

图书在版编目(CIP)数据

金属材料与热处理/常永坤,张胜来主编. —济南:山东科学技术出版社,2006.10

全国高职高专一体化教学(机械专业)通用教材

ISBN 7—5331—4542—9

I. 金... II. ①常...②张... III. ①金属材料—高等学校:技术学校—教材 ②热处理—高等学校:技术学校—教材 IV. TG1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 105338 号

全国高职高专一体化教学(机械专业)通用教材

金属材料与热处理

主编 常永坤 张胜来

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098071

印刷者: 山东新华印刷厂临沂厂

地址: 临沂市高新技术开发区

邮编: 276002 电话: (0539)2925888

开本: 787mm×1092mm 1/16

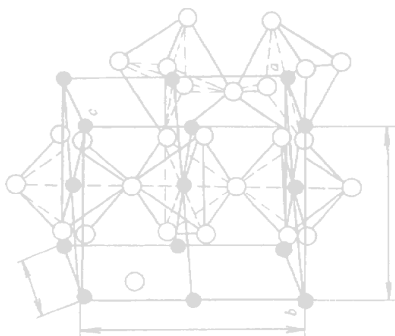
印张: 11.75

版次: 2006 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 7—5331—4542—9

TG · 41

定价: 18.00 元



为贯彻落实国务院《2003—2007 年教育振兴行动计划》，依据教育部及劳动和社会保障部对高职高专高技能人才培养的要求，以及现代科学技术发展的需要，遵循高职教材理论“必需、够用”原则，我们编写了《金属材料与热处理》一书。此书不论在内容上，还是在结构形式上，都体现以实际应用为目的，注重对学生动手能力和创新能力的培养。具有以下特点：

1. 结构形式新颖

本书注重优化课程体系，探索教材新结构。在编写手法上，采用了“任务驱动法”，把教材与教法有机的结合起来，改变了原来的传统模式，并具有一定的可操作性。

2. 突出反映教材内容的现代化

注重吸收本专业领域的新理论、新技术、新工艺、新方法，力求做到理论精，内容新，跟随时代发展的步伐，与当前科技发展水平相吻合，并体现知识的代表性和技术的前瞻性。

3. 力求突出职教特色

本书突出理论的应用性和针对性，实现理论与实际的有机的结合，既能增强学生的学习兴趣，又能培养学生实践能力及严谨求实的科学态度。

4. 注重学生创新能力的培养

虽说职业院校培养的学生是高级应用型人才，但同样需要创新精神和开拓能力。例如工艺流程的设计、加工方法的创新、管理方法的改革等。因此，在选材和编写体系上充分体现对学生创新能力的培养，为学生在知识、能力、素质三方面协调发展创造条件。

本书共有十个模块，分别是金属的性能，金属材料的



结构，铁碳合金相图，碳素钢，钢的热处理，合金钢，铸铁，有色金属，非金属材料，综合练习等。层次结构清楚，文字流畅，内容通俗易懂，具有很强的可读性和可操作性，适用范围较广，既可作为高等学校机械设计与制造及相关专业的通用教材，也可供从事本专业的技术工程人员学习参考。

由于时间仓促及编者水平有限，书中难免存在错误及不足，恳请有关专家及广大读者批评指正。

编 者



目 录

MULU

模块一 金属的性能	(1)
概述	(1)
任务一 测定螺栓的强度和塑性	(2)
任务二 测定铸铁件的硬度	(7)
任务三 测定锻模的冲击韧性	(13)
习题一	(18)
模块二 金属材料的结构	(20)
概述	(20)
任务一 熟悉金属的实际晶体结构	(21)
任务二 明确合金的相结构	(25)
习题二	(30)
模块三 铁碳合金相图	(31)
概述	(31)
任务一 绘制铜镍二元合金相图并进行分析	(31)
任务二 典型铁碳合金结晶过程分析	(36)
任务三 分析碳对铁碳合金组织与性能的影响	(43)
习题三	(46)
模块四 碳素钢	(47)
概述	(47)
任务一 选择制造发动机连杆的材料	(48)
习题四	(53)
模块五 钢的热处理	(54)
概述	(54)
任务一 分析钢在加热时的组织转变过程	(55)
任务二 绘制过冷奥氏体等温转变图并进行分析	(59)
任务三 退火与正火的选用	(65)
任务四 对丝锥进行淬火处理	(68)
任务五 为车床主轴选择回火方法	(74)
任务六 为汽车变速齿轮选取表面热处理方法	(78)
习题五	(86)



