

机械工人职业技能培训教材

中级

气焊工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

理论技能尽在其中



机械工业出版社



机械工人职业技能培训教材

中级气焊工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编



机械工业出版社

本书是根据原劳动部、机械工业部颁发的《职业技能鉴定规范(考核大纲)中级气焊工》而编写的。书中以操作技能为主,内容包括:气焊冶金过程原理,常用气焊、气割设备的使用与维修,常用黑色和有色金属的气焊、堆焊、仰位气焊、火焰矫正等操作技能,典型零件的手工气割,焊接应力与变形的防止措施,焊接缺陷的工艺分析,焊接结构的生产过程以及机加工、冷作和气体保护焊等相关知识。书中还编入了典型零件的气焊、气割操作实例。

本书可作为中级气焊工的培训教材,也可作为职业技能鉴定中心有关人员及本专业技校师生和技术人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

中级气焊工技术/机械工业职业技能鉴定指导中心编
—北京:机械工业出版社,1999.6(2007.7重印)
机械工人职业技能培训教材
ISBN 978-7-111-01850-6

I. 中... II. 机... III. 气焊-焊接工艺-技术培训-
教材 IV. TG446

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 64086 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:何月秋 俞逢英 版式设计:霍永明
责任校对:李秋荣 封面设计:姚毅 责任印制:杨曦
北京机工印刷厂印刷(兴文装订厂装订)
2007 年 7 月第 1 版·第 8 次印刷
140mm×203mm·9 印张·234 千字
标准书号:ISBN 978-7-111-01850-6
定价:15.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 88379083
封面无防伪标均为盗版

机械工人职业技能培训教材与题库 编审委员会名单

(按姓氏笔画排列)

主任委员	邵奇惠			
副主任委员	史丽雯	李成云	苏泽民	陈瑞藻
	谷政协	张文利	郝广发(常务)	
委 员	于新民	田力飞	田永康	关连英
	刘亚琴	孙旭	李明全	李玲
	李超群	吴志清	张岚	张佩娟
	邵正元	杨国林	范申平	姜世勇
	赵惠敏	施斌	徐顺年	董无岸
技术顾问	杨溥泉			
本书主编	何惧	参编	于航	
本书主审	堵耀庭			

前 言

这套教材及试题库是为了与原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》配套，为了提高广大机械工人的职业技能水平而编写的。

三百六十行，各行各业对从业人员都有自己特有的职业技能要求。从业人员必须熟练地掌握本行业、本岗位的职业技能，具备一定的包括职业技能在内的职业素质，才能胜任工作，把工作做好，为社会做出应有的贡献，实现自己的人生价值。

机械制造业是技术密集型的行业。这个行业对其职工职业素质的要求比较高。在科学技术迅速发展的今天，更是这样。机械行业职工队伍的一半以上是技术工人。他们是企业的主体，是振兴和发展我国机械工业极其重要的技术力量。技术工人队伍的素质如何，直接关系到行业、企业的生存和发展。在市场经济条件下，企业之间的竞争，归根结底是人才的竞争。优秀的技术工人是企业各类人才中重要的组成部分。企业必须有一支高素质的技术工人队伍，有一批技术过硬、技艺精湛的能工巧匠，才能保证产品质量，提高生产效率，降低物质消耗，使企业获得经济效益；才能支持企业不断推出新产品去占领市场，在激烈的市场竞争中立于不败之地。

机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训，重视工人培训教材等基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的经验。尤其是在“七五”和“八五”期间，先后组织编写出版了《机械工人技术理论培训教材》149种，《机械工人操作技能培训教材》85种，以及配套的习题集、试题库和各种辅助性教材共约700种，基本满足了机械行业工人职业培训的需要。上述各类教材以其行业针对性、实用性强，职业工种覆盖面广，层次齐备和成龙

