



3 项目

模具零件材料的选用

生产管理者审图后,下一个环节就是备料。模具工根据零件图所标注的材料,要对每个零件材质进行核对,并提出相应的规格、尺寸、牌号进行备料,有时还要进行材料的替换。因而必须熟悉材料的特性,才能做到既满足使用要求,又充分考虑到加工性能、节约成本、提高生产效率。

任务 3.1 金属材料的选用

模具材料按使用的类别可分为金属材料和非金属材料。当前使用最多的是金属材料,特别是钢铁材料——模具钢。金属材料在模具制造中得到广泛使用是由于其具备许多优良的性能,能够满足模具恶劣服役条件的要求。金属材料的性能一般分为使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现的特性,包括物理性能、化学性能和力学性能;工艺性能是指金属在加工过程中所表现出来的特性,包括铸造性能、锻造性能、热处理性能、焊接性能和切削加工性能。使用性能是选用材料和决定零件尺寸的主要依据,而工艺性能则是确定零件加工方法的主要依据。只有深入和全面了解金属材料的各种性能,才能合理地选择和正确地使用金属材料,制造出质量高、成本低、经久耐用的模具。

3.1.1 金属材料的机械性能及工艺性能

1. 金属材料的机械性能

机械性能即力学性能,是指金属在力的作用下所显示的有关性能,金属力学性能的高低,表征着金属抵抗各种机械损害作用能力的大小,是评定金属材料质量的主要判据,也是金属制件设计时选材和进行强度计算的主要依据。金属的力学性能主要有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等,这些性能决定于材料的成分和组织。

模具钢作为金属材料的一部分,其性能是由模具钢的成分和热处理后的组织决定的。各类模具因工作的条件不同,对模具材料的性能要求

也不同,从而对模具的材料和加工过程提出不同的要求,以满足使用要求。对各类模具钢提出的性能要求包括弹性和刚度、强度、塑性、硬度、韧性、疲劳强度和耐磨性等。其中硬度和耐磨性是影响模具寿命的重要因素。

硬度是材料表面抵抗局部塑性变形、压痕或划裂的能力。通常材料的强度越高,硬度也越高。工程上常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等,如图 3-1 所示。

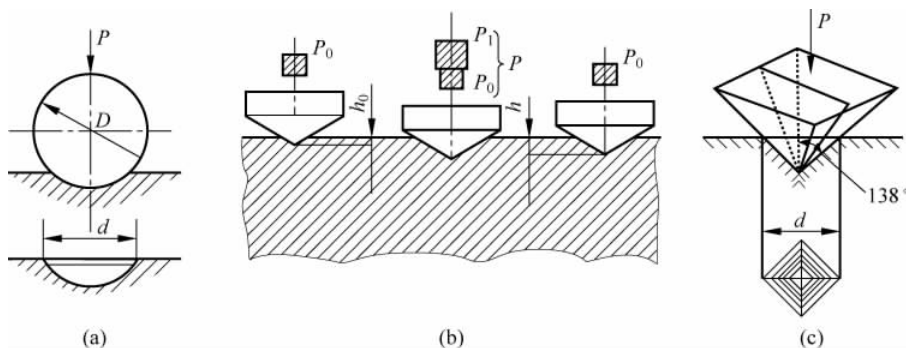


图 3-1 硬度试验示意图

(a) 布氏硬度; (b) 洛氏硬度; (c) 维氏硬度

模具在服役时,成型坯料与模具表面产生相对滑动和流动,在模具和坯料之间产生很大的摩擦力,从而使模具受到切应力作用,逐渐在模具表面造成机械破损即磨损。冷作模具多数因磨损而报废,因此对冷作模具最基本的要求之一就是耐磨性。

冷作模具材料的耐磨性指标可采用常温下的磨损量或相当耐磨性来表示。热作模具的型腔表面由于高温而软化,同时还要经常受高温氧化腐蚀和脱落的氧化铁屑的研磨,因此热作模具的磨损属于热磨损,需要特殊的热磨损实验方法才能测出其热磨损抗力。

在模具中磨损主要包括磨料磨损、粘着磨损、氧化磨损与疲劳磨损。

2. 金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指金属在制造机械零件和工具的过程中,适应各种冷、热加工的性能,也就是金属采用某种加工方法制成成品的难易程度。它包括铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能等。

