

DIANHAN DIANHAN

职业技能鉴定培训教材

上海电气（集团）总公司编

电焊工

（中级）

上海科学技术出版社

内 容 简 介

随着国家对规定的职业技能标准实行资格证书制度的实施,与职业技能鉴定考核配套的培训教材的出版就显得十分重要。本教材就是适合中级电焊工鉴定考核要求的培训教材。第一篇为中级电焊工应知的基本知识与相关知识;第二篇为中级电焊工应知的专业知识;第三篇为中级电焊工操作技能要求。书后附有中华人民共和国职业技能鉴定规范(考核大纲)中级电焊工鉴定要求和鉴定内容。全书基本覆盖考核题库中对中级电焊工要求的知识点和技能范围。

责任编辑 张洁珮

· 职业技能鉴定培训教材 ·

电 焊 工

(中级)

上海电气(集团)总公司 编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

新华书店上海发行所经销 上海市印刷二厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 19.5 字数 458 000

2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1 - 3 000

ISBN 7-5323-5936-0/TG·127

定价: 24.40 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

前 言

根据《中华人民共和国劳动法》规定,国家对规定的职业制定职业技能标准,实行职业资格证书制度,由经过国家批准的职业技能鉴定机构负责对劳动者实施职业技能资格鉴定。

上海市职业技能鉴定中心与上海市机电控股(集团)公司(现为上海电气(集团)总公司)在1995年4月按照部颁《电焊工职业技能等级标准》编写出版了《鉴定规范电焊工》;1996年12月在上海科学技术出版社出版《上海市职业技能鉴定辅导丛书电焊工·初级·中级·高级》;1998年1月又按照鉴定要求,重新核定了电焊工职业技能的培训教学计划及各等级、各课程的培训教学大纲。为了解决课时与教学要求的矛盾,新大纲按照鉴定等级的规定,重新划分了各门课程的教学内容,避免了以往不同等级教学内容的大量重复,突出了教学重点。自从新的培训大纲出台以后,各培训单位都希望能有一套按照新的教学大纲核定的培训教材,以配合电焊工的培训及技能鉴定工作。为此,以负责编写《鉴定辅导丛书》及培训大纲的教师为主,组织了教材的编写工作。

电焊工教材分成初级、中级及高级三个等级,各一册。《鉴定规范电焊工》中的应知部分的知识要求及应会部分的技能要求,在教材中由“基础知识与相关知识”、“专业知识”、“操作技能”三篇组成,严格按照培训大纲的教学要求进行编写,文字力求流畅通俗,深入浅出,易于教学。

本书由胡宝良编写,范真主审。

上海四方锅炉厂对本书的编写工作给予大力支持,在此表示感谢!

由于我们水平有限,书中难免会有错误或不妥之处,敬请各位读者给予批评指正,以便改进。

上海电气(集团)总公司

2001年6月

目 录

第一篇 基础知识与相关知识

第一章 金属的构造和铁碳平衡图的知识.....	1
第一节 金属的结晶和合金.....	1
第二节 钢的热处理理论和热处理名称.....	2
第三节 热处理工艺的应用知识.....	5
第四节 金属塑性变形对力学性能的影响.....	8
复习思考题	10
第二章 手工电弧焊设备	11
第一节 弧焊变压器	11
第二节 弧焊整流器	15
第三节 弧焊逆变器	19
第四节 手工钨极氩弧焊设备	25
第五节 CO ₂ 气体保护焊设备	41
第六节 埋弧焊设备	54
第七节 等离子弧焊设备	69
第八节 电渣焊设备	77
复习思考题	94
第三章 气焊与气割	96
第一节 常用金属材料的气焊知识	96
第二节 铸铁焊补的操作技能.....	105
第三节 手工气割的操作技能.....	110
复习思考题.....	118
第四章 冷作知识.....	119
第一节 冷作常用工具.....	119
第二节 冷作装配工艺的知识.....	121
复习思考题.....	126
第五章 生产管理知识.....	127
第一节 生产准备.....	127
第二节 生产管理基本内容.....	130
复习思考题.....	132

第二篇 专业知识

第一章 焊接热源及焊接冶金	133
第一节 熔化金属的熔滴过渡	133
第二节 焊接区域内的气孔和夹杂	136
第三节 焊接熔渣	141
第四节 焊缝结晶及接头组织	143
第五节 熔合区、热影响区和热应变脆化区的组织和性能	149
第六节 焊接缺陷	156
复习思考题	163
第二章 常用金属材料的焊接	165
第一节 金属材料的焊接性与估算	165
第二节 低合金结构钢及珠光体耐热钢的焊接性、焊接工艺和焊接方法	167
第三节 奥氏体不锈钢的焊接工艺特点	171
第四节 铁素体不锈钢及不锈钢复合钢板的焊接工艺特点	175
第五节 铸铁的焊接工艺	180
第六节 铸铁补焊的工程实例	185
第七节 堆焊	187
第八节 铝及铝合金的焊接	193
第九节 铜及铜合金的焊接	196
第十节 刀具的钎焊	201
复习思考题	207
第三章 焊接应力及变形	208
第一节 焊接应力及变形的概念	208
第二节 焊接应力及变形的基本形式和产生的原因	212
第三节 影响焊接结构残余变形的因素	222
第四节 防止和减少焊接应力及变形的措施	226
复习思考题	240
第四章 焊接质量检验	242
第一节 非破坏性检验方法	242
第二节 破坏性检验方法	248
复习思考题	253
第五章 焊接安全技术	254
第一节 电弧焊接时预防触电的安全技术	254
第二节 电弧焊接时产生火灾爆炸事故的原因和预防措施	255
第三节 手工电弧焊的安全操作技术	256
第四节 氩弧焊的安全操作技术	257
第五节 CO ₂ 气体保护焊的安全操作技术	257
第六节 气焊与气割安全技术	258

