



中华人民共和国国家标准

GB/T 34630.4—2017

搅拌摩擦焊 铝及铝合金 第4部分：焊接工艺规程及评定

Friction stir welding—Aluminium and its alloys—
Part 4: Specification and qualification of welding procedures

(ISO 25239-4:2011, Friction stir welding—Aluminium—
Part 4: Specification and qualification of welding procedures, MOD)

2017-09-29 发布

2018-04-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 预焊接工艺规程的编制	2
5 焊接工艺评定	3
6 基于预生产焊接试验的工艺评定	11
附录 A (资料性附录) 预焊接工艺规程(pWPS)	12
附录 B (资料性附录) 无损检测	13
附录 C (资料性附录) 搭接焊缝的摆锤 S 型弯曲试验	14
附录 D (资料性附录) 焊接工艺评定报告格式	15

前 言

GB/T 34630《搅拌摩擦焊 铝及铝合金》分为五个部分：

- 第1部分：术语及定义；
- 第2部分：焊接接头设计；
- 第3部分：焊接操作工的技能评定；
- 第4部分：焊接工艺规程及评定；
- 第5部分：质量与检验要求。

本部分为 GB/T 34630 的第4部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 25239-4:2011《搅拌摩擦焊 铝 第4部分：焊接工艺规程及评定》(英文版)。

本部分与 ISO 25239-4:2011 的主要技术性差异及其原因如下：

——关于规范性引用文件，本部分做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中，具体调整如下：

- 将 ISO 25239-4:2011 中引用的国际标准，用我国对应的标准代替；
- 增加引用了 GB/T 3375、GB/T 34630.3—2017；
- 删除了 ISO 857-1、ISO 3134、ISO/TR 17671-1。

——根据我国标准编写要求删除了 ISO 25239-4:2011 的第4章；

——根据我国标准编写要求将 ISO 25239-4:2011 的 5.2pWPS 技术内容用列项形式表述。

本部分还做了如下编辑性修改：

- 将标准名称修改为“搅拌摩擦焊 铝及铝合金 第4部分：焊接工艺规程及评定”；
- 删除了国际标准的参考文献。

本部分由全国焊接标准化技术委员会(SAC/TC 55)提出并归口。

本部分起草单位：上海航天设备制造总厂、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、机械科学研究院哈尔滨焊接研究所。

本部分起草人：封小松、赵慧慧、张铁浩、郭立杰、熊艳艳、高嘉爽、徐奎、张春波。

搅拌摩擦焊—铝及铝合金

第4部分：焊接工艺规程及评定

1 范围

GB/T 34630 的本部分规定了铝及铝合金搅拌摩擦焊预焊接工艺规程的内容,焊接工艺评定的试件型式、焊接、试验与检测、认可范围。

本部分适用于铝及铝合金搅拌摩擦焊。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2651 焊接接头拉伸试验方法(GB/T 2651—2008,ISO 4136:2001,IDT)

GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法(GB/T 2653—2008,ISO 5173:2000,IDT)

GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分(GB/T 3190—2008,ISO 209:2007,MOD)

GB/T 3375 焊接术语

GB/T 6417.1 金属熔化焊接头缺欠分类及说明(GB/T 6417.1—2005,ISO 6520-1:1998,IDT)

GB/T 16475 变形铝及铝合金状态代号(GB/T 16475—2008,ISO 2107:2007,MOD)

GB/T 18591 焊接 预热温度、道间温度及预热维持温度的测量指南(GB/T 18591—2001,ISO 13916:1996,IDT)

GB/T 19866 焊接工艺规程及评定的一般原则(GB/T 19866—2005,ISO 15607:2003,IDT)

GB/T 19868.4 基于预生产焊接试验的工艺评定(GB/T 19868.4—2005,ISO 15613:2004,IDT)

GB/T 19869.2 铝及铝合金的焊接工艺评定试验(GB/T 19869.2—2012,ISO 15614-2,MOD)

GB/T 22087 铝及铝合金的弧焊接头 缺欠质量分级指南(GB/T 22087—2008,ISO 10042:2005,IDT)

GB/T 26955 金属材料焊缝破坏性试验 焊缝宏观和微观检验(GB/T 26955—2011,ISO 17639:2003(E),MOD)

GB/T 27551 金属材料焊缝破坏性试验 断裂试验(GB/T 27551—2011,ISO 9017:2001,IDT)

GB/T 32259 焊缝无损检测 熔焊接头目视检测(GB/T 32259—2015,ISO 17637:2003,MOD)