(1) 铸造性能

金属及合金铸造成优良铸件的能力称为铸造性能。衡量铸造性能的依据有流动性、收缩性和偏析等。

① 流动性。液体金属充满铸型型腔的能力称为流动性。它主要受金属化学成分和浇注温度的影响。流动性好的金属容易充满整个铸型,获得尺寸精确、轮廓清晰的铸件。

② 收缩性。铸件在凝固和冷却过程中,其体积和尺寸减少的现象称为收缩性。铸件收缩不仅影响尺寸,还会使铸件产生缩孔、疏松、内应力、变形和开裂等缺陷。

③ 偏析。合金中合金元素、夹杂物或气孔等分布不均匀的现象称为偏析。偏析严重时可能使铸件各部分的力学性能产生很大差异,降低了铸件的质量。

(2) 压力加工性能

金属材料在压力加工(锻造、轧制等)下成型的难易程度称为压力加工性能。它与材料的塑性有关,塑性越好,变形抗力越小,金属的压力加工性能就越好。

(3) 焊接性能

焊接性能是指金属在限定的施工条件下被焊接成按规定设计要求的构件,并满足预定服役要求的能力。焊接性能好的金属能获得没有裂缝、气孔等缺陷的焊缝,并且焊接接头具有一定的力学性能。低碳钢具有良好的焊接性能,高碳钢、不锈钢、铸铁和铝的焊接性能较差。

(4) 切削加工性能

金属材料切削加工的难易程度称为切削加工性能。当金属材料具有适当的硬度和足够的脆性时较易切削。铸铁比钢切削加工性能好,一般碳钢比高合金钢切削加工性能好。

(5) 热处理性能

热处理工艺性能实际上也是热加工工艺性能,在模具失效事故中,热处理所造成的因素占总失效的52%左右,热处理工艺性能的好坏对模具质量有较大的影响。它要求热处理变形小、淬火温度范围宽、过热敏感性小、脱碳敏感性低、淬火开裂倾向低等,特别要求要有足够的淬硬性和淬透性。

3.1.2 碳素钢

钢和铸铁都是以铁和碳为主的合金,其区别在于碳的含量多少,理论上将 $w_C < 2.11\%$ 的铁碳合金称为钢, $w_C > 2.11\%$ 的称为铸铁。钢又分为碳素钢和合金钢。

1. 碳素钢的分类

碳素钢是以铁碳合金为主,而其他元素作为杂质存在的材料,也称作非合金钢,分类方法很多,下面只介绍几种常用的分类方法。

(1) 按含碳量分类

- ① 低碳钢: $w_C \leq 0.25\%$ 。
- ② 中碳钢: $w_C = 0.25\% \sim 0.60\%$ 。
- ③ 高碳钢: $w_C > 0.60\%$ 。

(2) 按钢的用途分类

① 碳素结构钢: 主要用于制造各类工程构件及各种机器零件。它多属于低碳钢和中碳钢。

② 碳素工具钢: 主要用于制造各种刀具、量具和模具。这类钢中碳的含量较高,一般属于高碳钢。

(3) 按质量等级分类

按钢中有害杂质硫、磷含量可分为以下4类。

- ① 普通钢($w_S = 0.035\% \sim 0.050\%$, $w_P = 0.035\% \sim 0.045\%$)。
- ② 优质钢($w_S, w_P \leq 0.035\%$)。
- ③ 高级优质钢($w_S = 0.020\% \sim 0.030\%$, $w_P = 0.025\% \sim 0.030\%$)。

④ 特级优质钢($w_S \leq 0.015\%$, $w_P \leq 0.025\%$)。
碳素钢中常存杂质元素有硅、锰、硫、磷,它们的存在对钢铁的性能有较大影响。

2. 碳素钢的牌号、性能及用途

(1) 碳素结构钢

碳素结构钢分为通用结构钢和专用结构钢两类。通用结构钢牌号由代表屈服点的拼音字母 Q、屈服点数值(单位为 MPa)和规定的质量等级符号、脱氧方法等符号组成。质量等级分 A、B、C、D、E 表示硫、磷含量不同,其中 A 级质量最低,E 级质量最高;脱氧方法用 F(沸腾钢)、B(半镇静钢)、Z(镇静钢)、TZ(特殊镇静钢)表示,牌号中的 Z 和 TZ 可以省略。例如 Q235AF,表示屈服点 $\sigma_s = 235\text{MPa}$,质量为 A 级的沸腾碳素结构钢。专用结构钢牌号一般由代表钢屈服点的符号 Q、屈服点数值及规定的代表产品用途的符号等组成。例如压力容器用钢牌号表示为 Q235R。

