



新农村建设青年文库

精品装配“农家书屋” 智力支撑新农村建设

怎样做好 模具工

ZENYANG ZUOHAO
MUJUGONG

《新农村建设青年文库》编写组 编写



新疆青少年出版社

要做好模具工，技术是关键！本书简单易懂，
实用性强，是您学习技能的好帮手。

出版人 徐 江
责任编辑 马 俊 康日峥
责任校对 郑路平 吕团伟
封面设计 孙 嘉

ISBN 978-7-5371-6806-9



9 787537 168069 >

定价：12.80元

新农村建设青年文库

怎样做好模具工

《新农村建设青年文库》编写组 编写

新疆青少年出版社

图书在版编目(CIP)数据

怎样做好模具工/《新农村建设青年文库》编写组编写. 乌鲁木齐:新疆青少年出版社,2009.5

(新农村建设青年文库)

ISBN 978-7-5371-6806-9

I. 怎… II. 新… III. 模具—生产工艺—问答 IV. TG76.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 074595 号

新农村建设青年文库

怎样做好模具工

《新农村建设青年文库》编写组 编写

新疆青少年出版社出版

(地址:乌鲁木齐市胜利路二巷1号 邮编:830049)

廊坊市华北石油华星印务有限公司印刷

787毫米×1092毫米 32开 3.75印张 55千字

2009年5月第1版 2009年5月第1次印刷

印数:1—10000册

ISBN 978-7-5371-6806-9 定价:12.80元

如有印装质量问题请与承印厂调换

编 委 会

顾 问:符 强 中共新疆维吾尔自治区委员会常委、
纪检委书记

主 编:蔡 捷 原中国农业科学院农业信息研究所副
所长、研究员

张 兴 中国科技大学博士生导师

王 音 原新闻出版总署监管局助理巡视员

陈 彤 新疆农业科学院院长

编委会成员:吕英民 高亦珂 曹流俭 戴照力

王超平 陈连军 张大力 王伟强

张亚平 张亚南 刘兆丰 刘吉舟

陶子润 方成应 王 军 李结华

丁忠甫 付改兰 殷 婧 张爱萍

白舍钗 李翠玲 高 敏 曹 宽

序

这是一个龙腾盛世、凤舞九天的时代。新世纪开篇，我们迎来了“十七大”的召开，迎来了激荡着“同一个世界、同一个梦想”的奥运圣火，迎来了全体中华儿女激情满怀共建和谐社会的热潮。这是一个共享生活、共同进步的时代。建设社会主义新农村，成为建设中国特色社会主义事业一项重要而紧迫的民心工程。辛勤耕耘在神州大地数千年的中华民族的伟大农民，追随时代脚步，迎来了分享祖国繁荣昌盛、享受幸福生活的最美好时刻。

这是一个走过光荣与辉煌、充满激情与梦想、承载使命与希望的时代。重视“三农”、反哺“三农”已成为各行各业的共识，并内化为积极行动。国家新闻出版总署、中央文明办、国家发展和改革委员会、科技部、民政部、财政部、农业部、国家人口和计划生育委员会等八个部委，联合发起了“农家书屋”工程，亿万农民同胞迎来了知识、文化与科技的种子，开启了以书为友、墨香盈室的崭新大门。

在党和国家政策的指引下，在国家有关部门的积极扶持下，“农家书屋”作为社会主义新农村建设的智力工程，得到了社会各界的普遍关注和大力支持，这一战略工程中

最活跃的力量——出版社，更是为之全力以赴。

今天，这套《新农村建设青年文库》系列丛书由新疆青少年出版社出版，应该说这是出版社和编写组的大批专家、学者们倾力为“农家书屋”献上的一份厚礼。丛书编写组的最大心愿是，希望它能为解决“三农”问题提供切实有效的帮助，为加强农村文化建设和提升农民文化生活水平做出贡献，为社会主义新农村建设奉献一份绵薄的心力。

目前，“三农”读物提前进入了白热化竞争阶段，各家出版社纷纷使出浑身解数，以期占领一席之地。这是个好现象，是社会各界，尤其是扮演着传播优秀文化和先进科技知识的“大使”角色的作者和出版社，对社会主义新农村建设的空前关注和大力支持，是新时期中国图书界出现的可喜局面。

然而，众人拾柴、群策群力的大好形势背后，也存在着一些弊病和缺陷。归纳起来，有以下三个问题值得我们思考：

第一，“三农”读物的内容。从大的方面看，图书内容主要集中在种植与养殖领域；从小的方面看，种植类图书主要集中在粮食作物、传统作物和瓜果蔬菜类，养殖类图书主要集中在猪、牛、羊、鸡、鸭、鹅等常见家畜家禽，内容重复率高。

第二，“三农”读物的质量。部分图书在文稿质量上把关不严，有的遣词用句过于深奥晦涩，有的知识讲解过于简单老套，有的专注于理论层面的阐述而忽略了技术性指导等，质量良莠不齐。

第三,“三农”读物的出版趋势。放眼时代,“三农”读物将在很长一段时间内,一直占据着图书市场的重要席位,很多出版社在努力为社会主义新农村建设奉献自己一份心力的同时,也间接地、无意识地导致了“三农”分类读物“冷热不均”的现象。

针对这三个问题,《新农村建设青年文库》编写组成员苦费了一番心思,在构思、策划整套书的框架时,着力解决这些问题,并在耗时数月的编辑过程中,以切实解决好社会主义新农村建设过程中遇到的实际问题为着眼点和出发点,精心架构起一个集录最新知识、表述简洁明了、应用简单有效、涵盖面广泛的社会主义新农村建设的科学指导体系。具体来说,《新农村建设青年文库》系列丛书有以下几个引人注目的特点:

首先是知识点的“新”。本丛书密切结合了当下时代发展的趋势,在遴选图书主体的相关知识点时,优先强调了内容的新,摒弃了陈旧不合时宜的成分。细心的读者几乎可以从每本书中发现这个特点,尤其是有关信息化技术的图书。比如在《如何使用电脑操作系统》一书中,就详细介绍了微软公司最新的 VISTA 操作系统。

其次是叙述语言的“简”。农民读者的文化结构决定了“三农”读物的行文特点。因此,本丛书在策划阶段就提出了“让农民朋友看得懂、用得上、学得会”的编写方针。这一方针指导着编写组所有成员在创作与编辑书稿时,注重并努力做到逻辑结构清晰自然、提问设计一目了然、语言表达言简意赅,真正契合“农家书屋”装备图书的要求。

再次是实践指导的“活”。本丛书全部采用问答式架构方式,弃用了可有可无的理念、原理、原则、意义等理论层面的内容,重点推介农民生活和农村、农业生产实际需求旺盛的知识点,以期凭突出的实用性、指导性、科学性和前瞻性,为广大农民提供强大的智力支撑。

最后是知识面的“全”。除了具备市场上早已成熟的传统种植、养殖类图书,还特意把更多的目光聚焦在了特种种植与养殖、法律法规、维修与加工、农民工工作与生活指导、生活保健等市场初兴的图书领域,以及创业经营、商服技术、生态农业、新能源技术等几乎被“三农”读物市场遗忘的角落,这将为促进农村文化整体建设起到积极的作用。

《新农村建设青年文库》从多个层面见证了这套丛书本身的优越性,是“三农”读物市场不可多得的一分子,是“农家书屋”工程不可多得的装备书,也是社会主义新农村建设不可多得的好帮手。诚然,由于出版时间仓促、编者水平有限等客观因素,洋洋数百册图书存在瑕疵也是在所难免的。但瑕不掩瑜,希望广大农民朋友和热心读者,能衷心喜欢上这套丛书。

丛书编委会

2008年7月



| | |
|-----------------------------|----|
| 1. 模具工业的发展前景如何? | 1 |
| 2. 模具可以分为哪两大类? | 2 |
| 3. 各类冷冲模有哪些成型特点? | 2 |
| 4. 各类型腔模有哪些成型特点? | 4 |
| 5. 模具材料应符合哪些工艺性能上的要求? | 5 |
| 6. 怎样选择模具材料? | 6 |
| 7. 常用模具材料有哪几种? | 8 |
| 8. 模具零件的毛坯主要有哪几种? | 11 |
| 9. 锻件毛坯在锻造时应注意哪些方面? | 12 |
| 10. 怎样制造铸件毛坯? | 13 |
| 11. 模具用铸件要达到哪些质量要求? | 14 |
| 12. 怎样去除铸件浇冒口? | 14 |



| | |
|------------------------------|----|
| 13. 铸件缺陷的修补常采取哪些方法? | 15 |
| 14. 普通热处理包括哪些工艺过程? | 17 |
| 15. 新的热处理工艺有哪些? | 18 |
| 16. 冲模热处理加工怎样安排工序? | 19 |
| 17. 冲模热处理加工应注意哪些方面? | 20 |
| 18. 锻模怎样进行热处理加工? | 20 |
| 19. 锻模热处理加工应注意哪两方面? | 22 |
| 20. 压铸模怎样进行热处理加工? | 22 |
| 21. 塑料模怎样进行热处理加工? | 24 |
| 22. 模具零件经热处理后要做哪些检测? | 26 |
| 23. 表面工程技术有哪些用途? | 27 |
| 24. 表面工程技术主要包括哪些种类? | 28 |
| 25. 模具表面渗碳技术有哪几种? | 28 |
| 26. 对模具表面进行喷丸强化有哪些好处? | 31 |
| 27. 怎样选择喷丸强化所需的弹丸? | 32 |
| 28. 选择喷丸强化工艺参数应注意哪些方面? | 32 |
| 29. 车削加工在模具制造中有哪些应用? | 33 |
| 30. 用于铣削加工的立铣刀有哪几种? | 35 |
| 31. 铣削加工在模具制造中有哪些应用? | 36 |
| 32. 磨削加工在模具制造中有哪些应用? | 38 |

| | |
|-------------------------------|----|
| 33. 怎样利用牛头刨床加工型面? | 38 |
| 34. 怎样利用龙头刨床加工型面? | 39 |
| 35. 怎样进行仿形刨床加工? | 41 |
| 36. 仿形刨床加工应注意哪些方面? | 43 |
| 37. 常用的坐标磨床有哪几种? | 44 |
| 38. 坐标磨床的磨削机构有哪几种运动? | 44 |
| 39. 怎样选择坐标磨床的基本参数? | 46 |
| 40. 坐标磨床的典型磨削方法有哪些? | 47 |
| 41. 什么是化学腐蚀加工? | 48 |
| 42. 怎样进行照相腐蚀加工? | 49 |
| 43. 电火花加工有哪些类型? | 52 |
| 44. 电火花加工在模具制造中有哪些应用? | 53 |
| 45. 小孔电火花加工有哪些技术要点? | 53 |
| 46. 电火花型腔加工有哪些方式? | 56 |
| 47. 怎样利用电火花线切割加工模具零件? | 58 |
| 48. 怎样正确选择电火花线切割工艺参数? | 60 |
| 49. 超声加工有哪些特点? | 62 |
| 50. 超声加工在模具制造中有哪些应用? | 63 |
| 51. 哪些因素会影响超声加工速度? | 64 |
| 52. 哪些因素会影响超声加工精度和表面质量? | 65 |

| | |
|------------------------------|----|
| 53. 电化学加工有哪些应用? | 67 |
| 54. 什么是电解加工? | 68 |
| 55. 电解加工有哪些优点与局限性? | 69 |
| 56. 电解加工有哪些技术要点? | 70 |
| 57. 怎样进行挤压铸造? | 71 |
| 58. 怎样进行陶瓷型铸造? | 72 |
| 59. 塑料模具抛光有哪些方法? | 75 |
| 60. 精密模具镜面加工主要采用哪种抛光法? | 77 |
| 61. 模具机械抛光有哪些基本程序? | 78 |
| 62. 砂纸机械抛光要注意哪些问题? | 79 |
| 63. 钻石研磨抛光要注意哪些问题? | 80 |
| 64. 哪些因素影响模具抛光质量? | 81 |
| 65. 模具装配有何重要性? | 82 |
| 66. 模具装配的组织形式有哪几种? | 83 |
| 67. 模具装配常采取哪些方法? | 84 |
| 68. 装配模具前要做哪些准备工作? | 86 |
| 69. 模具装配时怎样调整凸、凹模间隙? | 86 |
| 70. 压铸模总体装配精度有哪些技术要求? | 88 |
| 71. 冲模调试可达到哪些目的? | 90 |
| 72. 冲模调试包括哪些内容? | 91 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 73. 冲模试模前有哪些技术要求? | 91 |
| 74. 怎样鉴定模具技术状态? | 92 |
| 75. 怎样进行模具的维护与保养? | 94 |
| 76. 模具修理工主要有哪些职责? | 95 |
| 77. 维修模具常使用哪些设备与工具? | 96 |
| 78. 模具修配流程包括哪些步骤? | 97 |
| 79. 怎样修复冲裁模工作零件? | 97 |
| 80. 怎样修复变形工序类冲模工作零件? | 100 |
| 81. 怎样修复冲模定位和导向零件? | 101 |
| 82. 怎样修复冲模紧固零件? | 102 |
| 83. 锻模损坏的原因有哪些? | 103 |
| 84. 怎样对锻模进行随机维修? | 104 |
| 85. 怎样进行锻模翻修? | 105 |

1. 模具工业的发展前景如何?

模具是工业生产中应用十分广泛的工艺装备。采用模具生产零件,有利于提高生产效率、节约原材料和降低生产成本。

模具工业在发达国家发展十分迅速,其发展速度已经超过了机床、汽车、电子等行业。模具制造技术,特别是制造精密、复杂、大型、长寿命模具的技术,已成为衡量一个国家机械制造水平的重要标志之一。模具工业发展潜力巨大,前景广阔。

我国经济发展迅速,模具需求量逐年加大。在各行业中,我国模具制造水平与发达国家相比有较大差距,如精密模具加工设备比较少,许多先进的技术如 CAD/CAE/CAM 技术的普及率还不高,特别是大型、精密、复杂和长寿命模具的制造技术相对落后。

21 世纪模具行业的基本特征是高度集成化、智能化和网络化;发展方向是充分运用 IT 技术发展模具设计、模具制造;追求的目标是提高产品质量及生产效率,缩短设计及制造周期,降低生产成本,最大限度地提高模具行业的应变能力,满足经济发展的需要。

2. 模具可以分为哪两大类?

在现代机械制造业及日用品、轻工产品等生产中,用各种压力机和装在压力机上的专用工具,通过压力把金属或非金属材料制成所需形状的零件或制品,这种专用工具统称为模具。

模具在生产中应用非常广泛,是成型加工的基础。模具种类较多,按材料在模具内成型的特点,可以分为冷冲模和型腔模两大类。其中,冷冲模又可以分为冲裁模、拉深模、弯曲模、成型模和立体冲压成型模等;型腔模又可以分为锻模、压铸模、塑料模、橡胶成型模和粉末冶金模等。

3. 各类冷冲模有哪些成型特点?

在常温下,把金属或非金属板料放入模具内,通过压力机和安装在压力机上的模具对板料加压,使板料发生分离或变形制成所需的零件,这类模具称为冷冲模。各类冷冲模的成型特点如下所述:

(1) 冲裁模。①切断模,将材料以敞开的轮廓分开,得到平整的零件;②剖切模,将平的、弯曲或空心坯件分离成两部分或几部分;③落料模,将材料以封闭的轮

廓分开，得到平整的零件；④整形模，将平件边缘预留的加工余量去掉，以求得准确尺寸及光滑垂直的剪裂断面；⑤冲孔模，将零件内的材料以封闭轮廓分开，使零件得到孔；⑥修边模，将平的、空心的或立体实心零件多额外边切掉；⑦切口模，将零件以敞开的轮廓分开，但不分离成两部分。

(2) 拉深模。①拉伸模，将毛坯通过模具压成任意形状的空心零件或改变形状、尺寸，但料厚不变；②双动拉延模，将平板毛坯在双动压力机上拉延，得到曲线形空心件或覆盖件；③变薄拉深模，减小直径或壁厚以改变空心毛坯尺寸。

(3) 弯曲模。①压弯模，将平整的毛坯通过模具压成弯曲形状；②扭曲模，将毛坯的一部分与另一部分对转一个角度，弯成曲线形；③卷边模，将毛坯边缘按一定半径弯曲成弧形。

(4) 成型模。①成型模，采用材料局部拉深的方法，形成局部凸起和凹印；②胀形模，将空心件或管状毛坯，由里面用径向拉伸的方法加以扩张；③整形模，将原先压弯或拉深的零件通过模具压成所需的形状；④翻边模，用拉深的办法使原冲孔的孔边形成凸缘；⑤缩口模，将空心件或管状毛坯的端部由外向内压缩，使口径缩小；⑥校平模，将零件不平的表面通过模具压平。

(5) 立体冲压成型模。①压印模，采用将金属局部利用模具挤走的办法，在零件表面形成花纹、文字和符号等；②冷镦模，利用模具将金属体积做重心分布，使其局部变粗，形成所要求的形状；③冷挤压模，利用模具将一部分金属冲挤到凸、凹模间隙内，使厚的毛坯变成薄壁空心零件；④冲中心模，采用冲针在零件表面上冲出浅窝，备以后钻孔用。

4. 各类型腔模有哪些成型特点？

把经过加热或熔化的金属或非金属材料，通过压力送入模具型腔内，待冷却后，按型腔表面形状形成所需的零件，这类模具统称为型腔模。各类型腔模的成型特点如下所述：

(1) 锻模。将金属毛坯加热后放在模膛内，利用锻锤压力使材料发生塑性变形，充满模膛后形成所需的锻件。

(2) 压铸模。将熔化的金属合金放入压铸机的加料室中，用压铸和活塞加压后进入模具型腔而形成零件。

(3) 塑料模。①注射模，将塑料放入注射模料筒中，加热使其熔化成流动状态，再以很大的速度和压力推入模具型腔中，冷却后形成零件；②压缩模，将塑料放在

模具型腔中，在压力机上加热加压，使软化后的塑料充满型腔，保持一定的时间后硬化成零件制品；③挤出模，将塑料放入模具的专用加料室内，在压力机上加热、加压，再经过浇注系统挤入模腔内，固化后形成零件。

