

第一编 相关知识要求

第一章 焊接质量管理（基本知识之一）

第一节 企业质量管理体系的组织机构

在市场经济的社会中，质量是企业的生命，企业依靠自己的优质产品才能在激烈市场竞争中立于不败之地。这是大家共知的常识。

企业内部要建立一整套完整的质量管理体系去保证和促进工作质量，形成能稳定地生产出满足市场需要的优质产品。

一、质量管理体系

所谓质量管理体系就是我们常说的“质量管理网络”，它是根据产品质量形成、发展过程各环节的质量活动要求，确定企业各部门在质量管理方面的任务与职责，以及建立健全为执行和协调这些任务与职责所必要的专职机构和规章制度。

质量管理体系是一个活动体系，它是随着产品质量的形成过程而展开的。在整个活动过程中，它是管理的渠道。这个渠道是由两个路线组成，一个是“质量预防路线”，一个是“质量反馈路线”。我们进行质量管理的主要任务就是要保证这两个路线始终畅通无阻，一旦发生堵塞即有专职部门及时进行调整、协调、疏导。

二、质量管理体系的组织机构

建立质量管理体系必须要组织落实，组织落实就是设置机构、明确职责与权限，使质量管理活动有组织保证。

企业一般在厂长的直接领导下成立全面质量管理委员会或质量管理办公室。由副厂长、总工程师、质量管理部门负责人及其他有关部门负责人组成。它的任务是制定企业的质量目标，研究企业的质量政策和重大质量问题。车间、处室一级设立质量管理领导小组，班组设立质管员，并广泛开展质量管理活动。

企业中的一切管理部门和生产单位都是质量管理体系的组成部分，都必须参加有关的质量活动。企业应通过各种规章制度，特别是岗位责任制来明确各部门在质量管理活动中所必须完成的任务、承担的责任以及赋予的权限。图 1-1 为质量管理体系的组织形式及其任务和职责概要。

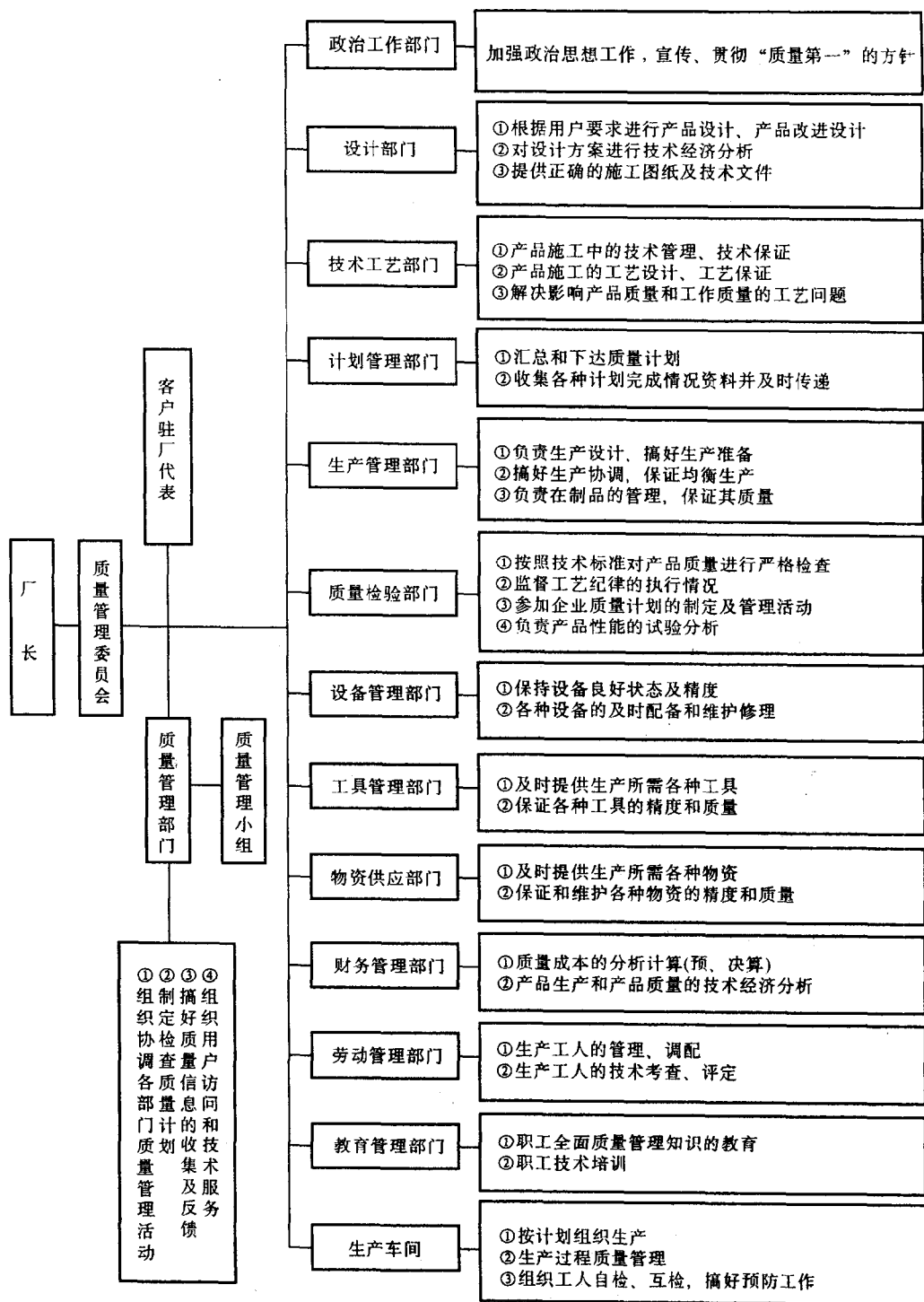


图 1-1 质量管理体系的组织形式 (概要)

第二节 焊接质量保证项目

随着焊接在船舶制造中的广泛应用,对船舶焊接的质量要求和质量管理也越来越受到人们的重视。在船舶工程中从过去依赖船级社的质量检查到转向现在的制造厂的自主质量管理,从而促进了造船焊接技术的发展和船舶焊接质量的科学管理。