碳素结构钢,价格低廉,工艺性能(焊接性、冷变形成型性)优良,用于制造一般工程结构、普通机械零件以及日用品等。通常热轧成扁平成品或各种型材(圆钢,方钢、工字钢、钢筋等),一般不经热处理,在热轧态直接使用。表 3-1 列出了碳素结构钢的牌号、化学成分、力学性能和用途。

表 3-1 碳素结构钢的牌号、化学成分、力学性能和用途

牌号	等级	化学成分(质量分数)/%					脱氧方法	拉伸试验			应用举例
		w_C	w_{Mn}	w_{Si}	w_S	w_P		$\sigma_s /$ (N/mm ²)	$\sigma_b /$ (N/mm ²)	δ_5 /%	
				不大于							
Q195	—	0.06~0.12	0.25~0.50	0.30	0.050	0.045	F,Z	(195)	315~390	33	用于制作钉子、铆钉、垫块及轻负荷的冲压件
Q215	A	0.09~0.15	0.25~0.55	0.30	0.050	0.045	F,bZ	215	335~410	31	
	B				0.045						
Q235	A	0.14~0.22	0.30~0.65	0.30	0.050	0.045	F,bZ	235	375~460	26	用于制作小轴、拉杆、连杆、螺栓、螺母、法兰等不太重要的零件
	B	0.12~0.20	0.30~0.70		0.045						
	C	≤0.18	0.35~0.80	0.30	0.040	0.040	Z TZ				
	D	≤0.17			0.035	0.035					
Q255	A	0.18~0.28	0.40~0.70	0.30	0.050	0.045	Z	255	410~510	24	
	B				0.045						
Q275	—	0.28~0.38	0.50~0.80	0.35	0.050	0.045	Z	275	490~610	20	

(2) 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢牌号由两位阿拉伯数字或阿拉伯数字与特性号组成。以两位阿拉伯数字表示平均碳的质量分数(以万分之几计)。沸腾钢和半镇静钢在牌号尾部分别加符号 F 和 B,镇静钢一般不标符号。较高含锰量的优质碳素结构钢,在表示平均碳的质量分数的阿拉伯数字后面加锰元素符号。例如, $w_C = 0.50\%$ 、 $w_{Mn} = 0.70\% \sim 1.00\%$ 的钢,其牌

