

普通高等教育卓越工程师培养“十二五”规划教材·模具系列

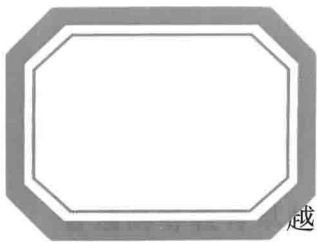
模具材料及表面强化技术

MOJU CAILIAO JI BIAOMIAN QIANGHUA JISHU

王明伟 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



越工程师培养“十二五”规划教材·模具系列

“辽宁省普通高等学校本科工程人才培养模式改革试点专业”专项资金资助

模具材料及表面强化技术

主 编 王明伟

副主编 赵艳龙 赵秀君

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书针对模具企业当前模具材料的使用情况,对合理选择模具材料,正确应用热处理工艺和表面强化处理技术,以及模具的使用寿命、精度和表面质量的关系做了系统的论述。本着从实用角度出发,按照模具材料的分类标准,系统地介绍了不同类别模具材料的性能、热处理要求和模具材料的选用原则,并列举了现场模具的选材实例。另外,还系统地介绍了模具表面强化处理技术。

本书适合作为高等院校材料成型及控制工程专业(模具方向)的专业教材,也可作为大中专院校相关专业师生及从事模具行业的技术人员和一线操作人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

模具材料及表面强化技术/王明伟主编. —北京:

中国铁道出版社, 2015. 5

普通高等教育卓越工程师培养“十二五”规划教材·

模具系列

ISBN 978-7-113-20029-9

I. ①模… II. ①王… III. ①模具-工程材料-高等学校-教材 ②模具-金属表面处理-高等学校-教材 IV. ①TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 040364 号

书 名:模具材料及表面强化技术

作 者:王明伟 主编

策 划:马洪霞

读者热线:400-668-0820

责任编辑:潘星泉

编辑助理:雷晓玲

封面设计:白 雪

责任校对:汤淑梅

责任印制:李 佳

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.51eds.com>

印 刷:三河市航远印刷有限公司

版 次:2015年5月第1版 2015年5月第1次印刷

开 本:787 mm × 1 092 mm 1/16 印张:10.25 字数:244千

书 号:ISBN 978-7-113-20029-9

定 价:24.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010)63550836

打击盗版举报电话:(010)51873659

前 言

本书是根据教育部“卓越工程师教育培养计划”制定的工程人才培养标准,按照模具材料与表面强化技术课程教学大纲,通过模具卓越工程师教育培养实践,由校企双方共同编写的规划教材,主要用于材料成型及控制工程专业(模具方向)的学生使用,也可用于大中专院校相关专业师生及从事模具行业的技术人员和一线操作人员参考。

模具工业作为现代工业基础,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、建材和塑料制品等行业。由于模具制品的性能、结构、尺寸精度、产量等有较大的差异,对模具材料的选用,热处理和表面强化技术提出了相应的要求。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。

在模具设计与制造中,合理地选用模具材料,正确地应用热处理工艺和表面强化技术,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,模具材料与表面强化技术是模具设计与制造的基础。但长期以来,许多模具生产企业对模具材料的选用和表面处理不够重视,对模具新材料、新工艺、新技术了解不够,这是造成我国模具使用寿命普遍不长的重要原因之一。

本书从实用角度出发,按照模具分类标准,系统地介绍了模具材料与表面强化方法。全书共6章,重点对冷作模具、塑料模具和热作模具的工作条件、失效形式、性能特点,典型牌号、工艺路线和热处理技术特点及材料选用等作了详细地介绍,同时专门讲述了模具表面强化方法。该书内容先进、实用,可操作性和资料性较强。

本书由大连工业大学王明伟担任主编,中国华录·松下电子信息有限公司赵艳龙、大连工业大学赵秀君担任副主编。大连工业大学李姝,中国华录·松下电子信息有限公司王凤松、褚雁鹏,共立精机(大连)有限公司史宏莹,大连神通模具有限公司吕晶等参与了本书的编写。同时该书也得到了“辽宁省普通高等学校本科工程人才培养模式改革试点专业”专项资金资助,在此表示衷心的感谢。

鉴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
2015年1月

关于天勤

天勤教学网(www.51eds.com)是中国铁道出版社旗下全资子公司——北京国铁天勤文化发展有限公司创办的教学资源服务平台,网站以满足广大师生需求为基本出发点,以服务用户为宗旨,为用户提供优质教学资源,本着创新、发展的经营理念,时刻把师生的满意度放在第一位,面向实际,面向用户,开拓进取,追求卓越,全力打造国内专业教学资源品牌,努力创建领先教学资源服务基地,力争为教育事业做出巨大贡献!