复习思考题	262
-------------	-----

第三篇 操作技能

第一章 手工电弧焊	263
第一节 中板 12mm 板-板对接, V 形坡口, 立焊位置单面焊双面成形	263
第二节 板-管 T 形接头, 单边 V 形坡口, 骑座式水平固定全位置焊, 单面焊双面成形	265
第三节 大口径管对接, V 形坡口, 垂直固定位置焊, 单面焊双面成形	271
第二章 手工钨极氩弧焊	278
第一节 薄板的板-板对接, V 形坡口, 立焊位置, 单面焊双面成形	278
第二节 板-管 T 形接头, 单边 V 形坡口, 骑座式水平固定位置焊, 单面焊双面成形	280
第三节 小口径管对接, V 形坡口, 垂直固定位置, 单面焊双面成形	282
第三章 CO ₂ 气体保护焊	286
第一节 板-板对接, V 形坡口, 立焊位置, 单面焊双面成形	286
第二节 板-管 T 形接头插入式垂直固定俯焊与水平固定全位置焊	289
第三节 大径管对接	292
第四章 组合焊	294
第一节 小径管对接, V 形坡口, 水平固定位置焊, 手工钨极氩弧焊打底, 手工电弧焊填充及盖面, 单面焊双面成形	294
第二节 板-板对接, V 形坡口, 垂直固定位置, 手工钨极氩弧焊打底, 手工电弧焊填充及盖面, 单面焊双面成形	295
附录 中华人民共和国职业技能鉴定规范(考核大纲)——电焊工	298
初级电焊工(略)	
中级电焊工	298
高级电焊工(略)	

第一篇 基础知识与相关知识

第一章 金属的构造和铁碳平衡图的知识

第一节 金属的结晶和合金

一、金属的结晶

金属的结晶是指液体金属转变为固体时晶体结构的形成过程。即金属原子从原来不规则排列的液体,转变为有规则排列的固体过程。

金属的结晶过程可以用热分析的方法来研究。即先把金属熔化,然后缓慢地冷却,在冷却的过程中观察并记录温度随时间而变化的数据,将数据标在温度-时间坐标图上,便可得到金属结晶的曲线(图 1-1-1)。当液体金属冷却到温度 T_0 时,出现水平线段 ab , ab 线段对应的温度就是金属结晶的温度,或称为理论结晶温度(T_0)。纯金属的结晶是在恒温下进行,结晶不是瞬时即能完成的,而是从 a 点开始结晶,到 b 点结晶终止。

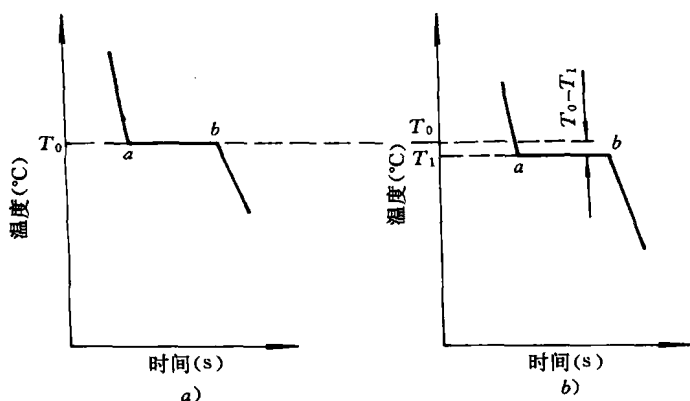


图 1-1-1 纯金属凝固时的冷却曲线

a) 理论结晶温度; b) 实际结晶温度

金属发生结构改变的温度称为临界点。结晶温度就是临界点的一种,用热分析法绘制冷却曲线的目的是测定金属的临界点。

在生产实践中,金属自液体冷却时,不可能非常缓慢,金属的结晶过程,如图 1-1-1b 所示。金属的实际结晶温度是 T_1 , T_1 低于 T_0 。这是因为当冷却速度加快时,液体金属冷却到 T_0 以下,仍然保持液体状态,这种现象称为过冷。理论结晶温度 T_0 与实际结晶温度 T_1 之差($T_0 - T_1$)叫做过冷度。冷却速度越大,液体金属结晶的过冷度就越大,即实际结晶温

度越低。

金属的结晶过程是:液体金属冷却到结晶温度时,先在液体中某些局部的微小体积内,原子有规则地排列成细微的晶核,然后这些晶核依靠吸附周围液体中的原子逐渐成长。在此同时,还会有新的晶核不断从流体中产生和成长,直到全部液体转变为固体为止。最后形成由外形不规则的许多晶粒所组成的晶体。

由一个晶粒组成的晶体称为单晶体,如单晶硅;固体金属是由许多结晶方位不同的晶粒组成,即为多晶体。一般金属都是由无数颗晶粒组成的多晶体。在一般情况下多晶体金属不显出各向异性,称为无向性。

