость и волосяные трещины

Это внутреннее состояние диэлектрика платы, вызываемое ее обработкой или сборкой.

Пятнистость или волосяные трещины, возникающие вследствие процессов сборки (например, запрессовки контактных штырей, пайки оплавлением и т.п.), как правило, со временем не увеличиваются.

Если на плате присутствует пятнистость, нарушающая величину минимального электрического зазора, может потребоваться дополнительный функциональный контроль или контроль электрического сопротивления, учитывающие предельные условия эксплуатации данного изделия, например, влажность или низкое атмосферное давление.

Если плата содержит встроенные компоненты, могут потребоваться дополнительные критерии.

Пятнистость – Внутреннее состояние, возникающее в армированном базовом материале, при котором стеклянные волокна отделяются от смолы в местах пересечения нитей. Данное условие проявляется в форме отдельных белых точек или крестов под поверхностью материала и, как правило, связано с напряжениями, вызванными нагревом.

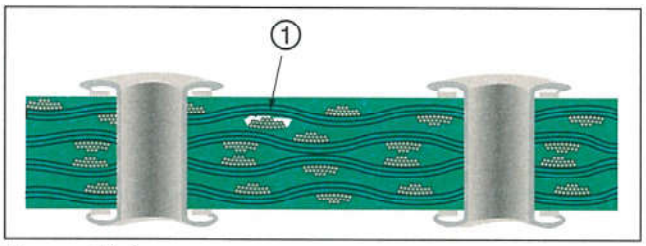


Рисунок 10-6
1. Пятнистость

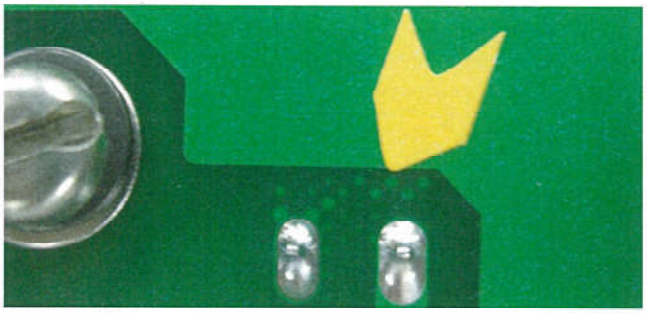


Рисунок 10-7

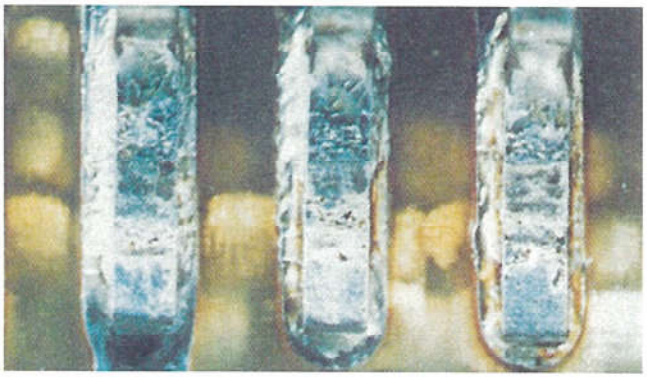


Рисунок 10-8

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие пятнистости.

Приемлемо – Класс 1,2

- Пятнистость присутствует, но изделие нормально функционирует.

Индикатор отклонения процесса – Класс 3

- Зоны пятнистости превышают 50% расстояния между внутренними проводниками

Примечание: Критерии дефекта для пятнистости отсутствуют. Пятнистость является внутренним состоянием, которое не может увеличиваться в размерах вследствие воздействия температуры, и не существует убедительных доказательств того, что она является катализатором роста проводящих анодных нитей. Внутренним состоянием, которое может увеличиваться вследствие воздействия температуры и может являться причиной роста проводящих анодных нитей, является расслоение. Более подробная информация для определения состояния диэлектрика с точки зрения роста проводящих анодных нитей содержится в руководстве по испытаниям на стойкость к образованию проводящих анодных нитей (стандарт IPC-9691) и в стандарте IPC-TM-650, методика 2.6.25.

10.2.1 Повреждения диэлектрика платы – Пятнистость и волосяные трещины (продолжение)

Волосяные трещины – Внутреннее состояние, возникающее в армированном базовом материале, при котором волокна стекловолокна отделяются от смолы в местах пересечения нитей. Данное условие проявляется в форме связанных белых точек или крестов под поверхностью материала, и, как правило, связано с напряжением механической природы.

См. пункт 10.2.5 для критериев по наличию волосяных трещин на краю платы.

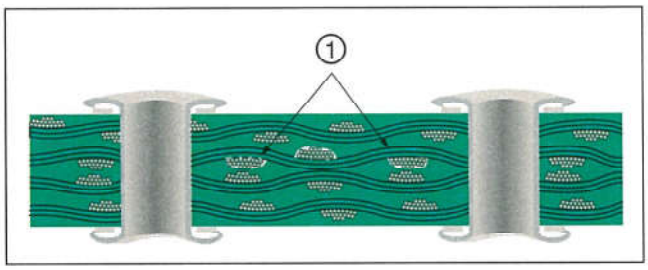


Рисунок 10-9
1. Волосяные трещины

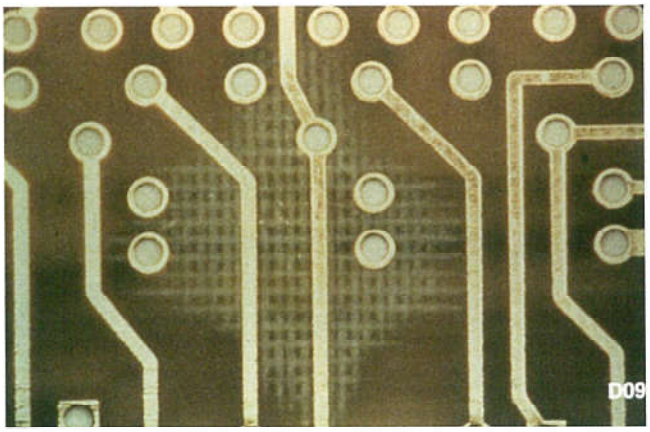


Рисунок 10-10

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие волосяных трещин.

Приемлемо – Класс 1

- Волосяные трещины присутствуют, но изделие функционирует нормально.

Приемлемо – Класс 2,3

- Зона волосяных трещин не превышает 50% расстояния между электрически не соединенными проводниками.
- Волосяные трещины не уменьшают величину минимального электрического зазора.
- Волосяные трещины на краю платы не уменьшают определенного спецификацией минимального расстояния от края платы до проводящего рисунка. Если такое минимальное расстояние не определено, то не уменьшают зазор более чем на 50% или на 2.5 мм [0.1 дюйма] (выбирается меньшее значение).

Дефект – Класс 2,3

- Зона волосяных трещин превышает 50% расстояния между электрически не соединенными проводниками.
- Если иное не определено, волосяные трещины на краю платы уменьшает величину зазора между краем платы и проводящим рисунком более чем на 50% или на 2,5 мм [0,1 дюйма] (выбирается меньшее значение).

Дефект – Класс 1,2,3

- Волосяные трещины уменьшают величину минимального электрического зазора.

10.2.2 Повреждение диэлектрика платы – Вздутие и расслоение

Вообще, расслоение и вздутие происходит обычно вследствие недостатков, присущих материалу или технологическому процессу. Расслоение или вздутие между нефункциональными и функциональными участками может считаться приемлемым при условии, что неоднородности не электропроводны и соблюдены другие требования.

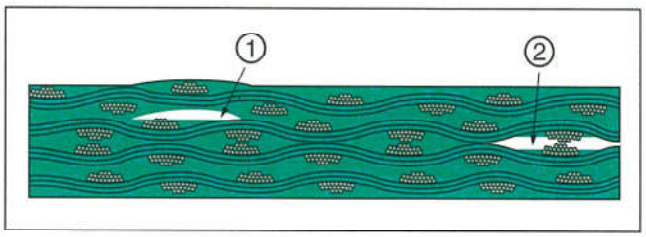


Рисунок 10-11
1. Вздутие
2. Расслоение

Вздутие – Разделение, в форме местного пузыря, некоторых слоев базового материала, базового материала и электропроводящей фольги или защитного покрытия.

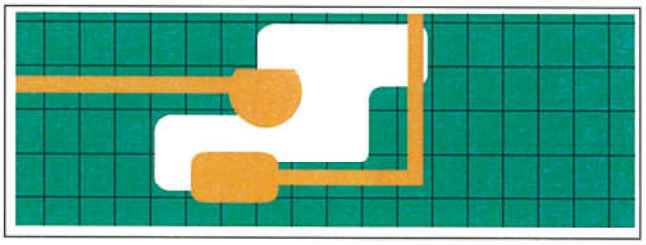


Рисунок 10-12

Расслоение – Разделение между слоями внутри базового материала, между базовым материалом и электропроводящей фольгой или любое другое плоскостное разделение печатной платы.

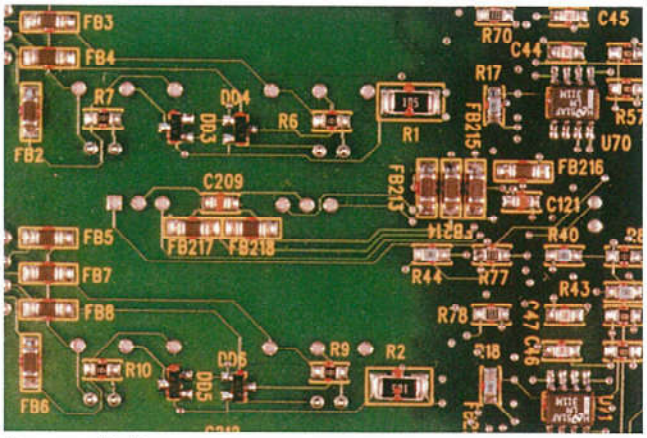


Рисунок 10-13

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие вздутия и расслоения.

Приемлемо – Класс 1

- Вздутия / расслоения превышают 25% расстояния между проводниками, но при этом не уменьшают расстояние между внутренними проводниками ниже минимально определенного зазора.

Приемлемо – Класс 2,3

- Вздутия / расслоения не превышают 25% расстояния между смежными проводящими рисунками.

10.2.2 Повреждение диэлектрика платы – Вздутие и расслоение (продолжение)

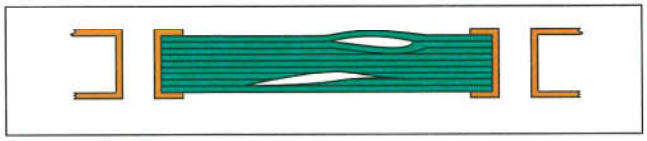


Рисунок 10-14

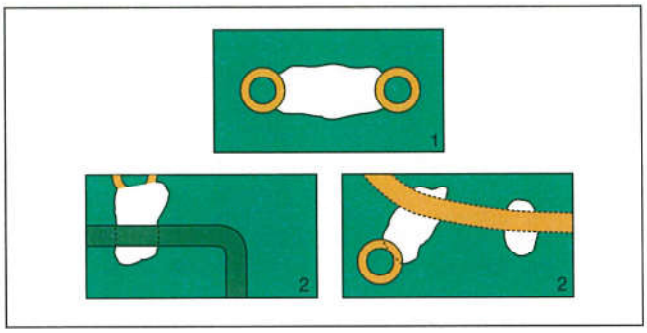


Рисунок 10-15

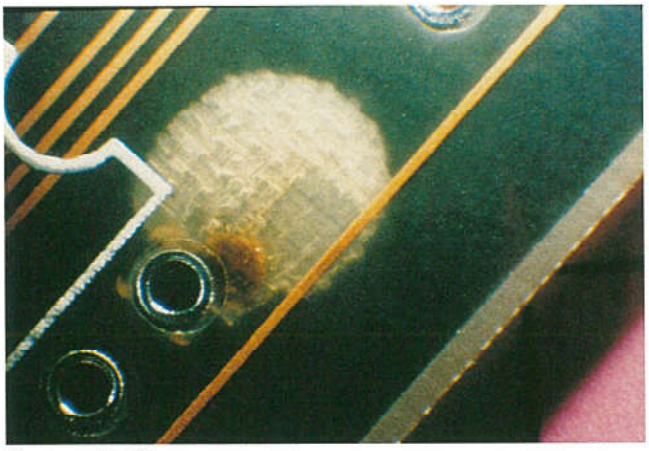


Рисунок 10-16

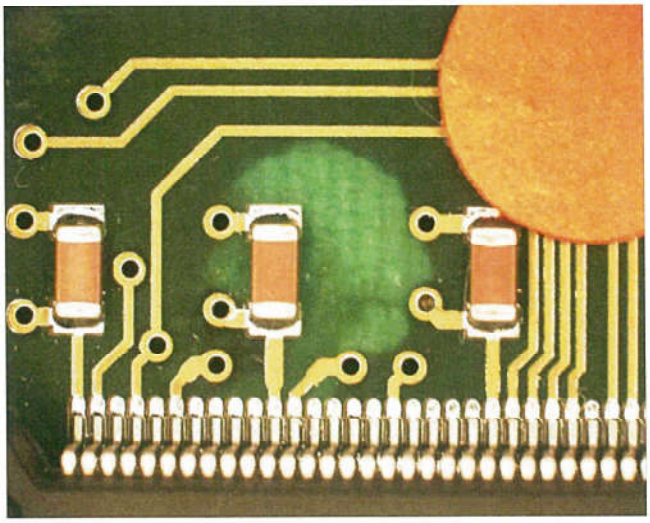


Рисунок 10-17

Дефект – Класс 1,2,3

- Вздутия/расслоения превышают 25% расстояния между сквозными металлизированными отверстиями или внутренними проводниками.
- Вздутия/расслоения уменьшают величину минимального электрического зазора между проводниками.

Примечание: Области вздутий или расслоений могут увеличиваться в размерах при сборке или обработке печатной платы. Может понадобиться установка отдельных критериев приемки.

10.2.3 Повреждения диэлектрика платы – Текстура ткани / оголение ткани

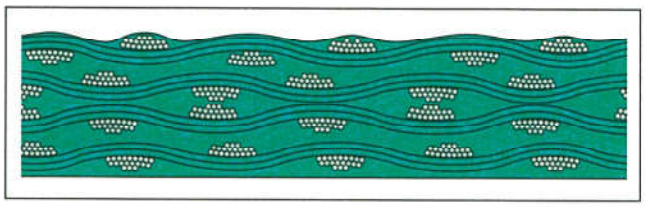


Рисунок 10-18

Текстура ткани – Состояние поверхности базового материала, при котором просматривается переплетение нитей стеклоткани, хотя волокна целы и полностью покрыты смолой.

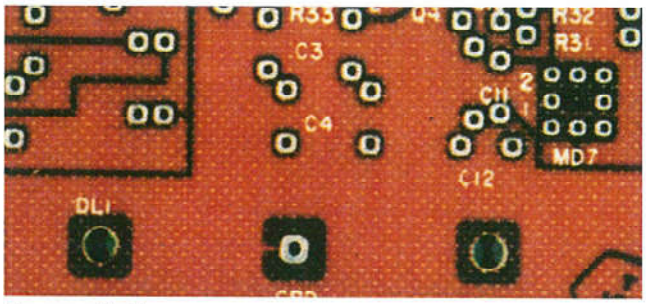


Рисунок 10-19

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Текстура ткани является приемлемым состоянием для всех классов, но за нее можно принять оголение ткани из-за внешней схожести.

Примечание: Для контроля данного состояния может использоваться микрошлиф.

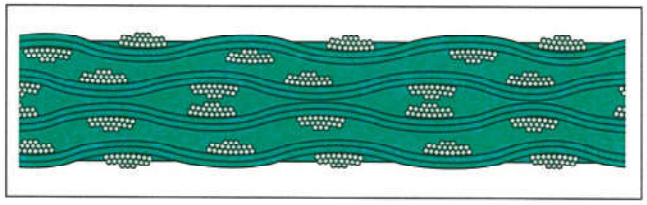


Рисунок 10-20

Оголение ткани – Состояние поверхности базового материала, при котором неповрежденные волокна стеклоткани не полностью покрыты смолой.

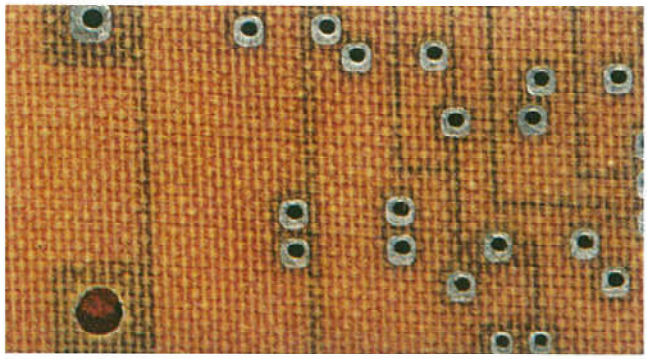


Рисунок 10-21

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие оголенной ткани.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Оголение ткани не уменьшает расстояние между проводниками печатной платы ниже установленных значений.

Приемлемо – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Разрез волокон диэлектрика вследствие повреждения поверхности.

Дефект – Класс 1,2,3

- Оголение ткани уменьшает расстояние между проводниками платы до значений ниже минимальных электрических зазоров.

10.2.4 Повреждения диэлектрика платы – Ореол

Ореол – состояние, при котором в базовом материале присутствует светлый участок вокруг отверстий или других участков, подвергшихся механической обработке, на или под поверхностью базового материала. Трещины или расслоения на или под поверхностью базового материала, вызванные механической обработкой; осветленные участки вокруг отверстий, другие обработанные участки – типичные признаки ореола.

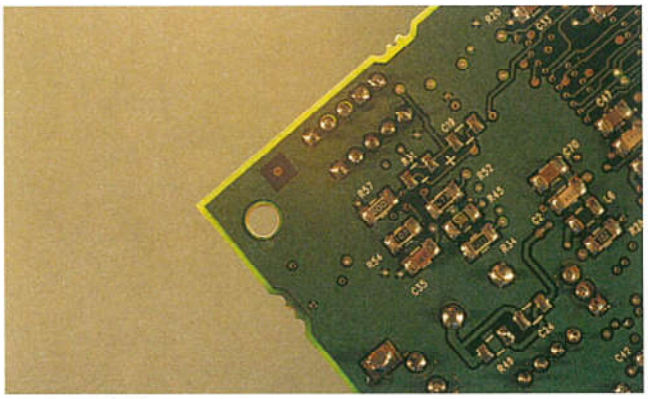


Рисунок 10-22

Желаемый результат – Класс 1,2,3

• Отсутствие ореола.

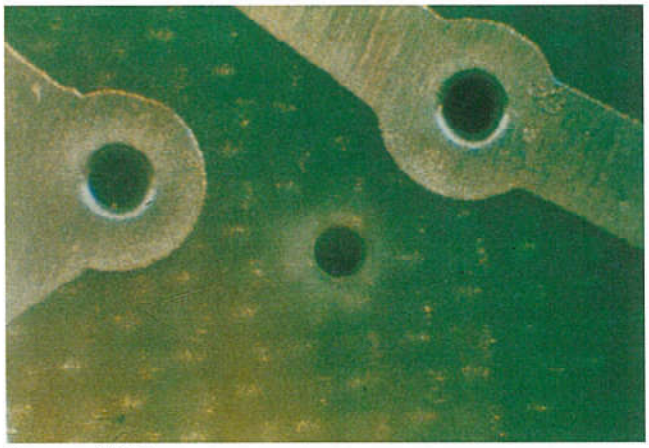


Рисунок 10-23

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Расстояние между проникновением ореола и ближайшим проводящим элементом не меньше, чем минимальный продольный зазор между проводниками или 0,1 мм [0,004 дюйма] (выбирается меньшее значение).

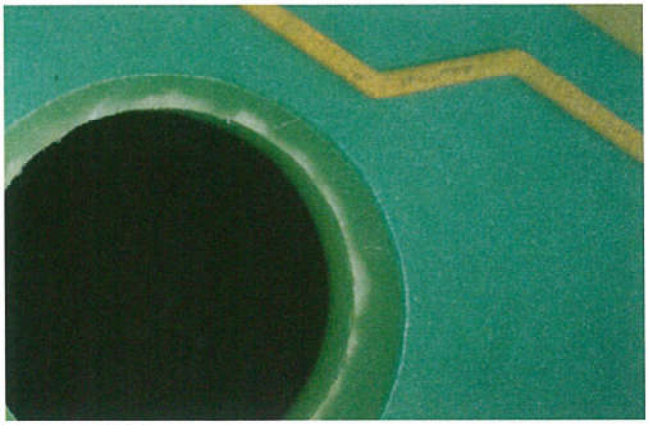


Рисунок 10-24

10.2.4 Повреждения диэлектрика платы – Ореол (продолжение)

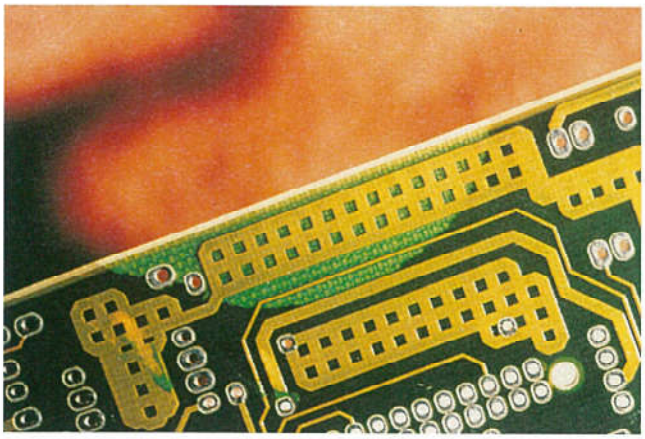


Рисунок 10-25

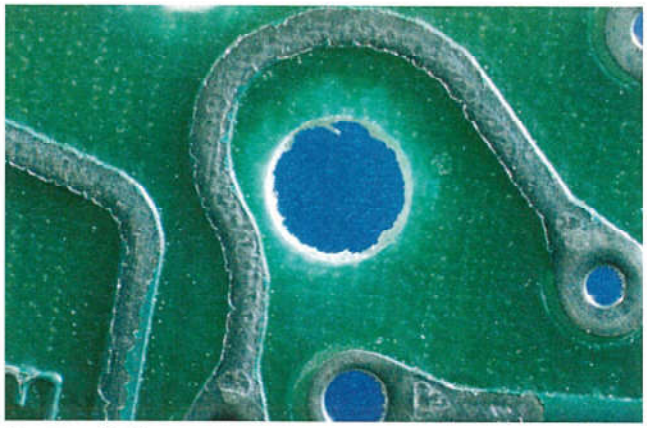


Рисунок 10-26

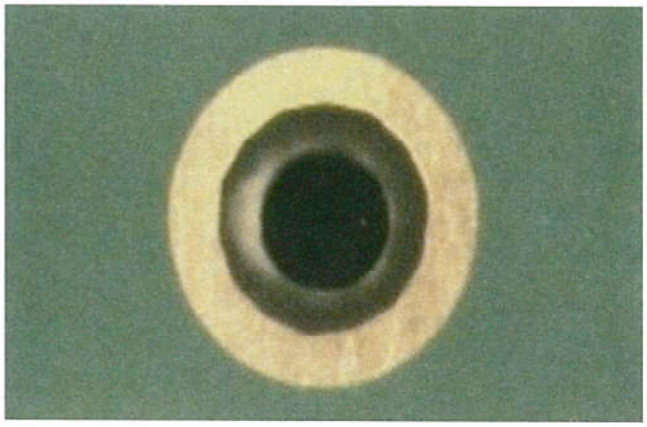


Рисунок 10-27

Дефект – Класс 1,2,3

- Расстояние между проникновением ореола и ближайшим проводящим элементом меньше, чем минимальный продольный зазор между проводниками, или меньше 0,1 мм [0,004 дюйма].

10.2.5 Повреждения диэлектрика платы – Расслоение края платы, сколы и волосяные трещины на краю платы

Расслоение – разделение между слоями в базовом материале, между базовым материалом и проводящей фольгой, или любое другое плоскостное разделение в печатной плате.

Глава 10.2.1 содержит дополнительные критерии по волосяным трещинам.

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие краевого расслоения.
- Отсутствие сколов, волосяных трещин или других повреждений гладких кромок печатной платы.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Сколы не превышают 50% расстояния от края печатной платы до ближайшего проводника или 2.5 мм [0.1 дюйма] (выбирается меньшее значение).
- Расслоение или волосяные трещины на краю платы не уменьшают зазор (от края платы до проводящего рисунка) до минимальных значений, определенных спецификацией или на 2.5 мм [0.1 дюйма] (выбирается меньшее значение).
- Кромки печатной платы неровные, но не обтрепаны.

10.2.5 Повреждения диэлектрика платы – Расслоение края платы, сколы и волосяные трещины на краю платы (продолжение)

Рисунок 10-28

Рисунок 10-29

Дефект – Класс 1,2,3

- Сколы превышают 50% расстояния от края печатной платы до ближайшего проводника или 2.5 мм [0.1 дюйма] (выбирается меньшее значение), см. Рисунок 10-28.
- Расслоение или волосяные трещины на краю платы уменьшают зазор (от края платы до проводящего рисунка) до минимальных значений, определенных спецификацией или на 2.5 мм [0.1 дюйма] (выбирается меньшее значение).
- Трещины в диэлектрике платы, см. Рисунок 10-29 (обозначено стрелкой).