目前有 **1800** 所高等院校

1400 所中职学校

12000 位老师选择中国铁道出版社作为合作伙伴

品牌

- 60余年的中央级出版社
- 首批教育部教材出版基地
- 拥有“双一”出版市场占有率

质量

- 百余种“十一五”国家级规划教材
- 专家阵容庞大,多家教指委悉心指导
- 立足一线教学需求
- 重金打造质量工程

服务

- 提供针对性、多层次的产品
- 可使备课轻松,教学方便
- 多途径、多角度提升教师个人价值
- “一站式出版”,轻松享受出版成果
- “课程出版”使教师教学效率高,学生学习效果好



400-668-0820

中国铁道出版社·教材研究开发中心

地址:北京市西城区右安门西街8号-2号楼 邮编:100054
网址:www.51eds.com E-mail:tqbook@tqbooks.net
传真:010-63560058 教材服务QQ群:16425657

目 录

第1章 模具材料及表面强化综述	1
1.1 模具及模具材料分类	1
1.1.1 模具分类	1
1.1.2 模具材料分类	1
1.2 模具材料的性能	2
1.2.1 模具材料的使用性能	2
1.2.2 模具材料的工艺性能	4
1.3 模具材料的热处理	6
1.4 模具材料表面强化技术	9
1.5 模具零件的失效形式	10
1.5.1 模具的变形失效	11
1.5.2 模具的磨损失效	12
1.5.3 模具的疲劳失效	12
1.5.4 模具的冷热疲劳失效	13
1.5.5 模具的断裂失效	13
1.6 模具的制作过程与模具材料的重要性	14
第2章 冷作模具材料及热处理	16
2.1 冷作模具材料性能要求及分类	16
2.1.1 冷作模具的工作条件	16
2.1.2 冷作模具的失效形式	18
2.1.3 冷作模具钢的性能要求	20
2.1.4 冷作模具钢的分类	22
2.2 冷作模具钢及热处理要求	23
2.2.1 碳素工具钢的热处理	23
2.2.2 低合金冷作模具钢的热处理	26
2.2.3 高合金冷作模具钢的热处理	31
2.2.4 高强度高耐磨冷作模具钢的热处理	34
2.2.5 高强韧性冷作模具钢的热处理	35
2.2.6 硬质合金	38
2.3 冷作模具材料的选择	40
2.3.1 冷作模具钢的选用原则	40
2.3.2 冷作模具钢选用实例	47
2.3.3 冷作模具的未来发展趋势	51

第3章 塑料模具材料及热处理	52
3.1 塑料模具材料性能要求及分类	52
3.1.1 塑料模具的工作条件	52
3.1.2 塑料模具的主要失效形式	53
3.1.3 塑料模具钢的性能要求	54
3.1.4 塑料模具钢的分类	54
3.2 塑料模具钢及热处理要求	55
3.2.1 碳素塑料模具钢	55
3.2.2 渗碳型塑料模具钢	58
3.2.3 预硬型塑料模具钢	60
3.2.4 时效硬化型塑料模具钢	65
3.2.5 耐蚀型塑料模具钢	71
3.2.6 淬硬型塑料模具钢	72
3.2.7 无磁模具钢	72
3.2.8 非调质预硬型塑料模具钢	73
3.2.9 其他塑料模具材料	73
3.3 塑料模具钢选用	74
3.3.1 塑料模具材料的选用原则及方法	74
3.3.2 塑料模具结构零件的材料选用	75
3.3.3 塑料模具材料选用实例	77
第4章 热作模具材料及热处理	79
4.1 热作模具材料性能要求及分类	79
4.1.1 热作模具失效形式	79
4.1.2 热作模具钢的使用性能要求	80
4.1.3 热作模具钢的成分特点	80
4.1.4 热作模具钢的分类	80
4.2 热作模具钢及热处理要求	81
4.2.1 热锻模用钢(高韧性、低合金)	81
4.2.2 热挤压模用钢(高热强、中合金)	86
4.2.3 压铸模用钢	93
4.2.4 热冲裁模用钢	96
4.3 热作模具钢的选用	98
第5章 模具表面强化处理技术	102
5.1 模具化学热处理	103
5.1.1 化学热处理基本过程	103
5.1.2 模具钢的渗碳	104
5.1.3 模具钢的氮化	107