模块六 合金钢	(87)
概述	(87)
任务一 选择制造齿轮的材料	(90)
任务二 选择制造麻花钻头的材料	(96)
任务三 选择材料制造贮酸槽	(101)
习题六	(106)
模块七 铸铁	(108)
概述	(108)
任务一 选择灰铸铁制造机床床身	(110)
任务二 选择材料制造内燃机曲轴	(114)
任务三 鉴别钢铁材料	(120)
习题七	(124)
模块八 有色金属	(125)
概述	(125)
任务一 选择材料制造汽车发动机散热器	(125)
任务二 选择铝合金制造内燃机活塞	(131)
任务三 选择材料制造车床主轴轴承	(137)
习题八	(142)
模块九 非金属材料	(143)
概述	(143)
任务一 明确高分子材料的特点及应用	(143)
任务二 了解陶瓷材料与复合材料的特点及应用	(150)
习题九	(155)
模块十 综合练习*	(156)
任务一 金相显微镜的使用及金相试样的制备	(156)
任务二 铁碳合金平衡组织的显微观察与分析	(160)
任务三 分析热处理对碳钢力学性能的影响	(163)
任务四 用热分析法测绘 Pb-Sn 二元合金状态图	(166)
任务五 明确选材的一般原则与方法	(168)
任务六 齿轮类零件选材分析	(171)
习题十	(173)
附 录	(174)
附录 1 压痕直径与布氏硬度对照表	(174)
附录 2 黑色金属硬度及强度换算表	(176)
附录 3 常用钢的临界点	(178)
参考文献	(179)



模块六 合金钢

概述

碳素钢虽然冶炼、加工简单,价格便宜,并且通过热处理可以得到不同的性能,但只能满足一般的使用要求。对于重要的结构零件,如各种轴、杆、齿轮等,由于碳钢的强度和淬透性相对较低,致使尺寸较大的零件无法通过淬火实现整个截面的均匀强化;对于刀具和冷冲模之类的工具,由于碳钢耐磨性和红硬性较低,无法胜任高速切削和硬质材料的加工;对于在高温以及腐蚀介质中工作的零部件,如内燃机排气阀以及化工容器、管道等,碳钢的耐热性和耐腐蚀性都不能满足使用要求。随着现代工业和技术的发展,在机械制造及各个领域广泛使用合金钢。

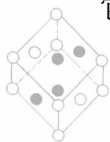
所谓合金钢就是在碳钢的基础上,为了改善钢的性能,在冶炼时有目的地加入一种或几种合金元素的钢,称为合金钢。常加入的合金元素有锰、硅、铬、镍、钼、钨、钒、钛、铝、硼、铌、锆、稀土等。

1. 合金元素在钢中的主要作用

合金元素在钢中的作用是非常复杂的,它对钢的组织 and 性能有很大影响。下面仅介绍几种主要作用。

(1)提高钢的强度 大多数合金元素(除铅外)都能溶于铁素体,形成合金铁素体。由于合金元素与铁的晶格类型和原子半径的差异,引起铁素体的晶格畸变,产生固溶强化作用,使合金钢中铁素体的强度、硬度提高,塑性和韧性有所下降。有些合金元素对铁素体韧性的影响与它们的含量有关,例如 $\text{Si} < 1.00\%$, $\text{Mn} < 1.50\%$ 时,铁素体韧性没有下降,当含量超过此值时韧性则有下降的趋势;而铬和镍的含量在适当范围内($\text{Cr} \leq 2.0\%$, $\text{Ni} \leq 5.0\%$),在明显强化铁素体的同时,还可使铁素体的韧性提高,从而提高合金钢的强度和韧性。

(2)提高钢的硬度 锰、铬、钼、钨、钒、钛等元素与碳能形成碳化物,当这些碳化物呈细小颗粒并均匀分布在钢中时,能显著提高钢的硬度。根据合金元素与碳的亲合力不同,它们在钢中形成的碳化物可分为两类:



①合金渗碳体：锰、铬、钼、钨等弱、中强碳化物形成元素一般倾向于形成合金渗碳体，如 $(\text{Fe}, \text{Mn})_3\text{C}$ 、 $(\text{Fe}, \text{Cr})_3\text{C}$ 、 $(\text{Fe}, \text{W})_3\text{C}$ 等。合金渗碳体较渗碳体略为稳定，硬度也略高，可明显提高低合金钢的强度。

②特殊碳化物：钒、铌、钛等强碳化物形成元素能与碳形成特殊碳化物，如 VC、TiC 等。特殊碳化物比合金渗碳体具有更高的熔点、硬度和耐磨性，而且更稳定、不易分解，当钢中的特殊碳化物呈弥散分布时将显著提高钢的强度、硬度和耐磨性，而不降低钢的韧性。

(3)细化晶粒 几乎所有的合金元素都有抑制钢在加热时奥氏体晶粒长大的作用，达到细化晶粒的目的。强碳化物形成元素铌、钒、钛等形成的碳化物、铝在钢中形成的 AlN 和 Al_2O_3 细小质点，均能强烈地阻碍奥氏体晶粒长大，使合金钢在热处理后获得比碳钢更细的晶粒。

(4)提高钢的淬透性 除钴外，所有的合金元素溶解于奥氏体后，均可增加过冷奥氏体的稳定性，推迟其向珠光体的转变，使 C 曲线右移，从而减小钢的临界冷却速度，提高钢的淬透性。