GB/T 34630.1 搅拌摩擦焊 铝及铝合金 第1部分:术语及定义(GB/T 34630.1—2017,ISO 25239-1:2011,MOD)

GB/T 34630.3—2017 搅拌摩擦焊 铝及铝合金 第3部分:焊接操作工的技能评定(GB/T 34630.3—2017,ISO 25239-3:2011,MOD)

GB/T 34630.5—2017 搅拌摩擦焊 铝及铝合金 第5部分:质量与检验要求(GB/T 34630.5—2017,ISO 25239-5:2011,MOD)

ISO 14175 焊接材料 熔焊及相关工艺用气体和混合气(Welding consumables—Gases and gas mixtures for fusion welding and allied processes)

ISO 80000-1:2009 量和单位 第1部分:总则(Quantities and units—Part 1:General)

3 术语和定义

GB/T 3190、GB/T 3375、GB/T 6417.1、GB/T 19866、GB/T 22087、GB/T 19868.4、GB/T 19869.2、GB/T 34630.1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 预焊接工艺规程的编制

4.1 概述

焊接工艺评定应在实际焊接生产之前进行。

焊接制造商应根据以往的生产经验和焊接技术知识编制与实际生产相适用的预焊接工艺规程(pWPS)。

pWPS 应作为焊接工艺评定报告(WPQR)制定的基础。pWPS 应按照第 5 章和第 6 章中所列方法之一进行评定。当标准试样可准确代表产品或接头结构时(见 5.2),应使用第 5 章中的方法评定。当标准试样不能准确代表产品或接头结构时(见 6.2),应使用第 6 章中的方法评定。pWPS 中需要规定的信息见 4.2(对特定情况可增减相关内容)。

焊接工艺规程(WPS)包含一定范围的母材厚度和铝合金种类。必要时应按相关标准及制造经验规定其范围和偏差。

pWPS 格式参见附录 A。

4.2 预焊接工艺规程的技术内容

预焊接工艺规程中至少应包含如下内容:

- a) 制造商信息,应包括:
 - 制造商标识;
 - 预焊接工艺规程标识;
- b) 母材种类、时效方式和参考标准;
- c) 母材尺寸,应包括:
 - 母材厚度;
 - 管材外径;
- d) 设备标识,应包括:
 - 型号;
 - 序列号;
 - 制造商;
- e) 搅拌头标识,应包括:
 - 材料;
 - 图纸或图纸编号;
- f) 装卡设置,应包括:
 - 固定方法及装夹种类,如卡具、夹具、辊轴支架和衬垫(材料及尺寸);
 - 定位焊方法和条件(需要时),预焊接工艺规程应规定是否需要(或禁止使用)定位焊;
- g) 接头设计,应包括:
 - 焊接接头设计和尺寸示意图;
 - 焊接顺序和方向(视需求而定);

- 引入板和引出板:材料类型、参考标准和尺寸;
- 匙孔位置;
- h) 接头制备和清理方法;
- i) 焊接参数,应包括:
 - 搅拌头转动,例如:旋转方向(沿顺时针或逆时针),转速(包括插入和提起过程);
 - 搅拌头位置(例如压入量)或轴向压力(视需要而定);
 - 搅拌头冷却(内部冷却、外部冷却、冷却介质)(视需要而定);
 - 搅拌头形状及磨损状态(视需要而定);
 - 倾角;
 - 侧倾角,横向偏移量;
 - 停驻时间;
 - 起驻时间;
 - 接头形状;
 - 管材对接接头或搭接接头的焊接重叠区(WOA);
 - 搭接接头:靠近上层板材边缘为前进侧或后退侧、焊接方向;
- j) 焊接速度,应包括:
 - 焊接速度:包括焊接过程中速度的变化;
 - 速度上升或下降变化信息(视需要而定);
- k) 焊接位置;
- l) 焊前热处理(视需要而定);
- m) 预热温度、预热维持温度、道间温度(视需要而定)

预热温度(包括对搅拌头的预热)、预热维持温度、道间温度的测定参照 GB/T 18591 标准;
- n) 保护气体

参照 ISO 14175 标准的要求,需包含保护气体的型号、成分、制造商和名称以及气体流量(视需求而定);
- o) 焊后处理
 - 固溶热处理、时效、消除应力(或消除变形和矫正变形零件的方法),去除焊趾飞边或其他焊后处理方法;
 - 焊后热处理;