5.1.4	模具钢的碳氮(氮碳)共渗	112
5.1.5	模具渗硼	114
5.1.6	模具渗金属	115
5.2	模具表面涂镀处理	119
5.2.1	金属堆焊技术	119
5.2.2	电镀技术	120
5.2.3	电刷镀	121
5.2.4	化学镀	123
5.3	模具表面气相沉积强化	124
5.3.1	CVD 法	124
5.3.2	PVD 法	126
5.3.3	PCVD 法	130
5.4	模具表面高能束强化	132
5.4.1	激光表面强化	132
5.4.2	电子束表面强化	134
5.4.3	离子注入合金化	135
5.5	模具表面其他强化技术	137
5.5.1	火焰加热表面淬火	137
5.5.2	高频感应加热表面淬火	138
5.5.3	喷丸表面强化	138
5.5.4	电火花表面涂敷强化	139
第 6 章	进口模具钢简介	143
6.1	美国模具钢简介	143
6.1.1	美国模具钢的分类及选用	143
6.1.2	国内市场销售的美国模具钢介绍	145
6.2	日本模具钢介绍	146
6.3	国内市场销售的其他国家模具钢	149
6.3.1	国内市场销售的德国模具钢介绍	149
6.3.2	国内市场销售的瑞典模具钢介绍	151
6.3.3	国内市场销售的奥地利模具钢介绍	152
6.3.4	国内市场销售的法国模具钢介绍	154
6.3.5	国内市场销售的韩国模具钢介绍	154
	参考文献	156

第1章 模具材料及表面强化综述

模具是现代生产中制造各种工业产品的重要工艺装备,它以其特定的形状通过一定的方式使原材料成形。由于模具成形具有优质、高产、省料和成本低等特点,所以在国民经济各个部门,特别是汽车、拖拉机、航空航天、仪器仪表、机械制造、家用电器、石油化工、轻工等工业部门得到了极其广泛的应用。例如,在汽车生产中,一个车型的轿车,需4 000多套模具,包含冷冲压模、锻模、塑料模、压铸模、橡皮模等。采用模具生产的零部件具有生产效率高、质量稳定、一致性好、节省原材料和能源、生产成本低等优点,现在已经成为当代工业生产的重要手段和工艺发展的方向之一。

现代工业产品的发展和生产效益的提高,在很大程度上取决于模具的发展和水平。模具已成为衡量一个国家、一个地区、一家企业制造水平的重要标志之一。模具工业能促进工业产品生产和质量的提高,并能获得极大的经济效益,因而引起了各个国家的高度重视。在日本,模具被誉为“进入富裕社会的原动力”,在德国则冠之以“金属加工业中的帝王”,在罗马尼亚有“模具就是黄金”的观点。我国将模具工业视为整个制造业的“加速器”。因此,随着工业生产的迅速发展,模具工业在国民经济中的地位日益提高。

1.1 模具及模具材料分类

模具是一种高效率的工艺装备,在汽车、冶金、电子、轻工、机械制造等行业的生产中应用广泛,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,尤其是模具材料的选用和热处理质量的好坏。

1.1.1 模具分类

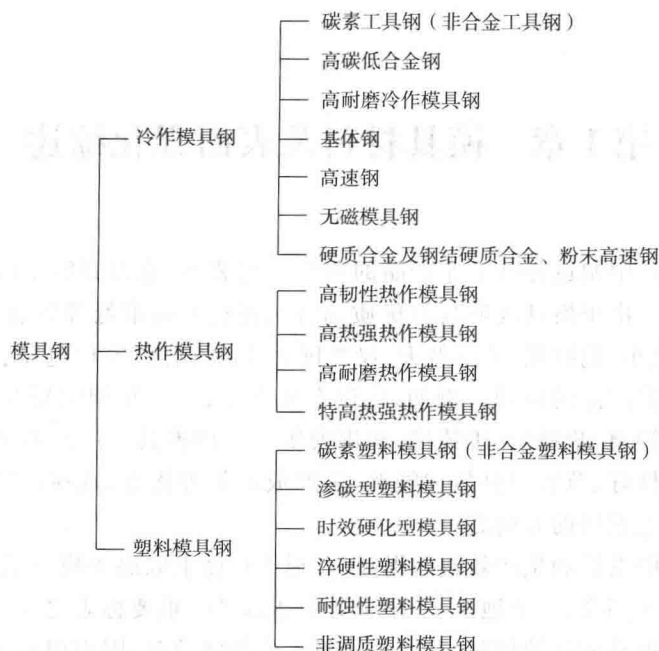
根据模具的工作条件可将模具分为冷作模具、热作模具和型腔模具三大类。

- (1)冷作模具:包括冷冲压、冷挤压、冷锻模、拉伸弯曲模、拉丝模、滚丝模等。
- (2)热作模具:包括热锻模、热精锻模、热挤压模、热冲裁模、压铸模等。
- (3)型腔模具:包括塑料模具、橡胶模具、陶瓷模具、玻璃模具、粉末冶金模具等。

1.1.2 模具材料分类

模具材料的种类繁多,分类的方法也不尽相同。通常可分为钢铁材料、非金属材料和非金属材料三大类,目前应用最多的还是钢铁材料。

- (1)钢铁材料。用于制造模具的钢铁材料主要是模具钢,模具钢的分类如下:



(2) 非铁金属材料。用于制造模具的非铁金属材料主要是铜基合金、低熔点合金、高熔点合金、难熔合金等。

(3) 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。

1.2 模具材料的性能

根据模具加工对象材料的种类、成形方法和温度等的不同,对模具的性能要求也有所不同。一般来说,要想得到较长的使用寿命,需要通过硬化等来提高模具的强度及耐磨性。另一方面,提高强度又容易产生开裂和崩角,因此掌握好二者的平衡至关重要。为了使选用的模具材料满足模具的使用要求,通常从使用性能、工艺性能和冶金质量三个方面来考虑。

1.2.1 模具材料的使用性能

各种模具的工作条件不同,对模具材料性能要求也不相同。模具设计人员主要是根据模具的工作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强度、硬度、塑性、韧性和疲劳性能。

1. 强度

强度是表征材料变形抗力和断裂抗力的性能指标。

模具在使用中承受着各种负荷。从应力形态上可分为拉伸、压缩、弯曲、扭转应力,从负

荷状况上又有静态、冲击及反复之分。通常情况下,模具不会因一次负荷而损坏,多因反复多次负荷导致疲劳而造成损坏。当然,在超负荷的情况下有时也会在极短的时间内出现破坏。

评价冷作模具材料塑性变形抗力的指标主要是常温下的屈服强度 σ_s ;评价热作模具材料塑性变形抗力的指标主要是高温下的屈服强度 σ_h 。为了确保模具在使用过程中不会发生过量塑性变形失效,模具材料的屈服强度 σ_s 必须大于模具的工作应力。

反映冷作模具材料的断裂抗力指标是室温下的抗拉强度 σ_b 、抗压强度和抗弯强度等,对于含碳量高的冷作模具因塑性很差,一般不用抗拉强度而用抗弯强度作为实用指标。热作模具的断裂失效,不完全是由于模具材料的抗拉强度不足,因此,在考虑热作模具的断裂抗力时,还应包括断裂韧度等因素。

影响强度的因素很多,钢的含碳量与合金元素的含量,晶粒大小,金相组织,碳化物的类型、形状、大小及分布,残余奥氏体量,内应力状态等都对强度有显著影响。

2. 硬度

硬度是衡量材料软硬程度的性能指标,实际上它是表征材料对变形和接触应力的抗力。它是很容易测定的一种性能指标,并且硬度和强度 σ_b 也有一定联系,可通过硬度和强度换算关系得到材料的硬度值。

钢的硬度与成分、组织均有关系,通过热处理制度可以使硬度在很大的范围内改变。常用的硬度测量方法有三种。

(1)洛氏硬度(HR):最常用的一种硬度测量方法,测量简便迅速、数值可以从表盘上直接读出,测量硬度范围广,因而应用最广泛。由于压痕较小,相对工件表面不会造成损伤。洛氏硬度由三种刻度,即HRA、HRB、HRC,模具上常用的是HRC。

(2)布氏硬度(HB):主要用于退火、正火、调质等模具钢的硬度测定。

(3)维氏硬度(HV):常用来测定薄淬硬层和化学热处理(如渗氮层)的薄形工件及小工件的表面硬度,以及化学热处理淬火后的有效硬化层深度等。

为了便于切削加工,工模具钢通常是以软质的退火状态供应市场,经粗加工后,再通过热处理得到高硬度来提高其耐磨性。模具在工作中应能在压应力的作用下,保证其形状和尺寸不会迅速变化。因此,经过热处理后的模具应具有足够高的硬度,如冷作模具一般硬度在60 HRC以上,而热作模具硬度可适当降低,一般在42~50 HRC。

3. 塑性

塑性是指金属材料断裂前产生永久变形的能力。衡量模具材料的塑性好坏,通常采用断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 两个指标表示。 δ 和 ψ 数值越大表明材料的塑性越好。

4. 韧性

韧性是模具材料在冲击载荷作用下抵抗裂纹产生的一个特征,反映了模具的脆断抗力,常用冲击韧度 α_k 来评定。它是模具设计,特别是冷冲压模具、锤锻模具等设计时的重要参考依据。材料的冲击韧度越高,其承载冲击载荷的能力就越高。传统的模具钢为了保证模具的高硬度、高耐磨性,往往使模具的韧度降低,模具在受力大时易产生脆性断裂。目前提高材料的强度、韧性及硬度综合性能有两种途径,一是改变材料的合金元素成分,二是采用表面处理工艺,这两方面都是我国模具工业中、长期发展的重要目标之一。