金属结晶完毕后所形成的外形不规则,内部晶格排列方向却一致的每一个微小晶体,称为晶粒。由于各晶粒的晶格排列方向不一致,在两个晶粒的相遇处就形成了界面,称为晶界。实践证明,平常温度下晶界的强度比晶粒的大,在高温时却相反。

晶粒的粗细对金属的力学性能很有影响。一般地说,在常温下细晶粒金属都比粗晶粒的强度大、硬度高、韧性好。因此,为改善金属的力学性能,就要控制晶粒大小。

了解液体的结晶过程,可以找到控制晶粒大小的途径。由于每一个晶粒是由一个晶核长成的,因而在一定体积内所形成的晶核数目越多,结晶后的晶粒就越小。控制晶核的成长速度,能控制晶粒的大小。

二、合金

合金是指两种或两种以上的金属元素或是金属元素与非金属元素熔合在一起所得到的具有金属特性的物质。例如,工业上广泛应用的碳钢和铸铁就是铁和碳组成的合金。

合金的硬度和强度一般比组成该合金的金属组元的高。通过改变组元可以配制出一系列不同成分的合金,以此来调节合金的性能,满足工业上提出的各种要求。

第二节 钢的热处理理论和热处理名称

一、钢的热处理理论

钢的热处理就是利用钢在加热、保温和冷却的外因作用下,其内部发生组织状态(晶体结构、组织形状)、物理状态(含碳量、残余内应力等)和化学成分分布的变化,而使工件具有预期的工艺性能、力学性能、物理性能和化学性能,以达到便于冷、热加工,提高使用寿命,充分发挥材料潜力的目的。

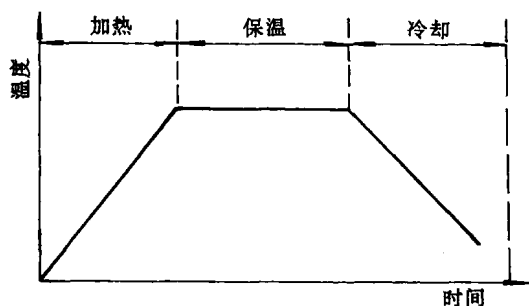


图 1-1-2 热处理工艺过程示意图

钢的热处理基本工艺包括退火、正火、淬火、回火和化学热处理等。由于热处理工艺的不同,钢件将得到不同的组织和性能。

任何一种热处理工艺,一般都是由加热、保温和冷却三个阶段构成(图 1-1-2)。这种以温度和时间为坐标来表示的图形,称为热处理工艺曲线(或规范)。热处理过程实际是加热和冷却,保温只是加热的继续,使加热进行得更充分而已。因此我们在研究热处理工艺时,主要是研究加热和冷却两个过程。

在实际生产中无论是退火、正火,还是淬火,首先都要将工件进行加热。如:T12 钢制丝锥,要求具有高的硬度、强度和耐磨性,在淬火前其组织为粒状珠光体,硬度只有 HB160 ~ 180,如将其加热到 780℃,保温后骤冷(淬火),就可得到洛氏硬度 HRC > 60 以上、组织为马氏体和少量未溶碳化物。但若加热温度低于 727℃,即使保温时间再长,冷却速度再快,其淬火前后的硬度也没有很大变化。从铁碳状态图可知,T12 钢加热到 780℃时,原来的粒状珠光体转变成奥氏体和少量未溶碳化物。经骤冷以后,奥氏体转变为马氏体,未溶碳化物仍原封不动的保留下来。加热温度低于 727℃,粒状珠光体发生向奥氏体转变,这时无无论怎样骤冷,组织并没有发生任何变化,所以硬度也就没有明显变化。

实践清楚地告诉我们,没有奥氏体也就得不到马氏体,马氏体组织只能是由奥氏体转变而来。加热到奥氏体,是退火、正火和淬火等热处理工艺都不可缺少的先决条件。加热是为了得到奥氏体,而控制加热规范是为了获得合适的奥氏体成分及晶粒大小,为以后冷却转变获得所需要的性能作好组织准备,加热规范的正确与否将直接影响到热处理以后的产品质量。

二、热处理名称

1. 退火

退火是把金属成材或零件加热到一定温度,保温一段时间,然后缓慢冷却,以获得接近平衡状态的组织的退火方法。退火的主要目的是:

- 1) 降低硬度,改善加工性能。
- 2) 增加塑性和韧性。
- 3) 消除内应力。
- 4) 改善内部组织,为最终热处理作好准备。

根据退火的目的和工艺特点,可分为完全退火、不完全退火、等温退火、球化退火、去应力退火、再结晶退火、扩散退火等七类。

2. 正火

正火是把金属成材或零件加热到相变温度(A_{c3})以上,保温后在空气中冷却,主要用于低碳钢、中碳钢和低合金钢以得到较细的珠光体类组织,所以又称为正常化。对于高碳钢和高合金钢不采用正火。正火的目的基本上类同退火,具体地讲,正火可以达到以下目的:

- 1) 提高低碳钢的硬度,改善切削加工性。
- 2) 细化晶粒,使内部组织均匀,为最后热处理做组织准备。
- 3) 消除内应力,并防止淬火中的变形裂开。

正火与退火比较,正火后钢的强度和硬度都比退火高,正火工艺简单,经济应用很广,与退火相比成本也较低。

3. 淬火

淬火是把金属成材或零件加热到相变温度(A_{c3})以上,保温后以大于临界冷却速度急剧冷却,以获得马氏体组织的热处理工艺。再经过回火后,使工件获得良好的使用性能,以充分发挥材料的潜力。其主要目的是:

- 1) 提高金属成材或零件的力学性能。例如,提高工具、轴承等的硬度和耐磨性,提高弹簧钢的弹性极限,提高轴类零件的综合力学性能等。
- 2) 改善某些特殊钢的力学性能或化学性能。如提高不锈钢的耐蚀性,增加磁钢的永磁

性等。

淬火冷却时,除需合理选用淬火介质外,还要有正确的淬火方法。常用的淬火方法,主要有单液淬火、双液淬火、分级淬火、等温淬火、预冷淬火和局部淬火等。

4. 回火

回火是将淬火后的钢材或零件加热到某一温度保温一定时间后,以一定方式冷却的热处理工艺。回火是淬火后紧接着进行的一种操作,通常也是工件进行热处理的最后一道工序。淬火件回火的主要目的是:

1) 减少内应力和降低脆性。淬火件存在着很大的应力和脆性,如不及时回火往往会产生变形甚至开裂。

2) 调整工件的力学性能。工件淬火后硬度高,脆性大,为了满足各种工件不同的性能要求,可以通过回火来调整硬度、强度、塑性和韧性。

3) 稳定工件尺寸。通过回火可使金相组织趋于稳定,以保证在以后的使用过程中不再发生变形。

4) 改善某些合金钢的切削性能。

在生产中,常根据工件性能的要求,按加热温度的不同,把回火分为低温回火、中温回火和高温回火。

淬火和随后高温回火相结合的热处理工艺,称为调质。调质的目的是获得回火索氏体,使工件具有良好的综合力学性能,即既有高强度,又有好的塑性和韧性。主要用于处理承受较大载荷的机器结构零件,如机床主轴、汽车后桥半轴、强力齿轮等。

5. 化学热处理

化学热处理是将工件置于化学介质中加热和保温,以改变表层的化学成分和组织,从而改变工件表层性能的热处理工艺。

化学热处理包含着分解、吸收、扩散三个基本过程。根据渗入元素的不同,化学热处理可分为渗碳、渗氮(氮化)、碳氮共渗、渗金属等。

渗碳是化学热处理中最常用的一种,它是向工件表层渗入活性碳原子,提高表层碳浓度的一种操作工艺。

6. 其他热处理

(1) 表面淬火 表面淬火是通过热源对零件表面进行快速加热,使零件的表面层(一定厚度)很快地加热到淬火温度,然后迅速冷却,从而使表面层获得具有高硬度的马氏体,而心部仍保持塑性和韧性较好的原来组织。

根据加热方式的不同,表面淬火可分为火焰加热、感应加热、电接触加热、电解液加热表面淬火等。

(2) 时效 时效分自然时效和人工时效。将工件长时期(半年、一年或更长时间)放置在室温或露天条件下,不需任何加热的工艺方法,即为自然时效。将工件加热至低温(钢加热到 $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$, 铸铁加热到 $500 \sim 600^{\circ}\text{C}$),经较长时间(一般为 $8 \sim 15\text{h}$)保温后,缓慢冷却到室温的工艺方法,叫做人工时效。

(3) 冷处理 冷处理是将淬火后的金属成材或零件,置于 0°C 以下的低温介质中(通常 $-150 \sim -30^{\circ}\text{C}$)继续冷却,使淬火的残余奥氏体转变为马氏体的操作方法。

第三节 热处理工艺的应用知识

一、调质钢的热处理

调质钢是指经调质处理(淬火加高温回火)后使用的钢。主要用以制造承受较大载荷的零件,如机器中传递动力的轴、连杆、齿轮等。这类零件不仅要求有很高的强度而且要求很好的塑性及韧性,即要求良好的综合力学性能。优质碳素结构钢中 30~50 钢是常用的调质钢。这类钢价格便宜,工艺简单,但有淬透性差、调质后综合力学性能不够理想等缺点,仅适用于制造形状简单、尺寸小的零件。许多重要零件必须选用合金调质钢。

1. 化学成分

含碳量在 0.25%~0.5% 之间。加入合金元素,能强化铁素体,细化晶粒及提高回火稳定性,特别是提高淬透性,使合金调质钢性能大大提高。

2. 热处理和性能

合金调质钢淬透性好,一般采用油淬,调质后组织为回火索氏体。如果零件要求耐磨或高强度而承受冲击负荷不大时,调质后可再进行表面淬火或化学热处理。

40Cr 钢是合金调质钢中最常用的钢种。该钢中含有 1% 左右的铬,提高了钢的淬透性和回火稳定性。40Cr 钢应用于汽车、拖拉机制作连杆、传动轴、齿轮及机床主轴、蜗杆等零件。表 1-1-1 为常用的合金调质钢。