应规定焊后热处理(或时效处理)的温度范围和最短保温时间,或参照规定此类内容的其他标准。

5 焊接工艺评定

5.1 概述

试件的制备、焊接和试验应符合 5.2 和 5.3 的要求。
完成本标准中要求的试验亦可用于焊接操作工的技能评定。

5.2 试件

5.2.1 试件外形与尺寸

5.2.1.1 概述

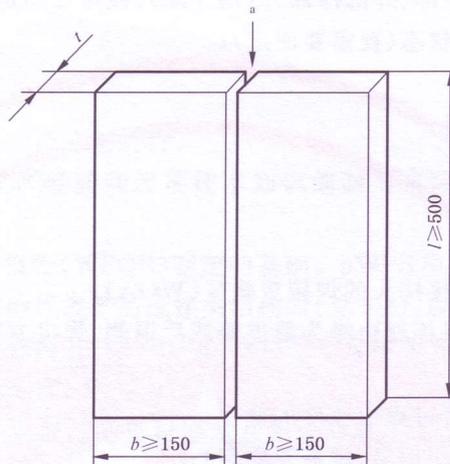
试件长度或数量应满足试验要求。

可以采用较大的试件做补充试验(或复试)(见 5.3.4)。
试件上应标记板材的轧制或挤压方向。

5.2.1.2 全焊透的板对接焊缝

板对接焊缝试件应按图 1 制备。

单位为毫米



说明:

b —— 试件宽度;

l —— 试件长度;

t —— 母材厚度;

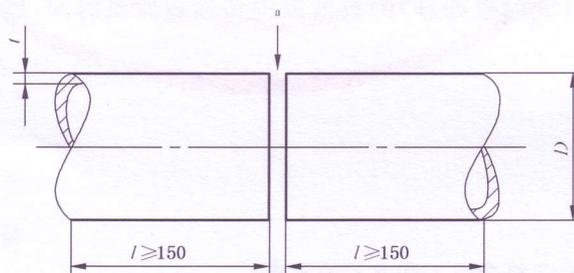
^a 接头装配情况,按预焊接工艺规程(pWPS)中规定。

图 1 全焊透的板对接焊缝试件

5.2.1.3 全焊透的管对接焊缝

管对接焊缝试件应按图 2 制备。

单位为毫米



说明:

D —— 管材外径;

l —— 部件长度;

t —— 母材厚度;

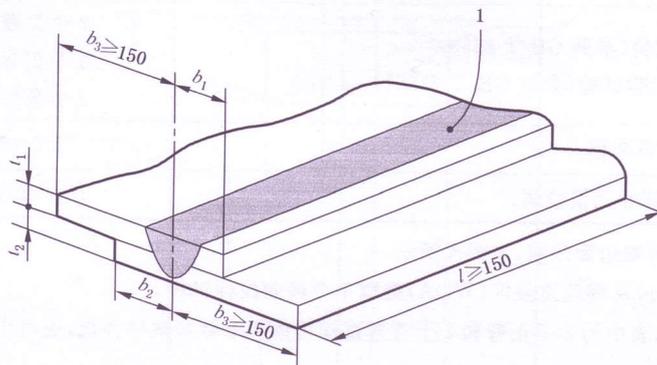
^a 接头装配情况,按预焊接工艺规程(pWPS)中规定。

图 2 全焊透的管对接焊缝

5.2.1.4 搭接接头

搭接接头试件应按图 3 制备。
焊缝可以部分焊透或全焊透。

单位为毫米



说明:

- 1 —— 焊缝;
- b_1 —— 上层板材边缘到焊缝中心线距离(按预焊接工艺规程 pWPS 中规定);
- b_2 —— 下层板材边缘到焊缝中心线距离(按预焊接工艺规程 pWPS 中规定);
- b_3 —— 试件边缘到焊缝中心线距离;
- l —— 试件长度;
- t_1 —— 上层板材母材厚度;
- t_2 —— 下层板材母材厚度。

图 3 搭接接头试件

5.2.2 试件的焊接

试件的制备和焊接应按照预焊接工艺规程进行。若实际焊接时采用了定位焊,则试件中也应包含定位焊缝。定位焊的位置应在试件上明确标记。

试件的焊接应在考官或授权检测员的监督下进行。

5.3 试件的试验及检测

5.3.1 检测范围

检测包括无损检测(NDT)与破坏性试验。具体应按照表 1 与表 2 中的要求进行。附录 B 提供了无损检测的补充信息。

试件的检测应在考官或授权检测员的监督下进行。

表 1 对接接头试件的检测(图 1、图 2)