合金元素加入后，可提高钢的淬透性。因此，在获得同样淬硬层深度的情况下，可以采用冷却能力较低的淬火介质，以减小形状复杂的零件在淬火时的变形和开裂。在淬火条件相同的条件下，合金钢可获得较深的淬硬层，能使大截面的零件获得均匀一致的组织，从而得到较好的力学性能。

常用提高淬透性的合金元素主要有：钼、锰、铬、镍和硼等。如微量的硼（0.0005%~0.003%）即能明显提高钢的淬透性。

(5)提高钢的回火稳定性 淬火钢在回火时，抵抗软化的能力称为钢的回火稳定性。合金钢在回火过程中，由于合金元素的阻碍作用，使马氏体不易分解，碳化物不易析出，即使析出后也不易聚集长大，而保持较大的弥散度，所以钢在回火过程中硬度下降较慢。

与碳钢相比，在相同的回火温度下，合金钢比相同含碳量的碳素钢具有更高的硬度和强度。在强度要求相同的条件下，合金钢可在更高的温度下回火，以充分消除内应力，而使韧性更好。

高的回火稳定性使钢在较高温度下仍能保持高硬度和高耐磨性。金属材料在高温下保持高硬度的能力称为红硬性，这种性能对一些工具钢具有重要意义。如高速切削时，刀具温度很高，若刀具材料的回火稳定性高，就可以使刀具在较高的温度下仍保持高的硬度和耐磨性，从而提高刀具的使用寿命。

2. 合金钢的分类

合金钢分类方法很多，生产中最常用的分类方法有以下两种：

(1)按用途分类

①合金结构钢：用于制造机械零件和建筑工程结构的钢；



②合金工具钢:用于制造各类工具的钢;

③特殊性能钢:具有特殊化学和物理性能的钢,有不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。

(2)根据合金元素总含量分类

①低合金钢:合金元素总含量 $<5\%$;

②中合金钢:合金元素总含量为 $5\%\sim 10\%$;

③高合金钢:合金元素总含量 $>10\%$ 。

3. 合金钢的牌号

(1)合金结构钢的牌号采用“两位数字+化学元素符号+数字”表示。前面两位数字表示钢的平均含碳量的万分数,化学元素符号表示钢中含有的主要合金元素,后面的数字表示该合金元素的平均含量,用百分数表示,当合金元素平均含量小于 1.5% 时,不标其含量,合金元素含量大于等于 1.5% 至 2.5% ,大于等于 2.5% 至 3.5% ,……时,相应地标成2,3,……。例如60Si2Mn,表示平均含碳量为 0.6% 、主要合金元素Mn含量 $<1.5\%$,平均含Si量为 2% 的合金结构钢。

(2)合金工具钢的牌号与合金结构钢牌号的区别仅在于含碳量的表示方法不同,合金工具钢用一位数字表示平均含碳量的千分数,例如9SiCr表示平均含碳量为 0.9% ,Si、Cr平均含量均小于 1.5% 的合金工具钢。当含碳量 $\geq 1.0\%$ 时,则不予标出,例如CrMn表示平均含铬、锰均小于 1.5% 的合金工具钢。高速钢的平均含碳量小于 1.0% 时,其含碳量也不予标出,如W18Cr4V钢的平均含碳量为 $0.7\%\sim 0.8\%$ 。

(3)特殊性能钢的牌号和合金工具钢的表示方法相同,例如1Cr13表示其平均含碳量为 0.1% ,平均含Cr量为 13% 的不锈钢。当含碳量为 $0.03\%\sim 0.1\%$ 时,含碳量用0表示,含碳量小于等于 0.03% 时用00表示,如0Cr18Ni9钢的平均含碳量为 $0.03\%\sim 0.10\%$,00Cr30Mo2钢的平均含碳小于 0.03% 。

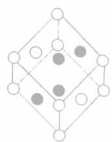
除此以外,还有一些特殊专用钢,为表示其用途,在钢号前面加汉语拼音字母表示。例如滚动轴承钢在钢的牌号前面加上“G”表示,例如GCr15。值得注意的是,牌号中铬元素后面的数字是表示含铬量的千分数,其它元素仍按百分数表示,如GCr15SiMn钢表示含铬量为 1.5% 、Si、Mn含量均小于 1.5% 的滚动轴承钢。易切钢在前面标上“Y”符号,例如“Y15”,表示含碳量 0.15% 的易切钢。

本模块共有三项任务:

任务一:选择制造齿轮的材料。

任务二:选择制造麻花钻头的材料。

任务三:选择材料制造贮酸槽。



任务一 选择制造齿轮的材料

知识点

- 低合金高强度结构钢。
- 合金渗碳钢。
- 合金调质钢。
- 合金弹簧钢。
- 滚动轴承钢。

能力点

- 根据零件的使用性能要求,合理选用合金结构钢。

一、任务分析

图 6-1 为各种传动齿轮,齿轮是机械传动、变速的重要零件,在工作时受力复杂,因此,要求齿轮表面具有高的硬度、耐磨性和抗疲劳性,内部具有良好的韧性和强度,为保证齿轮的使用性能,为其选择合适的材料。对于受力小,转速低的齿轮选用碳素钢即可满足使用性能要求,反之受力大,转速高的齿轮须选用合金钢制造。

二、任务实施

按用途不同,合金结构钢可分为低合金结构钢和机械制造用钢两类。

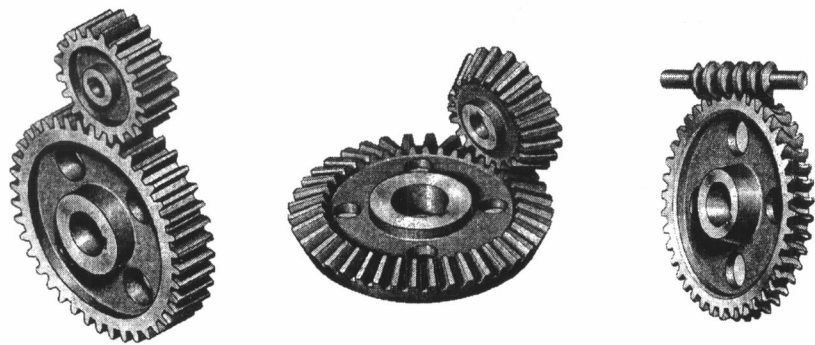
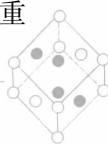


图 6-1 各种传动齿轮

低合金结构钢主要用于各种工程结构,如桥梁、建筑、船舶等。机械制造用钢主要用于制造各种机械零件,通常是优质或高级优质合金结构钢。按照用途和热处理特点,机械制造用钢又可分为渗碳钢、调质钢、弹簧钢、滚动轴承钢等。

1. 低合金高强度结构钢

在碳素结构钢的基础上加入少量合金元素就形成了低合金结构钢。常加入的合金元素有锰、硅、钛、铌、钒等。其含碳量较低,一般在 $0.10\% \sim 0.25\%$ 范围内。含碳量低是为了使其具有高的塑性和良好的焊接性。加入锰和硅是为了对铁素体起强化作用,以提高钢的硬度。例如在碳素结构钢(Q235)的基础上只要将锰含量提高到 $1.0\% \sim 1.6\%$,就成了低合金高强度钢(Q345)。加入钛、铌、钒是为了细化晶粒,提高钢的韧性。由于合金元素的强化作用,这类钢比相同含碳量的碳素结构钢的强度高得多,并且具有良好的塑性、韧性、耐蚀性和焊接性,广泛用来制造桥梁、船舶、车辆、锅炉、压力容器、输油管、起重



机械等钢结构件。

低合金高强度结构钢大多数是在热轧退火或正火状态下使用,一般不再进行热处理。

常用低合金高强度结构钢的牌号、力学性能和应用见表 6-1 所示。

表 6-1 常用低合金高强度结构钢的牌号、力学性能和应用

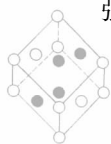
牌 号	力学性能			特 性 及 应 用
	σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ_5 /%	
Q295	235~295	390~570	23	具有优良的韧性、塑性,冷弯性和焊接性及冲压成形性均良好,一般在热轧或正火状态下使用,适用于制作各容器、螺旋焊管、车辆用冲压件、建筑用结构件、农机结构件、储油罐、低压锅炉汽包、输油管道、造船及金属结构等
Q345	275~345	470~630	21	具有良好的综合力学性能,塑性和焊接性良好,冲击韧性较好,一般在热轧或正火状态下使用,适于制作桥梁、船舶、车辆、管道、锅炉、各种容器、油罐、电站、厂房结构、低温压力容器等结构件
Q390	330~390	490~650	19	具有良好的综合力学性能,塑性和冲击韧性良好,一般在热轧状态下使用,适于制作锅炉汽包、中高压石油化工容器、桥梁、船舶、起重机、较高负荷的焊接件、连接构件等
Q420	360~420	520~680	18	具有良好的综合力学性能,优良的低温韧性,焊接性好,冷热加工性良好,一般在热轧或正火状态下使用,适于制作高压容器、重型机械、桥梁、船舶、机车车辆、锅炉及其他大型焊接结构件
Q460	400~460	550~720	17	淬火、回火后用于制作大型挖掘机、起重运输机械、钻井平台等

2. 合金渗碳钢

渗碳钢通常是指需经渗碳处理后使用的钢,经渗碳处理后具有外硬内韧的性能,用来制造既有优良的耐磨性和耐疲劳性、又能承受冲击载荷作用的零件,如汽车和拖拉机中的变速齿轮、内燃机中的凸轮和活塞销等。

