

汽轮机焊接工艺评定

1 主题内容与适用范围

本标准规定了汽轮机重要焊接结构制造前进行焊接工艺评定的方法。通过评定试件的焊接试验,检测焊接接头的性能是否满足产品的设计要求,对拟定的焊接工艺进行验证。

本标准适用于汽轮机重要焊接结构(除给水加热外)制造中的气焊、手工电弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护焊、钨极惰性气体保护焊、电渣焊、堆焊和螺柱焊的焊接工艺评定。

2 引用标准

GB 150	钢制压力容器
GB 2651	焊接接头拉伸试验法
JB 1152	锅炉钢制压力容器对接焊缝超声波探伤
JB 3965	钢制压力容器磁粉探伤
GB 2653	焊接接头弯曲及压扁试验法
GB 230	金属洛氏硬度试验方法
GB 231	金属布氏硬度试验方法
GB 226	钢的低倍组织及缺陷酸蚀试验法
GB 223	钢铁及合金化学分析方法
YB 28	金属显微组织检验法
GB 2649	焊接接头机械性能试验取样法
GB 3323	钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级
JB 3144	锅炉大口径管座角焊缝超声波探伤
GB 2650	焊接接头冲击试验法
GB 2106	金属夏比(V型缺口)冲击试验方法
ZB Y 230	A型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件

3 评定规则

3.1 焊工

焊接工艺评定的试件应由熟练焊工施焊。

3.2 设备和仪器仪表

焊接工艺评定所用的设备和检测仪器仪表,应处在正常工作状态,并应定期进行检查和标定。

3.3 试件

3.3.1 焊接工艺评定用试件的材料、坡口形式、焊接材料、焊接设备及工艺条件应根据所代表的产品进行选择。

3.3.2 试件的尺寸和数量应满足制备力学性能、金相检验和化学成分分析等试样的要求。

3.3.3 试件焊成后,应对焊缝进行外观检查 and 无损探伤,检查合格后方可取样。若有焊后热处理要求时,该热处理应在无损探伤前进行。

3.3.4 对焊接工艺评定试件上的焊缝不允许修正。

3.3.5 试件上截取试样应按本标准 5.2 条规定。

3.4 焊接方法和组合焊接

3.4.1 经评定合格的焊接工艺仅适用于评定时所用的焊接方法。

3.4.2 在同一条焊缝的焊接工艺使用多种焊接方法(或焊接工艺)时,焊接工艺评定可按每种焊接方法(或焊接工艺)分别进行评定,也可使用多种焊接方法(或焊接工艺)组合评定。

3.4.3 采用组合焊接评定时,应按试件厚度确定工件最大的厚度适用范围。

3.4.4 经评定合格的组合焊接工艺,可以取消其中任一种或几种焊接方法(或焊接工艺),也可以单独使用其中任一种焊接方法,但应保证剩余的每一种焊接方法(或焊接工艺)所焊得的熔敷金属厚度都在各自的评定的厚度适用范围内。

3.4.5 组合焊接时,对根部熔敷金属(包括打底或封底焊道)的焊接工艺评定,若单独进行,则采用厚度不小于 13 mm 的对接焊缝试件。

3.5 焊缝型式和焊接接头

3.5.1 焊缝型式包括对接焊缝、角焊缝、堆焊焊缝和螺柱焊缝。

3.5.2 对接焊缝分为对接接头对接焊缝和 T 型接头对接焊缝(见附录 A 中图 A1、图 A2)

3.5.3 角焊缝指不要求全焊透的各种接头角焊缝(见附录 A 中图 A3)。

3.5.4 堆焊焊缝包括耐磨堆焊层和耐蚀堆焊层两种(见附件 A 中图 A4)。

3.5.5 螺柱焊焊缝指要求承受载荷的螺柱焊焊缝。

3.6 焊接位置

评定时采用的焊接位置称为评定用位置。评定用位置型式和代号按附录 B。

3.7 评定参数

3.7.1 焊接工艺评定参数按其对接头的力学性能影响程度不同,分为重要参数、附加重要参数和非重要参数。

3.7.2 重要参数是指影响焊接接头的力学性能(不包括冲击韧性)的焊接条件。

3.7.3 附加重要参数是指影响焊接接头冲击韧性的焊接条件。

3.7.4 非重要参数是指不影响焊接接头力学性能的焊接条件。

3.7.5 同一评定参数对某一焊接方法或焊接工艺是重要参数,而对另一焊接方法或焊接工艺可以是非重要参数,也可以是非重要参数。

3.8 必须评定和重新评定。

3.8.1 属于下列情况之一的工件,必须进行焊接工艺评定。

3.8.1.1 承压承载的工件及其非承压承载工件连接的。

3.8.1.2 首次应用新材料、新工艺的。

3.8.1.3 需要焊后用热处理改善性能的。

3.8.1.4 工艺上需要的。

3.8.2 重新评定

3.8.2.1 改变焊接方法时,应重新评定。

3.8.2.2 重要参数或附加重要参数的变化超过本标准的变化范围时,应重新评定。

3.8.2.3 非重要参数变更时,可不必重新评定。

3.8.2.4 如果需要将某一没有冲击韧性要求的合格焊接工艺用于焊接有冲击韧性要求的工件,原评定时相同的重要参数并增加相应的附加重要参数焊制冲击试验试件,检查合格后即认为该评定合格,不需要重复进行原评定时各项检查。

3.8.2.5 如果需要改变某一经评定合格焊接工艺的附加重要参数,可以采用与原评定时相同的和修改后附加重要参数来焊制冲击试验试件,检查合格后即认为该焊接工艺评定合格,不需要

原评定时的各项检查。

3.9 返修和补焊工艺评定

3.9.1 要求焊接工艺评定的焊缝后进行返修时,必须采用经评定合格的焊接工艺。

3.9.2 当属于 3.8.1 条规定的工件补焊时,必须采用经评定合格的焊接工艺。

3.9.3 如果采用已评定合格的焊接工艺,且重要参数和附加重要参数的变化均未超出原评定的变化范围,此时返修焊或补焊不需要重新评定。

3.10 焊接工艺评定报告

3.10.1 经评定合格的焊接工艺应编写成焊接工艺评定报告,作为制定产品焊接工艺规程的依据。

3.10.2 焊接工艺评定报告应由评定负责人员编制,并经质管部门认可和单位主管负责人批准后生效和归档。

3.10.3 焊接工艺评定报告内容和格式可由提出单位按本标准的有关要求自行确定,但必须包括有下列内容:

- a. 焊接工艺评定报告编号和日期(包括修订和日期);
- b. 相应的焊接工艺规程编号;
- c. 焊接方法和自动化程度(手工、半自动和自动操作);
- d. 焊缝形式和坡口形式尺寸;
- e. 母材和焊接材料的质保书和复验报告号;
- f. 评定参数;
- h. 施焊技术和操作方法;
- i. 评定现场的实际温度和湿度;
- j. 检查项目和试验结果(包括各项检查报告编号和试验报告编号);
- k. 评定结论;
- l. 焊工姓名及钢印号;
- m. 编制、审批人员签字和日期。

焊接工艺评定报告只适应于提出单位。

评定委托

焊接工艺评定应由本单位来完成,其中焊接用试件加工、试样的制备及试样性能试验可委托外单位

评定细则

气焊、手工电弧焊、埋弧焊、气体保护焊、电渣焊

1 接头形式

1.1 在其它评定参数相同时,下列焊接接头的焊缝评定可以相互取代:

- a. 板状对接接头对接焊缝和管状对接接头对接焊缝;
- b. 对接接头对接焊缝和 T 型接头对接焊缝(指力学性能);
- c. 各种开坡口的对接接头对接焊缝。

1.1.2 下列焊接接头的焊缝评定,必须单独进行:

- a. 不开坡口的对接接头对接焊缝;
- b. 各种 T 型接头对接焊缝(指金相试验);
- c. 各种 T 型接头角焊缝(包括管子—管板角焊缝)。

1.1.3 补焊焊缝评定允许用板状对接接头对接焊缝的评定取代。

2 母材

1.2.1 板材、管材和锻件的母材分类见表 1。铸件与化学成分相同的板材、管材和锻件的评定不能相应按表 2 规定的母材类别单独评定。

表1 板材管材和锻件的分类

母材分类			钢 号
钢 种	类 别	组 别	
碳 素 钢	I	1	Q235 Q235-A 20g、22g 10、20、25 20G、20R
低合金结构钢	II	1	12Mng、16Mng 16Mn、16MnR、16MnDR
		2	15MnV、15MnVR、15MnVg
		3	20MnMo、30Mr
	III	1	15NnMoV、14MnMoVg 15MnVNR、18MnMoNbg 18MnMoNbR、20MnMoNb
奥 氏 体 钢	IV	1	12CrMo、15CrMo、20CrMo
		2	12Cr1Mo、15Cr1Mo
		3	12Cr2Mo1、12Cr2Mo
		4	12CrMoV、12Cr1MoV
	V	1	1Cr5Mo
	VI	1	1Cr18Ni9、0Cr18Ni9Ti 00Cr18Ni10、1Cr1Ni9Ti 0Cr1Ni9 0Cr19Ni11 0Cr19Ni9 1Cr19Ni9Ti 1Cr19Ni11Nb
马 氏 体 钢	VII	1	0Cr13 1Cr13 2Cr13 1Cr12 1Cr12Mo 0Cr11MoV 1Cr12WMoV
		2	0Cr17Ni14Cu4Nb
	VIII	1	

注：各钢号按最近国标或行标执行。

表2 铸钢母材的分类

母材分类			钢 号
钢 种	类 别	组 别	
碳素钢	I	1	ZG25

续表 2

母 材 分 类			钢 号
钢 种	类 别	组 别	
低合金耐热钢	I	1	ZG20CrMo
		2	ZG15Cr1Mo
		3	ZG15Cr2Mo1
	II	1	ZG20CrMoV
		2	ZG15Cr1Mo1V
奥氏体钢	N	1	ZG1Cr18Ni9Ti
马氏体钢	V	1	ZG1Cr13 ZG2Cr13
		2	ZG0Cr13Ni4Mo

注：各钢号按最近国标或行标执行

4.1.2.2 改变母材类别时需重新评定。

4.1.2.3 同组别母材不需要重新评定。同类别中高组别母材的评定可取代低组别母材的评定。

4.1.2.4 未列入表 1 和表 2 的国内外材料都应重新评定。如果国产材料与表 1 和表 2 中某一钢号类别相同，并符合我国压力容器用钢标准要求的，可不重新评定。国外材料与表 1、表 2 中某一钢号等同，并经材料复验及焊接性能试验，证明其焊接性相近，也可不重新评定，但需经单位技术主管批准。

4.1.2.5 当两种类别（或组别）材料组成异种钢焊接接头时，即使这两种母材各自都已评定合格，其异种钢焊接接头仍需重新评定。

4.1.2.6 两种同类、同组别材料组成异种钢焊接接头时，其中有一种母材经评定合格，其异种钢焊接接头可不重新评定。

4.1.2.7 采用过渡层的异种钢焊接，无论是母材、过渡层材质有任何改变。其焊接工艺需重新评定。

4.1.3 焊接材料

4.1.3.1 焊接材料包括焊条、焊丝、焊剂和保护气体。

4.1.3.2 焊条按国家有关标准分类。任何一类焊条均应单独评定。同一类焊条中非低氢型焊条评定可取代低氢型焊条的评定，否则应予重新评定。

4.1.3.3 改变焊丝牌号应单独评定。但不带“高”或“特”的焊丝评定可取代带“高”或“特”的焊丝

4.1.3.4 改变焊剂牌号和焊剂混合比例应重新评定。

4.1.3.5 保护气体有下列情况之一者，均需重新评定：

- 改变保护气体种类；
- 取消背面保护气体；
- 由单一气体改为混合气体或混合气体中取消某一气体；
- 混合气体中某一气体的容积比例超出原评定范围（由工厂自定，但要写入焊接工艺评定报告中）。

4.1.3.6 国外焊接材料均应单独评定。

4.1.4 厚度（母材厚度和熔敷金属厚度）。

4.1.4.1 各种焊缝的评定用母材厚度规定如下：

- 对接接头对接焊缝按较薄侧的母材厚度；
- T 型接头对接焊缝按开坡口侧的工件厚度（附录 A 图 A2）；
- T 型接头角焊缝按 4.1.4.6 条的规定。

4.1.4.2 对接焊缝评定合格后,母材厚度适用范围和熔敷金属厚度适用范围按表3规定。

表3

评 定 用 厚 度		评 定 后 厚 度 适 用 范 围	
		最 小 值	最 大 值
母材厚度 T	$1.5 \leq T < 8$	1.5	$2T$
	$T \geq 8$	$0.5T$	$2T$
熔敷金属厚度 t	$1.5 \leq t < 8$	1.5	$2t$
	$t \geq 8$	$0.5t$	$2t$

4.1.4.3 属下列之一者,母材厚度适用范围最大值均为 $1.1T$:

- 采用短路过度的熔化极气体保护焊;
- 采用电渣焊的;
- 采用除气焊外的焊接方法焊接试件需经高于临界温度的焊后热处理的。
- 对于单道焊或多道焊,任一焊道的厚度大于 13 mm 的。

4.1.4.4 气焊的厚度适用范围为所用试件的母材厚度。

4.1.4.5 当采用除气焊、电渣焊,短路过度的熔化极气体保护焊外的焊接方法,试件厚度大于且用多道焊工艺时,母材厚度适用范围最大值为 $1.3T$ (熔敷金属为 $1.3t$)。

4.1.4.6 T型接头角焊缝评定合格后的厚度适用范围按表3规定。但试件厚度(评定用厚度)定:

- 板——板角焊缝评定用厚度为腹板厚度(见附录A中图A3(a));
- 板——管角焊缝评定用厚度为板厚度(见附录A中图A3(b));
- 管——板角焊缝(包括管子—管板角焊缝)评定用厚度为管壁厚度(见附录A中图A3(c));
- 管——管角焊缝评定用厚度为支管厚度(见附录A中图A3(d));

