

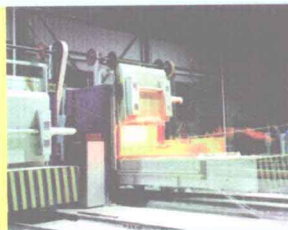


全国高等院校“十二五”特色精品课程建设成果

模具材料及热处理

(第3版)

◎主编 李奇 ◎主审 宋藜



MUJU CAILIAO
JI RECHULI

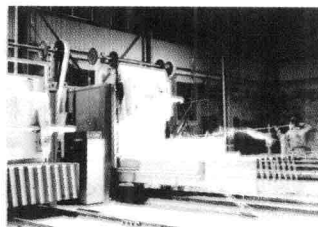
 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



全国高等院校“十二五”特色精品课程建设成果

模具材料及热处理

(第3版)



◎主 编 李 奇
◎副主编 吴光辉 张万宾 刘 进
◎主 审 宋 藜

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是模具设计与制造专业所用的教材,针对当前模具企业使用模具钢的情况,选取了模具企业常用的部分新型模具钢与部分进口模具钢,介绍了常用模具钢的材料性能、热加工性能与热处理规范,并在知识拓展中增加了大量的热处理常识知识。

本书编写时注重理论与实践的有机结合,力求以基础理论的应用为目的、以够用为度,本书采用任务驱动型的项目教学法进行编写,全书共分3个项目9个课题,包括冷作模具钢的性能、热处理规范与选材;塑料模具钢的性能、热处理规范与选材;热作模具钢的性能、热处理规范与选材。

本书主要供高等院校“模具设计与制造”专业的学生使用,也可供热处理技术人员、模具技术人员和技术工人参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

模具材料及热处理/李奇主编. —3 版. —北京:北京理工大学出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 6735 - 9

I. ①模… II. ①李… III. ①模具钢-热处理-高等学校-教材
IV. ①TG162. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 202158 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市通州富达印刷厂

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 13. 5

字 数 / 251 千字

版 次 / 2012 年 8 月第 3 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

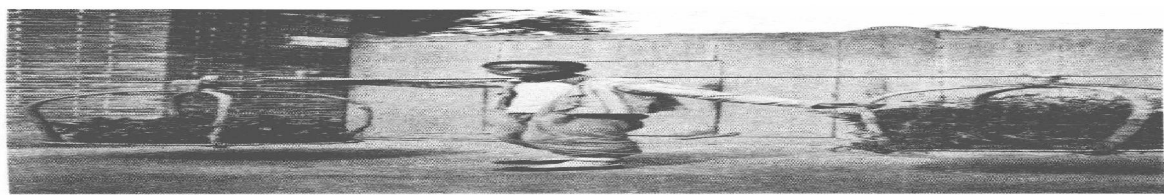
印 数 / 1 ~ 1 500 册

定 价 / 36. 00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换



出版说明

北京理工大学出版社为了顺应国家对机电专业技术人才的培养要求，满足企业对毕业生的技能需求，以服务教学、立足岗位、面向就业为方向，经过多年的大力发展，开发了 30 多个系列 500 多个品种的高等教育机电类产品，覆盖了机械设计与制造、材料成型与控制技术、数控技术、模具设计与制造、机电一体化技术、焊接技术及自动化等 30 多个制造类专业。

为了进一步服务全国机电类高等教育的发展，北京理工大学出版社特邀请一批国内知名行业专业、高等院校骨干教师、企业专家和相关作者，根据高等教育教材改革的发展趋势，从业已出版的机电类教材中，精心挑选一批质量高、销量好、院校覆盖面广的作品，集中研讨、分别针对每本书提出修改意见，修订出版了该高等院校“十二五”特色精品课程建设成果系列教材。

本系列教材立足于完整的专业课程体系，结构严整，同时又不失灵活性，配有大量的插图、表格和案例资料。作者结合已出版教材在各个院校的实际使用情况，本着“实用、适用、先进”的修订原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格，力求提高学生的实际操作能力，使学生更好地适应社会需求。