5. 疲劳性能

疲劳性能是反映材料在交变载荷作用下抵抗疲劳破坏的性能指标,根据不同的应用场合,有疲劳强度、疲劳裂纹萌生抗力、疲劳裂纹扩展抗力等。

对于热作模具,大多数在急冷急热条件下工作,必然发生不同程度的冷热疲劳,因此还要把冷热疲劳抗力作为热作模具材料的一项重要性能指标。

模具的破坏大多不是受单一静态载荷,而是受到交变负荷的影响。一般情况下,在未达到由单一负荷测定的抗拉强度及抗压强度时模具就出现了破损,将之称为疲劳现象,这在实际设计模具中要特别注意。

疲劳强度的大小与抗拉强度和钢种有关。特别是组织中有粗大碳化物的冷作模具钢,会以此为起点发生疲劳现象,所以具有微细碳化物的高速工具钢具有较高的疲劳强度。一般说来,粗大碳化物的尺寸较长、较宽,且所占比例较大,碳化物自身开裂的概率也就越高,其疲劳强度也会随之降低。

此外,表面质量对疲劳强度的影响也较大。高硬度材料的表面粗糙度值越高,越容易造成缺口效应而成为开裂起点,降低疲劳强度。

表面脱碳引起硬度下降,因组织转变时间点的不同而形成拉应力时,均会降低疲劳强度。另外,电火花加工的加工变质层,尤其残留的熔融凝固的白层,其中存在的裂纹会成为疲劳破损起点。因此,电火花加工后通过研磨等去除加工变质层是十分重要的。

另外,为提高耐磨性而对模具进行渗氮处理后,会在表面形成压应力,可抵消模具上的拉应力,从而提高疲劳强度。

1.2.2 模具材料的工艺性能

在模具生产成本中,特别是小型精密复杂模具,模具材料费用往往只占总成本的10%~20%,有时甚至低于10%,而机械加工、热加工、表面处理、装配、管理等费用占总成本的80%以上,所以模具材料的加工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。因此,从保证质量、缩短交货期、降低成本等方面考虑,也需要易于提高精度且便于加工的模具材料。

1. 切削性

对模具的加工基本是切削加工,并分为退火态的粗加工和热处理后的精加工。无论是哪种加工方式,重点是确保切削刀具费用低、切屑容易处理、加工表面光滑,通常将这些特点统称为切削性。

影响切削性的材料因素如图1-1所示。模具材料的化学成分、热处理和加工过程决定着其强度及切削时的变形特性。模具钢中的非金属夹杂物会影响变形特性和润滑性,从而决定着切削抗力和切削热,这些因素影响着氧化磨损和扩散磨损。模具材料的化学成分及其与切削刀具的亲合性、积屑瘤、非金属夹杂物的分布,则决定着黏着磨损和磨粒磨损的程度。

切屑处理性主要取决于断屑类型。如果切屑为连续卷曲状,特别是用钻头进行钻孔加工时,切屑不易排出会导致加工效率下降。理想的切屑是间断的短屑。

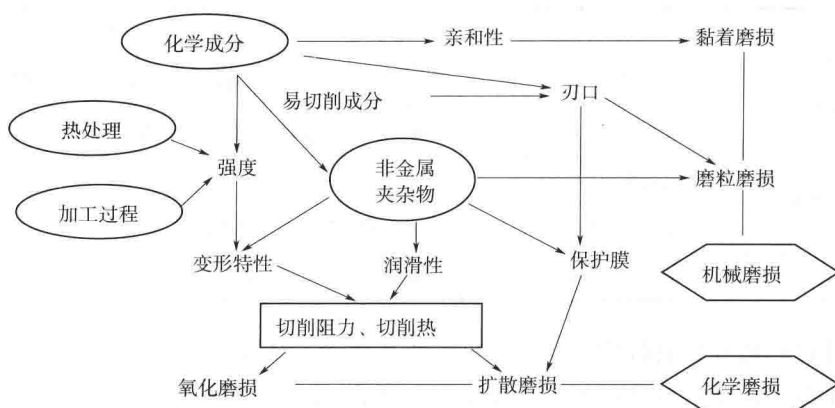


图 1-1 影响切削性的材料因素

切削后的表面应平滑细致。一般来说,材料的硬度越高,切削性越差。但如果材料硬度太低(太黏),切削会变得连续不断,表面也会粗糙,因此硬度要恰当。

从目前模具材料的使用来看,企业倾向于为延长模具寿命而采用高合金化的材料并极力降低杂质追求净化,结果造成切削抗力增加、延展性上升、切削不够理想,同时导热性的下降导致切削温度上升、切削性下降。为此,人们纷纷转而对切削刀具表面涂镀处理,或引进高刚性切削加工设备,采用高速切削并选定恰当的切削速度和切削深度等。

