

Info



GRUNDLAGEN DER WIDERSTANDSCHWEISSTECHNIK

Steigende Ansprüche an Widerstandschweißanlagen und Zubehör erfordern ein hohes Maß an Erfahrung und Leistungsfähigkeit in Konstruktion, Fertigung und Metallurgie.

SILA SCHWEISSMASCHINEN, seit 50 Jahren in der Schweißtechnik tätig, ist Ihr Partner.

In diesem Katalog wollen wir Ihnen einige Grundbegriffe, sowie unsere Erfahrung auf dem Gebiet der Widerstandschweißtechnik in leicht verständlicher Weise weitergeben.

Geschichte

Schweißen von Materialien ist eine uralte Technik. Archäologische Funde zeigen, dass bereits im 4. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung feuergeschweißt und -gelötet wurde. Widerstandschweißen wurde jedoch erst mit der Erzeugung von elektrischem Strom möglich.

Das Widerstandschweißen wurde 1857 von James Prescott Joule als mögliches Verfahren zum Verbinden von Metall aufgezeigt. Die entscheidenden Versuche zur Erfindung des Widerstandsschweißens unternahm Elihu Thomson um 1877. 1887/88 entwickelte Nicolai Benardos

ein Verfahren zum Widerstandschweißen mit Kohleelektroden. Das

Widerstandspunktschweißen mit Kupferelektroden entwickelte Kleinsmith im Jahre 1897, damit begann der industrielle Durchbruch des Widerstandschweißens.

I DEFINITION

Das Verfahren des Widerstandschweißen ist dadurch gekennzeichnet, dass zwei Werkstücke unter Einwirkung von Druck und Wärme zusammengefügt werden, wobei die Schweißwärme durch direkten Stromfluss durch beide Werkstücke und die Schweißstelle (Kontaktstelle) erzeugt wird.

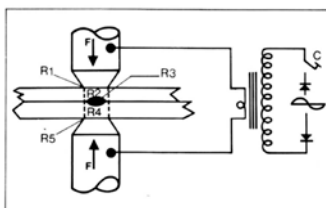
Voraussetzung

Der zu verschweißende Werkstoff muss elektrisch leitend und in knetbarem Zustand schweißbar sein.

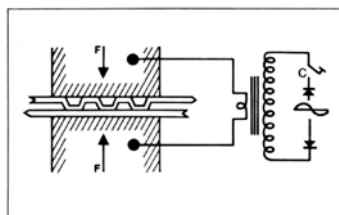
Wie der Name „WIDERSTANDSCHWEISSEN“ sagt, erfolgt ein Stromfluss in einer bestimmten Größe, welcher abhängig ist vom elektrischen Widerstand des zu verschweißenden Materials.

MAN UNTERSCHIEDET FOLGENDE VERFAHREN DER WIDERSTANDSCHWEISSUNG:

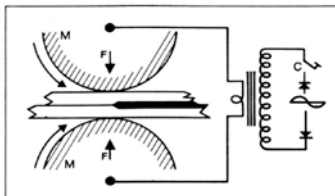
Punktschweißung



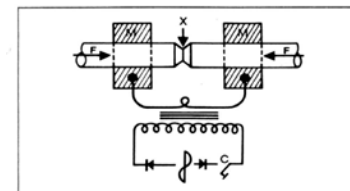
Buckelschweißen



Nahtschweißen



Stumpfschweißen



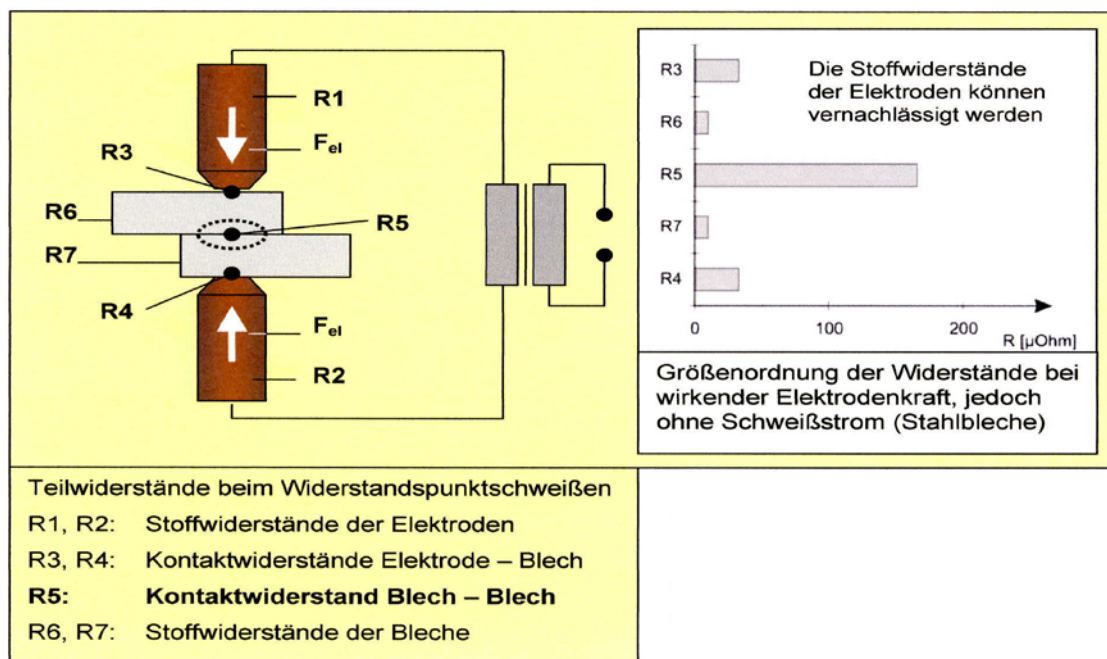
...verbindet

2 GRUNDLAGEN DES WIDERSTANDSCHWEISSEN

2.1 ENTSTEHEN DES SCHWEISSPUNKTES

Beim Widerstandspunktschweißen wird die Fügstelle der zu verbindenden Bauteile durch elektrischen Strom bei gleichzeitig wirkender Elektrodenkraft bis zum Schmelzen erwärmt. Größe, Form und Lage des geschmolzenen Werkstoffvolumens hängt von dem zeitlichen und räumlichen Zusammenspiel der an der Fügstelle und ihrer Umgebung erzeugten und abgeführten Wärmemengen ab. Unter dem Einfluss der Elektrodenkraft verbinden sich die Werkstücke beim Erstarren der Schmelze. Die dabei entstehende Schweißverbindung wird als Schweißpunkt bezeichnet. Er besteht aus dem erstarrten Schmelzvolumen, Schweißblinse genannt und einer umgebenen Ringzone, in der überwiegend eine Pressschweißung erfolgt ist.

Bild 1 zeigt die verschiedenen Übergangswiderstände:



Die Wärme für das Widerstandschweißen wird dadurch erzeugt, dass durch einen Widerstand ein Strom bei der Spannung U in der Zeit t fließt. Nach dem Jouleschen Gesetz entsteht dabei eine Wärmemenge Q (Kalorien).

$$Q = 0,24 \times U \times I \times t$$

Nach dem Ohmschen Gesetz: $Q = I^2 \times R \times t$

Daraus geht hervor, dass folgende Parameter zuständig für eine Verschweißung sind:

ELEKTRODENKRAFT F (N)

SCHWEISS STROM I (A)

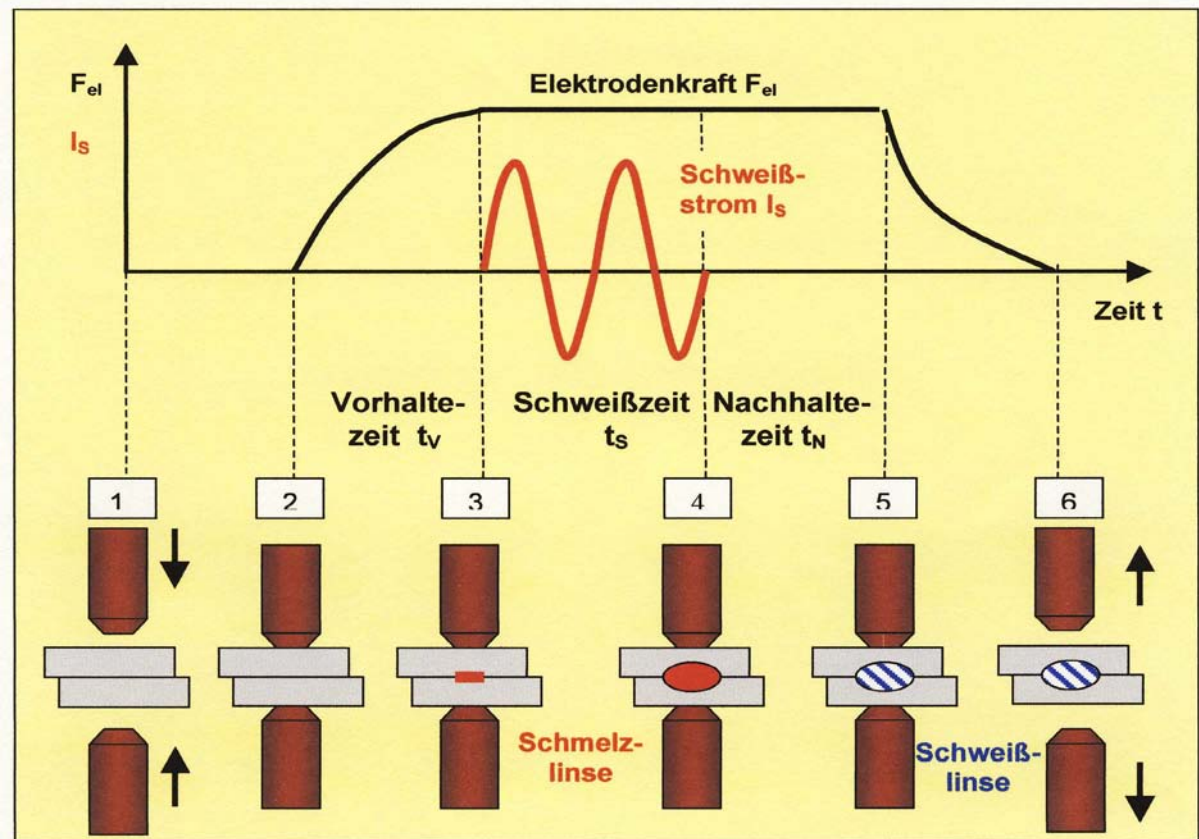
SCHWEISSZEIT T (PERIODEN = $1/50$ sec.) - (1 Periode = 20 ms)

UND ÜBERWIEGEND VON SPEZIFISCHEN WIDERSTAND DES MATERIALS UND DES KONTAKTWIDERSTANDES DER ELEKTRODEN.

