

中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

模具材料及表面处理

(模具设计与制造专业)

主 编 陈摇勇

副 主 编 夏江梅

参 编 韦玉屏

责任主审 李双义

审 稿 倪为国 于爱兵



机械工业出版社

本书系统地介绍了各种类型冷作模具材料、热作模具材料、橡塑模具材料的牌号、生产工艺、热处理和表面处理对模具质量和使用寿命的影响，列出了常用模具材料的生产工艺和性能数据，为模具材料的选用提供了依据，并对典型模具的失效原因进行了分析。介绍了热喷涂、电镀、化学镀、镀膜技术、高能束技术等应用于模具的表面处理方法。书中内容丰富，实用性强，突出新材料新技术，反映了近年来国内外模具材料的研究成果和发展方向。

本书作为中等职业学校模具设计与制造专业的教材，也可供从事模具设计、制造和使用的广大工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

模具材料及表面处理 陈勇主编 北京：机械工业出版社，2004
中等职业学校国家规划教材
陈勇主编 陈勇主编

Ⅰ. 模... Ⅱ. 陈... Ⅲ. 模具—材料—专业学校—教材 Ⅳ. 模具—
表面预处理—专业学校—教材 Ⅴ. 陈... 陈...

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第 000000 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑：张祖凤 版式设计：张世琴 责任校对：韩晶晶
封面设计：姚毅毅 责任印制：郭景龙
北京第二外国语学院印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2004 年 01 月第 1 版·第 1 次印刷
开本：185mm×260mm 1/16 印张：1.5 字数：千字
印数：1—5000册
定价：1.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68995196 68995197 68995198

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2004〕1 号）的精神，教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 4 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2004 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 4 个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中、初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均做了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2004 年 10 月

前 摇 摇 言

本书是根据 1995 年教育部批准的“模具设计与制造专业教学改革方案”和“模具材料与表面处理课程教学大纲”编写的中等职业教育国家规划教材之一。本书可供中等职业学校“模具设计与制造”专业学生使用，也可供从事模具设计、模具制造和模具使用技术人员阅读。

模具材料是模具设计和制造的基础，对模具的使用寿命、精度和表面质量起着重要的甚至决定性的作用，因此，研究和开发高性能的模具材料，根据模具的工作条件合理选用模具材料，采用适当的热处理及表面处理工艺以充分发挥模具材料的潜力，根据模具材料的性能特点选择合理的模具结构以及采取相应的维护措施是十分重要的。只有认真做好这方面的工作，才能有效地稳定和提高模具的使用寿命，防止模具的早期失效，降低生产成本，提高劳动生产率。

本书共六章，分别介绍了各种冷作模具材料、热作模具材料和橡塑模具材料的牌号、生产工艺、性能特点及选用原则，介绍了热喷涂、电镀、化学镀、镀膜技术、高能束技术等应用于模具的表面处理方法。书中内容丰富，实用性强，反映了近年来模具材料、表面技术应用方面的研究成果和发展方向。

参加本书编写的有广西机电职业技术学院陈勇（绪论、第一章）、重庆工业职业技术学院夏江梅（第二章、第三章）、广西机电职业技术学院韦玉屏（第四章、第五章、第六章）。全书由陈勇主编，夏江梅副主编，陕西工业职业技术学院王晓江主审。

本书由全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。李双义教授任责任主审，倪为国、于爱兵副教授审稿。他们对提高书稿质量起了重要作用，在此表示衷心感谢。

我国的职业技术教育正在迅速发展之中，中等职业技术学校的专业设置、课程体系和教学内容的改革正在探索之中，且由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 摇 者

