

ISO

国 际 标 准

ISO 15614-1

第二版 2017-06

参考编号 ISO 15614-1:2017(E)

金属材料焊接工艺的规范和评定 — 焊接工艺 试验 — 第 1 部分：钢的电弧焊和气焊以及镍 及其合金的电弧焊

**Specification and qualification of welding
procedures for metallic materials — Welding
procedure test — Part 1: Arc and gas welding of
steels and arc welding of nickel and nickel alloys**

国际标准

国 际 标 准

**金属材料焊接工艺的规范和评定 — 焊接工艺
试验 — 第 1 部分：钢的电弧焊和气焊以及镍
及其合金的电弧焊**

**Specification and qualification of welding
procedures for metallic materials — Welding
procedure test — Part 1: Arc and gas welding of
steels and arc welding of nickel and nickel alloys**

翻译单位 上海晨辉公司

翻译 潘志刚

校对 王允金

编辑 陈君

2017 年 9 月



版权保护文件

© ISO 2017, 瑞士出版

版权所有。除非另行规定，否则无事先书面许可的情况下，不得以任何电子或机械方式（包括影印或在互联网或内联网上公布）复制或使用本出版物的任何部分。可向以下地址中的 ISO 或请求方所在国家 ISO 成员组织申请许可。

ISO 版权办公室

Ch. de Blandonnet 8 • CP 401

CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland

电话: +41 22 749 01 11

传真: +41 22 749 09 47

copyright@iso.org

www.iso.org

目录

页码

前言	4
引言	5
1 范围	6
2 规范性引用文件	7
3 术语和定义	8
4 初步焊接工艺规范 (pWPS)	8
5 焊接工艺试验	8
6 试件	8
6.1 概述	8
6.2 试件形状及尺寸	9
6.2.1 概述	9
6.2.2 焊透板材中的对焊焊缝	9
6.2.3 焊透管材中的对焊焊缝	9
6.2.4 T 形接头	9
6.2.5 分支连接	9
6.3 试件的焊接	9
7 检验和试验	13
7.1 试验类型和范围	13
7.2 试样的定位和抽取	15
7.3 无损检验	18
7.4 破坏性试验	18
7.4.1 横向抗拉试验	18
7.4.2 弯曲试验	18
7.4.3 宏观检验	18
7.4.4 冲击试验	19
7.4.5 硬度试验	19
7.5 验收等级	20
7.6 重新试验	21
8 评定范围	21
8.1 概述	21
8.2 与制造商相关	21
8.3 与原材料相关	22
8.3.1 原材料分组	22
8.3.2 材料厚度	25
8.3.3 管径和分支连接	26
8.3.4 分支连接的角度	27
8.4 所有焊接工艺通用	27

8.4.1	焊缝工艺.....	27
8.4.2	焊接位置.....	27
8.4.3	接头/焊缝类型.....	28
8.4.4	填充材料、制造商和商标名称、名称.....	29
8.4.5	填充材料尺寸.....	29
8.4.6	电流类型.....	29
8.4.7	热输入（电弧能量）.....	30
8.4.8	预热温度.....	30
8.4.9	层间温度.....	30
8.4.10	供氢释放的焊后加热.....	30
8.4.11	热处理.....	30
8.5	工艺特定.....	31
8.5.1	埋弧焊（工艺 12）.....	31
8.5.2	气体保护金属弧焊（工艺 13）.....	32
8.5.3	使用不熔化电极进行的气体保护电弧焊（工艺 14）.....	32
8.5.4	等离子弧焊（工艺 15）.....	33
8.5.5	氧乙炔焊（工艺 311）.....	33
8.5.6	背衬气体.....	33
9	焊接工艺评定记录 (WPQR).....	33
附录 A	（规范性附录） 填充材料，名称.....	34
附录 B	（资料性附录） 焊接工艺评定记录表 (WPQR).....	37
参考文献	41

前言

ISO（国际标准化组织）是由国家标准机构（ISO 成员机构）组成的世界性联合会。一般由 ISO 技术委员会执行国际标准的编制工作。凡对已成立技术委员会主题感兴趣的成员机构均有权派代表参加该委员会。同时，与 ISO 有协作关系的政府性及非政府性国际组织也可参与其工作。ISO 就电气技术标准化的所有相关事宜与国际电工委员会（IEC）展开密切合作。

开发本文件的程序和文件进一步维护程序在 ISO/IEC 指令第 1 部分中进行了说明。特别注意 ISO 不同类型文件所需的不同批准标准。本文件按照 ISO/IEC 指令第 2 部分的编辑规定编制（参见 www.iso.org/directives）。

