

高等农业院校試用教材

金属工艺学

第四册 焊 接

北京农业机械化学院編

农业机械化专业用

农 业 出 版 社

高等农业院校試用教材

金 属 工 艺 学

第 四 册

焊 接

北京农业机械化学院編

农业机械化专业用

农 业 出 版 社

高等农业院校試用教材

金 属 工 艺 学

第 四 册

北京农业机械化学院編

农 业 出 版 社 出 版

北京老 驛 局 一 号

(北京市书刊出版业营业許可証出字第106号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

大东集成联合印刷厂印刷装订

統一书号 15144 · 279

1961年9月上海制型

1961年9月初版

1961年9月上海第一次印刷

印数1-5,270册

开本 787×1092毫米

十六分之一

字数 156千字

印张 七又八分之五

定价 (9)七角五分

目 录

绪言	1
第一章 金属焊接概念	5
第一节 焊接定义和分类	5
第二节 焊缝金属的结晶过程及结晶组织	8
第三节 焊接热过程及其对母材组织的影响	11
第四节 金属可焊性概念	13
第二章 电弧焊	14
第一节 焊接电弧	14
第二节 电焊机	18
第三节 电弧焊冶金过程	23
第四节 电焊条	29
第五节 手工电弧焊的一般工艺知识	32
第六节 高生产率的手工电弧焊接法	39
第七节 自动焊和半自动焊	42
第三章 气焊和气割	48
第一节 气焊用的气体	48
第二节 气焊设备和焊炬	49
第三节 气体火焰及气焊冶金过程的特点	55
第四节 气焊工艺	59
第五节 气割	61
第四章 接触焊	66
第一节 概述	66
第二节 对焊	69
第三节 点焊和缝焊	72
第五章 焊接应力和变形	79
第一节 焊接时应力的产生及其影响	79
第二节 焊接时结构的变形	82
第三节 焊接变形和应力的对策	83
第六章 焊接工艺	89
第一节 钢的焊接	89

第二节 鑄鉄的焊接	93
第三节 有色金属的焊接	102
第四节 堆焊	104
第五节 钎焊	110
第七章 焊接接头的缺陷及质量检验	113
第一节 焊接接头的缺陷	113
第二节 焊接质量检验	115

緒 言

一、焊接的发明和发展現况

焊接是金属加工的一种方法。它和其他科学技术一样，是人类在劳动和生产实践中创造和发展起来的。焊接科学和技术水平和时代生产力发展的水平是相适应的。

我国劳动人民在长期和自然作斗争的过程中，最先探索了金属连接的方法。历史资料证实，春秋战国时代，我们的祖先已经懂得以黄泥作为助熔剂用加热鍛打的方法把两块金属联结在一起。锡焊和银焊在唐朝（约7世紀）时已被应用，而在欧洲直到17世纪才出现这种钎焊方法。但是，几千年的封建统治使生产力停滞不前，我国人民的创造未能得到进一步的发展。

在欧洲，19世纪和20世纪初，由于工业和各技术部门的迅速发展，焊接才从原始的鍛工炉鍛焊改变过来。近代焊接技术的出现还是最近几十年的事。

1802年彼得洛夫（В.В.Петров）发现了电弧现象，八十年后才由另一俄国杰出的发明家别纳尔多斯（Н.Н.Бенардос）应用碳极产生的电弧熔化金属进行焊接。1888年俄国著名的冶金工程师斯拉维娅诺夫（Н.Г.Славянов）用金属电极代替碳极进行焊接，这就是目前应用最广泛的金属电弧焊。他还探讨过自动焊接的可能性；并提出把“碎玻璃”撒在熔池金属表面来提高焊接质量。因此应该说斯拉维娅诺夫是埋弧自动焊的创始者。

接触焊对焊于1886年由美国科学家提出，直到1903年，熔化对焊才应用在工业上。

1895年法国科学家发现乙炔—氧火焰后，1901年出现了第一支乙炔—氧焊炬，1903年开始用来焊接金属，两年后正式有了气割。

焊接真正成为一门科学，是在近30年间建立和发展起来的。只有在社会主义制度下，生产力得到解放，焊接科学和技术才有了无限广阔的发展天地。

苏联的焊接科学和技术今天已居于世界的前列。在苏联，最近几年来，焊接新技术不断得到推广应用。例如苏联巴顿电焊研究所集体创造的电渣焊方法已被广泛用于重型机件的制造（图0—1），目前其焊接厚度已达2米以上。各种新型接触焊机在管子、容器的生产中得到应用。在火焰加工业中，示踪仿形切割已投入生产；加压气焊、氧熔剂切割的采用已越来越普遍。电弧焊用的优质和特种焊条和焊药不断问世。苏联的焊接工作者们在焊接理论方面如焊接电过程、热过程和冶金过程等进行了一系列巨大的研究工作。研究的成果在生产技术中发挥了积极的作用。