焊接作为船舶制造的主要工艺之一具有自身的特殊性 首先是焊接接头的不均匀性(成分、组织及性能的不均匀性)其次是船体结构特性(同任何焊接金属结构物一样 结构的整体性和刚性)还有焊接缺陷的随机性 如果疏忽了有可能给船舶的运行造成不可预料的安全隐患。

因此 焊接质量管理的目的在于创造有利的条件确保产品质量 对可能出现的焊接缺陷给予有效的防止和处理。提高工作效率和降低生产成本以充分发挥企业的最大潜力。

下面就焊接质量保证项目分别叙述如下:

一、船用钢材的验收

凡是用于船舶制造的钢材,必须向取得船级社认可资格的制造厂订购,具备认可的船用钢材才能验收入库,入库时供应商须提供产品质量保证书。钢材管理人员必须对钢材的品种、规格、炉批号、出厂年月和船级社代号做详细的记录并分类有序存放。

钢材入库过程中还应对钢材表面质量做检查,检查钢材在储运过程中可能产生的外部缺陷,如表面腐蚀麻点等,情况严重可拒收或挑出进行处理。

对于重要的船体结构用钢入库后 还应对其化学成分、机械性能进行复查 复查结果的数据应符合“船规”要求并与供方提供的质保书无明显的差异。

各种钢材尽可能存放于仓库内或有蔽盖的场所 长期露天堆放容易锈蚀 对钢材的表面将造成较大的损害。

二、焊接材料的管理

1. 焊接材料的验收

凡是制造厂生产的船用焊接材料必须通过船级社的认可 每批焊接材料进厂 焊接材料管理人员应检查下列内容:①焊接材料制造厂提供的质量保证书和相应船检部门的印证。

材料的包装质量以及标明在材料包装盒上的牌号、规格、批号、出厂年月和经认可的船级社代号。

这里应指出的是碱性焊条和 CO_2 药芯焊丝的包装质量,一旦出现包装盒箱破损往往会殃及内部这些“易吸潮”的焊接材料 验收时应特别“关照”。

对于军品的焊接材料除质保书外 工厂有关部门必须根据有关技术条件对其工艺、力学性能和焊接金属化学成分进行复验。复检不合格者不准发放使用。

2. 焊接材料的保管

(1) 焊接材料的存入条件

焊条、焊丝、焊剂这类可能由于吸潮而影响焊接质量的焊接材料应存放于专用仓库内,库内的室温宜在 $10\sim 15^\circ\text{C}$ 相对湿度小于 50% 并且按品种、类型、规格等有序分类放置于

架子或木质垫板上（距离地或墙大于 300mm）以保持空气流通避免受潮。

(2) 焊接材料的管理

通常船厂中的焊接材料实行二级管理，即厂物资部门的总量管理以及车间管理。

焊接车间一般都有自己的焊接材料仓库和管理人员，按照月度生产要求领取一定数量的焊接材料并做好焊接材料的烘焙和发放工作。焊接材料管理过程见图 1-2。

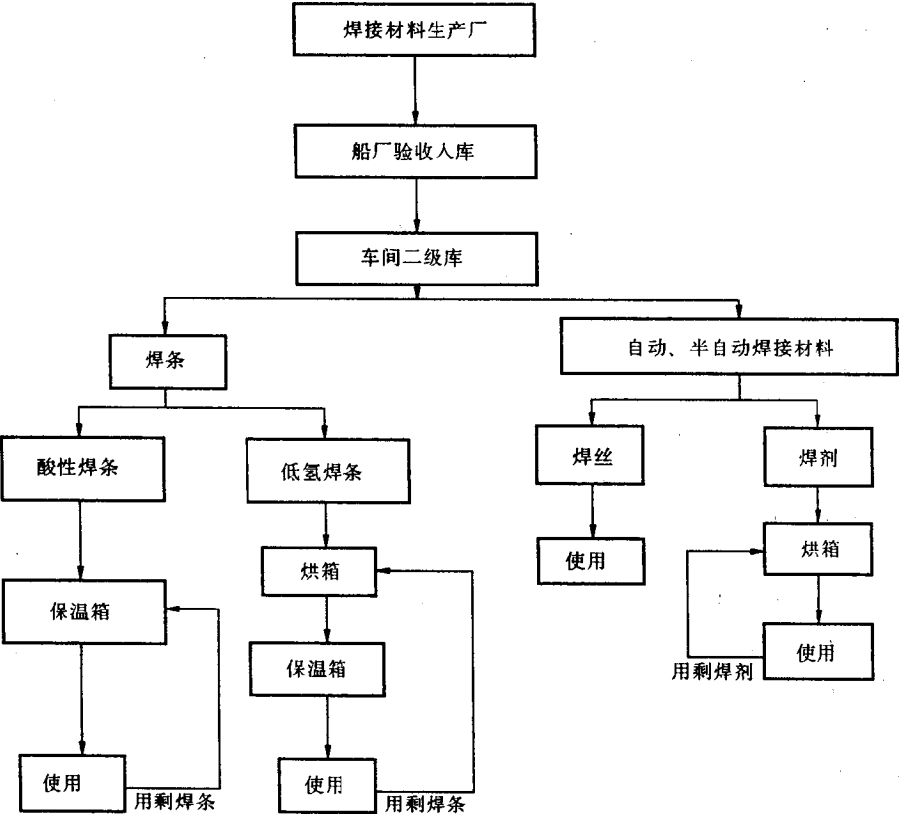


图 1-2 焊接材料的管理过程图

(3) 焊接材料的使用时限

焊接材料应定额发放 除了减少材料浪费外 更重要是减少使用过程中的吸潮几率 尤其是低氢碱性焊条 在重要的金属结构制造中除了规定须存入于保温筒外 还明确规定其使用时限。在正常使用条件下使用时限如表 1-1。

表 1-1 手工电焊条的干燥管理标准

电焊条种类	钢种	最大放置时间(h)		标准干燥条件
		管理目标	允许极限	
非低氢型焊条	一般强度钢	8	24	70~150℃, 30~60min
低氢型焊条	高强度钢	4	6	350~400℃, 2h