本系列教材在开发过程中，为了更适宜于教学，特开发配套立体资源包，包括如下内容：

➤ 教材使用说明；

- 电子教案，并附有课程说明、教学大纲、教学重难点及课时安排等；
- 教学课件，包括：PPT 课件及教学实训演示视频等；
- 教学拓展资源，包括：教学素材、教学案例及网络资源等；
- 教学题库及答案，包括：同步测试题及答案、阶段测试题及答案等；
- 教材交流支持平台。

北京理工大学出版社

前 言

本书是根据高等教育“模具设计与制造”专业教学计划和“模具材料及表面处理”课程教学大纲编写的规划教材。本书主要供高等院校模具专业学生使用,也可供材料热处理专业以及模具设计与制造的技术人员参考。

世界工业经济和科学技术的发展,带动了模具制造业的发展。目前模具工业已成为现代工业发展的基础,60%~90%的工业产品都需要使用模具进行加工,许多新产品的开发和生产在很大程度上都依赖模具,特别是汽车、电子电气、机械、建材和塑料等行业。模具作为一种高附加值和技术密集型产品,其技术水平的高低已成为衡量一个企业、一个国家制造业水平的重要标志之一。

在模具的设计制造中能否合理地选用模具材料是模具制造成功的关键问题,模具材料是模具制造业的物质基础和技术基础,其中模具钢是传统的模具材料,其品种、规格、质量对模具的性能、使用寿命和模具制造周期起着决定性作用。但是长期以来,许多模具生产企业对模具材料选用不够重视,对模具新材料了解不多,这是我国模具使用寿命普遍较低的重要原因之一。

为了提高高等院校模具专业的水平,使模具专业的毕业生初步掌握模具材料和热处理技术,促进模具新材料、新工艺、新技术的广泛应用,作者参阅了许多有关教材、著作和文献资料,结合专业要求和现在模具工业材料应用状况,进行了合理地选择,编写了本书。

本书采用任务驱动型的项目教学法进行编写,全书共分3个项目9个课题,包括冷作模具钢的性能、热处理规范与选材;塑料模具钢的性能、热处理规范与选材;热作模具钢的性能、热处理规范与选材,并在知识拓展中增加了大量的热处理常识知识。

本书由李奇担任主编，吴光辉、张万宾、刘进担任副主编，宋藜担任主审。其中项目一由吴光辉编写，项目二由刘进编写；项目三与附录一、二、三由张万宾编写。全书由李奇负责统稿工作。

由于作者的编写水平和实践经验有限，书中不当之处在所难免，敬请有关专家和读者批评指正。

编者



目 录

项目一 冷作模具钢	1	项目三 热作模具钢	121
课题一 冷作模具钢的工作 条件与性能要求	1	课题一 热作模具钢的工作 条件与性能要求 ...	121
课题二 冷作模具钢的性能 及热处理规范	19	课题二 热作模具钢的性能 及热处理规范	138
课题三 冷作模具钢的选用	56	课题三 热作模具钢的选用	160
复习思考题	68	复习思考题	172
项目二 塑料模具钢	69	附录一 模具材料的应用及发展	174
课题一 塑料模具钢的工作 条件与性能要求	70	附录二 模具材料的标准	185
课题二 塑料模具钢性能介绍	81	附录三 进口模具钢简介	195
课题三 塑料模具钢的选用	111	参考文献	207
复习思考题	120		