我国解放前工业是一片烂摊子，不可能有自己的焊接事业。少量的手工电弧焊和气焊

只用于修补工件;焊接材料和设备依赖进口;没有一所学校专门培养焊接技术人员。

解放后在党的英明领导下,在苏联的无私帮助下,我国焊接事业以惊人的速度发展着。第一个五年计划的前几年里,随着机械工业由修配转向大规模的制造,焊接技术在各主要工业部门内迅速代替了铆接,由修理旧机件走向制造新产品。1956年以后尤其是1958年大跃进以来,自动焊和半自动焊、气体保护焊、接触焊等在汽车、船舶、锅炉、电机、农业机械、拖拉机以及其它重型机器制造业等许多重要的工业部门中得到了广泛的应用。1958年,用电渣焊方法制成800厘米轨梁轧钢机机架,正确采用这种先进的工艺方法在技术上和经济上有很大的优点。特别是在我国目前大型铸、锻件生产能力不足的情况下,采用电渣焊来并合大型机械的部件,将加速我国大型和重型机械的发展。在焊接设备方面,我国近几年来,堆焊技术得到迅速的发展和日渐广泛的应用,并取得很大的经济效果。目前,已能大量生产各种仿苏型号的焊接设备,其中包括自动焊机和部分接触焊机。最近又成批生产了电渣焊机和其它各种新型的焊接设备,我们也已能用本国材料制出高质量的焊条、焊药,供应全国需要。

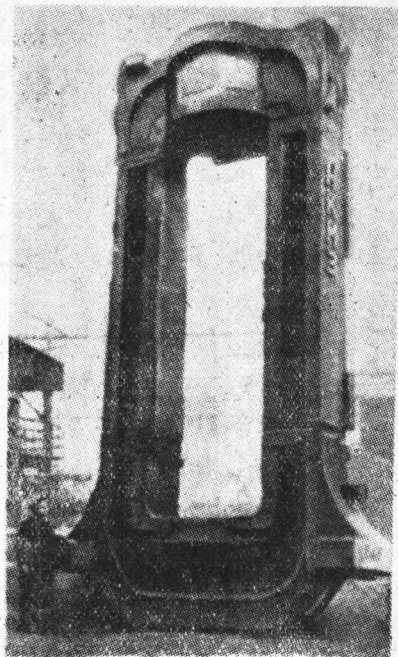


图 0—1 用电渣焊方法制成的轧钢机机架

1958年大跃进以来,群众大闹技术革命,焊接方面也有很多新的创造。例如,双割炬切割法、摩擦焊机的制造等。群众性的科学研究活动成果也很大,哈尔滨焊接研究所聘请的工人出身的特约研究员几年来结合实际进行科学研究活动,解决了许多生产中的关键问题,在科学研究部门和高等院校(其中很多院校设有焊接专业)中也完成和正在进行对国民经济有重大意义的科学研究项目,猛攻尖端的焊接技术。

毫无疑问,在党的总路线的光照耀下,我国焊接科学和技术将会迅速地达到世界的先进水平。

二、焊接的特点和优越性

不同于螺钉等可拆卸的接合,焊接和铆接接头一样是永久性的。

焊接和铆接相比,优点很多,主要的有:

1. **节省金属** 焊接与铆接相比节省金属20%,这就减轻了机器或结构的重量(图0—2)。
2. **节省时间和劳动力** 用焊接代替铆接可以减少许多工序:孔的划线、冲孔或钻孔、铰孔、铆接和欽縫等。铆接不但工作手续麻烦,工作人数还要多。