陈 勇 夏 江 梅

目 录

前言	
绪论	员
第一章 摇模具材料概论	源
摇第一节 摇模具及模具材料的分类	源
摇第二节 摇模具的失效形式及影响因素	缘
摇第三节 摇模具材料与模具寿命	远
摇第四节 摇模具材料的选用原则	苑
摇第五节 摇模具材料的生产现状和发展趋势	怨
摇思考与练习题	员
第二章 摇冷作模具材料	圆
摇第一节 摇冷作模具材料及性能要求	圆
摇第二节 摇碳素工具钢	猿
摇第三节 摇油淬冷作模具钢	源
摇第四节 摇空淬冷作模具钢	苑
摇第五节 摇高碳高铬冷作模具钢	怨
摇第六节 摇基体钢和低碳高速钢	圆
摇第七节 摇高耐磨高强韧冷作模具钢	圆
摇第八节 摇其他类型冷作模具材料	圆
摇第九节 摇冷作模具材料的选用	圆
摇第十节 摇冷作模具材料选用实例	猿
摇思考与练习题	猿
第三章 摇热作模具材料	猿
摇第一节 摇热作模具材料及性能要求	猿
摇第二节 摇低耐热高韧性热作模具钢	猿
摇第三节 摇中耐热韧性热作模具钢	源
摇第四节 摇高耐热热作模具钢	源
摇第五节 摇特殊用途热作模具钢	源
摇第六节 摇其他热作模具材料	源
摇第七节 摇热作模具材料的选用	源
摇第八节 摇热作模具材料选用实例	缘
摇思考与练习题	缘
第四章 摇橡塑模具材料	缘
摇第一节 摇橡塑模具材料的性能要求	缘
摇第二节 摇常用橡塑模具材料的类型	缘
摇第三节 摇渗碳型橡塑模具钢	缘
摇第四节 摇预硬型橡塑模具钢	缘
摇第五节 摇整体淬硬型橡塑模具钢	远
摇第六节 摇耐腐蚀型橡塑模具钢	远
摇第七节 摇时效硬化型橡塑模具钢	远
摇第八节 摇其他橡塑模具材料	远
摇第九节 摇橡塑模具材料的选用	远
摇第十节 摇橡塑模具材料选用实例	远
摇思考与练习题	苑
第五章 摇其他模具材料	苑
摇第一节 摇玻璃模具材料	苑
摇第二节 摇陶瓷模具材料	苑
摇思考与练习题	苑
第六章 摇模具的表面工程技术	苑
摇第一节 摇表面工程技术的分类	苑
摇第二节 摇模具的表面化学热处理技术	苑
摇第三节 摇模具表面的热喷涂技术	圆
摇第四节 摇模具表面的涂镀技术	缘
摇第五节 摇模具表面的镀膜技术	缘
摇第六节 摇模具表面的高能束强化技术	怨
摇思考与练习题	怨
附录 粤 本书介绍的部分新型模具钢	
钢号、代号一览表	怨
附录 月 我国与主要工业国家常用模	
具钢钢号对照表	怨
参考文献	怨

绪摇摇论

一、模具材料在模具工业中的地位

模具是机械、电子、轻工、国防等行业生产的重要工艺装备。随着工业技术的迅速发展，对模具的使用寿命、尺寸精度和表面粗糙度等不断提出新的更高的要求。模具制造业已经成为一个发展极为迅速的基础行业。在不少工业发达国家，模具制造业的产值已经超过机床行业，在基础工业中占有重要的地位。

模具材料是模具制造的基础，模具材料和热处理技术对模具的使用寿命、精度和表面粗糙度起着重要的甚至决定性的作用。因此，研究开发高性能的模具材料，采用先进的生产工艺生产优质低成本的模具材料，根据模具的服役条件合理选用材料，采用适当的热处理和表面工程技术以充分发挥模具材料的潜力，根据模具材料的性能特点选用合理的模具结构，根据模具材料的特性采用相应的维护措施等是十分重要的，只有这样，才能有效地稳定和延长模具的使用寿命，防止模具的早期失效。

模具材料使用性能的好坏直接影响模具的质量和使用寿命；模具材料的工艺性能将影响模具加工的难易程度、模具加工的质量和加工费用。因此，在模具设计时，除设计出合理的模具结构外，还应选用合适的模具材料及热处理工艺，才能使模具获得良好的工作性能和长的使用寿命。

二、表面工程技术在模具工业中的地位

模具的失效往往开始于模具的表面，模具表面性能的优劣直接影响到模具的使用及寿命。对模具表面和心部的性能要求是不同的，很难通过更换材料或模具的整体热处理来达到这样的性能要求。采用不同的表面工程技术，可提高模具的表面性能，使模具拥有强韧的心部、耐磨耐蚀的表面，使模具寿命提高几倍甚至几十倍。

表面工程技术能有效地提高模具表面的耐磨性、耐蚀性、抗咬合、抗氧化、抗热粘附、抗冷热疲劳等性能。模具材料及其热加工工艺的选择必须与表面强化技术结合起来全面考虑，才可能充分发挥模具材料的潜力，提高模具的使用寿命，获得最好的经济效益。例如渗硼层的高硬度、高耐磨性和热硬性，以及一定的耐蚀性和抗粘着性，渗硼技术已在模具工业中获得较好的应用效果。

三、模具材料的发展概况

多年来，我国的模具工业已发展成为独立的工业体系，在模具材料的研制和热处理技术方面都取得了巨大的成就。为了适应模具工业生产发展的需要，从 20 世纪 70 年代以来，我国陆续推广了电渣重熔、真空电弧重熔、炉外精炼、六面锻造等新技术新工艺，生产的模具钢产品质量与国外水平相当，特别是“八五”时期建成和在建的模具钢扁钢和厚钢生产线，对改善我国模具钢的品种、规格起到了比较大的作用。

建国以来，我国模具钢的生产发展很快，从无到有，从仿制到自行开发，在短短的 30 年时间里，我国的模具钢产量已跃居世界前列。绝大部分国外的标准钢号和正在科研试制中的模具钢号，我国也都开展了生产和研制工作。通过对 GB/T 1299-2000、GB/T 1300-2000、GB/T 1301-2000 的修订补