检查和测试类别	检查和测试范围
目视检测 ^a	100%
横向拉伸试验 ^b	2 个试样
锻件的横向弯曲试验(参照 GB/T 2653) ^c 铸件或锻/铸复合件的断裂试验(参照 GB/T 27551)	2 个背弯试样 2 个正弯试样 2 个断裂试样
宏观金相	1 个试样
补充试验(例如无损检测) ^d	有要求时进行

^a 试验时应避免焊缝两端边缘区域,如图 4 所示。

^b 管材对接接头,至少应从焊缝重叠区(WOA)选取 1 个横向拉伸试样。

^c 当厚度>12 mm 时,表中的 2 个正弯和 2 个背弯试样可由 4 个侧弯试样替代,也可由 1 个纵向正弯试样和 1 个纵向背弯试样替代。

^d 补充试验应按照设计文件的相关要求执行。

表 2 搭接接头试件的检测(图 3)

检查和试验类型	检查和试验范围
目视检测 ^a	100%
宏观金相	2 个试样
补充试验(例如剥离试验、剪切试验、 摆锤 S 型弯曲试验、无损检测) ^b	有要求时进行

^a 试验时应避免焊缝两端边缘区域,如图 6 所示。

^b 补充试验应按照设计文件的相关要求进行。摆锤 S 型弯曲试验的相关信息见附录 C。

试件(包括定位焊或管材对接接头起焊/收焊区)的试验及检测应根据设计文件的要求。

对于特殊材料及有特殊用途或制造条件的试件,应进行更全面的检测,以便获得更多的补充试验数据。

5.3.2 目视检测及合格等级

试件应在截取试样前按照 GB/T 32259 的要求进行目视检测。试验范围应参见 5.3.1,表 1 或表 2 的规定。

合格等级参见 GB/T 34630.5—2017 附录 A 规定。

5.3.3 破坏性试验

5.3.3.1 概述

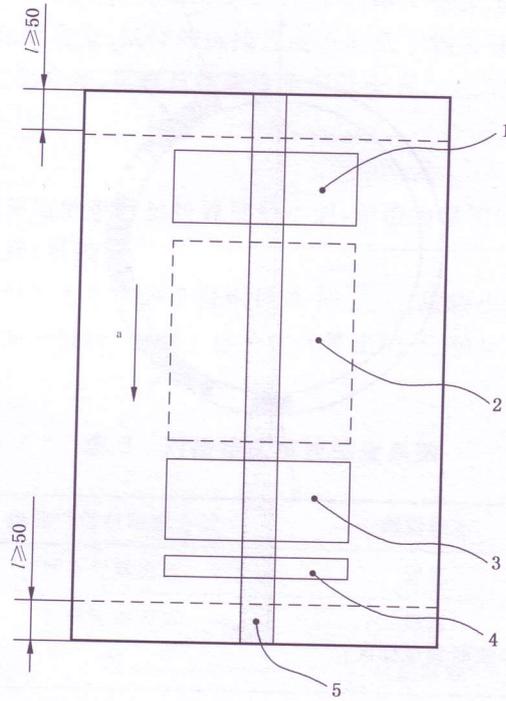
试验范围应参见表 1 和表 2 的要求。

5.3.3.2 取样部位

取样应在试件通过目视检测之后进行,具体位置应按照图 4、图 5 或图 6 的要求。

取样应避免缺欠部位。

单位为毫米



说明：

1——一组拉伸试样，弯曲试样或断裂试样区域；

2——补充试样区域；

3——一组拉伸试样，弯曲试样或断裂试样区域；

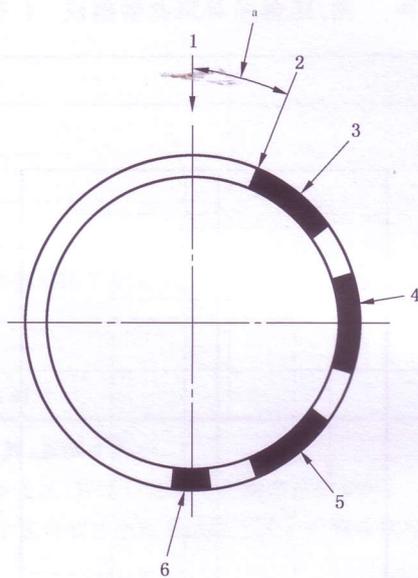
4——一组宏观金相试样区域；

5——焊缝；

l ——焊缝端部截掉的长度；

^a 焊接方向。

图 4 板对接接头试样位置

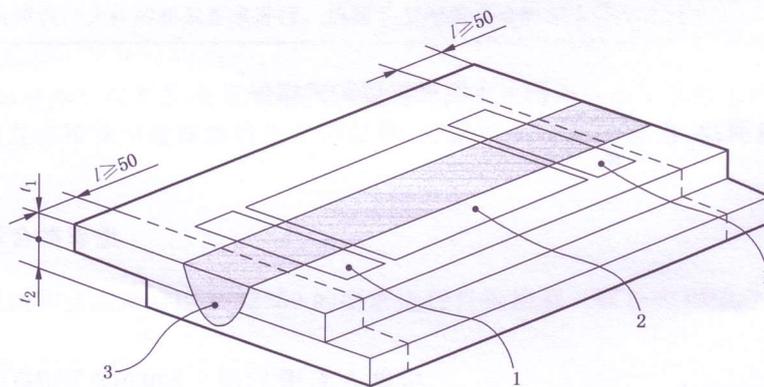


说明：

- 1——起焊点；
- 2——收焊点；
- 3——一组拉伸试样、弯曲试样或断裂试样区；
- 4——补充试样区；
- 5——一组拉伸试样、弯曲试样或断裂试样区；
- 6——一组宏观金相试样区；
- ^a 焊缝重叠区(WOA)拉伸试样。