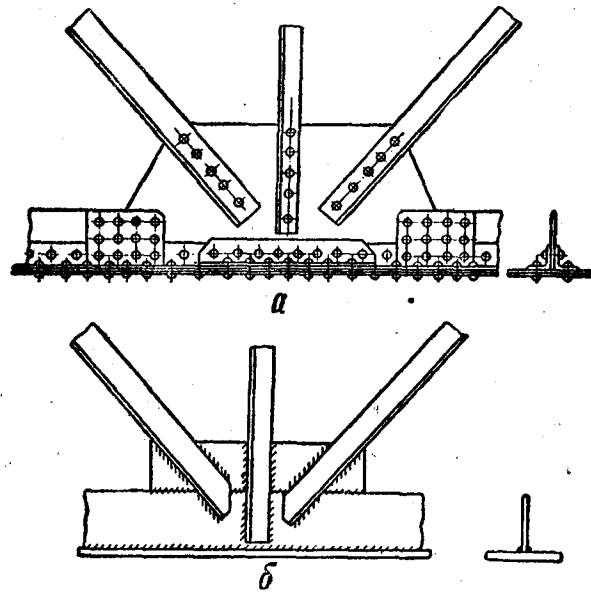


图 0—2

a—铆接结构；b—焊接结构。

3. 改善劳动条件 焊接没有铆接时的噪声和不合理的供料方法，减少了车间内沉重物件的运送和搬动。采用半自动和自动机来焊接，更大大地改善了劳动条件。

4. 焊接接头密封性好；强度较好 例如同优质焊条焊接低碳钢，焊缝强度高于母材强度。

焊接在机械制造业中得到大量的应用，一般形状复杂的零件锻造比较困难，往往采取铸造办法。而焊制的构件与铸件相比，重量小而且强度高，可以更合理地使用材料。很多机器的机架、底盘、齿轮箱、曲轴箱等较大的工件均可用焊接方法制成。全焊零件及结构正逐渐增多。电渣焊的出现，更解决了一些铸造、锻造所不能解决的问题。在运输机械（铁路车辆、汽车等），力能机械（蒸汽锅炉、蜗轮机等），起重运输机械（起重机、电梯等）和石油、化工仪器与设备的制造中，焊接都占有重要的地位。此外，在很多建设工程如工业建筑和高楼骨架的建立，管道的架设，桥梁的建造等，焊接都是作为主要的工艺过程来应用的。

在苏联，焊接还辉煌地被应用在原子反应堆，人造地球卫星结构和宇宙火箭结构的制造中。

焊接用在修理工作中特别方便。据统计，在我国的修理厂中，焊修零件占修复总数的40~60%。

三、焊接在农业机械制造业中的应用

在农业机械制造中，焊接工作的比重约占总劳动量的10~20%。农业机器中焊缝的特

点是尺寸很小, 85% 的焊缝长度不超过 100 毫米; 在个别机器中, 这种焊缝的数量可达到 1,000 毫米或更多些。农业机器生产中, 电弧焊和接触焊应用较多。

农业机械和拖拉机的正常工作, 要求有良好而及时的修理工作。用焊接进行修理大大节省费用, 能够在短期内恢复机器的工作能力。据统计, ДТ-54 拖拉机被修零件总数的 65.2% 是用焊接修复的; 而 КД-35 拖拉机这个数字达 73.1%。修理工作中以手工电弧焊、钎焊、气焊和气割用得较多; 各种堆焊修复被磨损零件更日益被广泛采用。如用粉末状合金堆焊法修理犁铧和齿轮; 特种焊条堆焊法修理受磨损的犁壁切刃、拖拉机履带和支重轮。焊药层下自动堆焊法修理汽车的轴; 拖拉机支承滚轮、拉紧轮、支承滚轮轴和曲轴 (图 0—3 和图 0—4)。

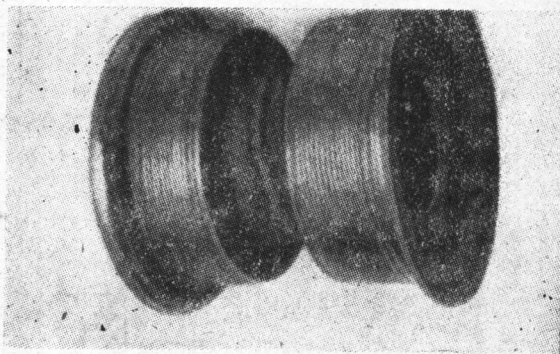
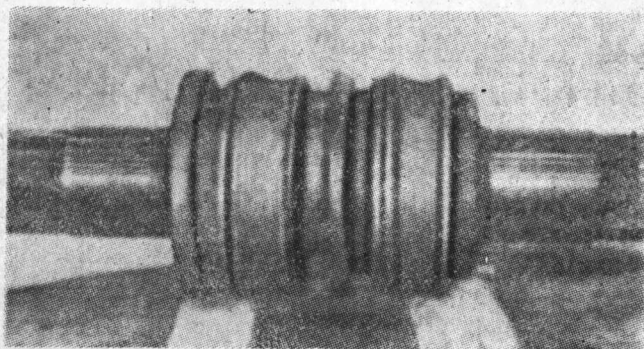
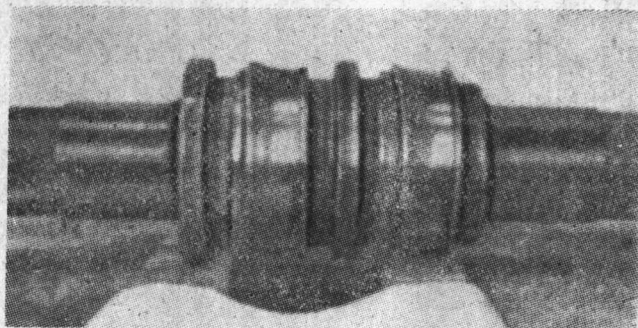


