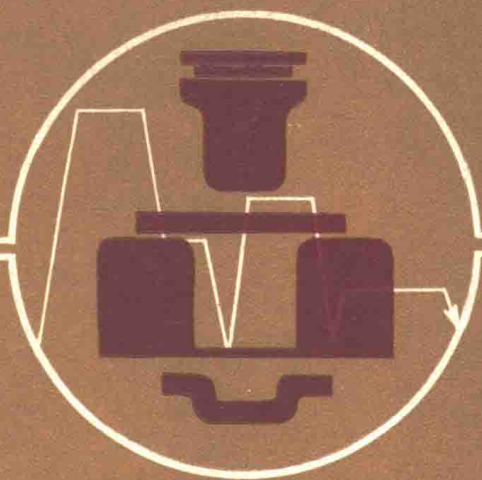




常用模具钢 热处理性能

史美堂 编著

上海科学技术出版社

常用模具钢热处理性能

史美堂 编著

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书系统地总结了常用冷、热作模具钢的热处理性能,并进行了比较;概述了常用模具的类型、工作条件、性能要求和钢材选用;介绍了各有关合金元素在模具钢中所起的作用;有选择地反映了近年来模具钢热处理的新成就。说理清新,容易掌握。可供具有“金属材料及热处理”基础知识的模具设计、制造及热处理技术人员和工人阅读;大、中学校有关专业师生均可参考;并可用作培训班教材。

常用模具钢热处理性能

史美堂 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海东方印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 7.25 字数 157,000

1984 年 3 月第 1 版 1984 年 3 月第 1 次印刷

印数: 1—15,200

统一书号: 15119·2309

定价: (科五)0.91 元

前 言

冷作和热作模具在汽车拖拉机、电机电器、仪表、航空等现代工业,以及轴承、标准件等机械零件制造中,是提高产品质量、数量和发展品种的重要手段。近年来,随着少、无切削新工艺的应用和推广,以及一些高效率、高性能、多工位加工机床的应用,对模具的质量、性能提出了更高的要求。设法提高冷作和热作模具的使用寿命已成为我国加工行业急需解决的重要课题。根据模具失效分析指出,模具的使用寿命与设计、选材、冷热加工质量有着密切的关系。当前,在模具设计和制造过程中,选材和热处理方面暴露出来的问题日益增多,模具使用寿命与模具钢热处理性能之间的关系愈为密切。实践表明,在模具设计和制造过程中,若能选用恰当的钢材,确定合理的热处理工艺,妥善安排工艺路线,对充分发挥钢材的潜在性能,保证钢材具有良好的加工工艺性,减少消耗,降低成本,节约能源和资源,提高模具的质量和使用寿命等,都将起到重大的作用。实际上,往往由于人们缺乏模具钢热处理性能方面的知识,而造成选材不当,或热处理工艺欠妥,使模具的使用性能或工艺性能达不到预期的技术要求,引起早期变形、磨损或断裂等失效现象,严重阻碍工程进展,并导致经济和政治上的不良影响。因此,模具钢热处理性能方面的知识在模具设计和制造过程中至为重要。作为模具设计、制造及热处理技术人员务必具备和掌握这方面的基础知识。

本书的任务在于使读者获得常用模具钢热处理性能的基本理论及模具钢的一般知识,用以了解常用模具钢的成分、组织、性能和热处理工艺之间的关系,提高合理选材、正确制订热处理工艺和妥善安排工艺路线等的能力。

本书基本上按模具制造工艺路线的顺序编写,系统地总结了常用冷作和热作模具钢的热处理性能并进行了比较;概述了常用模具类型、工作条件、性能要求及钢材选用;介绍了各有关合金元素在模具钢中所起的作用。书中有选择地反映了近年来模具钢热处理方面的新成就,如 GCr15 钢碳化物细化处理,高速钢低温淬火,热锻模具钢高温淬火和复合等温处理,模具钢的锻热淬火等;对新型模具钢材料如钢结硬质合金、基体钢等,也给予足够重视。