(4) 橡胶成型模。将塑料直接装入模具型腔内，在平板硫化机或压力机上加压、加温，使其在受热、受压下充满型腔，硫化后形成零件。

(5) 粉末冶金模。将混料后的合金粉末或金属粉末放入模具型腔内进行高压成型，经烧结后得制品零件。

5. 模具材料应符合哪些工艺性能上的要求？

(1) 可锻性。具有较低的热锻变形抗力，塑性好，锻造温度范围宽，断裂、冷裂及析出网状碳化物倾向低。

(2) 退火工艺性。球化退火温度范围宽，退火硬度低且波动范围小，球化率高。

(3) 切削加工性。切削用量大，刀具损耗低，加工表面粗糙度低。

(4) 可磨削性。砂轮相对损耗小，无烧伤极限磨削用量大，对砂轮质量及冷却条件不敏感，不易发生磨伤及磨削裂纹。

(5) 氧化、脱碳敏感性。高温加热时抗氧化性能好，脱碳速度慢，对加热介质不敏感，产生麻点倾向小。

(6) 淬硬性。淬火后具有均匀而高的表面硬度。

(7) 淬透性。淬火后能获得较深的淬硬层，采用缓和的淬火介质就能淬硬。

(8) 淬火变形开裂倾向。常规淬火体积变化小，形状翘曲、畸变轻微，异常变形倾向低。常规淬火开裂敏感性低，对淬火温度及工件形状不敏感。

6. 怎样选择模具材料？

好的模具材料应具有以下特征中的一种或几种：

(1) 高硬度。硬度是指金属材料抵抗硬物压入其表面的能力，比较常用的衡量指标有布氏硬度（HB）和洛氏硬度（HRA、HRB、HRC）。

(2) 高强度。这有助于防止模具因载荷过高而损坏。影响材料强度的因素主要有钢中碳和合金元素的含量、碳化物颗粒的大小及分布的均匀性、晶粒的大小等。

(3) 高耐磨性。模具材料的抗磨损性能高，那么模具的使用寿命也长。一般来讲，硬度越高，耐磨性越好。

(4) 强韧性。这有助于防止模具由于强冲击、偏心弯曲载荷、疲劳应力集中而折断或开裂。控制钢的含碳

量、淬透性和晶粒度，可有效提高材料的韧度；不宜采用降低硬度的方法来增加韧度。

(5) 足够的耐热性。模具工作温度较高，容易产生热裂纹或塑性变形而失效。因此，要求模具材料在工作温度下具有较高的热硬性和高温硬度。

(6) 高耐蚀性。有些模具如塑料模在工作时，由于塑料受热后分解析出 HCl、HF 等强侵蚀性气体，侵蚀模具型腔表面，加大其表面粗糙度，加剧磨损失效。因此，要求模具材料有较高的耐蚀性。

(7) 良好的工艺性。模具的制造一般都要经过锻造、切削加工、热处理等几道工序。因此，模具材料应具有良好的可锻性、切削加工性、淬硬性、淬透性及可磨削性；还应具有小的氧化、脱碳敏感性和淬火变形开裂倾向。

表 1 模具材料的选择标准

| 条件 | 模具材料需要的性能 |
|---|---|
| 作用在模具上的冲击载荷大 沿模具表面的流动变形大 变形抗力大 模具形状复杂 模具尺寸大 生产量大 | 韧度好 耐磨性好 韧度、耐磨性好 韧度好、热处理变形小 低价格、便于加工、处理 耐磨性好 |

在多数情况下，要使得一种材料具备以上列举的全

部要求是不可能的，也是没有必要的。应根据具体情况选择最符合使用条件的模具材料。选择的大致标准见表1。

7. 常用模具材料有哪几种？

根据工作条件的不同，模具材料可分为金属在常温（冷态）下成型的材料，称为冷作模具钢；在加热状态下成型的材料，称为热作模具钢或压铸模具钢。目前模具材料主要有以下几种：

（1）碳素工具钢。碳素工具钢都是高碳钢，含碳量为0.7%~1.4%，主要牌号有T7、T7A、T8、T8A、T10、T12、T12A等。这类钢切削性能良好，淬硬性和耐磨性较高，但其淬透性差，淬透时需急冷，变性开裂倾向大，回火稳定性差，热硬性低。适用于制造尺寸小、形状简单的冷作模具。

（2）合金工具钢。合金工具钢是在碳钢的基础上加入一种或几种合金元素而制成的钢。常用合金工具钢有以下两大类：①低合金工具钢，含有一定的合金元素，与碳素工具钢相比，经淬火后有较高的强度和耐磨性，淬透性好，热处理变形小，回火稳定性好。模具中常用牌号有CrWMn、9Mn2V、9SiCr、GCr15、5CrMnMo、

5CrNiMo等，适合于各种类型的成型零件；5CrMnMo钢尤其适于制造大型的成型零件。②高合金工具钢，合金元素含量较高，其淬透性、耐磨性显著增加，热处理变形小，广泛用于承载大、冲击多、工件形状复杂的模具。常用的冷作模具钢有Cr12、Cr12MoV；热作模具钢有3Cr2W18、3Cr2W8V等。

(3) 高速钢。高速钢目前常用钨系高速钢(WC) W18Cr4V和钼系高速钢(MoC) W6Mo5Cr4V2。高速钢具有良好的淬透性，在空气中即可淬硬，在600℃左右仍保持高硬度、高强度和良好的韧性、耐磨性。高速钢含有大量的碳化物，且分布不均匀，不能用热处理的方法消除，必须反复锻造以使其均匀分布在基体上。高速钢淬火后含有大量残余奥氏体，需经多次回火以使其大部分转变为马氏体，并使淬火马氏体析出弥散碳化物，提高硬度，减少变形。回火时应避开300℃左右的回火脆性区。高速钢适用于制造冷挤压模和热挤压模。

(4) 铸铁。铸铁的铸造性能好，容易成型，具有优良的减振性、耐磨性和切削加工性，铸造工艺与设备简单。除灰铸铁可用在制造冲模上、下模座外，还可以代替模具钢制造模具主要工作部分的受力零件。

(5) 硬质合金。常用硬质合金有钨钴类(YG)、钨钴钛类(YT)和万能硬质合金(YW)三类。钨钴类强

度较高，韧性较好；钨钴钛类则具有较好的热硬性和抗氧化性。随着含钴量的增加，硬质合金承受冲击载荷的能力逐渐提高，但硬度和耐磨性下降。制造模具主要采用钨钴类硬质合金，可用于制造高速冲模、冷热挤压模等。

表2 新型模具钢

| 钢 号 | 特 点 及 应 用 |
|------------------------|--|
| 3Cr3W2V (HM1) | 高温强度、热稳定性及热疲劳性都较好，用于高速、高载、水冷条件下工作的模具，提高模具寿命 |
| 5Cr4Mo3SiMnVA1 (012A1) | 屈服点高，高温强度及热稳定性好，适用于高温、大载荷下工作的模具，提高模具寿命 |
| 6Cr4Mo3Ni2WV (CG2) | 高温强度及热稳定性好，适用于小型热作模具，模具寿命高 |
| 65Cr4W3Mo2VNb (65Nb) | 高的冲击韧性，是冷热作模具兼用钢，提高模具寿命 |
| 6W8Cr4VTi (LM1) | 高的冲击韧性，屈服点和断裂强度，在抗压强度与W18Cr4V钢相同时，高于W18Cr4V钢。用于工作在高压、大冲击力下的冷作模具，提高模具寿命 |
| 6Cr5Mo3W2VSiTi (LM2) | 高的冲击韧性，用于大载荷下的冷作模具，提高模具寿命 |
| 7Cr7Mo3V2Si (LD) | 高的冲击韧性，用于大载荷下的冷作模具，提高模具寿命 |
| 7CrSiMnMoV (CH-1) | 韧性好，淬透性高，可用火焰淬火，热处理变形小，适用于低强度冷作模具零件 |
| 8Cr2MnWMoVS1 (8Cr2S) | 预硬化钢，易切削，提高塑料模寿命 |
| Y55CrNiMnMoV (SM1) | 预硬化钢，用于有镜面要求的热塑性塑料注射模 |
| Y20CrNi3AlMnMo (SM2) | 用于形状复杂、精度要求高、产量大的热塑性塑料注射模 |
| 5CrMnMoVSCa (5NiSCa) | |
| 4Cr6Mo2MnVS1 (Y10) | 用于压铸铝合金 |
| 3Cr3Mo3VNb (HM3) | |
| 4Cr3Mo2MnVNbB (Y4) | 用于压铸铜合金 |
| 120Cr4W2MoV | 用于要求长寿命的冲裁模 |

(6) 新型模具钢。这类钢具有高的冲击韧性、屈服点和断裂强度，其高温强度、热稳定性及热疲劳性都较

好，可提高模具的寿命。常用国内外新型模具钢特点及应用见表2。

8. 模具零件的毛坯主要有哪几种？

(1) 型材。主要有板材、棒材、线材等。就其制造方法，又可分为两大类：热轧型材尺寸较大，精度较低，用于一般的模具零件；冷拉型材尺寸较小，精度较高，主要用于毛坯精度要求较高的中小型零件。

(2) 铸件。对形状较复杂的毛坯，一般可用铸造方法制造。目前大多数铸件采用砂型铸造，对尺寸精度要求较高的小型铸件，可采用特种铸造，如永久型铸造、精密铸造、压力铸造、熔模铸造等。

(3) 锻件。锻件类毛坯内部组织细密，碳化物和锻造流线分布合理，热处理性能较好，使用寿命延长，常用于受力复杂的重要钢质零件。

(4) 焊接件。其优点是制造简单、生产周期短、节省材料、减轻重量；但其抗振性较差，变形大，需经时效处理后才能进行机械加工。

在选择模具零件毛坯时，为方便毛坯加工，应尽量选用型材；为提高毛坯的力学性能，则宜采用锻件；为降低成本，大型零件的毛坯常用铸件、锻件、焊接件等。

9. 锻件毛坯在锻造时应注意哪些方面?

一般对于模具主要零件,其坯料应采用改锻工艺,即坯料在锻造时经多次锻粗和拔长,有利于改善其热处理性能和提高使用寿命。锻造过程中的注意事项见表3。

表3 模具零件锻造注意事项

| 项目 | 注意事项 |
|-------|--|
| 锻压设备 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 应根据锻件的不同重量,适当选择模锻锤的吨位 2. 锻造前应将锤头和锤钳预热 |
| 坯料准备 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 坯料下料时应以冷锯为宜 2. 根据各类模具不同要求,在选用原材料时分别考虑碳化物偏析等级 |
| 坯料加热 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 加热时应缓慢进行,防止急热加热,以免产生过烧现象 2. 加热时,严格控制上限温度。如发现温度过高,应在炉内进行降温后再进行锻压 3. 多件加热时,件与件之间要有间隙,在加热过程中要经常翻动 |
| 坯料的锻打 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 锻造时,首先要轻打,去掉氧化皮后再按工艺要求锻造。锻拔时的坯料一定要放置正确,以免使坯料被打跑伤人 2. 锻粗时,先进行锻粗和倒角,然后再锻粗,要经常翻转180°。当发现弯曲时,应及时校正,以防折叠产生废品 3. 拔长时,每锤进给量不宜过大,以30~40mm为宜。拔长过程中如边角产生裂纹,应马上剔除再进行锻打。锻件不能拔得过长,一般要小于坯料长度的3倍 |
| 锻件冷却 | <p>锻造成型的坯件,应放于石灰箱或砂坑内,最好放于400℃~650℃保温炉中进行保温,使之缓慢冷却</p> |

10. 怎样制造铸件毛坯?

为避免铸件出现气孔、砂眼等缺陷,应严格遵守铸件工艺要求,具体要求见表4。

表4 铸件工艺要求

| 工艺要点项目 | 说 明 |
|---------------|---|
| 铸造分型面的选择 | 1. 铸件分型面应能使铸件获得质量优良的表面和致密的断面组织 2. 铸造分型面要满足造型操作方便、模样制造容易的要求 |
| 铸件收缩尺寸及机械加工余量 | 1. 铸铁件收缩率为1%;铸钢件为2% 2. 机械加工余量铸造工艺和造型方法有关 |
| 浇注系统 | 1. 铸铁件设置浇注系统时,应使铁水能平稳、分散注入型腔,以减少对型腔的冲击和避免产生砂眼、气孔、缩孔缺陷 2. 浇注系统的设置,应具有一定的阻碍熔渣流过的能力 3. 铸钢件浇注系统的截面应比铸铁件浇注系统的截面大 |
| 冒口与覆盖物 | 1. 铸件采取冒口来补缩。冒口的形状有圆柱形、圆锥形和扁球形三种形状 2. 为增强冒口补缩效果,冒口上方应覆盖稻草灰等绝热物。铸铁可覆盖焦炭粉、硅铁粉等热材料 3. 在冒口完全冷凝前,应注意捣动冒口 |
| 冷铁使用 | 为使铸铁致密、减少冒口容积,可在铸型内适当放内、外冷铁来调节各部位冷却速度 |
| 熔炼及浇注 | 1. 普通灰铸铁及球墨铸铁采用冲天炉熔炼 2. 合金铸铁采用电炉熔炼 1) 配料时,碳应取上限,硅应比下限低1% 2) 熔炼中应严格控制炉温,防止过热。出炉温度应控制在1400℃左右 3) 为防止铸件出现白口,出炉时应在铁水包中冲入0.02%的硅铁粉作为孕育剂 4) 浇注温度应控制在1200℃~1300℃之间 3. 浇注时应在包内挡好炉渣,做到快速充注铸型,待浇到冒口时,应缓慢冲填,尽可能向冒口内直接注入热铁水 |

11. 模具用铸件要达到哪些质量要求？

各种模具铸件大致可分为三大类：①底板、模座、框架类零件，如冷冲模底板、锻造用的剪切模座、压力机模座以及大型塑压模框架等；②大型拉深模零件；③锻模模体及电渣堆焊复合锻模需用的板极等。

模具用铸件的质量应达到以下要求：

(1) 铸件表面质量要求。①铸件表面应清砂处理，去除残留砂子和其他杂物；②铸件表面的夹砂结疤应去除干净；③应去除铸件上的飞边和毛刺，其残留高度不大于1~3毫米。

(2) 铸件内部质量要求。①铸件内部特别是邻近工作面处，不允许有气孔、砂眼、裂纹等缺陷；②热锻模模体及受冲击负荷较大的铸件，应采用磁力、超声波等方法检验内部质量。

12. 怎样去除铸件浇冒口？

在铸造工艺中，浇口有除渣、整流和输送金属液体的功能，而冒口则主要用来补缩，防止铸件出现缩孔和缩松现象；但在铸件成型后，往往要将烧冒口去掉。去除铸件烧冒口可采取以下方法：

(1) 锤击敲断法。该法适用于各种铸件，操作简单，但劳动强度大，生产效率低。对于大型铸铁件，应先在浇冒口的根部锯槽，再用吊车锤击掉。要注意锤击方向，以免损坏铸件。去掉浇冒口后，一般要用电弧气刨或砂轮机对浇冒口痕迹进行打磨和表面光饰。

(2) 氧-乙炔焰气割法。该法主要用于大中型球墨铸铁件和铸钢件，工具简单，属半手工操作，生产效率较低，切割表面的硬度和脆性有所增大。

(3) 电弧气刨法。该法适用于球墨铸铁、合金铸铁、灰铸铁及中小型铸钢件，属于半手工操作，生产效率高，劳动强度低，也不影响机械加工。

(4) 等离子切割法。该法适用于各种铸件，需专用等离子切割设备，生产效率高，切割表面的硬度和脆性有所增大。

(5) 机械切割法。该法适用于铝、铜合金铸件，操作简单，但劳动强度大，生产效率低。常用的切割机械有弓锯、带锯和圆盘锯，也有时用高强度砂轮和铣刀。

13. 铸件缺陷的修补常采取哪些方法？

气孔、砂眼、夹渣、裂纹、凹坑等常见铸件缺陷，其中 80% 左右都可以修复。修补时可采用铸工胶水和焊

补法，尤以焊补法更为常用。焊补修复法采用金属填充料（焊材一般与铸件材质相匹配），焊补处性能基本可以达到母材的标准，且操作简单，焊补效率高。目前用于铸件缺陷修复的焊机主要有以下三种：

（1）电焊机。这是铸铁、铸钢件焊补多采用的传统方式，可修复较大缺陷，效率高；但焊后焊点的硬度过高，产生内应力，容易出现裂纹，一般还需要退火热处理才可以满足加工要求，而且因焊接条件限制，内部容易产生气孔、夹渣等二次缺陷。

（2）氩弧焊。精密铸件（合金钢、不锈钢精铸件）、铝合金压铸件多采用氩弧焊机焊补。部分模具制造和修复厂家，也采用该焊机修复模具缺陷。该法焊补效率高，精度较电焊机高；但用于气孔、砂眼等小缺陷修复时，因冲击过大，熔池边线有痕迹。由于热影响大，焊补有色铸件或薄壁件时，易产生热变形。

（3）冷焊机。这是 21 世纪初新诞生的修复技术，因焊补过程中工件产生热量极小，被称为冷焊机。按照修补产品分为贴片机和电火花堆焊修复机，其共同的缺点是焊补效率不如电焊机和氩弧焊机高，但在修复毫米级缺陷和加工面缺陷时，其优势突出。

14. 普通热处理包括哪些工艺过程？

(1) 退火是将钢加热到一定温度后保温一定时间，并随之缓慢冷却下来。其目的在于降低钢的硬度，提高塑性，改善加工性能，细化晶粒，消除内应力，为以后的热处理工艺作准备。退火的方法有以下三种：①完全退火，能够细化晶粒，消除热加工造成的内应力，降低硬度；②球化退火，可降低钢材硬度，提高塑性，改善切削性能，为淬火做好准备；③去应力退火，又称低温退火，其目的是在加热状态下消除铸件、锻件、焊接件的内应力。

(2) 正火是将钢加热到 A_3 线或 A_{cm} 以上 $40^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ ，达到完全奥氏体化和奥氏体均匀化后，一般在自然流通的空气中冷却。通过正火细化晶粒，钢的韧性可以显著提高。

(3) 淬火是通过加热和快速冷却的方法，使工件在一定的截面部位上获得马氏体或下贝氏体，回火后达到要求的力学性能。目的是为了提高工件硬度、耐磨性以及其它力学性能。

(4) 回火是将淬火工件加热到低于临界点以下某一温度并保持一定时间，然后进行冷却。其目的是改变工

件淬火组织，提高其强度、韧性综合性能，还可消除工件淬火应力和回火中的组织转变应力。

15. 新的热处理工艺有哪些？

为提高热处理质量，做到硬度合理、均匀、无氧化、无脱碳、消除微裂纹，避免模具的偶然失效，进一步挖掘材料的潜力，从而提高模具的正常使用寿命，可采用一些新的热处理工艺，具体如下所述：

(1) 组织预处理。在模具淬火之前，对模具的材料进行均匀化处理，以便在淬火后得到细针状马氏体+碳化物+残留奥氏体的显微组织，从而使材料的抗压强度和断裂韧性大大提高。

(2) 真空热处理。这种加热方式借助于发热元件的辐射进行，可使工件受热均匀，而且零件无脱碳、变形小，有效提高模具寿命。

(3) 冰冷处理。淬火后冷到常温以下的处理称为冰冷处理。该法实用价值较高，可使精密零件尺寸稳定，避免相当多的残余奥氏体因不稳定而转为马氏体。

(4) 高温淬火+高温回火。高温淬火可使中碳低合金钢获得更多的板条马氏体，从而提高模具的强韧性；对于高合金钢，可使更多的合金元素溶入奥氏体，提高

淬火组织的抗回火能力和热稳定性。高温回火又可得到回火索氏体组织，使韧性提高，从而提高模具寿命。

(5) 贝氏体等温淬火。贝氏体或贝氏体+少量回火马氏体具有较高的强度、韧性综合性能，热处理变形较小，对要求高强度、高韧性的冷冲模、冷挤压模，可提高其使用寿命。

16. 冲模热处理加工怎样安排工序？

在模具制造中，由于加工方法及加工所使用的设备不同，热处理工序安排次序也不同。在生产中，根据冲模的复杂程度，其热处理工序安排如表5所示。

表5 冲模热处理工序安排

| 模具状态 | 工序安排 |
|--------------|--|
| 一般冲模 | 锻造→退火→机械加工成型→淬火与回火→钳工修整 |
| 采用成型磨削及电加工工艺 | 锻造→退火→机械粗加工→淬火或回火→精加工（凸模成型磨削、凹模电加工）→钳修装配 |
| 复杂冲模 | 锻造→退火→机械粗加工→高温回火或调质→机械加工成型→淬火或回火→成型磨削与电加工成型→钳工修配 |
| 旧模翻新 | 高温回火（或退火）→加工成型→淬火与回火→钳修装配 |

17. 冲模热处理加工应注意哪些方面?