图 0—3 用焊药层下自动焊修复的履带式拖拉机单边支承轮

本课程将重点讲授和我们农机专业联系最密切的焊接方法。



a



6

图 0—4 嘎斯-51 汽车锻压轴的焊药层下自动堆焊

a—堆焊表面; 6—机械加工后。

第一章 金属焊接概念

第一节 焊接定义和分类

焊接就是将分离的固体材料局部受热到熔化或塑性状态，加压或不加压后形成永久接合的工艺过程。我们只讨论金属的焊接问题。

从物理本质来看，焊接是在物质接触边界上原子或分子之间的联系作用和扩散作用的结果。这些作用能不能发生，取决于：(1) 相互作用的质点彼此靠近。质点之间相距为 $1\text{\AA}$ 时才能产生保证材料正常强度的联系作用（再结晶过程）；(2) 相当的物理-化学过程的完成。如形成单晶体、固溶体、化合物、共晶等。物质之间有相互溶解度，才能发生扩散作用，而完成上述物理-化学过程。

焊接按过程的特点分为熔焊、压焊和钎焊。

1. **熔焊** 即焊件被加热到熔化状态，依靠冷却结晶焊接起来的方法。属于这一类的有：(1) 电弧焊，包括熔化和不熔化电极的手工和自动电弧焊；(2) 气体保护焊，包括氩气保护焊、氮气保护焊、碳酸气保护焊、水蒸汽保护焊等；(3) 氩原子焊；(4) 电渣焊；(5) 气焊；(6) 铸焊。

2. **压焊** 即不论加热与否，都必须加压的焊接方法。属于这一类的有：(1) 接触焊，包括对焊、点焊和缝焊；(2) 加压气焊；(3) 摩擦焊；(4) 锻焊；(5) 冷焊。

3. **钎焊** 即熔化第三种材料把固态的焊件焊接起来的方法。

本书只讨论电弧焊、气焊、接触焊和钎焊四种焊接方法，下面简单介绍其他几种焊接方法的特点。

氩气保护焊

作为热源的电弧在钨极的末端和工件之间、在氩气的保护流中燃烧(图 1—1a)。

焊接时可以应用填充金属或不用填充金属来完成；手工焊时可以在任何位置上进行。氩气焊适用于焊接不锈钢、耐热钢、铝镁等合金的薄壁构件。氩气焊优点

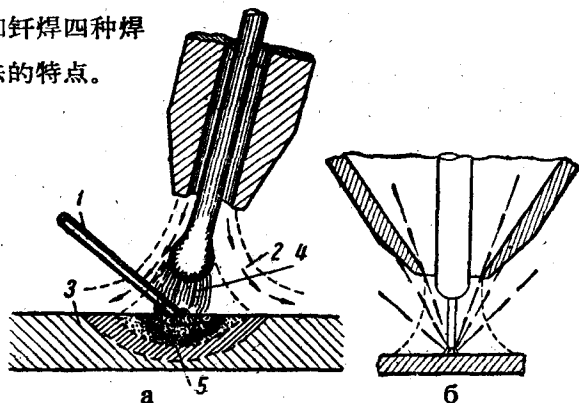


图 1—1 气体保护焊

a—氩气电弧焊；b—碳弧气保护焊。

1—焊丝；2—氩气保护层；3—基本金属；4—电弧；5—熔潭。

是由于保护好,焊缝纯度高、性能好;焊接时加热集中故焊件变形小;焊接容易机械化和自动化。缺点是氩气很贵;焊前清理要求很严格。

氮气保护焊

用碳极产生电弧熔化金属,氮气在铬镍不锈钢(含 Nb 的除外)、铜银及其合金中不溶解或不产生坏的作用。故用容易得到的氮气作保护焊接这些金属,在经济上是很合算的。

碳酸气保护焊。(图 1-16)

一般为碳酸气保护下的熔化焊丝自动焊和半自动焊。为了稳弧用直流正接法。此法最大的优点是成本低;生产率较熔剂层下自动焊还高;抗气孔性强。常用此法焊接低碳钢和低合金钢。碳酸气保护焊主要问题是氧化性强。但目前已经肯定了 CO_2 作为保护气体的可能性。这种焊接方法是很有发展前途的。

氢原子焊

氢原子焊时,利用间接作用的电弧热源,这种电弧是在两钨极或两碳极之间的氢气中燃烧的(图 1-2)。

氢气从夹持钨极的管沿电极向电弧吹送,经过电弧之后氢吸收了热量,温度升高至 $4,000^\circ\text{C}$,此时氢就分解成原子氢:
 $\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{H} - 100,600 \text{ 卡/克分子}$ 构成定形的火焰。高温原子氢

触及温度较低的焊件时温度下降,重新结合成分子氢,而且放出原吸收的热量,将焊件及焊条熔化。 $2\text{H} \rightleftharpoons \text{H}_2 + 100,600 \text{ 卡/克分子}$ 。氢气的作用是多方面的,除作为传热的媒介外,氢沿电极吹向电弧时,将电极冷却,减低了电极的消耗;原子氢可以还原熔池的氧化金属;而最重要的是氢气和原子气保护了熔池不被空气氧化。