10.2.6 Повреждения диэлектрика платы – Обгорание

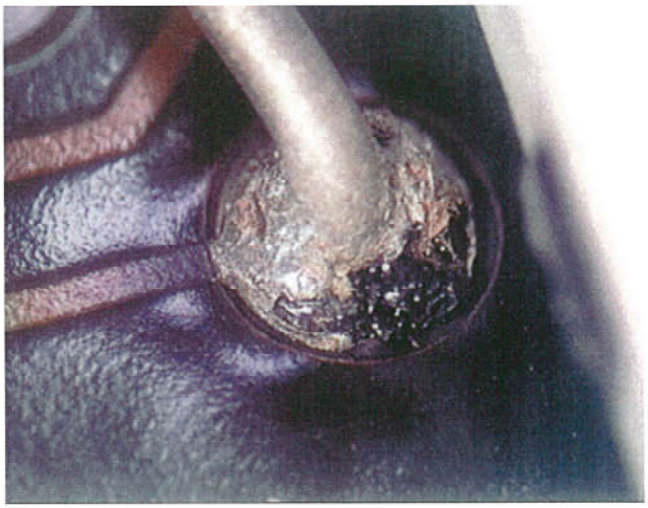


Рисунок 10-30

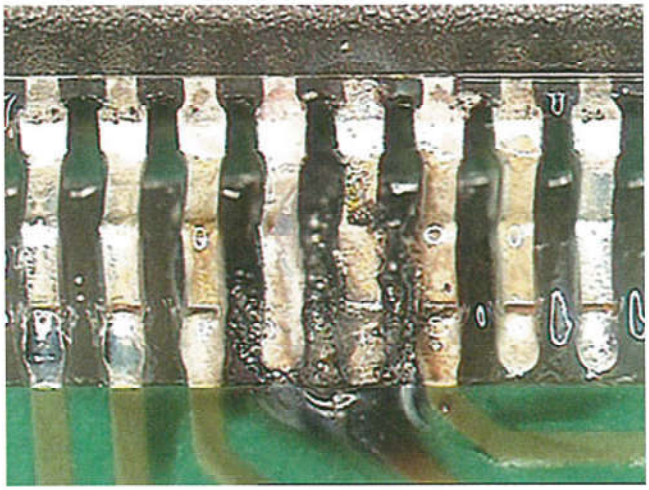


Рисунок 10-31

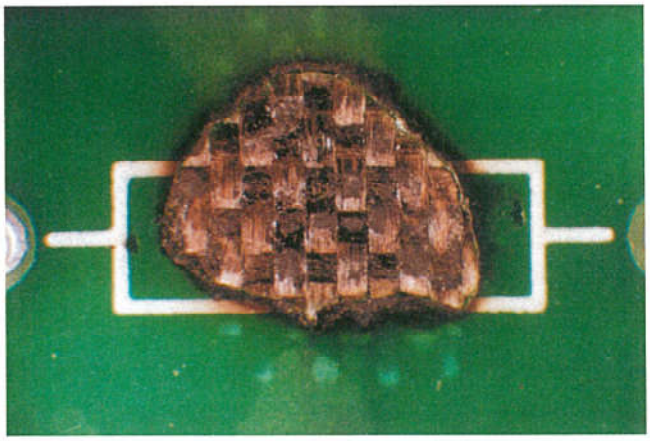


Рисунок 10-32

Дефект – Класс 1,2,3

- Обгорание, которое физически повреждает поверхность платы или сборки.

10.2.7 Повреждения диэлектрика платы – Изгиб и кручение

Рисунок 10-33 – пример изгиба.

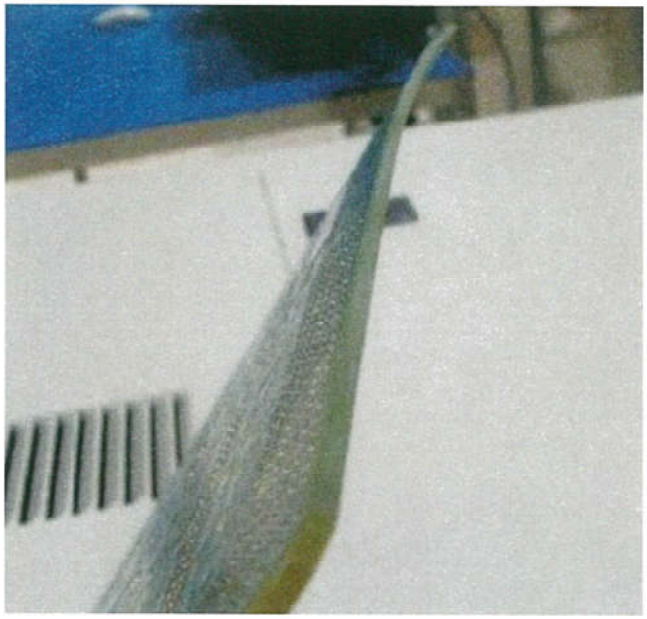


Рисунок 10-33

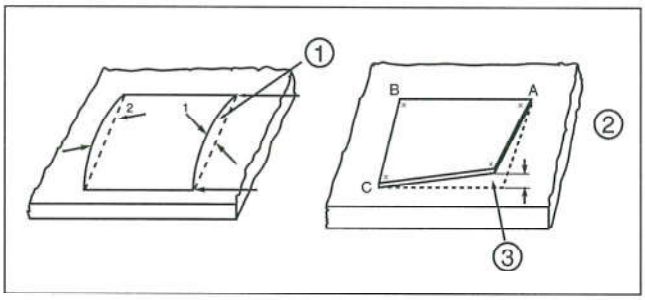


Рисунок 10-34

1. **Изгиб**
2. **Точки A, B и C касаются основания**
3. **Кручение**

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Изгиб и кручение не вызывают повреждений при операциях после пайки и при эксплуатации. Необходимо принимать во внимание «Форму, посадку и функционирование», а также надежность изделия.

Дефект – Класс 1,2,3

- Изгиб и кручение вызывают повреждения при операциях после пайки или при эксплуатации либо влияют на форму, посадку или функционирование.

Примечание: Следует обеспечить такие условия, при которых изгиб и кручение после пайки не превышали бы 1,5% при монтаже компонентов в отверстия и 0,75% при поверхностном монтаже. IPC-TM-650 содержит метод испытания 2.4.22, но он разработан специально для несмонтированных печатных плат. Размер компонентов и их положение на плате часто исключает возможность использования этого метода испытаний для сборок. Возможно потребуется дополнительное тестирование с целью подтверждения, что изгиб и кручение не создают напряжения, приводящего к изломам паяного соединения, повреждениям компонентов или приведут к повреждению при операциях после пайки и при эксплуатации.

10.2.8 Повреждения диэлектрика платы – Разделение панелей

Данные критерии применимы к печатным платам с разделительными выступами либо без них. Дополнительные критерии по разделению несмонтированных печатных плат приводятся в стандарте IPC-A-600.

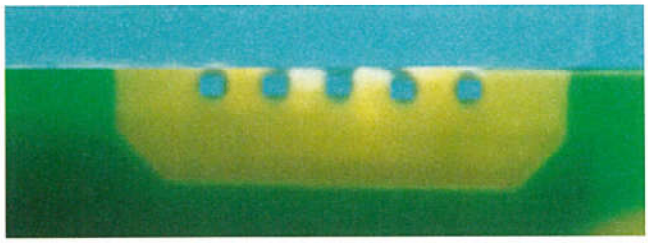


Рисунок 10-35

Рисунок 10-36

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Кромки гладкие, без заусенцев, зазубрин или ореола.

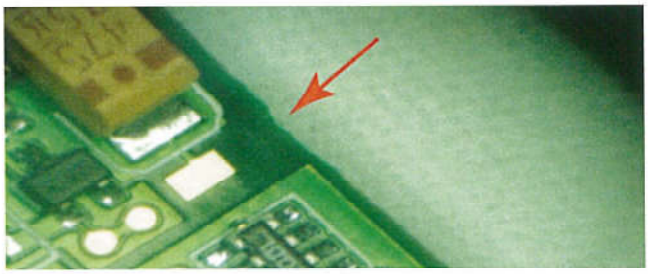


Рисунок 10-37

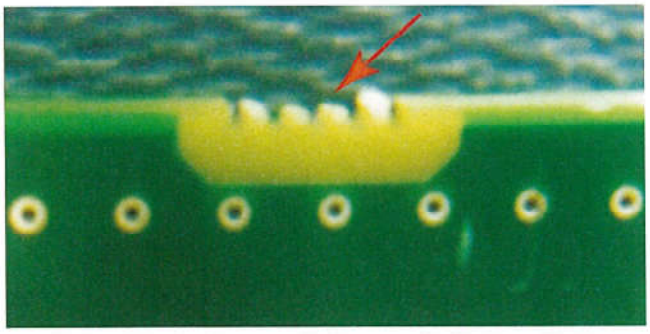


Рисунок 10-38

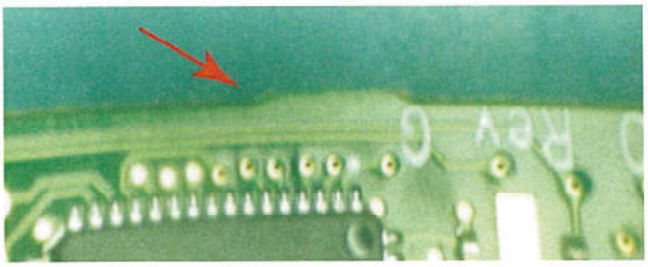


Рисунок 10-39

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Кромки печатной платы неровные, но не обтрепаны.
- Зазубрины либо следы обработки не превышают 50% расстояния от кромки печатной платы до ближайшего проводника или 2,5 мм [0,1 дюйма] (выбирается меньшее значение). См. также пункты 10.2.4 – Ореол и 10.2.1 – Волосяные трещины.
- Отдельные заусенцы не влияют на посадку, форму либо функционирование.

10.2.8 Повреждения диэлектрика платы – Разделение панелей (продолжение)

Рисунок 10-40

Дефект – Класс 1,2,3

- Кромки печатной платы обтрепаны.
- Зазубрины либо следы обработки превышают 50% расстояния от кромки печатной платы до ближайшего проводника или 2,5 мм [0,1 дюйма] (выбирается меньшее значение)). См. также пункты 10.2.4 – Ореол и 10.2.1 – Волосяные трещины.
- Отдельные заусенцы влияют на посадку, форму либо функционирование.

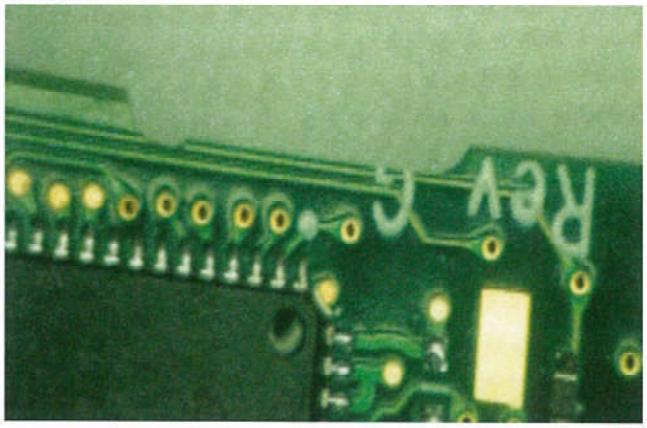


Рисунок 10-41

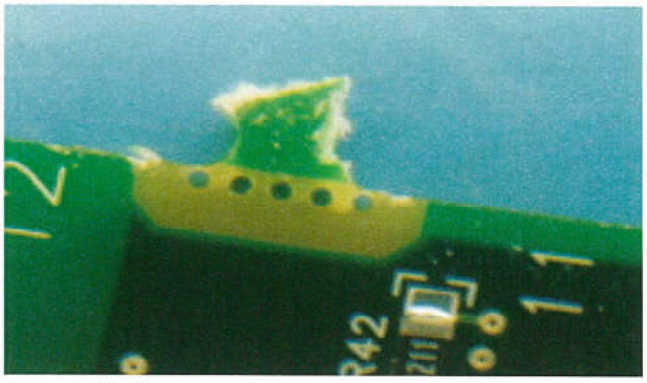


Рисунок 10-42

10.3 Проводники / контактные площадки

10.3.1 Проводники / контактные площадки – Уменьшение размеров

Данные критерии применяются для проводников и контактных площадок на жестких, гибких и жестко-гибких печатных платах.

Серия документов IPC-6010 предоставляет требования к снижению ширины и толщины проводников.

Проводник – Размеры проводников определяются, как ширина x толщина x длина.

Уменьшение ширины проводника – Уменьшение ширины проводника (заданной или вычисляемой) вследствие отдельных дефектов (например, неровности, зазубрины, раковины и царапины).

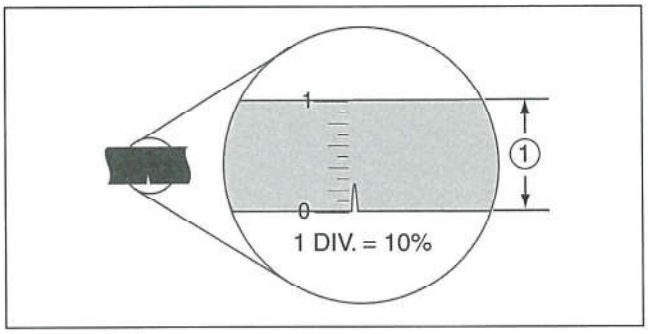


Рисунок 10-43

1. Минимальная ширина проводника

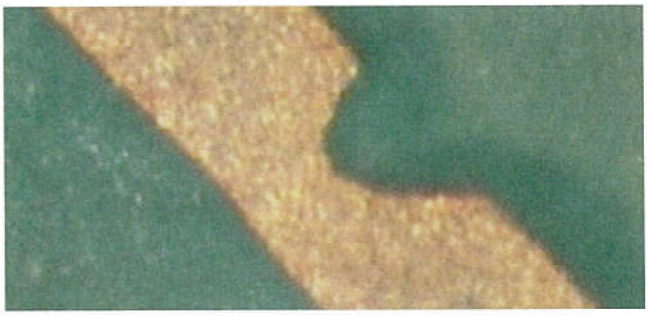


Рисунок 10-44

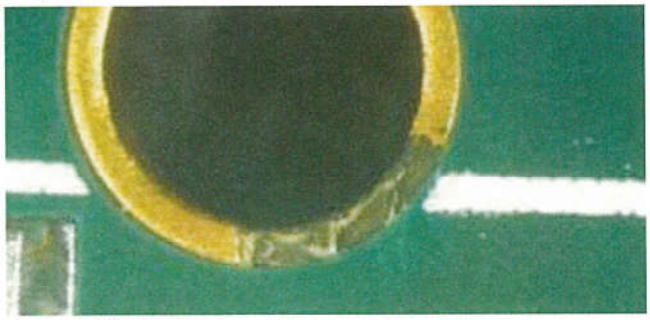


Рисунок 10-45

Дефект – Класс 1

- Снижение ширины печатного проводника более чем на 30%.
- Снижение ширины или длины контактных площадок более чем на 30%.

Дефект – Класс 2,3

- Снижение ширины печатного проводника более чем на 20%.
- Снижение ширины или длины контактных площадок более чем на 20%.

Примечание: Даже небольшие изменения площади поперечного сечения могут значительно повлиять на импеданс радиочастотных цепей. Может потребоваться разработка дополнительных критериев.

10.3.2 Проводники/контактные площадки – Отслоение

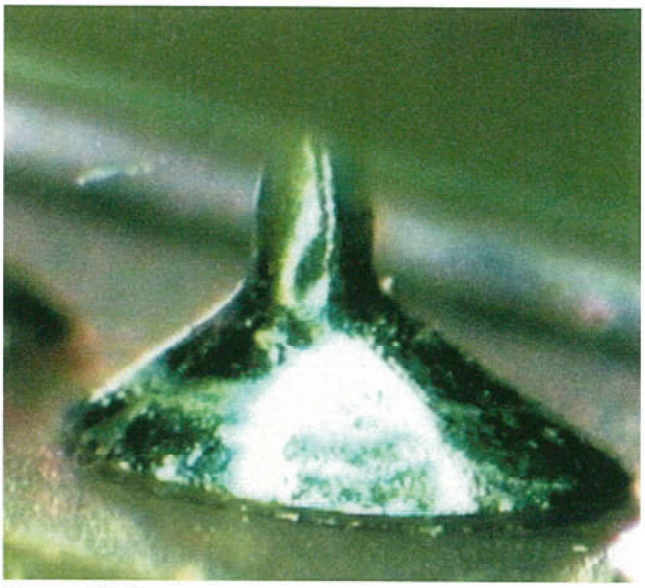


Рисунок 10-46

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствует разделение между проводником или контактной площадкой и поверхностью диэлектрика платы.

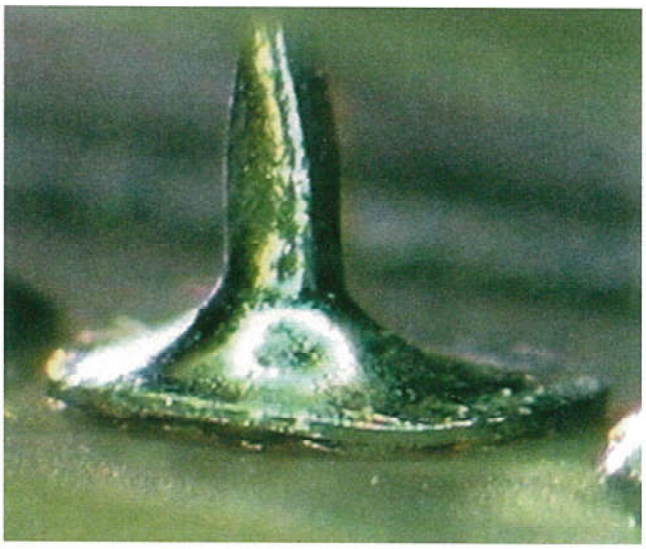


Рисунок 10-47

Индикатор отклонения процесса – Класс 1,2,3

- Отслоение внешней кромки контактной площадки от поверхности диэлектрика платы высотой менее толщины контактной площадки.

Примечание: Поднятый и/или отделенный участок (участки) платы обычно появляется в результате процесса пайки и требует немедленного определения причин. Следует приложить усилия для устранения и предотвращения данной проблемы в будущем.

10.3.2 Проводники/контактные площадки – Отслоение (продолжение)

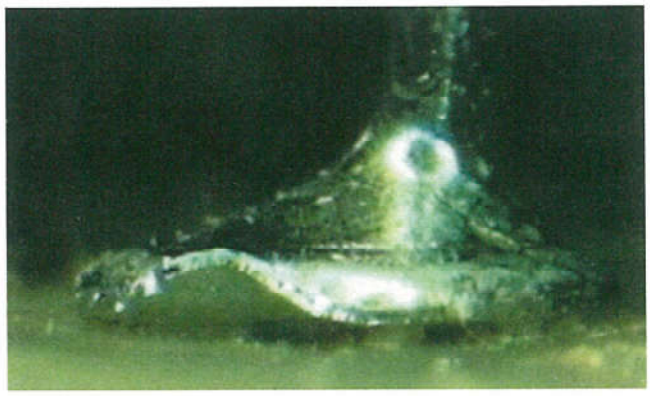


Рисунок 10-48

Дефект – Класс 1,2,3

- Отслоение контактной площадки от диэлектрика платы превышает толщину самой площадки.
- Любое отслоение печатного проводника (дорожки) от диэлектрика платы.

Рисунок 10-49

Дефект – Класс 3

- Любое отслоение контактной площадки, если в площадке имеется незаполненное отверстие, либо отверстие без вывода.

Рисунок 10-50

10.3.3 Проводники/контактные площадки – Механическое повреждение

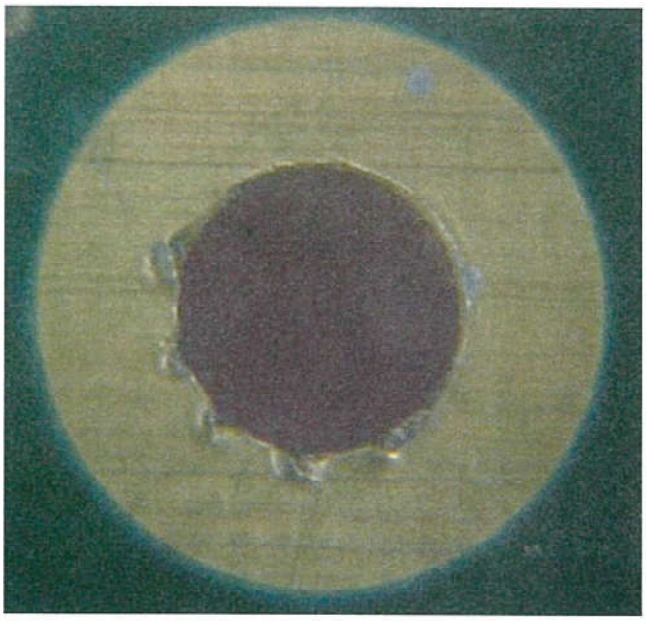


Рисунок 10-51

Дефект – Класс 1,2,3

- Повреждения функциональных проводников либо контактных площадок, влияющие на форму, посадку либо функционирование.

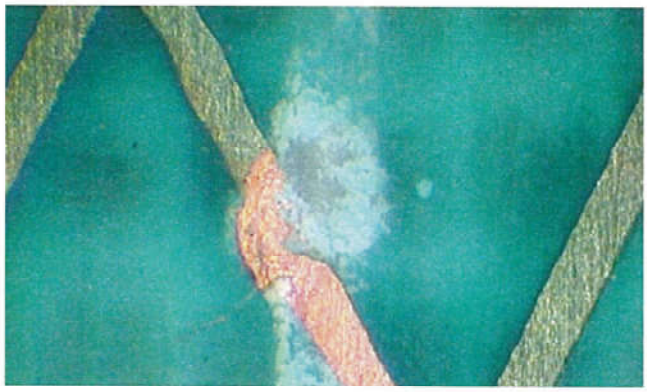


Рисунок 10-52

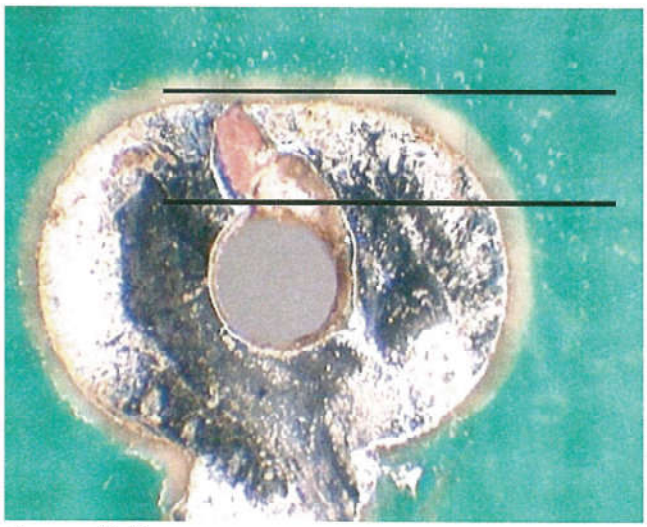


Рисунок 10-53

10.4 Гибкие и гибко-жесткие платы

10.4.1 Гибкие и гибко-жесткие платы – Повреждения

На обрезанной кромке гибкой платы или гибкой части гибко-жесткой платы должны отсутствовать неровности, заусенцы, расслоения, разрывы, превышающие допустимые документацией на поставку.

Разрезы, сколы, вмятины, разрывы или другие физические повреждения, влияющие на толщину гибкого материала, не должны приводить к оголению схемы.

Примечание: Вмятины, созданные механическим путем вследствие контакта покровного слоя гибкой платы или сборки и расплавленного припоя, не являются причиной отбраковки. Кроме того, требуется осторожность во избежание изгиба гибких проводников во время контроля.

Деформация жестких усилений должна соответствовать чертежу или индивидуальной спецификации, см. 10.2.4 и 10.2.5.

Примечание: По вопросам поверхностного монтажа, монтажа в отверстия, установки, пайки и чистоты сборок на гибких платах обратитесь к соответствующим разделам данного стандарта.

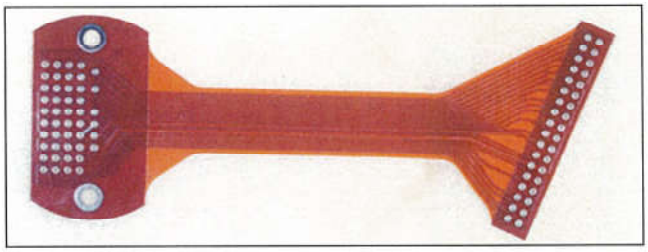


Рисунок 10-54

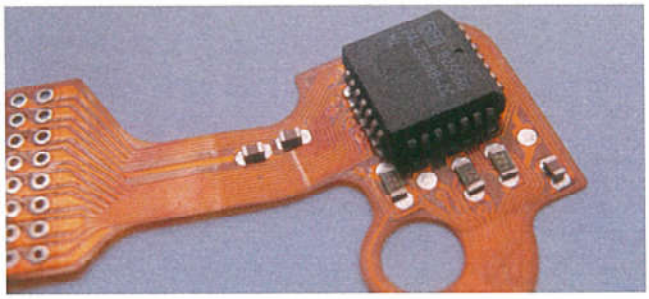


Рисунок 10-55

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие заусенцев, разрывов, обугливания либо расплавления. Расстояние от кромки до проводника не менее минимально допустимого.
- На обрезанной кромке гибкой платы или гибкой части гибко-жесткой платы отсутствуют неровности, разрывы, заусенцы и расслоения.

Приемлемо – Класс 1

- Вмятины или повреждения, расположенные вдоль краев гибкой платы и вырезов не превышают 50% расстояния между кромкой и ближайшим проводником или 2,5 мм [0,1 дюйма] (выбирается меньшее значение).

Приемлемо – Класс 2,3

- Отсутствие неровностей, разрывов или дефектов вдоль гибких сторон гибкой печатной платы.