4.1.4.7 对返修焊、补焊、对接焊缝试件厚度不小于 40 mm 时,评定合格焊接工艺所适用的最大厚度不限。

4.1.5 焊接位置

4.1.5.1 按评定用位置(见附录B)施焊,经评定合格的焊接工艺,可用于其它焊接位置。

4.1.5.2 当焊接接头中有冲击韧性要求时,手工电弧焊和熔化极与钨极惰性气体保护焊由原为上立焊时,应重新评定。

4.1.6 预热温度和层间温度

4.1.6.1 经评定合格后的焊接工艺,增加或取消预热温度时,应重新评定。

4.1.6.2 采用预热的焊接工艺,若预热温度下限比原评定时降低 50°C 以上时,应重新评定。

4.1.6.3 采用层间温度控制的焊接工艺,且接头对冲击韧性有要求时,这时层间温度上限比加 50°C 以上,应重新评定。

4.1.7 焊后热处理

4.1.7.1 经评定合格的焊接工艺,增加或取消焊后热处理,应重新评定。

4.1.7.2 焊后热处理的焊接工艺,在下列情况之一时,应重新评定。

- 改变热处理类别(退火、正火、正火+回火、固溶处理、稳定化处理、时效);
- 热处理温度超出原评定时变化范围。

4.1.7.3 保温时间允许将工件在生产中多次热处理合并为一次计算,但不得少于总保温时间,则应重新评定。

4.1.8 可燃气体

可燃气体种类改变时,应重新评定。

4.1.9 电特性

4.1.9.1 溶化极气体保护焊时,由短路过渡改为非短路过渡或反之,应重新评定。

4.1.9.2 电渣焊时,电流或电压的变化值超过原评定值的15%,应重新评定。

4.1.9.3 当焊接接头要求冲击韧性时,有以下情况之一,应重新评定:

- a. 手工电弧焊焊条直径大于6 mm;
- b. 除气焊和电渣焊外的其它焊接方法,电流种类或极性的改变;
- c. 焊接线能量超出原评定时的适用范围。

4.1.10 操作方法

4.1.10.1 电渣焊时,如果电极的摆动幅度、频率或在两端的停留时间超过原评定时的变化范围,应重新评定。

4.1.10.2 电渣焊时由单丝改为多丝或反之,应重新评定。

4.1.10.3 焊接接头有冲击韧性要求时,对埋弧焊和气体保护焊有下列情况之一,应重新评定。

- a. 焊丝或钨极的摆动幅度、频率或在两端的停留时间超出原评定时的变化范围;
- b. 单面多道焊改为单面单道焊;
- c. 单丝焊改为多丝焊或反之;

4.2 堆焊

4.2.1 母材类别和焊接材料类别的划分和要求,分别按本标准4.1.2和4.1.3的规定。

4.2.2 堆焊层厚度适用范围的最小值为所用试件的最小堆焊厚度 T_{min} (见附录A中图A4)。 T_{min} 值可由工厂按产品图样而定,但应列入评定报告内。若堆焊层厚度小于已评定时 T_{min} ,应重新评定。

4.2.3 如果堆焊焊接位置改变,应重新评定。

4.2.4 预热温度的下限值比原评定时降低50℃以上或层间温度的上限值比原评定时增加50℃以上,均应重新评定。

4.2.5 热处理类别改变或热处理时间(含总保温时间)比原评定时增加25%以上,均应重新评定。

4.2.6 改变电流种类和极性,均应重新评定。

4.2.7 多层堆焊改为单层堆焊或反之,均应重新评定。

4.2.8 手工堆焊时,首层焊条直径改变或电流比原评定时增加10%以上,均应重新评定。

4.2.9 埋弧焊和气体保护焊进行堆焊时,有下列情况之一,应重新评定:

- 4.2.9.1 增加或取消附加填充金属。
- 4.2.9.2 改变同一熔池中焊丝根数。
- 4.2.9.3 增加或取消焊丝摆动。
- 4.2.9.4 焊丝或附加填充金属的公称截面积变化超出原评定时的变化范围10%以上。
- 4.2.9.5 线能量或单位长度焊道内熔敷金属体积比原评定时变化范围上限值增加10%以上。
- 4.2.9.6 改变组合焊剂比例或混合保护气体配比。
- 4.2.9.7 取消保护气体或保护气体流量比原评定时变化范围下限值降低10%以上。

4.3 螺柱焊

4.3.1 螺柱材料与母材材料组合改变时,应重新评定。

4.3.2 接头处的螺柱形状改变或螺柱直径改变,应重新评定。

4.3.3 改变原评定时的保护气氛或焊接位置,应重新评定。

4.3.4 预热温度下限值比原评定时降低50℃以上时,应重新评定。

4.3.5 改变焊后热处理类别时,应重新评定。

4.3.6 属下列情况之一,应重新评定:

- 4.3.6.1 电流种类或极性改变。

- 4.3.6.2 电流和电压分别超出原评定时变化范围 10% 以上。
 4.3.6.3 电弧作用时间比原评定时变化 ± 0.1 s 以上。
 4.3.6.4 焊枪型号改变。
 4.3.6.5 提升高度比原评定时变化 ± 0.8 mm 以上。

5 评定检查和结果判定

5.1 检查项目和试样数量

除了产品设计另有要求外, 评定试件的检查项目和试件数量应符合本标准的要求。

5.1.1 对接焊缝的检查项目和试样数量按表 4 的规定。当对接接头的试件厚度 $10 \leq T < 20$ mm 时, 可用四个侧弯试样取代背弯和面弯试样。并按附录 C 图 C1 (b) 取代。

5.1.1.1 T 型接头在产品设计有要求时, 应增加渗透检查或磁粉探伤以及超声波探伤检查。

5.1.1.2 T 型接头金相检验可选用宏观或宏观加微观检查。对接接头在有要求时, 应增加一个金相检查。

5.1.1.3 T 形接头的力学性能试验, 可用评定参数 (除接头形式外) 相同的对接接头的试样进行试验。

5.1.1.4 如果母材与焊缝之间或异种钢焊接两母材之间的弯曲性能相差很大时, 可采用纵向弯曲代替横向弯曲。

5.1.1.5 异种钢焊接时, 焊缝两侧面母材的热影响区均需各取三个冲击韧性试样进行试验。

5.1.1.6 当需要时可进行全焊缝金属拉伸试验时, 其试样数量当试件厚度 $T \leq 70$ mm 时取一个; 当试件厚度 $T > 70$ mm 时应分上、下二层各取一个。

表 4 对接焊缝的检查项目和试样数量

接头形式	评定用厚度 (试件厚度) T mm	检查项目				试 样 数 量							
		外观 检查	射线 探伤	力学 性能	金 相	拉伸试样		弯曲试样			冲击试样		金相试样
						接头	焊缝	面弯	背弯	侧弯	焊缝	热影 响区	
对接接头	$1.5 \leq T < 10$	✓	✓	✓	×	2	—	2	2	—	—	—	—
	$10 \leq T < 20$	✓	✓	✓	×	2	—	2	2	—	3	—	—
	$T \geq 20$	✓	✓	✓	×	2	—	—	—	4	3	—	—
T 形接头		✓	×	✓	✓	✓	—	—	—	—	—	—	4

注: ① “✓” 表示有要求, “×” 表示没有要求。

5.1.2 角焊缝的检查项目和试样按表 5 规定。如果产品设计有要求时, 应增加渗透检查或磁粉探伤检查。

表 5 角焊缝的检查项目和试样数量检查项目

形 式	外观检查	宏观金相检验	金相试样数量
板—板	✓	✓	5
板—管	✓	✓	4
管—管	✓	✓	4
管—板	✓	✓	4
管子—管板	✓	✓	10

注: ① “✓” 表示有要求。

5.1.3 堆焊焊缝的检查项目和试样数量按表 6 规定。若产品设计有要求时, 应增加超声波探伤检查。

表 6 堆焊层的检查项目和试样数量

形 式	检 查 项 目					试 样 数 量				
	外观 检查	渗透 检查	侧弯 试验	硬度 试验	宏观 金相	化学 分析	侧弯	宏观 金相	硬度	化学 分析
耐磨堆焊层	✓	✓	×	✓	✓	✓	—	2	3	1
耐腐蚀堆焊层	✓	✓	✓	×	✓	✓	4	1	—	1