氢原子焊由于有保护和较强的还原作用,焊缝金属的质量均匀紧密,不易漏气,有极好的机械性质,能承受动载荷。宜于焊接 3 毫米以下的合金钢、铝、镁等合金和真空设备。但因设备和焊接过程都较复杂;要用高的空载电压,故较不安全;焊接的厚度范围小;所以应用不广,而且逐渐被氩气焊代替。

电渣焊

电渣焊的热源是电流通过液态熔渣产生的电阻热,数值由下式决定:

$$Q = 0.24 IU$$

图 1-3 是丝极电渣焊的过程图,图 a 中 1 是焊缝;2 是阻止熔渣

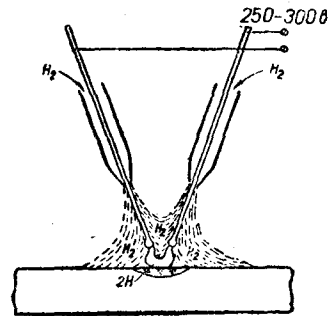


图 1-2 氢原子焊

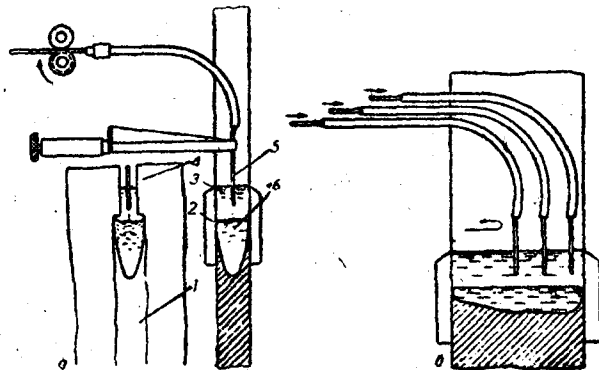


图 1-3 电渣焊过程图

a—单丝的; 6—三丝摆动的。

和液体金属流失和起冷却作用的铜滑板；3 是渣池；4 是焊件；5 是焊丝。

除丝极电渣焊外，还有板极电渣焊、熔化嘴电渣焊和手工电渣焊几种。

电渣焊最大的优点是：

1. 用于大厚度工件焊接时不需要象电弧焊那样开成复杂形状的剖口然后进行多层焊，故大大简化了准备工作和焊接工艺过程。

2. 生产率大大提高了；节省了焊接工时和大量的焊药；焊厚件时由于减少了填充金属而节省了大量的焊丝这都带来了显著的经济效果。

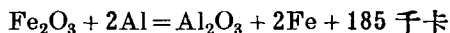
3. 焊接质量好。

由于电渣焊时，没有剧烈的电弧和冶金过程，焊缝保护很好，加热过程非常缓慢，因此冷却也很缓慢。气体和杂质都易于浮出，不易造成气孔和夹渣等缺陷。同时在焊接淬时，消除了近缝区出现淬火组织而引起裂纹的危险。但与此同时也应考虑到电渣焊热影响区很宽，容易引起过热。

在生产中使用电渣焊的一般都是具有厚大断面的大型工件，这样就减轻对铸锻生产能力的要求，使现有的铸锻设备生产能力远比起其原有的设计能力大得多的铸件、锻件。

铸焊

利用铸焊剂燃烧产生的高温来焊接。铸焊剂中最常用的是铝热剂，是由占 77% 的氧化铁 (Fe_2O_3 或 Fe_3O_4) 颗粒和 23% 的纯铝颗粒组成的机械混合物。铝热剂放在耐火的坩埚里燃烧，开始时可用电弧或特殊的引火混合物(氯酸钾及细铝粉)点燃。燃烧时产生约 $3,000^\circ\text{C}$ 的高温，把金属熔化。其反应式如下：



铸焊按其操作方法可以分为压焊、熔焊和综合焊法三种。压焊时，高温的反应产物——熔化的铁和作为熔渣的氧化铝——是把工件端面加热到塑性状态的焊接热源，通过加压形成焊接接头。熔焊时则是依靠熔融的铁流进工件之间的隙缝中，冷却结晶后，两工件即连接在一起。