碳素渗碳钢的含碳量在 0.10%~0.20%之间,由于淬透性差,仅能在表层获得高的硬度,而心部得不到强化,故只适用于制造受力较小的渗碳零件。一些性能要求高或截面更大的零件,均须采用合金渗碳钢。

合金渗碳钢的含碳量在 0.10%~0.25%之间,可保证心部有足够的塑性和韧性;加入铬、镍、锰、硅、硼等合金元素可提高钢的淬透性,使零件在热处理后,表层和心部均得到强化;加入钒、钛等合金元素,主要是为了防止在高温长时间渗碳过程中的晶粒长大。



20CrMnTi 是最常用的合金渗碳钢,适用于制造截面直径小于 30mm 的高强度渗碳零件。

合金渗碳钢的热处理,一般是渗碳后淬火、低温回火。

常用合金渗碳钢的牌号、力学性能和应用见表 6-2。

表 6-2 常用的合金渗碳钢牌号、热处理、力学性能及应用

牌 号	力 学 性 能(不小于)			特性及应用举例
	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 /%	
20Cr	835	540	10	较 20 钢的淬透性好,经渗碳、淬火+低温回火后具有良好的综合力学性能和冲击韧性,用于制造截面不大的、表面耐磨、心部强度要求较高的零件,例如机床变速箱齿轮、凸轮、滑阀、活塞、活塞环、离合器、花键轴等
20CrV	835	590	12	要求表面高硬度,截面尺寸不大的零件,如活塞销、蜗轮、传动齿轮等
20CrMnTi	1080	835	10	是应用广泛、用量很大的合金渗碳钢。综合力学性能和低温冲击韧性良好,渗碳后具有良好的抗弯强度,热处理工艺简单,但高温回火时有回火脆性倾向。用于截面直径在 30mm 以下承受调速、中或重负荷以及冲击、摩擦的渗碳零件,如齿轮、齿轮轴、蜗杆、爪形离合器等
20SiMnVB	1175	980	10	可代替 20CrMnTi
12Cr2Ni4	1080	835	10	具有高的强度、韧性,淬透性良好,经渗碳、淬火+低温回火后表面硬度和耐磨性很高,但有回火脆性;采用渗碳及二次淬火、低温回火,用于制造大型的在高负荷下工作的齿轮、蜗轮、蜗杆、转向轴等
20Gr2Ni4	1180	1080	10	强度、韧性优于 12Cr2Ni4,用于制造性能优于 12Cr2Ni4 的大截面高强度渗碳工件,如大型齿轮、曲轴、花键轴、蜗轮等

3. 合金调质钢

调质钢一般是指经淬火+高温回火后其组织为回火索氏体的碳素结构钢和合金结构钢。

合金调质钢的含碳量一般为 0.25%~0.50%,如果含碳量过低,硬度不足;含碳量过高,则韧性不好。

合金调质钢中常加入少量铬、锰、硅、镍、硼等合金元素以提高钢的淬透性,使铁素体强化并提高韧性,加入少量钼、钒、钨、钛等碳化物形成元素,可阻止奥氏体晶粒长大和提



高钢的回火稳定性,以进一步改善钢的性能。例如 40Cr 钢的强度比 40 钢提高了 20%。

合金调质钢具有高的强度和良好的塑性和韧性,即具有良好的综合力学性能,是结构钢中应用最广泛的一类钢。调质钢在航空工业中常用来制造发动机、涡轮轴、涡轮叶片、支座以及重要的螺栓等。

常用合金调质钢的牌号、力学性能及应用见表 6-3 所示。

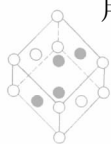
表 6-3 常用合金调质钢的牌号、力学性能及应用

钢 号	力学性能(不小于)			特性及应用
	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 /%	
40Cr	980	785	9	使用最广泛的钢种之一,调质处理后具有良好的综合力学性能,用于中载、中速机械零件,如汽车的转向节、半轴、轴、蜗杆等。调质并表面热处理后制作耐磨零件,如齿轮、丝杠、套筒、心轴、连杆、螺钉、进气阀等
35SiMn	885	735	15	调质状态下用于中等负荷、中速零件、传动齿轮、主轴、转轴、飞轮等,可代替 40Cr 钢
40CrNi	980	785	10	具有高强度、高韧性以及高的淬透性,用于截面尺寸较大的重要零件,例如轴、齿轮、连杆、曲轴、圆盘等
38CrMoAlA	980	835	14	高级渗氮钢,渗氮处理后,可得到高的表面硬度、高的疲劳强度及良好的耐热性和耐蚀性,用于制造镗杆、磨床主轴、自动车床主轴、精密丝杠、精密齿轮、高压阀杆、气缸套等
40CrNiMo	980	835	12	具有高的强度、高的韧性和良好的淬透性,有回火脆性,焊接性差,用于重型机械中高负荷的轴类、大直径的汽轮机轴、直升机的旋翼轴、齿轮、喷气发动机的蜗轮轴等