2.2 ABLAUF EINER PUNKTSCHWEISSVERBINDUNG MIT WECHSELSTROM

Punktschweißmaschinen müssen in der Lage sein hohe Ströme in kurzer Zeit aufzubringen. Die Abbildung zeigt den verwendeten Ablauf einer Widerstandspunktschweißung mit Wechselstrom.

Ausgehend davon werden speziell angepasste Strom- und Kraftprogramme für bestimmte Schweißaufgaben gewählt. Die Zustellung der Elektroden, das Aufbringen der Elektrodenkraft, der Ablauf der Vorhaltezeit, das Hinzuschalten des Schweißstroms, anschließend die Nachhaltezeit sowie die Rücknahme der Elektrodenkraft.

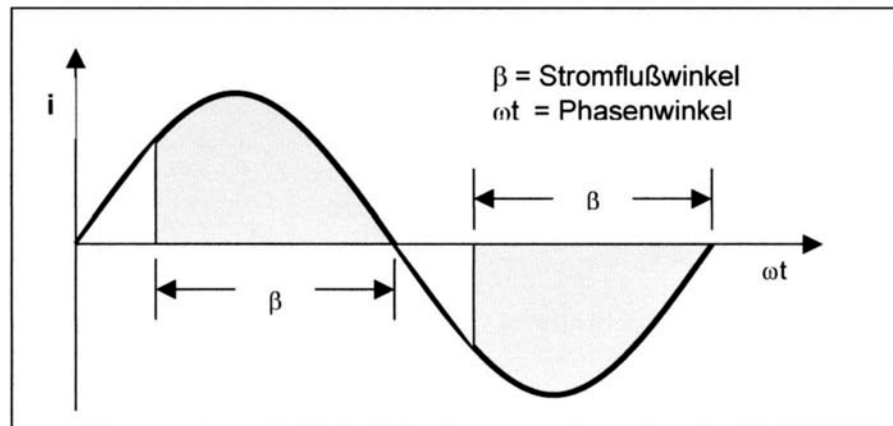


Die wichtigsten Parameter beim Widerstandschweißen sind daher:
SCHWEISSSTROM, SCHWEISSZEIT, ELEKTRODENKRAFT

DIE SCHWEISSZEIT ist die Zeit, in welcher der Schweißstrom durch das Werkstück fließt. In allen SILA Punktschweißmaschinen eingebauten Steuerungen werden die Schweißzeiten DIGITAL berechnet und ausgegeben. Die Zeiten sind absolut genau und reproduzierbar. Je nach Steuerung in Perioden (20ms), Halbwellen (10ms), oder direkte in Millisekunden.

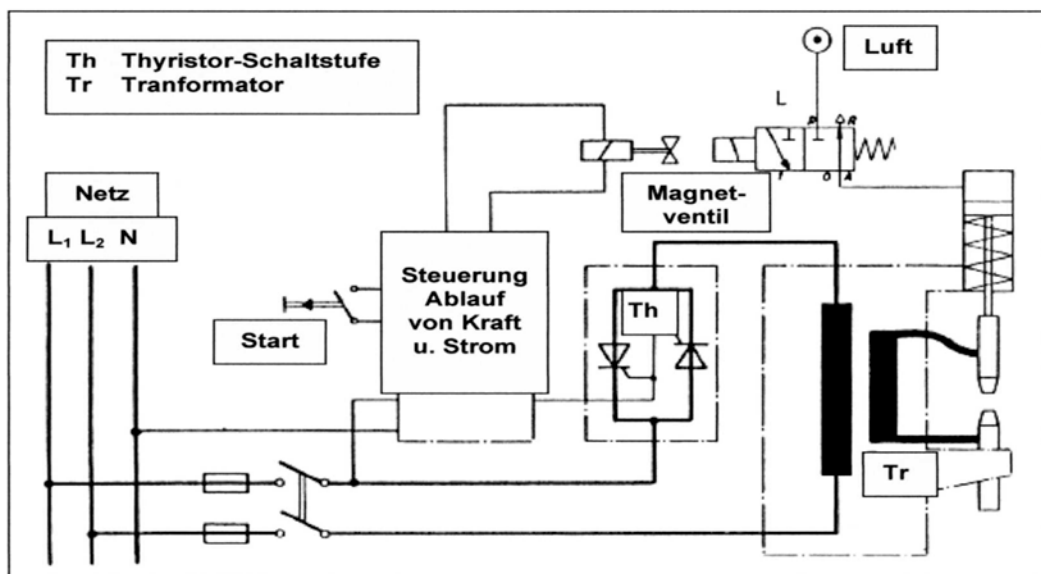
Für spezielle Schweißaufgaben kann ein Stromanstieg (up slope) zu Schweißbeginn oder ein Stromabfall (down slope) programmiert werden.

DER SCHWEISSSTROM (Schweißleistung) wird durch eine Phasenschnittsteuerung am Thyristorleistungsteil primärseitig am Schweißtransformator geregelt und transformiert auf die Sekundärseite zu den Punktschweißelektroden.



DIE ELEKTRODENKRAFT soll möglichst konstant, eventuell messbar über einen Elektrodenkraftschalter als Startsignal für die Steuerung, sowie ein schnelles und trägeitarmes Nachsetzverhalten haben.

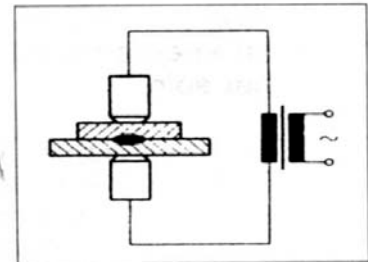
2.3 PRINZIPSCHALTUNG EINER KONVENTIONELLEN PUNKTSCHWEISSMASCHINEN PNEUMATISCH BETÄTIGT



3 VERFAHRENSVARIANTEN BEIM PUNKTSCHWEISSEN

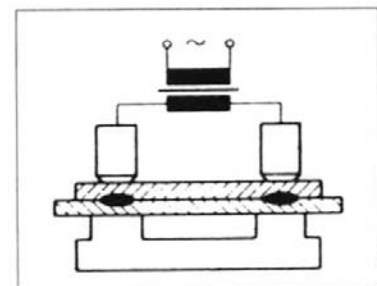
3.1 ZWEISEITIGES DIREKTES PUNKTSCHWEISSEN

Die einer Transformatorwicklung zugeordneten Elektroden wirken auf beide Seiten des Werkstückes.



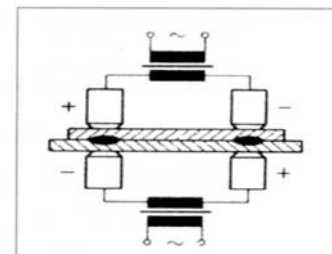
3.2 EINSEITIGES INDIREKTES DOPPELPUNKTSCHWEISSEN

Die einer Transformatorwicklung zugeordneten Elektroden wirken auf derselben Seite des Werkstückes. Das einseitige Punktschweißen lässt sich nur bis zu einer max. Oberblechdicke von 1,2 mm durchführen. Das dünnere Blech muss dem Transformator zugewandt sein. Es empfiehlt sich eine gut leitende Unterlage. Kompakt-Schweißgruppen wie die SILA Baureihe GS sind bestens zur Automatisierung geeignet, zum Beispiel in Vielpunktschweißanlagen.



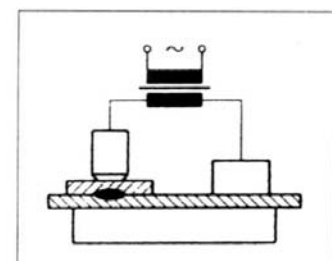
3.3 ZWEISEITIGES DOPPELPUNKTSCHWEISSEN

Das PUSH-PULL Verfahren erreicht man durch gegeneinander-schalten von Transformatoren. Wird ebenfalls zur Automation in Vielpunktschweißanlagen mit SILA- GS- Schweißgruppen verwendet.



3.4 EINSEITIGES EINZELPUNKTSCHWEISSEN

Erfolgt mit einer Blindelektrode, welche am Werkstück oder auf einer Cu Unterlage aufsitzt. Wird in Vielpunktanlagen verwendet.



4 DAS PUNKTSCHWEISSEN

Nachstehende Aufzeichnungen sind Erfahrungswerte der Firma SILA und wurden in vielen Versuchen und Tests dokumentiert und dienen ausschließlich zur Information.