10.4.1 Гибкие и гибко-жесткие платы – Повреждения(продолжение)

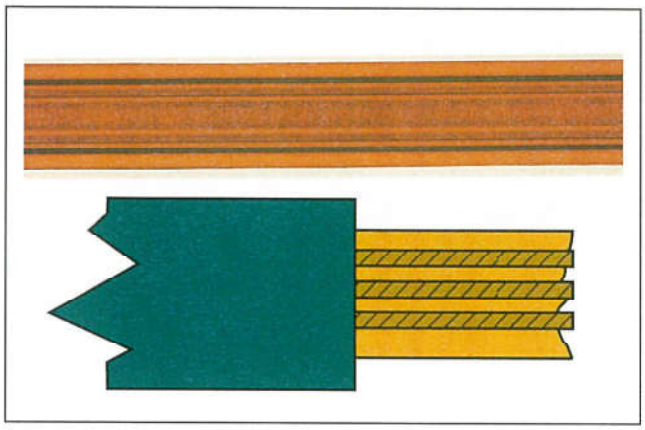


Рисунок 10-56

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Отсутствие неровностей и разрывов, превышающих допустимые документацией на поставку.
- Расстояние от кромки до проводника на гибкой части в пределах требований, указанных в документации на поставку.

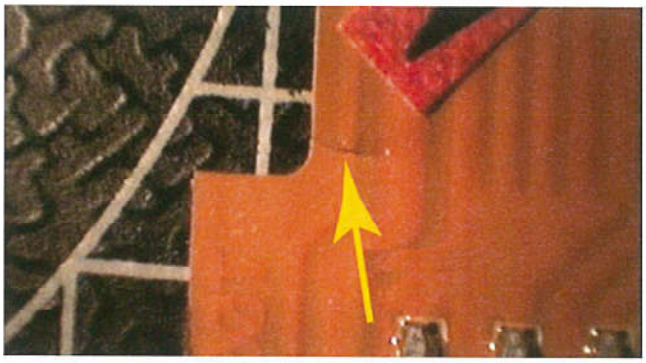


Рисунок 10-57

Дефект – Класс 1,2,3

- Расстояние от кромки до ближайшего проводника не отвечает установленным требованиям.
- Признаки обгорания, обугливания либо расплавления диэлектрика.

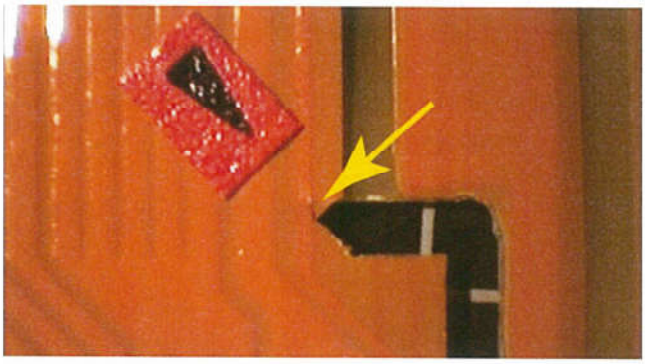


Рисунок 10-58

Рисунок 10-59

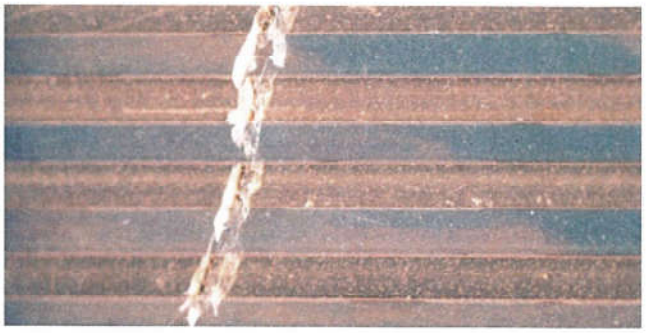


Рисунок 10-60

10.4.2 Гибкие и гибко-жесткие платы – Расслоение /Вздутие

10.4.2.1 Гибкие и гибко-жесткие платы – Расслоение /Вздутие – Гибкая часть

В некоторых случаях во время обработки, пайки или сборки происходит расслоение/вздутие.

Примечание: Заземляющая и/или экранирующая шина считается единым проводящим рисунком и требования к зазору между смежными проводниками на нее не распространяется, если дефект полностью размещен в области общих проводников.

Иллюстрации для этих критериев отсутствуют.

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие расслоения или вздутия на гибкой плате.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Расслоение и вздутие, вызванные обработкой сборки перед пайкой, при условии, что площадь дефекта не превышает 1% от площади печатной платы на каждой стороне.
- Дефект не нарушает величину минимального зазора между проводниками.

Приемлемо – Класс 2,3

- Зона расслоения или вздутия в покровном слое гибкой платы, вызванного температурным воздействием во время пайки, не превышает 25% расстояния между смежными проводящими рисунками.
- Зона расслоения не превышает площади 0.8 x 0.8 мм [0.03 x 0.03 дюйма] и сохраняет герметичность покровного слоя.
- Общее количество расслоений не превышает 3 в любой области покровного слоя размером 25 x 25 мм [1 x 1 дюйм], а общая площадь расслоения не превышает 25 мм2, или 5 x 5 мм [0.2 x 0.2 дюйма].
- Область дефекта не превышает установленного минимального зазора между краем платы и проводящим рисунком или 2,5 мм [0,1 дюйма], если это значение не определено.

10.4.2.2 Гибкие и гибко-жесткие платы – Расслоение /Вздутие – Зона усиления

Не установлено – Класс 1
Приемлемо – Класс 2,3

- Расстояние от кромки усиления в прямой части платы составляет 0,5 мм [0,02 дюйма] или менее.
- Расстояние от кромки усиления в изгибаемой части платы составляет 0,3 мм [0,01 дюйма] или менее.
- Зона вздутия или расслоения между гибкой платой и усилением не превышает 20% общей зоны контакта при условии, что толщина вздутия не превышает допустимой общей толщины платы.
- Зона расслоения или вздутия в покровном слое гибкой платы не превышает 25% расстояния между смежными проводящими рисунками.

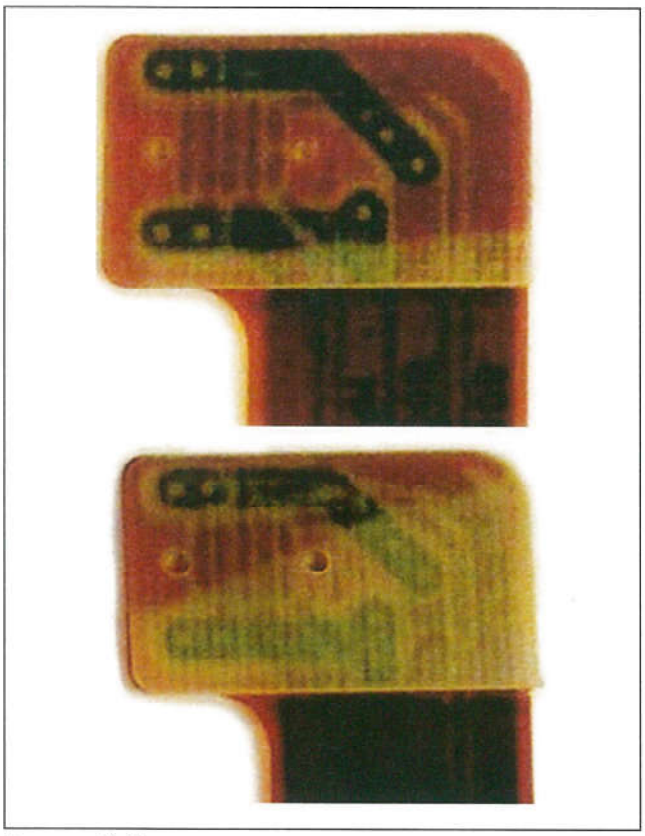


Рисунок 10-61

Не установлено – Класс 1
Дефект – Класс 2,3

- Расстояние от кромки усиления в прямой части платы превышает 0,5 мм [0,02 дюйма].
- Расстояние от кромки усиления в изгибаемой части платы превышает 0,3 мм [0,01 дюйма].
- Зона вздутия или расслоения между гибкой платой и усилением превышает 20% общей зоны контакта.
- Зона расслоения или вздутия в покровном слое гибкой платы превышает 25% расстояния между смежными проводящими рисунками.

10.4.3 Гибкие и гибко-жесткие платы – Затекание припоя

Край покровного слоя не включает выдавленный клеящий материал.

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Припой или покрытие контактных площадок охватывает всю открытую поверхность металла до покровного слоя.

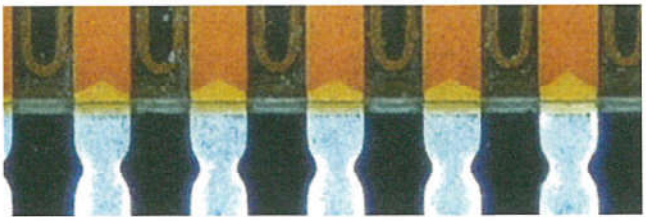


Рисунок 10-62

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Затекание припоя/миграция покрытия не распространяется на участки, которые должны оставаться гибкими.

Приемлемо – Класс 2

- Затекание припоя/миграция покрытия не распространяется под покровным слоем более чем на 0,5 мм [0,02 дюйма].

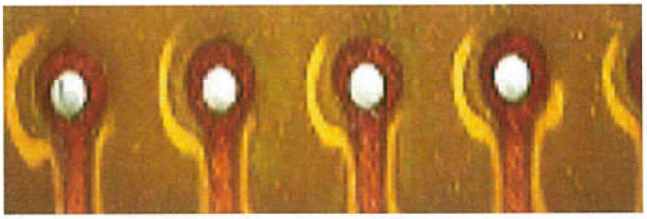


Рисунок 10-63

Приемлемо – Класс 3

- Затекание припоя/миграция покрытия не распространяется под покровным слоем более чем на 0,3 мм [0,01 дюйма].

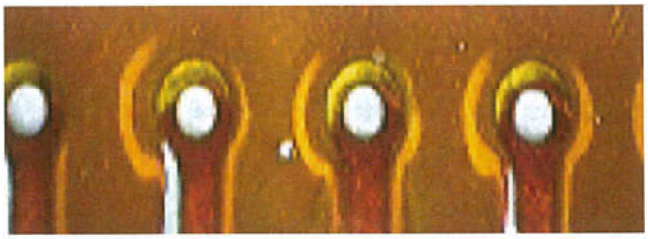


Рисунок 10-64

Дефект – Класс 2

- Затекание припоя/миграция покрытия распространяется под покровным слоем более чем на 0,5 мм [0,02 дюйма].

Дефект – Класс 3

- Затекание припоя/миграция покрытия распространяется под покровным слоем более чем на 0,3 мм [0,01 дюйма].

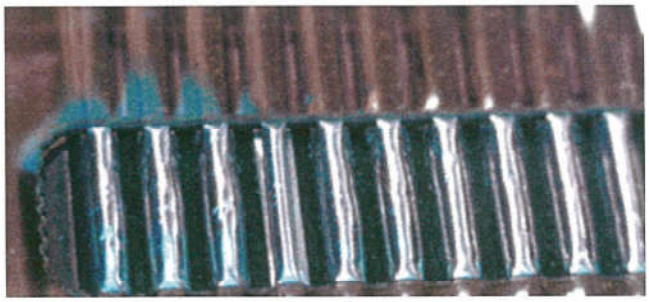


Рисунок 10-65

Дефект – Класс 1,2,3

- Затекание припоя/миграция покрытия распространяется на участки, которые должны оставаться гибкими.
- В результате затекания припоя/миграции покрытия нарушается минимальный электрический зазор.

10.4.4 Гибкие и гибко-жесткие платы – Присоединение

Данные критерии применяются к паяному присоединению гибких шлейфов к печатной плате (Flex on PCB, FOB). После сбора достаточного объема данных указанные критерии будут включать соединение гибких плат между собой (Flex on flex, FOF) и соединения с использованием гибких плат с анизотропной проводимостью (Anisotropically conductive flex, ACF).

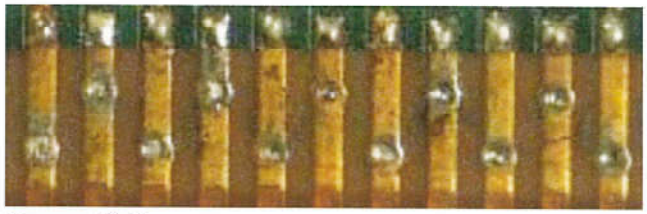


Рисунок 10-66

Рисунок 10-67

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие бокового выступания.
- 100% заполнение сквозных металлизированных отверстий на участке соединения.
- Припой полностью смачивает кромки полукруглых металлизированных отверстий.

Рисунок 10-68

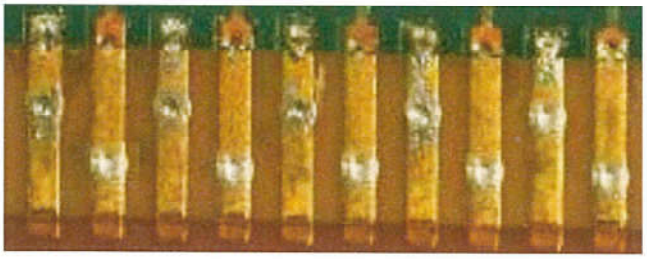


Рисунок 10-69

Приемлемо – Класс 1

- Боковое выступание гибкого соединения не превышает 50% ширины контакта гибкого соединения.

Приемлемо – Класс 2,3

- Боковое выступание гибкого соединения не превышает 25% ширины контакта гибкого соединения.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Заполнение металлизированных отверстий на участках соединений составляет не менее 50%.
- Наличие явного смачивания припоем кромок полукруглых металлизированных отверстий.
- Галтель сбоку для бесформенных гибких выводов составляет 100% зоны контакта между выводом и контактной площадкой.

10.4.4 Гибкие и гибко-жесткие платы – Присоединение (продолжение)

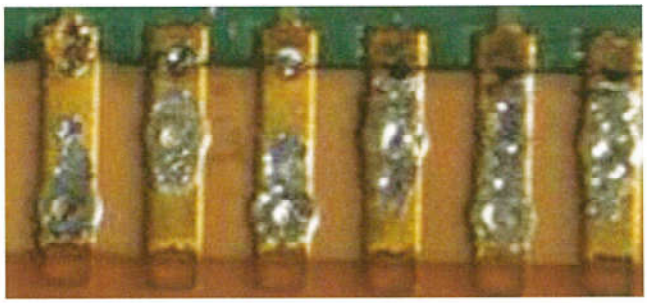


Рисунок 10-70

Индикатор отклонения процесса – Класс 1,2,3

- Отсутствие явного смачивания припоем двух смежных кромок полукруглых металлизированных отверстий.

Рисунок 10-71

Дефект – Класс 1

- Боковое выступание гибкого соединения превышает 50% ширины контакта гибкого соединения.

Дефект – Класс 2,3

- Боковое выступание гибкого соединения превышает 25% ширины контакта гибкого соединения.

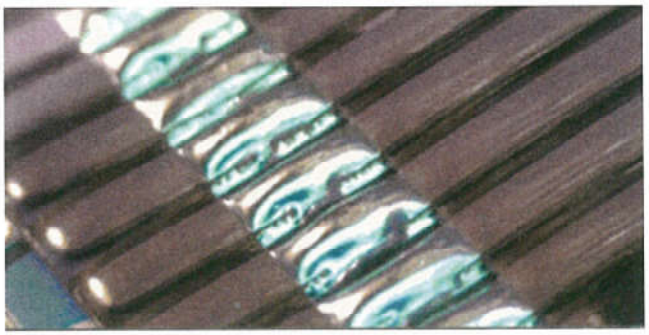


Рисунок 10-72

Дефект – Класс 1,2,3

- Заполнение металлизированных отверстий на участках соединений составляет менее 50%.
- Отсутствие явного смачивания припоем кромок полукруглых металлизированных отверстий.
- Галтель сбоку для бесформенных гибких выводов составляет менее 100% зоны контакта между выводом и контактной площадкой.

10.5 Маркировка

Данный раздел содержит критерии приемки маркировки печатных плат и других электронных сборок.

Маркировка обеспечивает как идентификацию изделия, так и его отслеживаемость. Она помогает при сборке, управлении процессом и обслуживании при эксплуатации. Методы и материалы, используемые при маркировке, **должны** служить поставленным целям и **должны** быть легко читаемыми, долговечными, разборчивыми на протяжении всего срока службы изделия.

Метод проверки читаемости должен быть согласован между производителем и потребителем.

10.5 Маркировка (продолжение)

Примеры маркировки в данном разделе включают нижеследующее:

А) Электронные сборки:

- логотип компании
- производственный артикул и номер модификации
- артикул для сборки, номер группы и модификации
- маркировка компонентов, включая позиционные обозначения и метки полярности (применяется только перед сборкой/отмывкой)
- метки прохождения контроля и отслеживания
- метки органов государственного надзора и сертификации США и др.
- индивидуальный серийный номер
- код даты

Б) Модули и/или сборки более высокой сложности:

- логотип компании
- идентификационный номер изделия, например, номер чертежа, модификация и серийный номер
- информация по монтажу и использованию
- метки сертификации органов государственного надзора

Основными документами по размещению и типу маркировок являются производственные и сборочные чертежи. Критерии маркировки, указанные в чертежах, имеют преимущество перед данными критериями.

В целом, не рекомендуется наносить дополнительные маркировки на металлические поверхности. Маркировка, служащая для облегчения сборки или контроля, не должна быть видна после установки компонентов.

Маркировки компонентов (артикулы, серийные номера) должны оставаться разборчивыми (быть читаемыми и понятными согласно требованиям данного стандарта) после всех этапов контроля, отмывки и других процессов, которым подвергается изделие.

Маркировки компонентов, позиционные обозначения и метки полярности следует наносить так, чтобы они были разборчивыми. Компоненты следует устанавливать таким образом, чтобы была видна маркировка. Однако если не требуется другое, приемлемо повреждение или удаление маркировки в процессе отмывки или обработки.

Производителю не разрешается менять, вытирать или удалять маркировки, если это не требуется в чертежах/документации по сборке. Дополнительные маркировки (например, этикетки) следует наносить таким образом, чтобы они не закрывали оригинальные маркировки поставщика. Постоянные этикетки должны соответствовать требованиям по адгезии раздела 10.5.5.3. Компоненты и сборочные детали не требуется устанавливать так, чтобы после установки были видны позиционные обозначения.

Данные критерии применяются при необходимости наличия содержательной маркировки.

Приемлемо –Класс 1,2,3

- Содержание маркировки соответствует указанному в документации.

Дефект – Класс 1,2,3

- Содержание маркировки неверно.
- Маркировка отсутствует.

10.5.1 Маркировка – Травление (Включая ручное нанесение)

Ручное нанесение может включать в себя маркировку несмываемыми чернилами или механическим приспособлением для травления.

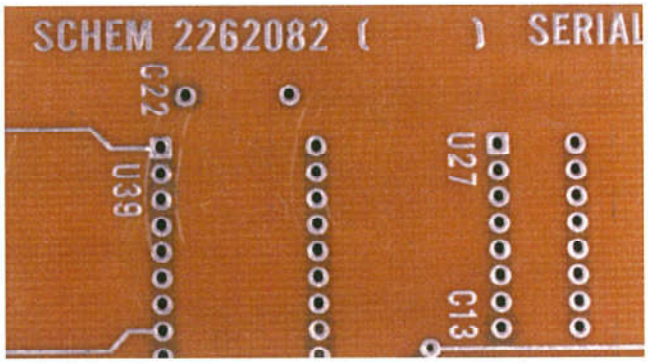


Рисунок 10-73

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Каждая цифра или буква завершена, то есть ни одна из линий, составляющих символ, не отсутствует и не прервана.
- Маркировки полярности и ориентации присутствуют и хорошо различимы.
- Линии, составляющие символ, четко определены и равномерны по ширине.
- Требования к минимальному расстоянию между печатными проводниками соблюдены также относительно расстояний между ними и травлеными маркировками.

Рисунок 10-74

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Кромки линий, составляющих символ, могут быть слегка неровными. Свободные участки внутри символов могут быть заполнены при условии, что они разборчивы и не могут быть перепутаны с другими буквами или цифрами.
- Ширина линий, составляющих символ, может уменьшаться до 50%, при условии прежней разборчивости.
- Линии цифры или буквы могут прерываться при условии, что разрывы не сделают маркировку неразборчивой.

10.5.1 Маркировка – Травление (Включая ручное нанесение) (продолжение)

Рисунок 10-75

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Надписи сделаны неровно, но их основное значение различимо.

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие или неразборчивость символов маркировки.
- Маркировка нарушает минимальный электрический зазор.
- Перемычки припоя внутри или между символами, или символами и проводниками нарушают распознавание символов.
- Линии, составляющие символ, отсутствуют или прерываются настолько, что символ не может быть распознан или с высокой вероятностью может быть принят за другой символ.

10.5.2 Маркировка – Трафаретное нанесение

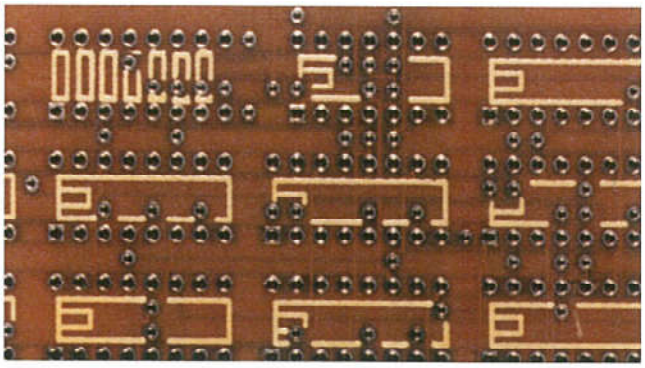


Рисунок 10-76

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Каждая цифра или буква завершена, то есть ни одна из линий, составляющих символ, не отсутствует и не прервана.
- Маркировки полярности или ориентации присутствуют и читабельны. Линии, формирующие символ, четкие и равномерные по ширине.
- Краска, формирующая маркировку, равномерно нанесена, то есть отсутствуют слабые участки и излишнее нанесение.
- Открытые участки внутри символов не заполнены (это касается цифр 0, 6, 8, 9, и букв A, B, D, O, P, Q, R, Б, Д, Ф, Ъ, Ы, Ь, Ю, Я).
- Отсутствуют сдвоенные изображения.
- Растекание краски ограничено линиями символов, то есть отсутствуют смазанные символы, и наплывы краски вне символов сведены к минимуму.
- Краска маркировки может касаться или пересекаться с проводниками, но не соприкасаться с контактной площадкой, на которой требуется наличие припоя.

10.5.2 Маркировка – Трафаретное нанесение (продолжение)

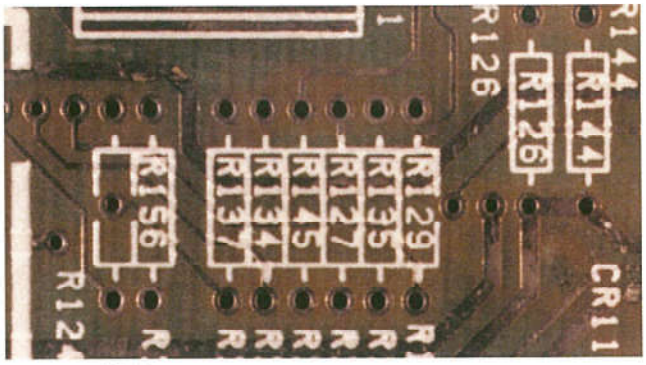


Рисунок 10-77

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Растекание краски может не ограничиваться линиями символов при условии разборчивости символов.
- Маркировочная краска не препятствует процессу пайки.

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Линии номера или цифры могут прерываться (или линии могут быть слишком тонкими), при этом разрывы не делают маркировку неразборчивой.

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Открытые участки внутри символов могут быть заполнены при условии разборчивости символов, то есть они не могут быть перепутаны с другой буквой или цифрой.

Дефект – Класс 1,2,3

- Краска присутствует на контактной площадке, препятствуя пайке в соответствии с требованиями таблиц 7-4, 7-5 или 7-7 или препятствует пайке компонентов поверхностного монтажа, не соответствуя требованиям раздела 8.

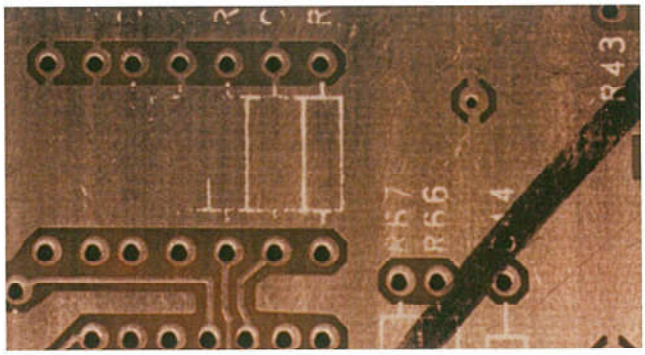


Рисунок 10-78

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Размазанная или расплывшаяся, но все еще разборчивая маркировка.
- Сдвоенные изображения разборчивы.

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствие или неразборчивость маркировки, позиционных обозначений или контуров компонентов.
- Отсутствие или неразборчивость символов маркировок.
- Свободные участки символов заполнены и не разборчивы или с высокой вероятностью могут быть приняты за другую цифру или букву.
- Линии, формирующие символ, отсутствуют, прерывисты или размазаны в такой степени, что символ неразборчив или с высокой вероятностью может быть принят за другой символ.