图 5 管子对接接头试样位置

单位为毫米



说明：

- 1——两个宏观金相试样区；
- 2——剥离试验、剪切试验、摆锤 S 型弯曲试样区(见附录 C)；
- 3——焊缝；
- l*——焊缝端部截掉的长度。

图 6 搭接接头试样位置

5.3.3.3 横向拉伸试验及合格等级

对接接头试样的横向拉伸试验应符合 GB/T 2651 中的相关要求,但试样表面应保持焊后状态。

对于纯铝及非热处理强化铝合金,试样的抗拉强度不应低于相关标准中规定的母材抗拉强度最小值(见表 3)。对于热处理强化铝合金,试样抗拉强度不应低于 $R_{m,min,w}$,见式(1):

$$R_{m,min,w} = R_{m,min,pm} f_e \dots\dots\dots (1)$$

式中,

$R_{m,min,pm}$ ——相关标准中规定的母材抗拉强度最小值,单位为兆帕(MPa);

f_e ——接头强度系数(见表 3)。

对于异种材料接头,不同母材各自按表 3 分别计算 $R_{m,min,w}$,取较小值。

为了确定与表 3 中 f_e 值的一致性,根据上述公式计算出的 f_e 值应根据 ISO 80000-1:2009 附录 B 中的规则进行圆整。

表 3 对接接头抗拉强度系数

材料类型	焊前 ^{a,b} 母材时效方式	焊后状态	接头强度系数 f_e
纯铝	所有时效方式	焊态	1.0 ^d
非热处理强化铝合金	所有时效方式	焊态	1.0 ^d
热处理强化铝合金	T4	自然时效 ^c	0.7
	T4	人工时效 ^c	0.7 ^e
	T5 和 T6	自然时效 ^c	0.6
	T5 和 T6	人工时效 ^c	0.7 ^e

^a 参考 GB/T 16475
^b 对于未说明时效方式的母材, $R_{m,min,w}$ 应符合设计文件的要求。
^c 时效方式应符合设计文件的要求。
^d 无论实际采用何种母材时效方式, $R_{m,min,pm}$ 都应参考“O”状态下的最小抗拉强度。
^e 若采用完全焊后热处理,则能实现更高的性能; $R_{m,min,w}$ 应符合设计文件的要求。

5.3.3.4 弯曲试验及合格标准

对接接头试样和弯曲试验都应符合 GB/T 2653 的要求。试样的前进侧和后退侧应在试验前进行标记。

对于所有的材料,弯曲角度至少为 150°,弯曲试验所采用的弯心直径应根据母材延伸率的不同,采用如下方法计算。

延伸率大于 5%时,弯心直径按式(2)计算:

$$d = \frac{100 \times t_s}{\Delta l} - t_s \dots\dots\dots (2)$$

式中,

d ——为弯心直径最大值,单位为毫米(mm);

t_s ——弯曲试样(包括侧弯曲)的厚度,单位为毫米(mm);