注：“✓”表示有要求，“×”表示没有要求

1.4 螺柱焊试件的检查项目包括外观检查、锤击（或折弯）试验和拉脱（或扭转）试验。

试样截取和试样制备

1 试样截取部位要求

1.1 板状试件的试样截取部位按附录 C 中图 C1 的规定。当试板厚度不大于 30 mm 时，应采用全板试样；当试件厚度大于 30 mm 时，既可采用单个试样，也可采用全板厚的多个试样。试样数量一度除以 30（按四舍五入）。对于后者应将接头全厚度的所有试样组成一组视为一个单个试样。

管状试件的试样截取部位按附录 C 中图 C2 规定。当外径不大于 76 mm 的管状试件，可采用整伸试验（见附录 D 中图 D1），代替 2 个拉伸试样的试验。

T 形接头（包括角焊缝和对接焊缝）试件的试样截取部位按附录 C 中图 C3 的规定。管—板及管—管沿管的周围方向四等分，板—板试件废弃两头取中间五等分。作为金相检验试样，均应取自于一面。

1.4 管子—管板角焊缝试件的试样截取按附录 C 中图 C4 的规定。沿纵横向节距和斜向节距的方各取 5 个截面（每个截面包括两个角焊缝）作为金相检验试样。

堆焊焊缝试件的试样截取部位按附录 C 中图 C5 的规定。化学成分分析试样和硬度试样应取自度线（见附录 A 中图 A4）附近，但不超过最小厚度线的表面。

1.6 螺柱焊试件的试样截取部位，由制造厂自行决定。但每个试件所焊的螺柱数目应不少于 10 个。

试样制备

1 力学性能试验的取样方法应符合 GB 2649 的规定。

制备力学性能试样时，应将试样上的焊缝余高用机械方法除去，使焊缝与母材表面齐平。

拉伸试样按附录 D 中图 D1、图 D2 和图 D3 的规定。

a. 焊接接头拉伸试样，除整管试样拉伸外，其余管状试件和板状试件按 5.2.1 的要求。沿板厚取单，试样厚度 a 等于板厚；取多个试样时， a 等于板厚/试样数量。试样宽度 b ，对板状试件， $b \geq 30$ mm；对管状试件，外径 $D > 76$ mm 时， $b = 20$ mm；外径 $D \leq 76$ mm， $b = 12$ mm。 d 为最大焊缝宽度。

h 值可按试验机要求而定。

b. 全焊缝金属拉伸试样直径 d 。应按焊缝横截面而取最大值，但不超过 20 mm。 h 值按试验机要求

4 弯曲试样按附录 D 中图 D4 和图 D5 的规定。其中图 4 说明如下：

a. 试样厚度 a ，对纵横向面弯和背弯试样，当试件厚度 $T \leq 20$ mm 时， a 为该厚度；试件厚度 $T > 20$ mm 时， a 为 20 mm。对侧弯试样， a 为 10 mm。

b. 试样宽度 b ，对横向面弯和背弯试样，板状试件 $b = 30$ mm，管状试件 $10 \text{ mm} \leq b \leq 38$ mm。对侧弯试件厚度 $T < 38$ mm 时， $b = T$ ，试件厚度 $T \geq 38$ mm 时，可分割为宽度相等的数个试样，每个 $b = 20 \sim 38$ mm。对纵向面弯和背弯试样，其宽度 b 为焊缝宽度加 10 mm，但不小于 30 mm。

c. 试样长度 L ，对纵、横向面弯和背弯试样， $L = D + 2.5d + 100$ mm；对侧弯试样， $L = D + 105$ mm 为弯轴直径， a —为加工后试样厚度）。

d. 当试件厚度大于 20 mm 时，横向面弯和背弯可在同一厚度方向截取，试样的受压一面应用机械

加工去除多余部分。

e. 试样上高于母材表面的焊缝部分应用机械方法去除,试样的拉伸面应平齐,且保留焊缝两侧中至少一侧的母材原始表面。试样拉伸面的菱角应修成半径不大于 2mm 的圆角。

5.2.2.5 冲击、金相、硬度、化学成分分析等试样的制备,应按本标准中 5.3.3 条的规定。

5.3 合格标准

5.3.1 外观检查

5.3.1.1 焊缝外形尺寸应符合设计图样和工艺文件的规定。

5.3.1.2 焊缝及热影响区表面应无裂纹、未熔合、夹渣、气孔和弧坑。

5.3.1.3 焊缝咬边深度不得大于 0.5 mm,对深度小于 0.5 mm 咬边累计长度不大于焊缝长度 20%。

5.3.1.4 堆焊层表面应平整、没有裂纹、气孔和凹陷。

5.3.2 无损探伤

5.3.2.1 射线探伤方法应按 GB 3323 的规定。射线照相的质量不低于 AB 级,焊缝质量 I 级为合格。

5.3.2.2 一般超声波探伤按 JB 1152 的规定,焊缝质量 I 级为合格。大口径管 T 形接头对接焊缝超声波探伤时,应按 JB 3144 的规定。堆焊层超声波探伤时,探伤仪器应符合 ZB Y230 的要求,并由技术等级不低于 I 级的操作人员进行检验,合格标准堆焊层和熔合面不允许有裂纹,缺陷当量分别小于 $\phi 1.5$ mm 横孔和 $\phi 10$ mm 平底孔。

5.3.2.3 渗透检查按 GB 150 附录渗透探伤的要求,堆焊焊缝不允许有裂纹及任何缺陷显示。

5.3.2.4 磁粉探伤按 JB 2651 的规定,焊缝质量 I 级为合格。

5.3.3 力学性能

5.3.3.1 拉伸试验按 GB 228 的规定。焊接接头的抗拉强度不低于母材抗拉强度规定值的下限。对异种钢焊接接头应不低于强度较低一侧母材抗拉强度规定值的下限。全焊缝金属试样的抗拉强度和屈服强度不低于母材规定值的下限。若母材抗拉强度规定值下限大于 490 MPa,且焊缝金属的屈服强度高于母材规定值,则允许焊缝金属抗拉强度比母材规定值下限低 19.6 MPa。全焊缝金属的伸长率不小于母材规定值(δ_5)规定值的 80%。

5.3.3.2 弯曲试验按 GB 2653 的规定。弯曲角度按表 7 的规定,其拉伸面上不应有长度大于 1.5 mm 的横向(沿试样宽度方向)裂纹或缺陷,或长度大于 3 mm 的纵向(沿试样长度方向)裂纹或缺陷。角开裂不计,但确因夹渣或其它缺陷引起试样棱角开裂的长度计入评定。对异种钢焊接接头,按强度较高一侧母材的要求。

表 7 弯曲高度

	母 材 钢 种	弯 轴 直 径	支 点 间 距 离	弯 曲 角 度
双面焊	碳素钢、奥氏体钢	3a	5. 2a	180°
	其它低合金钢、合金钢	3a	5. 2a	100°
单面焊及耐腐蚀堆焊层	碳素钢、奥氏体钢	3a	5. 2a	90°
	其它低合金钢、合金钢	3a	5. 2a	50°

注: “a”表示试样厚度 mm。

5.3.3.3 冲击试验按 GB 2650 的规定。冲击试样应采用 V 型缺口,其形状尺寸、加工和试验方法按 GB 2106 的规定。三个试样的冲击韧性平均值应不低于母材规定值的下限,且只允许有一个试样性值低于规定值,但不低于规定值的 70%。