号表示为 50Mn。高级优质碳素结构钢,在牌号后加符号 A,特级优质碳素结构钢在牌号后加符号 E。

优质碳素结构钢主要用来制造各种机械零件,一般须经热处理后使用,以充分发挥其性能潜力。优质碳素结构钢的牌号、化学成分、力学性能和用途见表 3-2 和表 3-3。

表 3-2 优质碳素结构钢的牌号、化学成分和力学性能

牌号	化学成分(质量分数)/%			力 学 性 能						
				σ_s	σ_b	δ_5	ψ	α_K	HBS	
	w_C	w_{Si}	w_{Mn}	/(N/mm ²)		/%		/(J/cm ²)	热轧钢	退火钢
				不小于					不大于	
08F	0.05~0.11	≤0.03	0.25~0.50	175	295	35	60	—	131	—
8	0.05~0.12	0.17~0.35	0.35~0.65	195	325	33	60	—	131	—
10F	0.07~0.14	≤0.07	0.25~0.50	185	315	33	55	—	137	—
10	0.07~0.14	0.17~0.37	0.35~0.65	205	335	31	55	—	137	—
15F	0.12~0.19	≤0.07	0.25~0.50	205	355	29	55	—	143	—
15	0.12~0.19	0.17~0.37	0.35~0.65	225	375	27	55	—	143	—
20	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	245	410	25	55	—	156	—
25	0.22~0.30	0.17~0.37	0.50~0.80	275	450	23	50	88.3	170	—
30	0.27~0.35	0.17~0.37	0.50~0.80	295	490	21	50	78.5	179	—
35	0.32~0.40	0.17~0.37	0.50~0.80	315	530	20	45	68.7	197	—
40	0.37~0.45	0.17~0.37	0.50~0.80	335	570	19	45	58.8	217	187
45	0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	355	600	16	40	49	229	197
50	0.47~0.55	0.17~0.37	0.50~0.80	375	630	14	40	39.2	241	207
55	0.52~0.60	0.17~0.37	0.50~0.80	380	645	13	35	—	255	217
60	0.57~0.65	0.17~0.37	0.50~0.80	400	675	12	35	—	255	229
65	0.62~0.70	0.17~0.37	0.50~0.80	410	695	10	30	—	255	229
70	0.67~0.75	0.17~0.37	0.50~0.80	420	715	9	30	—	269	229
75	0.72~0.80	0.17~0.37	0.50~0.80	880	1080	7	30	—	285	241
80	0.77~0.85	0.17~0.37	0.50~0.80	930	1080	6	30	—	285	241
85	0.82~0.90	0.17~0.37	0.50~0.80	980	1130	6	30	—	302	255
15Mn	0.12~0.19	0.17~0.37	0.70~1.00	245	410	26	55	—	163	—
20Mn	0.17~0.24	0.17~0.37	0.70~1.00	275	450	24	50	—	197	—
25Mn	0.22~0.30	0.17~0.37	0.70~1.00	295	490	22	50	88.3	207	—
30Mn	0.27~0.35	0.17~0.37	0.70~1.00	315	540	20	45	78.5	217	187
35Mn	0.32~0.40	0.17~0.37	0.70~1.00	335	560	18	45	68.7	229	197
40Mn	0.37~0.45	0.17~0.37	0.70~1.00	355	590	17	45	58.8	229	207
45Mn	0.42~0.50	0.17~0.37	0.70~1.00	375	620	15	40	49	241	217
50Mn	0.47~0.55	0.17~0.37	0.70~1.00	390	645	13	40	39.2	255	217
60Mn	0.57~0.65	0.17~0.37	0.70~1.00	410	695	11	35	—	269	229
65Mn	0.62~0.70	0.17~0.37	0.90~1.20	430	735	9	30	—	285	229
70Mn	0.67~0.75	0.17~0.37	0.90~1.20	450	785	8	30	—	285	229

表 3-3 优质碳素结构钢的用途

牌 号	用 途 举 例
10、10F	用来制造锅炉管、油桶顶盖、钢带、钢丝、钢板和型材,用于制造机械零件
20、20F	用于不经受很大应力而要求韧性的各种机械零件,如拉杆、轴套、螺钉、起重钩等;也用于制造在 6.0MPa(60 大气压)、450℃ 以下非腐蚀介质中使用的管子等;还可以用于心部强度不大的渗碳与碳氮共渗零件,如轴套、链条的滚子、轴以及不重要的齿轮、链轮等
35	用做热锻的机械零件,冷拉和冷顶锻钢材,无缝钢管,机械制造中的零件,如转轴、曲轴、轴销、拉杆、连杆、横梁、星轮、套筒、轮圈、钩环、垫圈、螺钉、螺母等;还可用来铸造汽轮机机身、轧钢机机身、飞轮等
40	用来制造机器的运动零件,如辊子、轴、曲柄销、传动轴、活塞杆、连杆、圆盘等
45	用来制造蒸汽涡轮机、压缩机、泵的运动零件;还可以用来代替渗碳钢制造齿轮、轴、活塞销等零件,但零件需经高频或火焰表面淬火,并可用做铸件
55	用于制造齿轮、连杆、轮圈、轮缘、扁弹簧及轧辊等,也可用做铸件
65	用于制造气门弹簧、弹簧圈、轴、轧辊、各种垫圈、凸轮及钢丝绳等
70	用于制造弹簧

为适应某些专业的特殊用途,对优质碳素结构钢的成分和工艺做一些调整,并对性能作补充规定,从而派生出锅炉与压力容器、船舶、桥梁、汽车、农机、纺织机械、焊条等一系列专业用钢,并已制定了相应的国家标准。

(3) 碳素工具钢

碳素工具钢牌号一般由代表碳的符号 T 与阿拉伯数字组成,其中阿拉伯数字表示平均碳的质量分数(以千分之几计)。对于较高含锰量或高级优质碳素工具钢,牌号尾部表示同优质碳素结构钢。例如 T12 钢,表示 $w_C = 1.2\%$ 的碳素工具钢。

碳素工具钢生产成本较低,加工性能良好,可用于制造低速、手动刀具及常温下使用的工具、模具、量具等。在使用前要进行热处理。常用碳素工具钢的牌号、成分、硬度及用途见表 3-4。