4.1 PUNKTELEKTRODEN UND ELEKTRODENMATERIAL

Sie dienen in der Widerstandschweißtechnik zur Übertragung der Elektrodenkraft und des Schweißstromes auf Werkstücke bei möglichst langer Standzeit. Sie sind Verschleißteile und daher auswechselbar. Sie sollten folgende EIGENSCHAFTEN haben:

- Gute elektrische und thermische Leitfähigkeit
- Große Wärmehärte
- Geringe Anlegierungsneigung zum Werkstück
- Leichte Bearbeitungsmöglichkeit

Die Auswahl des geeigneten Elektrodenwerkstoffes für die vorliegende Aufgabe hängt von den zu schweißenden Werkstoffen und von der Art des Schweißverfahrens ab.

4.2 ELEKTRODEN- WERKSTOFFLEGIERUNGEN

- | | |
|----------|--|
| Cu-Cr-Zr | Kupfer Chrom Zirkon – SILA Type CRM 16
Für das Punkt- und Rollnahtschweißen von unlegierten Stählen bis 0,3%C.
Für das Punktschweißen von verzinkten Blechen, sowie von Aluminium Legierungen. |
| Cu-Co-Be | Kupfer Kobalt Beryllium – SILA Type CB 4
Für das Punkt- und Rollnahtschweißen von Edelstählen- Legierten ,hochfesten und korrosionsbeständigen Stählen.
Des weiteren als Buckelschweißwerkzeug, sowie Spannbacken für das Stumpfschweißen. |
| Cu-Ag | Kupfer Silber
Speziell für Aluminiumlegierungen wegen einer etwas geringeren Anlegierung.
Hat jedoch den Nachteil einer geringeren Standzeit. |

Ein wichtiger Faktor für die Elektroden- Materialqualität ist eine intensive ausreichende Wasserkühlung um ein Anlegieren zu verhindern, sowie Härteverluste am Elektrodenwerkstoff.

Die Härteverluste beginnen ca. bei 80°C Elektrodentemperatur.

Über Elektrodenformen und Ausführungen fordern Sie unseren SILA Katalog PUNKT-ELEKTRODEN und ZUBEHÖR an.

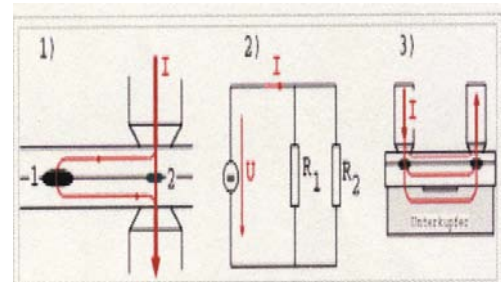
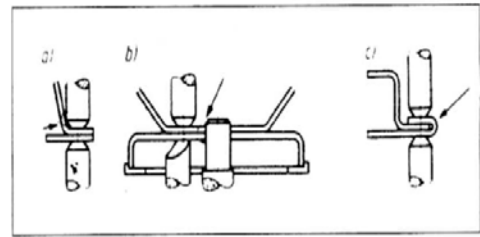
Sind die Elektrodenflächen abgenutzt, überholen Sie die Elektrodenwirkflächen mit geeigneten Spezialwerkzeugen. Feilen sind grundsätzlich ungeeignet. Wenn ein Nacharbeiten an der Maschine nicht möglich ist- was sehr oft der Fall ist- muss für rechtzeitiges Wechseln gesorgt werden.

MIT ABGENUTZTEN ELEKTRODEN LÄSST SICH EBENSOWENIG SCHWEISSEN, WIE MIT EINEM STUMPFEN BOHRER BOHREN

4.3 WICHTIGE PUNKTSCHWEISSTECHNISCHE HINWEISE FÜR DEN KONSTRUKTEUR

Der NEBENSCHLUSS (Bild 9) kann nicht nur durch einen bereits geschweißten Punkt, sondern auch durch Berührung der Stahlteile oder zwischen Elektrode und Blech auftreten. Schnittgrate sollen sich nicht nach Möglichkeit an den Berührungsebenen der Bleche befinden. Abhängig von der Größe des Nebenschlussstromes verringern sich die Größen des Schweißpunktes. Anordnungen und Gestaltung der Schweißstellen, sowie Punktabstand müssen deshalb stets so erfolgen, dass Nebenschluss vermieden wird.

Ein typisches Beispiel sind Nebenschlussekte bereits fertig gestellte Schweißpunkte (Abb. Nebenschluss 1,2, und 3.) Durch geeignete Wahl der Punktabstände kann der Nebenschlusseffekt hierbei verschwindend gering gehalten werden.



4.4 VORRICHTUNGEN UND WERKZEUGE

Vorrichtungen und Werkzeuge zum Führen und Positionieren von Teilen sollten in unmittelbarer Nähe der Schweißmaschine aus nichtmagnetischen Werkstoffen wie Aluminium, Kunststoffe etc. sein.

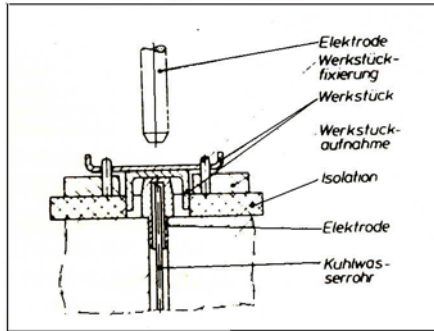


Bild 10

AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

In vielen Fällen kann man die untere Elektrodenaufnahme zu einer Einheit zusammenfassen.

Bild 10 zeigt eine einfache Vorrichtung zum Punktschweißen von U-Profilen mit einer Abdeckkappe. Die Werkstückaufnahmen und Positionierstifte sind isoliert montiert. Diese einfache Vorrichtung hat den Nachteil, dass man auf die Elektrodenabnutzung achten muss.

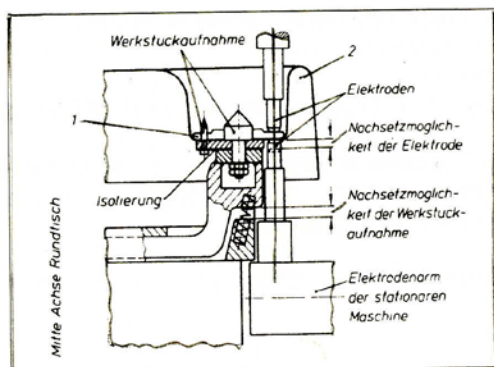


Bild 11

Bild 11 zeigt eine Vorrichtung mit gefederter Aufnahme die isoliert an einer Punktschweißmaschine SILA Type PN angeflanscht ist. Die Feder dient als Ausgleich beim Verschleiß der unteren Elektrode.

Bild 12 zeigt eine einfache Nachstellbarmöglichkeit der Elektrode. Elektroden ohne direkte Kühlung sind billiger und im Betrieb leichter austauschbar. Sofern es die Schweißaufgabe zulässt (Standzeit) insbesondere bei Buckelschweißelektroden ist eine indirekte Kühlung vorzuziehen. Bei Buckelschweißvorrichtungen ist zu berücksichtigen, dass sich die Werkstücke innerhalb der Schweißzeit um die Buckelhöhe gegeneinander bewegen.

Bild 13, 14 leicht auswechselbar Elektrodeneneinsätze

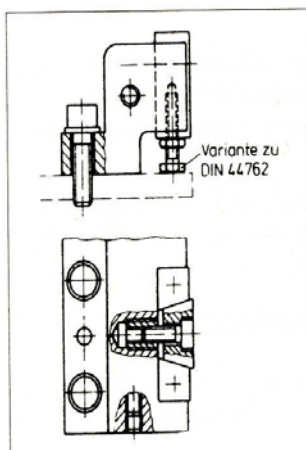


Bild 12

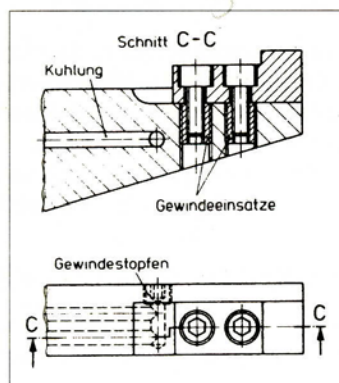


Bild 13

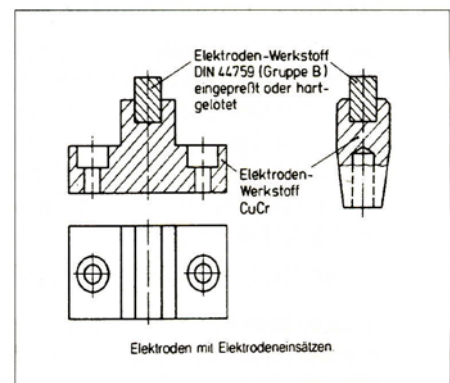


Bild 14

5 SCHWEISSEINSTELLWERTE BEIM WIDERSTANDSCHWEISSEN

Beim Einsatz gleich dicker Materialien können, die Parameter der zugeordneten Materialstärke und Qualität entnommen werden. Beim Einsatz unterschiedlich dicker Materialien werden der Linsendurchmesser und damit die Grundparameter nach dem dünnsten Einzelblech ausgewählt. Das ergibt nur etwa 80% Schweißlinsendurchmesser vom Elektrodendurchmesser.