5.3.4 金相试验

5.3.4.1 宏观金相检验按 GB 226 的规定。直接用肉眼进行检查,堆焊层用五倍放大镜进行检查。金相检验按 YB 28 的规定。要求用 100 倍放大镜进行检查。

5.3.4.2 宏观金相检验焊缝和热影响区不允许有疏松,未熔合、未焊透、裂纹或其它线状缺陷。

- 5.3.4.3 微观金相检验不允许有过烧组织和淬硬性马氏体组织；焊缝和热影响区不允许有裂纹。
- 5.3.5 硬度试验按 GB 231 或 GB 230 的规定。三个试样硬度的平均值应不低于产品设计要求的规定值。其中低于规定值的试样只允许一个。
- 5.3.6 化学成分分析试验按 GB 223 的规定。取样和分析结果应满足产品设计要求的规定值。
- 5.3.7 螺柱焊试验
- 5.3.7.1 锤击试验时，每隔一个螺柱用锤击螺柱上部，直到螺柱上部长度四分之一贴在试板表面，共敲击五个螺柱。折弯试验时，每隔一个螺柱用套管将螺柱扳过 15° 后复原，共扳五个螺柱。试验后，每个螺柱焊缝不允许有裂纹。
- 7.2 拉脱试验时，将锤击（或折弯）试验后余下的五个螺柱用拉力试验机夹住螺柱上部进行拉脱试验。扭转试验时，用专用工具将螺柱扭转。拉断时的断裂强度或扭矩应满足所拟定的焊接工艺的规定值。

附则

各制造厂应视产品特点和实际生产情况，编制本单位焊接工艺评定的实施细则和管理办法。

附录 A
焊缝形式
(补充件)

各种接头焊缝形式详见图 A1~图 A4 所示。

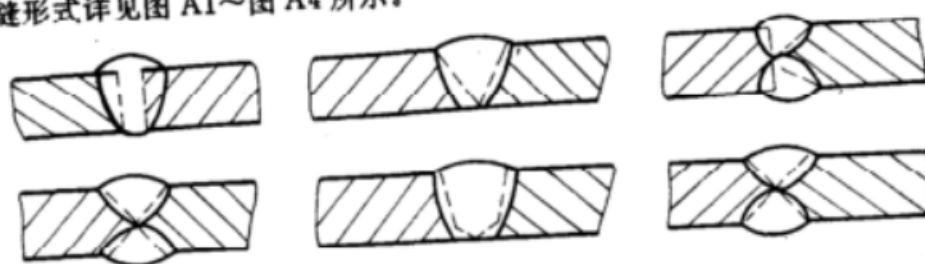
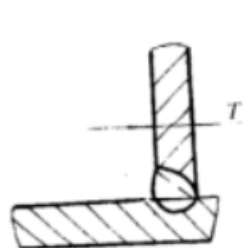
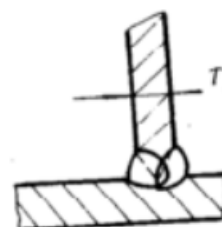


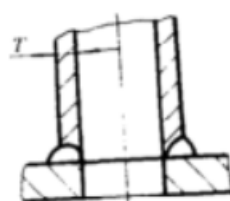
图 A1 对接接头对接焊缝



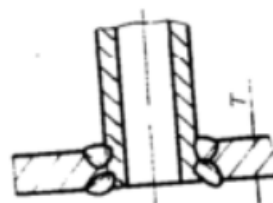
(a)



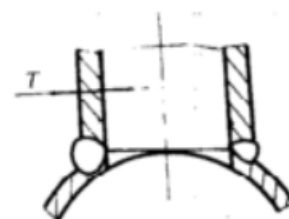
(b)



(c)



(d)



(e)

图 A2 T 形接头对接焊缝

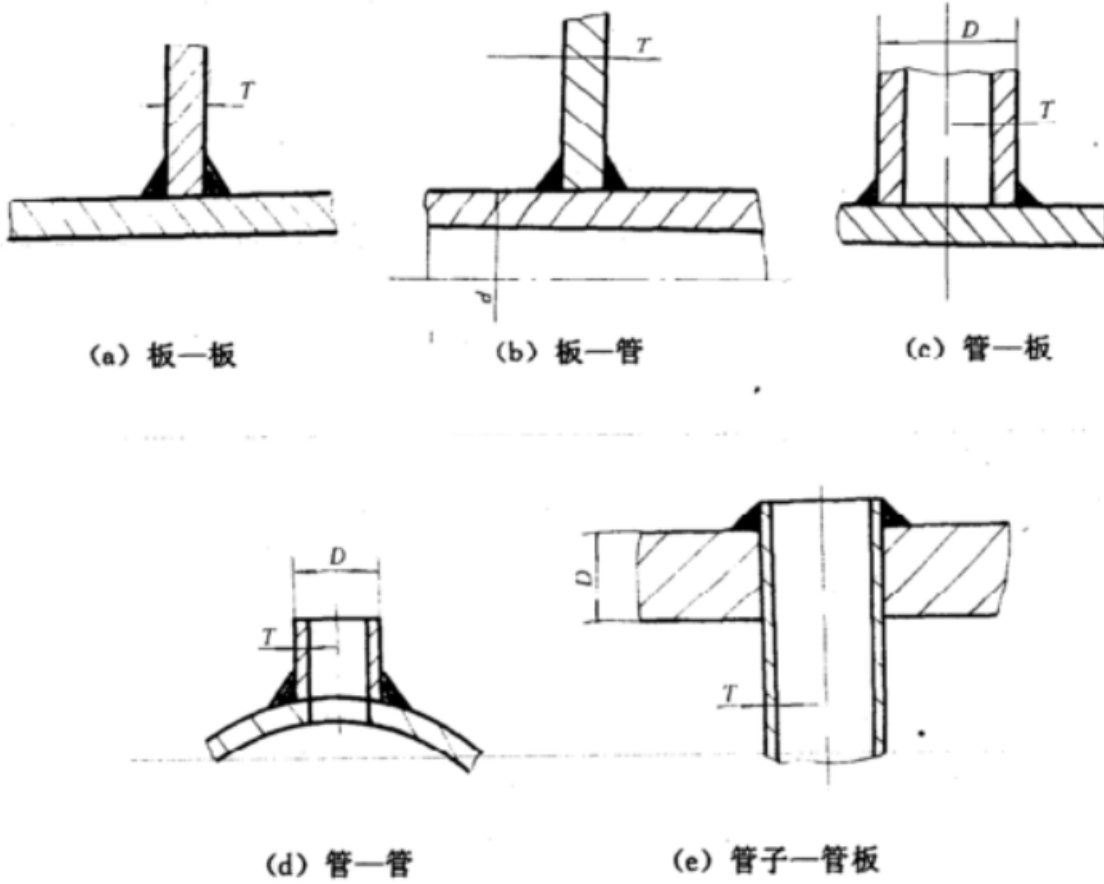


图 A3 角焊缝

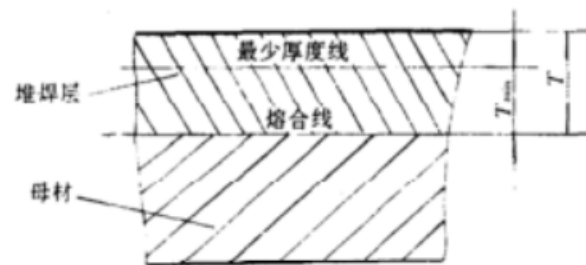
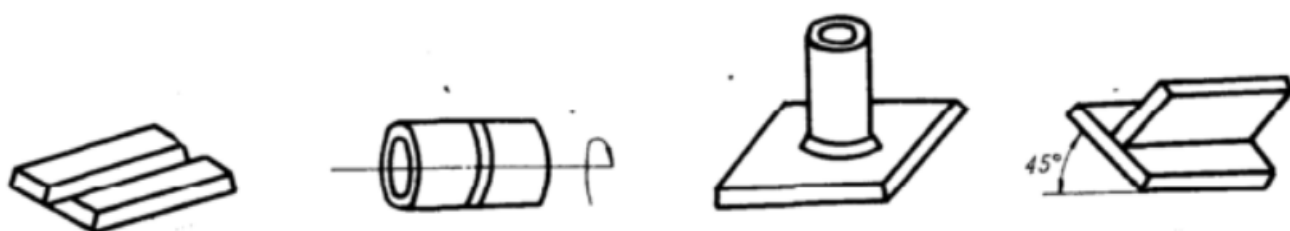