表 3-4 常用碳素工具钢的牌号、成分、硬度及用途

牌号	化学成分(质量分数)/%					硬 度			用途举例
	w_C	w_{Si} (不大于)	w_{Mn}	w_S (不大于)	w_P (不大于)	退火状态 HBS (不大于)	试样淬火		
							淬火温度 $t/^{\circ}C$ 和淬火介质	HRC (不小于)	
T7	0.65~0.74	0.35	≤0.40	0.030	0.035	187	800~820,水	62	用做能承受冲击、硬度适当,并有较好韧性的工具,如扁铲、手钳、大锤及木工工具等

续表

牌 号	化 学 成 分 (质量分数)/%					硬 度			用 途 举 例
	w_C	w_{Si} (不大于)	w_{Mn}	w_S (不大于)	w_P (不大于)	退火状态 HBS (不大于)	试样淬火		
							淬火温度 $t/^\circ C$ 和淬火介质	HRC (不小于)	
T8	0.75~0.84	0.35	≤ 0.40	0.030	0.035	187	780~800,水	62	用做能承受冲击、要求较高硬度与耐磨性的工具,如冲头、压缩空气工具及木工工具等
T9	0.85~0.94	0.35	≤ 0.40	0.030	0.035	192	760~780,水	62	用 做 硬 度 高、韧 性 中 等 的 工 具,如冲头等
T10	0.95~1.04	0.35	≤ 0.40	0.030	0.035	197	760~780,水	62	用做不受剧烈冲击,要硬度高、耐磨的工具,如冲模、钻头、丝锥、车刀等
T11	1.05~1.14	0.35	≤ 0.40	0.030	0.035	207	760~780,水	62	
T12	1.15~1.24	0.35	≤ 0.40	0.030	0.035	207	760~780,水	62	用做不受冲击,要求硬度高、极耐磨的工具,如锉刀、精车刀、量具、丝锥等
T13	1.25~1.35	0.35	≤ 0.40	0.030	0.035	217	760~780,水	62	用 做 刮 刀、拉 丝 模、锉 刀、剃 刀 等

(4) 铸造碳素钢

许多形状复杂的零件, 很难通过锻压等方法加工成型, 用铸铁时性能又难以满足需求, 此时常常选用铸钢铸造获取铸钢件, 所以, 铸造非合金钢在机械制造尤其是重型机械制造业中应用非常广泛。铸造非合金钢的牌号根据 GB/T 5613—1995 的规定, 有两种表示方法: 以强度表示的铸钢牌号, 由铸钢代号 ZG 与表示力学性能的两组数字组成, 第一组数字代表最低屈服点, 第二组数字代表最低抗拉强度值。例如 ZG200—400, 表示 $\sigma_s(\sigma_{0.2})$ 不小于 200MPa, σ_b 不小于 400MPa; 另一种用化学成分表示的牌号在此不作介

绍。工程用铸造碳素钢的牌号、成分、力学性能及应用见表 3-5、表 3-6。

表 3-5 工程用铸造碳素钢的牌号、成分及力学性能

牌 号	最高化学成分(质量分数)/%					力学性能(最小值)					
	w_C	w_{Si}	w_{Mn}	w_S	w_P	σ_S 或 $\sigma_{0.2}$ /MPa	σ_b /MPa	$\delta/\%$	根据合同选择		
									$\phi/\%$	冲击韧度	
										A_{KU}/J	$\alpha_{KU}/(J/cm^2)$
ZG200—400	0.20	0.50	0.80	0.04	0.04	200	400	25	40	30	60
ZG230—450	0.30	0.50	0.90			230	450	22	32	25	45
ZG270—500	0.40	0.50	0.90			270	500	18	25	22	35
ZG310—570	0.50	0.60	0.90			310	570	15	21	15	30
ZG340—640	0.60	0.60	0.90			340	640	10	18	10	20

注：1. 摘自 GB/T 5613—1995《铸钢牌号表示方法》和 GB/T 11352—1989《一般工程用铸造碳素钢件》。
2. 表中 A_{KU} ——冲击吸引力(U型)； α_{KU} ——冲击韧度(U型)。
3. 表中所列各牌号性能适应于厚度为 100mm 以下的铸件。