对于在现场放置时间超过允许时限的焊接材料应送回焊条间按照有关规定再次烘焙才能重新使用。

3. 关于保护气体

作为保护气体应具有一定的纯度 有害杂质过多 势必严重影响焊接质量。焊接常用的保护气体是氩气和二氧化碳气。

这两种保护气体的技术要求见表 1-2、表 1-3，焊接用的 CO_2 气体其纯度应 $\geq 99.5\%$ 。特别是 CO_2 气体中水分是最主要的有害物质。瓶装 CO_2 气体，当气压降低到 0.98MPa 以下时应不再使用。如继续使用，焊缝中将会产生气孔。而由槽车提供的 CO_2 气体纯度更高 含水量更低。

表 1-2 氩气的技术要求

指标名称	氩气(GB4842-82)	高纯度氩气(GB10624-89)		
	工业用氩	优等品	一级品	合格品
$\phi(\text{Ar})(\%) \geq (\text{氩含量})$	99.99	99.9996	99.9993	99.999
$\phi(\text{N}_2)(\times 10^{-6}) \leq (\text{氮含量})$	70	2	4	5
$\phi(\text{O}_2)(\times 10^{-6}) \leq (\text{氧含量})$	10	1	1	2
$\phi(\text{H}_2)(\times 10^{-6}) \leq (\text{氢含量})$	5	0.5	1	1
$\phi(\text{CH}_4)(\times 10^{-6}) \leq$ (总含碳量,以甲烷计)	10	0.5	1	2
$\omega(\text{H}_2\text{O})(\times 10^{-6}) \leq (\text{水分含量})$	20	1	2.6	4

注:1. 气体的含量用‘体积分数’表示 符号为 ϕ ;水的含量用‘质量分数’表示 符号为 ω ,下同。
2.作为焊接用保护气体 一般要求纯度 体积分数 为 $99.9\% \sim 99.999\%$ 的范围，此与被焊母材的种类、性能及对焊接接头的质量要求有关。一般来说，焊接活泼金属时，为防止金属在焊接过程中氧化、氮化 降低焊接接头质量 应选用高纯度氩气。

表 1-3 工业液体二氧化碳技术要求 (摘自 GB6052-85)

指标名称	I 类	II 类		
		一级	二级	三级
$\phi(\text{CO}_2)(\%)(\text{CO}_2 \text{ 含量})$	≥ 99.8	≥ 99.5	≥ 99.0	≥ 99.0
$\omega(\text{H}_2\text{O})(\%) \leq (\text{水分含量})$	0.005	0.05	0.10	—
气 味	无异嗅	—	—	—

三、焊工技能管理

焊工是船舶建造的关键工种之一，各国船级社的规范中都有关于焊工考试规则的规定。只有经过专业培训并通过船级社考试取得合格证书的焊工才能担任船舶焊接的相应工作。

1.焊工培训和考试程序

- (1)焊工入学资格审核。
- (2)应知理论知识的培训并考试，合格者才能转入技能培训。

(3) 按规定项目进行技能训练并经船级社考试，合格者发给合格证书。

2. 焊工培训

培训可按初级工、中级工、高级工等不同等级进行，也可按各种焊接方法、特殊钢种或特殊接头的型式等进行单项培训。培训包括理论教学和技能训练两项内容。

3. 焊工考试

(1) 船级社考试

船级社考试主要对象是 CO_2 气体保护焊工及手工电弧焊工，实际上属于上岗证考试，通过考试合格者由有关船级社发证，可以从事不同类别对应的船舶焊接工作。

(2) 技能等级考试

船舶电焊工还必须参加劳动部门规定的技能等级考试，作为衡量焊工技能等级的依据，它分为初级工、中级工、高级工三个等级，再往上升的还有技师和高级技师。考试合格者由劳动部门或其委托的技能鉴定部门发证。

(3) 工厂内部的考试

对于自动焊之类的操作工，由于人的因素影响较少，所以各国船级社都没有关于自动焊工考试的规定，只要求工厂通过焊接工艺认可试验来证明工厂的设备、人员技术等级状态良好。

但是船厂有时也承接钢结构类型（非船产品）的制造任务，业主和监造部门有时也要检查自动焊工合格证书，所以船厂也应自行制定内部的考试规则进行考试，由厂焊工考试委员会发证。

4. 合格证书及有效期

船级社发的焊工合格证书除了注明持证者技术类别以及所能从事的工作范围（钢材等级、板厚、焊接位置等）外，还注明了合格证的有效期限（3年）。到期的焊工必须再次参加考试取证。对那些一直从事焊接操作、质量优良、有记录资料的焊工可以提出直接转期的申请免于考试。而对于中断焊接操作时间超过六个月的焊工则应重新进行考试。

四、焊接设备与装置的管理

随着高效率焊接新技术的全面推广应用，日趋精密复杂的现代化焊接设备与装置数量逐年增加。为了发挥其功能，除了提高使用者——焊工的科技文化素质外，很重要的一环是做好管理、维护和保养工作。

1. 焊接设备与装置的管理

目前船厂的焊接设备与装置不仅数量多、种类多，而且技术含量也高，需要有一专门的机构从事焊接设备与装置的管理工作，掌握焊接与装置的布置、利用率和故障率等动态，做好零配件的购置、设备的更新计划等。

2. 焊接设备与装置的维修

如上所述，目前船厂所拥有的焊接设备与装置是较先进的，其中电子元器件不少，机械化、自动化程度较高。一方面为提高焊接质量提供保证，另一方面一旦出现故障只能由专业维修人员排除，因此造就一支维修技术过硬的维修队伍是十分必要的。

3. 焊接设备的保养

造船作业露天多，所以焊接设备所处的环境相对比较差（风吹雨淋、烟尘众多），因此做好保养工作是保证设备与装置处于良好状态，延长工作寿命的有效措施。

五、焊接施工管理

主要项目有焊接条件、焊接顺序、高强钢的施工 还应对清根和雨天、低温条件下焊接等进行管理 后面详述)

第三节 焊接工艺认可试验

一、焊接工艺认可的意义和目的

焊接工艺认可试验是具体条件下的工艺试验 它是根据产品结构特点、技术条件要求和施工条件, 参照有关标准进行的焊接工艺试验。

在进行焊接工艺认可试验时 若焊接接头性能不合格, 一般可以改变工艺重新进行认可试验, 直至试验合格为止。这样就可以获得可靠的焊接工艺去指导生产, 避免了产品的质量事故的发生, 对确保产品质量具有重要的意义。所以各国的船级社在各自的规范中都对“焊接工艺认可试验”程序的要求作出专门的规定。