(1) 热处理变形尽量要小。这是因为热处理变形会使冲裁间隙发生变化, 影响冲裁力乃至制件质量; 还会造成用以连接和固定凹模的定位销孔孔距发生变化, 给装配带来困难, 影响冲模的装配精度。

(2) 热处理后的零件表面, 不允许有脱碳层或强渗碳层。若表面有脱碳层, 会使表面硬度降低, 容易产生磨损; 若表面有强的渗碳层, 则会增加脆性, 易于崩裂。

(3) 热处理淬火时, 最好采用下限温度加热。这样做既可减少变形又可以提高韧性。

(4) 为提高冲模耐用度, 应在使用中采用周期回火处理。这样可减少冲裁工艺形成的拉应力。

(5) 零件若选用电火花线切割加工, 则淬透性要高, 淬硬层要深, 并要求热处理后内应力最小。内应力越小, 线切割变形和开裂的可能性就越小。因此, 在热处理工艺中, 经电加工的零件常要采用分级淬火或多次回火和高温回火的工艺, 以增加其淬透性, 减少内应力。

18. 锻模怎样进行热处理加工?

(1) 锻模工作零件热处理工序安排见表 6。

表6 锻模工作零件热处理工序安排

| 模具状态 | 工序安排 |
|--------|---|
| 一般锻模 | 锻造→机械粗加工→精加工成型→淬火及回火→钳工修配、抛光、组装 |
| 堆焊锻模 | 铸坯→机械粗加工→堆焊→退火（高温回火）→精加工成型→淬火及回火→精加工→钳修抛光 |
| 锻模利用翻新 | 退火→成型加工→淬火→精加工抛光、重新装配 |

(2) 锻模热处理工艺规范见表7。

表7 锻模热处理工艺规范

| 工序名称 | | 材 料 | | |
|------|-----------|--|--|------------------------------------|
| | | 5CrNiMo | 5CrMnMo | 4CrMnSiMoV |
| 锻造 | | 加热温度1100℃~1150℃；始锻温度1050℃~1100℃；终锻温度800℃~850℃；缓冷（坑冷或砂冷）至150℃~200℃，空冷 | | |
| 退火 | | 温度：780℃~800℃，4h~6h后炉冷（≤50℃/h）至500℃后空冷 | 温度：850℃~870℃，炉冷至680℃，4h~6h后，炉冷至500℃，出炉空冷 | 升温850℃~870℃，3h~4h炉冷至（≤50℃/h）后，出炉空冷 |
| 淬火 | | 装炉温度650℃，预热。预热时间按锻模的高度0.6min/mm计算，后加热至淬火温度 | | |
| | | 830 ~ 860 | 820 ~ 850 | 870 ~ 890 |
| | | 保温时间按0.8min/mm~1.0min/mm计算，没有预热按1.0min/mm~1.5 min/mm计算 | | |
| 回火 | 490℃~510℃ | HB415 ~ HB444 | HB387 ~ HB444 | — |
| | 600℃~620℃ | — | HB321 ~ HB364 | HB361 ~ HB387 |

19. 锻模热处理加工应注意哪两方面?

(1) 锻模一般是在工作型面加工好了之后进行热处理, 故在淬火加热过程中, 应特别注意防止氧化和脱碳。常采用以下方法: 在处理前使型面朝下, 放入预先铺满一层焙烧的生铁屑与木炭的铁箱中, 在其周围用耐火土封严, 然后再进行淬火处理。

(2) 锻模燕尾处, 为避免裂纹或冲击时折断, 要求有较高的塑性与韧性。因此, 在整个锻模淬火加热之后、淬入油中之前, 在燕尾部分盖上一个用 1.5~2.5 毫米厚钢板焊制的铁箱后再淬入油中。这样尾部由于不接触油, 故不需退火, 并且可以达到所需的硬度。

20. 压铸模怎样进行热处理加工?

(1) 压铸模主要零件热处理工序安排见表 8。

表 8 压铸模主要零件热处理工艺工序安排

| 零件加工方法 | 工艺工序安排 |
|-----------------|---------------------------------------|
| 一般压铸模 | 锻造→退火→机械粗加工→稳定处理→精加工成形→淬火及回火→钳工→修配→发蓝 |
| 形状复杂、变形不易控制的压铸模 | 锻造→退火→机械粗加工→调质→精加工成形→钳工→修配→渗氮→研磨抛光 |

(2) 压铸模热处理工艺规范见表9。

表9 压铸模热处理规范

| 工序 | 工艺规范 | 钢 号 | | |
|----------|--------|--|---|--|
| | | 3Gr2W8V | 4CrW2Si | 30CrMnSi |
| | 始锻温度/℃ | 1150 | 1160~1180 | 1160~1180 |
| | 终锻温度/℃ | 850~950 | 820~870 | 800~850 |
| 退火 | 加热温度/℃ | 830~850 | 800~820 | 840~880 |
| | 保温时间/h | 2~4 | 2~3 | 2~4 |
| | 冷却方式 | 500℃时, 空冷 | 炉冷至2h~3h后 至500℃空冷 | 炉冷至600℃ 时空冷 |
| 高温 回火 | 加热温度/℃ | 720~740 | 750~780 | 700~720 |
| | 保温时间/h | 2~3 | 2~4 | 2~3 |
| | 冷却方式 | 空冷 | 空冷 | 空冷 |
| 淬 火 | 加热温度/℃ | 400~500(1.5min/ mm~2min/mm) 800 850(1min/mm~1.2 min/mm) 1050~ 1100(2min/mm~ 2.5min/mm) | 400~500(30~ 50min) 860~ 900 | 400~500(30~ 60min) 880~ 900(0.3min/ mm) |
| | 冷却方法 | 复杂模具: 冷至830℃ ~850℃→560℃~ 620℃低温盐浴停留 3min~5min→空冷或 油冷至100℃~200℃ 简单模具: 冷至830℃ ~850℃→油冷至 100℃~200℃ | 简单模具: 用油 冷至200℃~300℃ 后空冷 复杂模具: 180℃ ~200℃用硝酸盐分 级(5mm/min~ 10mm/min) 后空 冷 | 油冷 |
| | 硬度 HRC | >50 | 40~50 | 46~52 |
| | 回火 | | | |
| | 加热温度/℃ | 560~580 | 450~500 | 330~450 |
| | 保温时间/h | 1~3 | 1~3 | 1~3 |
| | 冷却方式 | 油冷 | 油冷 | 油冷 |
| | 硬度 HRC | 44~48 | 40~45 | 42~48 |

(3) 压铸模热处理加工的注意事项。一般来讲, 模具表面硬度越高, 耐磨性就越好, 而且不会使液体金属

粘附在模腔上；而且韧软的芯部和高硬度的表面能使压铸模具有良好的性能。为了提高表面硬度，可以进行化学热处理，比如对 3Cr2W8V 钢制压铸模，可进行液体碳氮共渗；对 38CrMoAlA 钢制压铸模零件，可进行渗氮；对 12CrNi3A 钢制模具零件可进行渗碳、淬火。

21. 塑料模怎样进行热处理加工？

(1) 塑料模主要零件热处理工序安排见表 10。

表 10 塑料模主要零件热处理工序安排

| 零件加工方式 | 材料 | 工序安排 |
|-------------|-------------------------------|--|
| 采用冷挤压成形模具 | 10, 20 20Cr | 锻造→正火或退火→粗加工→冷挤压型腔（多次挤压时，中间需退火）→机械加工成形→渗碳或碳氮共渗→淬火及回火→钳修抛光镀铬→钳工装配 |
| 点接淬硬 | T7A, T10A CrWMn 5CrMnMo | 锻造→退火→机械粗加工→调质高温回火→精加工与回火→钳修抛光→镀铬→钳工装配 |
| 精加工在调质后进行 | 各种材料 | 锻造→退火→机械粗加工→调质→精加工成形→钳修抛光→镀铬（其他表面硬化处理）→钳工装配 |
| 采用合金渗碳钢制作模具 | 12CrNi3A 18CrMnTi | 锻造→正火+高温回火→精加工成形→渗碳→淬火，回火→钳修抛光→镀铬→钳工装配 |

(2) 塑料模热处理工艺规范见表 11。

(3) 塑料模热处理加工的注意事项。①塑料模成型后, 尺寸一般不会再发生变动, 所以塑料模不要求整体淬硬, 只要表面有一定深度的淬硬层即可, 中心则应保持较高的韧性和强度; ②在热处理时, 要防止工件氧化和脱碳, 以免影响产品质量。

表 11 塑料模热处理工艺规范

| 工序安排 | 工艺规范 | 钢材型号 | | | | | |
|------|-----------------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|
| | | 20 | 20Cr | 45 | 12CrNi7 | CrWMn | 18CrMnTi |
| 正火 | 加热温度/°C | 890~920 | 870~900 | — | 885~940 | — | 950~970 |
| | 加热时间/h | 透烧 | 透烧 | — | 透烧 | — | 透烧 |
| | 冷却方式 | 空冷 | 空冷 | — | 空冷 | — | 空冷 |
| 退火 | 加热温度/°C | 880~900 | 860~890 | 820~840 | 870~900 | — | — |
| | 保温时间/h | 2~4 | 2~4 | 2~4 | 3~4 | — | — |
| | 冷却速度 /(°C/h) | ≤100 | ≤80 | ≤100 | ≤50 | — | — |
| 高温回火 | 加热温度/°C | 680~720 | 700~720 | 680~720 | 650~680 | — | — |
| | 加热时间/h | 1~2 | 1~2 | 1~2 | 2~3 | — | — |
| | 冷却方式 | 炉冷 空冷 | 炉冷 空冷 | 炉冷 空冷 | 空冷 | — | — |
| 淬火 | 渗碳温度/°C | 920~930 | — | — | 920~930 | — | 920~930 |
| | 冷却工艺 | 淬火温度/°C | — | — | 790~800 | 800~830 | 790~810 |
| | | 810~830 | — | — | 800~820 | — | — |
| | | 盐、空冷 | — | — | 油冷 气冷 | 碱浴-空冷 | 油冷 |
| 回火 | 回火温度/°C | 50HRC~ | 300~340 | — | — | 300~340 | — |
| | | 55HRC | — | — | — | — | — |
| | | 45HRC~ | 360~380 | — | — | 380~400 | — |
| | | 50HRC | — | — | — | — | — |
| | | 40HRC~ | 400~420 | — | — | 400~440 | — |
| | | 45HRC | — | — | — | — | — |

22. 模具零件经热处理后要做哪些检测?

模具工件经热处理后应进行硬度检查、变形检查、外观检查、金相检查、力学性能检查等项目,确保热处理的质量。模具热处理检查内容及要求见表12。

表12 模具热处理检查内容及要求

| 检查内容 | 技术要求和方法 |
|------|--|
| 硬度检查 | (1) 硬度检查应在零件有效工件部位进行 (2) 硬度值应符合图纸要求 (3) 检查时,应按硬度试验的有关过程进行 (4) 检查硬度不应在表面质量要求较高的部位进行 |
| 变形检查 | (1) 模具零件热处理后的尺寸应在图纸及工艺规定范围要求之内 (2) 若零件有两次留磨余量,应保证变形量小于磨量的 $1/3 \sim 1/2$ (3) 表面氧化脱碳层不得超过加工余量的 $1/3$ (4) 模具的基准面一般应保证不平整度小于 0.02mm (5) 对于级进模(连续模)各孔距、步距变形应保证在 $\pm 0.01\text{mm}$ 范围内 |
| 外观检查 | (1) 模具热处理后不允许有裂纹、烧伤和明显的腐蚀痕迹 (2) 留两次磨量的零件,表面氧化层的深度不允许超过磨量 |
| 金相检查 | 主要检查零件化学处理后的层深、脆性或内部组织状况 |

23. 表面工程技术有哪些用途？

表面工程技术是一种通过改变固体金属或非金属表面的形态、化学成分和组织结构，以获得所需要表面性能的系统工程。表面工程技术应用于模具表面，可达到如下目的：

(1) 提高模具表面硬度、耐磨性、耐蚀性和抗高温氧化性能，大幅度提高模具的使用寿命。

(2) 提高模具表面抗擦伤能力和脱模能力，提高生产率。

(3) 采用碳素工具钢或合金钢，经表面涂层或合金化处理后，可达到高合金化模具材料甚至硬质合金的性能指标，不仅大幅度降低材料成本，还能简化模具制造加工工艺和热处理工艺，降低生产成本。

(4) 可用于模具的修复。尤其是电刷镀技术可在不拆卸模具的前提下完成对模具的修复，且能保证修复后的工作面仍有足够的粗糙度。

(5) 可用于模具表面的纹饰，以提高其塑料制品的档次和附加值。

24. 表面工程技术主要包括哪些种类?

通常将表面工程技术分为表面涂镀技术、表面扩渗技术和表面热处理三个领域。

(1) 表面涂镀技术是将液态涂料涂敷在材料表面, 或者将镀料原子沉积在材料表面, 从而获得晶体结构、化学成分和性能有益于基体材料的涂层或镀层。此类技术有热浸镀、热喷涂、有机涂装、电镀、化学镀和气相沉积等。

(2) 表面扩渗技术是将原子渗入(或离子注入)基体材料的表面, 改变基体表面的化学成分, 从而达到改变其性能的目的。此类技术主要包括化学热处理、阳极氧化、表面合金化和离子注入等。

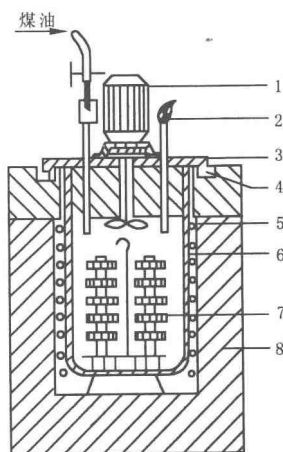
(3) 表面热处理技术是通过加热或机械处理, 在不改变材料表层化学成分的情况下, 使其结构发生变化, 从而改变其性能。常用的表面处理技术包括表面淬火、激光重熔和喷丸等。

25. 模具表面渗碳技术有哪几种?

渗碳技术是模具表面化学热处理中比较常用的一种。工件经渗碳后, 其弯曲疲劳强度和接触疲劳强度有一定

增强，表面强度和耐磨性大大提高。根据渗碳介质的物理状态不同，渗碳技术可分为固体渗碳、液体渗碳、气体渗碳、真空渗碳和离子渗碳等。

(1) 固体渗碳。固体渗碳是将工件置于填满木炭和碳酸钡的密封箱内进行的，其中木炭是渗碳剂，碳酸钡是催渗剂。渗碳温度一般为 $900^{\circ}\text{C} \sim 950^{\circ}\text{C}$ ，在此高温下，木炭与空隙中的氧气反应形成 CO_2 ， CO_2 与 C 反应形成不稳定的 CO，CO 在工件表面分解得到活性碳原子，碳原子即可渗入工件表面形成渗碳层。



1—风扇电动机；2—废弃火焰；
3—炉盖；4—砂封；5—电阻丝；
6—耐热罐；7—工件；8—炉体

图1 气体渗碳示意图

(2) 气体渗碳。气体渗碳采用液体或气体碳氢化合

物作为渗碳剂。国内应用最广的气体渗碳方法是滴注式气体渗碳，将工件置于密封的加热炉中，滴入煤油、丙酮、甲苯及甲醇等有机液体，这些渗碳剂在炉中形成含氢气、甲烷、CO 和少量 CO_2 的渗碳气氛，使钢件在高温下与气体介质发生渗碳反应。气体渗碳炉分周期式气体渗碳炉和连续式气体渗碳炉两大类。图 1 所示为在井式气体渗碳炉中，直接滴入煤油进行气体渗碳的示意图。工件经渗碳后必须进行淬火，从而得到高硬度、高耐磨的工件。渗碳主要用于要求承受很大冲击载荷、高强度、使用硬度为 58~62 洛氏硬度的小型模具。

(3) 真空渗碳。真空渗碳是一个不平衡的增碳扩散型渗碳工艺，被处理的工件在真空中加热奥氏体化，并在渗碳气氛中渗碳，然后扩散、淬火。与气体渗碳相比，该法温度高，渗碳时间显著缩短，又由于渗碳前是在真空状态下加热，钢材表面很干净，非常有利于碳原子的吸附和扩散。

(4) 碳稀土共渗。在气体渗碳过程中，用煤油加稀土作为滴剂，就可实现碳稀土共渗。在完全相同的渗碳条件下，20CrMnTi 钢零件要求渗碳层深度为 1.6 毫米。这种零件 920℃ 渗碳时，不加稀土渗碳需 6.5~7.5 小时，加入稀土渗碳仅需 5.5~6 小时；880℃ 渗碳时，不加稀土需 9~10 小时，加稀土后仅需 7~7.5 小时，可见

稀土的催渗效果显著。

26. 对模具表面进行喷丸强化有哪些好处？

喷丸强化是行之有效、应用广泛的强化模具表面的手段。它是借助于硬丸粒，高速、连续锤击金属表面，从而使模具表面产生冷作硬化，改善模具表面的粗糙度，有效去除电火花加工产生的表面变质层，提高模具的疲劳强度和抗冲击磨损性能，从而达到提高模具使用寿命的目的。

喷丸用的喷丸机有气动式喷丸机和离心式喷丸机两种，目前应用较广泛的是气动式喷丸机。气动式喷丸机由空气压缩机供给压缩空气，然后压缩空气通过喷枪时造成负压，将弹丸吸入并高速喷出喷嘴，从而形成弹丸流喷射到零件表面。喷丸机中还有一个使零件运动的机构，能保证喷丸的均匀性和有一定的覆盖范围。

喷丸强化技术简单易行，节约能源，适用于落料模、冷作模、冷锻模和热锻模等以疲劳失效形式为主的模具。比如，锻模服役时要经受弯曲和热膨胀，常因局部屈服而导致显微裂纹，而喷丸处理产生压应力能推迟显微裂纹的形成，从而延迟模具龟裂发生，延长使用寿命。

27. 怎样选择喷丸强化所需的弹丸?

根据零件材料和尺寸特点选择合适的弹丸是保证喷丸强化质量的关键因素之一。经常使用的弹丸都是圆形弹丸,直径为 0.05~1.5 毫米不等。弹丸直径由零件沟、槽、圆角等尺寸决定,要保证弹丸直径小于需要强化的沟、槽、圆角的尺寸。常用的弹丸有以下几种:

(1) 铸铁弹丸。铸铁弹丸硬而脆,易于破碎,目前已很少应用。

(2) 钢弹丸。目前使用最多的是用弹簧钢(直径 0.6~1.2 毫米)做成的钢丸,其硬度一般为 45~50 洛氏硬度,使用寿命比铸铁丸高 20 倍左右。

(3) 玻璃弹丸。玻璃弹丸于上世纪七十年代发展起来,其洛氏硬度值大于 48,成本较高,在航空工业中获得了较为广泛的应用。

28. 选择喷丸强化工艺参数应注意哪些方面?