图 A4 堆焊层

附录 B
评定用位置
(补充件)

评定用位置见图 B1 和表 B1



(1) 1G 平焊 (2) 1G 平焊 (3) 2F 横焊 (4) 1F 平焊

图 B1 评定用位置示意图

表 B1

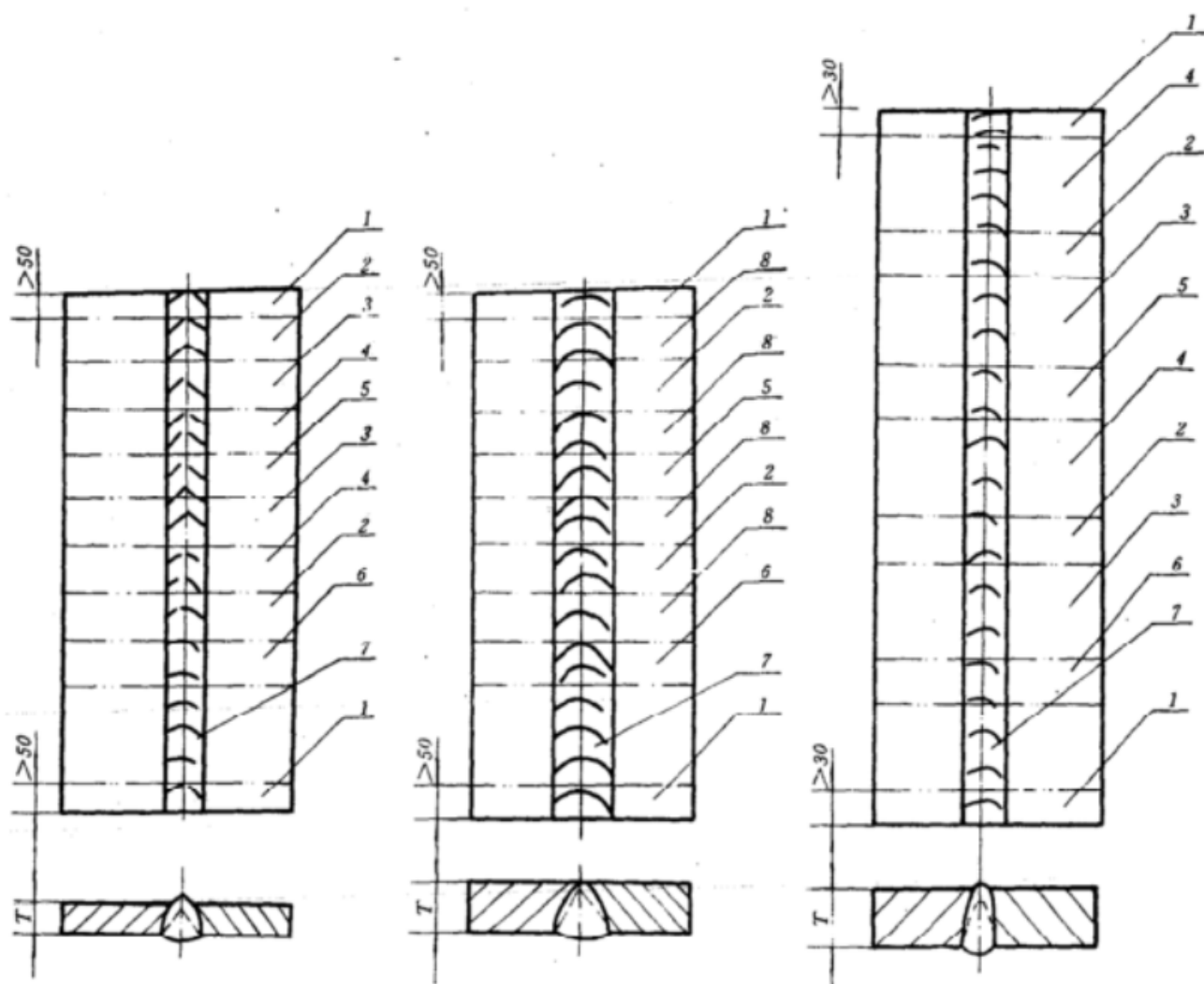
焊 缝 型 式	对 接 焊 缝			角 焊 缝			堆焊层	螺柱焊
	对接接头		T 型 接 头	T 型接头		管—板		
	板—板	管—管		板—板	管—管			
焊接位置	平焊	平焊	横焊	平焊	横焊	横焊	平焊	平焊
位置代号	1G	1G	2F	1F	2F	2F	1F	1S
示 图	(1)	(2)	(3)	(4)			1)	1)

注：1) 工件处于水平位置。

2) 螺柱垂直于工作位置。

附录 C
试样截取部位
(补充件)

各种试件的试样截取部位详见图 C1~图 C5



(a) 横向弯曲

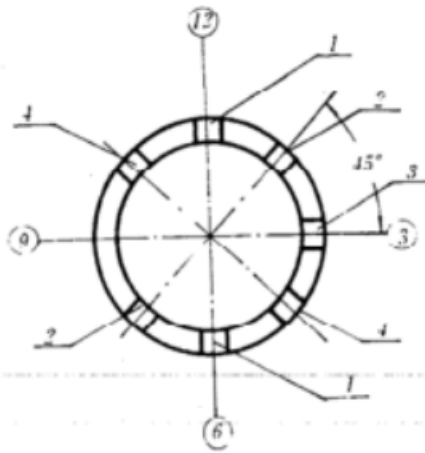
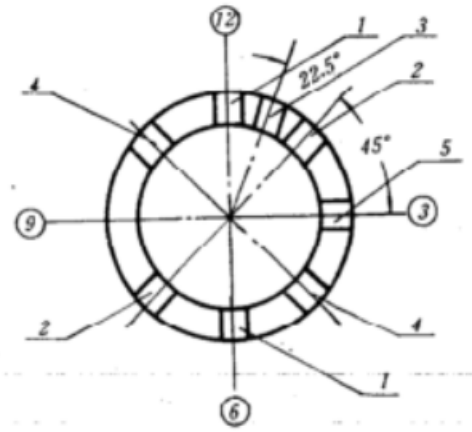
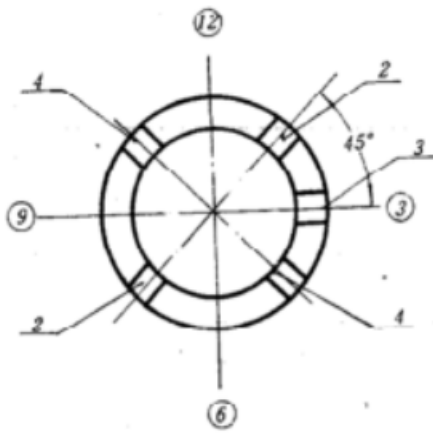
(b) 横向弯曲 $T > 20\text{mm}$