Δl ——材料标准要求的最低延伸率(由百分数表示,异种铝合金接头,应取较小值)。

延伸率不大于 5%时,应在试验前进行退火处理。弯心直径应根据规定的退火状态下的延伸率进

行计算。

若由于退火过程中出现晶粒粗大而导致未通过弯曲试验,应根据表 1 的要求进行补充弯曲试验,只是新的弯曲试验参数应符合设计文件要求。

d 的值应四舍五入为整数。

应使用较小的弯心直径。

除非另有规定,试件任何方向都不准许出现大于 3 mm 的单条裂纹。试验过程中,出现在试样边缘的裂纹应被忽略(由未焊透或孔洞导致的裂纹除外)。

5.3.3.5 宏观金相及合格等级

试样应按照 GB/T 26955 规定进行制备和检验,检验区域应包括未受影响的母材。对某些合金进行侵蚀处理时,应注意避免产生伪显示。

宏观金相合格等级采用 GB/T 34630.5—2017 附录 A 中的要求执行,其他缺欠检测合格等级按相关要求或设计文件的规定执行。

5.3.4 复试

如果试件不能符合 5.3.2 中规定的目视检测要求,则应再按原条件重新焊制一块试件,并进行同样的检测。如果这块新焊的试件仍不满足要求,则焊接工艺评定不合格。

如果试样仅因为焊接缺欠而不符合 5.3.3 规定的破坏性试验的要求,则每个不符合项应再取两块试样进行测试。如果有足够材料这些试样应取自原试件,或取自一个新焊制的试件。

每个重复测试的试样应进行与原未合格试样相同的试验。复试试样中的任何一个不符合要求,则焊接工艺评定不合格。

5.4 认可范围

5.4.1 概述

应满足 5.4.2~5.4.5 中的要求。

当焊接工艺规程中的主要参数变化至规定范围之外时,需要重新进行工艺评定。

5.4.2 制造商相关要求

由某制造商执行的工艺评定试验仅对该制造商进行技术和质量控制的车间或场所中的焊接有效。

只要执行焊接工艺评定的制造商承担焊接过程的全部责任,即可认定焊接过程是在同样的技术和质量控制条件下进行的。

5.4.3 预热温度

预热温度的认可范围:上限为评定时的温度;下限为该温度之下 30 °C(根据 WPS 的规定)。

5.4.4 道间温度

道间温度的认可范围:上限为评定时的最高道间温度;下限为该温度之下 30 °C(根据 WPS 的规定)。

5.4.5 其他参数

在 WPS 中还应规定其他参数的认可范围。

5.5 焊接工艺评定报告(WPQR)

WPQR 应完整表述每个试件的评定结果(包括重复测试试件)。根据 5.3 的要求, WPS 中列出的相关项与不合格项的详细信息都应记录在 WPQR 中。

当所有试验全部合格时, 则 WPQR 合格, 合格的焊接工艺评定报告应由检测者或检测机构代表签字确认。同时, 预焊接工艺规程通过评定, 并发布焊接工艺规程。

WPQR 应使用标准格式。WPQR 典型格式的示例见附录 D。

6 基于预生产焊接试验的工艺评定

6.1 概述

生产前的焊接试验应按照第 5 章中相关条款的要求进行, 6.2~6.5 中另有其他要求的情况除外。完成本部分要求的试验亦可用于焊接操作工的技能评定(见 GB/T 34630.3—2017)。

6.2 试件

试件的制备和焊接应在生产焊接通用条件下进行。设计试件时应保证试件的形状和尺寸可模拟实际结构的焊接条件, 包括焊接位置和其他主要因素(例如, 应力条件、热效应、可达性和边界条件)。

当采用实际构件时, 应采用实际生产中的夹具和固定装置。

6.3 试件的试验及检测

试件应按第 5 章中相关条款的要求进行试验。

至少应进行:

- 目视检测(100%);
- 宏观金相(数量取决于焊接结构)。

6.4 认可范围

按照本部分要求发布的 WPS 仅限于该预生产试验所使用的接头形式。认可范围一般按 5.4 中相关条款要求执行。

6.5 焊接工艺评定报告

应使用 WPQR 的标准格式, 其格式示例见附录 D。

附录 A
(资料性附录)
预焊接工艺规程(pWPS)

制造商的 pWPS 编号: _____
 制造商的 WPQR 编号: _____
 焊接操作工姓名: _____
 母材类型、时效方式和参考标准: _____
 母材厚度(mm): _____
 管材外径(mm): _____
 设备标识(型号、序列号和制造商): _____
 搅拌头标识(草图)¹⁾: _____
 夹紧方案(草图)¹⁾: _____
 定位焊接: _____
 接头制备和清理方法: _____
 接头设计