5.1 MAN UNTERSCHIEDET 3 KLASSIFIZIERUNGEN VON PUNKTSCHWEISSVERBINDUNGEN

KURZZEITSCHWEISSUNG nach Sicherheitsklasse A

Die beste Schweißqualitäten sind mit Kurzzeitschweißungen erreichbar. Dafür sind dann die Parameter anzupassen, der Schweißstrom und die Kraft nach oben und die Schweißzeit, wie der Name schon sagt nach unten. Kurzzeitschweißungen sind in der Realität aufgrund von schlechten Passungen und Druckbedingungen leider nicht immer durchführbar.

Qualität A : Verbindungen die sehr hohem statischen und dynamischen Beanspruchungen ausgesetzt werde. Verbindungen bei denen vorausgesetzt wird, dass jeder Schweißpunkt mitträgt und dass dessen Fertigkeit voll ausgenutzt wird. Verbindungen deren Versagen schädliche Folgen haben würden, hauptsächlich im Hinblick auf die Sicherheit von Personen im Fahrzeug und Flugzeugbau.

MITTELZEITSCHWEISSUNG nach Sicherheitsklasse B

Die Mittelzeitschweißung WIRD IN DER Praxis am meisten eingesetzt. Wird üblicherweise als Grundlage in der Blechverarbeitenden Industrie verwendet.

Qualität B : Verbindungen die statischen und dynamischen Belastungen ausgesetzt ind. Verbindungen bei denen die Zahl der Schweißpunkte größer ist, als das Minimum das sich aus der Berechnung ergibt. Wird üblicherweise als Grundlage in der Blechverarbeitenden Industrie verwendet.

LANGZEITSCHWEISSUNG nach Sicherheitsklasse C

Schweißverbindungen für geringe Qualitätsansprüche

Qualität C: Verbindungen die geringe Beanspruchungen ausgesetzt werden. Anzahl der Schweißpunkte um ein vielfaches laut Berechnung. Minderwertige Punktschweißqualität.

5.2 MEHRIMPULSSCHWEISSEN

Gerade bei modernen Werkstoffen wie hochfeste Stähle oder bei großen Blechstärken arbeitet man mit mehreren Schweißimpulsen. Dabei ist Zeit zwischen einzelnen Impulsen die Pausenzeit. Darin erfolgt eine Wärmeverteilung in der Umgebung der Schweißstelle, ohne dass es zu einer vollständigen Rückkühlung der Schweißstelle kommt. In der Regel sind das Pausenzeiten im Bereich von 1 bis 3 Perioden.

5.3 STROMANSIEG SLOPE UP / SLOP DOWN

Speziell beim Punktschweißen von verzinkten und legierten Blechen verhindert ein SLOP UP – langsamer Stromanstieg Schweißspritzer.

EIN SPRITZER BEIM SCHWEISSEN VERMINDERT DIE GÜTE BEIM SCHWEISSEN

5.4 STEPPERFUNKTION

Beim Punktschweißen verschleiben die Elektroden, es vergrößert sich die Elektrodenoberfläche und gerade bei beschichteten Materialien erfolgt ein Anlegieren. Demzufolge wird durch die größere Fläche die Stromdichte geringer und durch die Anlegierung der Übergangswiderstand größer. Das bedeutet in der Praxis die Schweißqualität wird vermindert. Zur Erzielung gleichbleibender Schweißqualität muss der Schweißstrom erhöht werden. Das kann manuell geschehen oder automatisch mit Hilfe der sogenannten Stoppfunktion. Über den Schweißpunktzähler in der Schweißsteuerung wird, basierend auf dem programmierten Grundstrom bei neuen Elektroden, bei vorzugebendem Zählerstand der Strom entsprechend dem Elektrodenverschleiß erhöht.

Bei modernen wie von SILA eingebauten Harms&Wende Steuerungen wird der Sollwert zwischen den einzelnen Stützwerten linearisiert und kontinuierlich hochgefahren. Damit kann der natürliche Verschleißverlauf exakt nachgefahren werden und die Erhöhung der Standzeit bis 30% bei konstanter Schweißqualität erreicht werden.

5.5 SCHWEISSNEBENZEITEN

Schweißnebenzeit sind alle Zeiten im Programmablauf, bei denen kein Strom fließt. Die wichtigsten Nebenzeiten sind die Vorhalte – oder auch Vorpresszeit, die Pausenzeit und die Nachhaltezeit oder Nachpresszeit. Oft in der Praxis unterschätzt wird die Bedeutung der Vorhaltezeit. Sie muss solange eingestellt werden, dass die Elektroden sich schließen und den gewünschten Druck aufbauen können. Ist sie zu kurz, kommt es zu Anfangsspritzern, da die nötige Kraft noch nicht aufgebaut ist. Ist sie zu lange geht dies auf Kosten der Tragkraft. Die Nachhaltezeit läuft nach der letzten stromführenden Zeit ab, und dient der schnellen Abkühlung des Schweißpunktes unter Druck. Bei zu langer Nachhaltezeit kann durch die intensivere Abkühlung das Material verhärten, bei zu kurzer können die Schweißpunkte die Kräfte nicht aufnehmen und aufreißen.

6 QUALITÄTS- GÜTESICHERUNG BEIM WIDERSTANDSCHWEISSEN

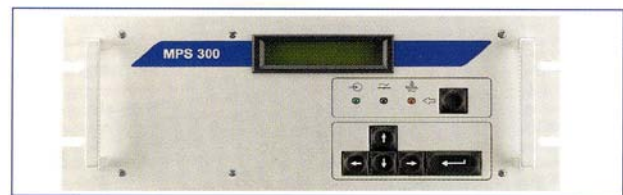
Die Anforderungen an die Widerstandschweißverfahren sind in den letzten Jahren- besonders auch bezogen auf die Gütemerkmale – ständig gesteigert worden. Die Folge war eine rasante Entwicklung von Verfahrenskontrollgeräten, mit deren Hilfe sich die Güter der Schweißung überwachen läßt.

6.1 GRUNDLAGEN FÜR DIE QUALITÄTSKONTROLLE

Die Prozesskontrolleinrichtungen haben die Aufgabe, das Einhalten der Toleranzgrenzen für die Gütemerkmale der Schweißung zu überwachen und bei einer Prozessregelung auch für die Einhaltung zu sorgen. Die Güte einer widerstandsgeschweißten Verbindung ist eine sehr komplexe Größe.

DAHER SIND FOLGENDE WERTE MASSEBEND FÜR DIE QUALITÄTSKONTROLLE

- Blechgüte + Oberfläche
- Schweißpunktdurchmesser
- Schweißzeit
- Elektrodendruck
- Schweißstrom – und Spannung
- Elektrischer Widerstand
- Elektrischer Nebenschluss



MPS 300 R1

- Qualitätssicherung von Anfang an Stromregelung und Überwachung
- Konstantstromregelung (IQ-Funktion)
- Grenzwertüberwachung + und - Toleranzen

6.2 DIE SPANNUNGS- UND DIE STROMINTEGRATION

Die Güte einer Widerstandsschweißung wird durch Integration des Spannungsabfalls zwischen den Elektroden während des Schweißens, nachdem ein minimaler Schwellwert überschritten ist, oder aber des Schweißstromes angegeben. Werte für gute und schlechte Schweißungen werden in Versuchen festgelegt. (Obere und untere Toleranzgrenze) Über- oder Unterschreitung der Toleranzgrenzen werden durch ein Ausgangssignal angezeigt.



EINGEBAUTES BEDIENPANEL (A)

- 64 Programme
- Konstantstromregelung
- Grenzstrom Überwachung
- Vorwärmstrom
- Nachwärmstrom
- Linear "Stepper" Funktion
- Zwei 24 V DC Magnetventilen
- Proportional-Ventil
- Schalter für mit Strom /ohne Strom
- Fehleranzeige
- Schweißpunktzähler



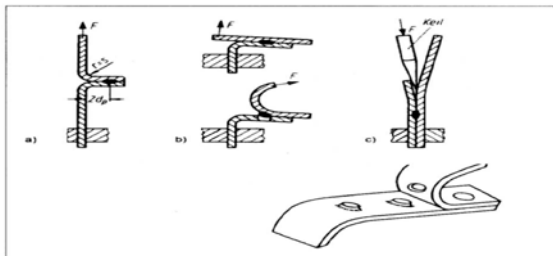
EXTERNE STEUERUNG ÜBER P.C.(B)

- Vernetzung von bis zu 56 Maschinen
- 64 Programme
- Konstantstromregelung
- Grenzstrom Überwachung
- Vorwärmstrom
- Nachwärmstrom
- Linear "Stepper" Funktion
- Zwei 24 V DC Magnetventile
- Proportionalventil
- Schweißablauf am Bildschirm einsehbar
- Dokumentation von Fehleranzeigen

7 PRÜFEN VON PUNKTSCHWEISSVERBINDUNGEN

Für die Prüfung von Punktschweißverbindungen gibt es zerstörende und zerstörungsfreie Prüfverfahren.

7.1 ZERSTÖRENDE PRÜFVERFAHREN

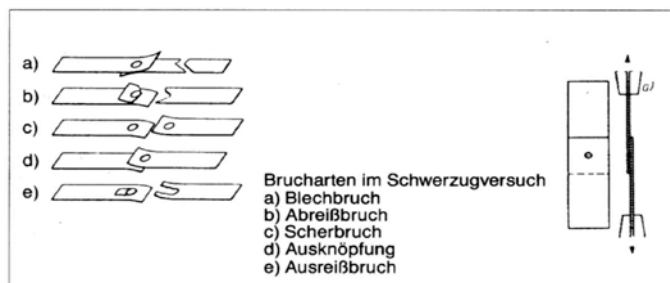


SCHÄL-, ABROLL- und MEISSELVERSUCHE

Lt. Bild 22

Sind die einfachsten Werkstattprüfverfahren zum Beurteilen der Eigenschaften von Punktschweißverbindungen. Der im Bild gezeigte Abrollversuch wird am häufigsten angewandt und die Größe des ausgerissenen Schweißbutzens gibt eine Beurteilungshilfe für die Tragfähigkeit der Verbindung.