配套等特点,受到全国机械行业工人培训、考核部门和广大机械工人的欢迎。

1994年以来,我国相继颁布了《劳动法》、《职业教育法》,逐步推行了职业技能鉴定和职业资格证书制度。我国的职业技能培训开始走上了法制化轨道。为适应新形势的要求,进一步提高机械行业技术工人队伍的素质,实现机械、汽车工业跨世纪的战略目标,我们在组织修改、修订《机械工人技术理论培训教材》,使其以新的面貌继续发挥在行业工人职业培训工作中的作用的同时,又组织编写了这套《机械工人职业技能培训教材》和《技能鉴定考核试题库》,共87种,以更好地满足行业和社会的需要。

《机械工人职业技能培训教材》是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》编写的,包括18个机械工业通用工种。各工种均按《职业技能鉴定规范》中初、中、高三级“知识要求”(主要是“专业知识”部分)和“技能要求”分三册编写,适合于不同等级工人职业培训、自学和参加鉴定考核使用;对多个工种有共同要求的“基本知识”如识图、制图知识等,另编写了公共教材,以利于单科培训和工人自学提高。试题库分别按工种和学科编写。

本套教材继续保持了行业针对性强和注重实用性的特点,采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词、术语;各工种教材则更加突出了理论和实践的结合,将“专业知识”和“操作技能”有机地融于一体,形成了本套教材的一个新的特色。

本套教材是由机械工业相对集中和发达的上海、天津、江苏、山东、四川、安徽、沈阳等地区机械行业管理部门和中国第一汽车集团公司等企业组织有关专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师编写的。在此,谨向为编写本套教材付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢!教材中难免存在不足和错误,诚恳希望专家和广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 气焊冶金原理	1
第一节 气焊冶金过程	1
第二节 焊缝金属的结晶	6
第三节 热影响区的组织和性能	12
复习思考题	17
第二章 气焊气割设备与工具	18
第一节 乙炔发生器	18
第二节 乙炔化学净化器	27
第三节 双级式减压器	30
第四节 焊炬与割炬	34
第五节 回火保险器和泄压膜	42
复习思考题	50
第三章 常用黑色金属的气焊	52
第一节 合金钢的气焊	52
第二节 铸铁的补焊	60
第三节 机械加工件的氧乙炔焰堆焊	68
第四节 典型构件的气焊	84
复习思考题	89
第四章 常用有色金属的气焊	90
第一节 铝及铝合金的气焊	90
第二节 铜及铜合金的气焊	112
第三节 铅的气焊	136
复习思考题	145
第五章 焊接应力与变形	146
第一节 概述	146
第二节 焊接残余应力及变形的防止措施	149

第三节 焊接残余变形的矫正方法	158
复习思考题	160
第六章 气割	161
第一节 手工气割操作技术	161
第二节 典型零件的气割	169
第三节 热切割切口的表面质量	183
第四节 机械化气割	186
第五节 特种切割	189
复习思考题	195
第七章 焊接结构的生产	196
第一节 焊接结构的生产工艺过程	196
第二节 装配-焊接胎、夹具	202
第三节 编制焊接工艺规程的基本知识	207
第四节 生产技术管理知识	210
复习思考题	213
第八章 气焊与气割安全技术	214
第一节 气焊与气割的安全知识	214
第二节 易燃、易爆品的安全知识	216
第三节 焊割现场安全作业知识	218
复习思考题	221
第九章 相关知识	223
第一节 机械加工常识	223
第二节 冷作知识	237
第三节 气体保护电弧焊知识	253
复习思考题	275

第一章 气焊冶金原理

培训要求 了解气焊焊接熔池及焊接区气体的影响，熟悉金属冶金过程和结晶过程及其特点，掌握焊接热循环知识。

第一节 气焊冶金过程

气焊冶金过程中，母材金属和焊丝在气体火焰作用下，焊件上所形成的具有一定几何形状的液态金属部分，该部分称为焊接熔池。在这小小的熔池中，液态金属、熔剂、母材金属表面的杂质、火焰气流及周围的空气，发生一系列的物理、化学反应，最后形成焊缝金属和焊渣，完成整个冶金过程。