本书可供具有金属材料及热处理基础知识的模具设计、制造及热处理技术人员和工人阅读,也可作为“模具钢热处理”学习班教材,而且可供金属材料及热处理专业的师生参考。

本书在编写时,引用了许多比较成熟的资料和素材,听取了上海市热处理技术协会的宝贵意见,得到许多同志的帮助,在此一并表示感谢。

由于编者的水平和经验所限,书中缺点和错误在所难免,恳切希望同志们提出意见和批评。

目 录

前言	1
第一章 概述	1
第一节 模具钢的种类、牌号及成分	1
第二节 常用模具类型、工作条件、性能要求及钢材 选用	4
一、冷作模	4
(一)工作条件和性能要求	4
(二)钢材选用	6
二、热作模	7
(一)工作条件和性能要求	7
(二)钢材选用	11
第二章 合金元素在模具钢中的作用	14
第一节 模具钢中合金元素同铁和碳的作用	14
一、模具钢中合金元素同铁的相互作用	14
二、模具钢中合金元素同碳的相互作用	18
第二节 合金元素在模具钢中的分布和存在形式	21
一、退火状态, 模具钢中合金元素的分布和存在形式	21
二、淬火回火状态, 模具钢中合金元素的分布和存在形 式	23
第三节 合金元素对模具钢组织的影响	24
一、对退火状态组织的影响	24
二、对淬火状态组织的影响	27

三、对回火状态组织的影响	29
第三章 常用冷作模具钢热处理性能	32
第一节 碳素工具钢热处理性能	32
(一)概述	32
(二)锻造	33
(三)退火与正火	33
(四)淬火	36
(五)回火	42
第二节 GCr 15、9SiCr、CrWMn、9Mn2V 钢热处	
理性能	47
一、GCr 15 钢热处理性能	47
(一)概述	47
(二)锻造	48
(三)退火与正火	48
(四)淬火	51
(五)回火	60
(六)四步热处理工艺(碳化物细化处理)	63
二、9SiCr 钢热处理性能	65
(一)概述	65
(二)锻造	66
(三)退火与正火	66
(四)淬火与回火	68
三、CrWMn 钢热处理性能	73
(一)概述	73
(二)锻造	74
(三)退火与正火	74
(四)淬火	75
(五)回火	79
四、9Mn2V 钢热处理性能	80

(一)概述	80
(二)锻造	81
(三)退火与正火	81
(四)淬火	82
(五)回火	88
第三节 Cr12 型高碳高铬钢的热处理性能	89
(一)概述	89
(二)锻造	93
(三)退火	94
(四)淬火	96
(五)回火	100
(六)等温淬火	108
第四节 Cr4W2MoV 高耐磨、微变形钢热处理性能	111
(一)概述	111
(二)锻造	112
(三)退火	112
(四)淬火	113
(五)回火	116
第五节 高速工具钢热处理性能	121
(一)概述	121
(二)锻造	124
(三)退火	127
(四)淬火	131
(五)回火	138
(六)低温淬火	144
(七)分级淬火	149
(八)等温淬火	152
(九)低碳型高速钢和基体钢简介	155

第六节 钢结硬质合金热处理性能	162
(一)概述	162
(二)锻造	166
(三)退火	167
(四)淬火	169
(五)回火	171
(六)组合连接方法	174
(七)机械加工与电加工	175
第四章 常用热作模具钢热处理性能	178
第一节 5CrMnMo 和 5CrNiMo 钢热处理性能	178
(一)概述	178
(二)锻造与退火	179
(三)淬火与回火	180
(四)高温淬火	187
(五)复合等温处理	188
第二节 3Cr2W8V 钢热处理性能	190
(一)概述	190
(二)锻造	191
(三)退火	191
(四)淬火与回火	191
第三节 新型热作模具钢热处理性能	202
一、5Cr4Mo2W2VSi 钢热处理性能	202
(一)概述	202
(二)锻造与退火	204
(三)淬火与回火	204
(四)使用效果举例	209
二、3Cr3Mo3VNb 钢(代号 HM3)的热处理性能	209
(一)概述	209
(二)锻造与退火	212

(三)淬火与回火	212
(四)比较 3Cr3Mo3VNb、4Cr5W2SiV、5CrNiMo 三种钢的主要性能	217
(五)使用效果举例	220
三、其他热作模具钢简介	220
(一)4Cr5MoSiV 和 4Cr5W2SiV 钢	220
(二)35Cr3Mo3W2V(代号 HM1)钢	221
(三)4Cr3Mo3W4VTiNb(代号 GR)钢	222
(四)5Cr4W5Mo2V(代号 RM2)钢	222
(五)6Cr4Mo3Ni2WV(代号 CG-2)钢	222