项目一 冷作模具钢

❖ 课题一 冷作模具钢的工作条件与性能要求 ❖

知识点

- ◎冷作模具钢的工作条件；
- ◎冷作模具钢的性能要求；
- ◎冷作模具钢的制造工艺。

技能点

- ◎冷作模具钢的性能要求。

冷作模具种类多，形状结构差异性大，工作条件和性能要求不一，对模具钢要求较高，因此要对冷作模具钢的性能要求作分析。

一、任务导入

案例1：手柄冲裁模凹模如图1-1所示，生产批量：中批量；材料：Q235-A；材料厚度为0.5 mm。要求掌握冲裁模模具钢的工作条件与热处理要求。

案例2：冷挤压铜套模如图1-2所示，小批量生产，要求掌握冷挤压模具钢的工作条件与热处理要求。

案例3：钢瓶拉深模如图1-3所示，小批量生产，要求掌握拉深模具钢的工作条件与热处理要求。

案例4：滚柱冷镦模如图1-4所示，中批量生产，要求掌握冷镦模具钢的工作条件与热处理要求。

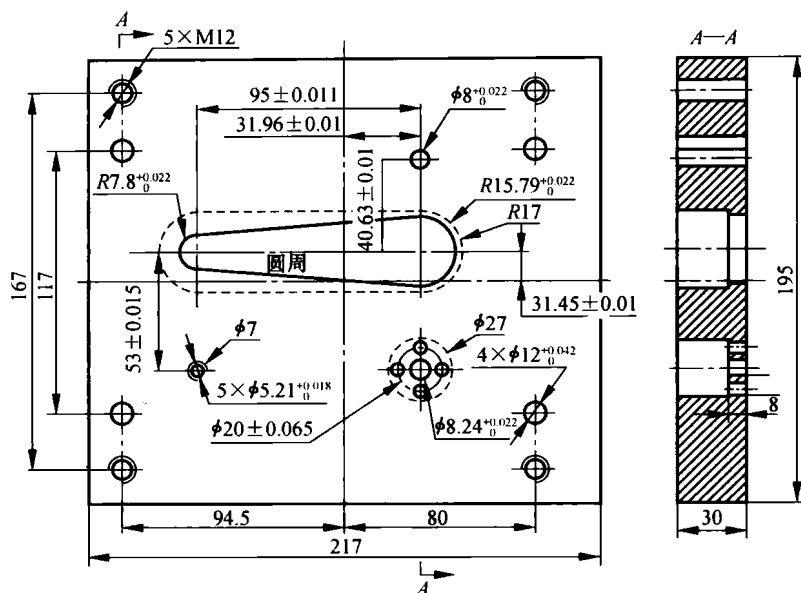


图 1-1 手柄冲裁模凹模

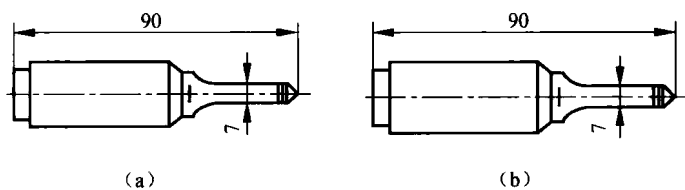


图 1-2 冷挤压铜套模冲头

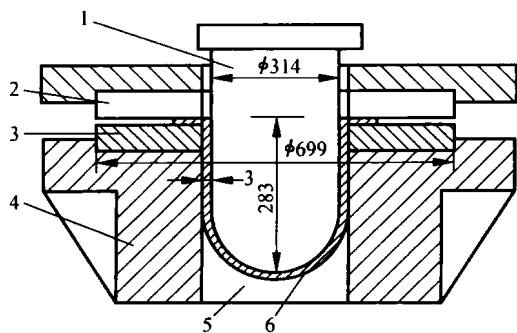


图 1-3 钢瓶拉深模具结构示意图

1—冲头；2—压料板；3—模圈；4—模圈座；
5—顶柱；6—工件

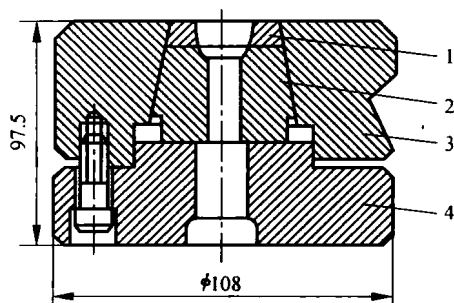


图 1-4 滚柱冷镦组合凹模结构示意图

1—上模；2—底模；3—外套；4—压板

二、专业知识

1. 冷作模具的工作条件及对模具钢的要求

冷作模具是指在常温下对材料进行压力加工或其他加工所使用的模具，典型的冷作模具主要有冲裁模、拉深模、挤压模、冷镦模等。冷作模具在工作时由于被加工材料的变形抗力比较大，模具的工作部分承受很大的压力、弯曲力、冲击力及摩擦力，要求所使用的模具钢材具有高的硬度和耐磨性、高的抗弯强度和足够的韧性，以保证冲压过程的顺利进行。由于各类冷作模具的工作条件不同，所以各类冷作模具的钢材选择类别也不尽相同。