通过焊接工艺认可试验, 验证了焊接工艺的正确性和可靠性, 掌握了依据确定的焊接工艺去焊接的接头性能符合产品的质量要求, 同时也反映了工厂建造船舶及其他金属结构的能力 工厂的设施 人员的技术状态 焊接技术水平等)

焊接工艺认可试验是在产品正式生产前进行的, 对影响焊接接头性能的工艺参数、工艺措施进行充分的试验, 然后得出符合规范要求的焊接工艺主动去指导生产。因此它不同于产品的焊接试板, 因为产品焊接试板是在产品的生产过程中或之后进行试验的, 起着了解产品焊接接头性能的作用, 若不合格则要考虑返修焊缝, 严重的要报废产品。

二、焊接工艺认可试验的内容及其程序

1. 焊接工艺认可试验计划的编制

在进行焊接生产之前, 工厂应制定详细的焊接工艺规程即认可试验计划, 送船级社审批, 经船级社批准后方能进行工艺认可试验。提交认可的焊接工艺规程应包括:

- (1) 焊接工艺方法。
- (2) 钢材级别、钢板厚度及其应用范围。
- (3) 接头坡口设计和加工要求。
- (4) 焊道布置和焊接顺序。
- (5) 焊接位置 (平、立、横、仰焊等)
- (6) 焊接材料的牌号、船级社认可级别和规格。
- (7) 焊接设备型号。
- (8) 焊接参数 (焊接电流、电弧电压和焊接速度等)
- (9) 预热、层间温度和焊后热处理及消除应力措施。
- (10) 检验项目及试样尺寸和数量。

2. 焊接工艺认可试验过程

焊接工艺认可试验计划经船级社审批后即可进行正式认可试验, 并应有验船师在场监

督情况下进行试件的装配、焊接和力学性能测试。力学性能试验合格后，验船师应在试验报告上签字。

3. 编制焊接工艺认可试验报告

试验全部合格后，编制认可试验报告，该报告除了在认可试验计划中已叙述的内容外，尚须作如下补充：

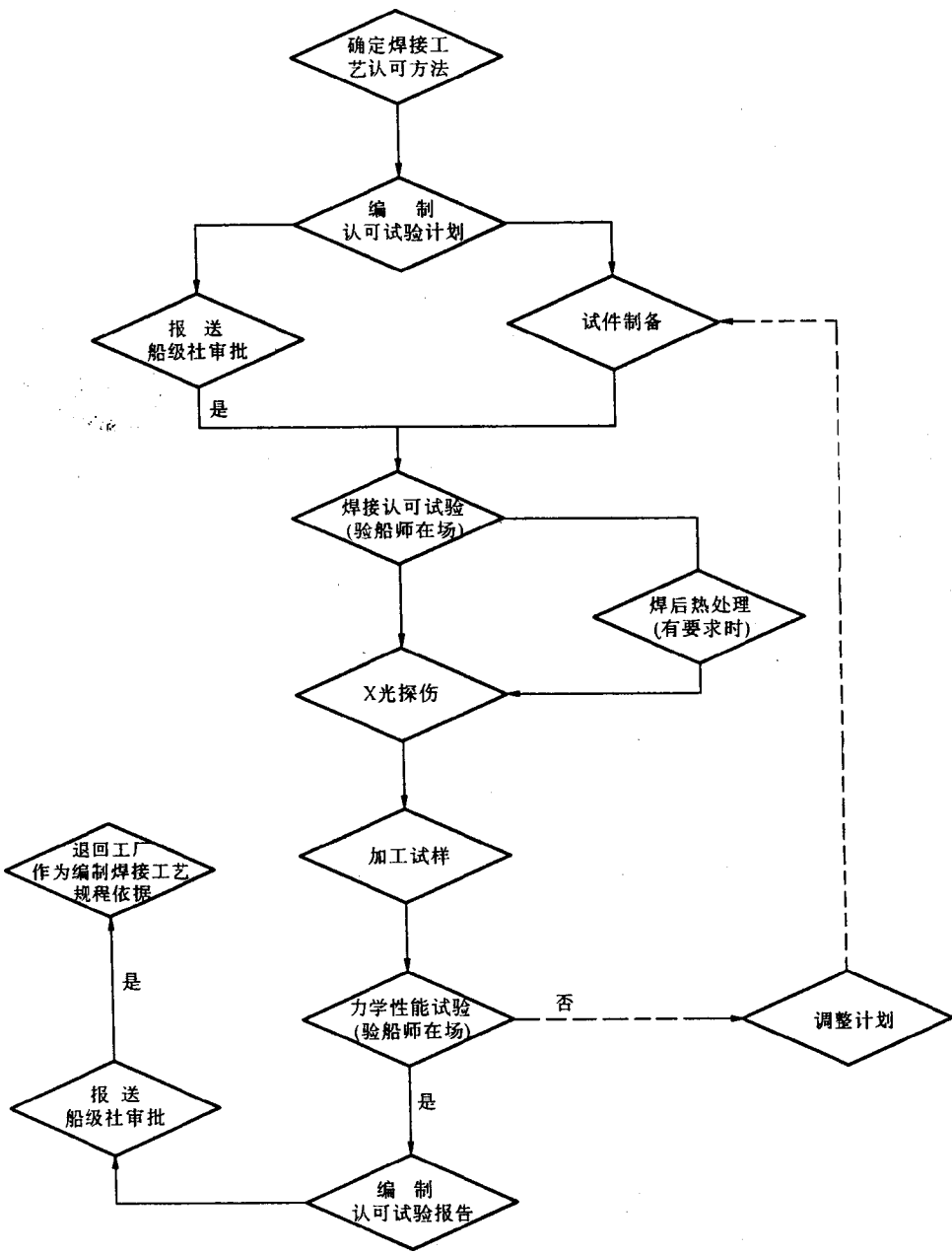


图 1-3 焊接工艺认可试验框图

- (1)焊接试验及力学性能试验的日期和地点。
- (2)由验船师签过字的力学性能试验报告。
- (3)试件全长的焊缝外形照片及 X射线探伤照片和报告。
- (4)焊接接头的宏观或显微硬度测定。
- (5)母材及焊接材料的质量保证书。
- (6)力学性能测试后的试样外观照片。