10.5.3 Маркировка – Нанесение с помощью штампа

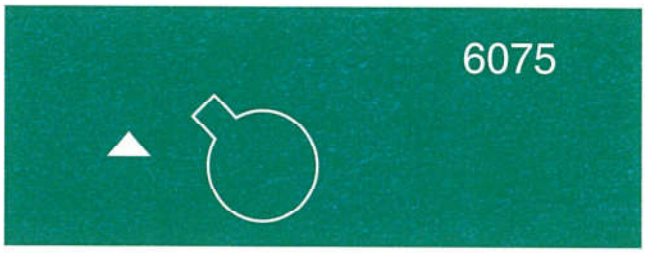


Рисунок 10-79

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Каждая цифра или буква завершена, то есть ни одна из линий, составляющих символ, не отсутствует и не прервана.
- Маркировки полярности или ориентации присутствуют и читаемы.
- Линии, формирующие символ, четкие и равномерные по ширине.
- Краска, формирующая маркировку, равномерно нанесена, то есть отсутствуют слабые участки и излишнее нанесение.
- Открытые участки внутри символов не заполнены (это касается цифр 0, 6, 8, 9, и букв A, B, D, O, P, Q, R, Б, Д, Ф, Ъ, Ы, Ь, Ю, Я).
- Отсутствуют сдвоенные изображения.
- Растекание краски ограничено линиями символов, то есть отсутствуют смазанные символы, и наплывы краски вне символов сведены к минимуму.
- Краска маркировки может касаться или пересекаться с проводниками, но не соприкасаться с паяемой контактной площадкой.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Краска может быть нанесена за пределами символа при условии, что символ читаемый.
- Маркировочная краска присутствует на контактной площадке (см. требования таблиц 7-4, 7-5 или 7-7, или требования поверхностного монтажа раздела 8).

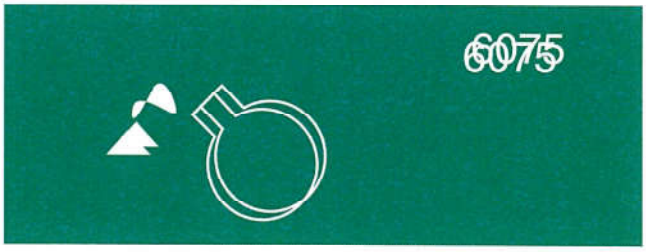


Рисунок 10-80

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Линии номера или цифры могут прерываться (или линии могут быть слишком тонкими), при этом разрывы не делают маркировку неразборчивой.
- Открытые участки внутри символов могут быть заполнены при условии разборчивости символов, то есть они не могут быть перепутаны с другой буквой или цифрой.
- Маркировка размазана или расплывшаяся, но все еще разборчива.
- Приемлемы сдвоенные изображения при условии возможности определения смысла.
- Недостающие или размазанные участки не превышают 10% символа, и символ читаемый.

10.5.3 Маркировка – Нанесение с помощью штампа (продолжение)

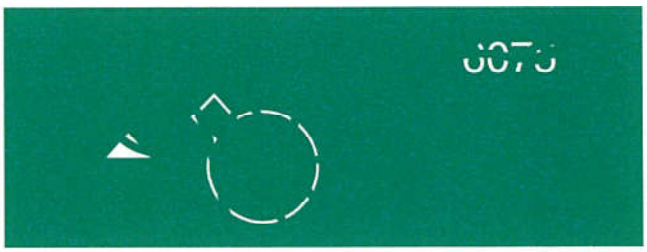


Рисунок 10-81

Дефект – Класс 1,2,3

- Маркировочная краска присутствует на контактной площадке, не соответствуя требованиям таблиц 7-4, 7-5 или 7-7, или требованиями поверхностного монтажа раздела 8.
- Отсутствуют или неразборчивы символы маркировки.
- Открытые участки символов заполнены и нечитаемы, и с высокой вероятностью могут быть приняты за другую цифру или букву.
- Линии, составляющие символ, отсутствуют, прерывисты или размазаны в такой степени, что символ неразборчив или с высокой вероятностью может быть принят за другой символ.

10.5.4 Маркировка – Нанесение лазером

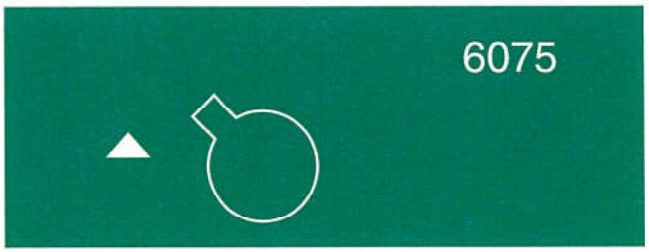


Рисунок 10-82

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Каждая цифра или буква завершена, то есть ни одна из линий, составляющих символ, не отсутствует и не прервана.
- Маркировки полярности или ориентации присутствуют и читаемы.
- Линии, формирующие символ, четкие и равномерные по ширине.
- Маркировки, составляющие символы, одинаковы, то есть отсутствуют тонкие и толстые участки.
- Открытые участки внутри знаков не заполнены (это касается цифр 0, 6, 8, 9, и букв A, B, D, O, P, Q, R, Б, Д, Ф, Ъ, Ы, Ь, Ю, Я).
- Маркировки ограничиваются линиями символов, то есть не касаются или пересекаются с паяемыми поверхностями.
- Глубина маркировки не воздействует на функционирование устройства.
- При нанесении маркировки на область общей шины печатной платы отсутствует оголенная медь.
- Отсутствует расслоение материала платы при нанесении маркировки на диэлектрическую часть печатной платы.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Маркировка может быть нанесена вне линии символа при условии его разборчивости.

10.5.4 Маркировка – Нанесение лазером (продолжение)

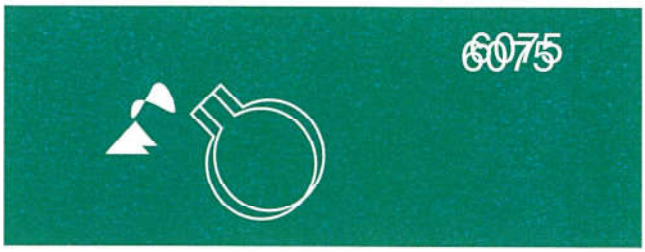


Рисунок 10-83

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Сдвоенное изображение остается читаемым.
- Отсутствующая маркировка составляет не более 10% символа.
- Линии цифры или буквы могут прерываться (или утончаться на части символа).

Дефект – Класс 1,2,3

- Отсутствуют или неразборчивы символы маркировки.
- Открытые участки внутри знаков заполнены и нечитаемы, или с высокой вероятностью могут быть приняты за другие цифры или буквы.
- Линии, составляющие символ, отсутствуют, прерывисты или размазаны в такой степени, что символ нечитаем или с высокой вероятностью может быть принят за другой символ.
- Глубина маркировки неблагоприятно сказывается на работе изделия.
- При нанесении маркировки оголяется медь области общей шины печатной платы.
- При нанесении маркировки на диэлектрик печатной платы происходит его расслоение.
- Маркировка касается или пересекает паяемые поверхности.

10.5.5 Маркировка – Этикетки

Постоянные этикетки обычно используются для нанесения штрих-кода, но могут содержать текст. Критерии к читаемости, адгезии и повреждениям применимы ко всем постоянным этикеткам.

10.5.5.1 Маркировка – Этикетки – Штрих-код /Матричный код

Штрих-код/матричный код (Data Matrix) – это способ идентификации продукции для контроля процесса и отслеживания, характеризующийся простотой и точностью сбора и обработки данных. Такая маркировка занимает немного место (некоторые из них могут размещаться на торцевой части печатной платы), а также устойчива к пайке волной и отмывке. Код также может быть нанесен при помощи лазера непосредственно на базовый материал. Требования приемки те же, что и для других типов маркировки, за исключением читаемости в случаях, где машинное распознавание заменяет распознавание человеком.

10.5.5.2 Маркировка – Этикетки – Читаемость

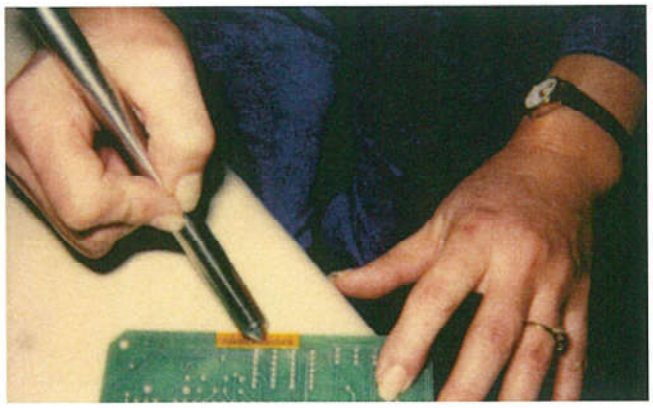


Рисунок 10-84

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие точек и пропусков на поверхностях с нанесенной маркировкой.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Точки или пропуски на поверхностях штрих-кода для машинного распознавания допустимы в случае, если код может быть успешно считан с трех (3) и менее попыток.
- Текст читаем.

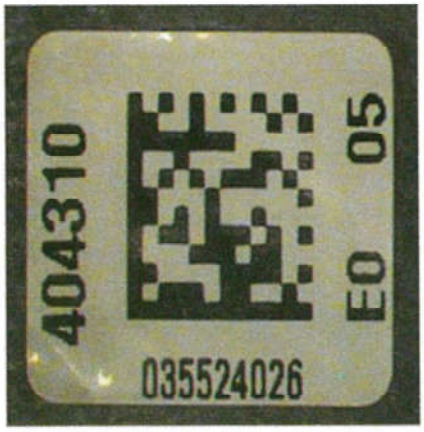


Рисунок 10-85

Рисунок 10-86

Дефект – Класс 1,2,3

- Код для машинного распознавания не может быть успешно считан с трех (3) попыток.
- Отсутствуют или нечитаемые символы маркировки.

Рисунок 10-87

10.5.5.3 Маркировка – Этикетки – Адгезия и повреждение

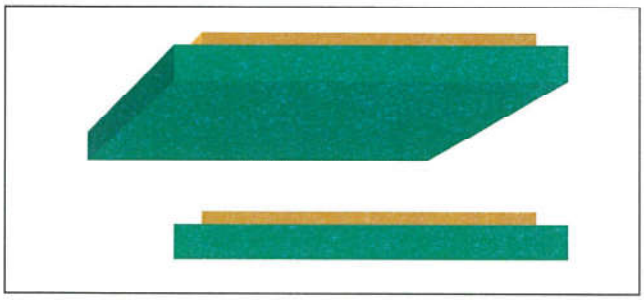


Рисунок 10-88

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Полная адгезия, отсутствие признаков повреждения или отслаивания.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Отслоение не более 10% участка этикетки.

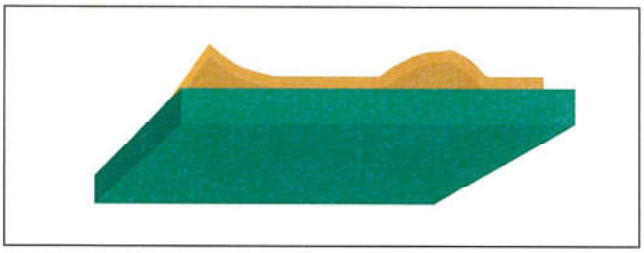


Рисунок 10-89

Дефект – Класс 1,2,3

- Отслоение более 10% участка этикетки.
- Отсутствие этикетки.
- Складка этикетки ухудшает читаемость.

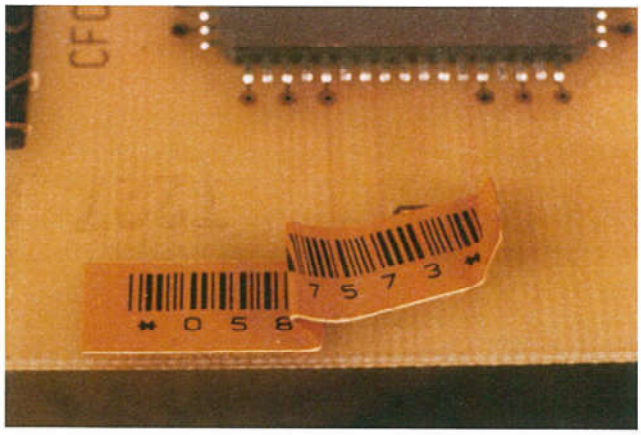


Рисунок 10-90

10.5.5.4 Маркировка – Этикетки – Расположение

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Этикетка установлена в нужном месте.

Дефект – Класс 1,2,3

- Этикетка не установлена в нужном месте.

10.5.6 Маркировка – Метки радиочастотной идентификации (RFID)

Метки радиочастотной идентификации (RFID метки) широко применяются в промышленности. Эти метки включают в себя электронную схему (микрочип), которая работает на заданной частоте. Метки RFID содержат электронные данные, которые могут состоять из любой вышеупомянутой информации, традиционно наносимой на изделия методами маркировки, а также дополнительные данные для целей отслеживания/слежения. Для правильной работы RFID-меток необходимо, чтобы они были физически расположены на определенном расстояния от считывателя. РЧ сигнал не должен быть ограничен объектами, такими как металл, вода (зависит от частоты) или любыми другими объектами, которые будут искажать или иным образом препятствовать правильной передаче РЧ сигнала от метки к считывателю.

Для данных критериев иллюстрации отсутствуют.

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Метка RFID расположена на указанном расстоянии от считывателя, предоставляющем доступ считывателя к радиочастотному сигналу.
- Обеспечено свободное от препятствий (напр., металла, воды и пр.) прохождение радиочастотного сигнала от метки RFID к считывателю.
- Метка RFID присоединена к объекту способом, не препятствующим передаче радиочастотного сигнала.
- Степень повреждения метки RFID не препятствует считыванию содержащейся в ней информации.
- Степень искажения радиочастотного сигнала не препятствует распознаванию данных считывателем.

Дефект – Класс 1,2,3

- Метка RFID не расположена на указанном расстоянии от считывателя, предоставляющем доступ считывателя к радиочастотному сигналу.
- Препятствия (напр., металл, вода и пр.) между меткой RFID и считывателем, не позволяющие передавать радиочастотный сигнал от метки к считывателю.
- Метка RFID присоединена к объекту способом, препятствующим передаче радиочастотного сигнала.
- Степень повреждения метки RFID препятствует считыванию содержащейся в ней информации считывателем.
- Степень искажения радиочастотного сигнала препятствует распознаванию данных считывателем.

10.6 Чистота

Данный раздел охватывает критерии качества отмывки электронных сборок, которые включают все типы компонентов со всеми типами электрически сопрягаемых поверхностей (например, сопрягаемые поверхности разъемов, запрессовываемые штыри и пр.) Ниже приведены примеры наиболее распространенных веществ, загрязняющих печатные платы. Однако, могут проявиться и другие загрязнения, поэтому необходимо оценить все аномальные состояния. Состояния, представленные в данном разделе, могут относиться как к первичной, так и к вторичной стороне электронных сборок. Дополнительная информация находится в стандарте IPC-CH-65.

Загрязнения свидетельствуют не только о косметических или функциональных недостатках, но и предупреждают о нарушениях в работе системы отмывки.

Контроль загрязнений на предмет влияния на функционирование должен производиться в условиях, максимально приближенных к рабочим для данного изделия.

Каждому производственному предприятию следует внедрить стандарт, основанный на данных о количествах и типах допустимых загрязнений. Для создания стандарта предприятия рекомендуется провести контроль ионных загрязнений на основании стандарта J-STD-001, и контроль сопротивления изоляции в условиях эксплуатации, а также прочих электрических параметров, описанных в стандарте IPC-TM-650.

См. раздел 1.10 о требованиях к увеличению при визуальной инспекции.

10.6.1 Отмывка – Остатки флюса

Перед применением данных критериев необходимо учесть классификацию флюсов (см. стандарт J-STD-004) и тип сборочного процесса, то есть безотмывочный, с отмывкой и т.п.

Рисунок 10-91

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Чистая поверхность, отсутствие видимых остатков флюса.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Не допускается наличие остатков удаляемых флюсов.
- Допускается наличие остатков флюсов, не требующих отмывки.

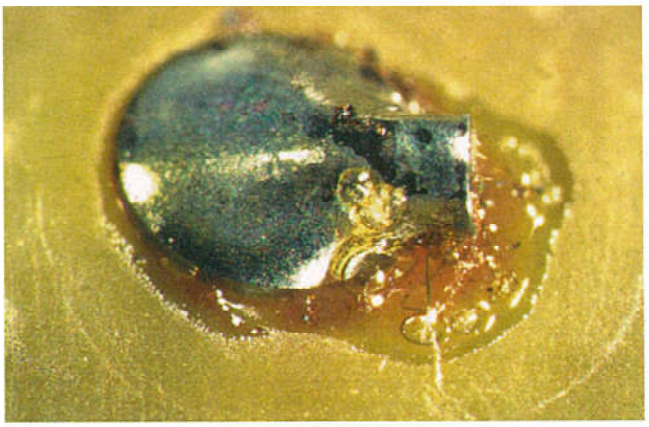


Рисунок 10-92

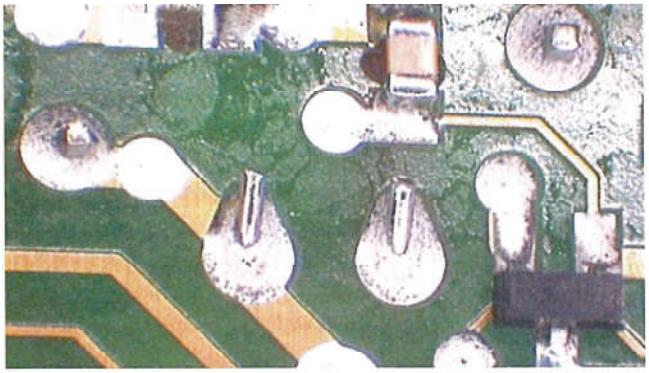


Рисунок 10-93

Дефект – Класс 1,2,3

- Видимые остатки удаляемых флюсов или остатки любого активного флюса на электрических контактных поверхностях

Примечание 1: Для Класса 1 возможна приемлемость данного состояния после испытаний. Также необходимо проверить проникновение флюса внутрь компонентов и под них.

Примечание 2: Активность остатков флюса определяется согласно стандартам J-STD-001 и J-STD-004.

Примечание 3: Процессы, обозначенные как «безотмывочные», должны соответствовать требованиям чистоты конечной продукции.

10.6.2 Чистота – Твердые загрязнения

Для следующих критериев слова «прикреплены», «вкраплены», «капсулированы» означают, что в нормальных условиях работы продукта твердые частицы не будут смещаться. Метод для определения возможности твердых загрязнений к перемещению в нормальных условиях следует согласовать между производителем и потребителем.

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Чистая поверхность.

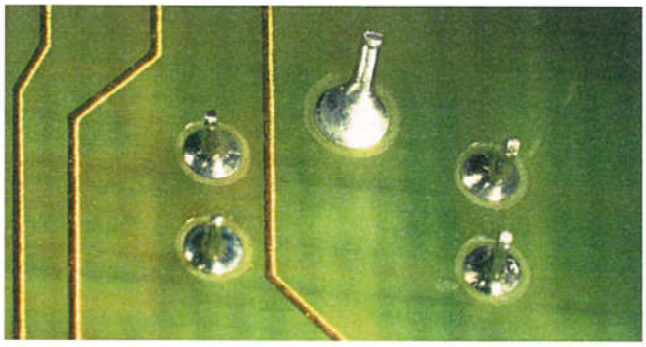


Рисунок 10-94

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Твердые частицы загрязнения отвечают следующим критериям:
  - Прикреплены / вкраплены / капсулированы на поверхности печатной платы или паяльной маске.
  - Не нарушен минимальный электрический зазор.

Рисунок 10-95

Дефект – Класс 1,2,3

- Твердые частицы загрязнения не прикреплены, не вкраплены, не капсулированы, см. 5.2.7.1 и 10.8.2.
- Нарушен минимальный электрический зазор.

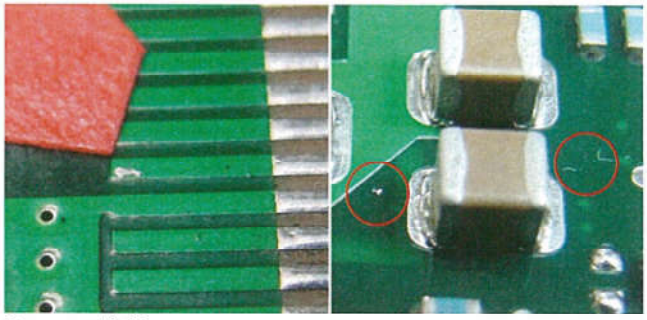


Рисунок 10-96

Рисунок 10-97

10.6.3 Чистота – Хлориды, карбонаты и белый налет

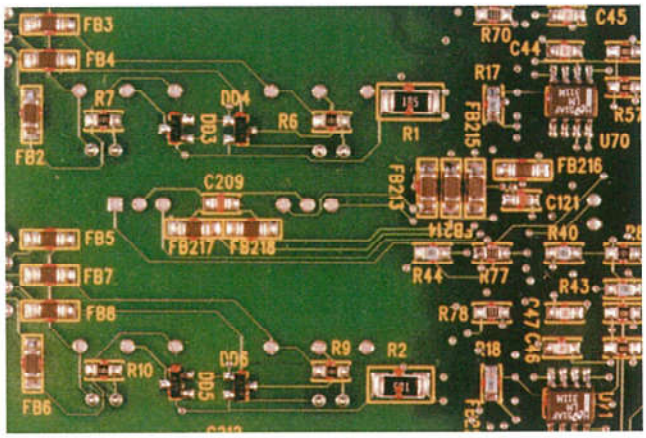


Рисунок 10-98

Желаемый результат – Класс 1,2,3

• Отсутствие видимых остатков.

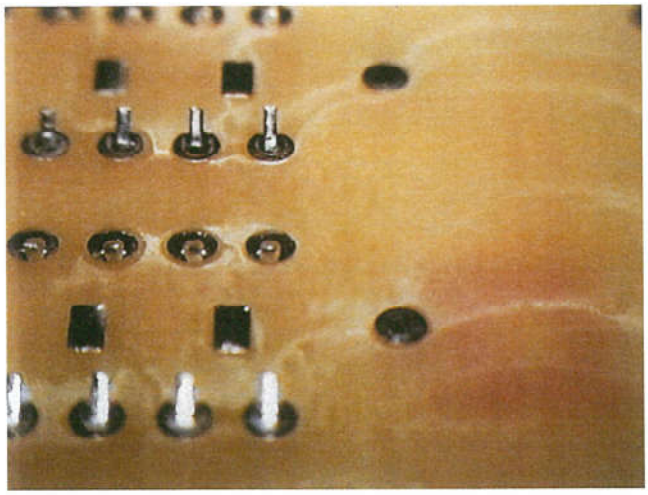


Рисунок 10-99

Дефект – Класс 1,2,3

• Белый налет на поверхности печатной платы.

• Белый налет на или вокруг паяных соединений.

• Белые кристаллы на поверхности металла.

Примечание: Наличие белого налета в результате применения флюсов, не требующих отмывки, приемлемо при условии аттестации и документирования их как неопасных.

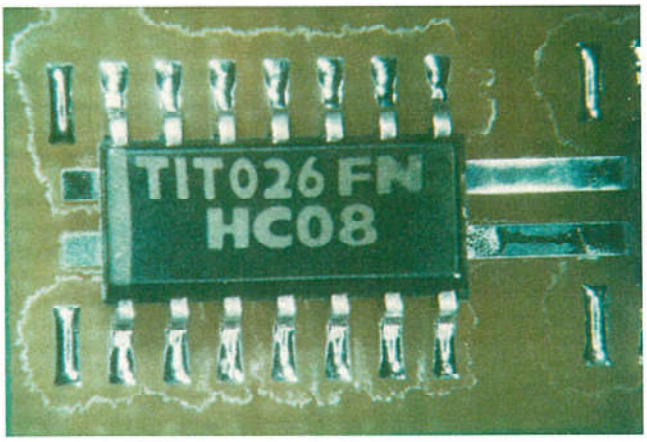


Рисунок 10-100

10.6.3 Чистота – Хлориды, карбонаты и белый налет (продолжение)

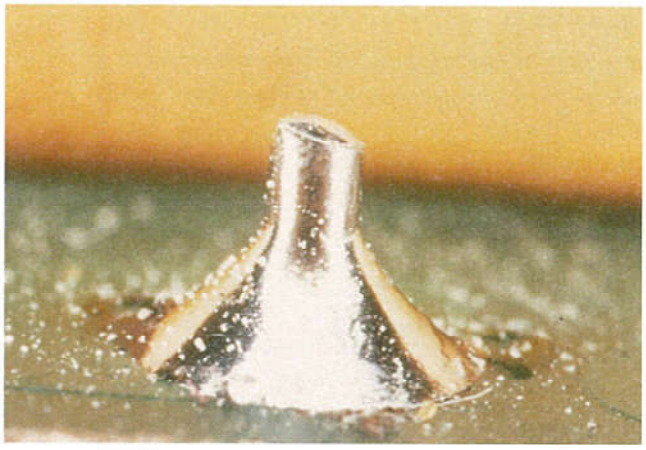


Рисунок 10-101

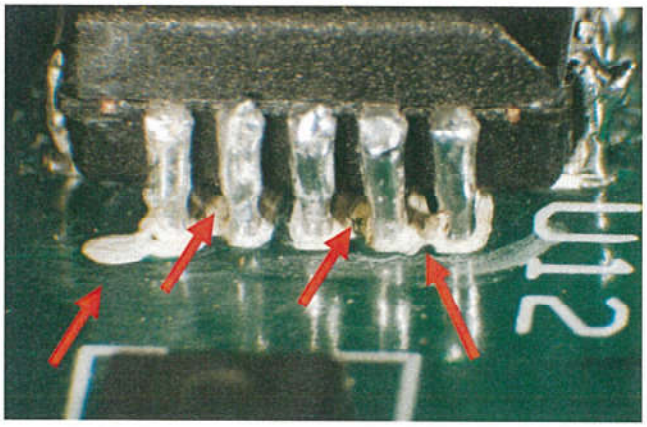


Рисунок 10-102

10.6.4 Чистота – Остатки флюса – Безотмывочный процесс – Внешний вид

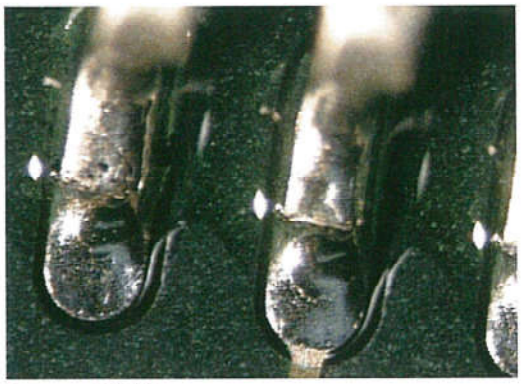


Рисунок 10-103

Рисунок 10-104

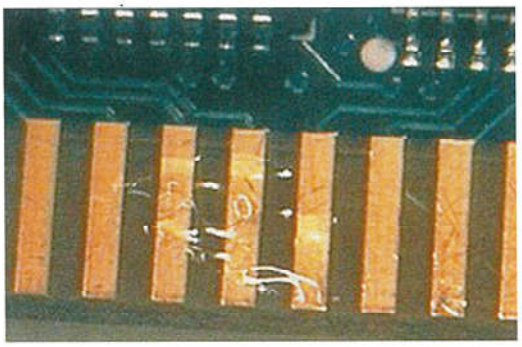


Рисунок 10-105

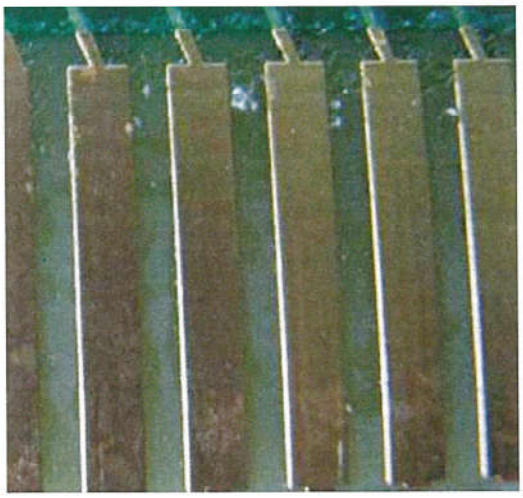


Рисунок 10-106

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Наличие остатков флюса на, вокруг или между электрически не связанными контактными площадками, компонентами и проводниками.
- Остатки флюса не препятствуют визуальному контролю.
- Остатки флюса не препятствуют доступу к контрольным точкам печатной платы.