一、焊接熔池的形态

1. 熔池的几何形状 熔池的几何形状类似半个椭圆球，见图 1-1。熔池的几何形状可用深度最大值 $H_{\max}$ 、宽度最大值 $B_{\max}$ 和熔池长度 L 三个参数来表示。在一般情况下，这三个参数随着火焰能率的增加而增大，随着焊接速度的增加而减小。

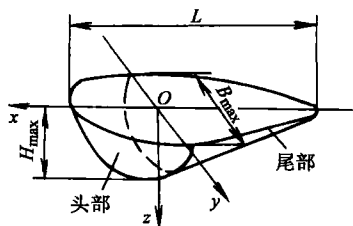


图 1-1 熔池形状示意图

2. 熔池中的温度分布 熔池中的各点温度分布是不均匀的，熔池的纵向温度分布见图 1-2a，由图 1-2 中可以看出，在熔池的头部，由于输入热量大于散失热量，所以随着热源的移动，母材金属不断地被熔化。熔池头部的温度较高，温度梯度比较大。熔池的最高温度位于火焰下面熔池的表面上。熔池尾部的温度逐渐下降，在熔池的边缘，由于输入的热量小于散失热量，便开始发生金属的凝固，熔池尾部比头部的温度梯度小些。

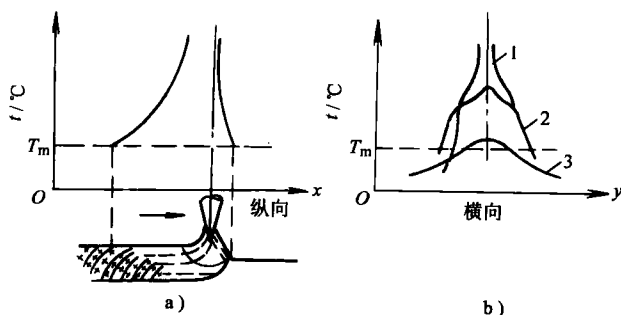


图 1-2 熔池的温度分布

a) 纵向温度分布 b) 横向温度分布

T_m —母材金属熔点 1—熔池中部 2—熔池头部 3—熔池尾部

熔池横向的温度分布也是不均匀的，见图 1-2b。 T_m 是母材金属的熔点，熔池的中部温度最高，熔池头部温度较高，熔池的尾部温度接近熔点，在低于熔点的部分金属已经开始凝固。

3. 熔池中液态金属的特点 熔池中的液态金属不是静止的，而是不断地运动着的。其中包括由液态金属的密度差所产生的自由对流运动；由表面张力差引起的强迫对流运动；由气体火焰的气流吹力所产生的搅拌运动。

熔池中正是由于以上原因产生的对流和搅拌运动，才使母材金属和焊丝金属的成分很好地混合，形成成分较均匀的焊缝金属。此外，这种运动有利于有害气体和非金属夹杂物的逸出，因此对提高焊缝的质量有一定的好处。

二、焊接区内的气体及其影响

在气焊过程中，熔池内不断地进行氧化、还原、碳化反应，因而焊接区内存在大量的气体。其中对焊接质量影响较大的气体主要是氧气、氢气和氮气。

1. 氧对焊缝金属的影响 气焊时，氧对焊缝金属的影响更为严重。除母材金属、焊丝、熔剂及金属表面污物等常规因素外，气体火焰焰芯中自由状态的氧常常进入内焰而侵入熔池，外焰中的二氧化碳和水蒸气中的氧也常常和熔池内液态金属化合。氧的主