4. 编制焊接工艺规程

焊接工艺认可试验报告报送船级社审批、认可后退回工厂。依据已认可的焊接工艺试验报告、工厂的实践经验和工艺人员的基本知识,结合具体产品,编制焊接工艺规程,作为船舶建造的工艺文件。

5.焊接工艺认可试验的具体步骤如图 1-3 所示。

第四节 焊接工艺规程

焊接工艺规程是指导焊工按法规要求焊制产品焊缝的工艺文件,一份完整的焊接工艺规程应列出为完成符合质量要求的焊缝所必需焊接工艺条件、工艺参数、工艺措施。

1.焊接方法的确定

根据产品图纸和工厂现有的焊接方法,在兼顾质量和效益的前提下,确定焊接方法和应用部位,并在图纸上注明或用文件形式表达。

2.焊接材料

焊接材料的选用应与母材相匹配,对低碳钢一般按熔敷金属与母材等强度的原则选择焊接材料。对低合金高强度结构钢一般应按熔敷金属与母材等强或略高于母材(不应高出 50MPa),同时考虑韧性、塑性等指标选择焊接材料。两种不同强度等级的钢材焊接时一般选用与低强度钢材相适应的焊接材料。异种钢(性能差别较大)焊接时应参照有关手册合理选用。

3.坡口形式与加工

焊接结构中构件的坡口形式应尽可能与图纸相符,如要作修改须征得设计部门与验船师、业主的同意,同时应保持其特性不变(如深熔焊或全焊透)。若图纸只提要求不作具体规定,只标焊缝符号,则应根据工厂有关标准规定确定坡口形式与尺寸。

坡口一般是采用机械加工或火焰、等离子弧切割加工。前者加工的坡口形状与尺寸精度比较高。但成本也较高。应用面最广的还是后者。氧-乙炔火焰数控自动切割机和等离子弧自动切割机的大量应用既提高工效也能保证坡口的形状与尺寸要求。

4.构件的定位焊

构件定位焊前,一般须对接头坡口及两侧 30~50mm 范围的进行清理,清除熔渣、氧化皮、锈迹、油污及水分等有害杂质。

构件定位焊时应采用与正式焊接相同或同等材质的焊条(或气体保护焊丝)。定位焊的焊缝规格应小于正式焊缝(即不宜大于正式焊缝的 $\frac{2}{3}$)。其长度和间距视母材厚度、结构形式和拘束来确定,无特别规定时可按有关通用技术文件规定执行。一般长度为 30~50mm,间

距为 150~200mm。

定位焊工作须由持合格证的焊工或装配工施焊，若在构件拼缝处定位焊或在坡口内定位焊则须保证定位焊缝的质量，不得出现裂纹、气孔、夹渣等缺陷。若用“马板”进行定位焊，则须保证“马板”的刚性和定位焊缝的承载能力。

在构件对接缝两端为防止未焊透、未熔合等缺陷，须设置与母材同材质的引出板。引出板的坡口形式和板厚原则上与对接缝相同。引出板的长度，手工电弧焊时为 30~50mm，半自动焊时为 40~60mm，自动焊时为 100~150mm。

构件定位时应尽可能用胎夹具，以有效保证定位精度和控制定位焊时的变形。

5. 预热

预热的目的是为了降低冷却速度，改善焊接接头的组织和性能，有利于氢的析出，达到防止冷裂纹的形成。

焊接需预热应根据钢材品质、板厚、结构的拘束度以及周围环境条件等因素综合考虑。

钢材中碳和合金元素对焊接性影响很大，一般是以碳当量法来估算：

$$[C] = C + \frac{Mn}{6} + \frac{1}{5}(Cr + Mn + V) + \frac{1}{15}(Ni + Cu)$$

当 $[C] \leq 0.4\%$ 时，焊接性较好，可以不预热。

$[C] > 0.4\%$ 时，应适当考虑预热。

$[C] > 0.45\%$ 时，应该预热。

碳素结构钢厚度大于 50mm，低合金高强度结构钢厚度大于 36mm 时，应该预热。

结构的拘束度较大，周围环境较冷的条件下，也应考虑预热。

预热温度一般来说，碳素结构钢约 100℃ 左右，低合金高强度结构钢约 150℃ 左右。

船体结构庞大，一般都采用局部加热方法，预热区域在焊道两侧其宽度各为焊件厚度的 2 倍以上，且不应小于 100mm，温度测量点在 75mm 处。

对于需要预热的焊件其定位焊（包括后来的焊接返修处）的预热温度应高于正常预热温度 50℃ 左右，预热区域也应适当加宽，以防止定位焊冷裂发生。

6. 拼缝状态检查

施焊前应对拼缝的装配质量（坡口形状及尺寸、间隙等）和焊接区域的清理情况进行检查。属于重要焊缝的有时必须经有关质量监督人员、监造师或业主复查。

7. 焊接工艺参数的确定

焊接工艺参数包括焊接电流、电弧电压、焊接速度、电极直径、保护气体的流量等，必须在正式焊接前调试到位，各种参数在调试和正式焊接过程中只允许在一定范围内波动。如发现状态不稳定，波动较大可能影响到焊接质量时，应找出原因，直至排除影响因素。

8. 焊接方向和焊接顺序

遵守正确的焊接方向和焊接顺序是十分必要的。焊接方向的原则是由里向外焊，左右对称焊，可能时也可以采用逐步退焊法和分段跳焊法。焊接顺序的原则是先焊板材对接缝，再焊型材对接缝，再焊型材间角接缝，最后焊板材与型材间的角接缝。此外还应注意以下三种情况：（1）应先焊收缩量比较大的焊缝，同时在焊接方向上应指向焊缝的自由端。（2）应先焊工作时受力较大的焊缝，这样能使先焊的焊缝获得残余压应力或较小的残余拉应力。（3）在拼接缝中应先焊拼板的端接缝（短焊缝），后焊拼板的边接缝（直通长焊缝）。

9. 引弧和收弧

引弧时由于电弧对母材的加热不足 易产生熔合不良、气孔和夹渣等缺陷 因此引弧点应在焊接处前方 15~20mm 的焊道内 电弧稳定燃烧后移至焊接处开始焊接 不得在非焊接区域的母材上引弧, 并防止电弧击伤母材表面留下伤痕。