喷丸强化可显著提高表面的残余压应力,从而提高零件疲劳寿命,但要对喷丸参数进行合理的选择,既要考虑到残余压应力达到一定的数值,又要防止过度喷丸,

以免产生表面缺陷，降低强化效果。

(1) 喷丸时间不宜过长。在一定的喷丸条件下，强化达到一定的饱和度后，延长喷丸时间，强化效果变弱；否则将会引起表面过于粗糙、小工件变形甚至断裂。

(2) 使用钢丸不宜过大。钢丸直径过大，则拐角处尖角应力集中部位喷射不到，达不到喷丸的效果。

(3) 喷射力度不宜过大。喷丸过程中，对材料的强化和破坏并存，并随喷丸力度的增加而增加。喷射力度过大容易引起工件表面过于粗糙，小工件易变形甚至断裂。

实践表明，随喷丸时间的增加，残余压应力逐渐增加；随钢丸转速的增加，残余压应力也逐渐增加；弹丸直径大，喷丸强化效率高，但工件的表面光洁降低。

29. 车削加工在模具制造中有哪些应用？

车床的种类很多，其中以卧式车床的通用性较好，应用最为广泛。在模具制造中，车削加工主要应用在以下方面：

(1) 圆盘类、轴类零件的加工。这类零件指模具的导柱、导套、顶杆、模柄等。通常这些零件的回转表面

采用车削完成粗精加工，精度可达 IT6~IT8，表面粗糙度 R_a 为 1.6~0.8 微米；对要求较高的工作面与配合面尚需磨削加工。

(2) 局部圆弧面的加工。如图 2 所示的分模面在模具中比较常见。为保证模具准确对合，必须保证对合面圆弧半径的尺寸精度，可在花盘上找正定位后加工，精度由百分表测量控制；或者先加工一个完整圆盘，再用线切割等方法取出一个或几个模块。

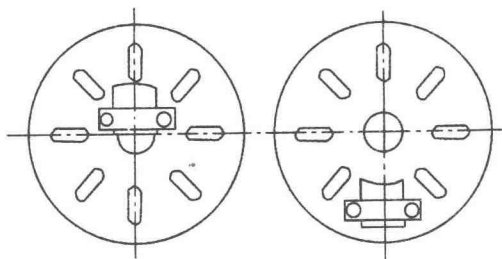
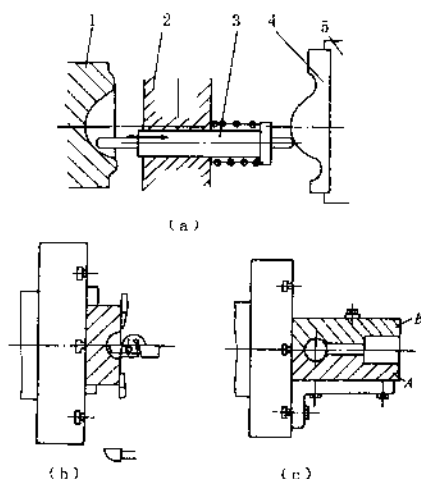


图 2 局部圆弧面的加工

(3) 回转曲面的粗加工或半精加工。尺寸大的曲面可采用仿形加工法，如图 3 (a) 所示；尺寸小的曲面可采用成型刀加工法，如图 3 (b) 所示；对拼型腔在车床上加工时，为保证型腔尺寸准确对合，通常应预先将各镶件间的接合面磨平，两板用销钉定位、螺钉紧固，组成一个整体后再进行车削，如图 3 (c) 所示。



(a) 仿形加工法；(b) 成型刀加工法；(c) 对模型腔在车床上加工。

1-工件；2-板架；3-刀架；4-靠模；5-靠模支架

图3 回转曲面的车削加工

30. 用于铣削加工的立铣刀有哪几种？

(1) 单刃立铣刀，制造方便，可用于加工各种特殊形状与尺寸的型腔。

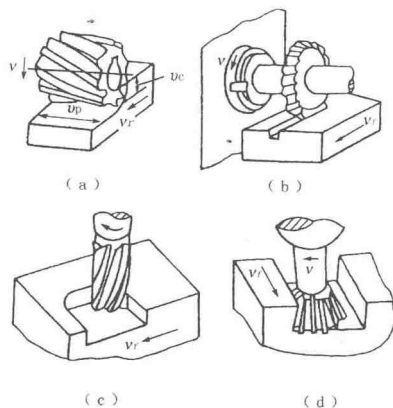
(2) 双刃立铣刀，切削时受力平衡，可承受较大的切削力，铣削精度高，适于加工深槽。

(3) 改制立铣刀，是利用旧麻花钻按照模具加工的需要自行改制而成的铣刀，具有双刃立铣刀的切削性能，经济实用。

(4) 多刃立铣刀，制造困难，一般采用标准立铣刀。

31. 铣削加工在模具制造中有哪些应用？

在模具制造中应用最广泛的是立式铣床加工。一般铣削的加工精度可达 IT10，表面粗糙度 R_a 为 1.6 微米；若选用高速、小用量铣削，则加工精度可达 IT8，表面粗糙度 R_a 为 0.8 微米；要求更高时，铣削后再用成型磨削或电火花进行精加工。在模具制造中，铣削加工主要应用在以下方面：



(a) 铣平面；(b) 铣槽；(c) 铣型腔；(d) 铣型槽。

图 4 各种铣床加工示意图

(1) 铣削成型面。在模具加工中铣削平面、斜面、

沟槽、型腔的方法如图 4 所示。

(2) 加工各种带圆弧的型面与型槽。通常将回转台安装在铣床的工作台上，而工件则安装在回转台上。安装工件时，必须使被加工圆弧中心与回转台的中心重合，利用回转台相对于主轴的运动，实现圆弧进给。对于更复杂的型面，则可利用回转台与铣床工作台的组合运动，实现进给。在模具加工中铣削圆弧槽的方法如图 5 所示。

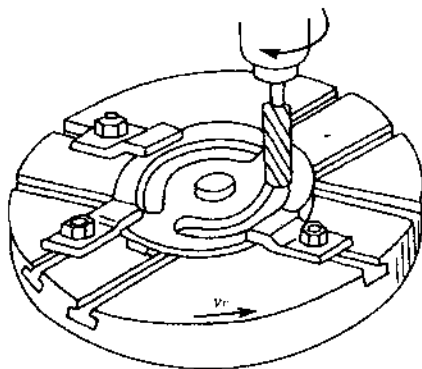


图 5 圆弧槽铣削示意图

(3) 加工带孔间尺寸要求的孔。有些铣床可借用块规和百分表控制加工精度，从而保证定位精度在 0.02 毫米以内，利用此功能可加工凹模、卸料板等板块上的孔系。

32. 磨削加工在模具制造中有哪些应用?

磨削加工是模具表面精加工的有效手段。形状简单(平面、内圆、外圆)的零件可使用一般磨削加工;形状复杂的零件可使用成型磨削方法加工。加工精度可达IT5~IT7,表面粗糙度 R_a 可达0.8~0.2微米。各种磨削加工如图6所示。

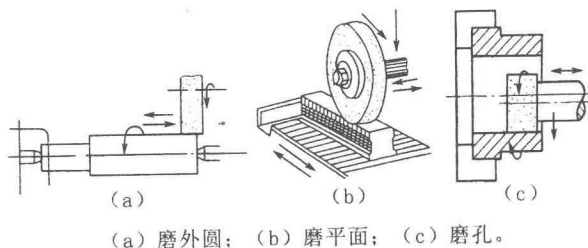
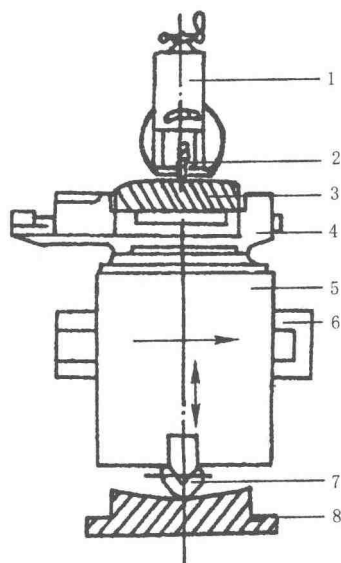


图6 各种磨削加工示意图

33. 怎样利用牛头刨床加工型面?

在牛头刨床上利用靠模装置刨型面如图7所示。将牛头刨床工作台的垂直丝杆抽去,在床身底坐上安装靠模,在工作台下装一滚轮,并支承在靠模上。在加工过程中,当工作台作水平移动时,滚轮便沿着靠模面作曲

线运动，因而也使工件相对刀具作曲线运动，这样便在工件上刨削出与靠模面相对应的曲面形状。



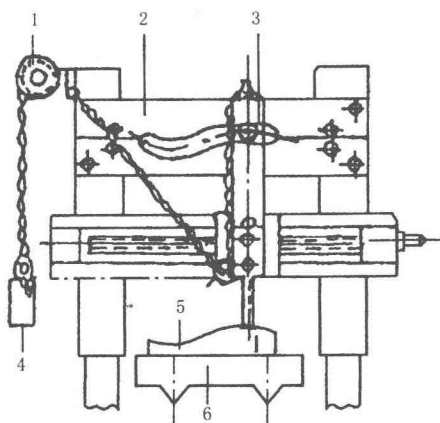
1—刀架；2—刨刀；3—工件；
4—平口钳；5—工作台；6—横梁；
7—滚轮；8—靠模

图7 利用靠模装置刨型面

34. 怎样利用龙头刨床加工型面？

(1) 靠模法加工型面。在龙门刨床上用靠模法加工型面如图8所示。将靠模板装在龙门刨床的固定横梁上，

拆除刀架上垂直走刀丝杆，在刀架上端固定一个滑块，嵌入靠模板型槽内；在刀架底旁及刨床立柱上装两个小滑轮，用钢丝绳系一重锤，使滑块在靠模槽中滑动时不会松动。当刀架作横向走刀时，刀架又在靠模槽内作上下移动，便能加工出型面。



1—滑轮；2—横梁；3—滑块；
4—重锤；5—工件；6—工作台

图8 靠模法刨型面

(2) 用连杆控制刀架刨型面。在龙门刨床上用连杆控制刀架上下移动加工型面如图9所示。将刀架垂直进刀丝杆拆下，使刀架可以上下自由移动。刀架上装有角架，角架与连杆的一头相连，连杆的另一头与滑槽内的滑块相连，并通过螺杆固定。滑槽固定在刨床的顶架上，

圆弧半径由连杆的长短尺决定。连杆是由两段正反螺杆组成，中间有正反螺母相配合，旋转螺母就可以伸长或缩短连杆，以调节大小。加工时，刀架作水平方向自动进刀（横向移动），这时刀架因连杆的作用做上下移动，于是刀头就走出和连杆下端相同的圆弧。由于刨刀刀头半径为 r ，因此，刀头的圆弧中心按连接杆长度 R 移动，而实际刨出的工件圆弧半径为 $R+r$ ，故调节连杆的长度 R 为工作圆弧半径减去刀头圆弧半径。此法适用于圆弧半径较大的型面。

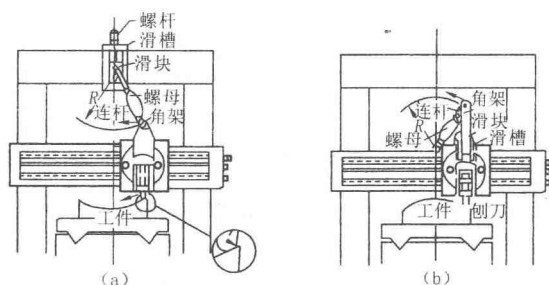


图9 连杆控制刀架上下移动刨型面

35. 怎样进行仿形刨床加工？

仿形刨床是一种专用刨床，用于加工由圆弧和直线组成的各种形状复杂的凸模，其加工精度为 ± 0.02 毫米，表面粗糙度可达 $R_a 3.2 \sim 0.8$ 微米。

| | |
|-----|-----|
| 10 | 10 |
| 11 | 11 |
| 12 | 12 |
| 13 | 13 |
| 14 | 14 |
| 15 | 15 |
| 16 | 16 |
| 17 | 17 |
| 18 | 18 |
| 19 | 19 |
| 20 | 20 |
| 21 | 21 |
| 22 | 22 |
| 23 | 23 |
| 24 | 24 |
| 25 | 25 |
| 26 | 26 |
| 27 | 27 |
| 28 | 28 |
| 29 | 29 |
| 30 | 30 |
| 31 | 31 |
| 32 | 32 |
| 33 | 33 |
| 34 | 34 |
| 35 | 35 |
| 36 | 36 |
| 37 | 37 |
| 38 | 38 |
| 39 | 39 |
| 40 | 40 |
| 41 | 41 |
| 42 | 42 |
| 43 | 43 |
| 44 | 44 |
| 45 | 45 |
| 46 | 46 |
| 47 | 47 |
| 48 | 48 |
| 49 | 49 |
| 50 | 50 |
| 51 | 51 |
| 52 | 52 |
| 53 | 53 |
| 54 | 54 |
| 55 | 55 |
| 56 | 56 |
| 57 | 57 |
| 58 | 58 |
| 59 | 59 |
| 60 | 60 |
| 61 | 61 |
| 62 | 62 |
| 63 | 63 |
| 64 | 64 |
| 65 | 65 |
| 66 | 66 |
| 67 | 67 |
| 68 | 68 |
| 69 | 69 |
| 70 | 70 |
| 71 | 71 |
| 72 | 72 |
| 73 | 73 |
| 74 | 74 |
| 75 | 75 |
| 76 | 76 |
| 77 | 77 |
| 78 | 78 |
| 79 | 79 |
| 80 | 80 |
| 81 | 81 |
| 82 | 82 |
| 83 | 83 |
| 84 | 84 |
| 85 | 85 |
| 86 | 86 |
| 87 | 87 |
| 88 | 88 |
| 89 | 89 |
| 90 | 90 |
| 91 | 91 |
| 92 | 92 |
| 93 | 93 |
| 94 | 94 |
| 95 | 95 |
| 96 | 96 |
| 97 | 97 |
| 98 | 98 |
| 99 | 99 |
| 100 | 100 |



3

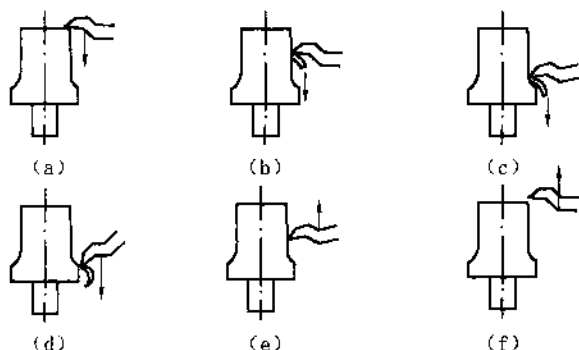


图 11 仿形刨刀动作过程

36. 仿形刨床加工应注意哪些方面？

(1) 精加工前，凸模毛坯需要在车床、铣床或牛头刨床上粗加工。将凸模端面磨平，并在上面划线，然后在铣床上加工凸模轮廓，留 0.2~0.3 毫米的单面精加工余量，最后用仿形刨床精加工。

(2) 在精加工凸模前，若凹模已加工好，则可利用凹模在凸模上压出印痕，然后按此印痕在仿形刨床上加工。

(3) 仿形刨床精加工凸模应与凹模配修，生产率较低，精度受热处理变形的影响较大。为保证凸模与凹模的间隙适当而均匀，热处理后要研磨和抛光工件表面。

37. 常用的坐标磨床有哪几种?

坐标磨床具有高精度的坐标工作台和高精度的磨削系统,用于加工精密模具成型零件。坐标磨削可以加工直径小于1~20毫米的高精度孔,加工精度可达5微米左右,表面粗糙度 R_a 为0.8~0.4微米左右, R_a 最高可达0.2微米。常用的坐标磨床有以下两种:

(1) MG2932B为常用的单立柱坐标磨床。它适用于加工具有高精度坐标孔距要求并经淬火的直孔、锥孔及型腔,利用分度圆台、槽磨头等附件可以磨削直线与圆弧、圆弧与圆弧相切的内外轮廓、键槽、方孔等。

(2) G-18CNC CP-3为常用的连续轨迹数控坐标磨床。它采用最新的微处理机技术,具有存储和编辑能力,加工效率高,轮廓曲线接点处精度高,凸凹模配合间隙均匀(可达0.002毫米左右)。

38. 坐标磨床的磨削机构有哪几种运动?

坐标磨床的磨削机构有三个运动,即砂轮的高速自转、主轴旋转运动、主轴套筒做上下往复运动,如图12所示。

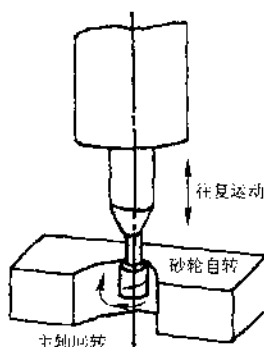


图 12 坐标磨床磨削机构的三个运动

(1) 砂轮的高速自转。其驱动来自高频电动机或压缩空气，从低速到高速分 5 挡~6 挡，即 900、4000、6000、8000、12000、18000，单位为转/分 (r/min)。一般低速磨头用高频电动机驱动，10000 转/分以上使用压缩空气驱动。压缩空气驱动可达 175000 转/分，可以用立方氮化硼砂轮磨头磨削 0.5 毫米的小孔。气动磨头具有功率大、可直接冷却工件和自冷等优点。

(2) 主轴旋转运动。由电动机通过变速机构直接驱动主轴，而由另一电动机带动高速磨头形成行星式运动。一般磨削主轴转速为 25~300 转/分。

(3) 主轴套筒上下往复运动。这种运动由液压式或气压-液压式传动，上下行程由两个微动开关控制。

39. 怎样选择坐标磨床的基本参数?