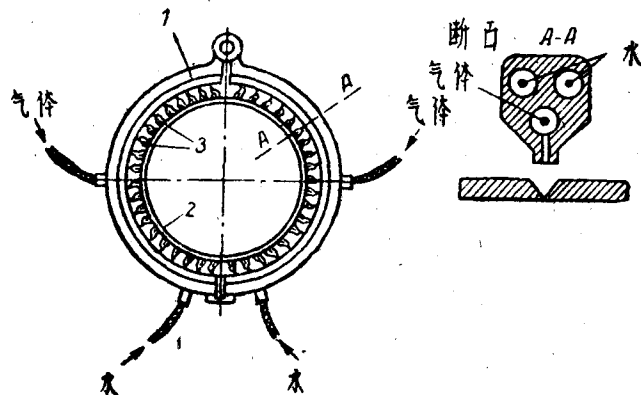


图 1-4 加压气焊图

1—焊炬； 2—管子； 3—气体火焰。

铸焊由于其接头质量和生产率都较低,应用受到限制,目前主要用来焊接电车轨道和导线等。

加压气焊

利用多炬的气体火焰作热源,加热工件的侧面或端面到塑性状态或半熔化状态并施加压力而形成焊接接头。

此法生产率很高,适用于钢管、棒料及钢轨的焊接。

图 1—4 为加压气焊焊接管子略图。

摩擦焊

是利用两个工件端面在一定压力下,相对摩擦生热造成局部熔化,然后加压焊接的过程。

它的优点是节省电能;易于把同种或异种金属组成焊接接头;焊机易土法制造;工件不需焊前清理。

冷焊

接触表面经过仔细清理及平整的两块金属,在较大的压力下能够在常温下焊接起来。这是由于两个紧密接触的表面原子和分子之间产生了联系作用和相互扩散,同时,在严重的塑性变形下发出的热量促使再结晶过程产生,因而能在接触面形成焊接接头。这种方法可以焊接铜、铝等有色金属。

第二节 焊缝金属的结晶过程及结晶组织

一、焊缝的形成

电弧焊和气焊时金属的结合是依靠母材(焊件)和焊缝金属相互结晶而形成的。焊缝金属主要是由母材金属和焊条金属共同组成的。

焊件上热源经过的地方,金属熔化,形成熔池,并在熔池中进行冶金处理,随后结晶而构成焊缝的一部分。整个过程在很短时间内连续地完成。随着热源的转移,无数个这样的过程前后交替地发生。焊接完毕,形成了整道连续的焊缝。

图 1—4 标出焊缝横断面的尺寸,各部分尺寸名称如下:

B —熔宽; ΔH —堆高; H —熔深; C —熔厚。

F_H —(焊丝)熔敷面积; F_{np} —熔化母材面积。

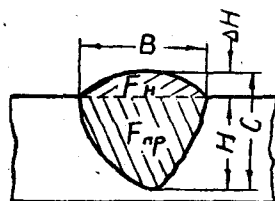


图 1—5 焊缝横断面

定 $\frac{B}{H}$ 为焊缝形状系数 $\gamma = \frac{F_{np}}{F_H + F_{np}} \cdot 100\%$ 为断面系数

本节只从结晶的角度叙述焊缝形成的过程。至于熔池中的冶金过程,将在电弧焊和气焊两章中分别介绍。

二、焊接时金属的结晶过程

电弧焊时,在电弧的高热作用下形成熔池。母材局部熔化的晶粒成尖刺状存在于液体金属中,它是熔池的内边界(图 1—6)。

当电弧移开若干距离后,熔池的温度因热量向母材的传导和幅射损失而降低。这时,熔

池金属便开始结晶。上述残存于较冷的固态金属表面的尖刺状晶枝成了液体金属的结晶核心,由此发展成为树枝状结晶。沿散热的相反方向晶粒生长最为有利,另一些晶粒生长则受到抑制(图 1—7)。从焊缝横断面的金相观察中证实了这点,可以看到,发源于母材金属的树枝状结晶具有特殊的束状,在母材和焊缝金属之间发生连续的结晶结合,实际上两者之间看不到界面。

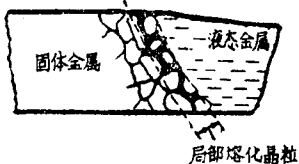


图 1—6 液态金属熔池边界的组织

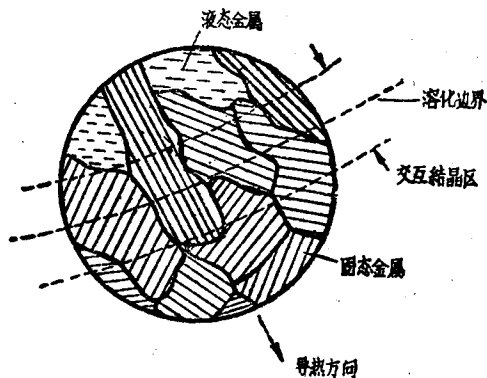


图 1—7 树枝状结晶在局部熔化晶粒的基面上生长

结晶的排列情况决定于焊缝形状系数。图 1—8 和图 1—9 为在焊缝横断面和纵断面上焊缝金属结晶示意图。

更仔细的研究,则可观察出先后依次结晶成单独的柱状晶体层,这种焊缝的纵断面粗视组织图如图 1—10 6 B 所示的形状。纵向上凝固层是按照焊接熔池的轮廓分布的,在焊缝的表面我们可以看到鳞片状的纹路(同图 a)。在焊缝中间,特别是中间的上部偏析的层间区和晶粒间的脏污程度是最大的。容易了解,最脏污的部分在焊缝横断面分布的情况与焊缝的形状系数有密切关系。图 1—11 为两种形式的焊缝—— $\frac{B}{H} < 1$ 的窄缝: 和 $\frac{B}{H} > 3$ 的宽缝——脏污部分的分布情况。显然,从偏析的杂质分布的观点来看,宽缝是比较有利的。