要影响如下：

(1) 力学性能下降 随着焊缝金属中含氧量的增加，其硬度、强度和塑性将明显地下降，见图 1-3。因为氧能与熔滴和熔池中的合金元素起氧化反应，或使这些合金元素烧损。例如，焊接碳钢时，碳烧损生成 CO 气体逸出，锰硅与氧结合生成氧化锰、氧化硅，变成熔渣浮出熔池。这些因素都会使焊缝的强度、硬度等降低。

(2) 容易产生气孔 熔池中的氧与碳发生作用生成不溶于液态金属的 CO 气体，若在熔池结晶时来不及逸出，就会留在焊缝中形成 CO 气孔，产生焊接缺陷。

(3) 产生飞溅 由于焊接过程中不断地进行着合金元素的激烈氧化反应或气体膨胀逸出的物理反应，因而造成熔池液态金属飞溅的现象。

(4) 影响焊接过程顺利进行 焊接某些合金时，在熔池表面生成难熔的氧化物 (Al_2O_3 、 Cr_2O_3 等)，会阻碍焊接冶金反应的正常进行和熔渣的浮出，且使焊缝金属中产生夹杂物。此外，还会使晶界严重氧化以及形成热裂纹等现象。总之，氧在焊缝金属中的危害是相当大的，因此在焊接过程中应严格加以控制，并采取脱氧措施，尽量避免和减少氧对焊缝金属的影响。

2. 氢对焊缝金属的影响 在气焊过程中，乙炔的分解和燃烧；焊接材料和母材金属表面的铁锈、水分、油污等杂质都会在各种化学、物理反应中产生氢。氢对焊缝的影响有如下几点：

(1) 引起氢脆性 氢引起钢的塑性下降的现象称为氢脆性。钢中氢的含量越高，塑性下降越严重。但焊缝经去氢处理后，其塑性可以恢复。

(2) 易产生白点 碳钢中含氢量增多时，在焊缝的断面常出现光亮圆形的局部脆性断裂点，称之为白点，其直径为 0.5~

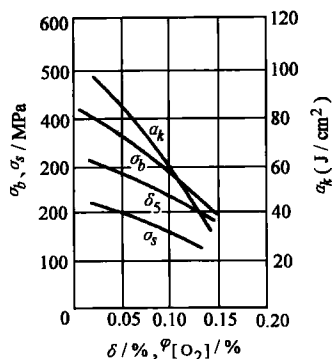


图 1-3 氧对低碳钢力学性能的影响

3mm, 周围为韧性断口, 用肉眼可以辨认。白点能使焊缝金属的塑性严重下降。

(3) 氢在焊缝和热影响区中易引起气孔和裂纹 在高温时, 氢在铁中的溶解度是相当大的。随着温度的降低, 氢的溶解度发生急剧下降, 使氢在焊缝中处于过饱和状态, 一部分氢原子转变为氢分子向外逸出。当焊缝金属的结晶速度大于氢分子的逸出速度时, 氢分子便留在焊缝内形成气孔。溶解于焊缝金属中的氢称为固溶氢, 其余的称为扩散氢。随着温度的降低, 固溶氢减少, 扩散氢增加。由于氢原子半径很小, 在常温时也能在金属晶格中自由扩散, 其中一部分氢扩散到熔合区、热影响区和过热区金属内部的空隙中而浓集起来, 由原来的原子状态转变为分子状态, 形成较大的压力, 使空隙处的塑性大大下降。

氢由溶解、扩散、聚集、产生应力直至形成裂纹需要一段时间, 因此把氢致裂纹称为延迟裂纹。可见, 氢也是焊缝金属中有害的气体。因此在焊接过程中要采取措施, 防止和消除氢对焊缝的影响。焊后进行脱氢处理, 即焊后立即对焊件进行加热或保温, 使其缓冷, 可以促使氢扩散外逸, 一般将焊件加热到 350°C 以上, 保温 1h, 几乎可将扩散氢全部去除。