坐标磨床的基本参数主要涉及主轴往复运动行程(表13)、行星转速(表14)以及砂轮(表15)的选择。

表13 主轴往复运动行程的选择

| 行程距离 (mm) | 行程速度 $\left(\frac{\text{砂轮垂直移动距离}}{\text{行星运动每转一周}} \text{ mm/r} \right)$ | |
|--------------|--|-----------------------|
| | 粗 磨 | 精 磨 |
| | $< 1/2$ 砂轮宽度 | $< (1/3 \sim 1/2)$ 砂轮 |

表14 行星转速选择(参考值)

| 加工孔径 (mm) | 300 | 150 | 100 | 50 | 30 | 20 | 10 | 8 | 6 | 4 |
|-----------------|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 行星转速 (r/min) | 5 | 12 | 20 | 40 | 60 | 100 | 190 | 240 | 300 | 300 |

表15 砂轮的选择

| 砂轮直径 (mm) | | | 砂轮切速度 V (m/min) | | |
|-----------------------|---------------|--------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|
| 被加工 孔径 D (mm) | $D > \Phi 20$ | $D < \Phi 8$ | 金刚石砂 轮磨削硬质 合金 | 立方氮化硼 砂轮磨削碳素 工具钢、合金钢 | 普通磨料砂轮 磨削碳素工具 钢、合金钢 |
| $d=3/4 D$ | d 适当减小 | d 适当加大 | 1000~1500 | 1200~1800 | 1500~2000 |

40. 坐标磨床的典型磨削方法有哪些？

(1) 磨削内孔。利用砂轮的高速自转、行星运动和主轴的直线往复运动，可进行内孔磨削，如图 13 (a) 所示。利用行星运动直径的增大，实现砂轮的径向进给。

(2) 磨削外圆。外圆磨削也是利用砂轮自转、行星运动和主轴的直线往复运动实现的，如图 13 (b) 所示。径向进给利用行星运动直径的缩小来实现。

(3) 磨削锥孔。在磨削锥孔时，应将砂轮修成所需的角度的；主轴作垂直运动，行星直径随砂轮轴下降而扩大，如图 13 (c) 所示。

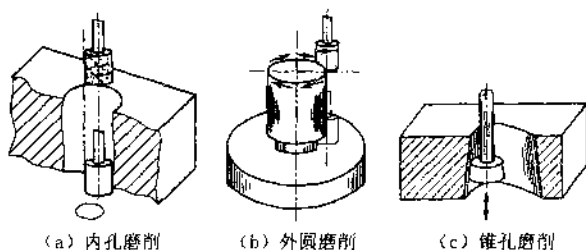


图 13 坐标磨床的典型磨削方法 (一)

(4) 横向磨削。其特点是砂轮不作行星运动，适用于直线或槽边的磨削，如图 14 (a) 所示。

(5) 端面磨削。磨削端面时应注意：①将砂轮底部修成凹面，以提高磨削效率，便于出屑；②砂轮直径与

孔径相比较不能过大，否则易形成凸面；③砂轮主轴作向下进给，用砂轮的底部棱边进行磨削，如图 14（b）所示。

（6）插磨。磨削前卸下高速磨头换成磨槽机构，砂轮在磨槽机构上的装夹和运动情况如图 14（c）所示。这种方法用于加工型槽及带倾角的内外型腔。

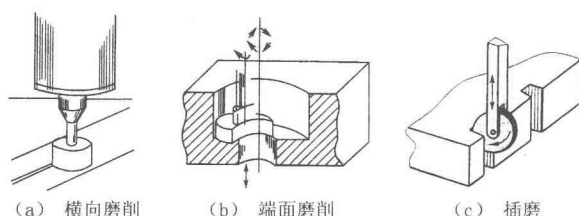


图 14 坐标磨床的典型磨削方法（二）

4.1. 什么是化学腐蚀加工？

化学腐蚀加工是将零件要加工的部位暴露在化学介质中，使零件材料腐蚀溶解，以获得所需形状和尺寸，主要用来加工塑料模型腔表面上的花纹、图案和文字。在操作过程中，应先将工件表面不加工的部位用抗腐蚀涂层覆盖起来，然后将工件浸于腐蚀液中；或在工件表面涂覆腐蚀液，将裸露部位的余量去除。常见的化学腐蚀加工有照相腐蚀、化学铣削和光刻等。

化学腐蚀加工具有以下特点：①可加工金属和非金

属（如玻璃、石板等）材料，不受被加工材料的硬度影响，不发生物理变化；②加工后表面无毛刺、不变形、不产生加工硬化现象；③适于加工一些难以进行机械加工的表面；④加工时不需要用夹具和贵重设备；⑤腐蚀液和蒸气会危害设备和人体，需采取适当的防护措施。

42. 怎样进行照相腐蚀加工？

照相腐蚀加工是把所需图像摄影到照相底片上，再将底片上的图像经过光化学反应，复制到涂有感光胶（乳胶）的型腔工作表面上。经感光后的胶膜不溶于水，而且抗蚀能力增强；未感光的胶膜可溶于水，经水洗清除后，部分金属便裸露出来，经腐蚀液的浸蚀，即可获得所需要的花纹、图案。照相腐蚀法的工艺过程如图 15 所示。

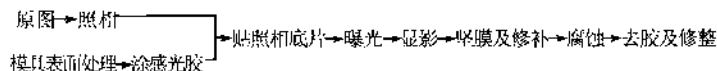


图 15 照相腐蚀加工的工艺过程

(1) 原图和照相。将所需花纹或图案按一定比例绘制在图纸上，然后利用专用照相设备拍照，将原图缩小至所需大小的照相底片上。

(2) 配制感光胶。感光胶的配方有很多种，以聚乙

烯醇感光胶为例，其成分包括聚乙烯醇 45~60 克、重铬酸铵 10 克、水 1000 毫升。配制时，先将聚乙烯醇溶解于 900 毫升的水中，蒸煮 3 小时；将重铬酸铵溶解于 100 毫升的水中，倒入聚乙烯醇溶液里，再蒸煮半小时即可。配置过程必须在暗室进行，暗室可用红灯照明，熬制好的感光胶需严格避光保存。

(3) 腐蚀面清洗和涂胶。涂胶前必须清洗模具表面。小模具可用 10% 的 NaOH 溶液加热去除油污，然后用清水冲洗；较大的模具先用 10% 的 NaOH 溶液煮沸后，再用开水冲洗。模具清洗后经电炉烘烤至 50℃ 左右涂胶，否则涂抹的感光胶容易起皮脱落。涂胶在暗室红灯下进行，在需要感光成像的模具部位均匀、反复喷涂多次。室温高，则喷涂时间可短些。

(4) 贴照相底片。在暗室红灯下，将制作好的照相底片平铺在需要腐蚀的表面上，用玻璃压紧，再用透明胶带或白凡士林将底片粘牢。型腔设计时应预先考虑到贴片是否方便，必要时可将型腔设计成镶块结构。

(5) 感光。用紫外线光源（如水银灯）照射，使工件表面的感光胶膜按图像感光。注意调整光源的位置，使感光均匀。感光时间的长短根据实践经验确定。

(6) 显影冲洗。将感光后的工件放入 40℃~50℃ 的热水中浸 30 秒左右，使未感光部分的胶膜溶解于水中，

取出后滴上碱性紫 5BN 染料，涂匀显影，待出现清晰的花纹后，再用清水冲洗，并用脱脂棉将未感光部分擦掉，最后用热风吹干。

(7) 坚膜及修补。将已显影的型腔模放入 $150^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ 的电热恒温干燥箱内，烘焙 $5 \sim 20$ 分钟，以提高胶膜的粘附强度及耐腐蚀性能。型腔表面若有未去净的胶膜，可用刀尖修除干净；缺膜部位用印刷油墨修补。不需进行腐蚀的部位，应涂汽油沥青溶液，待汽油挥发后，便留下一层薄薄的沥青层，可起到抗酸作用。

(8) 腐蚀。腐蚀不同的材料应选用不同的腐蚀液。对于钢型件，常用三氯化铁水溶液，可用浸蚀或喷洒的方法进行腐蚀。若在三氯化铁水溶液中加入适量的硫酸铜粉末调成糊状，涂在型腔表面（涂层厚度为 $0.2 \sim 0.4$ 毫米），可减少向侧面渗透。为防止侧蚀，也可以在腐蚀剂中添加保护剂或用松香粉刷嵌在腐蚀露出的图形侧壁上。根据花纹和图形的密度及深度腐蚀 $1 \sim 3$ 次，每次约 $30 \sim 40$ 分钟。腐蚀温度为 $50^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ ，深度为 0.3 毫米。

(9) 去胶、修整。将腐蚀好的型腔用漆溶剂和工业酒精擦洗。检查腐蚀效果，有缺陷的地方经局部修描后，再腐蚀或机械修补。腐蚀结束后，表面附着的感光胶应用火碱溶液冲洗，去掉保护层，最后用水冲洗若干遍，用热风吹干，涂一层油膜即完成全部加工。

43. 电火花加工有哪些类型?

电火花加工是利用浸在工作液中的两极间脉冲放电时产生的电蚀作用蚀除导电材料的特种加工方法, 又称放电加工或电蚀加工, 英文简称 EDM。进行电火花加工时, 工具电极和工件分别接脉冲电源的两极, 并浸入工作液中, 或将工作液充入放电间隙。通过间隙自动控制系统控制工具电极向工件进给, 当两电极间的间隙达到一定距离时, 两电极上施加的脉冲电压将工作液击穿, 产生火花放电。

按照工具电极的形式及其与工件之间相对运动的特征, 可将电火花加工方式分为五类: ①利用成型工具电极, 相对工件作简单进给运动的电火花成型加工; ②利用轴向移动的金属丝作工具电极, 工件按所需形状和尺寸作轨迹运动, 以切割导电材料的电火花线切割加工; ③利用金属丝或成型导电磨轮作工具电极, 进行小孔磨削或成型磨削的电火花磨削加工; ④用于加工螺纹环规、螺纹塞规、齿轮等的电火花共轭回转加工; ⑤小孔加工、刻印、表面合金化、表面强化等其他种类的加工。

电火花加工机床通常分为电火花成型机床、电火花线切割机床和电火花磨削机床, 以及各种专门用途的电

火花加工机床，如加工小孔、螺纹环规和异形孔纺丝板等的电火花加工机床。随着数字控制技术的发展，电火花加工机床已数控化，并采用微型电子计算机进行控制。

44. 电火花加工在模具制造中有哪些应用？

电火花加工在模具制造中应用广泛，因其具有以下优点：①能加工普通切削加工方法难以切削的材料和复杂形状工件；②加工时无切削力；③不产生毛刺和刀痕沟纹等缺陷；④工具电极材料无需比工件材料硬；⑤直接使用电能加工，便于实现自动化。

在模具制造中，电火花加工主要应用在以下方面：①加工各种硬、脆材料，如硬质合金和淬火钢等；②加工具有复杂形状型孔和型腔的模具和零件；③加工深细孔、异形孔、深槽、窄缝和切割薄片等；④加工各种成型刀具、样板和螺纹环规等工具和量具。

45. 小孔电火花加工有哪些技术要点？

小孔加工是电火花穿孔成型加工的一种应用。其特点是：加工面积小，深度大，直径一般为 $\phi 0.1 \sim 2$ 毫米，深径比达 20 以上；小孔加工均为盲孔加工，排屑困难。

(1) 电极材料的选择。宜选择刚性好、容易矫直、加工稳定性好和损耗小的材料，如铜钨合金丝、钨丝、钼丝、铜丝等。较为常用的材料有紫铜、黄铜、铜钨合金细杆和较粗的钨丝和铜丝等。加工时为了避免电极弯曲变形，还需设置工具电极的导向装置。

(2) 电极的反拷加工。用机加工制造直径很小的细长电极较为困难，故多采用电火花反拷加工。在机床工作台上用一块长约 50 毫米、厚 5 毫米耐电火花腐蚀的铜钨合金或硬质合金块作为反拷电极，其工作面必须磨过，并校正到与坐标方向平行。要修拷的电极夹在主轴夹头内，可随主轴旋转和上下运动。然后用图 16 中的方法进行粗拷、开空刀槽和精拷加工。粗加工余量以 0.2~0.3 毫米为宜；精加工余量以 0.02~0.05 毫米为宜；在要求高一些的场合，还应进行超精反拷加工，加工余量为 5~10 微米，使 R_a 小于 0.32 微米。

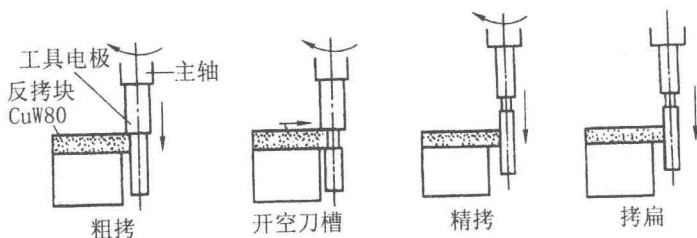


图 16 电火花加工反拷加工

(3) 小孔电火花加工规准的选择，主要根据孔径、

精度、深度、机床条件等因素综合考虑。一般采用一档规准加工到底，只有在孔径发生变化时才转换规准。

(4) 对于孔径大于 1 毫米的孔，如果加工前没有预孔，可用铜管作电极打出预孔；对于孔径小于 1 毫米的小孔，用实心电极加工时，可以把电极拷扁，以利排屑。所谓拷扁，就是将电极圆周沿轴向拷掉一部分。拷扁部分一般为直径的 $1/6 \sim 1/8$ ，太小效果不明显；太大则电极刚性不好，损耗增大。

(5) 小孔电火花加工采用 RC 线路脉冲电源有很大的优越性。其线路简单、成本低，单个脉冲能量很小，且瞬时放电的峰值电流较大，抛出材料汽化百分比和抛出力较大，可以得到较好的表面粗糙度和加工稳定性。

(6) 为了改善小孔加工时的排屑条件，使加工过程稳定，常采用电磁振动头，使工具电极丝沿轴向振动，或采用超声波振动头。

(7) 为了减少孔的锥度，在孔加工通后，可继续上下研磨几次，直到不放电火花为止。

(8) 如果机床主轴有旋转功能，可采用旋转头附件使工具电极转动，或使工件转动，不但可以提高加工速度，还可以提高加工小孔的圆度。

46. 电火花型腔加工有哪些方式？

(1) 电极平动加工法。此法在型腔模的电火花加工中应用最为广泛。它是用一个电极按照粗、中、精的顺序逐级改变电规准，与此同时，依次加大电极的平动量（图 17），以补偿前后两个加工规准之间型腔侧面放电间隙差和表面微观不平度差，实现型腔侧面仿型修光。所谓平动是指工具电极在垂直于型腔深度方向的平面内相对于工件做微小的平移运动，是由机床附件平动头来实现的。

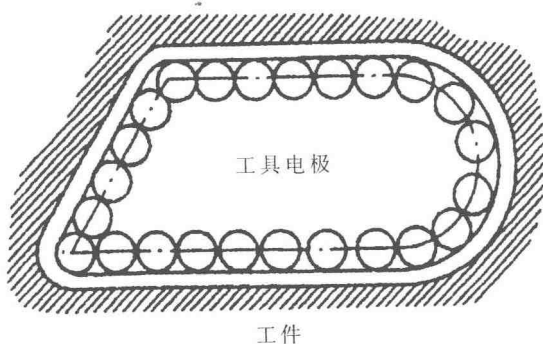


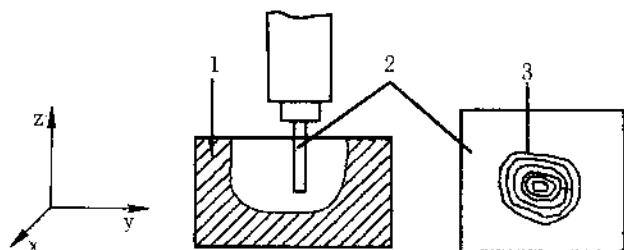
图 17 平动加工原理

这种方法的优点是只需一个电极、一次装夹定位，便可达到较好的加工精度。缺点是难以获得高精度的型腔模，特别是难以加工出内清角。此外，电极损耗的不

均匀性和电极表面的剥落，会使尺寸精度和表面质量降低，有时在型腔表面上还会产生“波纹”。

(2) 多电极更换加工法。它采用多个电极（分别制造的粗、中、精加工用电极）依次更换来加工同一个型腔。这种方法的优点是仿型精度高，尤其适用于尖角、窄缝多的型腔加工。其缺点是需要用精密机床制造多个电极，而且电极更换时要有高的重复定位精度，需要附件和夹具来配合，所以一般只用于精密型腔加工。

(3) 分解电极加工法。此法是单电极平动加工法和多电极更换加工法的综合应用。工艺灵活性强，仿形精度高，适用于尖角窄缝、沉孔、深槽多的复杂型腔模具加工。根据型腔的几何形状，把电极分解成主型腔电极和副型腔电极来分别制造。先用主型腔电极加工出主型腔，再用副型腔电极加工夹角、窄槽、异形盲孔等部位。



1—工件；2—圆柱电极；3—走刀轨迹

图 18 电火花铣削加工示意图

(4) 电火花铣削加工。近年来出现了在多轴联动电火花数控机床上利用简单形状电极（圆柱形）对三维型腔或型面进行展成加工的方法，如图 18 所示。这样可以充分利用 CAD/CAM 技术，根据被加工型面生成类似于数控铣刀的走刀轨迹，逐步形成三维复杂型面。

47. 怎样利用电火花线切割加工模具零件？

(1) 选择加工方式。应按加工零件的要求及现有的加工设备条件，选择靠模仿形、光电跟踪、数字程序控制其中一种加工方式。

(2) 调整与检查线切割机床。在加工前，检查导丝轮是否有损伤和杂物、电极丝导向定位采用的导向器和辅助导轮是否出现磨损沟槽以及纵、横方向滑板的丝杠间隙是否发生变化等。

(3) 零件的准备。把要进行加工的毛坯，首先经锻、刨、铣、车、磨等机械加工成六面体或圆柱体毛坯，并在距离起始点附近的确定位置处锚一个穿丝孔。切割型孔时，穿丝孔应钻在孔型线内；切割凸模时，穿丝孔应钻在型线外，并且应放在毛坯废料多的一边。穿丝孔的大小及距离工件边缘的位置如图 19 所示。切割窄槽时，

零件的穿丝孔时，应处于穿丝孔的中心，不可与孔壁接触，以免短路。在夹紧零件毛坯前，必须校正好电极丝与零件表面的垂直度。

(5) 切割加工。首先应根据零件加工的表面粗糙度和生产率等要求正确选择电参数。根据零件的厚度和材质等因素在加工前调整好进给速度，使之加工稳定，在以后整个切割过程中不宜轻易改变进给速度。在加工中，应随时清除电蚀产物和杂质，不要轻易中途停车，以免在零件上留下中断痕迹，影响加工质量。

(6) 检验。对加工后的零件，按图样要求检查和验收。

48. 怎样正确选择电火花线切割工艺参数？

(1) 脉冲参数的选择。线切割加工一般采用晶体管高频脉冲电源，用单个脉冲能量小、脉宽窄、频率高的电参数进行正极性加工。可改变的电参数主要有脉冲宽度、电流峰值、脉冲间隔、空载电压、放电电流等。一般来讲，要获得较好的表面粗糙度，所选用电参数也小；若要求获得较高的切割速度，脉冲参数要大些，但加工电流的增大受到电极丝截面的限制，过大的电流将引起

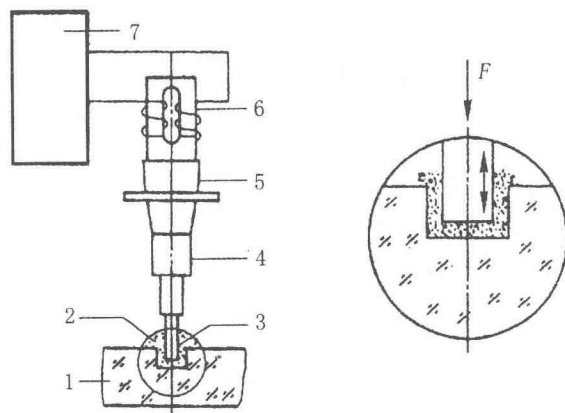
断丝；加工大厚度工件时，为了帮助排屑和工作液进入加工区，宜选用较高的脉冲电压、较大的脉宽和电流峰值，以增大放电间隙。

(2) 走丝速度的选择。电极丝可分为快走丝和慢走丝两个系统。一般来说，快走丝适用于切割大厚度工件，丝直径为 0.08~0.25 毫米，走丝速度为 6~11 米/秒。比如加工 400~500 毫米厚工件时，走丝速度以 8~10 米/秒为宜。采用慢走丝系统可以获得高精度、高效率和良好的表面粗糙度。高精度取决于整个机床走丝系统的设计、制造精度和刚度，而高效率则由加工电源和控制系统（即工作液）的性能决定。