接头设计和接头结构	焊接顺序
(草图) ¹⁾	

焊接参数:

焊道	搅拌头转速/(r/min)	压入量/mm 或轴向压力/kN	倾角/(°)	侧倾角/(°)	延迟时间/s	焊接速度 /(mm/min)

焊接位置: _____
 焊前热处理: _____
 预热温度(°C): _____ 预热维持温度(°C): _____
 道间温度(°C): _____
 保护气体: _____ 牌号: _____ 气体流量(L/min): _____
 焊后处理: _____
 焊后热处理: _____
 时间、温度、方法: _____
 加热与冷却速率: _____
 其他参数¹⁾: _____

制造商

姓名、日期及签名: _____

1) 按需要。

附录 B
(资料性附录)
无损检测

当需要进行无损检测时,应在截取试样前对试件进行检测。

根据接头形状、母材和工作要求,若需要 NDT 检测,则应参照 GB/T 18851(渗透检测),GB/T 3323(射线检测)和 GB/T 11345(超声检测)的相关要求。若对焊缝完整性有严格要求,则应使用特定方法进行检测(例如,超声相控阵检测或涡流探伤)。



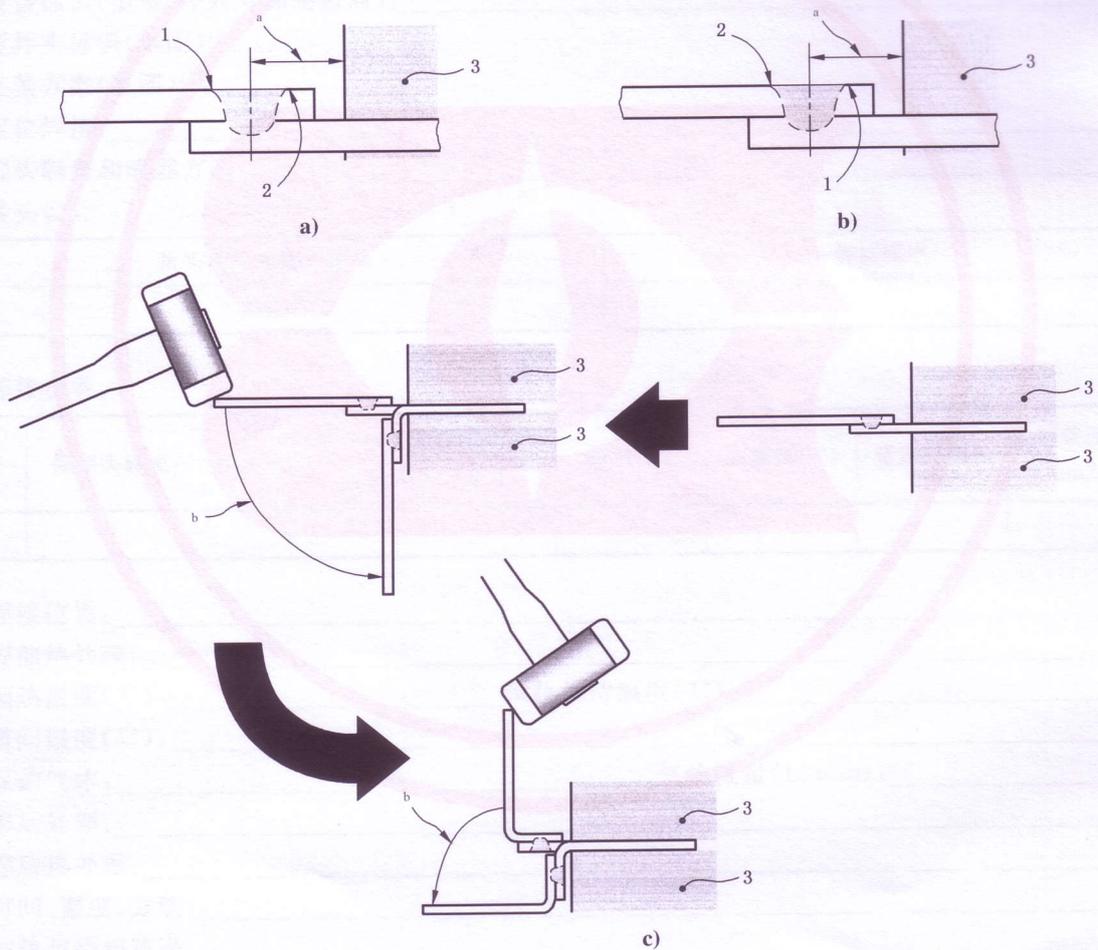
附录 C
(资料性附录)