Приемлемо – Класс 1
Индикатор отклонения процесса – Класс 2
Дефект – Класс 3

- Отпечатки пальцев на остатках флюса при безотмывочном процессе.

Дефект – Класс 2,3

- Остатки флюса препятствуют визуальному контролю.
- Остатки флюса препятствуют доступу к контрольным точкам печатной платы.
- Влажные, клейкие либо избыточные остатки флюса, которые могут распространиться на другие поверхности.

Дефект – Класс 1,2,3

- Остатки флюсов, не требующих отмывки, на любой электрической контактной поверхности, препятствуют электрическому контакту.

Примечание 1: Не считается дефектом изменение цвета плат, имеющих защитное органическое покрытие, вследствие контакта с остатками флюсов, не требующих отмывки.

Примечание 2: Внешний вид остатков может меняться в зависимости от характеристик флюса и процессов пайки.

10.6.5 Чистота – Внешний вид поверхности

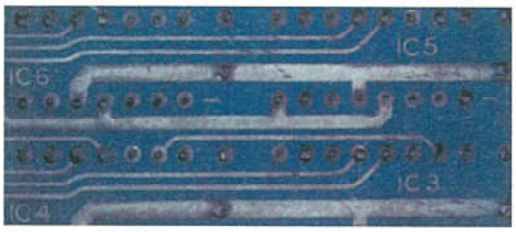


Рисунок 10-107

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Незначительная матовость чистой металлической поверхности.

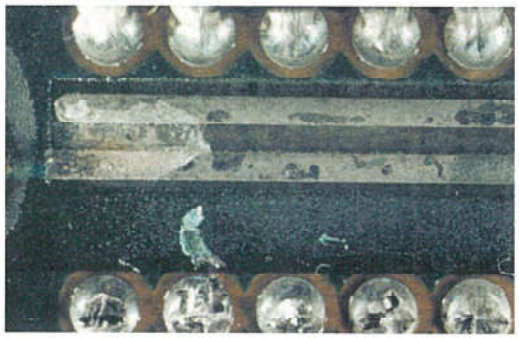


Рисунок 10-108

Дефект – Класс 1,2,3

- Окрашенные остатки или проявление ржавчины на металлических поверхностях или крепежных изделиях.
- Признаки коррозии.

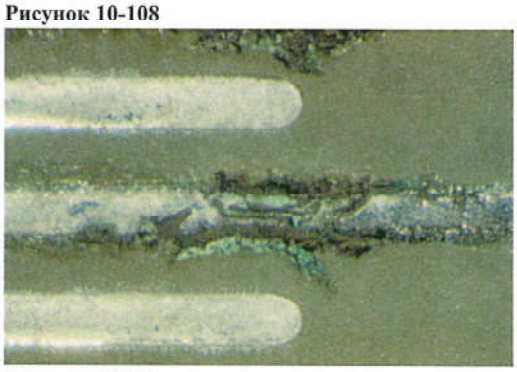


Рисунок 10-109

Рисунок 10-110

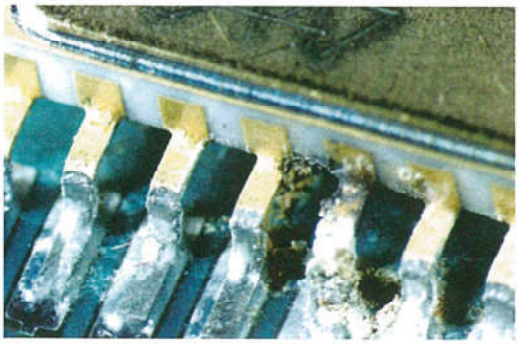


Рисунок 10-111

10.7 Паяльная маска

Данный раздел включает в себя критерии приемки паяльных масок электронных сборок после монтажа.

Дополнительная информация о паяльных масках находится в стандарте IPC-SM-840.

Паяльная маска – Термоустойчивый материал покрытия, примененный на определенных участках для их защиты от осаждения припоя на данные участки при последующей пайке. Паяльная маска может наноситься в виде жидкости либо сухой пленки. Оба типа покрытия отвечают требованиям данного руководства

Хотя паяльная маска и не соответствует определению «изолятор или изоляционный материал», некоторые составы паяльных масок обеспечивают ограниченную изоляцию и обычно применяются для изоляции поверхности печатной платы при условии отсутствия высоких напряжений.

Кроме того, паяльная маска может использоваться для защиты поверхности печатной платы от механических повреждений во время сборочных операций.

Испытание адгезии клейкой лентой – Испытание клейкой лентой, указанное в данном разделе, является методом испытания 2.4.28.1 стандарта IPC-TM-650. Необходимо удалить все отдельные частицы и материалы без адгезии.

См. IPC-6012 и IPC-A-600.

10.7.1 Паяльная маска – Складки / трещины

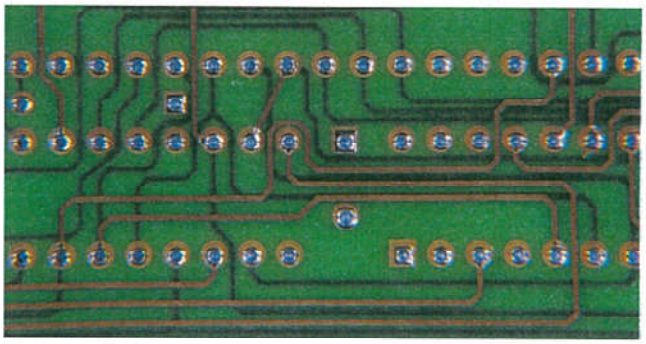


Рисунок 10-112

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие трещин паяльной маски после операций пайки и отмывки.

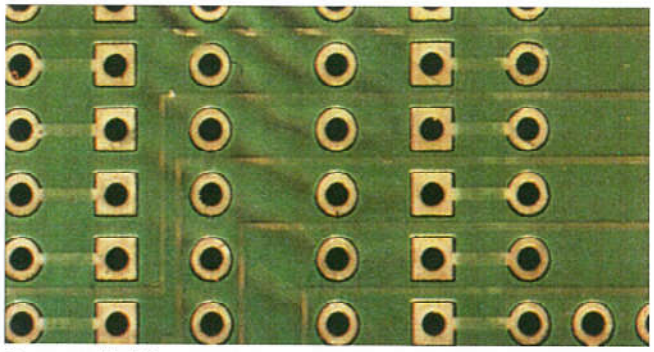


Рисунок 10-113

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Незначительные складки расположены на участке, не соединяющем печатные проводники, и отвечают требованиям испытания адгезии клейкой лентой IPC-TM-650, пункт 2.4.28.1, см. Рисунок 10-113.
- Складки на паяльной маске в области оплавленного припоя допускаются при условии целостности и отсутствия следов разрыва, отслоения или ухудшения свойств пленки. Адгезию участков со складками можно проверить методом испытания адгезии клейкой лентой.
- Трещины в паяльной маске без потери адгезии.

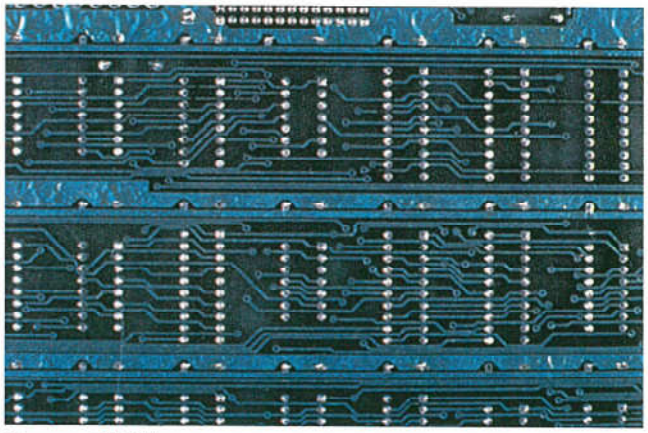


Рисунок 10-114

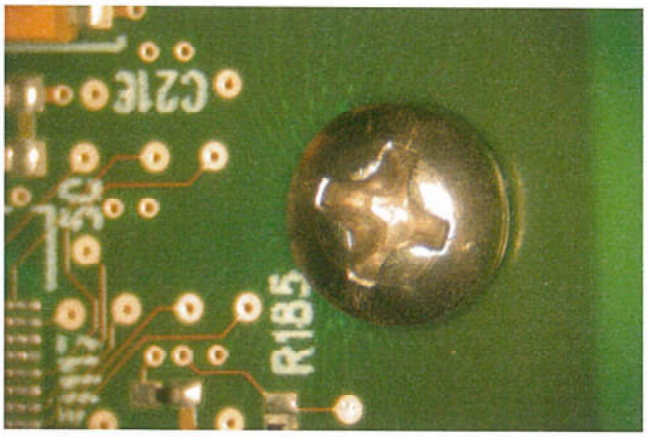


Рисунок 10-115

10.7.1 Паяльная маска – Складки / трещины (продолжение)

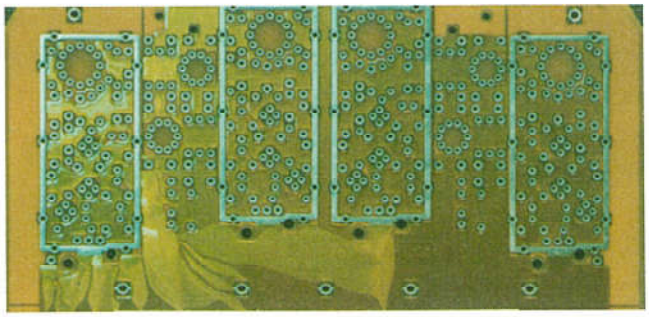


Рисунок 10-116

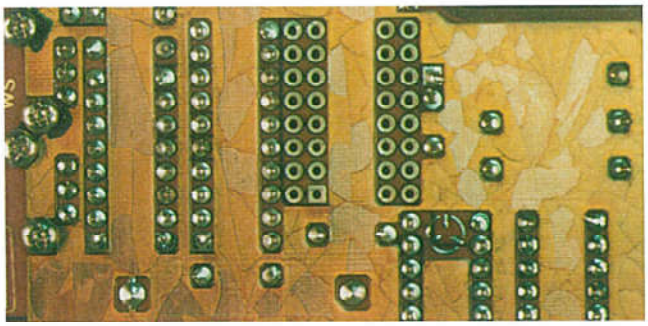


Рисунок 10-117

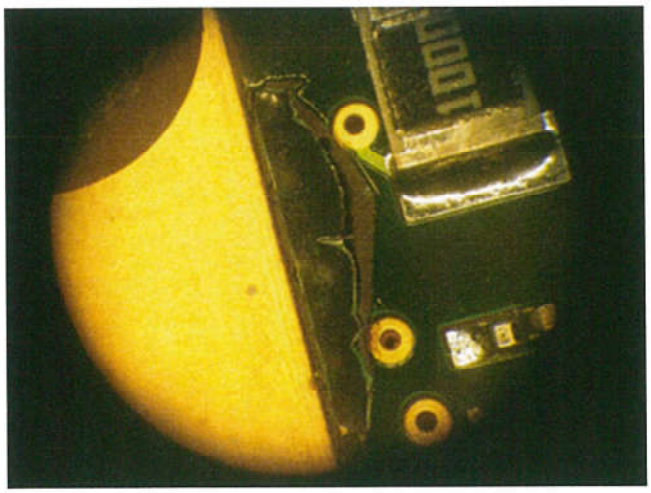


Рисунок 10-118

Дефект – Класс 1,2,3

- Несвязанные части паяльной маски не могут быть полностью удалены и будут влиять на работу изделия.

10.7.2 Паяльная маска – Пустоты, пузыри, царапины

При пайке паяльная маска предотвращает образование перемычек припоя. После завершения сборки допускается наличие пузырей и несвязанных частей материала паяльной маски при условии, что они не повлияют на функционирование изделия.

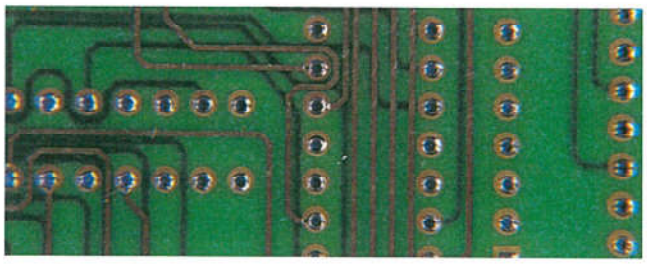


Рисунок 10-119

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие пузырей, царапин, пустот или складок под паяльной маской после пайки и отмывки.

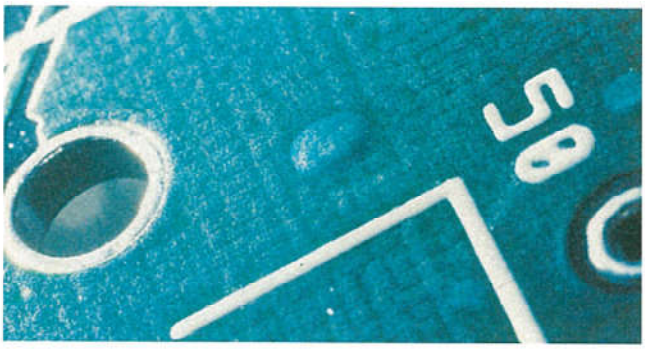


Рисунок 10-120

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Пузыри, царапины, пустоты не оголяют проводники, не образуют перемычки между смежными проводниками, поверхностями проводников и не создают опасных условий, которые могут привести к попаданию несвязанных частей маски на движущиеся части или между двумя электропроводящими поверхностями.
- Флюсы, масла или моющие вещества не остаются в пустотах паяльной маски.

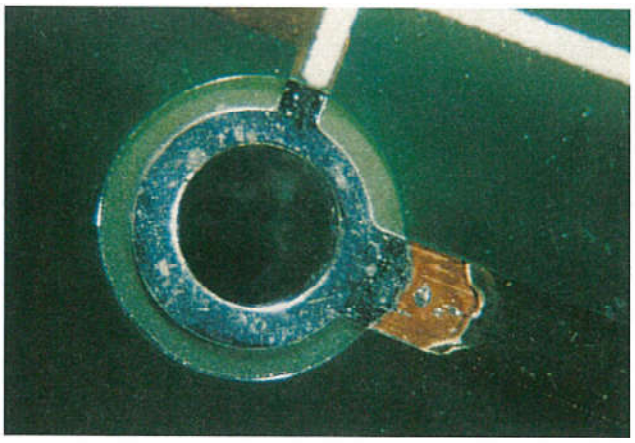


Рисунок 10-121

Индикатор отклонения процесса – Класс 2,3

- Пузыри/отслаивание оголяют проводящий материал.

10.7.2 Паяльная маска – Пустоты, пузыри, царапины (продолжение)

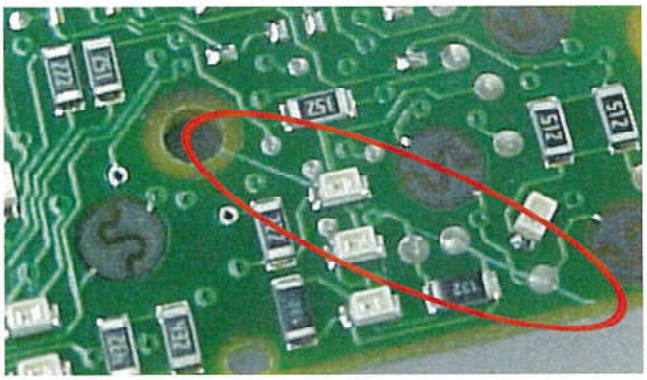


Рисунок 10-122

Приемлемо – Класс 1

Дефект – Класс 2,3

- Пузыри/царапины/пустоты покрытия приводят к отслаиванию маски ответственных печатных узлов после испытания адгезии клейкой лентой.
- Флюсы, масла или моющие вещества остаются под покрытием.

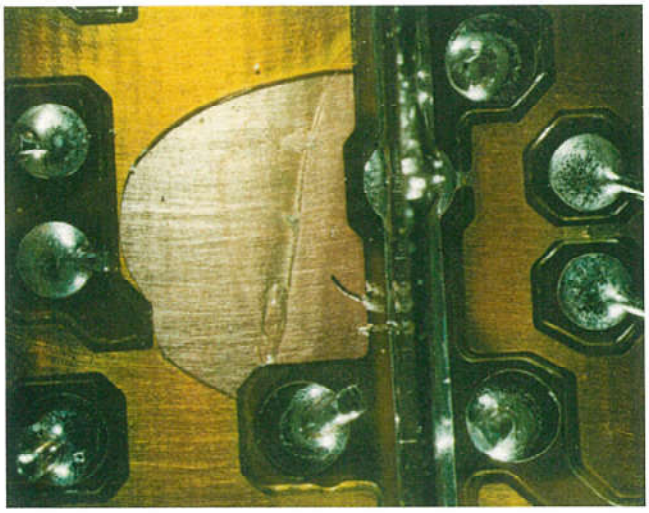


Рисунок 10-123

Дефект – Класс 1,2,3

- Пузыри, царапины, пустоты образуют перемычки между смежными проводниками.
- Несвязанные части паяльной маски могут повлиять на форму, посадку или функционирование изделия.
- Пузыри, царапины, пустоты могут привести к образованию перемычек припоя.

10.7.3 Паяльная маска – Разрывы

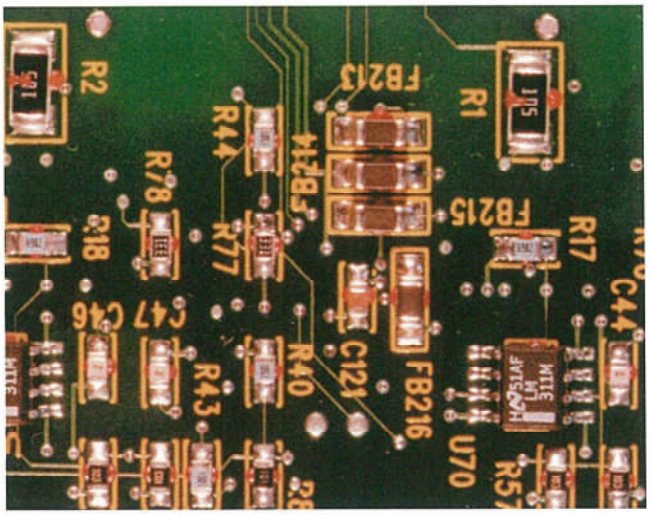


Рисунок 10-124

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Поверхность паяльной маски однородна без отрывов или отслоений.

Дефект – Класс 1,2,3

- Паяльная маска имеет вид белесого порошка с возможными включениями металла припоя.

10.7.4 Паяльная маска – Изменение цвета

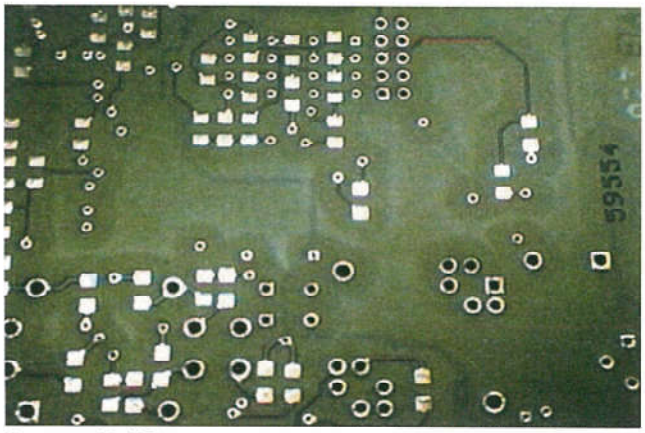


Рисунок 10-125

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Изменение цвета паяльной маски.

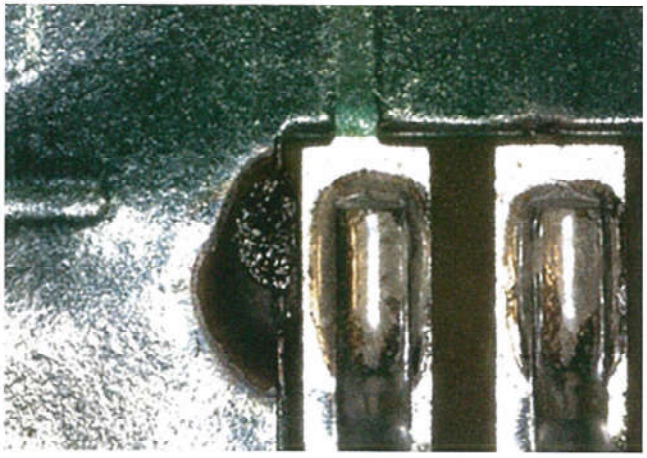


Рисунок 10-126

Дефект – Класс 1,2,3

• Обгоревший либо обугленный материал паяльной маски.

10.8 Конформное покрытие

Данный раздел включает в себя требования приемки конформных покрытий электронных сборок.

Дополнительная информация по конформным покрытиям находится в стандартах IPC-CC-830 и IPC-HDBK-830.

10.8.1 Конформное покрытие – Общие указания

Следует обеспечить такие условия, чтобы конформное покрытие было прозрачным, однородного цвета и консистенции и равномерно покрывало бы печатную плату и компоненты. Равномерная толщина покрытия частично зависит от метода нанесения и может повлиять на внешний вид узла и на обтекание углов. Изделия, покрытые методом погружения, могут иметь следы стекания капель или утолщение покрытия на кромке печатной платы. Эти подтеки могут содержать небольшое количество пузырьков, не влияющих на функционирование или надежность покрытия.

10.8.2 Конформное покрытие – Нанесение

Контроль изделия можно производить невооруженным глазом, см. раздел 1.10. Контроль материалов покрытия, содержащих люминесцентный краситель, можно производить в ультрафиолетовом свете. Для проверки также можно использовать дополнительное освещение дневного света.

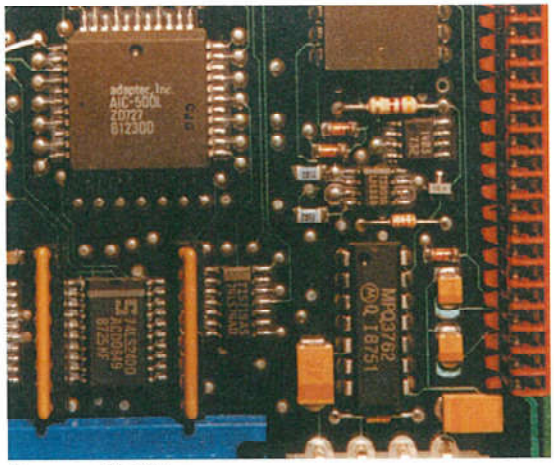


Рисунок 10-127

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Покрытие не теряет адгезию.
- Отсутствуют пузыри и пустоты.
- Отсутствие капель, крошек, отслоений, складок, царапин, трещин, вздутий и явления «апельсиновая корка».
- Отсутствие вкраплений/включений инородных материалов.
- Отсутствие изменения цвета или потери прозрачности.
- Покрытие однородно и полностью отвердело.