Bild 22



SCHERZUGVERSUCH Lt. Bild 23

Er dient zur Ermittlung der Scherzugkraft. Zur Berechnung von Punktschweißverbindungen werden im Allgemeinen die Ergebnisse des Scherzugversuches zugrunde gelegt. Diese Verfahren kommt der praktischen Beanspruchung eines Schweißpunktes am nächsten.

Bild 23

MINDEST-SCHERZUGKRAFT für Mat. Stahl nach DIN 1623

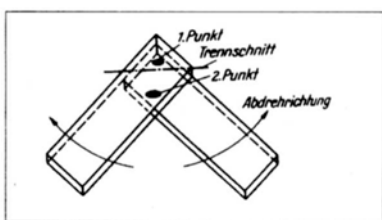
S - mm	d Ømm	Fmin - kN
0,5	4	2,0
0,8	5	3,8
1,0	6	5,1
1,5	6	6,8
2,0	7	10,8

Schweißqualität B

S = Blechstärke

d Ø = Punktdurchmesser

Fmin = Mindestscherzugkraft



TORSION oder ABDREHVERSUCH Lt. Bild 24

Es werden dabei zwei punktgeschweißte Blechstreifen gegeneinander verdreht. Dabei erfolgt in der Regel der Bruch der Schweißlinse. Nach Bruchart, sowie Größe und Gefügaussehen kann man die Qualität des Schweißpunktes beurteilen. Der Abdrehversuch kann auch mit einem Drehmomentschlüssel erfolgen zur Erfassung des max. Torsionsmomentes.

Bild 24

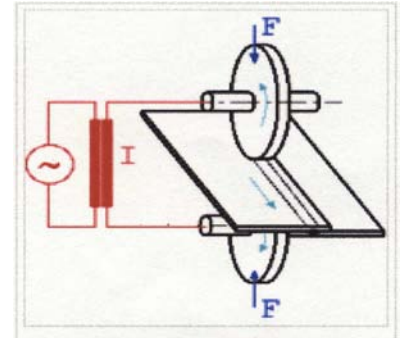
7.2 ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFVERFAHREN

Bei der Anwendung von Durchstrahlungsprüfungen, Ultraschallprüfungen oder Magnetpulverprüfungen können nur begrenzte Aussagen über die Schweißqualität gemacht werden. Dagegen können Metallographische Untersuchungen (Makroschliff) für die Beurteilung auf Schweißfehler in der Schweißlinse herangezogen werden.

8 DAS ROLLNAHTSCHWEISSEN

8.1 GRUNDLAGEN DES ROLLNAHTSCHWEISSENS

Das Rollnahtschweißen ist unmittelbar aus dem Punktschweißen abgeleitet. Bereits beim Punktschweißen lassen sich durch schnelles und dichtes Aneinandersetzen von Einzelpunkten Dichtnähte erzeugen. Für den Vorschub müssen sich die Elektroden jedoch nach jedem einzelnen Punkt öffnen. Beim schnellen Arbeiten hämmern daher die Elektroden stark auf das Werkstück und verformen sich daher in kurzer Zeit. Drehbare Rollenelektroden zur Strom- und Kraftübertragung vermeiden diesen Nachteil.



8.2 MECHANISCHER AUFBAU

ANTRIEB DER SCHWEISSROLLEN

Vorwiegend erfolgt der Antrieb von einem Elektromotor über ein stufenlos verstellbares Getriebe über eine Gelenkwelle und weiter über Stirn und Schneckenräder auf die Welle der Rollelektroden. In den meisten Fällen genügt es die obere Schweißrolle anzutreiben und die untere Rolle wird als Schlepprolle benutzt. Bei hohem Werkstückgewicht oder großer Nahtschweißleistungen ist wegen des Schlupfes der Schlepprolle auch die anzutreiben vorteilhaft.

SCHWEISSSTROMÜBERTRAGUNG

Die Übertragung des Schweißstromes auf die rotierende Welle geschieht üblicherweise über das Wellenlager aus Kupferbronze. Dies ist die einfachste Konstruktion, welche aber den Nachteil des hohen Verschleißens der Lagerschale hat und gleichzeitig ändern sich enorm die Übergangswiderstände. Diesen Nachteil vermeiden Rollenköpfe mit Stromübertragung über ein Quecksilberbad. Diese Ausführung ist in unseren SILA Rollnahtschweißmaschinen mit großem Erfolg im Einsatz, es ist jedoch aus Gründen der Unfallverhütung sorgfältig auf sachgemäße Behandlung zu achten.

8.3 AUSFÜHRUNGSVARIANTEN

LÄNGSNAHT-SCHWEISSMASCHINE

Bei Längsnahtschweißmaschinen stehen die Rollenachsen parallel zu den Elektrodenarmen, das Werkstück wird in der Längsrichtung der Elektrodenarme bewegt.

QUERNAHT-SCHWEISSMASCHINEN

Bei Quernahtschweißmaschinen stehen die Rollenachsen quer zu den Elektrodenarmen und das Werkstück wird quer zu den Elektrodenarmen bewegt.

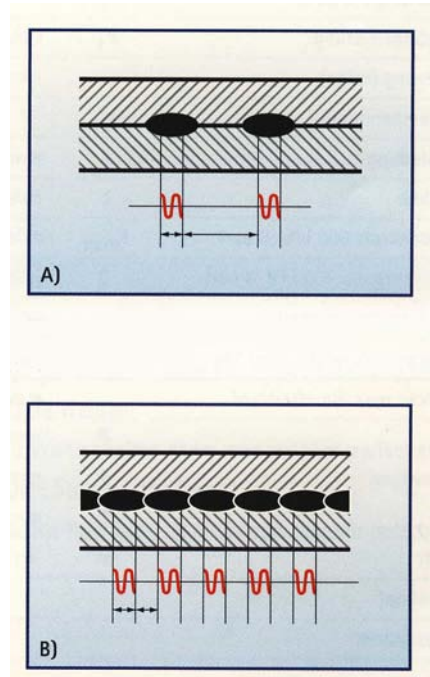
8.4 NAHTFORM

ROLLPUNKTNÄHTE

Punktnähte werden erzielt, wenn der Punktabstand so groß ist, dass zwischen den einzelnen Schweißstellen unverschweißte Zwischenräume liegen. Der Punktabstand a ergibt sich aus der Schweißgeschwindigkeit m/min , sowie aus der Schweißzeit und Pausenzeit.

DICHTNÄHTE

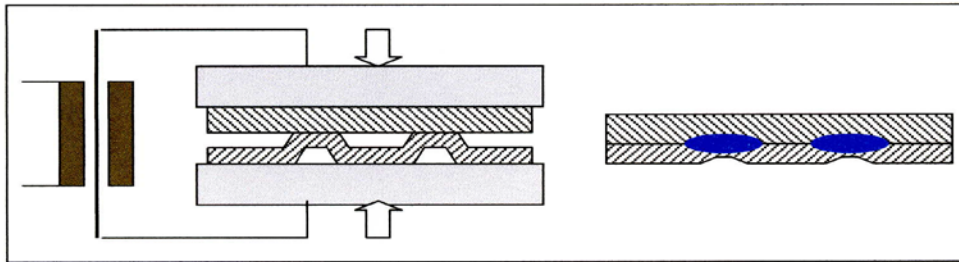
Der Punktabstand ist hierbei geringer als der Punktdurchmesser, sodass sich die Punkte gegenseitig überlappen und druckdichte Nähte entstehen. Dieses kann man durch kurze Pausenzeiten erreichen, oder man schweißt mit Dauerwechselstrom, wobei der Stromfluss bei jeder Halbwelle unterbrochen wird. Der Punktabstand hängt von der Schweißgeschwindigkeit ab. Bei der üblichen Netzfrequenz von 50 Hz erhält man zum Beispiel bei einer Schweißgeschwindigkeit von 6 m/min einen Punktabstand von 1 mm.



9 DAS BUCKELSCHWEISSEN

GRUNDLAGEN DES BUCKELSCHWEISSENS

Das Buckelschweißen ist ein Widerstands- Pressschweißverfahren bei dem elektrischer Strom und Kraft den zu verbindenden Werkstücken durch ebene, großflächige Elektroden zugeführt werden. Die Buckelform bewirkt eine Stromkonzentration an der Fugestelle und während des Schweißens werden die Buckeln weitgehend zurückverformt und bilden eine nichtlösbare Verbindung. Der im Werkstück eingepresste Buckel bleibt weitgehend sichtbar, während sich die Oberfläche des anderen Werkstückteiles nur wenig verändert.



9.1 SCHWEISSEINRICHTUNG UND WERKZEUGE

Im Normalfall bei kleinflächigen Buckelschweißverbindungen bis zu 6-8 Buckeln genügen Buckelschweißmaschinen mit schnell nachsetzendem Kraftzylinder. Anzustreben ist eine möglichst geringe Aufschlagsenergie der Elektroden und ein schnelles trägheitsarmes Nachsetzen. Bei großflächigen Werkstücken werden spezielle Kraftausgleichselemente eingebaut laut Bild 15 und Bild 16 um eine gleichmäßige Aufteilung der Gesamtkraft zu erreichen.