4. 合金弹簧钢

弹簧是各种机器和仪表中不可缺少的重要零件,按其外形可分为板簧及螺旋弹簧两类,它主要是利用弹性变形吸收能量以缓和振动和冲击,或依靠弹性贮存能量以起到驱动作用。因此,弹簧的材料应具有高的强度、高的疲劳极限、足够的塑性和韧性、良好的加工工艺性能和良好的表面质量。

合金弹簧钢含碳量一般为 0.45%~0.70%,以保证获得高弹性极限及疲劳强度。含碳量过高,塑性和韧性降低,疲劳极限也下降。合金弹簧钢中常加入的合金元素有锰、硅、铬、钒和钨等。加入硅、锰主要是提高钢的淬透性,X 也提高钢的弹性极限,其中硅的作用最为突出。但硅元素的含量过高易使钢在加热时脱碳,锰元素的含量过高则使钢容易



过热。因此,重要用途的弹簧钢必须加入铬、钒、钨等,它们不仅使钢材具有更高的淬透性,不易过热,而且有更高的高温强度和韧性。

根据加工方法不同,弹簧可分为两类:

(1)热成形弹簧 一般用于大型弹簧或形状复杂的弹簧。弹簧热成形后进行淬火和中温回火,获得回火托氏体组织,以达到弹簧工作时要求的性能,其硬度在 40~45HRC。热处理后的弹簧往往还要进行喷丸处理,使表面产生硬化层,并形成残余压应力,以提高弹簧的抗疲劳性能,从而延长弹簧的使用寿命。通过喷丸处理还能消除或减轻弹簧表面的裂纹、划痕、氧化、脱碳等缺陷的有害影响。

(2)冷成形弹簧 冷成形弹簧采用冷拉弹簧钢丝冷绕成形,一般用于小型弹簧。由于弹簧钢丝在生产过程中(冷拉或铅浴淬火)已具备了很好的性能,所以冷绕成形后,不再淬火,只须作 250~300℃ 的去应力退火,以消除在冷绕过程中产生的应力,并使弹簧定型。

常用弹簧钢的牌号、力学性能和用途见表 6-4。

表 6-4 常用合金弹簧钢的牌号、力学性能和用途

钢 号	力学性能(不小于)				特性及用途举例
	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 /%	ψ /%	
65Mn	1050	850	8	30	$\phi 12$ mm 的钢材油中可以淬透,有过热敏感性、回火脆性,用于各种小尺寸扁、圆弹簧、阀弹簧、制动器弹簧等
55Si2Mn	1300	1200	6	30	汽车、拖拉机、机车上的板弹簧和螺旋弹簧、安全阀弹簧,230℃ 以下使用的弹簧等
60Si2CrVA	1900	1700	5	20	淬透性较高,在油中临界淬透直径为 $\phi 35 \sim 73$ mm,用于汽车、拖拉机、机车上的板弹簧和螺旋弹簧、安全阀弹簧和 250℃ 以下工作的弹簧、油封弹簧、碟形弹簧等
50CrVA	1300	1100	10	45	有良好的力学性能和工艺性能,淬透性较好,加入 V 使钢的晶粒细化,减低了过热敏感性,用于较大直径的高负荷弹簧及工作温度小于 300℃ 下工作的阀门弹簧,活塞弹簧、安全阀弹簧等
55SiMnMoVNo	1400	1300	7	35	载重车、越野车的弹簧

5. 滚动轴承钢

滚动轴承钢主要用来制造各种滚动轴承的内外圈及滚动体,也可用来制造各种工具



和耐磨零件。

滚动轴承钢在工作时,承受着较大且集中的交变应力,同时在滚动体和套圈之间还会产生滚动和滑动摩擦。因此,滚动轴承钢必须具有高的硬度和耐磨性、高的弹性极限和接触疲劳强度、足够的韧性和一定的耐蚀性。

应用最广的轴承钢是高碳铬钢,其含碳量为 $0.95\% \sim 1.15\%$,含铬量为 $0.40\% \sim 1.65\%$ 。加入合金元素铬是为了提高淬透性,并在热处理后形成细小均匀分布的碳化物,以提高钢的硬度、接触疲劳强度和耐磨性。制造大型轴承时,为了进一步提高淬透性,还可加入硅、锰等元素。

滚动轴承钢要严格限制有害元素及杂质的含量,一般规定含 $S < 0.02\%$,含 $P < 0.027\%$;非金属夹杂物(氧化物、硅化物、硅酸盐等)的含量必须很低,否则会降低轴承钢的力学性能,影响轴承的使用寿命,所以轴承钢都属于高级优质钢。滚动轴承钢的热处理包括预先热处理和最终热处理。预先热处理采用球化退火,其目的是为了获得球状珠光体组织,以降低锻造后钢的硬度,便于切削加工,并为淬火作好组织上的准备。最终热处理为淬火+低温回火,其目的是获得极细的回火马氏体和细小均匀分布的碳化物组织,以提高轴承的硬度和耐磨性,其硬度可达 $61 \sim 65\text{HRC}$ 。