表 1-1-1 常用合金调质钢

钢号	热 处 理 规 范			力 学 性 能					应 用 举 例
	淬火 (℃)	介质	回火 (℃)	σ_b	σ_s	δ	ψ	α_k	
				(MPa)		(%)		(J/cm ²)	
45Mn2	840	油	550	882	735	10	45	59	轴、螺栓、蜗杆
40Cr	850	水油	550	≥980	≥784	≥9	≥45	≥59	轴、螺栓、连杆、齿轮、蜗杆
35CrMo	850	水油	500	≥980	≥833	≥12	≥45	≥78	中速、重载、高疲劳极限的主轴、连杆、曲轴、齿轮
30CrMnSi	880	水油	540	≥1078	≥882	≥10	≥45	≥49	高压鼓风机叶片、飞机重要零件
40MnVB	850	水油	500	1029	833	10	45	69	代 40Cr 性能略优于 40Cr
30CrMnTi	860	水油	200	≥1421	1274	9	45	59	重载、大截面重要零件,如汽车、拖拉机的主动锥齿轮

二、弹簧钢的热处理

弹簧是一种能够产生大量弹性变形的零件。通过变形可以吸收冲击功和缓减机械上的振动,如火车、大炮的缓冲弹簧等;还可以储存能量用以使机件完成某些动作,如发动机的制动弹簧、钟表发条等。

弹簧一般是在动载荷、交变应力条件下工作的。弹簧的失效是由于疲劳破坏所引起,因此要求制作弹簧的材料具有高强度,高的疲劳极限,足够的塑性、韧性及良好的表面质量,还要求在冷、热状态下易于成型。

碳素弹簧钢的含碳量在 0.6% ~ 0.9% ,常用牌号 65、70、75、85 四种,但它们的淬透性差,适用直径小于 15mm 的小弹簧。如果弹簧未淬透,将会使弹簧的屈服极限显著降低,以致弹簧在工作时产生塑性变形。较大截面的弹簧必须采用合金钢。

1. 化学成分

合金弹簧钢含有 0.45% ~ 0.7% 的碳,主要合金元素是硅、锰,用以提高钢的淬透性,从而显著提高了钢的屈服强度。其中硅的作用最突出,合金弹簧钢含硅量最高达 3% ,但含硅量多容易造成脱碳等缺陷。

2. 加工处理特点及性能

弹簧的加工成形方法有两种。

(1) 冷成形弹簧 适用于小型弹簧 ($d < 10\text{mm}$),它采用冷拔钢丝或冷轧钢带制作。钢材经过冷卷和冷轧,由于冷加工硬化作用,屈服强度大为提高,冷卷成形后的弹簧,只需在 200 ~ 300℃ 进行去应力处理,以稳定弹簧的几何尺寸和消除内应力。

(2) 热成形弹簧 适用于大型弹簧,热成形后进行淬火及中温回火 (400 ~ 520℃),获得很高的疲劳极限和弹性极限。如解放牌汽车钢板弹簧及火车缓冲弹簧多采用 60Si2Mn。表 1-1-2 为常用弹簧钢的热处理规范、力学性能及用途。

表 1-1-2 常用弹簧钢的热处理规范、性能及用途

钢 号		热处理规范		力 学 性 能				用 途
		淬火温度	回火温度	σ_b	σ_s	δ	ψ	
		(℃)		(MPa)		(%)		
碳素弹簧钢	65 #	840	480	980	784	9	35	截面小于 15mm 的小弹簧、簧圈
	65Mn	830	480	1029	833	8	30	截面小于 20mm 的冷卷弹簧、阀簧
合金弹簧钢	60Si2Mn	870	460	1274	1176	5	25	机车弹簧、拖电弹簧、测力弹簧
	50CrVA	860	520	1274	1126	10	45	汽车板簧及小于 400℃ 的耐热弹簧

三、滚动轴承钢的热处理

制造滚动轴承的专用钢叫滚动轴承钢。轴承在运转时,承受的集中和交变荷载,甚至可达每分钟数万次,因此要求轴承材料具有高的疲劳极限,良好的耐磨性和一定的韧性。一般轴承处于腐蚀性介质中工作,因而还要求具抗蚀能力。

1. 化学成分

目前常用的铬轴承钢,其含碳量为 0.95% ~ 1.15% ,以保证轴承具有高的强度、硬度和耐磨性。主要元素铬,用以提高淬透性,并使钢材在热处理后形成细小均匀分布的合金渗碳体,提高钢的强度、疲劳极限及耐磨性。为了进一步提高淬透性,还可加入硅、锰元素。

2. 热处理

轴承钢用球化退火作为预先热处理,以改善切削性能,并为淬火作好组织准备,减少淬火的变形和开裂倾向。进行最终热处理(淬火和低温回火)后,硬度为 HRC61 ~ 65。轴承钢主要用来制造轴承的滚球、滚子和轴承套,但也可以作为工具钢使用,用以制造刀具(如丝锥、板牙、铰刀)及量具等。

常用滚动轴承钢的成分、热处理及应用范围见表 1-1-3。

表 1-1-3 滚动轴承钢的成分、热处理及用途

钢 号	主要化学成分(%)				热 处 理			应 用 范 围
	C	Cr	Mn	Si	淬火温度 (℃)	回火温度 (℃)	回火后硬度 HRC	
GC8	1.05 ~ 1.15	0.4 ~ 0.7	0.2 ~ 0.4	0.15 ~ 0.35	800 ~ 820	150 ~ 160	62 ~ 64	用于制造 $\phi 10\text{mm}$ 滚珠或滚针
GC9	1.0 ~ 1.1	0.9 ~ 1.2			810 ~ 830			用于制造 $\phi 20\text{mm}$ 滚珠或滚子
GC15	0.95 ~ 1.05	1.3 ~ 1.65			820 ~ 840			用于交变载荷的钢球、套圈
GC15SiMn	0.95 ~ 1.05	1.3 ~ 1.65	0.9 ~ 1.2	0.40 ~ 0.65	820 ~ 840	150 ~ 170	> 62	大型轴承钢球 ($\phi > 50\text{mm}$)