图 1—8 在横断面上的
的焊缝结晶

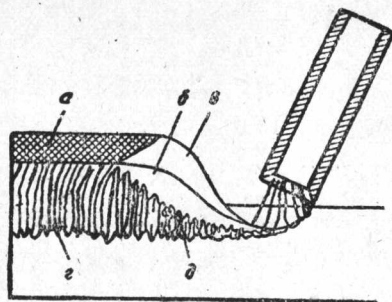


图 1—9 在纵断面上的焊缝结晶

a—固体金属；b—液体金属；
B—液体渣滓；r—溶化线；
d—气体及熔渣的出路。

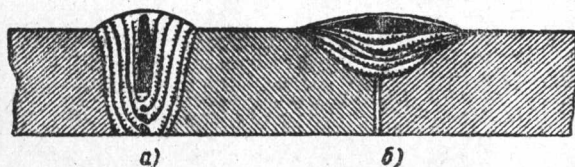


图 1—11 为杂质所脏污了的部分在窄缝
(a)和宽缝；(b)中的分布情况。

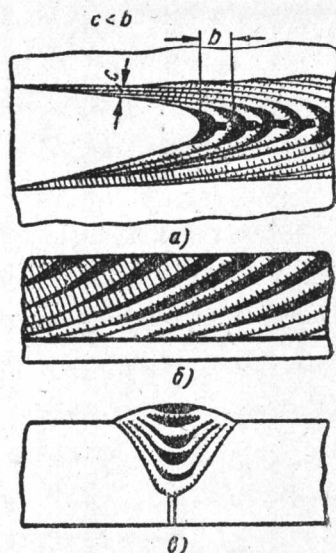


图 1—10 在对接焊缝中
结晶层的分布

a—在平面中的形状(去掉焊缝加
固)；b—纵断面；c—横断面。

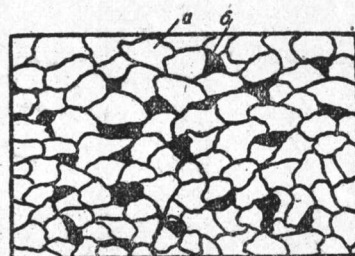


图 1—12 用优质焊条焊接的焊缝
金属显微组织图

a—纯铁体；b—珠光体部分。

随着焊缝的冷却，在柱状的一次结晶基体上产生二次结晶。冷却到常温下得到的二次组织为纯铁体基体上包含珠光体（碳素钢及合金钢焊缝冷却速度快时，焊缝组织得到托氏体，索氏体甚至马氏体）。二次结晶是等轴的，它的结晶面与柱状一次结晶方向是一致的。用优质焊条焊接低碳钢时焊缝得到细小的晶粒组织(图1—12)，柱状结晶组织几乎看不见。

总的来看，焊缝金属结晶有这样一些特点：(1)杂质的分布比较均匀；(2)由于熔池小，冷却速度大，焊缝具有细碎的晶粒组织；(3)晶粒生长轴线是一空间曲线。这些都保证了焊缝金属具有优于铸造组织(如钢锭)的强度和韧性。

三、焊缝金属结晶组织的改善

进一步改善结晶组织的方法有：

(1) 往焊缝金属中渗加 V, Ti, Al 等变质剂，使结晶组织细化。

(2) 热处理。对低碳钢焊缝可进行退火或正火。热处理同时可消除接头的内应力，改善母材近缝区的组织等。

(3) 用振动焊丝的方法, 例如振动电弧堆焊, 可以使结晶组织细化, 焊缝表面鳞片细而匀。同时, 振动有助于熔池中杂质及气体浮出。

第三节 焊接热过程及其对母材组织的影响

整个焊接过程是由两个局部过程组成的, 即: (1) 在焊缝区发生的过程。这在上节已经谈过; (2) 焊接热对母材近缝区的热作用过程。这是本节要讨论的。

在电弧移动的过程中, 焊缝和焊缝近旁母材的每一点都经受加热和冷却的热循环过程。与焊缝中心线距离相等的近缝区上各点的热循环过程是相同的; 只是时间先后不同 (图 1—13)。

一部分近缝区母材因受到焊缝热量的影响, 金属组织和机械性能发生了变化。这些发生了变化的受热区称为热影响区。

图 1—14 中画出对接接头某一横断面及其表面上的最高温度分布曲线, 在它的右边是一部分简化的铁碳平衡图:

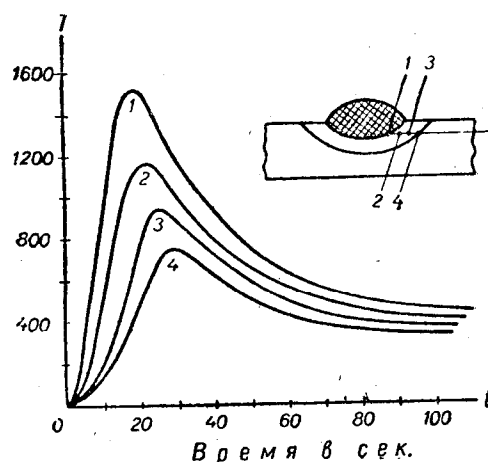


图 1—13 焊缝和母材热循环过程

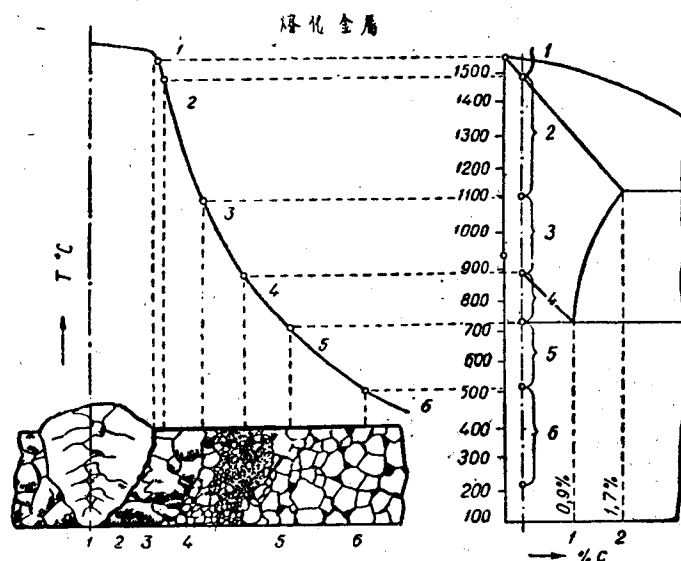


图 1—14 热影响区

1—不完全熔区; 2—过热区; 3—正火区;
4—部分相变区; 5—再结晶区; 6—兰脆性区。

曲线和平衡图的纵座标比例尺相同。

从平衡图上各点向左投影到焊件(母材)表面,就可看到1、2、3等不同组织的区域。

在热影响区内可以区别为以下几个组织区域:

1. **不完全熔化区** 系从熔敷金属转入基本金属的部分。当加热温度高时,它是由固相和液相混合组成。研究焊接接头的显微组织时,首先要注意这个区域的组织。这个区域常称为过渡区。这个区域的金属显微组织在相当大的程度上决定着焊接接头的强度。

2. **过热区** 由1,100℃到固相线是过热区。此区域的晶粒粗大,显著地过热时,特别是含碳很高的钢内形成魏氏组织。塑性差,冲击值约比原来金属降低25~30%。此区域是引起和滋长裂缝的地方。

3. **正火区** 由 A_{c_3} 到1,100℃称为正火区被加热到 A_{c_3} 以上的金属全部转变为奥氏体,冷却时则重新分解为细粒的铁素体与珠光体。细晶粒提高了该区的金属机械性能。

4. **部分相变区** 在 A_{c_1} 到 A_{c_3} 之间是部分相变区。金属加热到 A_{c_1} 时珠光体转变为奥氏体。冷却时,奥氏体分解为细粒的铁素体和珠光体。原来未溶解的铁素体仍保留原来的大小。因此,在这一区域内晶粒的大小是不均匀的,有大粒的铁素体和新分解的铁素体和珠光体。该区的机械性能比原来的低。

5. **再结晶区** 焊件如在焊前曾经冷加工或有塑性变形,那么在500℃附近的区域就会发生再结晶现象。一般焊件在焊前大都是退过火的组织,因此再结晶不会发生。

6. **兰脆性区** 兰脆性区从组织上看和基本金属没有任何区别。焊接时这一段基本金属被加热到200~500℃,因而在这个温度区间的金属塑性降低了。温度约在200~300℃时,钢的延伸率及冲击韧性有显著的降低。在某些情况下,可能促使焊缝产生裂纹。“兰脆”是由于金属加热到这种温度时发生兰脆而得名。

热影响区的大小影响到焊接接头的内应力、变形及机械性能。热影响区愈小愈好。热影响区和组织变化的程度决定于焊接规范和速度及焊接方法、焊件的化学成分等等。

不同焊接方法得到的热影响区宽度列于表1—1中。气焊时的热影响区最大。因而用裸焊条或电离涂料的焊条电弧焊及在熔剂层下自动电弧焊时,热影响区最小。在熔剂层下自动电弧焊其热影响区小的原因是由于焊接速度大。并由于局部的加热,热量传导到基本金属比较小的缘故。

表1—1

焊接类型及方法	各影响区平均大小(毫米)			全部影响区大小(毫米)
	过热区	正火区	部分相变区	
电 弧 焊				
优质焊条焊接	2.2	1.6	2.2	6
熔剂下自动焊	0.8~1.2	0.8~1.7	0.7	2.3~3.6
气 焊	21	4	2	27