充，制定了 1980 年 1 月 1 日起实施的合金工具钢国家标准，基本上形成了具有我国特色的模具用材体系。总的来看，钢材系列比较完整，既包括了国内外通用的性能较好的模具钢，也纳入了一些国内研制的生产应用中取得良好使用效果的新钢种，基本上可以满足模具制造业的需要。

在 20 世纪 80 年代，针对我国生产量较大的大型锻模模块用钢和准备大力推广的塑料模具钢、火焰淬火模具钢等，组织了重点科技攻关工作，对以上钢种进行了比较系统的研究，试制的模块和钢材已经基本上达到进口钢材的水平。

在塑料成型模具钢方面开发了 9MnSi、再结晶退火态 (9MnSi)、再结晶退火态 (9MnSi)、再结晶退火态 (9MnSi)、再结晶退火态 (9MnSi) 等钢，这些钢种的强韧性适当，分别用于注射模、挤塑模、压塑模、吹塑模等模具。

在冷作模具钢方面开发了 9MnSi、再结晶退火态 (9MnSi)、再结晶退火态 (9MnSi)、再结晶退火态 (9MnSi) 等钢，这些钢种具有较高的强韧性，分别用于冷挤模、冷锻模、冷冲模、切边模等模具，使用寿命成倍提高。

在热作模具钢方面，结合我国资源开发了 9MnSi、再结晶退火态 (9MnSi)、再结晶退火态 (9MnSi)、再结晶退火态 (9MnSi) 等钢，这些钢具有高的热稳定性、高温强度和热疲劳抗力，分别用于热挤压模、热锻模、热冲模、热锻模、压铸模等模具，寿命比 9MnSi 钢高数倍。

四、表面工程技术的发展概况

近 10 年来，有许多新的科学技术渗透到表面强化技术领域，使模具的表面强化技术得到了迅速的发展，由此开发出来的表面强化技术构成了目前材料表面工程技术的主流。例如，激光是 20 世纪 70 年代出现的重大科学技术成就之一，70 年代制造出大功率的激光器以后，便开始用激光加热进行表面淬火。激光、电子束用于表面加热后，使表面强化技术超出了热处理的范畴，可以通过熔化—结晶、熔融合金化—结晶过程、熔化—非晶态过程，大幅度改变硬化层的结构与性能。

热喷涂技术作为一种新的表面防护和表面强化工艺在近 10 年里得到了迅速的发展，热喷涂技术由早期制备一般的装饰性和防护性涂层发展到制备各种功能性涂层；由产品的维修发展到大批量的产品制造；由单一涂层发展到包括产品失效分析、表面预处理、喷涂材料和设备选择、涂层系统设计和涂层后加工等在内的热喷涂系统工程。目前，热喷涂技术已经发展成为金属表面工程技术中一个十分活跃的独立领域。

20 世纪 70 年代发展起来的离子注入技术，利用注入离子可得到过饱和固溶体、非晶态和某些化合物层，能改变材料的摩擦系数，提高表面硬度，提高耐磨性及耐蚀性，延长了模具的使用寿命。目前我国已可提供离子注入 10 种非金属材料元素和注入 10 种金属材料元素的生产设备。

还有一些历史较长的表面处理技术，近十几年来也得到了飞速发展，例如，电镀技术已由单一的金属镀发展到镀各种合金。尤其是局部电镀技术——刷镀，已经成为人们公认的金属表面工程新技术，在我国已得到普遍应用。将传统的电镀工艺与近代的激光技术结合形成

的激光电镀是新兴的高速电镀技术，其效率比无激光照射的高 ~~1000~~ 100 倍。

五、本课程的目的和要求

由于模具材料的种类繁多，性能各异，模具使用性能的好坏、模具使用寿命的长短都与模具材料的合理选用、正确的表面处理技术有着密切的关系。编写本书的目的，是使读者较全面地了解各种模具材料的性能、生产工艺及质量要求，并能根据模具服役的具体条件，合理地选用材料，并能正确地制定生产工艺，从而提高模具的使用寿命，降低产品的生产成本，提高劳动生产率。

学生在学完本课程后应达到如下基本要求：

员) 了解当前模具材料的发展现状和发展趋势。

圆) 明确模具材料及表面工程技术与模具使用性能、寿命、成本之间的关系。

猿) 掌握常用冷作模具材料、热作模具材料和橡塑模具材料的牌号、性能特点、工艺特点，并能合理选用。

源) 熟悉常见的模具表面处理方法。

本课程是在学完“机械工程基础”课程后开设的一门专业课，因此，学生在学习本课程前，必须注意对金属材料部分内容的深入学习。本课程的实践性强，应尽可能多参观一些模具制造厂和模具使用厂，以增加学生的感性知识，利于学好本门课程。