(1) 冲裁模的工作条件及对模具钢的要求

冲裁模的工作对象是黑色金属板材、有色金属板材或其他非金属板材，依靠冲裁模的刃口完成冷冲压加工中的分离工序，主要是对各种坯料进行冲切成型。冲裁模的主要工作部位是凸模和凹模的刃口，靠它们对金属坯料施加压力，使其产生弹性变形、塑性变形和分离等过程。在弹性变形阶段，凸模端面的中间部分与坯料脱离，压力都集中在刃口附近的狭小范围内。在塑性变形和分离阶段，凸模切入坯料，同时金属坯料被挤入凹模洞口，使模具的刃口端面和侧面产生挤压和摩擦。

对冲裁模的模具钢要求较高，对薄板冲裁模模具用钢要求具有高的耐磨性，而对厚板冲裁模除要求具有高的耐磨性、抗压屈服点外，为防止模具崩刃或断裂，还应具有高的强韧性。

(2) 拉深模的工作条件及对模具钢的要求

拉深模是指将板材进行延伸使之成为一定尺寸和形状的产品的模具。拉深模的工作对象是黑色金属板材、有色金属板材或其他非金属板材。依靠模具使金属坯料产生塑性变形而获得所需的形状。拉深模的凸模、凹模和压边圈的工作部位均无锋利的尖角，模具工件的受力不像冲裁模那样限定在较小的范围内，凸模和凹模之间的间隙一般比板材厚度大，模具较少出现应力集中。模具在工作时不易产生偏载，所承受的冲击力很小，凸模承受压力和摩擦力，凹模承受径向张力和摩擦力。

对拉深模的模具钢要求具有高的强度和耐磨性，在工作时不发生粘附和划伤，具有一定韧性及较好的切削加工性能，并要求热处理时模具变形小。对模具用钢的强度要求可以根据被拉深材料的强度和板材的厚度来决定，拉深件批量的大小及形状也应予以考虑。

(3) 挤压模的工作条件及对模具钢的要求

挤压模是指使金属坯料在强大而均匀的近似于静挤压力的作用下，产生塑性变形流动而形成产品的模具。在进行挤压加工时，金属坯料承受强烈的三向压应力。在模具的作用下，金属坯料沿凸模与凹模之间的间隙或凹模模口产生剧烈流

动, 变形位移大。而模具承受强大的挤压力 (来自金属坯料的反作用力), 同时产生很大的摩擦力。在挤压时形成的摩擦功和变形能会转化为热能, 产生挤压中的热效应, 导致模具的局部表面达到 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上的高温。此外, 由于金属坯料端面不平整、凸模与凹模之间的间隙不均匀和中心线不一致等因素, 还会使凸模在挤压时承受很大的偏载或横向弯曲载荷。

对挤压模的模具钢应具有很高的强度和耐磨性, 能承受住反复作用的高压力而不发生破坏, 而且还应该具备抵抗微小塑性变形的能力, 才能保证模具在高压下工作时不变形。此外, 金属变形过程中会产生热效应, 使工件和模具的温度升高, 因此还需要模具用钢具有较高的回火稳定性。

(4) 冷镦模的工作条件及对模具钢的要求

冷镦模是指在冲击力的作用下将金属棒状坯料镦成一定形状和尺寸的产品的冷作模具。在冷镦加工过程中, 冲击频率高 ($60 \sim 120\text{ 次/min}$), 冲击力大, 金属坯料受到强烈镦击, 同时, 模具也同样受到短周期冲击载荷的作用。由于是在室温条件下工作的, 塑性变形抗力大, 工作环境差, 凸模承受巨大的冲击压力和摩擦力, 凹模承受冲胀力和摩擦力, 产生强烈摩擦, 因而冷镦模最常见的失效形式是磨损失效和疲劳断裂失效。