(3) 电极丝的选择。①钨丝抗拉强度高，直径为 0.03~0.1 毫米，一般用于各种窄缝的精加工，但价格昂贵；②黄铜丝适用于慢速加工，加工的表面粗糙度和平直度较好，但抗拉强度差，损耗大，直径为 0.1~0.3 毫米；③铝丝抗拉强度高，适用于快走丝加工，直径为 0.08~0.2 毫米。

(4) 工作液的选配。常用的工作液主要有乳化液和去离子水。国外多采用去离子水作为工作液，并加入各种添加剂和爆炸剂，切割速度大为提高。切割过程中对工作液的电阻率进行检测控制，一般加工速度在 200~250 平方毫米/分时，表面粗糙度可达 16 微米。国内线

切割加工通常采用各种乳化液作为工作液，表面粗糙度可达4微米。乳化液是由乳化油和工作介质配制（浓度为5%~10%）而成。工作介质可用自来水、蒸馏水、高纯水、磁化水等。



1—工件；2—工具；3—磨料悬浮液；
4, 5—变幅杆；6—换能器；7—超声波发生器

图 20 超声加工原理示意图

4.9. 超声加工有哪些特点？

超声加工的原理如图 20 所示。具有一定压力的工具高频振动，促使工作液中的悬浮磨粒以很大的速度和加速度不断地撞击抛磨工件表面，使其局部材料开裂粉碎；同时工作液受工具端面的超声振动作用而产生高频、交

变液压冲击波和空化作用，从而钻入被加工材料的微细裂缝中，加剧了冲击破坏作用。鉴于其加工原理，愈是硬脆材料，受冲击破坏和产生微细裂缝的可能性愈大。超声加工有以下特点：

(1) 适于加工硬脆材料，特别是不导电的非金属材料（如陶瓷、玻璃、石英、宝石、金刚石等）。

(2) 工具可用较软的材料，工具损耗小，容易加工成复杂的形状，不需要工具相对于工件作复杂的运动，机床结构简单。

(3) 由于利用细小磨粒的高频作用，工件表面作用力小，不引起变形和烧伤，因此适于加工薄壁零件及工件的窄槽、小孔。表面粗糙度较好 ($R_a 1 \sim 0.1$ 微米)，加工精度可达 $0.01 \sim 0.02$ 毫米。

50. 超声加工在模具制造中有哪些应用？

(1) 可用于模具型孔、型腔、凸面及微细孔的加工，也可用于切割加工，如图 21 所示。

(2) 模具型面的抛光。目前使用较多的为 NH-125K 超声波模具抛光机。它采用高频电火花脉冲电源与超声波快速振动研磨的原理进行抛光，能完成一般抛光工具

难以伸入的窄槽、窄缝、边、角等曲折部位的抛光，抛光后不塌棱角，不影响模具的精度。

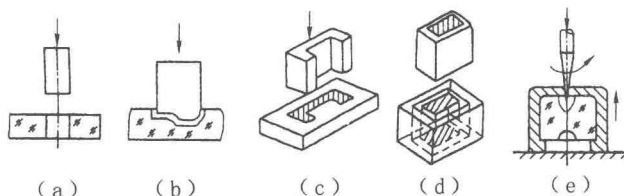


图 21 超声加工模具

(3) 超声清洗采用不燃性有机溶剂如三氯乙烯、三氯乙烷或氟里昂 F13 等作为清洗剂，具备热浸洗、超声波清洗、蒸气洗、冷冻干洗、溶剂回收等功能，适用于清洗电子零件及线路板上的松脂、精密机械零件的油脂、表带及表壳的抛光污垢、灯饰、玻璃制品等。

51. 哪些因素会影响超声加工速度？

(1) 工具的振幅与频率。提高振幅和频率可以提高加工速度，但过大的振幅和过高的频率会使工具和变幅杆产生很大的内应力，降低其使用寿命。通常振幅为 0.01~0.1 毫米，频率在 16~25 千赫兹之间。实际加工时，应调节到共振频率，以获得最大的振幅。

(2) 进给压力。工具对工件所施加的压力过小，磨粒撞击作用弱，容易降低生产率；过大的压力又会使加

工间隙过小而不利于磨粒循环更新，也会降低生产率。最佳的压力值与工具形状、材料、截面积及磨粒大小等相关，由实验决定。

(3) 磨料硬度、种类、粒度。磨粒硬度高和颗粒大都有利于提高加工速度。一般用碳化硼、碳化硅加工硬质合金，用金刚石磨料加工金刚石和宝石材料；而一般的玻璃、石英、半导体材料等采用刚玉 (Al_2O_3) 作磨料。

(4) 磨料悬浮液浓度。最常用的工作液是水，磨料与水的较佳配比（质量比）为 $0.8 \sim 1$ 。加工速度随着浓度增加而加快；但浓度太高不利于磨粒的循环和撞击运动，影响加工速度。

(5) 被加工材料。被加工材料愈脆，加工速度愈快。若以玻璃的可加工性为标准（100%），则石英为 50%，硬质合金为 2%~3%，淬火钢为 1%，而锗、硅半导体单晶为 200%~250%。

52. 哪些因素会影响超声加工精度和表面质量？

(1) 加工精度的影响因素。加工精度主要包括尺寸精度、形状精度等。一般尺寸精度可控制在 $0.02 \sim 0.05$

毫米范围内。其影响因素除了机床精度外，主要有工具制造精度及磨损、磨料粒度、加工深度以及被加工材料性质等。

各种因素的影响状况如下所述：①工具制造或安装偏心或不对称时，加工将产生偏振，使加工精度降低。②利用真空抽吸法或内冲法供给磨料悬浮液，可以提高加工精度，尤其能减少锥度；外浇法只适用于一般的超声波加工。③加工深度增加，工具损耗也增加，精度下降。④当采用 240[#]~280[#] 磨料时（磨粒尺寸为 63~40 微米），精度可达 ± 0.05 毫米；采用 W28~W7 时（磨粒尺寸为 28~5 微米），精度可达 ± 0.02 毫米或更高。⑤加工圆孔时，形状误差主要是圆度和锥度误差。圆度误差的大小与工具横向振动大小和工具沿圆周磨损的不均匀程度有关。锥度大小与工具磨损和加工深度有关。采用工具或工件旋转的方法，可以减少圆度误差。

（2）表面质量的影响因素。超声波加工具有较好的表面质量，不会产生表面烧伤和表面变质层。表面粗糙度也较好，一般可达到 $R_a 1 \sim 0.1$ 微米，主要取决于磨料粒度、被加工材料性质、工具振动的振幅、工作液性能等因素。当磨粒尺寸较小、工件材料硬度较大、工具振幅小时，加工表面粗糙度将得到改善，但加工速度也随之下降。工作液的性能对表面粗糙度影响比较复杂。实

践表明，用煤油或润滑油代替水可使表面粗糙度有所改善。

53. 电化学加工有哪些应用？

电化学加工的原理就是将电镀中阳极金属的溶解现象应用于金属加工。与机械加工相比，电化学加工不受材料硬度、韧性的限制，已广泛用于工业生产中。常用的电化学加工有电解加工、电磨削、电解抛光、电镀、电刻蚀和电解冶炼等。

电化学加工的主要优点是：①工具和工件不接触，工具无磨损；②加工无毛刺；③加工不产生应力。其主要缺点，一是加工不了非导电材料以及有尖锐内角（ $r < 0.2$ 毫米）的工件，二是设备容易腐蚀和生锈。对内部零件涂以热熟化的聚氨酯或衬以乙烯树脂，也可采用一些腐蚀性小的电解液，均可达到防腐、防锈的效果。

目前电化学加工主要用于以下方面：①加工复杂三维曲面的端面和外圆；②加工深窄的槽和孔；③可实现特殊形状和靠模加工；④可进行多孔钻、拉孔、去毛刺、磨削、珩磨和切断加工。

54. 什么是电解加工?

电解加工原理如图 22 所示。工件接直流电源的正极，工具接负极，工具向工件缓慢进给，使两极之间保持较小的间隙（0.1~1 毫米），当具有 0.49~1.96 MPa 压力的电解液从间隙中流过时，阳极工件的金属被逐渐电解腐蚀，电解产物被高速的电解液带走。工具不断进给，工件表面就不断被电解，直至工件表面形成与阴极工作面基本相似的形状为止。

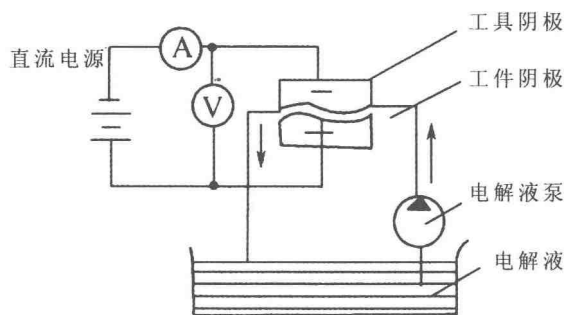
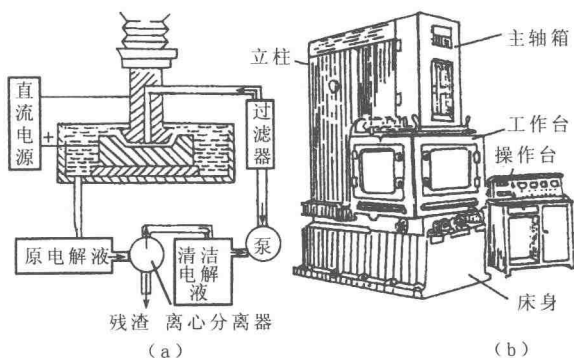


图 22 电解加工原理示意图

电解加工的基本设备有直流电源、机床与电解液系统等三大部分，如图 23 所示。大型模具型腔加工应用龙门式结构机床，中小型模具选用 C 型结构机床或四柱式机床。



(a) 点解加工装置：(b) 立柱式点解加工机床。

图 23 电解加工基本设备

电解加工技术适于对硬质合金、淬火钢、不锈钢、耐热合金等高硬度、高强度及高韧性金属材料的加工，在叶片、锻模等各种复杂型面加工生产上应用广泛。

55. 电解加工有哪些优点与局限性？

(1) 电解加工有以下优点：①不受金属材料本身硬度和强度的限制；②生产效率高，约为电火花加工的5~10倍，且生产率不直接受加工精度和表面粗糙度的限制；③可以达到 $R_a 1.25 \sim 0.2$ 微米的表面粗糙度以及 ± 0.1 毫米的平均加工精度；④不产生切削力所引起的残余应力和变形，没有飞边、毛刺；⑤阴极工具在理论上不会损耗，可长期使用。

(2) 电解加工有以下局限性：①不易达到较高的加工精度；②附属设备比较多，占地面积较大，机床需有足够的刚性和防腐蚀性能，造价较高；③电解产物需要妥善处理，否则将污染环境。

56. 电解加工有哪些技术要点？

(1) 常用电解液的种类。电解液可分为中性盐溶液、酸性溶液与碱性溶液三大类。中性盐溶液的腐蚀性小，使用时较安全，故应用最普遍。最常用的电解液有 NaCl 、 NaNO_3 、 NaClO_3 三种，尤其是 NaCl 电解液具有较广的通用性，基本上适用于各种钢、铁及其合金。

(2) 常用电解液的配方及电参数见表 16。

表16 电解液的配方及电参数

| 加工材料 | 电解液配方 | 电压/V | 电流密度/ (A/cm ²) |
|-----------------------|--|-------|-------------------------------|
| 各种碳钢、合金钢、 耐热钢、不锈钢等 | ①10%~15%NaCl | 5~15 | 10~200 |
| | ②10%NaCl+25%NaNO ₃ | | |
| | ③10%NaCl+30%NaNO ₃ | 10~15 | 10~150 |
| 硬质合金 | 15%NaCl+15%NaOH+20%酒石酸 | 15~25 | 50~100 |
| 铜、黄铜、铜合金 铝合金等 | 18%NH ₄ Cl或12%NaNO ₃ | 15~25 | 10~100 |

(3) 电解加工型腔。①阴极材料与加工：阴极材料

有 20 号钢、20Cr、45 号钢、45Cr、1Cr18Ni9Ti、黄铜、紫铜等。阴极的工作表面，根据图纸铣削轮廓外形及型面，把型面样板做成钳工修磨所要求的形状，也可用电解反拷加工法。②型腔加工法：主要有混气电解加工法和非混气电解加工法两种。混气电解加工，即在电解液中混入一定量的气体，将气体混合物输入加工间隙进行电解加工。

(4) 提高电解加工精度的方法。比如，脉冲电解加工；小间隙电解加工；改进电解液，采用低浓度电解液加工；混气电解加工。

57. 怎样进行挤压铸造？

挤压铸造是借鉴于压力铸造与模锻工艺而发展起来的成型技术，把液态金属直接浇入金属模膛，然后在机械静压力的作用下，使处于熔融或半熔融的金属液发生流动并凝固成型，且伴有小量塑性变形，从而获得毛坯或零件。

挤压铸造消除了专门浇注系统，所得制品枝晶少、晶粒细、组织致密，几乎无气孔、缩孔等缺陷，加工精度较高，力学性能好，适于各种金属及合金的加工，可成型较为复杂的零件，对于厚壁件的制造更显其优越性。

常见的挤压铸造法有两种，如图 24 所示。

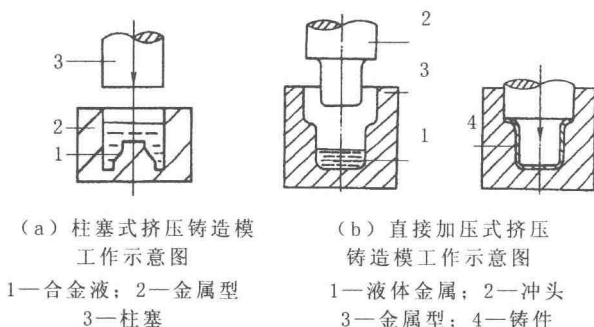


图 24 挤压铸造

58. 怎样进行陶瓷型铸造？

陶瓷型铸造是在砂型熔模铸造的基础上发展起来的一种新工艺，其工艺过程如图 25 所示。这种铸造方法浇出的铸件具有较高的尺寸精度和表面光洁度，因而又被称做陶瓷型精密铸造。此法广泛用于制造大型、形状复杂的成型模、拉深模的凸模和凹模。

(1) 制作母模。常用优质木材或石膏以及钢筋水泥制作母模。如尺寸精度和表面粗糙度要求较好，结构形状复杂，型腔工作表面不再做机加工时，则可用金属母模。

(2) 砂套造型。其目的是使母模和砂套间留有一层

约 10 毫米的间隙，即陶瓷层，用以浇注陶瓷浆。

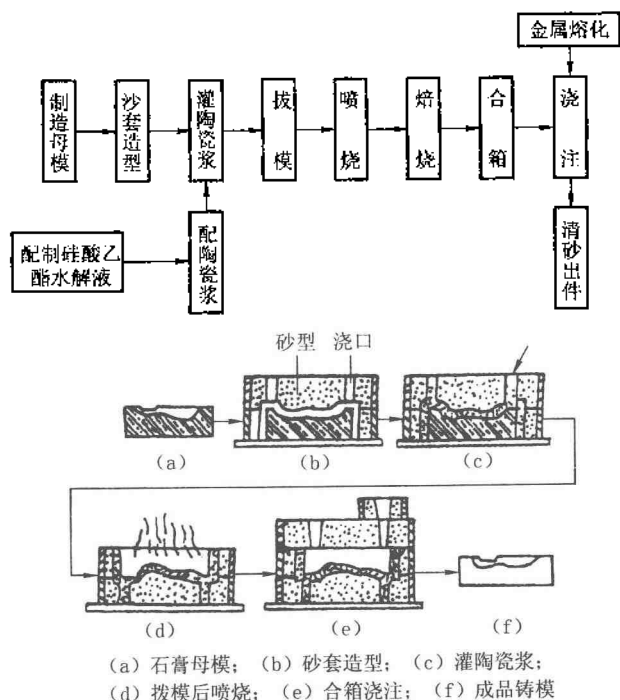


图 25 陶瓷型铸造的工艺流程

(3) 耐火材料的选择。在铸造尺寸和光洁度要求高的合金钢锻模、压铸型、玻璃器皿模具时，应采用耐高温、热稳定性好的刚玉粉、钴砂粉或碳化硅作为陶瓷型浆料的耐火材料。对于铸铁件或铝铸件可采用价格较便宜的铝矾土或石英粉作为耐火材料，并正确选择耐火材

料的粒度组成。

(4) 配制陶瓷浆。陶瓷层由耐火材料、黏结剂和催化剂组成。黏结剂可用硅酸乙酯水解液；催化剂有氢氧化钙、氧化镁、氢氧化钠以及氧化钙等。刚玉粉浆料配方参见表 17。配制陶瓷浆时，须先将催化剂粉末与耐火材料拌匀放入容器中，再将甘油、双氧水加入水解液后摇匀，一并倒入容器内并立即搅匀。双氧水能提高陶瓷层的透气性，甘油则可防止陶瓷层开裂。

表 17 刚玉粉浆料配方

| 刚玉粉 100g | | | 水解液 | 双氧水 | 氢氧化钙 | 甘油 |
|----------|------|-----|-----------|-------|-------------|-------|
| M28 | M180 | M60 | 每 100 克粉料 | | 每 100ml 水解液 | |
| 50g | 50g | 20g | 37~40ml | 0.3ml | 0.45g | 0.2ml |

(5) 灌陶瓷浆。灌浆过迟过早都不好。开始结胶的时间可通过预配小样测定。灌浆时，浆料倒入速度不应过快，以防卷入空气。最好边灌浆边振动，以排除浆料中的气体。

(6) 拔模（起模）。灌浆后，从浇口可观察结胶过程。但在结胶开始后尚不能立即起模，一般结胶后 5~15 分钟，待陶瓷层消去弹性时，起模效果最好。起模时先将浇注系统、通气棒取出，然后垂直取出母模（不可敲动）。

(7) 喷烧和焙烧。起模后应立即进行点火喷烧，否则易产生裂纹。空气不易进入的凹处须吹入氧气，让各处均匀燃烧，使水和乙醇等迅速、均匀地从型腔中排出，使陶瓷型的表面有一定的强度和硬度。陶瓷型的火焰自行熄灭后则可焙烧，进一步去除铸型中的水分、乙醇及其他有机物质。焙烧温度通常为 $300^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ 。

(8) 浇注与清理。陶瓷型浇注时一定要注意挡渣。浇注温度与浇注速度可比同类型的砂型铸件稍高。陶瓷型铸件最好待冷却至室温时再打箱，这样可防止铸件裂纹与变形。

59. 塑料模具抛光有哪些方法？

(1) 机械抛光。这是借切削、材料表面塑性变形去掉被抛光后的凸部而得到平滑面的抛光方法。一般使用油石条、羊毛轮、砂纸等工具，以手工操作为主，特殊零件如回转体表面，可使用转台等辅助工具，表面质量要求高的可采用超精研抛的方法。超精研抛是采用特制的磨具，在含有磨料的研抛液中，紧压在工件被加工表面上作高速旋转运动。利用该技术可以达到 $R_a 0.008$ 微米的表面粗糙度，是各种抛光方法中最高的。光学镜片模具常采用这种方法。

(2) 化学抛光。其基本原理是：在化学介质中，材料表面微小凸出的部分较凹部分优先溶解，从而得到平滑面。这种方法的主要优点是不需复杂设备，可以抛光形状复杂的工件，还可以同时抛光很多工件，效率高。化学抛光的核心问题是抛光液的配制，化学抛光得到的表面粗糙度一般为 $R_a 10$ 微米。