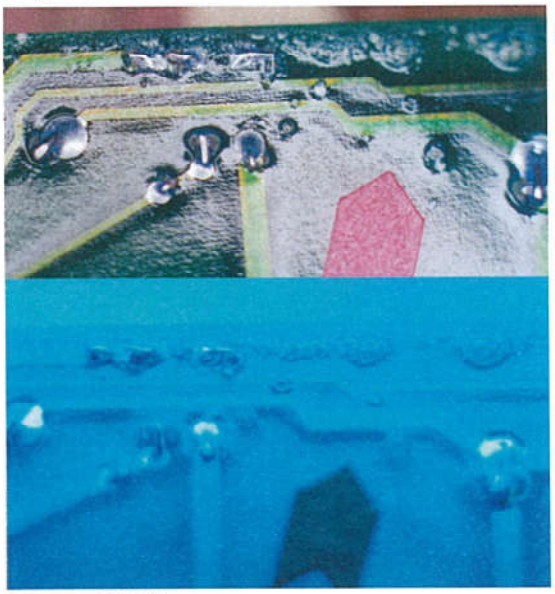


Рисунок 10-128

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Покрытие полностью отвердело и однородно.
- Покрытие находится только на требуемых участках.
- Отсутствуют перемычки между оголенными проводящими поверхностями (отсутствие паяльной маски) вследствие:
  - потери адгезии, вздутий и пузырьков
  - выпотевания (образования капель)
  - трещин
  - ряби
  - явления «рыбий глаз»
  - явления «апельсиновая корка», см. Рисунок 10-128
  - отслоения
- Включенные материалы не нарушают минимального электрического зазора между компонентами, проводниками или контактными площадками.

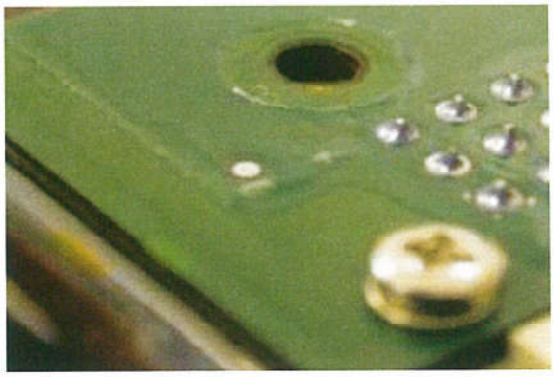


Рисунок 10-129

Индикатор отклонения процесса – Класс 1,2,3

- Отсутствуют перемычки между оголенными проводящими поверхностями вследствие:
  - Потери адгезии
  - Вздутий
  - Пузырей

10.8.2 Конформное покрытие – Нанесение (продолжение)

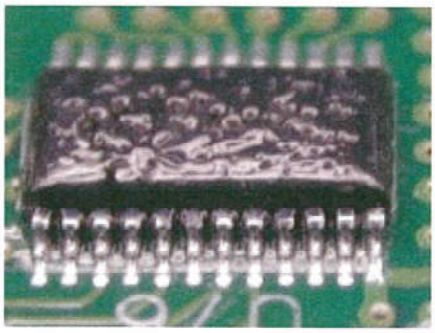


Рисунок 10-130

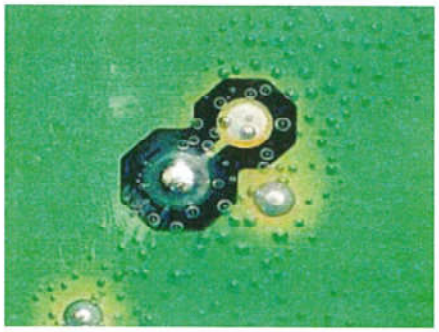


Рисунок 10-131

Рисунок 10-132

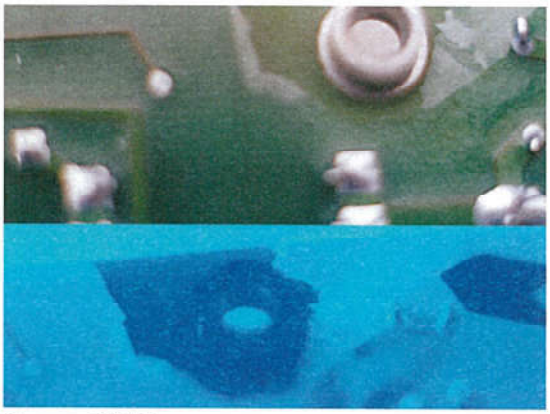


Рисунок 10-133

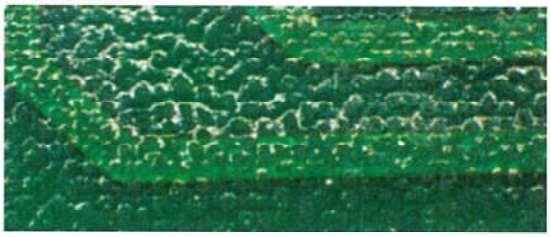


Рисунок 10-134

Рисунок 10-135

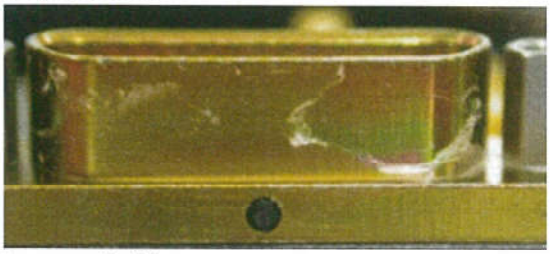


Рисунок 10-136

Дефект – Класс 1,2,3

- Покрытие не затвердело.
- Покрытие не находится на требуемых участках.
- Покрытие находится на участках, где оно не предусмотрено, напр., сопрягаемых поверхностях, регулируемых установочных изделиях, просачивается в корпус разъемов и т.п.
- Наличие перемычек между соседними площадками или оголенными проводящими поверхностями вследствие:
  - потери адгезии
  - вздутий или пузырьков
  - выпотевания (образования капель)
  - трещин
  - ряби
  - явления «рыбий глаз»
  - явления «апельсиновая корка»
  - отслоения
- Любой включенный материал, создающий перемычки между контактными площадками или смежными проводящими покрытиями, оголяющий проводники или нарушающий величину минимального электрического зазора между компонентами, площадками или проводниками.
- Изменение цвета или потеря прозрачности.

10.8.3 Конформное покрытие – Толщина

В таблице 10-1 представлены требования к толщине конформного покрытия. Толщина измеряется на плоской, свободной от компонентов, отвердевшей поверхности электронного узла или на купоне, обработанном одновременно с изделием. Купоны могут быть изготовлены из того же материала, что и печатные платы, или другого непористого материала, такого как металл или стекло. Альтернативным методом может стать измерение толщины неотвержденного покрытия при наличии документации, устанавливающей связь между толщиной отвержденного и неотвержденного покрытий.

Примечание: Таблица 10-1 данного стандарта должна использоваться для печатных узлов. Требования стандарта IPC-CC-830 к толщине покрытия должны использоваться только в целях испытаний и оценки материалов покрытий.

Таблица 10-1 Толщина покрытия

Тип AR	Акриловое	0,03-0,13 мм [0,001-0,005 дюйма]
Тип ER	Эпоксидное	0,03-0,13 мм [0,001-0,005 дюйма]
Тип UR	Уретановое	0,03-0,13 мм [0,001-0,005 дюйма]
Тип SR	Силиконовое	0,05-0,21 мм [0,002-0,008 дюйма]
Тип XY	Париленовое	0,01-0,05 мм [0,0005-0,002 дюйма]

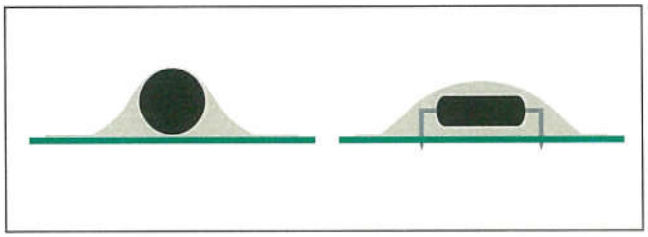


Рисунок 10-137

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Покрытие отвечает требованиям таблицы 10-1 к толщине.

Дефект – Класс 1,2,3

• Покрытие не отвечает требованиям таблицы 10-1 к толщине.

10.8.4 Электроизоляционное покрытие

10.8.4.1 Электроизоляционное покрытие – Нанесение

Этот материал используется для обеспечения изоляции оголенного проводника, когда конформное покрытие является недостаточным, чтобы обеспечить достаточную защиту, а заливка является избыточной.

Все рассуждения, используемые для конформного покрытия, применимы также и для изоляционного покрытия, за исключением поверхности. Изоляционное покрытие наносится, как правило, не достаточно гладко для получения равномерной поверхности. Тонкое покрытие не является признаком Желаемого результата. См. 10.8.3.

Для данных критериев иллюстрации отсутствуют.

10.8.4.2 Электроизоляционное покрытие – Толщина

Приемлемо – Класс 1,2,3

• Полное покрытие без участков оголенного металла.

Дефект – Класс 1,2,3

• Оголенный металл.

Примечание: Требования к толщине покрытия из п. 10.8.3 не применяются.

10.9 Заливка

Для данных критериев иллюстрации отсутствуют.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Заливочный материал распространяется и охватывает все участки, где необходима заливка.
- Заливочный материал отсутствует на участках, не предназначенных для заливки.
- Заливочный материал полностью отвердел и однороден.
- Отсутствуют пузыри, вздутия или разрывы, влияющие на работу электронной сборки либо герметизирующие свойства заливочного материала.
- Отсутствие видимых трещин, волосяных трещин, измельченного материала, отслаивания и/или складок заливочного материала.
- Включенный инородный материал не нарушает величину минимального электрического зазора между компонентами, контактными площадками либо проводящими поверхностями.
- Герметизирующий материал отвердел и не клейкий при касании после отвердения.

Примечание: Незначительные завихрения на поверхности, борозды либо подтеки не считаются дефектами.

10.9 Заливка (продолжение)

Дефект – Класс 1,2,3

- Заливочный материал отсутствует на участках, предназначенных для заливки.
- Наличие заливочного материала на участках, не предназначенных для заливки, или влияющего на функционирование электронной сборки.
- Заливочный материал не полностью отвердел (проявляется клейкость).
- Наличие пузырей, вздутий или разрывов, влияющих на работу электронной сборки либо герметизирующие свойства заливочного материала.
- Видимые трещины, волосяные трещины, измельченный материал, отслаивание и/или складки заливочного материала.
- Любой включенный материал, соединяющий контактные площадки или смежные проводящие поверхности, открывающий проводники либо нарушающий величину минимального электрического зазора между компонентами, контактными площадками либо проводящими поверхностями.
- Изменение цвета или потеря прозрачности.

Страница преднамеренно оставлена пустой.

11 Проводной монтаж

Понятие «проводной монтаж» означает подложку или базовый материал, на которых для получения электрических соединений используется монтаж с помощью проводов. В данном разделе описаны отдельные критерии визуального контроля для каждого типа соединений.

Руководство по приемке проводного монтажа

Прокладка и монтаж проводов для создания с помощью специальных приспособлений или инструментов электрических соединений между различными точками может использоваться с целью замены или дополнения печатных проводников электронных сборок. Может применяться в планарной, двухмерной или трехмерной конфигурации.

В дополнение к требованиям данного раздела, паяные соединения должны отвечать требованиям раздела 5.

В данном разделе рассматриваются следующие темы:

11.1 Навивка без припоя 11-2
11.1.1 Количество витков 11-3
11.1.2 Межвитковый зазор 11-4
11.1.3 Хвостовики, навивка изоляции 11-5
11.1.4 Перекрытие выступающих витков 11-7
11.1.5 Расположение соединения 11-8
11.1.6 Заправка провода 11-10
11.1.7 Слабина провода 11-11
11.1.8 Покрытие провода 11-12
11.1.9 Поврежденная изоляция 11-13
11.1.10 Поврежденные провода и штыри 11-14

11.1 Навивка без припоя

Данный раздел устанавливает критерии приемки при визуальном контроле соединений, выполненных методом навивки без припоя.

Подразумевается, что комбинация штырь/провод сконструирована для данного типа соединения.

Плотность навивки должна проверяться с помощью инструментального контроля.

Подразумевается также наличие системы текущего контроля, использующей тестовые соединения для проверки способности комбинации оператор/оборудование производить навивку, соответствующую требованиям к усилию отрыва.

В зависимости от условий эксплуатации изделия инструкции должны указывать применение стандартной либо модифицированной навивки.

После монтажа на штырь приемлемое соединение **не должно** подвергаться чрезмерному нагреву либо механическим операциям.

Недопустимо предпринимать попытки исправить дефектное соединение повторным применением навивочных инструментов либо других инструментов.

Преимущества надежности и ремонтопригодности соединений навивкой без припоя состоят в том, что не требуется ремонт дефектной навивки с помощью пайки. Дефектные соединения должны быть демонтированы при помощи специального приспособления (не допускается отрыв от штыря), и далее на штырь необходимо навить новый провод. Для каждой последующей навивки/демонтажа **должен** использоваться новый провод, но на штырь допускается производить навивку много раз.

11.1.1 Навивка без припоя – Количество витков

Для данного требования под считаемыми витками понимаются витки оголенного провода, находящиеся в тесном контакте с гранями штыря, начиная от первого контакта оголенного провода с гранью штыря и заканчивая последним контактом оголенного провода с гранью штыря; см. таблицу11-1.

Для изделий Класса 3 требуется модифицированная навивка. Она включает дополнительный отрезок изолированного провода, навитый на три или более грани штыря.

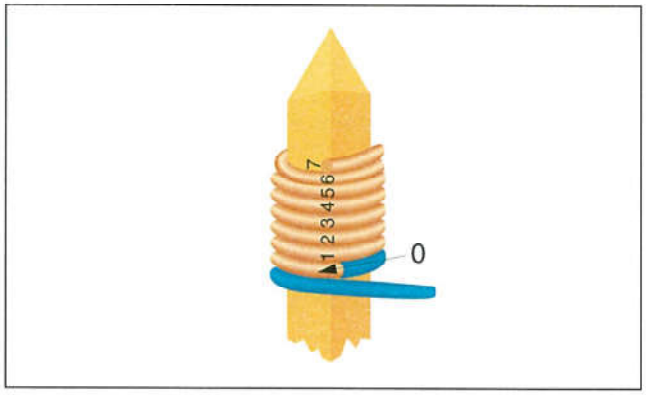


Рисунок 11-1

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Половина витка сверх минимального значения, указанного в таблице 11-1.

Приемлемо – Класс 1,2

- Считаемые витки отвечают требованиям таблицы 11-1.

Приемлемо – Класс 3

- Считаемые витки отвечают требованиям таблицы 11-1.
- Навивка отвечает требованиям к модифицированной навивке.

Таблица 11-1 Минимальное количество витков оголенного провода

Калибр провода	Витки
30	7
28	7
26	6
24	5
22	5
20	4
18	4

Примечание: Максимальное количество витков оголенного и изолированного провода определяется только конфигурацией приспособления и свободным местом на штыре.

Дефект – Класс 1,2,3

- Количество считаемых витков не отвечает требованиям таблицы 11-1.

Дефект – Класс 3

- Навивка не отвечает требованиям к модифицированной навивке.

11.1.2 Навивка без припоя – Межвитковый зазор

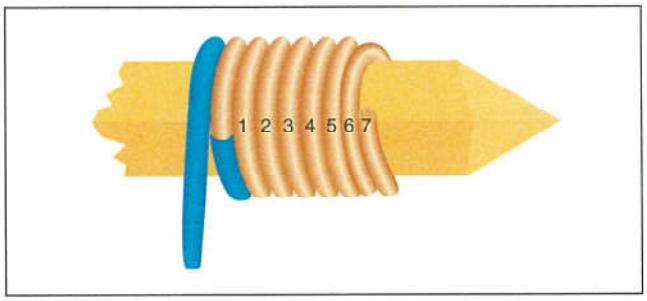


Рисунок 11-2

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие зазора между витками.

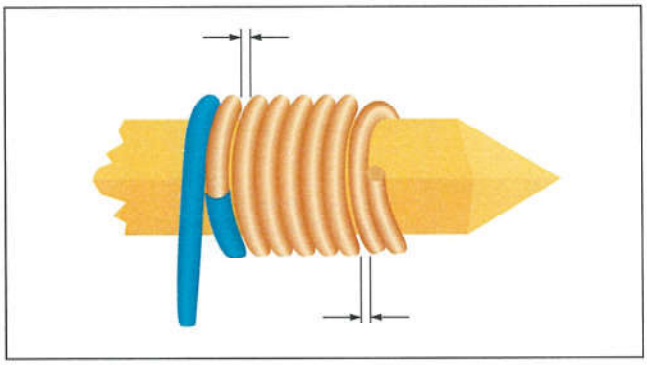


Рисунок 11-3

Приемлемо – Класс 1

- Имеющийся зазор не превышает одного диаметра провода.

Приемлемо – Класс 2

- Зазор между считаемыми витками не превышает 50% диаметра провода.
- Отсутствие зазора, превышающего один диаметр провода в другом месте.

Приемлемо – Класс 3

- Не более трех витков, разделенных зазором.
- Зазор между витками не превышает 50% диаметра провода.

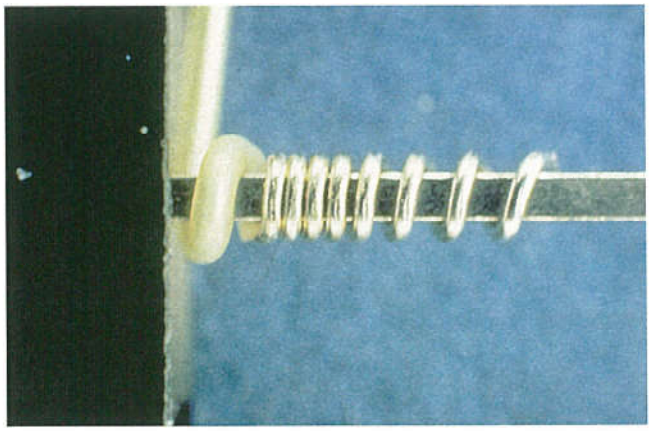


Рисунок 11-4

Дефект – Класс 1

- Зазор, превышающий один диаметр провода.

Дефект – Класс 2

- Зазор между считаемыми витками, превышающий 50% диаметра провода.

Дефект – Класс 3

- Любой зазор, превышающий 50% диаметра провода.
- Более трех зазоров любого размера.

11.1.3 Навивка без припоя – Хвостовики, навивка изоляции

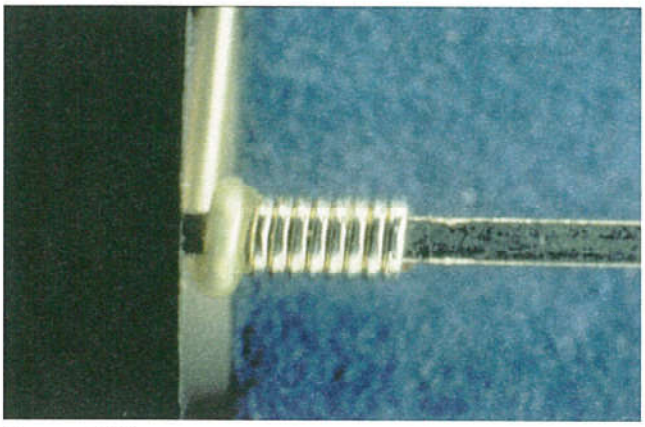


Рисунок 11-5

Желаемый результат – Класс 1,2

- Хвостовик не выступает за пределы внешней поверхности навивки.
- Изоляция касается штыря.

Желаемый результат – Класс 3

- Хвостовик не выступает за пределы внешней поверхности навивки провода при использовании модифицированной навивки, см. раздел 11.1.1.

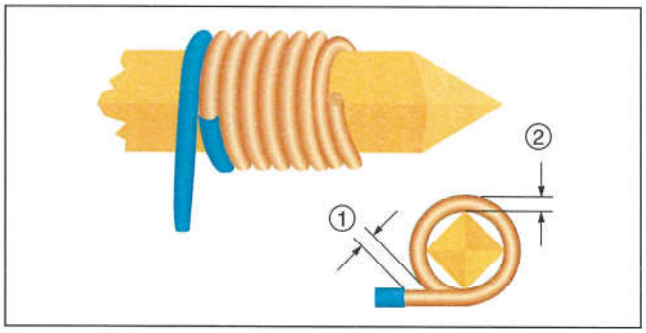


Рисунок 11-6

1. Зазор от изоляции
2. Диаметр провода (вид снизу)

Приемлемо – Класс 1

- Не нарушается величина минимального электрического зазора.
- Оголенный провод в области изоляции.

Приемлемо – Класс 2

- Зазор от конца изоляции отвечает требованиям электрического зазора относительно других цепей.
- Хвостовик не выступает более чем на 3 мм [0,1 дюйма] за пределы внешней поверхности навивки.

Приемлемо – Класс 3

- Хвостовик выступает не более чем на один диаметр провода за пределы внешней поверхности навивки.
- Изоляция должна соприкасаться как минимум с тремя гранями штыря.

11.1.3 Навивка без припоя – Хвостовики, навивка изоляции (продолжение)

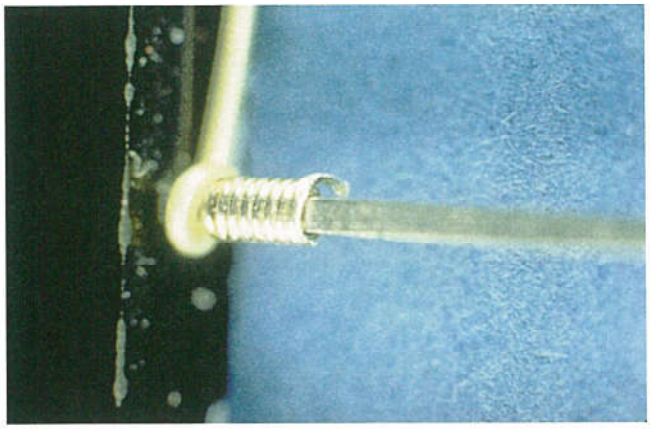


Рисунок 11-7

Приемлемо – Класс 1

Дефект – Класс 2,3

• Хвостовик длиннее 3 мм [0,1 дюйма].

Дефект – Класс 3

• Хвостовик длиннее одного диаметра провода.

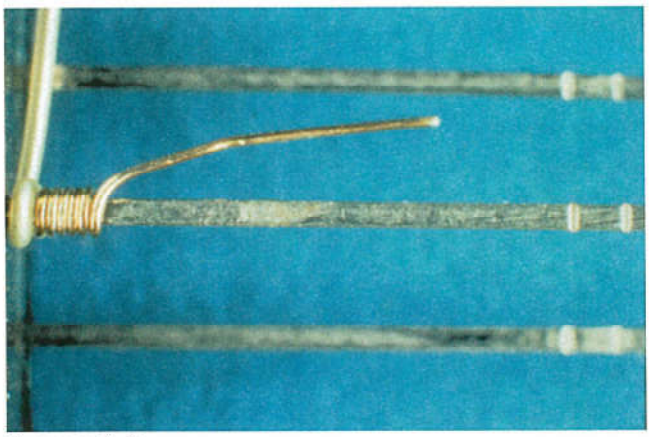


Рисунок 11-8

Дефект – Класс 1,2,3

• Хвостовик нарушает минимальный электрический зазор.

11.1.4 Навивка без припоя – Перекрытие выступающих витков

Выступающие витки выдавлены за пределы спирали и не находятся в плотном контакте с гранями штыря. Выступающие витки могут перекрывать другие витки или выступать за их пределы.

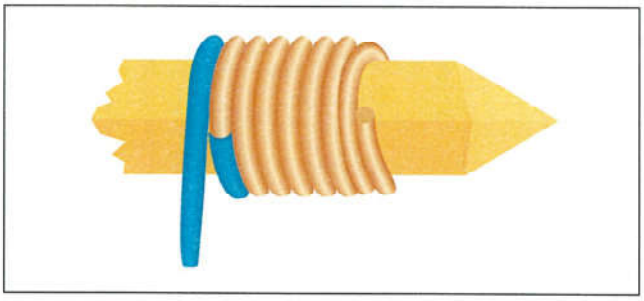


Рисунок 11-9

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие выступающих витков.

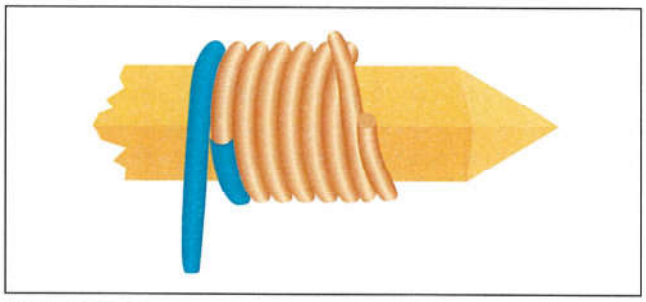


Рисунок 11-10

Приемлемо – Класс 1

- Наличие выступающих витков при условии, что оставшиеся витки находятся в контакте со штырем и отвечают минимальным требованиям к виткам.

Приемлемо – Класс 2

- Не более половины одного из считаемых витков выступает, любое их количество в другом месте

Приемлемо – Класс 3

- Отсутствие выступающих витков среди считаемых, любое их количество в другом месте.

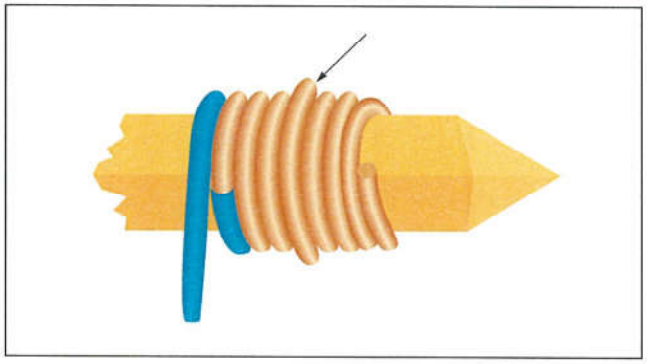


Рисунок 11-11

Дефект – Класс 1

- Оставшиеся витки, находящиеся в контакте со штырем, не отвечают минимальным требованиям к виткам.