冷镦模具用钢有高硬度、高强度、高耐磨和足够的韧性, 为保证冷镦模具具有较好的强度和韧性, 冷镦凹模的表层应有 1.5 mm 以上的硬化层, 硬度为 $58 \sim 62\text{ HRC}$, 而心部只需硬度较低、韧性较好的索氏体组织, 不能将整个截面都淬硬。

2. 冷作模具钢的性能要求

(1) 冷作模具的使用性能要求

1) 模具的耐磨性

冷作模具在工作时, 表面与坯料之间产生许多次摩擦, 模具必须在这种情况下仍能保持较低的表面粗糙度值和较高的尺寸精度, 以防早期失效。

由于模具材料的硬度和组织是影响模具耐磨性能的重要因素, 因此为了提高冷作模具的抗磨性能, 通常要求模具硬度高于加工件硬度 $30\% \sim 50\%$, 材料的组织为回火马氏体或下贝氏体, 其上分布均匀、细小的粒状碳化物。要达此目的, 钢中碳的质量分数一般都在 0.60% 以上。

2) 模具的韧性

模具材料的韧性, 要根据模具工作条件来决定, 对于受强烈冲击载荷的模具, 如冷作模具的凸模、冷镦模具等, 因受冲击载荷较大, 需要高的韧性; 对于一般工作条件下的冷作模具, 通常受到的是小能量多次冲击载荷的作用, 模具的失效形式是疲劳断裂, 因此模具不必具有过高的冲击韧度值。

3) 模具的强度

模具的强度即指模具零件在工作过程中抵抗变形和断裂的能力。强度指标是

冷作模具设计和材料选择的重要依据, 主要包括: 拉伸屈服点、压缩屈服点等。屈服点是衡量模具零件塑性变形抗力的指标, 也是最常用的强度指标。为了获得高的强度, 在模具制造过程中, 要选择合适的模具材料, 并通过适当的热处理工艺来达到其要求。

4) 模具的抗疲劳性能

冷作模具通常是在交变载荷的作用下发生疲劳破坏的, 因此为了提高模具使用寿命, 需要有一定的抗疲劳性能。导致模具疲劳失效的因素有: 钢中带状和网状碳化物、粗大晶粒; 模具表面有微小刀痕、凹槽及截面尺寸变化过大和表面脱碳等。

5) 模具的抗咬合性

当冲压材料与模具表面接触时, 在高压摩擦下润滑油膜被破坏, 此时被冲压件金属“冷焊”在模具型腔表面形成金属瘤, 从而在成形工件表面划出道痕。咬合抗力就是对发生“冷焊”的抵抗力。影响咬合抗力的主要因素是成形材料的性质, 如镍基合金、奥氏体不锈钢、精密合金等有较强的咬合倾向。模具材料及润滑条件也对抗咬合性有较大的影响。

6) 模具的温度

由于冷作模具是在常温下工作, 产品为冷态成形, 因此模具材料对红硬性方面却要求较低或基本上没要求。

(2) 冷作模具的工艺性能要求

根据模具生产厂家统计, 在模具制造中模具的工艺性能是影响模具成本的一个重要因素, 特别是小型精密复杂模具, 模具材料费用约占总成本的 10% ~ 20%, 而机械加工、热处理、装配和管理费用等要占总成本的 80% 以上。冷作模具的工艺性能要求有: 可锻性、可加工性、可磨削性、热处理工艺性能等。

1) 可锻性

锻造不仅减少了模具材料的机械加工余量, 节约钢材, 而且改善模具材料的内部缺陷, 如碳化物偏析、减少有害杂质、改善钢的组织状态等。

为了获得良好的锻造质量, 对可锻性的要求是: 热锻变形抗力低、塑性好、锻造温度范围宽, 锻裂、冷裂及析出网状碳化物的倾向性小。

2) 可加工性

对可加工性的要求是: 切削力小、切削量大、刀具磨损小以及加工后模具表面光洁。冷作模具钢主要属于过共析钢和莱氏体钢, 大多数切削加工都较困难, 为了获得良好的切削加工性, 需要正确进行热处理, 对于表面质量要求较高的模具可选用含 S、Ca 等元素的易切削模具钢。