当电弧因故须中断或已至焊缝端部须收弧时 应防止出现弧坑裂纹 无论采用何种焊接方法收弧时的弧坑必须填满。

10. 清根工作

要求焊透的双面焊缝(对接焊缝、T 型接缝及角接缝)采用焊条手工电弧焊时 在正面焊缝焊妥后背面焊缝焊接前应彻底清根。但采用埋弧自动焊时, 在保证焊透的前提下可以采用局部清根或不清根。

11. 衬垫焊

采用单面焊接双面成型工艺时 往往用陶质衬垫 临时衬垫 或扁铁衬垫(永久性衬垫), 其拼缝的坡口形式、尺寸及间隙都必须符合有关规范要求, 尤其衬垫与母材之间接合必须紧密。

12. 部分焊透的焊接

要求部分焊透的焊接焊前须检查坡口角度和深度以确保所要求的焊透深度, 当采用焊条手工电弧焊时打底焊宜用小直径焊条($\phi 3.2$)。

13. 焊层间的叠缝要求

多层多道施焊过程中, 在焊缝连接处的焊层与焊层间应错开 30~50mm 形成阶梯过渡。如图 1-4 所示。

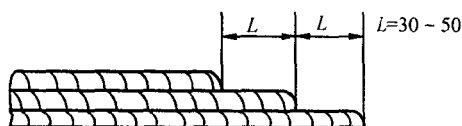


图 1-4 叠缝要求

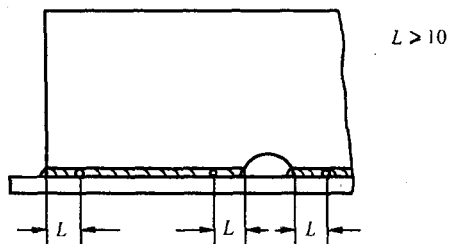


图 1-5 包角焊要求

14 包角焊

构件上的角焊缝在构件端部处或开孔处连续包角焊的起弧、熄弧点不宜在端部或开孔处 距离 $L \geq 10\text{mm}$ 见图 1-5 所示。

15 层间温度和焊后热处理

凡是需要预热的构件在焊接过程中都应注意层间温度问题, 层间温度一般等于或略高于预热温度 低合金高强度结构钢构件焊后应缓冷避免冷裂 至于是否需要去氢处理或热处理 应根据技术要求而定。

16. 天气、气温及其他

雨雪天因母材表面潮湿 相对湿度 $> 80\%$ 不得进行露天焊接 采取措施后也必须对焊接区加热去潮方可焊接。

冬天气温偏低，当低于规定的温度范围时不得进行焊接，如果采取有效的加热和保温措施后征得有关部门同意 允许进行焊接。

当采用 CO_2 气体保护半自动焊时，当周围风速大于 2m/s 时（相当于 2 级风力）原则应停止焊接，若采用有效的防风措施后可以进行焊接。

17. 超差的处理

焊接结构件的制造过程中绝大多数是经过火焰切割和电弧焊接这些工艺程序，结构件受到不均匀的加热和冷却，构件变形是客观存在的。因此构件的精度和互换性大大不如机加工件。船体制造又是个系统工程，积累误差也比较大。船体结构件数目繁多，形状变化大，难免出现偏差。因此组装过程中超差是难免的。

船体结构比较大，与机加工的零件有所不同，不会因局部的偏差而报废，允许通过合理的处理来修正。因此工厂都制定了超差处理办法（厂级标准）在不影响产品质量的前提下用较少的代价来满足产品的要求。

第五节 焊接接头的外形尺寸及控制

焊接接头的基本形式有四种，即对接接头、T 形接头、角接头和搭接接头。形成这些接头的焊缝不外乎只有二种即对接焊缝和角焊缝，所以对焊接接头的外形尺寸控制，实质上就是对焊缝的形状和尺寸控制。

一、焊缝表面外形的基本要求

1. 焊缝表面外形应光顺，焊波均匀，焊缝与焊缝、焊缝与基本金属之间应平缓过渡，不得有截面突然变化。

2. 焊缝的侧面角 θ 应小于 90° 如图 1-6。

3. 在焊道长度 25mm 范围内，焊缝表面高度差 $a-b$ 不得大于 2mm 如图 1-7。

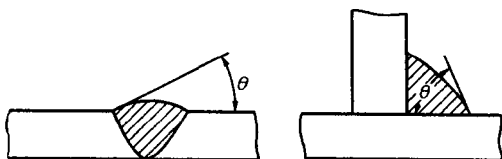


图 1-6 焊缝侧面角示意图

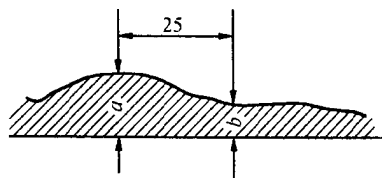


图 1-7 焊缝表面高低差示意图

4. 对接焊缝焊道宽度差在 100mm 范围内不得大于 5mm 。如图 1-8。

5. 多层多道焊缝表面重叠焊道相交处下凹深度不得大于 1.5mm 。如图 1-9。

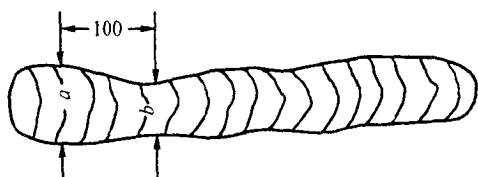


图 1-8 焊缝宽度差示意图

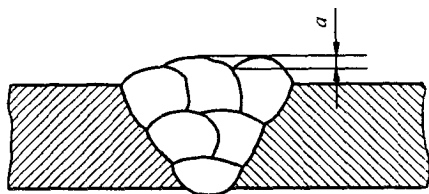


图 1-9 焊缝表面下凹深度(多道焊)