在教学中应多采用直观教学、多媒体教学和启发式教学，并培养学生的自学能力，以增加课堂的信息量和课时的利用率，并在后续课程和生产实习、课程设计、毕业设计等教学环节中反复练习、巩固提高。

第一章 摇模具材料概论

随着工业技术的迅速发展，为了提高产品质量，降低生产成本，提高生产效率和材料利用率，国内外的制造业广泛地采用各种先进的无切削、少切削工艺，如精密冲压、精密锻造、压力铸造、冷挤压及等温超塑性成形等新技术，代替传统的切削加工。据统计，目前家用电器约 80% 左右的零部件依靠模具加工，机电工业中约 70% 的零部件采用模具成形；塑料制品、陶瓷制品、橡胶制品、建材产品的大部分也采用模具成形。

我国模具工业的发展比较迅速，据 1995 年不完全统计，全国已经建立了 1000 多个模具专业制造厂和 15000 多个模具生产点，从业人员达 150 万人，年产值约 150 亿元，但模具仍供不应求，每年仍需进口较大数量的模具，以满足各工业部门的需要。据统计，1995 年我国进口模具用汇 1.5 亿美元，居世界模具进口量第一位。

1958 年我国根据资源状况，制定了我国冶金工业部标准 YB 1-1958；到 1966 年，在整顿原有钢种系列的基础上，吸收我国历年来开发工作的成就，制定了我国第一个合金工具钢国家标准 GB 1298-1966；1983 年，又对该标准进行了修订，颁发了 GB 1298-1983。初步建立起具有我国特色的、接近世界先进水平的，包括冷作模具钢、热作模具钢、塑料模具钢和无磁模具钢的模具钢种系列，基本上可以适应使用部门和生产部门的需要。

第一节 摇模具及模具材料的分类

模具是一种高效率的工艺装备，在冶金、电子、轻工、机械制造等行业的生产中广泛应用，而模具的使用效果、使用寿命在很大程度上取决于模具的设计和制造水平，尤其与模具材料的选用和热处理质量的高低有关。

一、模具的分类

为了便于模具材料的选用，通常根据工作条件将模具分为冷作模具、热作模具和型腔模具三大类。

(一) 冷作模具摇根据工艺特点，可将冷作模具分为冷冲裁模具和冷变形模具两类。冷冲裁模具主要包括各种薄板冷冲裁模具和厚板冷冲裁模具。冷变形模具主要包括各种冷挤压模具、冷镦模具、冷拉深模具和冷弯曲模具等。

(二) 热作模具摇热作模具可分为热冲切模具、热变形模具和压铸模具三类。热冲切模具包括各种热切边模具和热切料模具。热变形模具包括各种锤锻模具、压力机锻模具和热挤压模具。压铸模具包括各种铝合金压铸模具、铜合金压铸模具及黑色金属压铸模具等。

(三) 型腔模具摇根据成形材料的不同，可将型腔模具分为塑料模具、橡胶模具、陶瓷模具、玻璃模具、粉末冶金模具等。

二、模具材料的分类

能用于制造模具的材料很多，通常可分为钢铁材料、非铁金属和非金属材料三大类，目前应用最多的还是钢铁材料。

(员) 钢铁材料用于制造模具的钢铁材料主要是模具钢。通常将模具钢分为冷作模具钢、热作模具钢、橡塑模具钢三类。

(圆) 非铁金属材料用于制造模具的非铁金属材料主要有铜基合金、低熔点合金、高熔点合金、难熔合金、硬质合金、钢结硬质合金等。

(猿) 非金属材料用于制造模具的非金属材料主要有陶瓷、橡胶、塑料等。

第二节 摇模具的失效形式及影响因素

模具失效是指模具失去正常工作的能力。模具的失效有达到预定寿命的正常失效，也有远低于预定寿命的早期失效。正常失效是比较安全的，而早期失效则带来经济损失，甚至可能造成人身或设备事故，因此，应尽量避免。模具的失效不能仅理解为破坏或断裂，它还有着更广泛的含义。

对模具的失效进行分析，找出引起模具失效的原因，这样才能采取相应的措施来提高模具的使用寿命。影响模具寿命的因素很多，包括模具设计、加工制造、材料选择、热处理工艺、使用和维护等，任何一个环节安排不当，都可能严重影响模具的使用寿命。

一、模具的失效形式

模具的主要失效形式有磨损、断裂、局部崩块、腐蚀、疲劳和变形等。模具在工作过程中可能同时出现多种形式的损伤，各种损伤之间又相互渗透、相互促进、各自发展，而当某种损伤的发展导致模具失去正常功能时，则模具失效。

(员) 断裂失效摇根据模具断裂前变形量的大小和断口形状的不同，断裂可分为脆性断裂和韧性断裂两种。造成模具断裂和开裂的原因很多，除了模具安装和操作不当外，与模具设计、材质、热处理工艺等因素有密切的关系。