3) 可磨削性

为了保证模具具有较好的表面粗糙度和尺寸精度, 大部分模具都必须经过磨削加工。对可磨削性的要求是: 对砂轮质量及冷却条件不敏感, 不易发生磨伤和

磨裂。改善模具钢的可磨削性，可以通过在炼钢过程中加入变质剂（如 Si、Ca、稀土元素等）。

有些模具材料（如高钒高速钢、高钒高合金钢）的可磨削性很差，磨削比很低，不便于磨削加工。近年来改用粉末冶金生产这些材料，可以使钢中的碳化物细小、均匀，完全消除了普通工艺生产的高钒模具钢中的大颗粒碳化物，不但使这类钢的可磨削性大为改善，而且改善了钢的塑性、韧性等性能，使之能在模具制造中推广应用。

4) 热处理工艺性

热处理工艺性能主要包括：淬透性、淬硬性、耐回火性、过热敏感性、氧化脱碳倾向、淬火变形和开裂倾向等。

① 淬透性和淬硬性。淬透性主要取决于钢的化学成分、合金元素含量和淬火前的组织状态。淬透性好的模具钢淬火时采用较缓和的冷却介质，就可以获得较深的硬化层。对于形状复杂的小型模具，采用高淬透性的模具钢制造，可以减少模具的变形和开裂；对于大截面、深型腔模具，选用高淬透性模具钢制造，淬火后心部也能得到良好的组织和硬度。

淬硬性主要取决于钢的含碳量，所以对要求耐磨性高的冷作模具，一般选用高碳钢制造。

② 耐回火性。耐回火性是在回火过程中随着温度的升高，钢抵抗硬度下降的能力。回火温度相同，硬度下降少的钢耐回火性好。耐回火性越高，钢的热硬性越高，在相同的硬度下，其韧性也较好。一般对于受到强烈挤压和摩擦的冷作模具，也要求模具材料具有较高的耐回火性。

③ 过热敏感性。模具在加热过程中。出现过热现象，会得到粗大的马氏体，降低模具的韧性，增加模具早期断裂的危险，所以要求冷作模具钢过热倾向要求。

④ 氧化脱碳倾向。模具在加热过程中如果发生氧化脱碳现象，就会改变模具的形状和性能，严重降低模具的硬度、耐磨性和使用寿命，使模具早期失效，所以要求冷作模具钢的氧化脱碳倾向要小。对于容易发生氧化、脱碳的含钨量较高的模具钢，宜采用真空热处理、可控气氛热处理、盐浴热处理等，以避免模具钢氧化脱碳。

⑤ 淬火变形和开裂倾向。模具钢淬火变形、开裂倾向与材料成分及原始组织状态、工件几何尺寸及形状、热处理工艺方法及参数等都有很大关系，模具设计选材时必须加以考虑。特别是一些形状复杂的精密模具，淬火后难以修整，这就要求材料淬火、回火后的变形程度要小，一般应选择微变形钢。

(3) 冷作模具钢内部冶金质量要求

具有优良的冶金质量才能充分发挥钢的基本特性，模具钢的内部冶金质量与它的基本性能具有同等重要的意义。冷作模具钢的内部冶金质量要求有化学成分

均匀性、磷和硫的含量、钢中夹杂物、碳化物均匀性、疏松。

1) 化学成分不均匀性

模具钢通常是含有多种元素的合金钢，钢在锭模中从液态凝固时，由于选分结晶的缘故，钢液中各种元素在凝固的结构中分布不均匀而形成偏析。这种化学成分的偏析将造成组织和性能的差异，是影响钢材质量的重要原因之一。如奥地利伯乐钢厂曾对 H13 (4CrSMoSiV1) 进行试验研究，将钢中钼的偏析度由 1.5 降到 1.1 时，提高了直径为 200 ~ 300 mm 钢材在硬度为 45 HRC 时的横向塑性和韧性。近年来国外很多钢厂都在致力于研究生产成分均匀、组织细化的钢材。