第一章 概 述

第一节 模具钢的种类、牌号及成分

压力加工是现代工业生产中的先进工艺之一。压力加工所需的工艺压力，通过各种不同的压力机来获得。安装在这些压力机上、对材料或半成品直接进行加工的专用工具，统称为模具。由于模具的精度和使用寿命，直接关系到产品的质量、性能和生产效率，因此引起了人们足够的重视。

为了提高模具的精度及延长其使用寿命，必须首先熟悉并合理选用模具钢种。

常用模具分为冷作模和热作模两类，其中冷作模包括冷冲模、冷镦模、冷挤模、拉丝模、滚丝模、搓丝板等。用于冷作模的钢种主要有三类：(1)碳素工具钢，如 T10 A、T12 A 等；(2)低合金工具钢，如 9 Mn 2 V、CrWMn、9 SiCr、GCr15 等；(3)高合金工具钢，如 Cr12、Cr12 MoV 等。此外还有中合金工具钢，如 Cr4 W 2 MoV 等。这些钢的化学成分列于表 1-1。

热作模包括热锻模、热镦模、热挤压模、压铸模等；用作热作模的钢种主要有 5 CrMnMo、5 CrNiMo、3 Cr 2 W 8 V、5 Cr4 Mo 2 W 2 VSi、3 Cr3 Mo 3 VNb 等。这些钢的化学成分见表 1-2 所示。

由表 1-1、表 1-2 可见，冷作模钢与热作模钢的化学成分，因其工作条件和所要求的性能不同，而各具特点。冷作模钢

表 1-1 某些冷作模具钢的牌号及化学成分

钢 号	化 学 成 分 (%)						
	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V
T8A	0.75~ 0.85	0.15~ 0.35	0.20~ 0.40				
T10A	0.95~ 1.04	0.15~ 0.35	0.15~ 0.35				
T12A	1.15~ 1.24	0.15~ 0.35	0.15~ 0.35				
GCr15	0.95~ 1.05	0.15~ 0.35	0.20~ 0.40	1.30~ 1.65			
9Mn2V	0.85~ 0.95	≤0.35	1.70~ 2.00				0.10~ 0.25
9SiCr	0.85~ 0.95	1.20~ 1.60	0.30~ 0.60	0.95~ 1.25			
CrWMn	0.90~ 1.05	0.15~ 0.35	0.80~ 1.10	0.90~ 1.20		1.20~ 1.60	
Cr4W2MoV	1.15~ 1.25	0.40~ 0.70	≤0.40	3.5~ 4.0	0.80~ 1.20	2.00~ 2.50	0.80~ 1.10
Cr12	2.00~ 2.30	≤0.35	≤0.35	11.50~ 13.00			
Cr12MoV	1.45~ 1.70	≤0.35	≤0.35	11.00~ 12.50	0.40~ 0.60		0.15~ 0.30
W18Cr4V	0.70~ 0.80	≤0.40	≤0.40	3.80~ 4.40	≤0.30	17.50~ 19.00	1.00~ 1.40
W6Mo5Cr4V2	0.80~ 0.90	≤0.40	≤0.40	3.80~ 4.40	4.50~ 5.50	5.50~ 6.75	1.75~ 2.20
6W6Mo5Cr4V	0.55~ 0.65	≤0.40	≤0.60	3.70~ 4.30	4.50~ 5.50	6.00~ 7.00	0.70~ 1.10