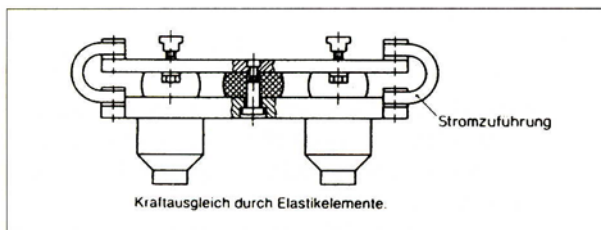


Bild 15

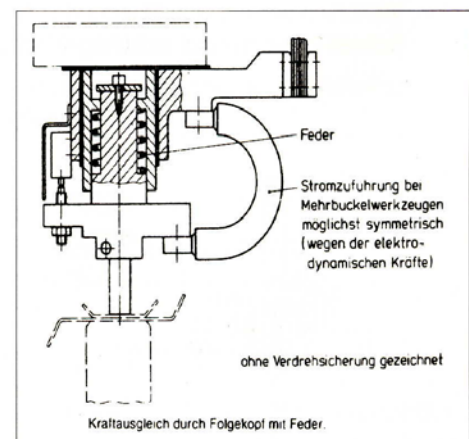


Bild 16

9.2 BUCKELFORMEN

DER RUNDBUCKEL

Ist die meist verwendete Buckelform und wird in Blechen bis max. 3,2 mm eingepreßt. Ausführung Tabelle 1

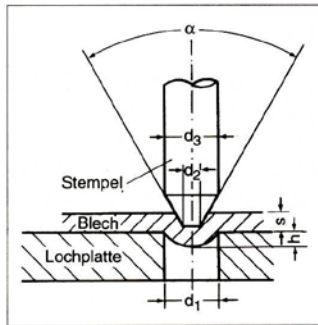
DER GESCHLAGENE BUCKEL Bild 17, 18

Es kommen Ring-, Lang- und Rundbuckeln zur Anwendung und werden beim Formen des Werkstückes zum Beispiel durch Fließpressen miterzeugt.

Tabelle 1

Werkzeugmaße für die Herstellung von Rundbuckeln

Nennendurchmesser in der Lochplatte und des Buckels sind gleich. Der Stempeldurchmesser d_3 ist gleich oder größer als der Lochdurchmesser d_1 der Lochplatte.



Blechdicke s Reihe 1	Reihe 2	Buckel- durchm. d_1	Buckel- höhe h	Stempel- durchm. d_2	Winkel $^{1)} \alpha$
$\leq 0,50$	-	1,6	0,40	0,50	60°
$> 0,50 \leq 0,63$	-	2,0	0,50	0,63	60°
$> 0,63 \leq 1,00$	-	2,5	0,63	0,80	60°
$> 1,00 \leq 1,60$	$> 0,63 \leq 1,00$	3,2	0,80	1,00	60°
$> 1,60 \leq 2,50$	$> 1,00 \leq 1,60$	4,0	1,00	1,25	60°
-	$> 1,60 \leq 2,50$	5,0	1,25	1,60	60°
-	$> 2,50 \leq 3,20$	5,6	1,40	1,8	60°

Bezeichnungen

Rundbuckel (A) Reihe 1

Kleine Buckel mit geringem Platzbedarf, kleiner Markierung auf der Blechoberfläche. Gegenüber Buckeln der Reihe 2 geringere Festigkeitsanforderungen an die Verbindung.

Rundbuckel (A) Reihe 2

Große Buckel mit großem Platzbedarf und großer Markierung auf der Blechoberfläche für große Festigkeitsanforderungen an die Verbindung.

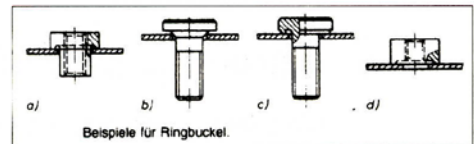


Bild 17

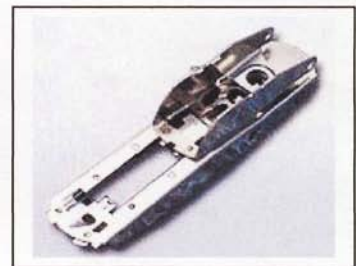
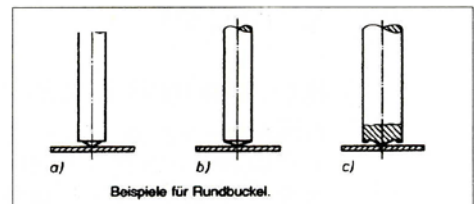
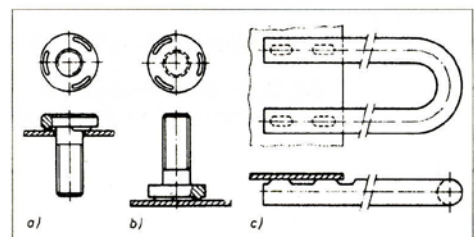


Bild 4.2-4:

Buckelschweißen von Heftgeräten

(Bildquelle: Dallex Schweißmaschinen GmbH & Co KG, D-57537 Wissen, www.dallex.de)

10 DAS WIDERSTANDRESS STUMPF-SCHWEISSEN

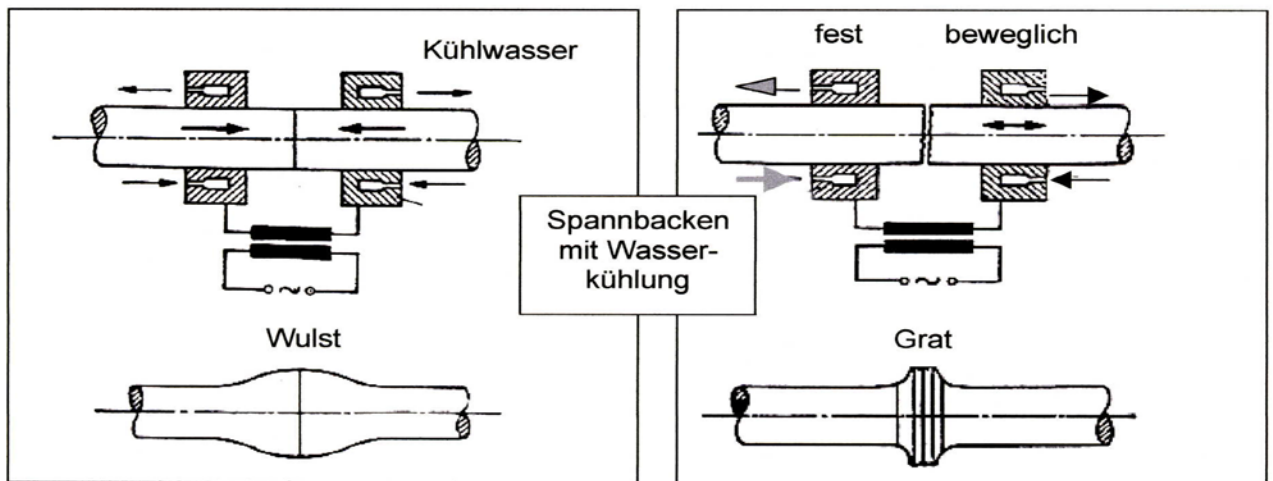
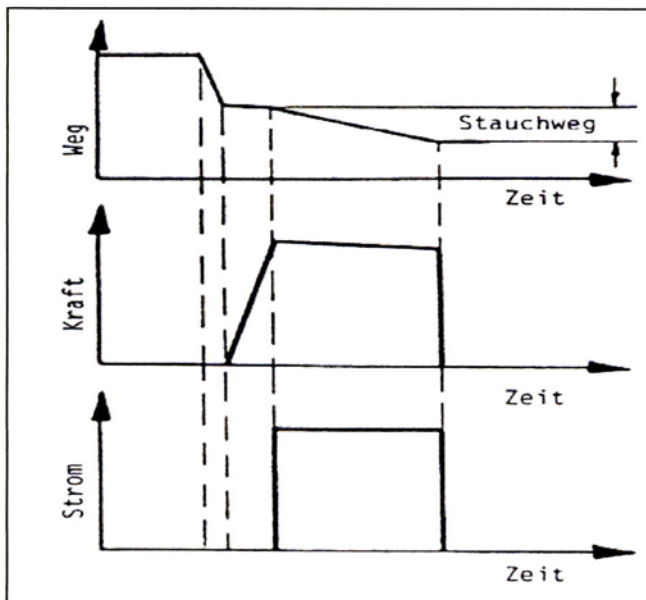


Bild 4.2-8: Schematische Darstellung des Preßstumpfschweißens links, und des Abbrennstumpfschweißens rechts

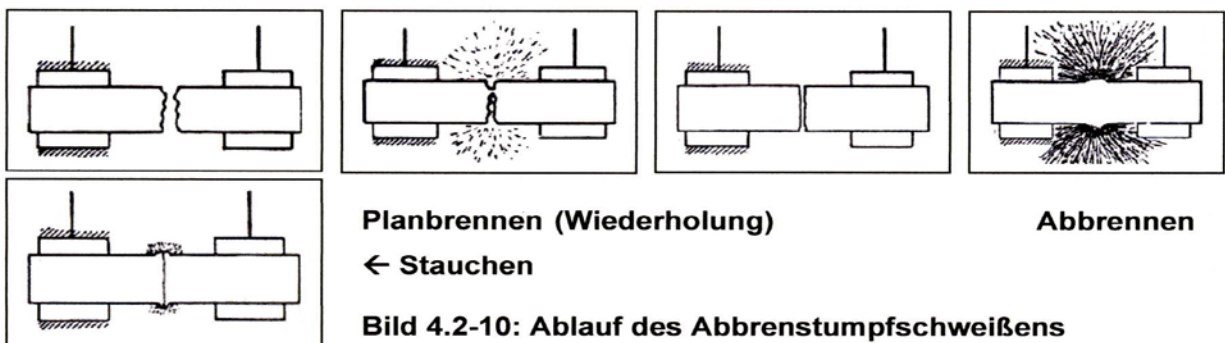


Strom und Presskraft werden durch Kupferbacken übertragen. An der Stoßstelle erfolgt die Widerstandserwärmung. Bei Erreichen der Schweißtemperatur (Schweißtemp.für Stähle $\approx 1100 - 1200^\circ\text{C}$, kein Erschmelzen!) erfolgt die Schweißung durch kräftiges Stauchen. Der Strom wird nach Erreichen eines bestimmten Stauchwegs abgeschaltet.