2) 磷和硫的含量

钢中磷和硫在凝固过程中形成磷化物和硫化物在晶界沉淀，因而会产生晶间脆性，使钢的塑性降低，这样不仅会使钢锭锻轧时在偏析区产生裂纹，而且还降低了钢的力学性能。

3) 钢中夹杂物

钢中非金属夹杂物在某种意义上可以看成是一定尺寸的裂纹。它破坏了金属的连续性，引起应力集中，在外界应力作用下，裂纹延伸很容易发展扩大而导致模具失效。塑性夹杂物的存在，会随着锻轧过程延展变形，使钢材产生各向异性。同时夹杂物在抛光过程中剥落，会增加模具表面的粗糙度值。因此，对于大型和重要的模具来说，提高钢的纯净度是十分重要的。

4) 碳化物不均匀性

碳化物是绝大多数模具钢的必需组分，除可溶于奥氏体的碳化物外，还会有部分不能溶于奥氏体的残余碳化物。这类碳化物的尺寸、形状分布，是由凝固和热变形加工条件决定的。过共析钢的碳化物可能在晶界上形成网状碳化物或在加工变形中碳化物被拉长而形成带状碳化物，或是二者都有。莱氏体的碳化物可能是二次碳化物，也可能是共晶碳化物。在热变形过程中，网状共晶碳化物可以被破碎，碳化物颗粒首先沿变形方向延伸并产生带状，随着变形而逐渐均匀，但它与变形程度不成比例关系，即便是极大的变形比，也不能完全使得碳化物分布非常细小均匀。碳化物的不均匀性对钢的力学性能（包括各向异性）影响很大。

因此，模具钢必须具有较均匀的碳化物分布，如用过共析钢制造块规时，其碳化物分布必须均匀（应不高于 2 级）；用于模具时不应高于 3 级；用莱氏体钢制造搓丝板、滚丝轮或挤压凸模时，则采用不高于 3 级的钢材。

5) 疏松

在钢材的横截面上都会存在通常由液态凝固时产生的疏松和偏析，因而降低了钢的强度和韧性，也严重影响了加工后的表面粗糙度。在一般模具中疏松的存在影响还不大，而在那些冷轧辊、大型模块、凸模等模具就对它有特别的要求。

如深型腔的锻模和凸模要求其疏松不超过 1 级或 2 级, 而用于表盘冲压模具用钢, 则要求其疏松不超过 1 级。

3. 冷作模具钢的分类

冷作模具一直是应用广泛的一类模具, 其产值占模具产值的 1/3 左右, 冷作模具钢采用的范围很广泛, 从各种碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢、基体钢、硬质合金、钢结硬质合金, 直到结构钢、锌合金、增强塑料等。常用的冷作模具钢的分类见表 1-1。

表 1-1 冷作模具钢分类

类 别	钢 号
低淬透性冷作模具钢	T7A、T8A、T10A、T12A、8MnSi、Cr2、9Cr2、Cr06、W、GCr15、V、CrW5
低变形冷作模具钢	CrWMn、9Mn2V、9CrWMn、9Mn2、MnCrWV、SiMnMo
高耐磨微变形冷作模具钢	Cr12、Cr12MoV、Cr12Mo1V1、Cr5Mo1V、Cr4W2MoV、Cr12Mn2SiWMoV、Cr6WV、Cr6W3Mo2.5V2.5
高强度高耐磨冷作模具钢	W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2、W12Mo3Cr4V3N
抗冲击冷作模具钢	4CrW2Si、5CrW2Si、6CrW2Si、9CrSi、60Si2Mn、5CrMnMo、5CrNiMo、5SiMnMoV
高强韧性冷作模具钢	6W6Mo5Cr4V、6Cr4W3Mo2VNb (65Nb)、7Cr7Mo2V2Si (LD)、7CrSiMnMoV (CH-1)、6CrNiSiMnMoV (GD)、8Cr2MnWMoVS
高耐磨、高韧性冷作模具钢	9Cr6WMo2V2 (GM)、Cr8MoWV3Si (ER5)
特殊用途冷作模具钢	9Cr18、Cr18MoV、Cr14Mo、Cr14Mo4、1Cr18Ni9Ti、5Cr21Mn9Ni4W、7Mn15Cr2Al3V2WMo