目前应用最多的滚动轴承钢有:GCr15 主要用于中小型滚动轴承;GCr15SiMn 主要用于较大的滚动轴承。

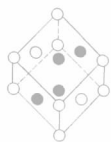
由于滚动轴承钢的化学成分和主要性能与低合金工具钢相近,故一般工厂常用它来制造刀具、冷冲模、量具及性能要求与滚动轴承相似的耐磨零件。

常用滚动轴承钢的牌号、热处理和用途如表 6-5 所示。

表 6-5 常用滚动轴承钢的牌号、热处理和用途

钢 号	热处理/ $^{\circ}\text{C}$		回火后硬度 /HRC	应 用 范 围
	淬火	回火		
GCr9	810~830	150~170	62~66	10~20mm 的滚动体
GCr15	825~845	150~170	62~66	壁厚 20mm 中小型套圈, $\phi < 50\text{mm}$ 的钢球
GCr15SiMn	820~840	150~170	≥ 62	壁壁厚 $< 30\text{mm}$ 中大型套圈, $\phi < 50 - 100\text{mm}$ 的钢球球
GSiMnVRe	780~810	150~170	≥ 62	可代替 GCr15SiMn
GSiMnMoV	770~810	165~175	≥ 62	可代替 GCr15SiMn

总之,用来制造齿轮的钢有合金渗碳钢和合金调质钢两种,采用不同的热处理方法后,均能获得齿轮“内韧外硬”的性能要求。但对于转速高、受力大的齿轮最好选用合金渗碳钢,如 20CrMnTi 等。



小 结

1. 冶炼时在碳钢的基础上加入一种或几种合金元素所获得的钢,称为合金钢。
2. 合金结构钢的编号原则一般采用“两位数字+化学元素符号+数字”表示。合金工具钢的编号采用“一位数字+化学元素符号+数字”表示。
3. 合金钢按其用途可分为三类:合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢。
4. 合金元素在钢中的主要作用有:提高钢的强度、提高钢的硬度、细化晶粒、提高钢的淬透性和提高钢的回火稳定性。
5. 合金结构钢根据热处理特点和性能特点可分为:低合金高强度结构钢、合金渗碳钢、合金调质钢、合金弹簧钢和滚动轴承钢。
6. 低合金高强度结构钢广泛用来制造工程结构件。
7. 合金渗碳钢主要用于制造既有优良的耐磨性和耐疲劳性、又能承受冲击载荷作用的零件。
8. 合金调质钢主要用于制造一些受力复杂,要求具有良好综合力学性能的重要零件。
9. 合金弹簧钢主要用于制造弹簧及弹性零件。
10. 滚动轴承钢主要用来制造各种滚动轴承的内外圈及滚动体,也可用来制造各种工具和耐磨零件。

任务二 选择制造麻花钻头的材料

知识点

- 低合金刀具钢。
- 高速钢。
- 合金模具钢。
- 合金量具钢。

能力点

- 根据各种工具的使用性能特点,正确使用合金工具钢。

一、任务分析

麻花钻头是较为重要的切削刀具,如图6-2所示,要求具有很高的硬度、耐磨性和红硬性,还要有一定的强度和足够的韧性,以免刃部在复杂切削应力或冲击、振动载荷作用下发生脆断或崩刃。为满足麻花钻头的使用性能,应选择合适的工具钢。



图 6-2 麻花钻头



二、任务实施

工具钢按其化学成分可分为碳素工具钢、合金工具钢。碳素工具钢容易加工,价格便宜,但淬透性差,容易变形和开裂,红硬性较低。因此,尺寸大、精度高、形状复杂及切削速度较高的刀具,均采用合金工具钢制造。合金工具钢按用途可分为刃具钢、模具钢和量具钢。

合金刃具钢主要用来制造车刀、铣刀、钻头等各种金属切削刀具,可分为低合金刃具钢和高速钢两种。

1. 低合金刃具钢

低合金刃具钢是在碳素工具钢的基础上加入少量合金元素得到的钢。钢中主要加入铬、锰、硅等元素,其目的是提高钢的淬透性,X 还能提高钢的强度。加入钨、钼等强碳化物形成元素,是为了提高钢的硬度和耐磨性,并防止加热时过热,保持晶粒细小。低合金刃具钢与碳素工具钢相比提高了淬透性,能制造尺寸较大的刀具,可在冷却较缓慢的介质中(如油)淬火,使变形倾向减小。这类钢的强度和耐磨性也比碳素工具钢高。由于合金元素加入量不大,故一般工作温度不得超过 300℃。

常用的低合金刃具钢有 9SiCr 和 CrWMn。

9SiCr 钢由于加入铬和硅,使其具有较高的淬透性和回火稳定性,碳化物细小均匀,红硬性可达 300℃。因此,适用于制作刀刃细薄的低速切削刀具,如丝锥、板牙、铰刀等。