表 3-6 铸造碳素钢的应用

牌 号	应 用 举 例
ZG200—400	用于受力不大,要求韧性的各种机械零件,如机座、变速箱壳等
ZG230—450	同上,如外壳、轴承盖、底板、阀体等
ZG270—500	用做轧钢机架、轴承座、连杆、箱体、曲轴、缸体、飞轮、蒸汽锤等
ZG310—570	用做载荷较高的零件,如大齿轮、缸体、制动轮、辊子等
ZG340—640	用做起重运输机中的齿轮、联轴器及重要的机件

3.1.3 合金钢

碳素钢虽然工艺性能良好,价格低廉,但还存在着一些不足,如淬透性低、回火稳定性差、强度和屈强比较低、不能满足特殊性能要求等。

为了改善碳素钢的力学性能或使之获得某些特殊性能,有目的地在其中加入一定量的 一种或几种元素,由此而获得的钢,就称为合金钢,加入钢中的这些元素就称为合金元素。

1. 合金元素在钢中的作用

合金元素影响钢中组织转变的因素主要是化学成分和加热、冷却条件。因此钢中的相变既可以通过不同的热处理来控制,也可以通过改变化学成分来改变其发生,得到所需要的组织。在相同的热处理条件下,调整钢的化学成分,可以达到控制相变、改变组织形态的目的。为了改善钢的性能,在冶炼时根据需要,特意加入一些元素,这些元素称为合金元素。在钢铁材料中合金元素的分类方法很多,根据对强韧化性能的影响不同,合金元素也可分为两类：一类是影响相变的合金元素,如 Mn、Mo、Cr 等,通过降低相变温度,细化晶粒,并细化相变过程中或相变后析出的微合金碳、氮化物；另一类是形成碳化物和氮化物的微合金化元素,如 V、Nb、Ti 等,根据它们在钢中存在形式的不同,将对钢的性能

产生不同的影响。

2. 低合金钢

低合金钢是一类可焊接的低碳低合金工程结构用钢,钢中合金元素总质量分数不超过 5%(一般不超过 3%)。

(1) 低合金钢的分类及牌号

常用的低合金钢有低合金高强度结构钢,低合金耐候钢(Q355 NHC),低合金专业用钢等。

(2) 低合金高强度结构钢用途及性能特点

低合金高强度结构钢是结合我国资源条件(主要加入锰这种我国富有的元素)而发展起来的优良低合金钢之一。由于产品质量的不断提高和生产成本的降低,被广泛用于建筑、桥梁、船舶、车辆、铁道、高压容器及大型军事工程等方面。低合金高强度结构钢的性能特点是:具有良好的综合力学性能;良好的耐大气、海水、土壤腐蚀的能力;良好的焊接性能和冷成型性能;加工性能与低碳钢相近,变形抗力低,热轧后不会因冷却而产生裂纹。

常用低合金高强度结构钢的化学成分、力学性能及主要用途见表 3-7。

表 3-7 常用低合金高强度结构钢的化学成分、力学性能及主要用途

牌 号		化学成分(质量分数)/%				钢材 厚度 /mm	力学性能			冷弯试验	用途举例
新标准	旧标准	C	Si	Mn	其他		σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ /%	a—试件厚度 d—芯棒直径	
Q295	09Mn2	≤ 0.12	0.20~ 0.60	1.40~ 1.80	—	4~ 10	450	300	21	180℃ ($d=2a$)	油 槽、油 罐、 机 车、车 辆、 梁 柱 等
Q345	14MnNb	0.12~ 0.18	0.20~ 0.60	0.80~ 1.20	0.15~ 0.50Nb	≤ 16	500	360	20		油 罐、锅 炉、 桥 梁 等
	16Mn	0.12~ 0.20	0.20~ 0.60	1.20~ 1.60	—	≤ 16	520	350	21		桥 梁、船 舶、 车 辆、压 力 容 器、建 筑 结 构 等
	16MnCu	0.12~ 0.20	0.20~ 0.60	1.25~ 1.50	0.20~ 0.35Cu	≤ 16	520	350	21		桥 梁、船 舶、 车 辆、压 力 容 器、建 筑 结 构 等
Q390	15MnTi	0.12~ 0.18	0.20~ 0.60	1.25~ 1.50	0.12~ 0.20Ti	≤ 25	540	400	19	180℃ ($d=3a$)	船 舶、压 力 容 器、电 站 设 备 等
	16MnV	0.12~ 0.18	0.20~ 0.60	1.25~ 1.50	0.04~ 0.14V	≤ 25	540	400	18		船 舶、压 力 容 器、桥 梁、车 辆、起重机械