4. 冷作模具钢的热处理要求

实践证明, 模具的淬火变形与开裂, 使用过程中的早期开裂, 虽然与材料的冶金质量、锻造质量、模具结构及加工有关, 但与模具的热处理工艺关系更大。根据模具失效原因的分析统计, 热处理引起的失效占 5% 以上。因此, 在模具材料选定之后, 还必须配以正确的热处理工艺, 才能保证模具的使用性能和寿命。

(1) 冷作模具的制造工艺路线

模具的成型加工和热处理工序安排对模具的质量也有很大影响, 在制定与实施热处理工艺时, 必须予以考虑。

通常冷作模具的制造工艺路线有以下几种:

1) 一般成形冷作模具: 锻造→球化退火→机械加工成形→淬火与回火→钳修装配。

2) 成形磨削及电加工冷作模具: 锻造→球化退火→机械粗加工→淬火与回火→精加工成形 (凸模成形磨削, 凹模电加工)→钳修装配。

3) 复杂冷作模具: 锻造→球化退火→机械粗加工→高温回火或调质→机械加工成形→钳工修配。

由上述工艺可知,模具在制造过程中,为改善切削加工性能及获得最终的综合力学性能。一般都要经过预先热处理和最终热处理。机加工前的热处理称为第一热处理或预先热处理。机加工后,为达到模具的使用性能要求,需要进行热处理,称为最终热处理或第二热处理。在生产中,热处理工艺的安排是根据模具的材料和技术要求而定的,同时对模具的最终机械性能起着决定性的作用。因此,合理安排热处理工序对降低产品成本、减少废品、提高模具质量尤为重要。

在热处理工序安排上要注意以下几点:

1) 对于位置公差和尺寸公差要求严格的模具,为减少热处理变形,常在机加工之后安排高温回火或调质处理;

2) 对于线切割加工模具,由于线切割加工破坏了淬硬层,增加淬硬层脆性和变形开裂的危险性,因而,线切割加工之前的淬回火,常采用分级淬火或多次回火和高温回火,以使淬火应力处于最低状态,避免模具线切割时变形、开裂;

3) 为使线切割模具尺寸相对稳定,并使表层组织有所改善,工件经线切割后应及时进行再回火,回火温度不高于淬火后的回火温度。

总之,模具制造工艺路线应根据材质及使用性能,选择合理的热处理工艺方案,并根据模具具体情况在工艺路线中合理安排。但这也不是一成不变的,对于同一材质的不同模具,可采用不同的热处理方法、不同的工艺路线,因而获得的组织及机械性能也不相同。在生产中应针对满足模具的要求适当安排,从而获得最大的经济效益。

(2) 冷作模具钢的热处理特点

1) 冷作模具钢含合金元素量多且品种多,合金化较复杂。钢的导热性差,而奥氏体化温度又高,因此加热过程宜缓慢,多采用预热或阶梯式升温方式。

2) 为保护冷作模具钢的表面质量,加热介质应予重视,所以普遍采用控制气氛炉、真空炉等先进加热设备和方法,盐浴加热应充分净化。

模具钢经真空热处理后有良好的表面状态,变形小。与大气下的淬火比较,真空油淬后模具表面硬度比较均匀,而且略高一些。主要原因是真空加热时,模具钢表面呈活性状态,不脱碳,不产生阻碍冷却的氧化膜。在真空下加热,钢的表面有脱气效果,因而具有较高的力学性能,炉内真空度越高,抗弯强度越高。真空淬火后,钢的断裂韧性有所提高。模具寿命比常规工艺普遍提高 40% ~ 400%,甚至更高。冷作模具钢真空淬火技术已得到较广泛的使用。

3) 在达到淬火目的的前提下,应采用较缓和的冷却方式,如等温淬火、分级淬火、高压气淬、空冷淬火等。

4) 为了进一步强化,应采用冷处理、渗氮等表面处理方式。