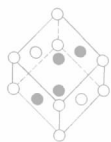
CrWMn 钢中同时加入铬、钨和锰元素,使钢具有很高的硬度和耐磨性,但红硬性不如 9SiCr。CrWMn 钢热处理后变形小,又称微变形钢,主要用来制造较精密的低速刀具,如长铰刀、拉刀等。

低合金刃具钢的预备热处理是球化退火,最终热处理为淬火后低温回火。

常用低合金刃具钢的牌号、化学成分、热处理和用途如表 6-6 所示。

表 6-6 常用低合金刃具钢的牌号、化学成分、热处理和用途

牌号	化学成分(w)/%				热处理/℃	硬度 HRC	用 途
	C	Mn	Si	Cr			
9SiCr	0.85~0.95	0.30~0.60	1.2~1.60	0.95~1.25	830~860 油冷	≥62	冷冲模、铰刀、拉刀、板牙、丝锥、搓丝板等
CrWMn	0.9~1.05	0.8~1.1	≤0.4	0.9~1.2	820~840 油冷	≥62	要求淬火后变形小的刀具如长丝锥、长铰刀、量具、冷冲模
8MnSi	0.75~0.85	0.80~1.10	0.3~0.6		800~820 油冷	≥60	丝锥、长铰刀
9Cr2	0.85~0.95	≤0.4	≤0.4	1.30~1.70	820~850 油冷	≥62	尺寸较大的铰刀、车刀等刀具



2. 高速钢

高速钢是一种具有高红硬性、高耐磨性的高合金工具钢。钢中含有较高的碳(0.7%~1.50%)和大量的钨、铬、钒、钼等强碳化物形成元素。高的含碳量是为了保证形成足够量的合金碳化物,并使高速钢具有高的硬度和耐磨性;W, Mo 是提高钢红硬性的主要元素;铬主要提高钢的淬透性;钒能显著提高钢的硬度、耐磨性和红硬性,并能细化晶粒。高速钢的红硬性可达 600℃,切削时能长期保持刃口锋利,故又称为锋钢。

高速钢只有经过适当的热处理以后才能获得较好的组织和性能。图 6-3 是高速钢热处理工艺曲线。因高速钢的合金元素含量高,导热性很差,淬火温度又很高,所以淬火加热时必须进行一次预热(800~850℃)或两次预热(500~600℃, 800~850℃)。高速钢中含有大量钨、钼、钒、铬等难熔碳化物,它们只有在 1200℃ 以上时才能大量溶入奥氏体中,因此,高速钢的淬火加热温度很高,一般为 1220~1280℃,以保证淬火、回火后获得高的热硬性。高速钢的淬透性虽然很好(空冷可得到马氏体组织),但冷却太慢时会自奥氏体中析出碳化物,降低钢的热硬性,所以常在油中淬火或分级淬火。正常淬火组织是马氏体+残余奥氏体+合金碳化物,此时由于钢中的残余奥氏体较多,钢的硬度尚不够高。

高速钢淬火后必须在 550~570℃ 温度下进行多次回火(一般两次或三次)。此时由马氏体中析出极细碳化物,并使残余奥氏体转变为回火马氏体,进一步提高了钢的硬度和耐磨性,使钢的硬度达到较高值。

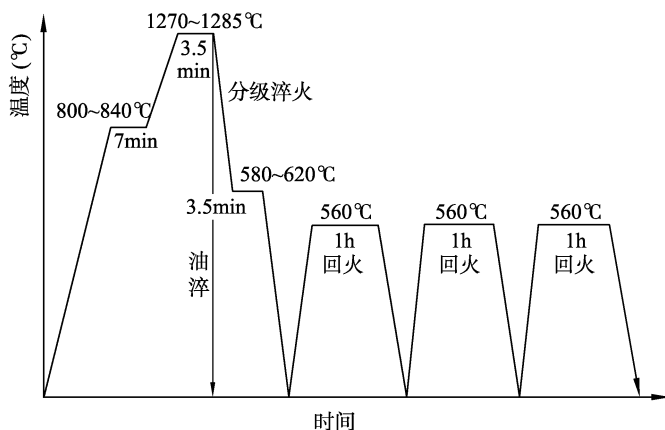


图 6-3 高速钢热处理工艺曲线

高速钢经淬火及回火后的组织是含有较多合金元素的回火马氏体、均匀分布的细颗粒状合金碳化物及少量残余奥氏体,硬度可达 63~66HRC。

高速钢具有高红硬性、高耐磨性和足够的强度,故常用于制造切削速度较高的刀具(如车刀、铣刀、钻头等)和形状复杂、载荷较大的成形刀具(如齿轮铣刀、拉刀等)。此外,高速钢还可用于制造冷挤压模及某些耐磨零件。

常用高速钢的牌号、化学成分、热处理及性能见表 6-7 所示。