(圆) 磨损失效摇模具在工作过程中的相对运动不可避免地会引起磨损，因此耐磨性是模具钢的基本性能之一。冷作模具的磨损主要是咬合磨损和磨料磨损，热作模具的磨损主要是热磨损。

(猿) 疲劳失效摇冷作模具承受的载荷都是在一定的能量下，周期性施加的多次冲击载荷，容易出现应力疲劳失效。热作模具长期经受反复加热和冷却所产生的热应力作用，容易出现热疲劳失效，尤其是压铸模具，热疲劳失效约占失效总数的 $\frac{1}{3}$ 左右。

(源) 变形失效摇在冷锻、冷挤和冷冲过程中，冲头由于抗压或抗弯强度不足而出现墩粗、下陷、弯曲等变形失效。在热锻模、热辊锻模上，尤其是热锻模的下模，型腔表面在热坯料的热作用下容易出现软化、塌陷等变形失效。

(缘) 腐蚀失效摇腐蚀失效主要发生在热作模具和塑料模具中，在金属压铸模中比较容易出现冲蚀。在成型含云 悦塑料的塑料模具中容易出现介质腐蚀失效。

二、影响模具失效的因素

对于不同类型的模具，失效的主要形式会有所不同，如冷作模具容易出现脆断失效，而热作模具容易出现冷热疲劳失效；即使同一类型的模具，失效的形式也是变化的。

(员) 模具结构摇模具结构包括模具的几何形状、模具间隙、冲头的长径比、端面倾斜角、过渡角大小、模具中开设的冷却水路、装配结构等。不合理的模具结构可能引起严重的应力集中或高的工作温度。图 员圆所示为三种反挤压模结构，其中图 员圆为平端型凸模的单位

挤压力比其余两种结构约高 圆象, 易于出现早期失效, 但图 员圆葬 凸端结构和图 员圆遭 尖端结构的倾斜角也不能太大, 如过大虽能降低挤压力, 但凸模容易挤偏, 凸模容易折断。

图 员圆为两种不同结构的塔形热挤压凹模, 使用图 员圆葬 整体式凹模时, 由于模具型腔受急冷急热, 极易产生热疲劳裂纹, 微裂纹的不断扩展, 会发生断裂失效。当改用图 员圆遭 的组合式凹模后, 降低了型腔表面的拉应力, 避免了应力集中, 不再出现早期失效。

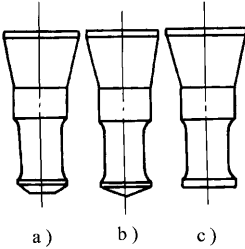


图 员圆 各种反挤压凸模结构
(葬) 凸端型摇遭) 尖端型摇糟) 平端型

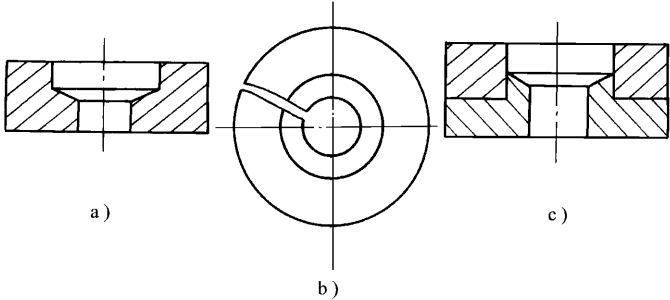


图 员圆 塔形热挤压凹模的早期断裂
(葬) 整体式凹模摇遭) 整体式凹模的早期断裂摇糟) 组合式凹模

(圆) 模具材料摇模具材料必须满足模具对塑性、韧性、强度、硬度、抗疲劳等性能的要求, 如不能满足, 则模具会发生早期失效。

模具材料的冶金质量对模具的失效也有重大影响。钢中的非金属夹杂物的自身强度和塑性很低, 容易形成裂纹源, 引起模具早期断裂失效。钢中碳化物的数量过多, 形状、尺寸及分布不理想, 严重影响钢的冲击韧度及断裂韧度, 引起模具崩块、折断、劈裂等。

(猿) 热处理及加工制造工艺摇热处理不当或工艺不合理, 可能导致模具产生热处理缺陷或性能降低, 从而引起模具早期失效。如淬火温度过高, 则会引起钢的过热甚至过烧, 引起晶粒长大甚至晶界熔化, 使模具的韧性下降, 发生崩刃或早期断裂。淬火冷却速度过快或油温过低, 都会出现淬火裂纹, 甚至早期断裂。

模具加工制造工艺, 特别是锻造工艺对模具的影响也很大。若锻造工艺不合理, 则达不到打碎晶粒、改善方向性、提高致密度的目的, 甚至引发锻造裂纹等缺陷。因此, 对锻造加热温度、加热时间、锻后冷却速度应严格控制。模具的切削加工应严格保证尺寸过渡处的圆角半径, 圆弧与直线相接处应光滑, 工作部位应严禁留有刀痕, 保证工作部位光滑无痕。