(c) 纵向弯曲

$1.5\text{mm} < T < 20\text{mm}$

图 C1 板状试件的试样截取部位

1——废弃部分； 2——拉伸试样； 3——背弯试样； 4——面弯试样；
5——金相试样； 6——冲击试样； 7——全焊缝金属拉伸试样或备用试样； 8——侧弯试样。

(a) $T=1.5\sim 20\text{mm}$ 不要求冲击试验(b) $T=1.5\sim 20\text{mm}$ 要求冲击试验

(c) 不要求冲击试验, 并用整管进行拉伸试验

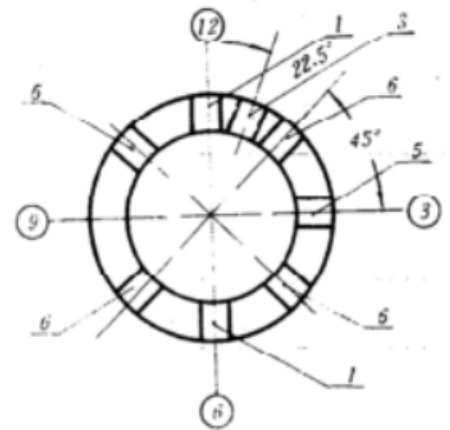
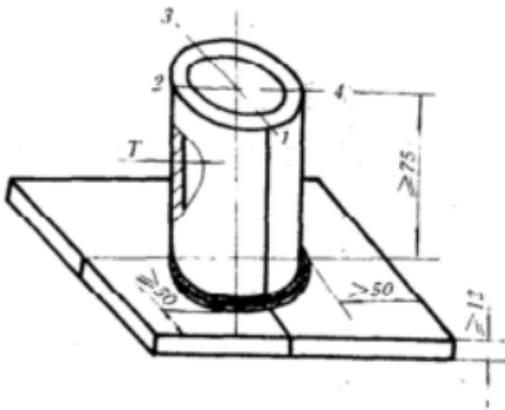
(d) $T>20\text{mm}$, 要求冲击试验

图 C2 对接接头管形试件试样截取部位

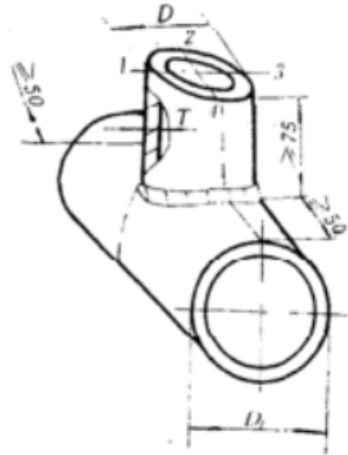
1——拉伸试样; 2——面弯试样; 3——金相试样; 4——背弯试样; 5——冲击试样; 6——侧弯试样;

③⑥⑧⑫——钟点记号, 用作水平固定焊时的定位标记



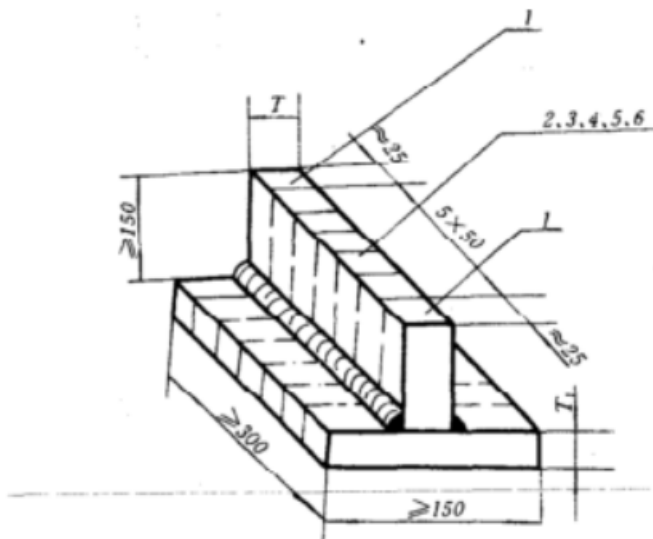
管-板

1、2、3、4 为四等分点 (a)



管-管

1、2、3、4 为四等分点 (b)



(c) 板-板

1—废弃部分 2、3、4、5、6—五等分截取的试样

图 C3 T型接头试件截取部位

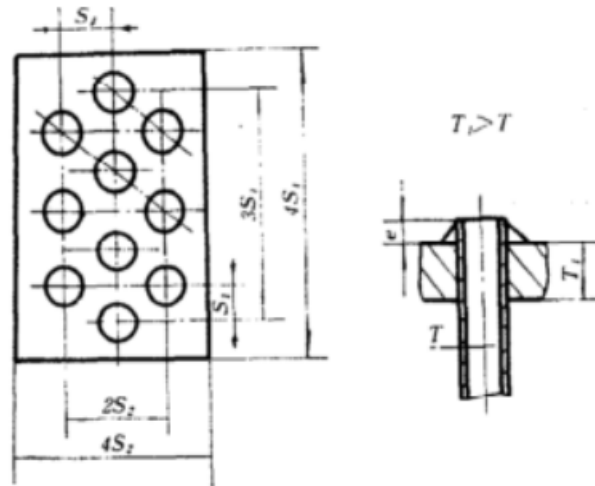
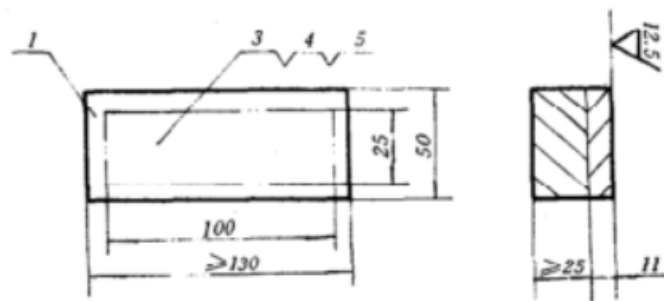
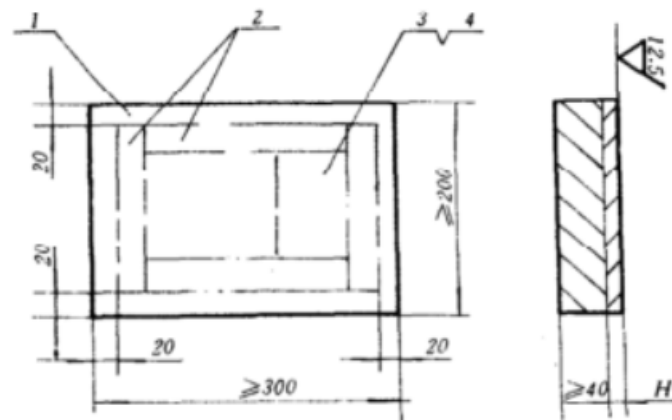