另外,切削优良的模具钢称为易切削钢。其改善方法有三种:使非金属夹杂物和易切削元素(Pb)等颗粒呈弥散分布,使应力集中于此,以降低变形抗力;利用夹杂物的润滑减少摩擦;含钙(Ca)的复合夹杂物在切削过程中附着到刀具上起到保护膜的作用。易切削钢主要以结构钢为主体开发。对于强度及其他性能要求高的钢种,如工模具钢,其易切削元素的添加量有限。虽然如此,为了降低机械加工周期及成本,也会添加适量的硫元素,并通过控制硫化锰(MnS)形态来控制改善材料的切削性。再有,使硬质碳化物细微化、均匀化等,也可改善模具材料的切削性。

2. 尺寸稳定性

模具必须经过粗加工、热处理、精加工后才能付诸使用,所以热处理尺寸的变化量以及稳定性显得尤为重要。如尺寸变化较大,不得不多留出精加工余量,致使加工周期增加。另外,根据模具形状的不同,在淬火冷却时有时会因内外温差造成热处理变形。

模具经热处理及精加工后使用时,随着时间的推移,会出现微米级尺寸变化。这种尺寸的时效变化对于精密模具来说是需要重视的。随着模具向精密化发展,有效控制热处理后尺寸的变化、形状变化以及时效变化,显得越发重要。

3. 镜面性

模具中主要是塑料模具对镜面性有所要求。镜面性是指工件表面不出现针孔等微小缺陷,表面粗糙度值所能达到的微细程度,根据成形件和塑料种类的不同镜面性会有所差异。影响模具材料的镜面性的因素如表 1-1 所示。

表 1-1 影响模具材料镜面性的因素

分 类	因 素	对镜面加工性的影响
显微组织	微观偏析	微观偏析部分的微小硬度差造成表面质量不均匀
	碳化物	粗大碳化物脱落形成针孔,或残留后形成凸起
非金属夹杂物	氧化铝系(Al_2O_3)	脱落形成针孔
	硫化物(MnS)	形成不均匀的条纹或波浪线
耐蚀性	抛光时的表面氧化	#8000 以上的超镜面,会因表面氧化产生橘皮或雾化现象

一般,材料的硬度越高越容易得到较高等级的镜面。通常要求使用显微组织微小、均匀无偏析、无非金属夹杂物的纯净钢。就显微组织而言,主要是碳化物颗粒要微小。显微偏析部位有碳化物的带状偏析、基体成分分布不均匀会导致硬度不同,从而研磨时表面出现凸凹不平。非金属夹杂物在研磨过程中脱落,残留的凹坑随着研磨扩展,形成针孔,所以非金属夹杂物越少越好。

此外,耐蚀性对镜面也有影响。耐蚀性较差时,表面易氧化起雾,难以达到镜面要求。对模具材料进行精炼得到高纯度、无偏析的微细组织,也可提高镜面性。还有,在材料的任何部位均能得到同样稳定的品质也是重熔精炼的特点。

4. 焊接修复性

模具在制作时改变设计方案,或者加工过程中出现失误,需要用到焊接修复。再有,若模具在使用时出现裂纹及损伤,一般也会焊接修复后继续使用。例如压铸模等一般需定期去除其表面热龟裂,再通过焊接修复后继续使用。

另外,对于塑料模具,有时会在焊接后的表面上进行蚀纹加工及研磨。因此,要求材料的焊接性良好,即不易出现焊接开裂、热影响要小。目前,各种改善焊接敏感性的材料纷纷得到了开发。

1.3 模具材料的热处理

模具制作过程与热处理的关系如图 1-2 所示。当需要制作模具时,首先要准备模具材料,然后按模具的设计要求粗加工,再按性能要求进行淬火和回火等热处理。因为模具将用来大批量生产各种材料成形产品,所以往往需要其具有耐磨性、耐开裂性及耐蚀性等。另外,对精加工后的模具进行表面硬化处理和镀膜等,在广义上也可称为热处理。

而对于预硬钢,模具厂家将其加工成模具后可直接交付使用无需热处理,是因为材料在出厂前已经预先进行了所需热处理。

那么何为模具材料热处理呢?模具材料热处理就是通过不同的加热、保温和冷却方法改变模具材料内部组织以便获得所需组织和性能的一种工艺过程。通常,模具的使用寿命及其制品质量,在很大程度上取决于热处理的质量。因此,在模具制造中,制订合理的热处理工艺和提高热处理技术水平显得尤为重要。