3. 机械结构用合金钢

机械结构用合金钢主要用于制造各种机械零件,大多需经热处理后才能使用。

(1) 机械结构用合金钢的分类及牌号

机械结构用合金钢按用途及热处理特点可分为合金渗碳钢、合金调质钢及合金弹簧钢。这些钢的牌号由“数字(两位)+元素符号+数字”组成。其中,前两位数字是以平均万分数表示的碳的质量分数,元素符号表示钢中所含的合金元素,元素符号后的数字是以名义百分数表示的该元素的质量分数。若合金元素的平均质量分数 $w_{Me} < 1.5\%$,则只标元素符号,不标注其质量分数;当其平均质量分数 $w_{Me} \geq 1.5\%$ 、 $w_{Me} \geq 2.5\%$ 、 $w_{Me} \geq 3.5\%$ 、…时,则在元素后相应标注出数字 2、3、4、…。如 20CrNi3 表示 $w_C \approx 0.2\%$ 、 $w_{Cr} \approx 0.75\%$ 、 $w_{Ni} \approx 2.95\%$ 的合金结构钢。钢中若含有 V、Ti、B、Mo 及稀土(RE)等合金元素,即使质量分数很低,但起重要作用,仍在钢中标出。高级优质钢和特级优质钢分别在牌号后加 A 和 E;保证淬透性钢的代号为 H,如 45H、40CrAH。

(2) 合金渗碳钢

① 用途及性能要求。许多机械零件如汽车、拖拉机上的变速齿轮与内燃机上的凸轮轴、活塞销等,在工作时,表面受到强烈摩擦、磨损,同时又承受较大的交变载荷,特别是冲击载荷的作用。要求零件表面具有优异的耐磨性和高的疲劳强度,心部具有较高强度和足够的韧性。为满足上述性能要求,常选用合金渗碳钢。合金渗碳钢通常是指经渗碳淬火、低温回火后使用的低碳合金结构钢。常用合金渗碳钢:低淬透性的有 15、20Mn2、20Cr、20MnV、20CrV;中淬透性的有 20CrMn、20CrMnTi、20Mn2TiB、20SiMnVB;高淬透性的有 18Cr2Ni4WA、20Cr2Ni4A、15CrMn2SiMo。

② 成分特点。控制 $w_C = 0.1\% \sim 0.25\%$,以保证淬火后零件心部有足够的塑性和韧性;加入能提高淬透性和阻止奥氏体长大的元素,如 Cr、Ni、Mn、B、V、Ti、W、Mo 等,以提高钢的韧性和强度。

(3) 合金调质钢

① 用途及性能要求。合金调质钢是经调质处理后使用的合金钢,主要用于制造在重载荷作用下同时又受冲击载荷作用的一些重要零件,如机床主轴、汽车拖拉机的后桥半轴、柴油机发动机曲轴、连杆、高强度螺栓等。要求具有高强度、高韧性相结合的良好综合力学性能,此外,还应有良好的淬透性,以保证零件整个截面上性能均匀一致。常用合金调质钢:低淬透性的有 45、40Cr、40MnB、40MnVB;中淬透性的有 38CrSi、30CrMnSi、35CrMo、38CrMoAl;高淬透性的有 37CrNi3、40CrMnMo、25Cr2Ni4WA、40CrNiMoA。

② 成分特点。合金调质钢中 $w_C = 0.25\% \sim 0.5\%$,以 $w_C = 0.4\%$ 居多。Mn、Si、Cr、Ni、B 的主要作用是增大钢的淬透性,获得高而均匀的综合力学性能,特别是高的屈强比,提高钢的强度;V 的主要作用是细化晶粒;Mo 和 W 的主要作用是减轻或抑制第二类回火脆性;Al 的主要作用是加速合金调质钢的氮化过程。

(4) 合金弹簧钢

① 用途及性能要求。合金弹簧钢主要用于制造各种机械和仪表中的弹簧,如汽车、拖拉机的减振弹簧和螺旋弹簧,大炮缓冲弹簧,钟表发条,模具中的卸料弹簧等。弹簧一般都在交变应力作用下工作,常产生疲劳破坏,也可能因弹性极限较低,过量变形或永久