(3) 电解抛光（电化学抛光）。电解抛光基本原理与化学抛光相同，即靠选择性的溶解材料表面微小凸出部分，使表面光滑。与化学抛光相比，电解抛光可以消除阴极反应的影响，效果较好。电解抛光过程分为两步：①宏观整平：溶解产物向电解液中扩散，材料表面粗糙度下降， R_a 大于 1 微米；②微光平整：阳极极化，表面光亮度提高， R_a 小于 1 微米。

(4) 超声波抛光。将工件放入磨料悬浮液中并一起置于超声波场中，依靠超声波的振荡作用，使磨料在工件表面磨削抛光。超声波加工宏观力小，不会引起工件变形，但工装制作和安装较困难。超声波加工可以与化学或电化学方法结合。在溶液腐蚀、电解的基础上，再施加超声波振动搅拌溶液，可使工件表面溶解产物脱离，表面附近的腐蚀或电解质均匀；超声波在液体中的空化作用还能够抑制腐蚀过程，利于表面光亮化。

(5) 流体抛光。流体抛光是依靠高速流动的液体及

其携带的磨粒冲刷工件表面达到抛光的目的。其常用方法有磨料喷射加工、液体喷射加工、流体动力研磨等。流体动力研磨是由液压驱动，使携带磨粒的液体介质高速往复流过工件表面。介质主要采用在较低压力下流过性好的特殊化合物（聚合物状物质）并掺上磨料制成，磨料可采用碳化硅粉末。

（6）磁研磨抛光。它是利用磁性磨料在磁场作用下形成磨料刷，对工件磨削加工。磁研磨抛光加工效率高，质量好，加工条件容易控制，工作条件好。采用合适的磨料，表面粗糙度 R_a 可以达到 0.1 微米。

60. 精密模具镜面加工主要采用哪种抛光的法？

在塑料模具加工中所说的抛光与其他行业中所要求的表面抛光有很大的不同，严格来说，模具的抛光应该称为镜面加工。它不仅对抛光本身有很高的要求并且对表面平整度、光滑度以及几何精确度也有很高的标准。表面抛光一般只要求获得光亮的表面即可。镜面加工的标准分为四级： $A_0 = R_a 0.008$ 微米， $A_1 = R_a 0.016$ 微米， $A_2 = R_a 0.032$ 微米， $A_3 = R_a 0.063$ 微米。由于电解抛光、流体抛光等方法很难精确控制零件的几何精确度，

而化学抛光、超声波抛光、磁研磨抛光等方法的表面质量又达不到要求，所以精密模具的镜面加工还是以机械抛光为主。

61. 模具机械抛光有哪些基本程序？

要想获得高质量的抛光效果，最重要的是要具备高质量的油石、砂纸和钻石研磨膏等抛光工具和辅助品。而抛光程序的选择取决于前期加工后的表面状况，如机械加工、电火花加工、磨削加工等。机械抛光的一般过程如下：

(1) 粗抛。经铣、电火花、磨等工艺后的表面可以选择转速在 35000~40000 转/分的旋转表面抛光机或超声波研磨机进行抛光。常用的方法有利用直径 3 毫米、WA400 # 的轮子去除白色电火花层；然后是手工油石研磨，条状油石加煤油作为润滑剂或冷却剂，其使用顺序依次为 180 #、240 #、320 #、400 #、600 #、800 #、1000 #。许多模具制造商为了节约时间而选择从 # 400 开始。

(2) 半精抛。半精抛主要使用砂纸和煤油，砂纸的号数依次为 400 #、600 #、800 #、1000 #、1200 #、1500 #。实际上 1500 # 砂纸只适用于淬硬的模具钢 (52

洛氏硬度以上), 而不适用于预硬钢, 因为这样可能会导致预硬钢件表面烧伤。

(3) 精抛。精抛主要使用钻石研磨膏; 若用抛光布轮混合钻石研磨粉或研磨膏进行研磨的话, 则通常的研磨顺序是 9 微米 (1800 #)、6 微米 (3000 #)、3 微米 (8000 #)。9 微米的钻石研磨膏和抛光布轮可用来去除 1200 # 和 1500 # 号砂纸留下的发状磨痕。接着用粘毡和钻石研磨膏进行抛光, 顺序为 1 微米 (14000 #)、1/2 微米 (60000 #)、1/4 微米 (100000 #)。

精度要求在 1 微米以上 (包括 1 微米) 的抛光工艺, 在模具加工车间中一个清洁的抛光室内即可进行。若进行更加精密的抛光, 则必需一个绝对洁净的空间。灰尘、烟雾、头皮屑和口水沫都有可能报废数个小时工作后得到的高精密抛光表面。

62. 砂纸机械抛光要注意哪些问题?

(1) 用砂纸抛光需要利用软的木棒或竹棒。在抛光圆面或球面时, 使用软木棒可更好的配合圆面和球面的弧度。而较硬的木条像樱桃木, 则更适用于平整表面的抛光。修整木条的末端使其能与钢件表面形状保持吻合, 这样可以避免木条 (或竹条) 的锐角接触钢件表面而造

成较深的划痕。

(2) 当换用不同型号的砂纸时, 抛光方向应变换 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$, 这样前一种型号砂纸抛光后留下的条纹阴影即可分辨出来。在换不同型号砂纸之前, 必须用 100% 纯棉花蘸取酒精之类的清洁液对抛光表面进行仔细的擦拭, 因为一颗很小的沙砾留在表面都会毁坏接下去的整个抛光工作。从砂纸抛光换成钻石研磨膏抛光时, 这个清洁过程同样重要。在抛光继续进行之前, 所有颗粒和煤油都必须被完全清洁干净。

(3) 为了避免擦伤和烧伤工件表面, 在用 1200# 和 1500# 砂纸进行抛光时必须特别小心。因而有必要加载一个轻载荷以及采用两步抛光法对表面进行抛光。用每一种型号的砂纸进行抛光时都应沿两个不同方向进行两次抛光, 两个方向之间每次转动 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。

63. 钻石研磨抛光要注意哪些问题?

(1) 这种抛光必须尽量在较轻的压力下进行, 特别是抛光预硬钢件和用细研磨膏抛光时。在用 8000# 研磨膏抛光时, 常用载荷为 100~200 克/平方厘米, 但要保持此载荷的精准度很难做到。为了更容易做到这一点, 可以在木条上做一个薄且窄的手柄, 比如加一铜片; 或

者在竹条上切去一部分而使其更加柔软。这样可以帮助控制抛光压力，以确保模具表面压力不会过高。

(2) 当使用钻石研磨抛光时，不仅是工作表面要求洁净，工作者的双手也必须仔细清洁。

(3) 每次抛光时间不应过长，时间越短，效果越好。如果抛光过程进行得过长，将会造成“橘皮”和“点蚀”。

(4) 为获得高质量的抛光效果，容易发热的抛光方法和工具都应避免。比如抛光轮抛光，抛光轮产生的热量会很容易造成“橘皮”。

(5) 当抛光过程停止时，保证工件表面洁净和仔细去除所有研磨剂和润滑剂非常重要，随后应在表面喷淋一层模具防锈涂层。

64. 哪些因素影响模具抛光质量？

由于机械抛光主要还是靠人工完成，所以抛光技术目前还是影响抛光质量的主要原因。除此之外，还与模具材料、抛光前的表面状况、热处理工艺等有关。

(1) 优质的钢材是获得良好抛光质量的前提条件。如果钢材表面硬度不均或特性上有差异，往往会产生抛光困难。钢材中的各种夹杂物和气孔都不利于抛光。

(2) 从模具材料的硬度看, 硬度增高会使研磨的困难增大, 抛光时间延长, 但抛光后的粗糙度减小, 抛光过度的可能性相应减少。

(3) 从抛光前工件表面状况看, 钢材在切削机械加工的破碎过程中, 表层会因热量、内应力或其他因素而损坏, 切削参数不当会影响抛光效果。电火花加工后的表面比普通机械加工或热处理后的表面更难研磨, 故电火花加工结束前应采用精规准进行电火花修整, 否则表面会形成硬化薄层。若精修规准选择不当, 热影响层的深度最大可达 0.4 毫米。硬化薄层的硬度比基体硬度高, 必须去除。因此最好增加一道粗磨加工, 彻底清除损坏表面层, 构成一片平均粗糙的金属面, 为抛光加工提供一个良好基础。

65. 模具装配有何重要性?

要制造出一副合格的模具, 除了要保证模具零件的加工精度之外, 还必须做好装配工作。模具的装配, 就是把它们的组成零件按照图纸的要求连接或固定起来, 成为各种组件、部件, 最后将所有的零件、组件和部件连接或固定起来成为模具, 并能够生产出合格制品的过程。在装配过程中, 既要保证零件的配合精度, 又要保

证零件之间的位置精度。对于具有相对运动的零部件，还必须保证它们之间的运动精度。因此，模具装配精度的高低及质量的好坏，将直接影响制件生产是否正常进行及制件的尺寸精度、形状精度及成本。可见，模具的装配是模具制造过程中的重要环节。

66. 模具装配的组织形式有哪几种？

正确选择模具装配的组织形式和方法是保证模具装配质量和提高装配效率的有效措施。模具装配的组织形式主要取决于模具生产批量的大小，主要的组织形式有以下两种：

(1) 固定式装配。固定式装配是指从零件装配成部件或模具的全过程是在固定的工作地点完成。它又可分为两种形式：①集中装配，是指从零件组装成部件或模具的全过程由一个（或一组）工人在固定地点来完成。这种形式必须由技术水平较高的技术人员来承担，其周期长、效率低、工作地点面积大，适用于单件和小批量或装配精度要求较高及需要调整部位较多的模具装配。②分散装配，是指将模具装配的全部工作分散为各种部件装配和总装配，在固定的地点完成模具的装配工作。这种形式由于参与装配的工人多、工作面积大、生产效



率高、装配周期较短，适用于批量模具的装配工作。

(2) 移动式装配。移动式装配是指每一装配工序按一定的时间完成，装配后的组件、部件或模具经传送工具输送到下一个工序。根据输送工具的运动情况可分为两种形式：①断续移动式，是指每一组装配工人在一定的周期内完成一定的装配工序，组装结束后由输送工具周期性地输送到下一装配工序。该方式对装配工人的技术水平要求低，装配效率高，装配周期短，适用于大批量模具的装配工作。②连续移动式，是指在输送工具以一定速度连续移动的过程中完成装配工作。该方式对装配工人的技术水平要求低，但必须熟练，装配效率高、周期短，适用于大批量模具的装配工作。

67. 模具装配常采取哪些方法？

(1) 互换装配法。其实质是通过控制零件制造加工误差来保证装配精度。按互换程度可分为以下两种：①完全互换法，是指各配合零件不需要挑选、修理和调整，装配后即可达到装配精度要求。此方法装配质量稳定可靠，装配工作简单，模具维修方便，但对模具零件加工要求较高，适用于批量较大的模具零件的装配工作。②部分互换法，是指各配合零件的制造公差将有部分不能

达到完全互换装配的要求，但仍能保证装配精度。为了保证装配精度，可采取适当的工艺排除不符合装配精度要求的个别产品。

(2) 修配装配法。修配装配法是指装配时，修去指定零件的预留修配量，使之达到装配精度的要求。常用的修配装配法有两种：①指定零件修配法是在装配尺寸链的组成环中，预先指定一个零件作为修配件，并预留一定的加工余量，装配时再对该零件进行切削加工，使之达到装配精度要求。②合并加工修配法是将两个或两个以上的配合零件装配后再进行加工，以达到装配精度要求。这种方法广泛用于单件或小批量的模具装配工作。

(3) 调整装配法。调整装配法是用改变模具中可调整零件的相对位置，或变化一组固定尺寸零件（如垫片、垫圈），来达到装配精度要求的方法。常用方法有两种：①可动调整法是用改变调整件的位置来达到装配要求的方法。这种方法在调整过程中，一般不需要拆卸零件，调整比较方便。②固定调整法是选用具有合适的形状、尺寸的零件作为调整件来达到装配要求的方法。这种方法应根据装配时的零件实际测量值，按一定的尺寸间隔进行装配。

68. 装配模具前要做哪些准备工作？

(1) 研究和熟悉装配图，了解模具的结构、零件的作用以及相互的连接关系，并确定装配的方法、顺序和准备所需的工具。

(2) 清理工作场地，要求工作场地下净、整洁，不能有任何杂物。

(3) 根据模具装配图准备和清点装配所需的模具零件、连接零件和辅助材料。

(4) 准备必须的工具、量具、辅具及所需的设备。主要有活扳手、内六角扳手、手锤、旋具、铜棒、平行等高垫块、支撑环、油石、模具抛光设备、润滑油、盛物容器、游标卡尺、钢直尺、90°角尺、R 规等。

(5) 检查并清理模具零件。对个别零件的不合格处，按图样要求进行修理。在检查零件的同时，应把零件清洗、擦拭干净，并在零件表面涂上一层薄薄的机油。

69. 模具装配时怎样调整凸、凹模间隙？

(1) 透光调整法。将模具的上模部分和下模部分分别装配，螺钉不要紧固，定位销暂不装配。将等高垫铁

放在固定板及凹模之间，并用平行夹头夹紧。翻转冲模如图 26 (a) 所示，用手灯或电筒照射，从漏料孔观察光线透过多少，确定间隙是否均匀并调整合适，然后紧固螺钉、装配定位销。经固定后的模具，要用相当于板料厚度的纸片进行试冲，如果样件四周毛刺较小且均匀，则配合间隙调整合适；如果样件某段毛刺较大，说明间隙不均匀，应重新调整至试冲合适为止。

(2) 垫片法。根据凸、凹模配合间隙的大小，在间隙内垫入厚度均匀的纸片或金属片，然后调整凸、凹模的相对位置，使配合间隙均匀，如图 26 (b) 所示。

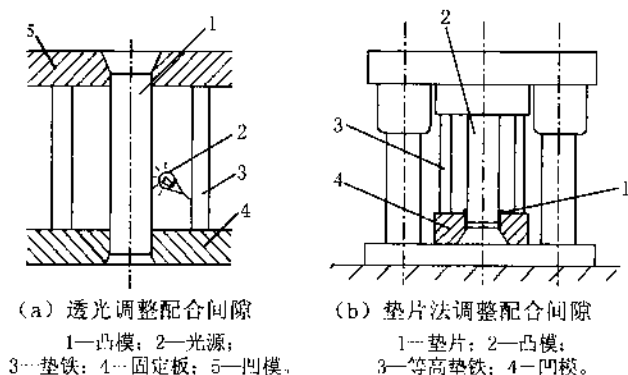


图 26 凸、凹模配合间隙调整方法

(3) 测量法。将凸模插入凹模型孔内，用塞尺检查凸、凹模四周配合间隙是否均匀，并做相应调整，适用于单边配合间隙大于 0.02 毫米的模具。

(4) 镀铜法。在凸模工作端镀一层厚度等于单边配合间隙的铜,使配合间隙均匀。镀层在模具使用中可自行脱落,装配后不必去除。

(5) 涂层法。在凸模上涂一层厚度等于单边配合间隙的磁漆或氨基醇酸绝缘漆等涂料,并调整凸模相对位置,使配合间隙均匀。此法适用于小间隙冲模的调整。

70. 压铸模总体装配精度有哪些技术要求?

(1) 模具分型面对定模、动模座板安装平面的平行度规定如表 18 所示。

表18 模具分型面对座板安装平面的平行度规定

| 被测面最大 直线长度/mm | ≤106 | >106~250 | >250~400 | >400~630 | >630~1000 | >1000~1600 |
|------------------|------|----------|----------|----------|-----------|------------|
| 公差值/mm | 0.06 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.16 | 0.20 |

(2) 导柱与导套对定、动模座板安装面的垂直度规定如表 19 所示。

表19 导柱与导套对定、动模座板安装面的垂直度规定

| 导柱、导套有效滑长度/mm | ≤40 | >40~63 | >63~100 | >100~160 | >160~250 |
|---------------|-------|--------|---------|----------|----------|
| 公差值/mm | 0.015 | 0.020 | 0.025 | 0.030 | 0.040 |

(3) 在分型面上, 定模、动模镶件平面应分别与定模套板、动模套板齐平或略高, 但高出量应在 $0.05 \sim 0.1$ 毫米范围内。

(4) 推杆、复位杆应分别与型面齐平, 推杆允许突出型面, 但不大于 0.1 毫米; 复位杆允许低于型面, 但不大于 0.05 毫米。推杆在推杆固定板中要能灵活转动, 但轴向间隙不大于 0.1 毫米。

(5) 滑块在开模后应定位准确可靠。抽芯动作结束时, 所抽出的型芯端面与铸件上相对应型位或孔的端面距离不应小于 2 毫米。滑动机构应导滑灵活, 运动平稳, 配合间隙适当。合模后滑块与楔紧块应压紧, 接触面积不小于 $1/2$, 且具有一定预应力。

(6) 浇道表面粗糙度 R_a 不大于 0.4 微米, 转接处应光滑连接, 向拼处应密合, 拔模斜度不小于 5° 。

(7) 合模时镶块分型面应紧密贴合, 如局部有间隙, 也应不大于 0.05 毫米(排气槽除外)。

(8) 冷却水道和温控油道应畅通, 不应有渗漏现象, 进口和出口处应有明显标记。

(9) 模具所有活动部位应保证位置准确、动作可靠, 无歪斜和呆滞现象, 且相对固定的零件之间不允许窜动。

(10) 所有成型表面粗糙度 R_a 不大于 0.4 微米, 且不得有击伤、擦伤或微裂纹。



71. 冲模调试可达到哪些目的？

冲模的试冲与调整简称调试，可达到以下目的：

(1) 鉴定制件的质量和模具使用性能的好坏。冲模组装后，只有经过在生产条件下的试冲，才能知道制品零件的质量和尺寸是否符合图样规定的要求，其所制造的模具动作是否合理可靠。

(2) 确定制品的成型条件。冲模经过试冲制出合格样品后，可在试冲中掌握模具的使用性能、制品零件的成型条件、方法及规律，从而为制定模具生产批量制品的工艺规程提供可靠依据。

(3) 有些形状复杂或精度要求较高的弯曲、拉深、成型、冷挤压等制品零件，很难在设计时精确地计算出变形前的毛坯尺寸和形状。为了能得到较准确的毛坯形状和尺寸及用料标准，只有通过反复的调试模具后，使之制出合格的零件才能确定。

(4) 对于一些在模具设计和工艺设计中，难以用计算方法确定的工艺尺寸，如拉深模的复杂凸、凹模圆角、某些部位几何形状和尺寸，必须边试冲、边修整，直到冲出合格零件后，此部位形状和尺寸方能最后确定。

72. 冲模调试包括哪些内容?

(1) 将装配后的冲模能顺利地装在指定的压力机上。

(2) 用指定的坯料（或板料）在模具上顺利地制得合格的制品零件。

(3) 检查成品零件的质量是否符合制品零件图样要求。若发现制品零件存有缺陷，应分析其产生缺陷的原因，并设法对冲模进行修正和调试，直到能生产出一批完全符合图样要求的零件为止。

(4) 根据设计要求，进一步确定某些模具经试验后所决定的形状和尺寸，并修整这些尺寸，直到符合要求。

(5) 经试模后，为工艺部门提供编制模具生产批量制品的工艺规程的依据。

(6) 在试模时，排除各种影响安全生产、质量和操作等不利因素，使模具能达到稳定、批量生产的目的。

73. 冲模试模前有哪些技术要求?