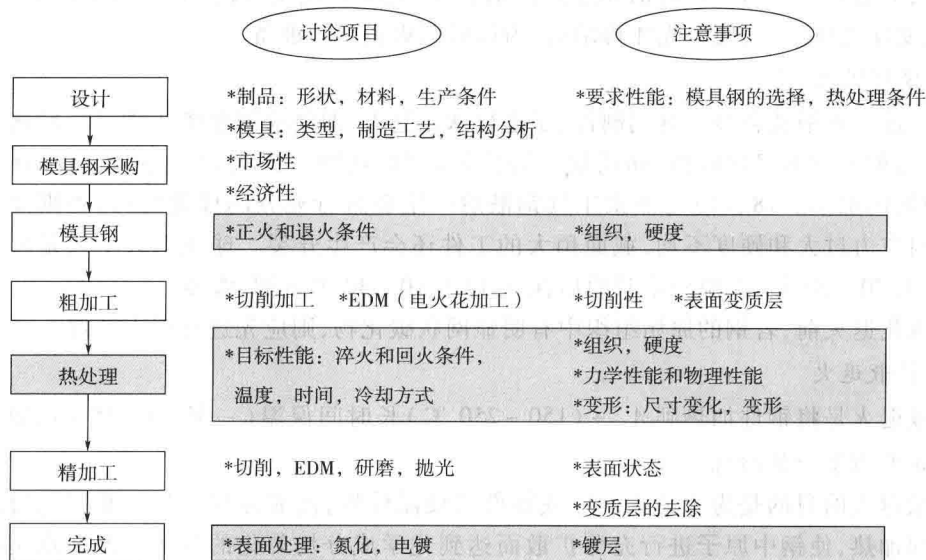


图 1-2 模具制造过程与热处理的关系

模具材料常用的热处理工艺有退火、正火、淬火和回火。

1. 退火

把钢加热到一定温度,保温一定时间,然后缓慢冷却(一般随炉冷却)的热处理工艺称为退火。

退火的目的:

- (1)降低钢的硬度、提高塑性,以利于切削加工和冷变形加工。
- (2)消除钢件中的残余应力,以稳定钢件的尺寸,防止和减少模具最终热处理后的变形和开裂。
- (3)细化晶粒,均匀钢的组织 and 成分,改善钢的性能,为后续热处理做好组织上的准备。

模具钢常用的退火方法有完全退火、不完全退火、等温退火、球化退火、扩散退火和低温去应力退火等。

1) 完全退火

完全退火是将亚共析钢加热到 A_{c3} 以上保温,使钢中组织完全转变为奥氏体,然后缓慢冷却到 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,再出炉空冷。

完全退火主要用于亚共析成分的碳钢和合金钢,目的是细化晶粒,消除内应力和过热组织,降低硬度,便于切削加工,并为淬火做好组织准备。

对于珠光体转变比较稳定的合金钢,为了加速退火冷却过程,应采用等温退火。其工艺为将钢加热到 A_{c3} 或 A_{c1} 以上 $30\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$,在 A_{c1} 以下某一温度保温。

2) 不完全退火

不完全退火是将钢件加热至 $A_{c1}\sim A_{c3}$ 之间或 $A_{c1}\sim A_{cm}$ 之间,保温一定时间后缓冷至 $500\sim 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 出炉空冷。

不完全退火主要用于共析钢和过共析钢,目的是降低硬度、改善切削加工性能、消除内应力,改变珠光体组织,使珠光体再结晶,为最后淬火做组织准备。

3) 球化退火

对于过共析钢及合金工具钢制件,要进行球化退火,即要求钢中碳化物呈粒状或球状均匀分布,这种组织不仅硬度低,切削加工性能好,而且在随后淬火时,过热倾向小并且变形小,开裂倾向也小。T8、T10 等碳素工具钢锻后一定要进行充分的球化退火,否则淬火后极易引起内应力过大和硬度不均,截面稍大的工件还会产生开裂。球化退火工艺是将钢加热到 A_{c1} 以上 $20 \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$,保温一定时间在 A_{c1} 以上 $10 \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$ 等温、缓冷。

在球化退火前,若钢的原始组织中有明显网状碳化物,则应先进行正火处理。

4) 扩散退火

扩散退火是将钢件加热到 $A_{c3} + (150 \sim 250 \text{ }^\circ\text{C})$ 长时间保温(一般 $10 \sim 15 \text{ h}$),然后随炉冷到 $350 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下出炉冷却。

扩散退火的目的是为了消除锻件或铸件的枝晶偏析,使成分均匀化。其工艺特点是高温长时间加热,使钢中原子进行充分扩散而达到化学成分均匀化的目的。但缺点是扩散退火后组织严重过热,需再进行一次完全退火或正火来细化晶粒。

5) 去应力退火

工件因加工而存在的内应力,其后容易引起变形、开裂等,通过去应力退火可以消除或取得平衡。

其工艺为将钢件随炉缓慢加热至 $A_{c1} - (100 \sim 200 \text{ }^\circ\text{C})$,即 $500 \sim 650 \text{ }^\circ\text{C}$,保温一定时间后缓慢冷却。钢在去应力退火中并无组织变化。