二、开坡口对接接头的焊缝宽度尺寸

焊缝的宽度尺寸应大于坡口上边缘宽度,比较合适的范围是: B (焊缝宽度) $=b+4$ 。其中 b 为坡口上边缘的实际宽度 如图 1-10。

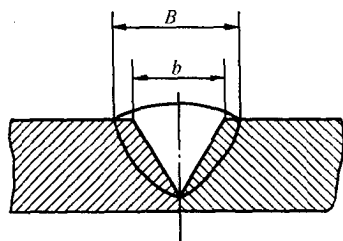


图 1-10

三、角焊缝的焊脚尺寸

1. 不要求开坡口的角焊缝其焊脚尺寸 $K=(1\pm 0.1)K_0$ 其中 K_0 为图纸标注焊脚, K 为实际焊脚。

2. 要求焊透的 T 形焊接接头、角接接头的角焊缝其焊脚尺寸 K (翼缘处) 不应小于 $\frac{1}{4}t$ (t 为开坡口的腹板厚度), 对于重级工作制的结构 $K_1=\frac{1}{2}t$ 且不应大于 10mm。焊脚尺寸 K (在腹板处) $=b$ (坡口上边缘高度) $+2$ 见图 1-11。

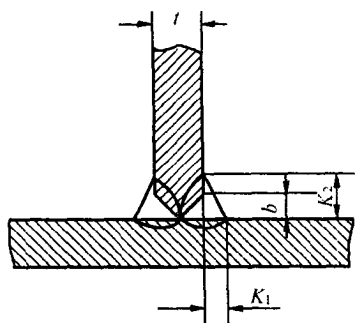


图 1-11 角焊缝焊脚

四、焊缝余高(增强高) C

1. 对接焊缝

除特别规定外 焊缝增强量不宜过大 并应光顺过渡至母材表面。根据 GB236-82 标准规定:一、二级焊缝表面增强量高度 $C\leq 1+0.1b$ (b 为焊缝宽 且最大值为 3mm 并不得有凹面值。三、四级焊缝表面增强量高度 $C\leq 1+0.2b$ 且最大值为 5mm, 且凹面值 ≤ 0.5 mm。所谓一级焊缝一般指用于动载受拉等强的对接焊缝, 二级焊缝是适用于静载受拉受压的等强焊缝, 这两类焊缝都是结构的关键连接焊缝。三、四级焊缝属于受力较小的一般焊缝。

2. 角焊缝

角焊缝的表面凸度 C 值见图 1-12 不得超过该焊缝表面宽度值的 $7\%b+1.5$ mm。施焊时一般控制在 0.5~3mm。

要求焊成凹形角焊缝的(船形位置或下引焊)则

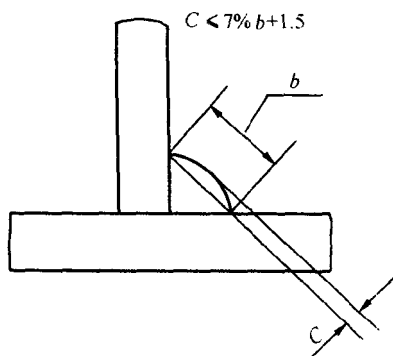


图 1-12 角焊缝余高

应将焊脚尺寸适当放大一些 确保焊喉 $\geq 0.7K$ 见图 1-13。

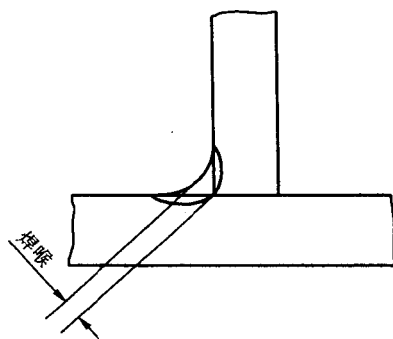


图 1-13 角焊缝焊喉

第二章 焊接接头裂纹试验方法（基本知识之二）

评定母材焊接性试验方法很多，常用的有十几种，由于焊接裂纹是焊接接头中最危险的缺陷，所以用得最多的是焊接裂纹试验。

一、焊接冷裂纹敏感性试验方法

1. 斜 Y 形坡口焊接冷裂纹试验方法

这是属于自拘束试验，即试件焊接时，由于试件本身的巨大刚性造成焊缝和热影响区产生巨大的拘束应力，试验时不必另外施加外载。适用于碳钢和低合金高强度钢。

(1) 试件的制备

试件的形状和尺寸如图 1-14 所示，试件的坡口采用机械切削加工。

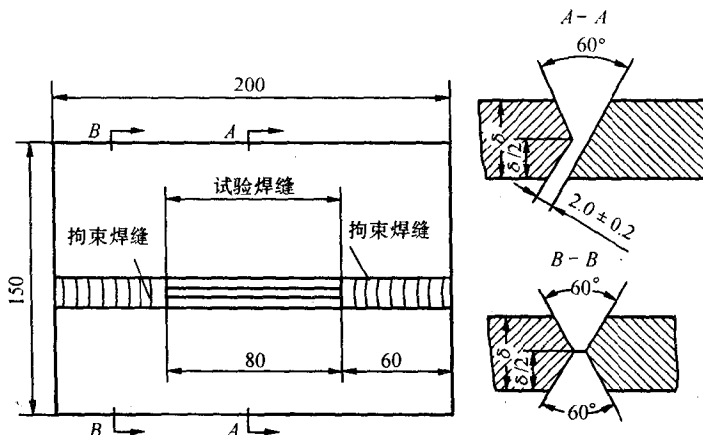


图 1-14 斜 Y 形坡口焊接裂纹试验试件的形状和尺寸

(2) 试验条件

试验采用与试验的钢材相匹配的低碳钢或低合金高强钢焊条，焊前要严格进行烘焙。拘束焊缝采用双面焊接，注意不要产生角变形和未焊透。根据不同试验目的，可以在不同温度下施焊。当试件达到试验温度后，原则上以标准规范进行试验焊缝的焊接。

(3) 试验步骤

按图 1-15 所示装配试验件，先焊拘束焊缝。当采用手工电弧焊时，试验焊缝按图所示进行焊接。当采用自动送进装置焊接时，按图 1-16 所示进行。焊后放置 48 小时，进行裂纹检测和解剖。