Дефект – Класс 2

- Среди считаемых витков выступает более половины витка.

Дефект – Класс 3

- Наличие выступания витка среди считаемых витков.

11.1.5 Навивка без припоя – Расположение соединения

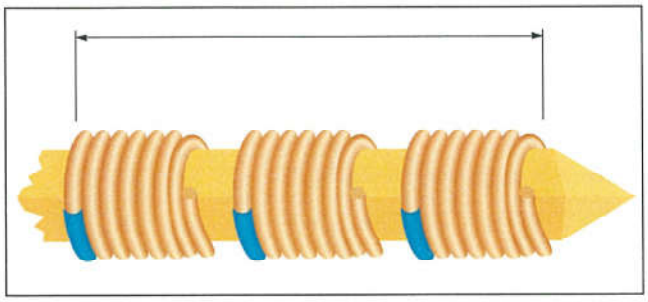


Рисунок 11-12

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Все витки каждого соединения находятся в пределах рабочей длины штыря.
- Видимый зазор между каждым соединением.

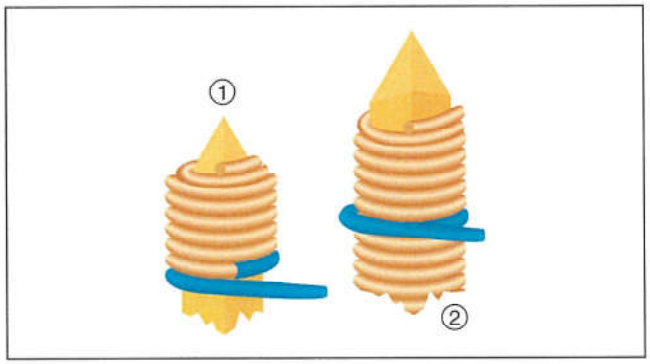


Рисунок 11-13

1. Навивка выступает за пределы рабочей длины штыря
2. Виток изоляции перекрывает предыдущую навивку

Приемлемо – Класс 1,2

- Избыточные витки оголенного провода или любые витки изолированного провода (как для модифицированной, так и для обычной навивки) выступают за пределы рабочей длины штыря.

Приемлемо – Класс 1

- Избыточные витки оголенного провода или любые витки изолированного провода перекрывают предыдущую навивку.

Приемлемо – Класс 2

- Предыдущая навивка перекрывается только изолированными витками провода.

Приемлемо – Класс 3

- Допускается наличие перекрытия последнего витка оголенного провода изолированным проводом.
- Отсутствие оголенного или изолированного провода за пределами рабочей длины штыря.

11.1.5 Навивка без припоя – Расположение соединения (продолжение)

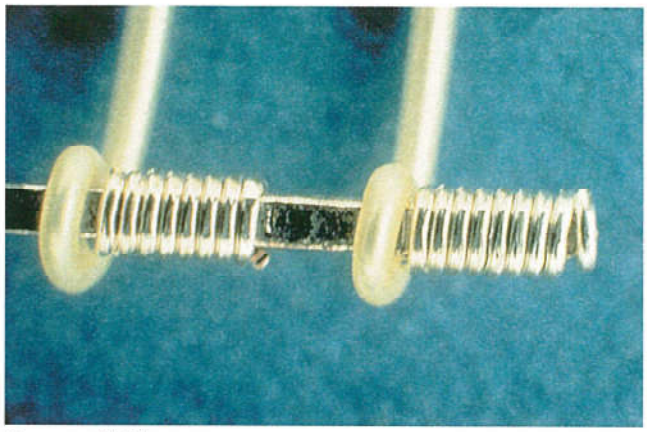


Рисунок 11-14

Дефект – Класс 1,2,3

- Недостаточное количество считаемых витков находится в контакте со штырем.
- Провод перекрывает витки провода предыдущей навивки.
- Нарушаются требования к межвитковому зазору.

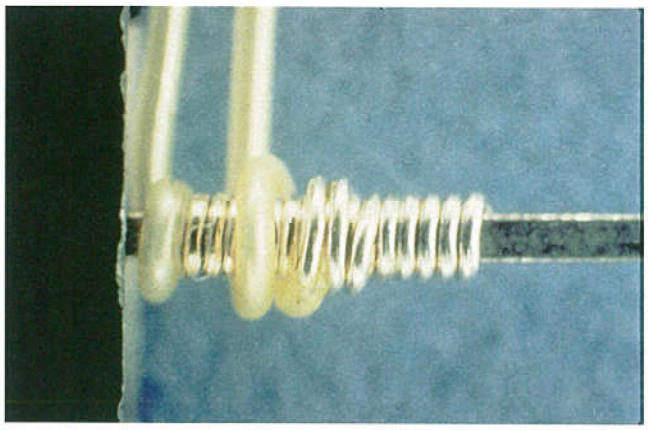


Рисунок 11-15

11.1.6 Навивка без припоя – Заправка провода

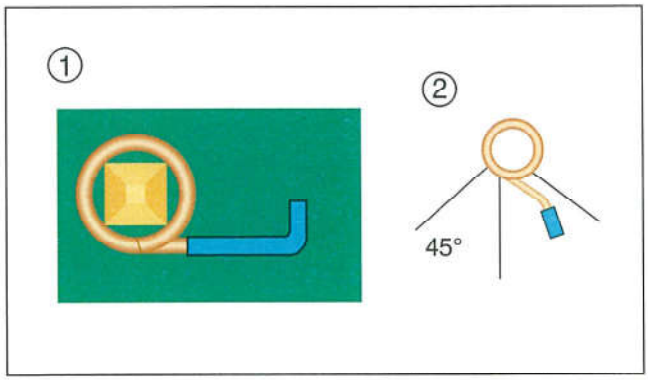


Рисунок 11-16

1. Направление витков
2. Правильный радиус

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Заправка провода должна быть выполнена в таком направлении, чтобы сила, действующая по оси провода, не привела к развертыванию соединения, либо к ослаблению сцепления провода с углами штыря. Данное требование удовлетворяется, если провод заправлен с пересечением линии 45°, как показано на рисунке.

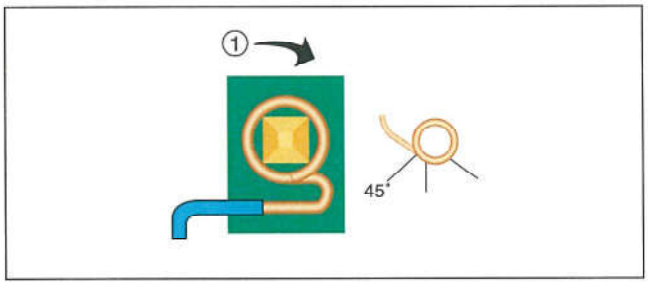


Рисунок 11-17

1. Направление витков

Дефект – Класс 1,2,3

- Силы, приложенные к проводу по оси, вызовут развертывание провода или потерю проводом сцепления с углами штыря.

11.1.7 Навивка без припоя – Слабина провода

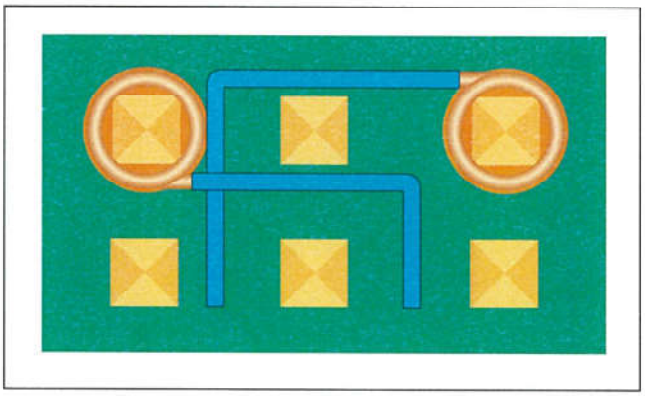


Рисунок 11-18

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Слабина провода должна быть достаточной для того, чтобы провод не зацеплялся за грани других штырей, а также не нагружал и не ложился на другие провода.

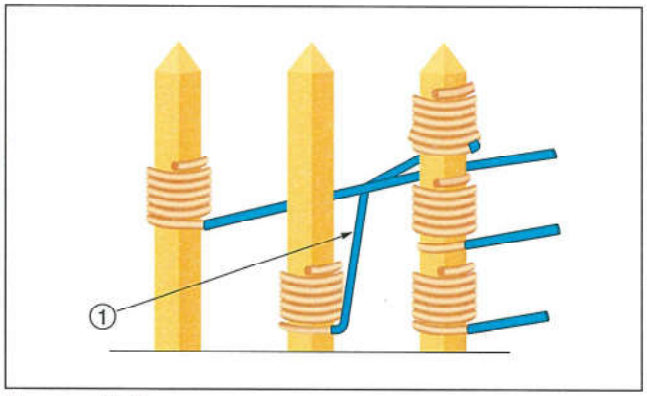


Рисунок 11-19

1. Перекрещивание проводов

Дефект – Класс 1,2,3

- Недостаточная слабина провода вызывает:
  - Трение между изоляцией провода и навитым штырем.
  - Натяжение проводов между штырями, приводящее к искривлению штырей.
  - Давление на пересекаемые провода, оказанное туго натянутым проводом.

11.1.8 Навивка без припоя – Покрытие провода

Покрытие

Для навивки без припоя обычно применяют провод с покрытием, улучшающим надежность соединения и предотвращающим коррозию.

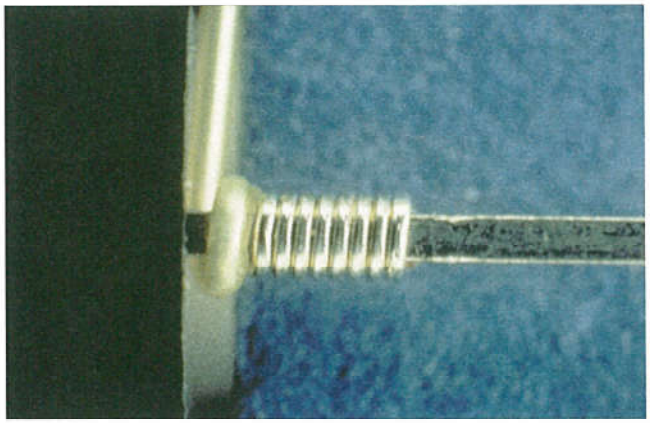


Рисунок 11-20

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Отсутствие оголенной меди на неизолированном проводе после навивки.

Приемлемо – Класс 1

- Оголенная медь.

Приемлемо – Класс 2

- Не более 50% считаемых витков с видимой оголенной медью.

Дефект – Класс 2

- Более 50% считаемых витков с видимой оголенной медью.

Дефект – Класс 3

- Любые признаки оголения меди (за исключением последней половины витка и конца провода).

11.1.9 Навивка без припоя – Поврежденная изоляция

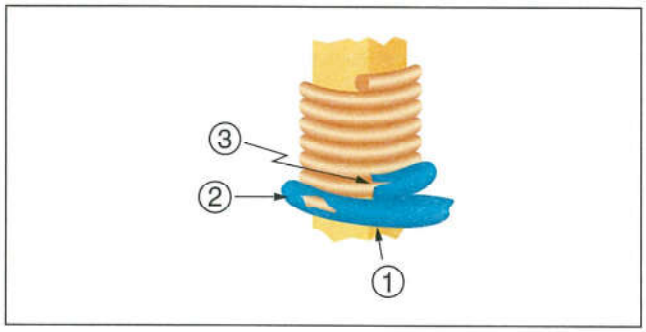


Рисунок 11-21

1. **Начальный угол штыря**
2. **Расщепление изоляции**
3. **Надрыв или потертость изоляции**

Приемлемо – Класс 1,2,3

- После начального контакта со штырем:
  - Повреждение изоляции.
  - Расщепления изоляции.
  - Надрыв или потертость изоляции.

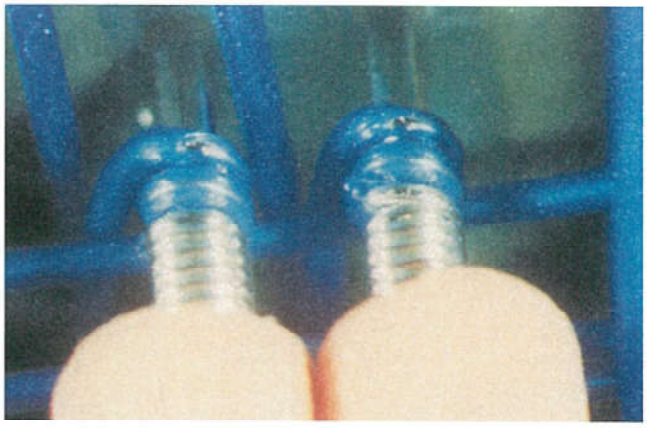


Рисунок 11-22

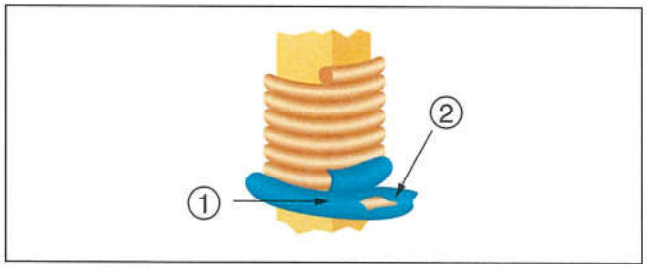


Рисунок 11-23

1. **Начальный угол штыря**
2. **Расщепление изоляции и т.п., до начального контакта со штырем. Провод оголен**

Дефект – Класс 1,2,3

- Нарушен минимальный электрический зазор.

Дефект – Класс 2,3

- Расщепления, надрывы или потертости изоляции до начального контакта провода с углом штыря.

11.1.10 Навивка без припоя – Поврежденные провода и штыри

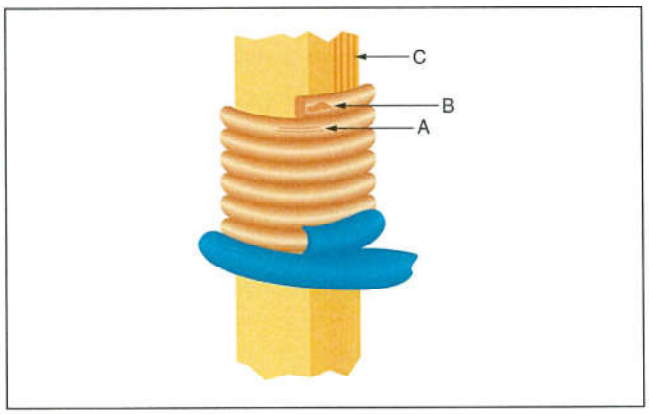


Рисунок 11-24

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Финишное покрытие провода не отшлифовано, не отполировано, отсутствуют зазубрины, царапины, вдавливания или другие повреждения.
- Штырь не отшлифован, не поцарапан и не поврежден иным способом.

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Финишное покрытие провода отшлифовано или отполировано (легкие следы инструмента) (A).
- Верхняя часть последнего витка повреждена приспособлением для навивки, но зазубрины, царапины, вдавливания и т.п. не превышают 25% диаметра провода (B).
- Повреждения штыря инструментом, например, штырь отшлифован, поцарапан и т.п. (C).

Приемлемо – Класс 1,2
Дефект – Класс 3

- Оголение базового металла штыря.

12 Высокое напряжение

Данный раздел содержит особые критерии для паяных соединений, подвергающихся воздействию высоких напряжений, см. пункт 1.6.5. Данные критерии применяются к проводам и выводам, присоединенным к контактам, свободным контактам и сквозным отверстиям. Требованием является отсутствие острых кромок или острых точек, способствующих возникновению дугового разряда.

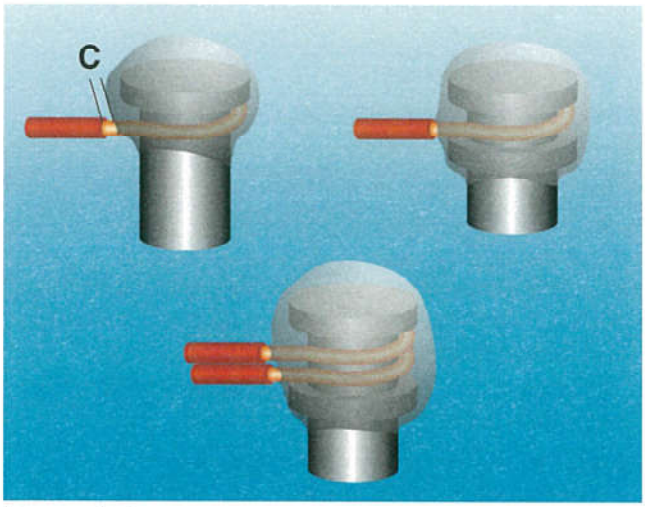


Рисунок 12-1

Желаемый результат – Класс 1,2,3

- Шаровидное паяное соединение имеет полностью круглый, неразрывный и гладкий контур.
- Отсутствие признаков острых кромок, точек припоя, сосулек припоя, включений (инородных материалов) или жил провода.
- Все острые кромки контакта полностью покрыты припоем неразрывно и ровно в форме шара.
- Высота шаровидного паяного соединения не превышает указанных требований по высоте.
- Зазор (C) минимальный, так что изоляция находится вплотную к паяному соединению без влияния на формирование требуемого шарообразного соединения.

12 Высокое напряжение (продолжение)

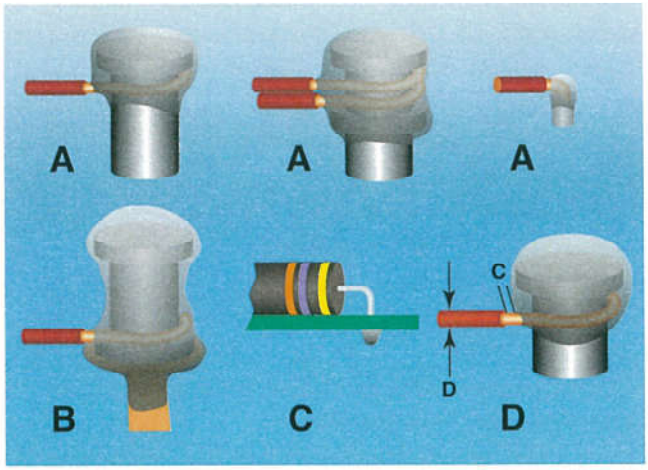


Рисунок 12-2

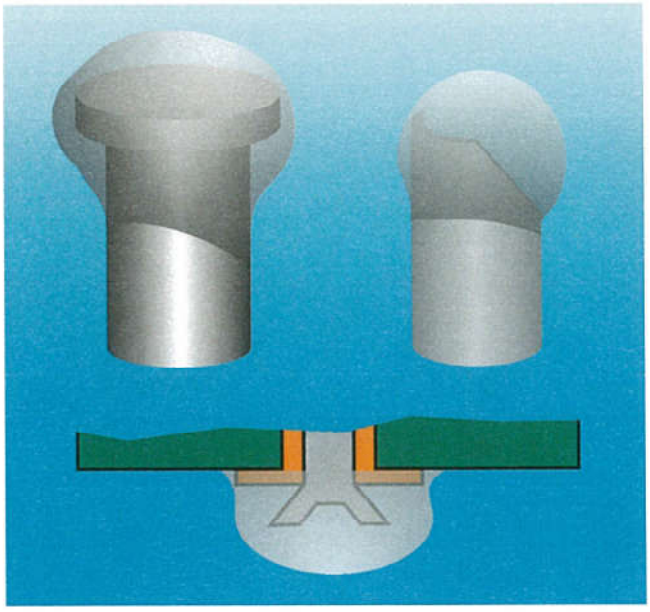


Рисунок 12-3

Приемлемо – Класс 1,2,3

- Паяное соединение имеет яйцевидный, сферический или овальный контур, который повторяет контур контакта и витка провода, Рисунок 12-1.
- Все острые кромки вывода компонента и контакта полностью покрыты припоем неразрывно и ровно в форме шара, Рисунок 12-2-A
- Признаки наслаивания либо линий оплавления, см. пункт 5.2.8.
- Отсутствие признаков острых кромок, точек припоя, сосулек припоя, включений (инородных материалов) или жил провода.
- Контур провода/вывода различим с гладким покрытием припоя на проводе/выводе и контакте. Контуры отдельных жил могут быть различимы, Рисунок 12-2-B.
- Прямые выводы облегчают формирование шаровидной пайки, Рисунок 12-2-C.
- Все острые кромки радиального расщепления контакта полностью покрыты неразрывным гладким слоем припоя, формирующим шарик припоя.
- Отсутствие признаков неровностей или повреждений на кромках крепежного изделия.
- Зазор от края изоляции до паяного соединения (C) не превышает одного полного диаметра провода (D), Рисунок 12-2-D.
- Отсутствие признаков повреждения изоляция (отсутствие зазубрин, обугливания, оплавленных кромок или выемок).
- Шаровидное паяное соединение не превышает установленных требований к высоте.

12 Высокое напряжение (продолжение)

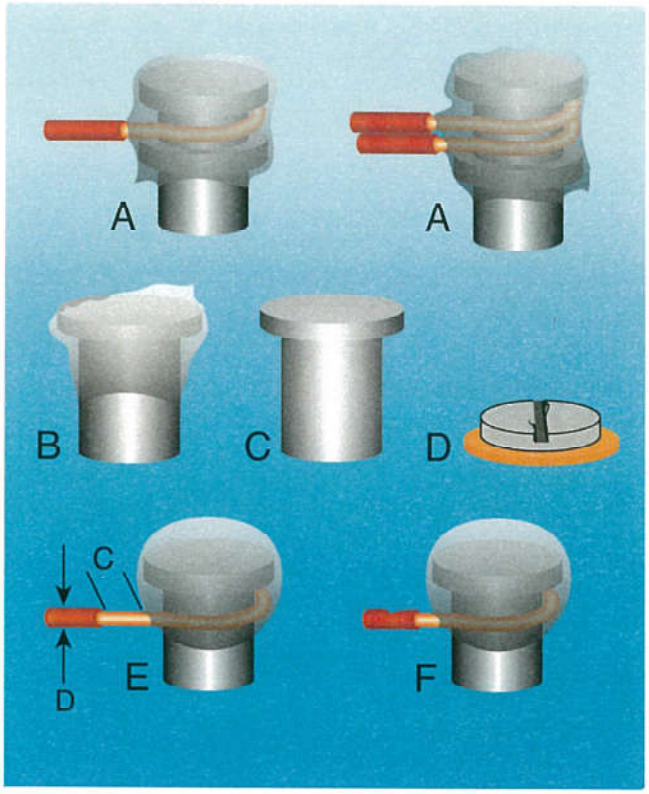


Рисунок 12-4

Дефект – Класс 1,2,3

- Различимы острые кромки, точки припоя, сосульки припоя, включения (инородные материалы), Рисунок 12-4-A.
- Признаки негладких и некруглых кромок при наличии зазубрин и трещин.
- Контур припоя повторяет контур контакта и витка провода, но видны признаки острой кромки выступа контакта, Рисунок 12-4-B.
- Признаки не полностью покрытых припоем жил провода либо контуры жил различимы в паяном соединении.
- Припой отсутствует на шляпке контакта, Рисунок 12-4-C.
- Изделие повреждено, либо имеются неровности на его кромках, Рисунок 12-4-D.
- Зазор от края изоляции до паяного соединения (C) равен одному полному диаметру провода (D) или более, Рисунок 12-4-E.
- Признаки повреждений изоляции (зазубрины, обугливания, оплавления кромок или выемки), Рисунок 12-4 (F)
- Шаровидное паяное соединение не отвечает требованиям к высоте или контуру (форме) шаровидных соединений.

Страница преднамеренно оставлена пустой.

Приложение А

Минимальный электрический зазор – Расстояние между электрическими проводниками

ПРИМЕЧАНИЕ: Приложение А позаимствовано из стандарта IPC-2221 «Общие требования к конструированию печатных плат» и представлено здесь исключительно для информационных целей. Данное приложение действует на момент публикации настоящего документа. Обязанность по определению действующей редакции стандарта IPC-2221 и указанию конкретных приложений изделия возлагается на потребителя. Номера пунктов и таблиц соответствуют стандарту IPC-2221.

Следующее утверждение из стандарта IPC-2221 относится ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО к настоящему приложению: **1.4 Толкование** – слово «**Должен**» применяется в настоящем стандарте в тех случаях, когда требуемое условие является обязательным.

***IPC-2221* – 6.3 Электрический зазор** Расстояние между проводниками на отдельных слоях следует выполнять настолько большим, насколько это возможно. Минимальный зазор между проводниками, между элементами печатных рисунков и между проводящими материалами (такими, как проводящая маркировка и установочные изделия) и проводниками **должны** соответствовать таблице 6-1 и быть указаны на эталонном чертеже.

Необходимо, чтобы расстояния между проводниками на разных слоях (по оси Z) также соответствовали таблице 6-1. Требования к минимальному расстоянию по оси Z могут быть снижены с определенными ограничениями.

Примечание: Разработчику следует знать, что шероховатый профиль медной фольги определяет минимальное диэлектрическое расстояние между противоположными точками меди во внутреннем тонком слое диэлектрика платы. Смотрите также IPC-4101 для получения информации по допускам исходя из класса и толщины внутреннего диэлектрика; IPC-4562 для получения информации по шероховатости поверхности медной фольги и IPC-6012 – для изучения метода определения минимальной толщины диэлектрика. Разработчикам не следует использовать минимальные диэлектрические зазоры для определения общей толщины печатной платы.