3. 氮对焊缝金属的影响 气焊时, 虽然焊接熔池处于还原区的保护下, 但总有少量的氮会侵入焊接区。另外, 焊接气体纯度不高, 焊接材料和母材金属中所含氮元素等都会对焊缝金属产生不同的影响, 主要有如下几点:

(1) 对力学性能的影响 氮是提高焊缝强度, 降低其塑性和韧性的元素。氮对低碳钢常温力学性能的影响见图 1-4。

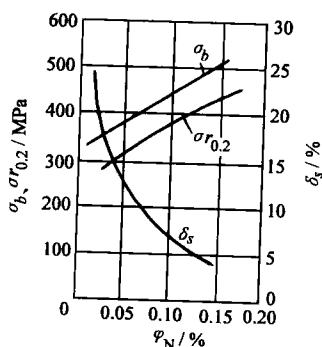


图 1-4 氮对低碳钢常温力学性能的影响

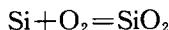
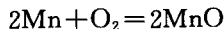
(2) 易形成氮气孔 气焊时, 如果焊接区保护不良, 就会出现氮气孔。氮在铁中的溶解度随温度

的下降而降低。由于熔池的冷却速度很快，焊缝金属中过饱和的氮来不及逸出熔池时，就会形成气孔。

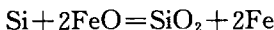
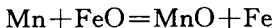
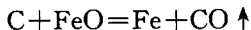
(3) 引起焊缝时效脆化 氮是促进时效的元素。因为焊缝中过饱和的氮处于不稳定状态，随着时间的延长，饱和的氮逐渐析出，与铁形成稳定的针状 Fe_4N ，使焊缝金属的塑性、韧性大大降低，这种现象称为时效脆化。因此氮对焊缝金属也是有害元素之一。气焊时要尽量利用焊接火焰避免空气中的氮与熔池接触。另外，尽量使焊缝处于缓冷状态，使氮尽量逸出，从而获得优良的焊缝。

三、气焊的化学冶金过程

1. 氧化反应 氧化反应是指金属或合金元素与氧发生反应形成氧化物的过程。气焊碳钢时，在焊接火焰高温作用下，熔池中的氧和熔池中的其它元素锰、硅等发生如下氧化反应：



碳的氧化一般是指碳和氧化亚铁的作用，生成一氧化碳。锰和硅除和氧作用外，还会被氧化亚铁氧化，如

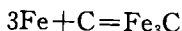


为了防止氧的有害作用，焊前应清除焊丝和焊件上的油污、铁锈、水等污物；应选用合适的熔剂和焊丝，对焊缝强度要求高的焊件应选用硅锰含量较高的焊丝，以补充焊接过程中烧损的元素；在操作时，严格控制火焰的性质和焰芯到熔池表面的距离，以加强对熔池的保护。

2. 还原反应 还原反应是指熔池内的金属氧化物被脱氧的过程。能够使熔池内金属氧化物还原的物质称为还原剂。这种物质与焊缝金属相比，对氧具有更大的亲和力。火焰中的 CO 和 H_2 ，母材金属和焊丝中的各种合金（如 Al 、 Ti 、 P ）等均可作为还原剂，使铁和某些合金元素的氧化物被还原。所以在焊接碳钢时，通常

不采用熔剂。

3. 碳化 碳化是指气焊过程中熔池内渗入碳而形成碳化物的过程。例如



金属碳化物在焊缝金属中，会使焊缝金属的强度、硬度增加，塑性降低。用碳化焰焊接时，会使焊缝产生增碳的现象。所以一般气焊时都采用中性焰。

四、气焊的物理冶金过程

1. 熔渣上浮 气焊过程中许多还原剂（Mn、Si 等），会与熔池内的金属氧化物作用生成熔渣（MnO、SiO₂ 等），这些熔渣的密度较熔化金属小，能聚合在一起上浮，覆盖在熔池表面，以保证焊缝金属不被氧化。