搭接焊缝的摆锤 S 型弯曲试验

搭接焊缝的摆锤 S 型弯曲试验是对焊缝质量检测、确定焊缝是否有缺欠的有效方法,例如板材变薄或界面曲钩。由于这是一个定性试验,应对焊缝中心到工装(或夹具)的距离进行调整,来补偿测试材料的延展性及厚度不足。对于延展性较大的材料,其焊缝中心到缺欠的距离应小于延展较小的材料。

建议摆锤 S 型弯曲试验应在两组试样上进行。第一组试样前进侧靠近摆锤[图 C.1a]。第二组试样的后退侧靠近摆锤[图 C.1 b)]。

本试验不能取代其他定量试验。



说明:

1——焊缝前进侧;

2——焊缝后退侧;

3——工装;

^a 工装边缘到焊缝中心线的距离;

^b 摆锤摆动方向。

注:加粗箭头指示检测顺序。

图 C.1 无约束摆锤 S 型弯曲试验

附录 D

(资料性附录)

焊接工艺评定报告格式

焊接工艺评定——试验报告

制造商：_____ 地址：_____

制造商的 pWPS 编号：_____

制造商的 WPQR 编号：_____

考官或考试机构/检测员或检测机构：_____

代号：_____

规程/试验标准：_____

焊接日期：_____

焊接操作工姓名：_____

母材类型和参考标准：_____

母材厚度(mm)：_____

管材外径(mm)：_____

接头形式(草图)：_____

焊后热处理：_____

其他参数：_____

兹证明考试焊缝的制备、焊接和检测符合上述规程/试验标准的要求。

地点：颁发日期：考官或考试机构/检测员或检测机构：

姓名、日期及签名

考官或考试机构/检测员或检测机构：

打印姓名和日期

焊接试验报告

制造商: _____ 地址: _____
 制造商的 pWPS 编号: _____
 制造商的 WPQR 编号: _____
 考官或考试机构/检测员或检测机构: _____
 代号: _____

焊接操作工姓名: _____
 母材类型、时效方式和参考标准: _____
 母材厚度(mm): _____ 管材外径(mm): _____
 设备标识: _____
 搅拌头标识(草图)²⁾: _____
 夹紧方案(草图)²⁾: _____
 定位焊接: _____
 接头制备和清理方法: _____
 接头设计

接头设计和接头结构	焊接顺序
(草图) ²⁾	

焊接参数:

焊道	搅拌头转速/(r/min)	压入量/mm 或轴向压力/kN	倾角/(°)	侧倾角/(°)	延迟时间/s	焊接速度 /(mm/min)

焊接位置: _____
 焊前热处理: _____
 预热温度(°C): _____
 预热维持温度(°C): _____
 道间温度(°C): _____
 保护气体: _____ 牌号: _____ 气体流量(L/min): _____
 焊后处理: _____
 焊后热处理(时间、温度、方法、加热与冷却速率): _____
 其他参数²⁾: _____

制造商:
 姓名、日期和签名

考官或考试机构/检测员或检测机构:
 姓名、日期及签名

考官或考试机构/检测员或检测机构:
 打印姓名和日期

2) 按需要。

试验结果

制造商: _____ 地址: _____
 制造商的 pWPS 编号: _____
 制造商的 WPQR 编号: _____
 实验室代号: _____
 考官或考试机构/检测员或检测机构: _____
 代号: _____
 目视检测

合格	不合格	报告编号

宏观金相

合格	不合格	报告编号

破坏性试验

是否需要拉伸试验: 是 否

类型/编号	$R_{m, min, w} / (N/mm^2)$	$R_{m, min, pm} / (N/mm^2)$	f_e $R_{m, min, w} / R_{m, min, pm}$	断裂位置	备注
要求					
1		—			
2		—			

$R_{m, min, w}$: 试样抗拉强度 $R_{m, min, pm}$: 母材抗拉强度

弯曲试验 是否需要: 是 否

类型/编号	弯曲侧	弯心直径 d/mm	结果

其他试验³⁾: _____

备注: _____

试验相关要求: _____

试验报告编号: _____

试验结果合格/不合格 _____

试验在场人员: _____

考官或考试机构/检测员或检测机构: 考官或考试机构/检测员或检测机构:

(姓名、日期及签名)(打印姓名和日期)

3) 按需要。