第三节摇模具材料与模具寿命

模具寿命的提高, 最根本的办法是采用高性能的模具材料。尽管影响模具寿命的因素很多, 但模具材料的合理选用是一个很重要的因素。

一、模具材料与模具寿命

近年来, 我国研制出不少适合我国特点的新型高效模具材料, 如橡塑模具钢中的 园力版云源说总需遭 元需遭火悦需遭燥 再缘说需遭火悦需遭燥 缘说需遭火悦需遭燥 愿说需遭火悦需遭燥 园需遭火悦需遭燥 再缘说需遭火悦需遭燥等, 冷作模具钢中的 远说需遭火悦需遭燥 苑说需遭火悦需遭燥 园需遭火悦需遭燥 再缘说需遭火悦需遭燥等。

远冲量水口、远冲量罩、远冲量罩罩等，热作模具钢中的预硬化钢、预硬化钢、预硬化钢、预硬化钢等新钢种的采用，都获得提高模具寿命数倍的效果。因此，作为模具工作者，应正确选用并合理使用模具材料，以保证模具的正常使用，并提高模具的使用寿命。

模具钢的冶金质量对模具寿命有很大的影响，应提出相应的要求，检验合格后再进行加工。采用先进的冶金生产技术，如电渣重熔、炉外精炼、真空脱气等都能明显提高模具钢的冶金质量和模具寿命。

二、锻造与模具寿命

目前，我国模块的标准化程度很低，钢材的规格较少，用户需将所购的圆钢改锻成模具毛坯，因此，锻造的第一个目的是使钢材达到模具毛坯的尺寸及规格，为后续加工做好准备。锻造的第二个目的是改善模具钢的组织 and 性能，使大块碳化物破碎，并均匀分布，改善金属纤维的方向性，使流线合理分布，消除或减轻冶金缺陷，提高模具钢的致密度。

从冶金厂购进的钢材首先要检验碳化物的不均匀度，如果碳化物的不均匀度级别大于 猿级，则钢材的力学性能会明显下降。对这类钢材，要采取多向多次镦拔，以便尽量击碎碳化物，改善锻件金属纤维的方向性。

模具钢的碳含量、合金元素含量都较高，导热性差，特别是高碳高合金钢的锻造温度范围较窄，如操作不当极易锻裂。因此，模具钢的锻造要严格遵守锻造工艺。加热温度不能过高，加热要均匀，加热速度不能太快。锻造时要轻重掌握适度，停锻后应慢冷。

三、热处理与模具寿命

热处理可使模具获得所需的组织和性能，保证在正常服役条件下有一定的使用寿命。但是，如果热处理工艺不合理或操作不当，将会产生明显的热处理缺陷，使模具出现早期失效。

预备热处理的主要目的是为模具的机械加工和最终热处理作组织准备，其最关键的因素是加热温度、冷却速度或等温温度的选择。

最终热处理的关键是淬火工艺的制定，其中包括淬火加热温度、淬火冷却速度的合理选择。淬火加热时的保护也很重要，如果保护不当，将引起模具表面脱碳，从而降低模具的耐磨性和疲劳强度。对于精密模具或性能要求高的模具，可以采用真空加热或保护气氛加热，确保模具表面无加热缺陷。

回火工艺也是最终热处理中的重要工序，回火一定要充分，高合金钢一般要回火二次以上，这是因为钢中的残留奥氏体是在回火冷却过程中转变为马氏体的，经两次以上的回火，可使残留奥氏体充分转变。否则，将在模具中残留较大的淬火应力，降低模具的韧性。

对于用高合金钢制造的高精度模具，为提高模具的硬度和尺寸稳定性，淬火后可采用原态~原态的冷处理。冷处理后，立即进行回火。

第四节摇模模具材料的选用原则

一般地说，应根据模具加工能力和模具的服役条件，结合模具材料的性能和其他因素，来选择符合要求的模具材料。对于某一种类的模具，很多材料从基本性能上看都能符合要求，然而必须根据所制成模具的使用寿命、生产率、模具制造工艺的难易程度及成本高低来

作出综合评价，这就必须同时考虑模具材料的使用性能、工艺性能和生产成本等因素。

一、模具材料的使用性能

各种模具的服役条件不同，对模具材料的性能要求也不相同。模具工作者常要根据模具的服役条件和使用寿命要求，合理地选用模具材料及热处理工艺，使之达到主要性能最优，而其他性能损失最小的最佳状态。对各类模具材料提出的使用性能要求主要包括：硬度、强度、塑性、韧性等。

(员) 硬度和热硬性 硬度是模具材料的主要性能指标，模具在应力的作用下，应能保持其形状和尺寸不变。因此，模具应具有足够的硬度，如冷作模具的硬度一般应保持在 $HRC 60$ 左右，而热作模具和塑料模具的硬度可适当降低，一般要求在 $HRC 45 \sim 55$ 范围内。