2. 气体的逸出 气焊过程中，熔池内有大量的气体形成并逸出，当熔池凝固时，气体来不及逸出，就会产生气孔。

3. 扩散 气焊过程中存在着熔池内的金属和母材金属中的各种元素相互渗透和均匀化的过程，这种过程称为扩散。扩散主要发生在熔池尚未凝固或者在熔池虽已经凝固但温度仍然很高时，扩散得越好，焊缝金属的化学成分越均匀。

4. 飞溅 气焊过程中，熔池内会产生压力相当高的气体，如一氧化碳气体等，这些气体的膨胀与冲击会使熔化金属发生飞溅。

5. 元素的蒸发 气焊时，熔池在焊接火焰的高温作用下，其温度往往大大超过大多数金属元素的沸点。当温度稍高于元素的沸点时，元素即开始蒸发成气体，向大气中逸出。元素的蒸发将使焊缝金属的成分发生变化，从而使焊缝金属的力学性能下降和物理化学性质发生变化。因此气焊时，火焰的能率不能太大，以减少焊缝金属中某些元素的蒸发。

第二节 焊缝金属的结晶

一、焊接接头的组成

焊接接头是指由两个以上零件要用焊接组合或已经焊合的

接点。它包括焊缝、熔合区和热影响区三部分。焊接接头的组成见图 1-5。

焊缝是指焊件经焊接后所形成的结合部分。

熔合区是焊缝与母材金属交接的过渡区，即熔合线处微观显示的母材半熔化区。

热影响区是焊接或切割过程中，材料因受热的影响（但未熔化）而发生金相组织和力学性能变化的区域。

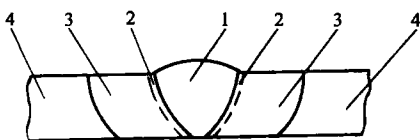


图 1-5 焊接接头的组成

1—焊缝 2—熔合区

3—热影响区 4—母材金属

二、焊接熔池的一次结晶

焊接熔池的一次结晶对焊缝金属的组织 and 性能具有重大的影响，焊接过程中的许多缺陷，如气孔、裂纹、夹杂和偏析等大多是在一次结晶过程中形成的。因此，了解熔池金属的一次结晶过程是很重要的。

1. 焊接熔池一次结晶的特点 热源离开后，焊接熔池的金属由液态转变为固态的过程称为焊接熔池的一次结晶。与铸锭的结晶相比，它具有以下特点：

1) 焊接熔池体积小，周围被母材金属包围，所以冷却速度很快。

2) 熔池中液态金属的温度超过了材料的熔点，处于过热状态。

3) 熔池中心和边缘存在着很大温差。

4) 熔池在随热源移动的过程中不断地发生搅动，所以熔池是在运动状态下进行结晶的。

2. 焊接熔池一次结晶的过程 焊接熔池的一次结晶是由两个基本过程所组成的，即产生晶核和晶核长大的过程。

(1) 晶核的形成 焊接熔池的结晶最容易从熔池边界处熔合线开始。整个熔池中温度分布是不均匀的，熔池前端中心温度高，

而边缘因散热条件好，温度最低，并有母材的局部熔化晶粒，是现成的晶核，熔池的液态金属主要是依靠这些晶粒而结晶的。在母材和熔池金属之间发生的这种“联生结晶”是熔焊与其它连接最本质的区别。

(2) 晶粒长大 晶粒长大是沿着与散热方向相反的方向，以柱状形态向焊接熔池中心生长的，直至各柱状结晶不断地长大至相互接触，液体金属全部凝结时，熔池的一次结晶过程才结束。由于气焊时加热时间较长，热影响区宽，冷却速度较慢，散热方向性不明显，往往会形成等轴晶粒。