(1) 对试模材料的要求。①试模材料的性能、牌号、厚度及其公差应符合工艺图纸要求；②材料的宽度应符合工艺图纸要求，如连续模的材料宽度比导板间距小0.1~0.15毫米；③试模材料的表面质量应符合要求，

如板料表面应平整光洁、无麻点、划痕、擦伤等缺陷，条料在长度方向上一定要平直，无翘曲、锈蚀现象。

(2) 对冲模的要求。①冲模的装配精度应符合图纸要求。冲模间隙合理均匀，卸料及推料装置正确灵活，导向良好，定位及挡料尺寸正确。②模具的闭合高度、冲裁工艺力与指定的压力机相适应。③冲模的安装尺寸应符合要求。如安装槽孔和下模板托杆孔位置与压力机相适应，托杆和打料杆的直径及长度也分别与压力机相适应。

(3) 对压力机的要求。①压力机的吨位大于模具的冲裁工艺力，其装模高度大于模具的闭合高度；②压力机的刹车、离合器、平衡汽缸、液压系统及操作机构的工作正常可靠；③压力机的打料螺钉处于适当高度，保证在工作时不损坏压力机的打料机构；④压力机的压缩空气垫操作灵活。

74. 怎样鉴定模具技术状态？

模具在制造或在使用过程中，由于模具制造工艺不合理、模具安装或使用不当、模具零件的自然磨损等原因，导致模具零部件失去原有的使用精度，严重影响制件的质量和生产效率。为此，应及时鉴定模具技术状态。

一般来讲，对于新制造完的模具和经修理后的模具，通过试模来鉴定；而对使用中的模具，通过对制件质量状况和模具工作性能的检查来鉴定。

(1) 制件质量检查。①检查内容：制件尺寸精度是否符合图样要求、制件形状及表面质量有无各种成型缺陷、毛刺是否超过规定要求；②首件检查：在完成模具安装调试开始作业时，先检查几个制件，看是否符合图样各项要求，然后将检查结果与模具前一次或试模时检查的测定值做比较，看是否发生变化，以确定模具是否安装正确；③模具在使用中的检查：进行制件尺寸和毛刺测量，再将检查结果与首件检查对比，以确定尺寸变化状况、模具的磨损状况和使用性能；④末件检查：模具在使用后检查最后几个件的质量状况和生产数量，用于判断模具的磨损状况及有无修复的必要。

(2) 模具工作性能检查。①检查工作零件是否有裂纹、严重磨损及损坏，凸、凹模间隙是否均匀、大小合适，冲裁模刃口是否锋利，型腔模表面是否有划痕等；②检查各工作系统是否协调，能否正常工作；③检查导向装置是否磨损、导柱和导套间隙是否正常、固定部位有无松动等；④检查各推件及卸料装置是否灵活，是否有磨损和严重变形；⑤检查定位装置是否可靠、有无松动及严重磨损；⑥检查安全、防护装置是否状态完好。

75. 怎样进行模具的维护与保养?

通过对模具的维护与保养,其主要目的是保证模具精度,使模具永远保持在良好技术状态下工作,最大限度地延长模具使用寿命和防止制件出现缺陷。模具的维护与保养工作,应贯穿在模具的使用、拆卸、存放、检修等各个环节之中,具体要求如下所述:

(1) 模具使用前的准备工作。①对照工艺文件,检查所用模具是否正确、规格和型号是否与文件一致;②操作者应熟练掌握所用模具的使用性能、方法、结构特点及动作原理;③检查所用设备是否合理,如压力机行程、开模距、压射速度等是否与所用设备配套;④检查所用模具是否完好、所用材料是否合适;⑤检查模具的安装是否正确、各紧固零件有无松动;⑥开机前工作台上、模具上不得有杂物,以防损坏模具。

(2) 模具使用过程中的维护。①模具开机后,首件检查合格后方可开始生产,不合格则停机检查原因;②遵守操作规程,防止乱放、乱砸、乱碰、违规操作;③模具运转时随时检查,发现异常时立刻停机修整;④定时对模具各滑动部位进行润滑。

(3) 模具的拆卸。①模具使用后,要按正常操作程

序将模具从机床上卸下，不可乱拆乱卸；②拆卸后的模具要擦拭干净，并涂油防锈；③模具吊运要稳妥，慢起、轻放；④选取模具工作后的最后几个制件检查，确定是否需要检修；⑤确定模具技术状态，使其完整及时送入指定地点保管。

(4) 模具的检修维护。①根据技术鉴定状态，定期进行检修；②检修时严格按照检修工艺进行；③检修后要进行试模、调整，并重新鉴定技术状态。

(5) 模具的存放。保管存放的地点一定要通风良好，干燥。

76. 模具修理工主要有哪些职责？

在一般的工厂中，都设有模具修理车间或维修小组。这些修理人员通常由具备一定模具制造经验的模具工来担任，并要配备专业技术人员。其主要职责如下所述：

(1) 熟悉本厂（本车间）所有产品、所有模具的种类及每种产品制件所用模具套数、工艺流程及使用状况。对模具要做好技术档案，注明模具开始使用时间、每次生产的件数、刃口修磨次数及每副模具的使用状态。标明模具易损零件的磨损情况及需要维修的部位及更换备件程度。

(2) 熟练掌握所修模具的全部情况,如模具的结构特点、动作原理、模具性能特点、易损耗和常发生毛病部位,并确定修理方法和修理方案。

(3) 在模具工作过程中,要经常检查模具的工作状态,及时配制及更换模具易损件,做好维护与检修工作。

(4) 不断提高修理技能和培养独立工作能力,配合操作工一起安装冲模及修理后的模具调试工作。

77. 维修模具常使用哪些设备与工具?

(1) 维修模具常使用以下设备:①压力机,供一般小型冲模冲裁、压弯及拉深用,如 J21-63 型压力机;②手动压力机,适于小型制件模具调整和导柱、导套的压入、压出;③0.5kN 齿条式手动压力机,适于小型零件的压入、压出以及制备件时的压印锉修;④锉床,供锉修零件用;⑤手推起重小车,供模具运输及搬运用。

(2) 维修模具常使用的工具:撬杠、卡钳、样板夹、退销棒与拔销器、螺钉定位器、抛光轮、砂轮磨头、油石、细纹什锦锉、铜锤、各种尺寸内六角螺钉扳手、砂布、游标卡尺、角度尺、0.02 毫米厚薄规、半径 1 毫米以上半圆规等,可用于模具零件的修磨、锉修、抛光、测量等。

78. 模具修配流程包括哪些步骤?

(1) 熟悉模具图样, 掌握其结构特点及动作原理。

(2) 根据制件情况, 分析造成模具需修配的原因, 并确定模具需修理部位, 观察其损坏情况。

(3) 制定修理方案和修理方法, 确定出模具大修或小修的技术方案。

(4) 根据修理工艺准备必要的修理专用工具及备件。

(5) 修配阶段, 包括以下内容: ①对模具进行检查, 拆卸损坏部位; ②清洗零件, 并核查修理原因及方案的修订; ③配备及修整损坏零件, 使其达到原设计要求; ④更换修配后的零件, 重新装配模具。

(6) 试模及验证, 分为以下三步: ①将修配后的模具, 用相应的设备进行试模与调整; ②根据试模时的模具工作状况及试冲制品情况, 确定修配后的模具质量状况以及是否将原弊病消除; ③确定修配合格的模具, 打入库存放。

79. 怎样修复冲裁模工作零件?

(1) 挤捻法修整刃口。对生产批量不大、冲裁料较薄的模具, 刃口长期使用后其间隙会增大, 可采用挤捻

法减小间隙。操作时将凸模插入凹模中，因间隙较小无需垫片，沿凹模刃口外侧斜面，用手锤均匀敲打挤捻，减小凹模孔的尺寸，最后将凹模刃口磨锋利。

(2) 修磨法修整刃口。凸、凹模刃口正常磨损后，用几种不同粗细的油石加些煤油在刃口面上来回研磨至光滑、锋利，此法多用于不拆卸模具且难以在平面磨床上磨削刃口平面的情况。

(3) 用油石和风动砂轮修磨刃口。冲裁凸、凹模刃口出现不太严重的崩刃和裂纹，且受损刃口部位范围窄小时，可先用风动砂轮将崩刃或裂纹部位的不规则断面修磨成圆滑过渡的形状，然后用油石研磨修整，要同时研磨刃口面和型孔内壁或外型面。此法适用于精度要求不高的模具，对精密模具和复杂形状、多工位冲模不适用。

(4) 镶嵌法修复刃口。冲裁凸、凹模刃口局部损坏（如出现较大的崩刃、裂纹等）而无法使用时，可以用与凸、凹模相同的或更优的材料，在受损部位镶以镶块，经修配恢复到原来的刃口形状和间隙。具体操作如下所述：①用数控线切割的方法切去凸、凹模的破损部位；②镶嵌件用数控线切割或成型磨削的方法加工，加工尺寸可通过圆形孔（或外形）切割程序或测量型部实际尺寸来确定；③小尺寸镶块可用燕尾槽方法固定，大尺寸

镶块可用螺钉及圆销固紧定位，小尺寸圆形孔可直接采用镶套的方法，如图 27 所示；④制成的镶块镶嵌在凸、凹模槽中，固定应牢固，不得有明显缝隙（沿冲裁轮廓线）；⑤加工成型的镶块装入凸、凹模后，将刃口刃磨成一致。

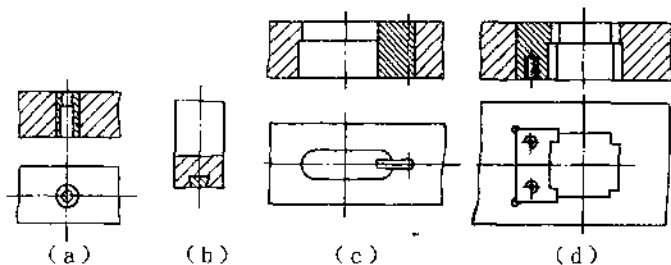


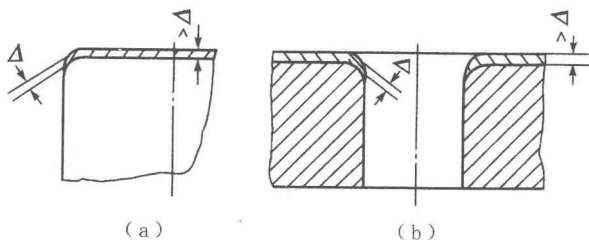
图 27 镶嵌件固定方式

(5) 焊补法修复刃口。当冲裁凸、凹模刃口崩刃、裂纹等大范围损伤，而模具尺寸大，难以使用镶嵌法修复时，可选用焊补法修复刃口。具体操作如下所述：①将凸、凹模损伤部位用砂轮磨成与刃口平面成 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 的斜面，宽度视损伤程度而定，一般为 4~6 毫米。②模块预热。Cr12Mov 和 9CrSi 等材料按回火温度预热，加热速度为 0.8~1 毫米/分，但预热时间不少于 45 分钟；T10A 材料的模块可不预热。③零件预热后应立即用直流电焊机焊补。补焊时焊条应干燥，所用材料与模具材料相同，焊后立即用锤敲打焊缝，以释放表面应力。④

焊后的零件立即入炉保温，保温时间为 30~60 分钟，然后随炉冷却到 100℃ 以下出炉空冷。⑤补焊后的刃口可用磨削加工到要求尺寸，或用风动砂轮修磨成型。⑥用堆焊刃口方法加工的大型冲裁模具，可参照刃口堆焊的方法修补损伤刃口。

80. 怎样修复变形工序类冲模工作零件？

变形工序类冲模主要包括弯曲模、拉深模、成型模。这类冲模凸、凹模在工作过程中，发生损伤的形式主要有工作表面拉伤、裂纹等，工作表面包括凸、凹模圆角处、与材料接触的平面和型孔、外形的型面。常用修复方法如下所述：



(a) 凸模；(b) 凹模。

Δ —圆角处磨损量

图 28 修磨法修复刃口

(1) 修磨法修复刃口。当凸、凹模圆角半径处损伤较大时, 可将凸模或凹模的端平面磨去, 磨去量应大于圆角处的磨损量, 然后用砂轮修磨成所需要的圆角, 最后用油石研磨抛光, 如图 28 所示。当凸、凹模的外形和型孔侧面有较大损伤时, 不宜采用修磨法修复刃口。

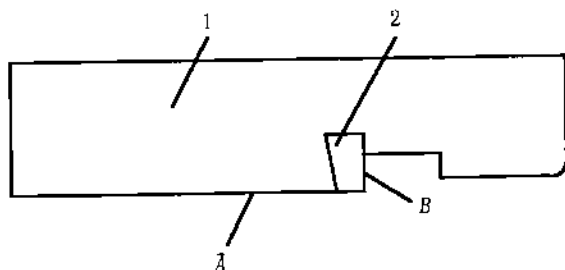
(2) 镀硬铬法。凸、凹模工作表面正常磨损时, 修磨后会使其形状尺寸改变、间隙加大, 可采用镀硬铬法进行修复。此法适于修复侧面磨损较大的损伤。镀铬层厚度可达 $0.02 \sim 0.03$ 毫米, 视损伤程度而定。镀铬后, 重新加工到要求尺寸。

(3) 加箍法。对于裂纹损伤不大的凸、凹模可采用加箍法紧固, 防止裂纹扩大。另外, 还可采用镶嵌法、焊补法修复。

81. 怎样修复冲模定位和导向零件?

(1) 定位零件的修复。冲压过程中, 定位零件直接和材料接触, 很容易磨损和损坏。①定位销和导正销被损坏后, 一般更换新件, 更换后要保证原定位尺寸不变。②连续模的导料板和侧刃挡块被磨损变形, 会造成送料位置改变, 影响冲件质量。修理时, 将侧导板卸下, 如挡块松动, 可由钳工捻修固紧。捻修后, 将侧导板上、

下平面磨平，同时磨削挡块的 B 面和侧导板导向面 A，并使 B 面与 A 面保持垂直，如图 29 所示。导料板磨损后，可采取磨去磨损量的方法修复。侧导板和挡块修复后安装时，应重新调整模具，并进行试冲。③用于半成品成型件定位的定位零件修复时，可采用捻修、补焊、修磨或更换新件等方法修复。



1—侧导板；2—侧刃挡块

图 29 侧导板修复

(2) 导向零件的修复。导柱、导套、导板等导向零件目前已实现标准化、专业化生产和市场化供货。因此，这类零件磨损或损坏后，一般采用更换新件的方法修复。

82. 怎样修复冲模紧固零件？

(1) 螺钉、螺栓和螺纹孔的修复。①紧固、连接用的螺钉、螺栓发生弯曲或折断时，应更换新件。②冲模

零件上的螺纹孔，常常由于长期受振动、冲击或反复使用而发生磨损。螺纹孔修复可采用扩孔修复的方法，即将原螺纹孔规格扩大一号，如 M8 改为 M10、M10 改为 M12 等。在修复经热处理淬硬的零件中的螺纹孔时，不能采取上述方法，而应改变模具零件的连接固紧方式，将淬硬零件上的螺纹孔用电加工的方法改为螺钉过孔。

(2) 圆柱销和柱销孔的修复。圆柱销出现表面拉伤或折断、弯曲时，必须更换新件。柱销孔发生孔壁被拉伤、孔径增大或孔形变形时，其修复方法如下：①扩孔修复。如圆柱销连接的模具零件中，销孔破损程度较大，可将销孔直径规格扩大一档，如 $\phi 8$ 改为 $\phi 10$ 、 $\phi 10$ 改为 $\phi 12$ 等。②堵塞修复。如淬硬零件的销孔损坏，或不宜采用扩孔修复法时，可用电加工或钻加工方法将原销孔扩大，堵上一柱塞后，将柱塞两端面与零件平面磨平后，重新钻、铰，装入柱销。

8.3. 锻模损坏的原因有哪些？

型腔模包括锻模、合金压铸模、塑料模、粉末冶金模、陶瓷模等。其中，尤以锻模工作条件恶劣，受冲击较大，损坏、破损的机会较多。其余型腔模多为表面质量降低，及时进行抛光即可；而导向机构、制件推出机

构等发生故障后的修理方法基本上与冷冲模相同。锻模损坏的原因如下所述：

(1) 锻模磨损的原因。包括金属毛坯沿模膛流动发生摩擦过强、模膛表面加工过于粗糙、模膛内有氧化皮、锻模材料耐磨性差、金属变形抗力过大、打击次数多、冷却润滑不好等。

(2) 模膛裂纹的原因。包括锻打时预热不好、热处理不当、锻模材料冲击韧度低、锤击过猛、锻造温度过低、设备吨位过大等。

(3) 模具变形的原因。①锻模材料热硬性差；②回火温度过高，使锻模硬度过低；③锻模局部温度过高，产生塑性变形，造成局部压缩或压堆现象。

(4) 锻模出模困难的原因。①模膛表面过于粗糙；②锻打时，模膛表面损坏，出现氧化、非润滑表面，在进一步锻打时，与金属毛坯焊合在一起，造成出模困难。

84. 怎样对锻模进行随机维修？

(1) 微小损伤，包括局部表面微裂纹、圆角部分隆起、凸起部分塌陷、局部开裂、模膛变形等，可在工位上用电动或气动砂轮机（带有软轴及磨头）、手凿、刮刀、扁铲等工具进行现场修理。

(2) 锻模局部较大裂纹，由锻打时预热不好、砧座不平等原因引起，可在锻模两侧以补焊方法修复。

(3) 复杂型面处断裂，如图 30 所示情况，可利用补焊法修复。

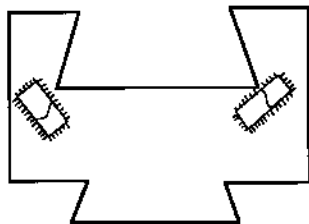


图 30 复杂型面处断裂举例

(4) 筋、凸起和毛边槽桥部碎裂，可采用堆焊同类金属方法修复，然后用手砂轮打磨出所需形状。

85. 怎样进行锻模翻修？

锻模若破损较大，锻出的工件超出公差范围，随机难以修复时，锻模应停止使用，卸下进行翻新。一般来讲，模膛磨损严重、工作型面与模膛凸起部分产生严重的塌陷或者模膛边缘有打量的热疲劳裂纹，在这些情况下应及时进行翻修。

(1) 翻修锻模热处理。可采取以下三种方式：①在翻修前，先将锻模加热到 $650^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ 进行高温回火，

回火后加工成所要求形状和尺寸，最后将翻修后的锻模进行淬火和回火；②将要翻修的锻模进行退火处理；③先将锻模翻修好，然后进行热处理（若检验后硬度合适，可不必再经热处理）。

（2）锻模翻修方法。常用方法有以下三种：①原膜再加工翻修方法，即当锻模高度留有翻修余量时，从分模面上刨去一层金属，与制造新锻模一样，用机械加工或电加工方法加深模膛，检验后热处理淬硬及回火处理；②堆焊法，一般用于修理裂纹和破损较大的锻模，但在利用电渣焊接或手工电弧焊前，一定要经退火处理；③更新法，即更换新的膜膛，主要针对破损很大的锻模。