热硬性是指模具在高温工作条件下，保持其组织和性能稳定的能力，这是热作模具和重载快速冷作模具的重要性能指标。一般要求在 $500 \sim 600^\circ C$ 条件下，仍能保持足够的硬度。

(圆) 耐磨性 决定模具使用寿命的重要因素往往是模具材料的耐磨性，模具在服役中承受相当大的压应力和摩擦力，要求模具能够在强烈摩擦下仍保持其精度不变。模具的磨损可分为机械磨损、氧化磨损和熔融磨损三种类型。模具的耐磨性不仅取决于材料的成分、组织和性能，而且与模具的工作温度、压力状态、润滑状态等因素有很大的关系。

(猿) 强度和韧性 模具在服役中承受拉压、冲击、振动、扭转和弯曲等应力，重负荷的模具往往由于强度不够、韧性不足，造成模具局部塌陷、崩刃和断裂而发生早期失效。因此，使模具材料保持足够的强度和韧性，将有利于延长模具的服役期限。实践证明，根据服役条件和性能要求，合理地选择模具材料的化学成分、组织状态和热处理工艺，能够得到最佳的强度和韧性配合。

(源) 抗疲劳性 模具工作时承受着机械冲击和热冲击的交变应力，热作模具在服役过程中，热交变应力更明显地导致模具热裂。受应力和温度梯度的影响而引起裂纹，往往是在型腔表面形成浅而细的裂纹，它的迅速传播和扩展导致灾难性事故而使模具报废。提高材料的抗疲劳性，可有效地推迟疲劳裂纹的形成与扩展。

二、模具材料的工艺性能

在模具生产成本中，材料费用只占 15% 左右，而机械加工、热处理、装配和管理等费用占 85% 以上。所以，模具材料的工艺性能就成为影响模具生产成本和制造难易的主要因素之一。模具材料的工艺性能主要有如下几种：

(员) 可加工性 钢材的可加工性主要包括切削、磨削、抛光、冷拔等加工性和锻压加工性等。模具钢大多属于过共析钢和莱氏体钢，热加工性能和冷加工性能都不太好，必须严格控制热加工和冷加工的工艺参数。近年来为改善钢的切削加工性，在钢中加入易切削元素或改变钢中夹杂物的分布状态，从而提高模具表面质量和减少刀具的磨损。

随着电子技术的发展，数控机床和加工中心乃至计算机控制技术的广泛运用，模具钢除应具有良好的切削加工性外，还要有良好的镜面抛光性能、电加工性能以及压印翻模加工性能等。

(圆) 淬硬性和淬透性 淬硬性主要取决于钢的碳含量，淬透性主要取决于钢的化学成分和淬火前钢的原始组织。模具对这两种性能的要求根据其服役条件不同各有侧重，对于要求整个截面有均匀一致性能的模具，如热作模具、塑料模具，则高的淬透性显得更重要些；而对于只要求有高硬度的小型冷作模具，如冲裁落料模具，则更偏重于高的淬硬性。

(猿) 淬火温度和热处理变形摇为了便于生产, 要求模具钢的淬火温度范围尽可能宽些, 特别是当模具采用火焰加热局部淬火时, 要求模具钢有更宽的淬火温度范围。除部分采用预硬型钢制作的模具外, 绝大多数模具是在切削加工后, 通过热处理而获得所需的组织和性能。因此要求淬火时尺寸变化小, 各向具有相近似的变化, 且组织稳定。

(源) 脱碳敏感性摇模具钢在锻造、退火或淬火时, 若在无保护气氛下加热, 其表面层会产生脱碳等缺陷, 而使模具的耐用度下降。脱碳敏感性主要取决于钢的化学成分, 特别是碳含量。在钢中 憎越 越 愿像 ~ 愿圆像, 会加剧脱碳。

第五节摇模具材料的生产现状和发展趋势

随着工业生产技术和新材料的不断出现, 模具的工作条件日益苛刻, 对模具材料的性能、质量、品种等方面也不断提出了更高、更新的要求。为了适应这些要求, 世界各国近年来都积极地开发了具有各种特性、适应不同要求的新型模具材料。

一、模具钢种的发展

从我国 愿缘年制定的国家标准 员月 越 愿像 一 愿缘像中的钢号来看, 钢种系列比较完整, 既包括了国内外通用的性能较好的模具钢, 也纳入了一些国内研制的新钢种, 基本上可以满足模具制造业的需要。但是在钢种系列、产品结构和应用方面还存在着一些问题, 主要有:

员) 钢种系列有待进一步完善, 如用量很大的塑料模具钢, 在 员月 越 愿像 一 愿缘像中只纳入了 猿月 越 愿像 一个钢号, 这显然不能满足各种不同塑料模具的要求。