(3) 焊缝中的偏析 在焊接熔池一次结晶的过程中，由于冷却速度快，焊缝金属中的合金元素来不及扩散，因此焊缝中化学成分分布是不均匀的，这种合金中组成元素在结晶时分布不均匀的现象称为偏析。偏析对焊缝质量有很大影响，不仅造成焊缝化学成分的不均匀，还降低焊缝的性能，同时也是产生裂纹、夹渣、气孔等主要焊接缺陷的原因之一。

焊缝中的偏析类型：

1) 显微偏析 熔池结晶时，最先结晶的部分金属最纯，而最后结晶的部分，即晶粒的外缘和前端，合金元素和杂质的含量最高。在一个晶粒内部和各晶粒之间的化学成分都是不均匀的，这种现象称为显微偏析。

2) 区域偏析 在熔池结晶过程中，随着柱状晶不断地长大和推移，会把低熔点夹杂物赶向熔池中心，这样熔池中心的杂质含量就会比其它部分高，这种现象称为区域偏析。

3) 层状偏析 焊缝断面上不同分层的化学成分分布不均匀的现象，称为层状偏析。层状偏析是由于熔池在结晶过程中要放出结晶潜热，在达到一定数值时，熔池的结晶就会出现暂时停顿，随着熔池的散热，结晶又开始。如此，结晶即产生周期性的变化。晶粒快速长大时，在结晶前沿液体金属中杂质较少，而在晶粒慢速长大时，结晶前沿液体金属中的杂质就会较多。这样就形成了周期性的偏析现象。

4) 弧坑偏析 焊接时, 由于熔池中连续存在的杂质始终聚集在焊缝的中心。当熄火时, 因熔池中的搅拌不够强烈, 熔池周围都已冷却, 因此, 较多的低熔点杂质向弧坑中心区域聚集, 这种现象称为弧坑偏析。

(4) 改善一次结晶组织的途径 焊接熔池一次结晶结束时的组织是柱状晶, 柱状晶的形态对于焊缝的力学性能有很大影响。焊缝晶粒粗细对冲击韧度有明显的影响, 细晶组织能显著提高焊缝金属的冲击韧度。

提高焊缝的性能, 改善焊缝结晶组织的方法如下:

1) 变质处理, 通过焊丝、熔剂向熔池中加入 V、Ti、Al、N 等元素, 生成弥散细小的高熔点的碳化物或氮化物质点, 作为人工晶核, 熔池中的液体借助这些众多的人工晶核生长, 从而得到细晶组织, 这样既能保证强度和塑性, 又能提高抗裂性。

2) 控制焊接热量, 选择适当的火焰能率与焊接速度等参数, 以提高熔池边缘前方液体内的温度梯度, 有利于形成细晶组织。

三、焊缝金属的二次结晶

一次结晶结束后, 焊接熔池就转变为固态的焊缝。高温的焊缝金属冷却到室温时, 要经过一系列的相变过程。这种固态的相变过程称为焊缝金属的二次结晶。

1. 低碳钢的焊缝组织 低碳钢焊缝一次结晶的晶粒是 δ -Fe 组织, 即 δ 铁素体组织, 当冷却到相变温度 ($1493\sim 1400^{\circ}\text{C}$) 时开始转变为 γ -Fe 组织, 即形成奥氏体组织, 继续冷却到 $910\sim 723^{\circ}\text{C}$ 时, 奥氏体转变为铁素体和珠光体。二次结晶后的组织大部分为铁素体加少量的珠光体。由于焊缝的冷却速度较快, 珠光体的含量较平衡组织 (即非常缓慢地冷却下来所得到的组织) 中的含量大。一般冷却速度越快, 珠光体含量越高, 铁素体含量越少, 因而硬度和强度有所提高, 塑性和韧性则有所降低。冷却速度对低碳钢焊缝金属的硬度和组织的影响见表 1-1。

2. 低合金高强度钢的焊缝组织 合金元素含量较少的低合金钢, 其焊缝组织与低碳钢焊缝相似, 一般冷却条件下为铁素体