Дополнительная информация по технологическим допускам, влияющим на электрический зазор, приведена в разделе 10.

Если на одной и той же плате присутствуют различные напряжения, и они требуют отдельного электрического тестирования, на эталонном чертеже или в соответствующем документе по тестированию должны быть указаны конкретные области. Если применяется высокое напряжение, в особенности переменное и импульсное напряжение выше 200 В, при рассмотрении рекомендуемого зазора **должны** быть учтены диэлектрическая постоянная и эффект емкостного делителя материала.

При напряжениях свыше 500В к значениям минимального зазора, соответствующим 500В, **должны** быть добавлены значения из таблицы на каждый вольт (мм/В). Например, электрический зазор для платы типа В1 с напряжением 600В рассчитывается как:

600В – 500В = 100В
0,25 мм [0,00984 дюйма] + (100В x 0,0025 мм/В) =
= 0,50 мм [0,0197 дюйма] зазор

Если в силу критичности конструкции рассматривается возможность применения других зазоров между проводниками, зазоры на отдельных слоях (в одной плоскости) **должны** быть, по возможности, больше минимальных зазоров, определенных в таблице 6-1. Топологию платы следует планировать таким образом, чтобы обеспечивался максимальный зазор между связанными с высоким импедансом или высоким напряжением проводящими областями на внешних слоях. Это позволяет минимизировать электрическую утечку, вызываемую конденсацией влаги и повышенной влажностью. Разработчик в обеспечении высокого поверхностного сопротивления между проводниками не должен полностью полагаться на покрытие.

***IPC-2221* – 6.3.1 B1–Внутренние проводники** Требования к электрическому зазору между внутренними проводниками, между проводником и сквозным металлизированным отверстием для любой высоты местности (см. таблицу 6-1).

***IPC-2221* – 6.3.2 B2–Внешние проводники, непокрытые, высота от уровня моря до 3 050 м [10 007 футов]** Требования к электрическому зазору для непокрытых внешних проводников существенно жестче, чем для проводников, защищаемых от внешних загрязнений с помощью конформного покрытия. Если собранное конечное изделие не планируется покрывать конформным покрытием, при применении изделия на высоте от уровня моря до 3 050 м [10 007 футов] к зазору между проводниками на несобранной плате должны предъявляться требования, установленные для данной категории (см. таблицу 6-1).

***IPC-2221* – 6.3.3 B3–Внешние проводники, непокрытые, высота более 3 050 м [10 007 футов]** Внешние проводники на непокрытых печатных платах, применяемых на высоте более 3 050 м [10 007 футов] требуют еще больших величин электрического зазора, чем относящиеся к категории В2 (см. таблицу 6-1).

Минимальный электрический зазор – Расстояние между электрическими проводниками

***IPC-2221* – 6.3.4 B4–Внешние проводники, с постоянным полимерным покрытием (любая высота)** Если на конечную сборку на плате не будет наноситься конформное покрытие, применение постоянного полимерного покрытия на проводниках платы позволяет уменьшить зазор между проводниками по сравнению с непокрытыми платами, относящимися к категориям B2 и B3. На сборке между контактными площадками и выводами без конформного покрытия требуется обеспечивать электрические зазоры, указанные в категории A6 (см. таблицу 6-1). Данная конфигурация не применима для изделий, требующих защиты от жестких, влажных и загрязненных сред.

Типичными областями применения являются: компьютеры, офисное оборудование и аппаратура связи, при этом печатные платы работают в контролируемой окружающей среде и имеют постоянное полимерное покрытие с обеих сторон. После сборки и пайки конформное покрытие на платы не наносится, и паяные соединения и покрытые припоем площадки остаются открытыми.

Примечание: Чтобы обеспечить выполнение требований к электрическому зазору между покрытыми проводниками для данной категории, все проводники, кроме площадок для пайки, **должны** быть покрыты полностью.

***IPC-2221* – 6.3.5 A5–Внешние проводники, с конформным покрытием поверх сборки (любая высота)** Внешние проводники, на которые в изделии в его окончательном виде будет нанесено конформное покрытие, для любой высоты местности потребуют выполнения электрического зазора, установленного для данной категории.

Типичными областями применения являются изделия военного назначения, в которых на всю конечную сборку наносится конформное покрытие. Постоянные полимерные покрытия обычно не используются за исключением возможного применения в качестве паяльной маски. Однако, если полимерное и конформное покрытия используются совместно, необходимо принять во внимание их совместимость.

IPC-2221 – **6.3.6 A6–Внешние выводы / контакты компонентов, непокрытые, высота от уровня моря до 3 050 м [10 007 футов]** Между внешними выводами и контактами компонентов без конформного покрытия требуется обеспечивать электрический зазор, установленный для данной категории.

Типичными областями применения являются те же области, что и для категории B4. Сочетание B4/A6 является наиболее распространенным в коммерческих изделиях, работающих в нежестких условиях, поскольку оно позволяет достичь высокой плотности проводников, защищенных постоянным полимерным покрытием (в т. ч. паяльной маской), а также в изделиях, в которых не требуется обеспечение доступа к компонентам для восстановления и ремонта.

***IPC-2221* – 6.3.7 A7–Внешние выводы / контакты компонентов, с конформным покрытием (любая высота)** Как и для открытых проводников на платах в сравнении с покрытыми проводниками, электрические зазоры, применяемые для покрытых выводов и контактов компонентов, меньше, чем для непокрытых.

Таблица 6-1 Электрический зазор между проводниками

Напряжение между проводниками (постоянное или переменное в импульсе)	Минимальный зазор						
	Печатная плата				Сборка		
	B1[1]	B2	B3	B4	A5	A6	A7
0-15	0,05 мм [0,002”]	0,1 мм [0,004”]	0,1 мм [0,004”]	0,05 мм [0,002”]	0,13 мм [0,00512”]	0,13 мм [0,00512”]	0,13 мм [0,00512”]
16-30	0,05 мм [0,002”]	0,1 мм [0,004”]	0,1 мм [0,004”]	0,05 мм [0,002”]	0,13 мм [0,00512”]	0,25 мм [0,00984”]	0,13 мм [0,00512”]
31-50	0,1 мм [0,004”]	0,64 мм [0,025”]	0,64 мм [0,025”]	0,13 мм [0,00512”]	0,13 мм [0,00512”]	0,4 мм [0,016”]	0,13 мм [0,00512”]
51-100	0,1 мм [0,004”]	0,64 мм [0,025”]	1,5 мм [0,0591”]	0,13 мм [0,00512”]	0,13 мм [0,00512”]	0,5 мм [0,020”]	0,13 мм [0,00512”]
101-150	0,2 мм [0,0079”]	0,64 мм [0,025”]	3,2 мм [0,126”]	0,4 мм [0,016”]	0,4 мм [0,016”]	0,8 мм [0,031”]	0,4 мм [0,016”]
151-170	0,2 мм [0,0079”]	1,25 мм [0,0492”]	3,2 мм [0,126”]	0,4 мм [0,016”]	0,4 мм [0,016”]	0,8 мм [0,031”]	0,4 мм [0,016”]
171-250	0,2 мм [0,0079”]	1,25 мм [0,0492”]	6,4 мм [0,252”]	0,4 мм [0,016”]	0,4 мм [0,016”]	0,8 мм [0,031”]	0,4 мм [0,016”]
251-300	0,2 мм [0,0079”]	1,25 мм [0,0492”]	12,5 мм [0,4921”]	0,4 мм [0,016”]	0,4 мм [0,016”]	0,8 мм [0,031”]	0,8 мм [0,031”]
301-500	0,25 мм [0,00984”]	2,5 мм [0,0984”]	12,5 мм [0,4921”]	0,8 мм [0,031”]	0,8 мм [0,031”]	1,5 мм [0,0591”]	0,8 мм [0,031”]
≥500 Расчет см. в п. 6.3	0,0025 мм / В	0,005 мм / В	0,025 мм / В	0,00305 мм / В	0,00305 мм / В	0,00305 мм / В	0,00305 мм / В

Примечание 1. Значения приведены для печатных плат из стекловолокна с покрытием на основе эпоксидной смолы, для других материалов значения могут отличаться.

Страница преднамеренно оставлена пустой.

Страница преднамеренно оставлена пустой.

Страница преднамеренно оставлена пустой.

Standard Improvement Form

IPC-A-610F

The purpose of this form is to provide the Technical Committee of IPC with input from the industry regarding usage of the subject standard.

Individuals or companies are invited to submit comments to IPC. All comments will be collected and dispersed to the appropriate committee(s).

If you can provide input, please complete this form and return to:

IPC
3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015-1249
Fax: 847 615.7105
E-mail: answers@ipc.org
www.ipc.org/standards-comment

1. I recommend changes to the following:

___ Requirement, paragraph number _____

___ Test Method number _____, paragraph number _____

The referenced paragraph number has proven to be:

___ Unclear ___ Too Rigid ___ In Error

___ Other _____

2. Recommendations for correction:

_____

_____

_____

_____

3. Other suggestions for document improvement:

_____

_____

_____

_____

Submitted by:

Name _____ Telephone _____

Company _____ E-mail _____

Address _____

City/State/Zip _____ Date _____

Put IPC MEMBERSHIP to WORK for your COMPANY

Choose the Best Membership Option for Your Company

With a growing portfolio of member benefits and products and services, IPC provides membership options that deliver savings on key products and services. Whether you prefer IPC's Classic Membership, or need the added focus of technology or business-related products and services, IPC has a membership option for you.

Classic Membership

IPC's Classic Membership provides core benefits to all employees at the company site or facility:

- 24/7 online access to members-only resources
- One single-user download of each new/revised IPC standard within 90 days of publication
- 50% discount on IPC standards
- Significant discounts on IPC publications and training materials
- Significant discount on exhibiting at IPC events, including IPC APEX EXPO
- Reduced registration rates on IPC conferences and other educational events
- Access to participate in IPC market research studies (free reports to participating companies)

Business Package

Offering all of the benefits of IPC's Classic Membership, the Business Package Membership provides additional benefits valued at more than $2,300:

- One All Access Package registration to IPC APEX EXPO®
- One registration to IPC's annual Capitol Hill event
- One registration to an IPC management/business conference
- One copy of a Fast Facts market research study

Technology Package

Offering all of the benefits of IPC's Classic Membership, the Technology Package Membership provides additional benefits valued at more than $2,300:

- One All Access Package registration to IPC APEX EXPO®
- Choice of one registration to IPC TechSummit or two registrations to other IPC conferences
- One copy of *IPC International Technology Roadmap for Electronic Interconnections*
- Two registrations to IPC technology webinars

Business & Technology Package

Get the most value from your IPC membership with the Business & Technology Package that builds on IPC's Classic Membership, plus:

- Two All Access Package registrations to IPC APEX EXPO
- Choice of one registration to IPC TechSummit or two registrations to other IPC conferences
- One registration to IPC's annual Capitol Hill event
- One copy of IPC International Technology Roadmap for Electronic Interconnections
- One registration to an IPC management/business conference
- Two registrations to IPC technology webinars
- One copy of a Fast Facts market research study

Enterprise Package

For companies that recognize the importance of giving multiple company locations access to IPC membership benefits, the Enterprise Package provides Classic Membership to all employees at select locations, plus:

- Additional membership discounts beyond Classic Membership
- Unlimited complimentary admission to quarterly webinars
- 50% registration discount to all official IPC events in North America and Europe

Put the resources of the entire industry behind your company by joining IPC today! Learn more at www.ipc.org/membership.

Why upgrade now?

When you upgrade your membership, you receive complimentary access to key IPC events and relevant technology or market information that can help you advance your business goals and enhance competitiveness — all at a savings of more than $1,000 compared to à la carte pricing. Plus, because events are bundled into your membership, you can enjoy the convenience of going through the budgetary approval process only one time instead of several times a year.

Even if your membership anniversary is months away, you can take advantage of the added value of IPC's new membership packages today! Your current membership will be prorated and applied to your new membership package.

Use this helpful chart to compare the features of IPC's membership bundles; then select the best one for your company.

Features	Classic Membership	Technology Package	Business Package	Business & Technology Package
24/7 online access to members-only resources	x	x	x	x
One single-user download of each new or revised IPC standard within 90 days of publication (with approximately 50 standards documents developed annually, that represents an average savings of more than $2,400 each year)	x	x	x	x
50% discount on IPC standards	x	x	x	x
Significant discounts on IPC publications and training materials	x	x	x	x
Significant discount on exhibiting at IPC events, including IPC APEX EXPO	x	x	x	x
Reduced registration rates on IPC conferences and other educational events	x	x	x	x
Access to participate in IPC market research studies (along with complimentary report for each study in which company participates)	x	x	x	x
One All Access Package registration to IPC APEX EXPO		x	x	Includes two registrations
Your choice of one registration to IPC TechSummit or two registrations to other IPC technical conferences		x		x
One registration to IPC's annual Capitol Hill event			x	x
One copy of *IPC International Technology Roadmap for Electronic Interconnections*		x		x
One registration to an IPC management/business conference			x	x
Two registrations to IPC technology webinars		x		x
One copy of a Fast Facts market research study			x	x

Enterprise Package — For companies that recognize the importance of giving multiple company sites access to IPC membership benefits, the **Enterprise Package** provides Classic Membership to employees at select locations, plus additional discounts, unlimited complimentary admission to quarterly webinars and 50% registration discount to all official IPC events in North America and Europe

For more information about IPC's membership options and packages, visit www.ipc.org/membership or contact the Member Success team at membership@ipc.org.

"Juki gets tremendous value from our IPC membership ... we get quarterly market data which would cost us thousands of dollars if we commissioned it on our own. The industry standards generated by IPC committees allow us to design our equipment with certainty that it will meet industry requirements. The returns for our company are so great, they are beyond calculable."

Bob Black
President and CEO
Juki Automation Systems Inc.

IPC — Association Connecting Electronics Industries® Headquarters
3000 Lakeside Drive, Suite 105 N, Bannockburn, IL 60015
www.ipc.org
+1 847-615-7100 **tel**
+1 847-615-7105 **fax**

Visit www.IPC.org/offices for the locations of IPC offices worldwide.

Association Connecting Electronics Industries

IPC

Application for Site Membership

www.ipc.org/membership

Thank you for your decision to join IPC. Membership is **site specific**, which means that IPC member benefits are available to all individuals employed at the site designated on this application.

Company Name

Street Address

City | State | Zip/Postal Code | Country

Main Phone No. | Main Fax

Company E-mail address | Website URL

Number of Employees at this Site | Number of Employees Corporate-Wide

Name of Primary Contact

Title | Mail Stop

Phone | Fax | E-mail

To best serve your specific needs, please indicate the most appropriate member category for your facility. *(Check one box only.)*

☐ **Printed Board Manufacturer**

Facility manufactures and sells printed boards or other electronic interconnection products to other companies.

What products do you make for sale? (check all that apply)

☐ One and two-sided rigid, multilayer printed boards ☐ Flexible printed boards ☐ Other interconnections

☐ Printed electronics

☐ **Electronics Manufacturing Services (EMS) Company**

Facility manufactures printed board assemblies, on a contract basis, and may offer other electronic interconnection products for sale.

☐ **OEM — Original Equipment Manufacturer**

Facility purchases, uses and/or manufactures printed boards or other interconnection products for use in a final product, which we manufacture and sell.

What is your company's primary product line? _____

☐ **Industry Supplier**

Facility supplies raw materials, equipment or services used in the manufacture or assembly of electronic products.

Which industry segment(s) do you supply? ☐ PCB ☐ EMS ☐ Both ☐ Printed electronics

What products do you supply? _____

☐ **Government, Academia, Nonprofit**

Organization is a government agency, university, college or technical or nonprofit institution which is directly concerned with design, research and utilization of electronic interconnection devices.

☐ **Consulting Firm**

What services does the firm provide? _____

Association Connecting Electronics Industries

Application for Site Membership

Membership Packages and Dues

Membership will begin the day the application and dues payment are received, and will continue for one or two years (savings of 10%) based on the choice indicated below. All fees are quoted in U.S. dollars.

Please check one:

	Classic Membership		Business Package Membership		Technology Package Membership		Business & Technology Package Membership		Enterprise Package
	One year	Two years	One year	Two years	One year	Two years	One year	Two years	
Primary Facility/site: The first site of an organization to join IPC membership	☐ $1,100	☐ $1,980	☐ $2,400	☐ $4,320	☐ $2,400	☐ $4,320	☐ $3,800	☐ $6,840	Please call for a quote
Additional Facility/site: Membership for a facility of an organization that has a different location than its Primary Facility membership	☐ $900	☐ $1,620	☐ $2,200	☐ $3,960	☐ $2,200	☐ $3,960	☐ $3,600	☐ $6,480	
Company with annual revenue of less than $5 million	☐ $650	☐ $1,170	☐ $1,950	☐ $3,510	☐ $1,950	☐ $3,510	☐ $3,350	☐ $6,030	
Government agency, academic institution or nonprofit organization	☐ $300	☐ $540							
Consulting firm (employing fewer than six individuals)	☐ $650	☐ $1,170							

Explanation of Packages

Classic Membership — *IPC's classic membership provides core benefits to all employees at a company site/facility:*

- 24/7 online access to members-only resources
- One single-user download of each new or revised IPC standard within 90 days of publication
- 50% discount on IPC standards
- Significant discounts on IPC publications and training materials
- Significant discount on exhibiting at IPC events, including the industry's flagship event IPC APEX EXPO
- Reduced registration rates on IPC conferences and other educational events
- Access to participate in IPC market research studies (along with a complimentary report for each study in which company participates)

Business Package — *The benefits of IPC's Classic Membership, plus* ***additional benefits*** *valued at more than $2,300:*

- One All Access Package registration to IPC APEX EXPO®
- One registration to IPC's annual Capitol Hill event
- One registration to an IPC management/business conference
- One copy of a Fast Facts market research study

Technology Package — *The benefits of IPC's Classic Membership, plus* ***additional benefits*** *valued at more than $2,300:*

- One All Access Package registration to IPC APEX EXPO®
- Your choice of one registration to IPC TechSummit or two registrations to other IPC technical conferences
- One copy of *IPC International Technology Roadmap for Electronic Interconnections*
- Two registrations to IPC technology webinars

Business & Technology Package — *Get the most value from your IPC membership with the Business & Technology Package that builds on IPC's Classic Membership, plus all the benefits of the Business and Technology Memberships combined.*

Enterprise Package — *For companies that recognize the importance of giving multiple company locations access to IPC membership benefits, the Enterprise Package provides Classic Membership to employees at select locations.*

Payment Information (Purchase orders not accepted as a form of payment)

Enclosed is a check for $_____ Bill credit card: (check one)

❑ MasterCard ❑ American Express ❑ Visa ❑ Diners Club

Card No. Expiration Date Security Code

Authorized Signature

Mail application with check or money order to:
IPC
3491 Eagle Way
Chicago, IL 60678-1349
www.ipc.org

***Fax/Mail application with credit card payment to:**
IPC
3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015
Tel: +1 847-615-7100
Fax: +1 847-615-7105

**Overnight deliveries to this address only.*

Contact membership@ipc.org for wire transfer details.

Please attach business card of primary contact here

07/14

Association Connecting Electronics Industries

Photo courtesy of Electronics Yorkshire

GET AHEAD ...

with IPC Training & Certification Programs

Smart decisions and top-notch quality are critical to success — particularly in the highly competitive, ever-changing electronic interconnection industry. Training alone may help with your quality initiatives, but when key employees actually have an industry-recognized certification on industry standards, you can leverage that additional credibility as you pursue new customers and contracts.

Through its international network of licensed and audited training centers, IPC — Association Connecting Electronics Industries® offers globally recognized, industry-traceable training and certification programs on key industry standards. Developed by users, academics and professional trainers, IPC programs reflect a standardized industry consensus. In addition, the programs are current: Periodic recertification is required, and course materials are updated for each document revision with support from the same industry experts who contributed to the standard.

Why Pursue Certification?

Investing in IPC training and certification programs can help you:

- Demonstrate to current and potential customers that your company considers rigorous quality control practices very important.
- Meet the requirements of OEMs and electronics manufacturing companies that expect their suppliers to have these important credentials.
- Gain valuable industry recognition for your company and yourself.
- Facilitate quality assurance initiatives that have become important in international trading.

Choose From Two Levels of Certification

Two types of certification are available, each of which is a portable credential granted to the individual in the same manner as a degree from a college or trade school.

Certified IPC Trainer (CIT) — Available exclusively through IPC authorized training centers, CIT certification is recommended for individuals in companies, independent consultants and faculty members of education and training institutions. Upon successful completion of this train-the-trainer program, candidates are eligible to deliver CIS training. They also receive materials for conducting application-level (CIS) training.

Certified IPC Application Specialist (CIS) — CIS training and certification is recommended for any individual who uses a standard, including operators, inspectors, buyers and management.

Earn Credentials on Five Key IPC Standards

Programs focused on understanding and applying criteria, reinforcing discrimination skills and supporting visual acceptance criteria in key standards include:

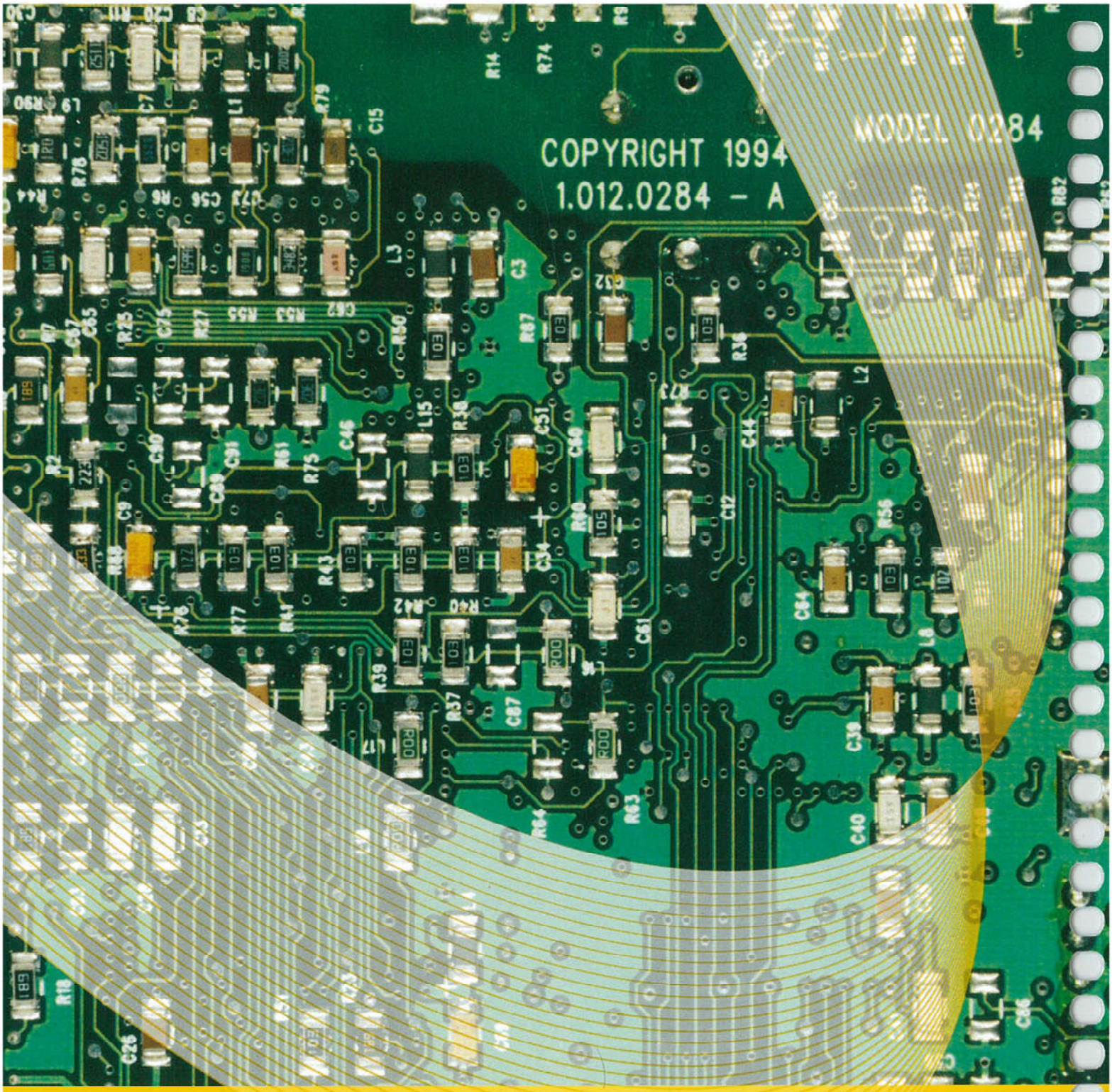
- IPC-A-610, *Acceptability of Electronic Assemblies*
- IPC-A-600, *Acceptability of Printed Boards*
- IPC/WHMA-A-620, Requirements and Acceptance for Cable and Wire Harness Assemblies

Programs covering standards knowledge plus development of hands-on skills include:

- J-STD-001, *Requirements for Soldered Electrical and Electronic Assemblies*
- IPC-7711/IPC-7721, *Rework of Electronic Assemblies/Repair and Modification of Printed Boards and Electronic Assemblies*

Get Started by Contacting Us Today

More than 250,000 individuals at thousands of companies worldwide have earned IPC certification. Now it's your turn! For more information, including detailed course information, schedules and course fees, please visit **www.ipc.org/certification** to find the closest authorized training center.



Association Connecting Electronics Industries

IPC®

3000 Lakeside Drive, Suite 105 N
Bannockburn, IL 60015 USA
+1 847-615-7100 **tel**
+1 847-615-7105 **fax**
www.**ipc**.org

ISBN #978-1-61193-183-9