四、工具钢的热处理

合金工具钢与碳素工具钢相比,具有淬透性好、耐磨性好、热硬性高、热处理变形小等优点。按用途分,合金工具钢可分为刀具钢、模具钢、量具钢三大类。这里着重谈一下,刀具钢中的高速钢。

一般要求刀具能承受较大的外力和摩擦,高速钢是热硬性、耐磨性很高的高合金工具钢。它的热硬性可达 600°C ,当快速切削时,仍能保持刃口锋利,俗称“锋钢”。

1. 高速钢的成分及其作用

高速钢含碳量较高,为 $0.7\% \sim 1.5\%$,并含有大量(大于 10%)的钨、钼、铬、钒等合金元素。较高的含碳量可保证形成足够的碳化物,提高硬度和耐磨性;加入钨与钼是保证获得高的热硬性。加入铬能全部溶入奥氏体中,增加了奥氏体的稳定性,使钢的淬透性大大提高。加入钒能显著提高钢的硬度、耐磨性,并能有效地细化晶粒。

常用高速钢的成分、热处理见表 1-1-4。

表 1-1-4 常用高速钢的成分、热处理及用途

钢 号	化 学 成 分(%)						热处理(℃)		硬度 HRC	用 途 举 例
	C	W	Mo	Cr	V	Al	淬火	回火		
W18Cr4V	0.7 ~ 0.8	17.5 ~ 19	< 0.3	3.8 ~ 4.4	1.00 ~ 1.4	—	1270 ~ 1285	550 ~ 570	63	600°C 工作温度下各种复杂刀具:如拉刀、车刀、齿轮刀具、刨刀等
W6Mo5Cr4V2	0.8 ~ 0.9	5.5 ~ 6.75	4.5 ~ 5.5	3.8 ~ 4.4	1.75 ~ 2.2	—	1210 ~ 1280	540 ~ 560	63	承受冲击力较大的刀具,如插齿刀、钻头、丝锥等
W6Mo5Cr4V2Al	1.05 ~ 1.20	5.5 ~ 6.75	4.5 ~ 5.5	3.8 ~ 4.4	1.75 ~ 2.2	0.8 ~ 1.2	1230 ~ 1240	540 ~ 560	63	加工碳钢、合金钢、高速钢、不锈钢、高温合金刀具

2. 高速钢的热处理

高速钢铸态组织中的莱氏体非常粗大且碳化物分布极不均匀,不能靠热处理来改善。要使高速钢具有良好的性能,必须经过正确的锻造和热处理。通过反复锻打,将特殊碳化物打碎且均匀分布。然后进行球化退火,改善切削性能,制成所需形状、尺寸的刀具,再进行淬火、回火获得高硬度和耐磨性。

(1) 退火 高速钢锻件硬度很高,为便于切削加工,并为淬火作好组织准备,必须进行退火。一般采用球化退火。退火后获得索氏体和颗粒状碳化物组织,硬度为 255 ~ 285HBS。

(2) 淬火和回火 高速钢刀具所要求的硬度、强度、热硬性和耐磨性,是通过正确的淬火和回火获得的。所以淬火、回火工艺的好坏,决定刀具的使用性能和寿命,它是热处理的关键。图 1-1-3 是 W18Cr4V 钢的最终热处理的工艺曲线。高速钢淬火、回火的特点是:淬火加热温度高(一般在 1200 ~ 1300℃),淬火后要在 560℃ 三次回火。

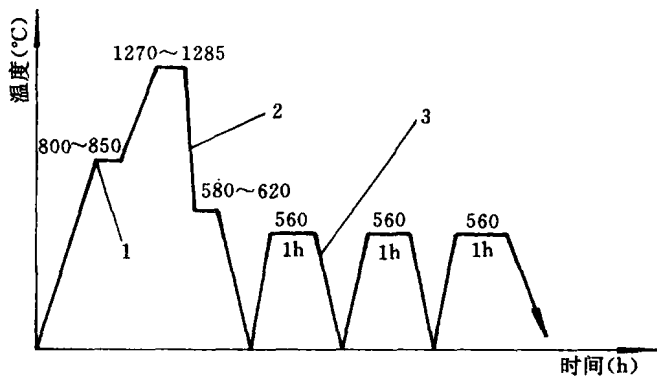


图 1-1-3 W18Cr4V 钢热处理工艺曲线

1-预热; 2-分级淬火; 3-三次回火

高速钢含有大量合金元素、塑性低、导热性差、淬火加热时为了避免变形开裂,一定要预热。预热还可以缩短高温加热的时间,有利于防止工件的氧化和脱碳。一次预热在 800 ~ 850℃ 进行。两次预热可以在 500 ~ 600℃ 和 840 ~ 850℃ 分别进行。