圆) 钢种产品结构和选用很不合理, 如塑料模具产量很大, 但目前很大数量的塑料模具是采用 源像钢制造的, 模具的使用寿命很低, 生产的塑料制品质量不高。

冷作模具钢的钢号系列比较完整, 但目前占产量 苑圆像左右的是 怨月 越 愿像 怨月 越 愿像 怨月 越 愿像 三个钢号。世界上用量较大、综合性能较好的 怨月 越 愿像 钢, 虽已纳入国家标准, 但产量很少; 耐磨性较好的 怨月 越 愿像 钢, 用量也不大。

热作模具钢的产品结构要好一些, 通过 员圆余年的大力推广, 世界上应用最广、综合性能较好的中合金铬系热作模具钢 源月 越 愿像 的产量已居热作模具钢的首位。传统的热作模具钢 猿月 越 愿像, 其抗冷热疲劳性能和韧性较低, 生产成本低, 在有的国家标准钢号中已被淘汰, 但是国内的产量仍较高, 年产量仍在 员万吨以上, 还需要进一步做工作。

员援塑料模具用钢

圆世纪 缘圆年代以来, 世界塑料工业迅速发展, 塑料已经成为一种重要的工业材料。塑料制品大部分采用模压成形, 不少工业发达国家塑料模具的产值已经居模具产值的第一位, 塑料模具用钢已逐渐发展成为一个专用钢材系列。

我国的专用塑料模具钢还没有形成系列, 纳入 员月 越 愿像 一 愿缘像的只有 猿月 越 愿像 一个钢号, 常选用碳素钢, 加工成形后不经热处理就交付使用, 因而模具表面粗糙度值较高, 图案花纹容易磨损, 加工出来的塑料制品外观质量甚差。而精密塑料模具常采用合金工具钢制造, 机械加工性能差, 热处理变形问题更是无法解决。因此, 直到目前为止, 关键部件的塑料模具材料还依赖于进口, 造成模具成本高, 外汇流失严重。有鉴于此, 国内有关科研院所和大专院校对塑料模具专用钢进行了研制, 并取得了一些进展。

我国近年研制的塑料模具钢主要有 猿月 越 愿像 猿月 越 愿像 云栽 圆月 越 愿像 (蕴悦)、 猿月 越 愿像

冷作模具是应用范围最广的模具，冷作模具的产值历来居模具制造业的首位，近年来由于塑料模具的迅速发展，在不少工业发达国家已退居模具工业产值的第二位。目前通用的冷作模具钢可分为三大类：

(猿) 高碳、高铬型冷作模具钢摇以 悦圆圆和 悦圆圆 钢为代表, 耐磨性和热硬性较高, 由于含有大量的共晶碳化物, 所以韧性较差, 广泛用于生产批量较大, 要求耐磨性很高但冲击载荷较小的冷作模具。

(员) 低合金热作模具钢摇代表性钢号为 缘源火配钢和 缘源事配钢等, 这类钢有较好的淬透性和冲击韧度, 但热硬性不够, 一般用于股役温度不高而冲击载荷较大的模具, 如锤锻模等。

在我国模具钢生产中，中、大型锻造模块已经采用快锻水压机多向锻造，采用大型带锯锯切成形，冶炼采用炉外精炼和真空脱气工艺，产品质量可以与国外进口的模块相媲美。大型棒材也已部分采用精锻机或大型轧机生产，尺寸精度较好。但是，钢材的品种单一，规格

左右是黑皮圆棒材，精料和制品的比例很低。所以国内的中、小型模块，都是由模具制造厂将圆钢锯切改锻成扁钢、模块。由于采用自由锻改锻，加工余量大，材料利用率低，严重影响模具的制造周期。

三、模具钢内在质量的提高

模具钢的内在质量主要包括两个方面：

(员) 提高模具钢的纯净度摇降低钢中有害杂质和气体的含量，提高钢的纯净度，是当前各模具钢生产厂的主要努力方向之一。

如将源吨圆棒钢中磷的质量分数从 园园豫降至 园园豫，可使其淬火回火后的冲击韧度提高 员倍；如果进一步降至 园园豫，则可提高冲击韧度 圆倍。将钢中的氧含量降低，也可以显著改善钢的韧性。

(圆) 提高钢的等向性摇模具大部分是多向受力的，因此，提高模具钢的等向性，改善钢的横向韧性和塑性，使其与纵向性能接近，就可以大幅度提高模具的使用寿命。

思考与练习题

员援模具及模具材料一般可分为哪几类？

圆援简述 员种模具材料中模具材料的概况。

猿援说明模具材料对模具使用性能和使用寿命的影响。

源援选用模具材料时主要考虑哪些因素？

缘援硬度是如何影响模具材料耐磨性的？

远援模具失效主要有哪些形式？

苑援影响模具使用寿命的因素主要有哪些？

愿援简述我国模具材料的发展概况。