图 C4 管子——管板角焊缝试件试样截取部位



(a) 耐磨堆焊层



(b) 耐腐蚀堆焊层

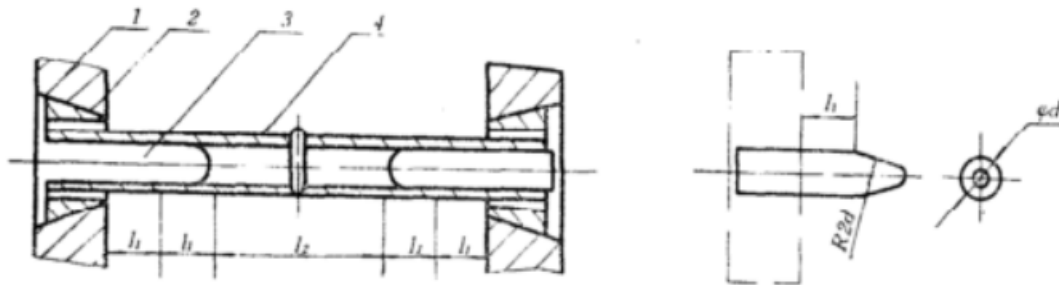
堆焊方向左右移动

图 C5 堆焊层试件试样截取部位

1——废弃部位； 2——侧弯试样； 3——化学分析试样； 4——金相试样； 5——硬度试样。

附录 D
试样图
(补充件)

焊接头各种试样要求详见图 D1~图 D5。



(a) 试验装置

(b) 芯棒尺寸

$$l_1 \geq d$$

$$l_2 \geq 2d$$

图 D1 对接接头整管试样拉伸试验

1——拉力试验机； 2——V型夹头； 3——芯棒； 4——整管拉伸试样

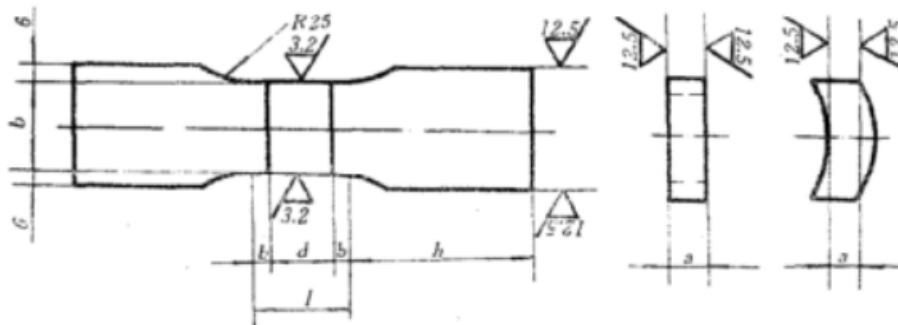


图 D2 焊接接头拉伸试样

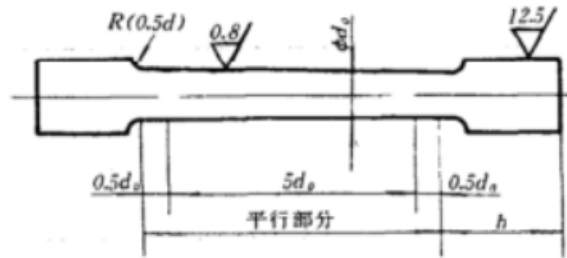


图 D3 全焊缝金属拉伸试样

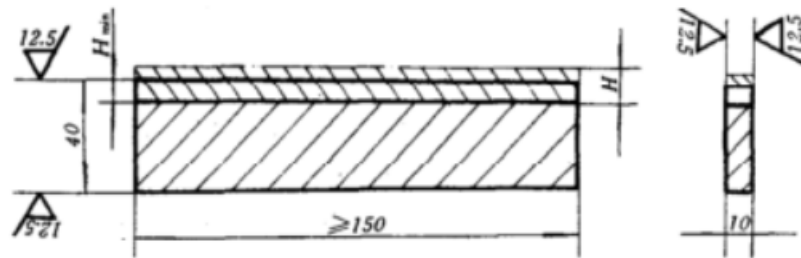
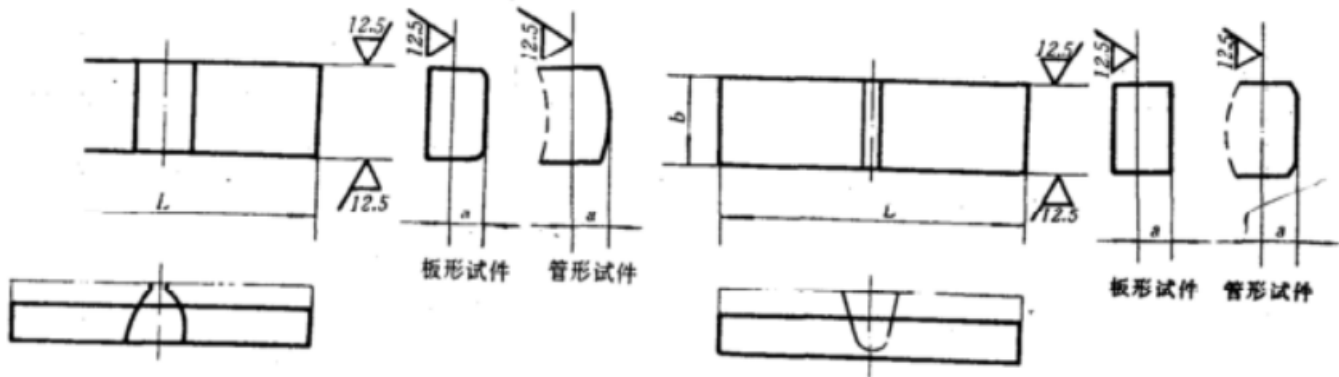
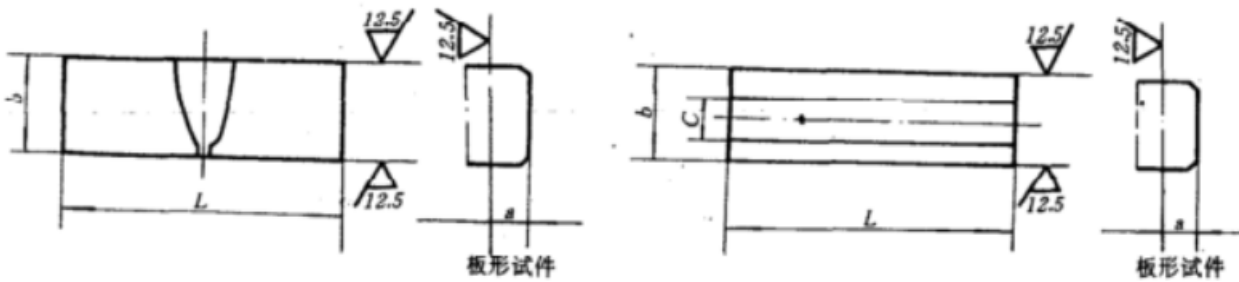


图 D4 堆焊层侧弯试样



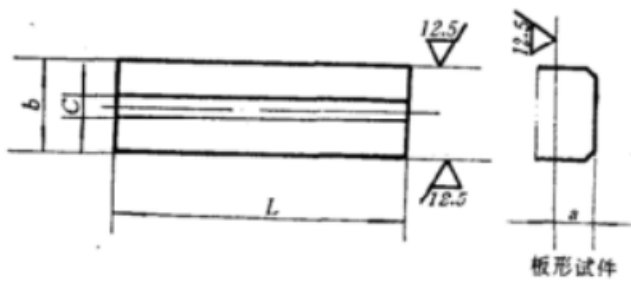
a 横向面弯

b 横向侧弯



c 横向背弯

d 纵向面弯



(e) 纵向背弯

图 D5 对接接头弯曲试样

附加说明:

本标准由上海发电设备成套设计研究所提出并归口。

本标准由哈尔滨汽轮机厂和上海发电设备成套设计研究所负责起草。

本标准主要起草人刘长江、邵富宝