Bildung eines gratfreien Wulstes.

Voraussetzung: bearbeitete Stoßflächen.

Bild 4.2-9: Zeitlicher Verlauf der Einflußgrößen beim Preßstumpfschweißen



Planbrennen (Wiederholung)

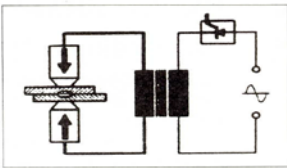
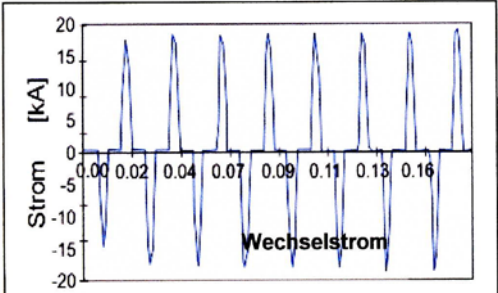
← Stauchen

Abbrennen

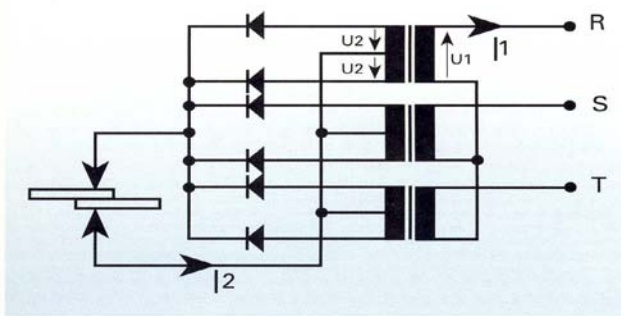
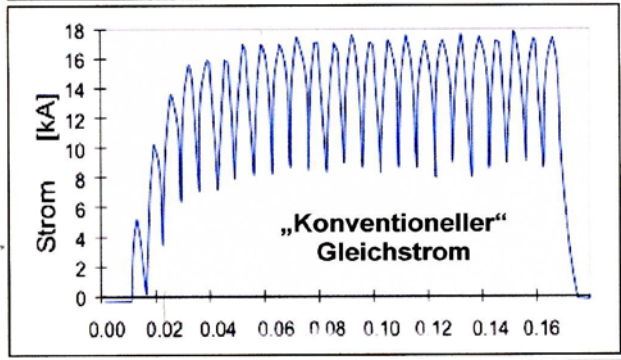
Bild 4.2-10: Ablauf des Abbrennstumpfschweißens

II VERWENDETE SCHWEISSSTROMARTEN

II.1 EINPHASEN WECHSELSTROMMASCHINEN AC

<p>Die klassische Widerstandschweißtechnik verwendet Wechselstrom mit einer Frequenz von 50/60Hz. Für die meisten Anwender ist diese Stromart gut geeignet.</p> <p>Wegen der unsymmetrischen Netzbelastung empfehlen wir diese Ausführung bis zu einer Nennleistung von 100KVA</p>	 
--	---

II.2 DREIPHASEN GLEICHSTROMMASCHINEN DC

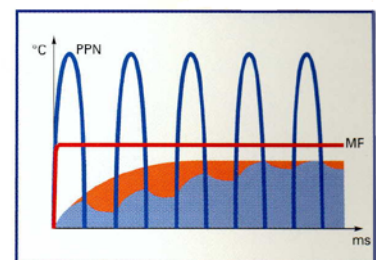
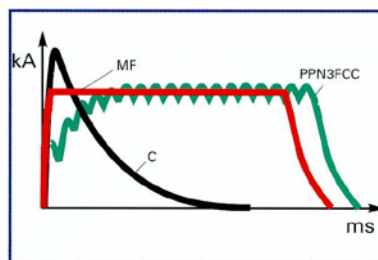
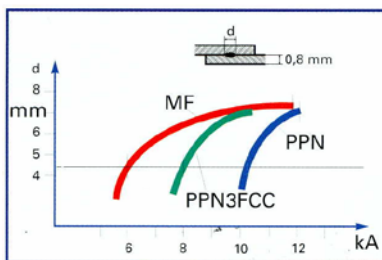
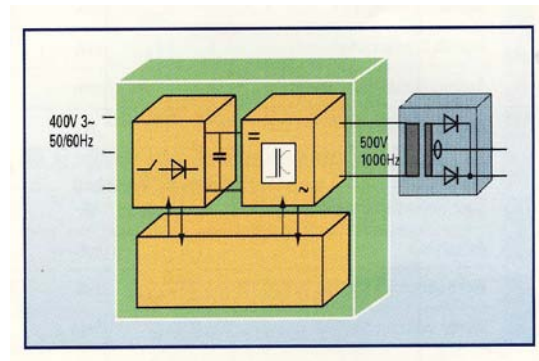
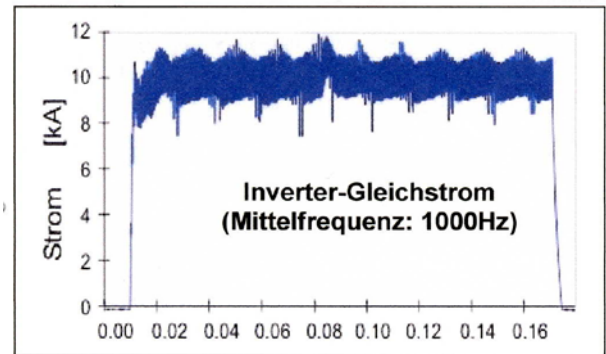
<p>3phasiger Netzanschluss mit nachgeschalteten Gleichrichtersatz ergeben folgende Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geringe Netzbelastung und Anschlusswerte - Gute Qualität bei Alu-Punktschweißen - Keine Probleme der Maschinenausladung, da Wegfall der Induktiven Verluste - Höhere Elektrodenstandzeit - Gleichmäßige Stromverteilung am Werkstück speziell beim Viel-punktschweißen - Geringe Spritzerbildung 	 
--	--

II.3 MITTELFREQUENZ SCHWEISSMASCHINEN MF 1000Hz

Die Schweißmaschinenbaureihe MF mit Mittelfrequenzschweißtechnologie ist die Antwort auf die steigenden Anforderungen an Qualität, Quantität und Geschwindigkeit beim Widerstandsschweißen.

Die Vorteile und Anwendungsgebiete:

- Qualitativ hochwertige Schweißverbindungen bei Materialien mit schlechten Schweißigenschaften, besonders bei verzinkten bzw. beschichteten Blechen, Aluminium und Buntmetallen zum Feinschweißen, z.B. In der Elektronikindustrie.
- Geringe Spritzerneigung und weniger Elektrodendruck
- Schnelle Stromanstiegsgeschwindigkeit und somit hohe Energieeinbringung in kurzer Zeit
- Schnelle Stromregelung im Zeitraster von 1 ms
- Kürzere Schweißzeiten und kleinere Ströme ca. 30% Einsparung
- Geringer Energieverbrauch
- Sehr geringe induktive Verluste, daher für große Sekundärkerne geeignet.



Die wirtschaftliche Alternative zum herkömmlichen Widerstandsschweißen SCHWEISSEN MIT 1000 Hz

Da die zu schweißenden Materialien immer komplexer und in ihren Schweißigenschaften immer schlechter werden, kann man in der Mittelfrequenztechnik die Schweißeigenschaft optimal in ihre Anwendung anpassen. Die von uns eingebauten Harms und Wende Inverter und MF Transformatoren mit Sekundärgerichten gibt es derzeit bis zu einer Nennleistung von 150KVA.

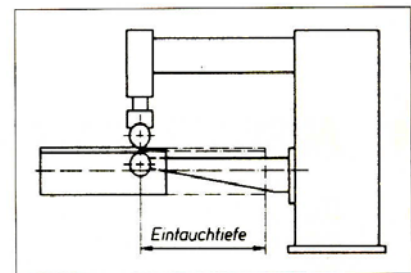
12 AUSWAHL DER RICHTIGEN SCHWEISSMASCHINE

Die Punkt, Buckel, Stumpf und Nahtschweißmaschinen einschließlich Steuerung müssen das Schweißen mit ausreichender Reserve gestatten. Bei pneumatischen Maschinen ist zu achten, dass ein ausreichend dimensioniertes Druckluftnetz mit 1-2 bar Überdruck vorhanden ist. Das Kühlsystem mit Wasser Zu- und Ablauf soll 18°C Zulauftemperatur bei 2 bar Wasserdruck gewähren. Die Litermenge/ Minute ist lt. Leistungsschild zu bestimmen. Da Wasser aus dem Trinkwassernetz immer kostspieliger wird, verwendet man immer häufiger eigene Kühlwasser- Rückkühlgeräte. Ein wichtiger Faktor ist der Netzanschluss. Die meisten Fehler werden bei der elektrischen Installation von einphasigen Wechselstrommaschinen gemacht, weil die Zuleitung, Schaltgeräte und Sicherungen nach dem Dauerstrom oder Anschlussleistung = (60% der Kurzschlussleistung) und nicht nach dem Spannungsabfall bei Höchstschweißstrom = (80%-90% des Kurzschlussstromes) gemacht werden.