(4) 检测裂纹及裂纹率的计算方法

用肉眼或手持放大镜来检查焊接接头的表面和断面是否有裂纹，并按下列方法分别计算表面裂纹率、根部裂纹率和断面裂纹率。

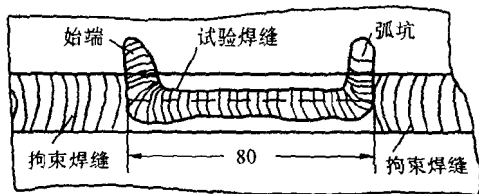


图 1-15 手弧焊时的试验焊缝

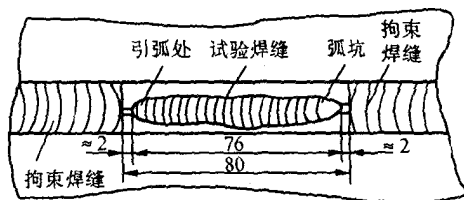


图 1-16 采用自动送进装置焊接的试验焊缝

a 表面裂纹率

$$C_f = \frac{\sum L_f}{L} \times 100\%$$

式中 C_f ——表面裂纹率 (%) ;
 $\sum L_f$ ——表面裂纹的长度之和 (见图 1-17a)(mm) ;
 L ——试验焊缝长度(mm)。

b. 根部裂纹率

采用试件着色的方法 然后拉断 并按下式计算出根部裂纹率:

$$C_r = \frac{\sum L_r}{L} \times 100\%$$

式中 C_r ——根部裂纹率 (%) ;
 $\sum L_r$ ——根部裂纹长度之和 (见图 1-17b)(mm)。

c. 断面裂纹率

在试验焊缝上切出同样厚度的试件 4~6 块 检查 5 个断面上的裂纹深 见图 1-17c), 按下式计算断面裂纹率:

$$C_s = \frac{\sum H_s}{5H} \times 100\%$$

式中 C_s ——断面裂纹率 (%) ;
 $\sum H_s$ ——断面裂纹深度的总和 (mm);
 H ——焊缝的最小厚度 (mm)。

这种试验方法由于试件的两端被固定 对试验焊缝有较大的拘束作用 其拘束程度往往比实际结构 如球罐、船体、桥梁等 的长焊缝还大 所以一般情况下 只要裂纹总长小于焊缝长度的 20% , 在实际生产中就不致发生裂纹。

2. 插销焊接冷裂纹试验

这是属于外拘束试验, 即必须外加巨大的拘束应力, 来模拟焊接接头施焊时的应力状态、应变形态 甚至氢和组织状态。

插销冷裂纹试验是一种简便而省材料的试验方法 其特点是试验材料消耗少 接近实际焊接热循环条件, 焊后不需大量解剖检查工作量以及可以对材料的任意方向进行冷裂纹敏

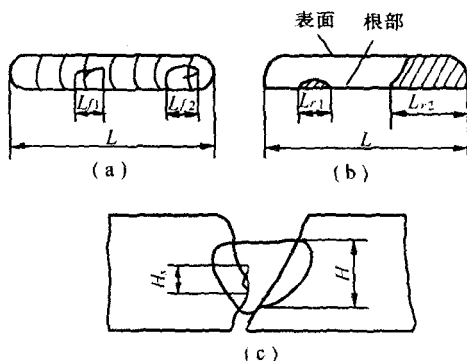


图 1-17 试样裂纹长度的计算
a)表面裂纹;b)根部裂纹;c)断面裂纹

感性测试。

(1) 试件的制备

被试的钢材加工成圆柱形试件(即插销)其缺口有环形和螺旋形两种(圆柱的直径为 8mm 也可 6mm) 缺口深度为 0.5mm 缺口角度为 40° 缺口根部半径为 0.1mm。

试验用的底板其形状和尺寸如图 1-18 所示 在底板上钻 4 只孔 孔径与圆柱的直径相吻合 孔的位置处于底板中心线上 孔的间距为 33mm。底板材料应与被研究材料相同或两者物理参数基本一致。

(2) 试验条件

先将插销插入底孔中,而缺口应位于热影响区的过热区内,如图 1-19 所示。

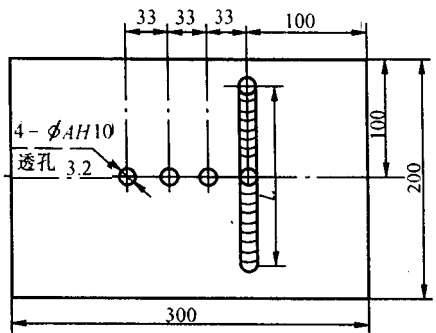


图 1-18 插销试验底板形状和尺寸

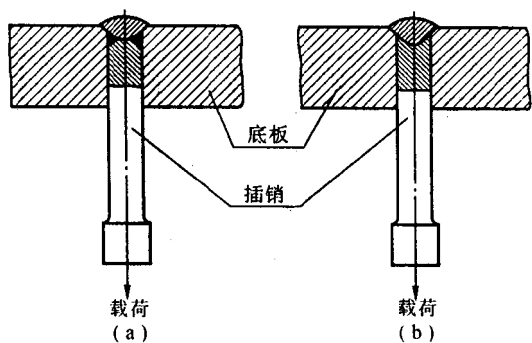


图 1-19 插销冷裂纹试验示意图
(a) 环形缺口试样 ;(b) 螺旋形缺口试样

(3) 试验步骤

试验时在底板上堆焊焊道,焊道的焊接方向垂直于底板的纵向、焊缝长度为 100~150mm 同组试验中焊缝长度应相等 焊道应通过插销孔。

当试件冷却到比初始温度高出 50~70℃ 但应不低于 100 时 给插销施加所需的轴向拉伸静载荷并保持这一载荷,直至试件断裂。

(4) 试验结果(敏感性分析)

本试验要做一组试样,施加不同的拉伸载荷,经过不同的时间后发生裂纹以及断裂,这样可以得出一个临界应力,在这个应力作用下,无论持续多长时间,插销都不发生裂纹或断裂,临界应力的大小可以作为材料冷裂倾向的比较参量,临界应力小为材料冷裂倾向大。

二、焊接热裂纹敏感性试验方法

1. 压板对接焊接热裂纹试验

本试验主要适用于低碳钢、低合金高强钢等焊条的焊接裂纹试验。也是刚性固定裂纹试验的一种型式,对测定焊缝热裂纹敏感性较为灵敏。

试验所用的装置如图 1-20 所示 由 C 形拘束框架等六个部分组成。

(1) 试件的制备

试件的尺寸如图 1-21 所示 坡口为 I 型 采用机械加工。