模具零件中存在内应力是十分有害的,如不及时消除,将使模具零件在加工及使用过程中发生变化,影响模具的精度和使用寿命。此外内应力与外加载荷叠加在一起还会引起模具材料发生断裂。因此,锻造、铸造、焊接以及切削加工后模具零件应采取去应力退火,以消除加工过程中产生的内应力。

2. 正火

正火的目的是为了消除冷作、锻造或急冷时产生的内应力,细化高温过热时生成的粗大组织,消除晶界析出的网状碳化物,或作为球化退火的预处理。对于强度要求不高的零件,正火可以作为最终热处理;含碳量低于 0.45% 的碳钢,可以用正火代替退火;正火对于模具制造来讲,主要用于球化退火前的预先热处理。其工艺为将钢加热至 A_{c3} 或 A_{ccm} 以上 $30 \sim 50 \text{ }^\circ\text{C}$,在空气中冷却。

退火、正火工序的温度区域如图 1-3 所示。

3. 淬火

淬火的目的是为了提高工件的硬度、耐磨性和其他力学性能。淬火是模具制造中一项必不可少的热处理工序。如凸模与凹模都要经过淬火处

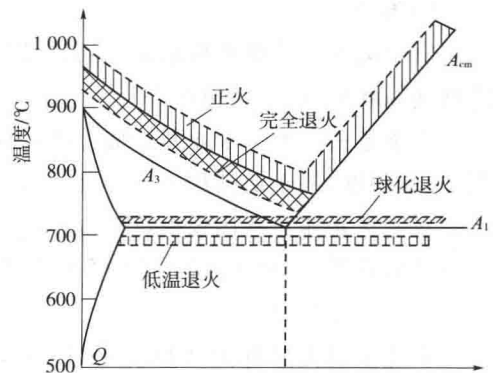


图 1-3 退火、正火工序的温度区域

理,使其硬度提高,增强模具的使用寿命和耐用度。所谓的淬火是将钢加热到奥氏体化后,以不发生不完全淬火组织的冷却速度(即大于临界冷却速度)快速冷却使其进行马氏体转变的热处理工艺。

淬火的加热温度,亚共析钢采用完全淬火,其加热温度为 A_{c3} 以上 $30\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$;过共析钢的淬火温度在 $A_{c1}\sim A_{cm}$ 之间。

淬火工艺是一项比较复杂的热处理技术,在加热和冷却时由于组织转变(马氏体的比容比奥氏体的比容大)和热胀冷缩的缘故,常在淬火的金属内呈现出有害的组织应力和热应力,使淬火零件体积增大,且在各方向上不均匀,容易使工件淬裂或变形,而且还呈现出脆性,使经过很多工序加工成形的工件报废,给生产带来损失和浪费。因此,淬火时,一定要严格遵守淬火操作规程。

4. 回火

淬火钢加热到低于 A_1 点以下某一温度保温一段时间,然后进行冷却的工艺称为回火。回火有两种目的:一是改变淬火组织,得到一定强度、韧性的配合;二是为了消除淬火应力和回火中的组织转变应力。

模具淬火后,应马上进行回火,以提高钢的韧性、增加耐用度。冷、热模具重要零件根据工况的需要常进行低温或中温回火。中碳钢或中碳合金结构钢淬火后再进行高温回火的工艺称为调质处理,调质主要用于结构零件的最终热处理和重要零件、模具的预备热处理。

1.4 模具材料表面强化技术

为了提高模具的使用寿命,不仅需要高质量、性能好的模具材料,还应该采取合理的热处理工艺来提高它的使用性能,但常规热处理技术已很难满足模具高的表面耐磨性和基体的强韧性要求。表面强化技术不仅能提高模具表面的耐磨性及其他性能,而且能使基体保持足够的强韧性。从省能源、省资源、充分发挥材料性能潜力、获得特殊性能和最大技术经济效益出发,发展和应用表面强化技术是提高模具使用性能和寿命的重要措施。常用的表面强化技术有以下几种。

1. 化学热处理

化学热处理是将模具加热到一定温度与介质发生化学反应,使其表面按需要渗入一定量的其他元素,从而改善其表层化学成分、组织和性能,从而有效提高模具表面的耐磨性、耐腐蚀性、抗氧化和抗咬合等性能,使模具的寿命有显著的提高。几乎所有的化学热处理工艺均可用于模具热处理。

2. 高能束表面强化技术

以极大密度的能量瞬时供给模具表面,使其发生相变硬化、熔化快速凝固和表面合金化效果的热处理称高能束表面强化技术。其热源通常是指激光、电子束、离子束等。

其共同特点是加热速度快、工件变形小、不需要冷却介质,可控性能好、便于实现自动化处理。国内常采用激光相变硬化、小尺寸电子束和中等功率的离子注入来提高模具表面硬度,并取得较好的效果。