注：钢号末尾加“A”表示高级优质钢，其含硫、磷量均较一般优质钢为低，如 T8A、T10A、T12A 诸钢含硫、磷量分别为 ≤0.02%，≤0.03%。

表 1-2 某些热作模具钢的牌号及化学成分

钢 号	化 学 成 分 (%)							
	C	Si	Mn	Cr	Mo	N	V	其 他
5CrMnMo	0.50~ 0.60	0.25~ 0.60	1.20~ 1.60	0.60~ 0.90	0.15~ 0.30			
5CrNiMo	0.50~ 0.60	≤0.40	0.50~ 0.80	0.50~ 0.80	0.15~ 0.30			Nil.40~ 1.60
3Cr2W8V	0.30~ 0.40	≤0.40	≤0.40	2.20~ 2.70		7.50~ 9.00	0.10~ 0.50	
4Cr5W2SiV	0.32~ 0.42	0.80~ 1.20	≤0.40	4.50~ 5.50		1.60~ 2.40	0.80~ 1.10	
4Cr5MoSiV	0.32~ 0.42	0.80~ 1.20	≤0.40	4.50~ 5.50	1.00~ 1.50		0.30~ 0.50	
5Cr4Mo2W2VSi	0.50~ 0.60	0.80~ 1.20	≤0.40	5.80~ 4.40	1.80~ 2.20	1.60~ 2.40	0.80~ 1.10	
6Cr4Mo3Ni2WV	0.55~ 0.64	≤0.40	≤0.40	3.80~ 4.40	2.80~ 3.30	0.50~ 1.20	0.80~ 1.50	Nil.80~ 2.20
3Cr3Mo3VNb	0.24~ 0.33	≤0.60	≤0.40	2.60~ 3.20	2.70~ 3.20		0.60~ 0.80	Nb0.08~ 0.15

的含碳量较高,一般均在0.75%以上,甚至超过2%;经适当热处理后,即可获得高的硬度(HRC 60以上)和良好的耐磨性,以适应冷作模工作条件和性能要求。热作模钢的含碳量,一般为0.30~0.60%,处于中碳范围。这是因为热作模通常要求具有强度和韧性很好配合的综合机械性能以及热疲劳性能,所以规定热作模钢为中碳成分是比较合适的。合金模具钢与碳素模具钢相比,合金模具钢中因合金元素作用结果,使其具有较高的淬透性和较优的机械性能,并且变形和开裂倾向亦较小。合金元素在冷作模钢和热作模钢中还有其独特作用,这一点将在以后章节予以讨论。

第二节 常用模具类型、工作条件、性能要求及钢材选用

一、冷作模

(一)工作条件和性能要求

1. 冷冲模:

(1) 落料、冲孔模: 板材经冷冲后得到一定的形状。模具的刃口部分承受着冲击、摩擦和较大的弯曲力。随着工件形状的复杂程度、板材厚度及其硬度的增加,对模具所要求的性能亦相应提高。

(2) 修边模: 与落料模类似,用它修除工件上多余的材料,以获得所需要的规定尺寸。模具刃部同样承受着冲击、摩擦和弯曲力,对它所要求的性能亦与落料模类似。

(3) 冲头(图 1-1): 用来冲孔或落料,要求它具有一定的抗弯强度、抗压强度、韧性和耐磨性。对于小冲头而言,强度和韧性显得更为重要。

(4) 剪刀(图 1-2): 用它剪切不同厚度的板材或棒材, 承受剪切和冲击力, 并随被剪切材料厚度和硬度的增加而增加。

2. 拉丝模(图 1-3)、压弯模(图 1-4);

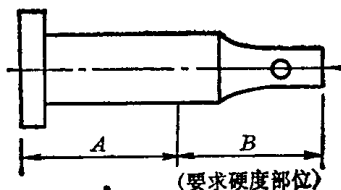


图 1-1 冲头

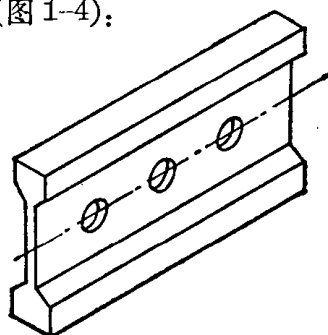


图 1-2 剪刀

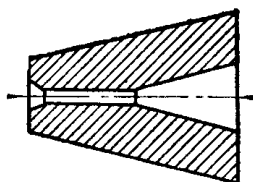


图 1-3 拉丝模

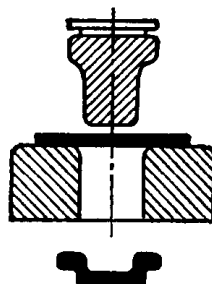


图 1-4 压弯模

用拉丝模将棒材拉成丝; 用压弯模将板材压弯成一定形状。这两种模具的正常报废, 主要是磨损, 但也可能因模具本身结构和热处理不当而造成刃口剥落、压塌或折断等失效现象, 导致模具过早地报废。

3. 冷挤压模:

用它将材料在很高压应力下冷挤成一定形状, 得到精确的尺寸和高的光洁度。如冷挤压冲头在工作时, 其承受压应力高达 $200 \sim 250$ 公斤力/毫米², 因此要求它具有足够高的抗压强度, 以防微粗变形。凹模承受很高的张(拉)应力, 因此要

求它具有足够高的抗拉强度。此外,在冷挤压时,模具还承受一定的冲击,故而还要求模具具有相当好的韧性。

4. 冷镦模(图 1-5):

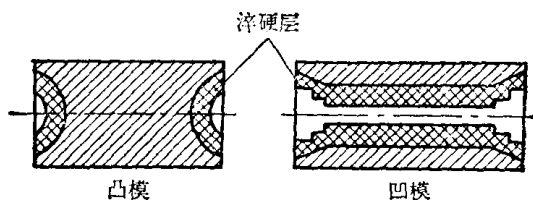


图 1-5 冷镦模

用它将棒材端部冷镦成一定形状。在冷镦时,变形量和冲击力都较大,造成复杂应力,因此要求模具表面硬度高、耐磨性好;心部则具有较好的韧性。冷镦凹模工作部分常因强度不够及淬硬层浅而产生凹陷或尺寸胀大,导致过早地报废。如韧性不够,则断裂。冷镦模凸模的工作部分常因淬硬层浅和硬度不够而产生凹陷及很快磨损,也因全部淬硬而在使用过程中从中间断裂。表 1-3 为常用的几种冷作模具的硬度规定。

表 1-3 几种常用的冷作模具的硬度(HRC)规定

名 称 配 偶	硅钢片 冷冲模	薄钢板 冷冲模	厚钢板 冷冲模	拔丝模	剪刀	$\phi \leq 5$ 毫米 小冲头	冷 挤 压 模		冷镦模
							挤铜铝	挤 钢	
凸 模	58~60	58~60	56~58		54~58	56~58	60~64	60~64	60~62
凹 模	60~62	58~60	56~58	>64			60~64	58~60	58~60

(二) 钢材选用

实践证明,只有合理地选用模具材料并进行一系列精确的成形加工和适当的热处理,才能大幅度增长模具的使用寿命,十分有效地提高其精度。目前对形状简单、不易变形、截面不大、承受载荷较轻(一般在 10 公斤以下)或中等的冷作

模,常选用高碳工具钢(T10A等)、低合金工具钢(9Mn2V、GCr15等)制作;对形状复杂、容易变形、截面较大、承受载荷较重的冷作模,宜选用高合金工具钢(Cr12、Cr12MoV等)制作。要求使用寿命较长的硅钢片冷冲模,无论承受轻载或重载,一般都选用Cr12、Cr12MoV钢制作。在选用钢材时,往往考虑到加工批量。加工批量小的或中等的,常选用碳素工具钢或低合金工具钢;而加工批量大的,则宜选用高合金工具钢。鉴于凸模与凹模的工作条件和性能要求存在差别,它们所选用的材料也可以考虑有所不同。譬如挤压钢件和硬铝时,凹模常选Cr12MoV钢;而冲头,为了延长其使用寿命,则可选用高速工具钢(如W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2等)。如果冲头同样选用Cr12MoV钢,则其使用寿命较低,一般仅及凹模的一半。

在选材时,必须具备经济观点,充分考虑降低成本,贯彻节约的原则。在满足性能要求和产品质量的前提下,尽可能选择价格低廉,少含合金元素的钢种;也可改进设计、采用拼镶结构办法,即在刃口部分拼镶品质好的贵重材料(如钢结硬质合金等),其他性能要求不太高的次要部分(如模体),则可选用碳钢。

二、热作模

(一)工作条件和性能要求

1. 热锻模(图1-6):

热锻模常按其不同高度(图1-6中 H)分为大、中、小三种类型,一般将高度 <250 毫米

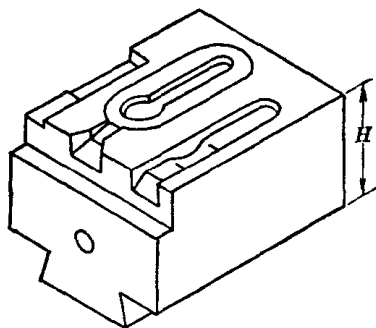


图1-6 热锻模示意图
(扳手热锻模下模)