淬火冷却常用油冷或分级淬火方法。

高速钢淬火后的组织由马氏体、未溶特殊碳化物与大量残余奥氏体组成。残余奥氏体量多达 20% ~ 30%, 为了促进残余奥氏体转变,必须在 550 ~ 570℃ 重复进行三次回火,使残余奥氏体基本消除。

高速钢的品种较多,主要是钨系高速钢和钨钼系高速钢。

第四节 金属塑性变形对力学性能的影响

工业上使用的金属材料大部分是在浇注成铸锭后再经压力加工(如轧制、锻造、冲压、挤压等)方法,使其产生塑性变形而获得各种制品的。了解金属的塑性变形问题是极其重要的。它关系到正确掌握金属材料的加工工艺和充分发挥金属材料的强度潜力,从而减轻产品的重量,延长使用寿命。

实际使用的金属材料都是多晶体,其塑性变形的过程比较复杂。为了便于了解,先来分

析一下单晶体金属是怎样发生塑性变形。

一、单晶体的塑性变形

单晶体金属的塑性变形,大多数情况下都以滑移方式进行的。所谓滑移,即在切应力作用下,晶体的一部分相对于另一部分沿一定晶面发生滑动,如图 1-1-4 中 AB 面所示。当我们对一个单晶体试样进行拉伸时(图 1-1-5a),外力(P)将在某一晶面上分解为两种应力。一种是平行于该晶面的切应力(τ),一种是垂直于该晶面的正应力(σ)。正应力只能引起晶格的弹性伸长,或进一步把晶体拉断(图 1-1-5b),而切应力可使晶格发生弹性歪扭,当切应力增加到超过晶面间抗力时,将产生相对滑移(图 1-1-5c)。滑移的距离是原子间距的整数倍。这时,即使去除应力,滑移后变到新的平衡位置的原子也不能回到原始位置,这时就产生了塑性变形(图 1-1-5d)。

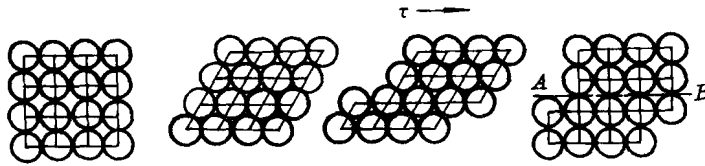


图 1-1-4 单晶体金属塑性变形示意图

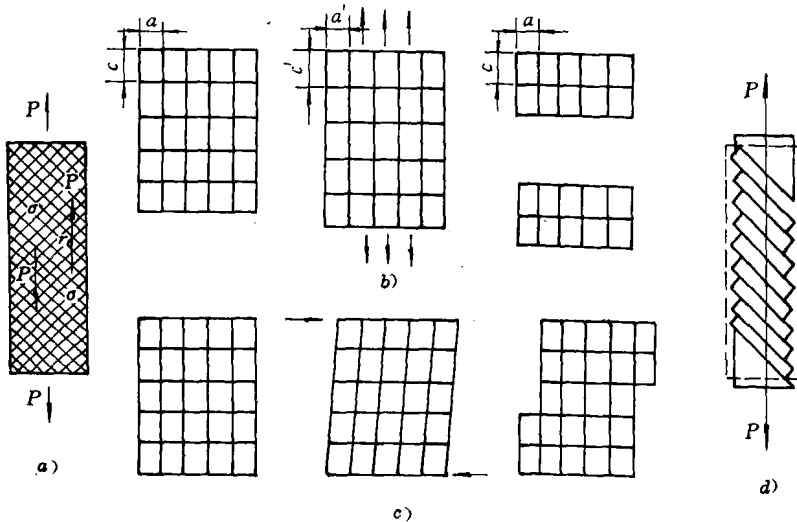


图 1-1-5 单晶体试样拉伸变形的示意图

a) 应力分布; b) 在正应力 σ 作用下的变形; c) 在切应力 τ 作用下的变形; d) 塑性变形

二、多晶体的塑性变形

多晶体金属的塑性变形与单晶体比较并无本质上的差别,即每个晶粒内的塑性变形仍以滑移为主的方式进行。但多晶体是由许多形状、大小、位向都不相同的晶粒组成的。故各晶体在塑性变形时将受到周围位向不同的晶粒及晶界的影响。

1. 晶界的影响

晶界对塑性变形有较大的阻碍作用。晶界的这种特性,可以通过实验得到证实(图

1-1-6)。试样在晶界处不易发生变形,出现“竹节现象”,是因为晶界处的结构与晶粒内部不同。这里的原子排列比较紊乱,并常有杂质集聚,阻碍了滑移的进行。相邻晶粒的晶格方向差别越大,晶界处的排列越紊乱,滑移抗力就越大。多晶粒的晶粒越细,晶界越多,则塑性变形抗力也越大。