12.1 AUSFÜHRUNG

Ob die Betätigung der Maschine mechanisch oder pneumatisch in Schwinghebelausführung oder vertikal erfolgt, hängt weitgehend vom Anwendungsfall ab. Eine Vielzahl von Schweiß- Stromsteuerungen und Regelungen bis zur Prozess- Überwachung mit Qualitätskontrolle stehen zur Verfügung.

Bei Einphasen Wechselstromschweißmaschinen ist wegen der induktiven Verluste besonders auf die Maschinenausladung und Armabstand zu achten, denn je größer die Ausladung, desto größer wird der induktive Widerstand und umso kleiner der Schweißstrom.



13 BEURTEILUNG VON SCHWEISSMASCHINEN

13.1 TECHNISCHE ANFORDERUNGEN BEI EINPHASEN WECHSELSTROMMASCHINEN

Da die Größe des Schweißstromes durch Ausladung und Armabstand wesentlich beeinflusst wird, ist vom Hersteller ein Diagramm mit der Abhängigkeit des Höchstschweißstromes von Ausladung und Armabstand zu fordern. Auch für Maschinen mit verstellbarer Ausladung kann ein verhältnismäßig größere Leerlaufspanne zweckmäßig sein, damit bei größerer Ausladung ein ausreichender Schweißstrom fließt. Man sollte auch die Maschine richtig anschließen nach der Leistung, wie Höchstschweißleistung, Kurzschlussleistung oder Nennleistung klassifizieren, sondern man sollte sie auch nach dem Schweißwiderstand beurteilen wie das folgende Beispiel zeigt.

Maschine	Kurz- schluß- leistung P_K kVA	Kurz- schluß- strom I_{2K} I_{2K} kA	maximale Leerlauf- spannung $U_{20 \max}$ V	sekundärer Schein- widerstand U_{20} mΩ I_K
1	60	15	4	0,266
2	75	15	5	0,333

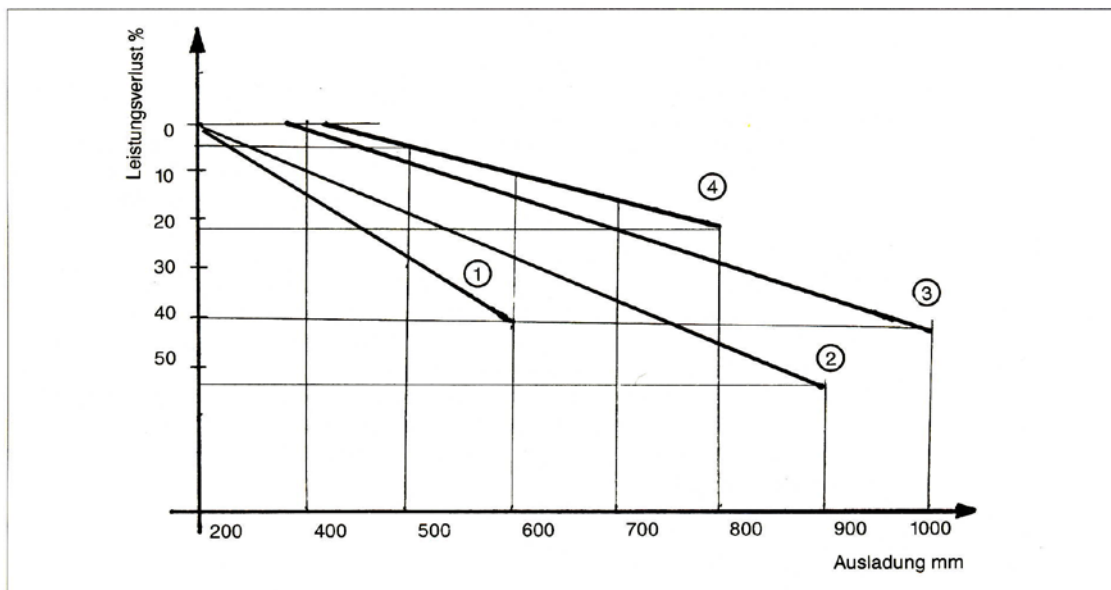
Die Maschine 2 ist die elektrisch schlechtere Maschine, denn für den gleichen Kurzschlussstrom entnimmt sie dem Netz eine wesentlich größere Leistung. Ursache dafür ist die größere Impedanz. Zum Beispiel durch ungünstige Sekundäranschlüsse, Anordnung der Transformatorwicklungen, durch größere ohmsche Spannungsabfälle im Sekundärkreis.

12.2 LEISTUNGSVERLUSTE IN ABHÄNGIGKEIT DER AUSLADUNG

Die Tabelle zeigt Richtwerte von Leistungsverlusten in % von SILA Einphasen Wechselstrom-Punktschweißmaschinen in Abhängigkeit der Maschinenausladung.

- 1 SERIE ZT, ZP, ZP-4T
- 2 SERIE PN
- 3 SERIE NKLT NLKP, NKLP-4T
- 4 SERIE PPN

Wie die Tabelle zeigt, hat die Serie PPN die geringsten Leistungsverluste in %, da der Elektrodendruck konstant bleibt durch die vertikale Schweißzylinderausführung.



13.3 MECHANISCHE ANFORDERUNGEN

Die Maschine soll aus einer verwindungsfreien Konstruktion bestehen um ein Scheren an den Elektroden zu verhindern. Besonders bei Buckelschweißmaschinen ist darauf zu achten, dass die Buckelschweißplatten auch bei max. Schweißdruck 100% parallel bleiben. Die von der Schweißmaschine ausgeübte Elektrodenkraft soll mit möglichst geringer Aufschlagsenergie auf die zu schweißenden Teile übertragen werden. Anzustrebend ist ein schnelles und trägheitsarmes Nachsetzen der Elektroden vom Schweißzylinder. Des weiteren ist eine ausreichend dimensionierte Wasserkühlung im gesamten Sekundärkreis der Maschine notwendig um eine Erwärmung zu verhindern. Welche zu Leistungsverlusten führt.

13.4 SCHWEISSTECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Die vom Hersteller angegebenen schweißtechnischen Werte zur angegebenen Verschweißbahnen Materialstärke sollten immer folgende Angaben beinhalten.

- 1 Materialqualität
- 2 Bei welchem Armabstand und Maschinenausladung haben die Werte Gültigkeit
- 3 Nach welcher Schweißqualität sind diese Angaben

13.5 TECHNISCHE ANGABEN

Laut den NORMEN EN 50063, ISO 669, DIN 44735

Nachstehende Angaben sollten am Leistungsschild oder in den Prospektunterlagen sowie Betriebsanleitung angeführt sein.

SYMBOLS UND BESCHREIBUNGEN:

Typenbezeichnung mit Fa. Nr. sowie Baujahr

U _{1n}	Primär Anschluss Spannung in V mit Angaben der Netzfrequenz und Phasenzahl
U _a	Steuerspannung in V
S _{n max.}	Max. Nennleistung in KVA ist das Produkt aus Primäranschluss Spannung und dem Primärstrom, der bei Betriebsstrom fließt.
SN 50%ED	Nennleistung bei 50% Einschaltdauer in KVA. Ist jene Leistungsangabe mit welcher die Maschine in aussetzenden Betrieb arbeiten kann ohne Grenztemperaturüberschreitung. Die Nennleistung (ED%) ist das Verhältnis der Summe aller Einzelschweißzeiten (t ₁ +t ₂ +t _n) zur Gesamtzeit des Arbeitsspieles T (Normal 1 min) und wird in Prozenten angegeben.
S _{cc}	Max. Kurzschlussleistung in KVA ist die Leistungsaufnahme bei sekundär kurzgeschlossenem Stromkreis.
S _{max}	Max. Schweißleistung in KVA ist ca. 80% der max. Kurzschlussleistung.
P	Anschlussleistung in KVA für die Bemessung des Maschinenanschlusses.
I _{2cc}	Sekundär Kurzschluss Strom in KA ist der Höchststrom der sich ergibt, wenn der Sekundär- Stromkreis bei kleinster Impedanz kurzgeschlossen ist.
I _{max cc}	Max. Sekundär Schweißstrom in KA ist ca. 80% von sec. Kurzschlussstrom.
I _{sec %}	In KA ist die Prozentangabe (z.B. 7%) in einer bestimmten Zeiteinheit (z.B. sec., min., Stunden) in der die Maschine mit dem max. Schweißstrom arbeiten kann.
U ₂₀	Sekundär Leerlaufspannung in V bei offenen Sekundärkreis.
S _i	Netzabsicherung in A
L	Maschinenausladung in mm MIN. und MAX:
F _{max.}	Elektrodendruck in N bei den verschiedenen Ausladungen.
Q	Kühlwassermenge in Lt / min.
P _a	Pressluftanschluss in kPa (Bar)
SL	Verschweißbare Materialqualitäten mit Materialstärkenangaben, sowie den Angaben der Schweißqualität A, B, C.