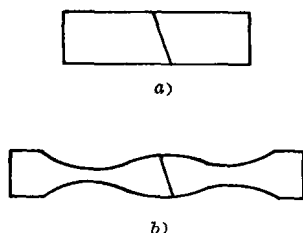


图 1-1-6 多晶体试样
在拉伸时的变形
a) 变形前; b) 变形后

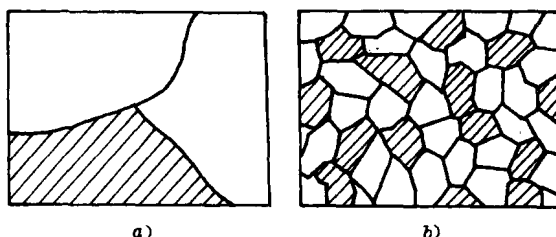


图 1-1-7 晶粒大小对变形均匀性的影响
a) 粗晶粒; b) 细晶粒

2. 晶粒位向的影响

各晶粒间的方向差别也要影响塑性变形的进行。在外力的作用下多晶体金属中因晶格方位不同,有的晶粒处于滑移的有利位置,有的处于不利位置。产生滑移的晶粒受到周围未滑移晶粒的牵制和阻碍,未滑移晶粒则受到滑移的晶粒变形的作用而产生弹性变形,以相协调。这样的结果,就使滑移的阻力增加。

还必须指出,细晶粒的塑性和冲击韧性也比粗晶粒好得多。以图 1-1-7 为例(假定有影线的晶粒是可以滑移的),粗晶的塑性变形集中在少数晶粒上面,由于变形不均匀,容易使少数晶粒滑移过度而造成破裂。细晶的晶粒数目较多,有利于滑移的晶粒也多,金属的塑性变形就能分散地分布在较多的晶粒内,因而比较均匀,使多晶体能承受较大量的塑性变形而不致破裂。这就是细晶粒金属塑性和韧性较好的原因。

从上面塑性变形的叙述可得出结论:金属的力学性能不仅与其原子间的结合力大小有关,还与晶粒的大小有关。晶粒越细,金属的总晶界加大,塑性变形抗力越大,强度也越高。

复习思考题

1. 试述金属的结晶过程。
2. 何谓钢的热处理? 热处理分为哪几类?
3. 何谓退火、正火、淬火、回火? 其各自的目的是什么?
4. 试举例说明调质钢的性能和用途。
5. 试述弹簧钢的性能和用途。热成型弹簧的热处理方法如何?
6. 试述高速钢的成分和各元素的作用高速钢的热处理工艺及各自的目的。
7. 单晶体变形的最基本方式是什么?
8. 为什么多晶体的塑性变形比单晶体复杂?

第二章 手工电弧焊设备

对于手工电弧焊焊接电源设备的技术要求,在初级工的有关章节中已有介绍。从焊接工艺参数稳定性考虑,要求电源具有陡降的伏安特性(又叫电弧负载特性),优良的动特性和合适的电流调节范围。

在目前国内焊接生产中,手工弧焊变压器(即交流弧焊机)的生产与应用仍占绝大多数。在直流弧焊电源设备中,最早生产的磁放大器弧焊整流器,虽然具有良好可控性和调节特性,但由于时间常数大,动态响应差,效率低,耗材与耗能大等缺点,属于淘汰之列。旋转式直流弧焊机虽然具有较强的过载能力,较好的电弧过程稳定性,但由于铜材、钢材消耗量大,空载损耗大,经济技术指标不高,也被列入淘汰之列。晶闸管弧焊整流器具有理想的外特性和优良的动特性,容易实现遥控、网压补偿、过载保护、热起动等优点。晶闸管弧焊电源设备引弧容易,性能柔和,电弧稳定,飞溅少,被列为更新换代的产品。表1-2-1列出了国内几种晶闸管弧焊电源的性能参数。

第一节 弧焊变压器

弧焊变压器即交流弧焊机,用以将电网的交流电变成弧焊的交流电。它由初、次级相隔离的主变压器及调节、指示装置等组成,配以焊钳、焊接电缆即能进行手工电弧焊。图

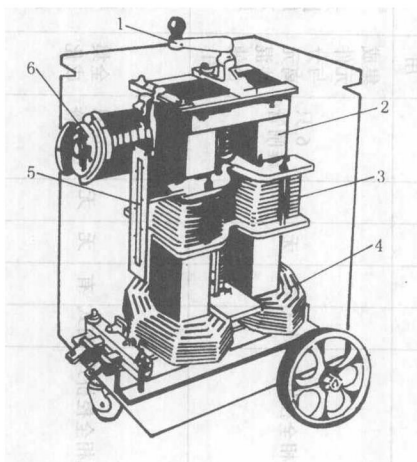


图 1-2-1 动圈式弧焊变压器结构
1—线圈调节装置; 2—铁芯; 3—可移动次级线圈; 4—初级线圈; 5—电流指示装置;
6—大小档转换开关

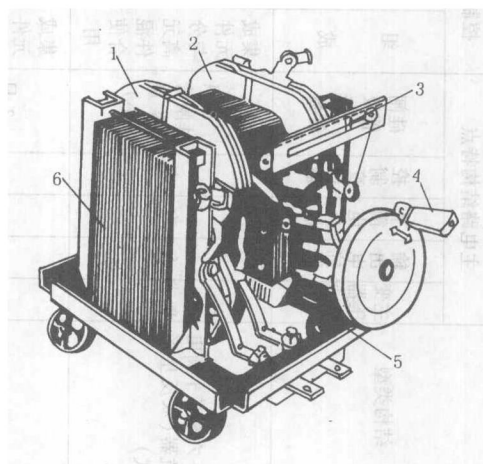


图 1-2-2 动铁式弧焊变压器结构
1—次级线圈; 2—初级线圈; 3—指示装置;
4—动铁芯调节装置; 5—动铁芯; 6—铁芯