注意本文件的某些内容可能涉及专利权。ISO 不负责确定任何或所有此类专利权。将在引言和/或收到的 ISO 专利声明列表上介绍文件编制期间确定的任何专利权详细信息（参见 www.iso.org/patents）。

本文件使用的任何商标名称是为了向用户提供方便，其并未获得背书认可。

关于标准的自愿性质的解释，ISO 标准中与合规性评价相关的特定术语和公式意思的解释以及 ISO 在贸易技术壁垒（TBT）中遵守世界贸易组织（WTO）原则的相关信息，详见以下 URL：www.iso.org/iso/foreword.html。

本文件由技术委员会 ISO/TC 44“焊接及相关工艺”的下属委员会 SC 10“焊接领域的质量管理”制定。

第二版废止并替代了第一版（ISO 15614-1:2004）（技术上已做修订）。它还包括修订本 ISO 15614-1:2004/Amd 1:2008 和 ISO 15614-1:2004/Amd 2:2012以及技术勘误 ISO 15614-1:2004/Cor.1:2005。

ISO 15614 系列标准所有组成部分列表可在 ISO 网站上找到。

对本文件任何方面进行官方说明的请求均应通过国家标准机构直接提交至 ISO/TC 44/SC 10 秘书处。可登陆 www.iso.org 获取这些机构的完整列表。

引言

自发布之日起，需根据本标准执行所有新的焊接工艺试验。然而，使用本国际标准并不意味着根据以前的国家标准、要求、或本国际标准的以前版本所做出的焊接工艺试验无效。

为允许应用广泛焊接结构，给出了两个等级的焊接工艺试验。这两个等级分别被指定为等级 1 和 2。

等级 1 以 ASME 第 IX 节 的要求为基础，等级 2 以本文件之前的版本为基础。

金属材料焊接工艺的规范和评定 — 焊接工艺试验 —

第 1 部分:

钢的电弧焊和气焊及镍和镍合金的电弧焊

1 范围

本文件指出如何通过焊接工艺试验对初步焊接工艺规范进行评定。

本文件适用于制造焊接、补焊和堆焊。

本文件规定了焊接工艺试验的实施条件以及本文件限定条款内所有实际焊接操作的焊接工艺评定范围。

焊接工艺评定的主要目的在于证明为结构拟议的连接工艺可制造具备所需机械性能的接头，并能实现预期应用。

为允许应用广泛焊接结构，给出了两个等级的焊接工艺试验。这两个等级分别被指定为等级 1 和 2。与等级 1 相比，等级 2 的试验程度更大，且评定范围更具限制性。

等级 2 开展的工艺试验必定满足等级 1 的试验要求，但反过来不成立。

如果合约或应用标准中未规定等级，则所有等级 2 要求适用。

本文件适用于所有产品形式钢的电弧焊和气焊以及所有产品形式镍和镍合金的电弧焊。

根据 ISO 4063，电弧焊和气焊包含于下列工艺范围内。

111 — 手动金属电弧焊（用焊条进行金属电弧焊）；

114 — 自防护管状带芯电弧焊；

12 — 埋弧焊；

13 — 气体保护金属弧焊；

14 — 使用不熔化电极进行的气体保护电弧焊；

15 — 等离子弧焊；

311 — 氧炔焊接。

本文件原理可能适用于其他熔焊工艺。

注 根据本文件，之前的工艺数量无需进行新鉴定试验。

根据本文件之前版本编制的焊接工艺规范和评定可能被用于当前版本指定的任何应用。在这种情况下，之前版本的评定范围仍适用。

基于既有合格的 WPQR，可根据该版本确定新 WPQR（焊接工艺评定记录）的评定范围，前提是本文件试验要求的技术用途已得到满足。如果必须执行额外试验以使评定在技术上相同，那么只需在试件上执行此额外试验。

2 规范性引用文件

文本中引用的下列文件有部分或全部内容都组成了本文件的要求。凡注明日期的引用文件，只有所引用的版本适用于本标准。凡未注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有修订本）适用于本标准。

ISO 148-1, 金属材料 — 夏比摆锤冲击试验 — 第 1 部分: 试验方法

ISO 3452-1, 无损试验 — 渗透试验 — 第 1 部分: 一般原则

ISO 4063, 焊接及相关工艺 — 工艺名称和参考号

ISO 4136, 金属材料焊接的破坏性试验 — 横向拉伸试验

ISO 5173, 金属材料焊接的破坏性试验 — 弯曲试验

ISO 5817, 焊接 — 钢、镍、钛与其合金的熔焊接头（束焊除外） — 缺陷的质量等级

ISO 6520-1, 焊接及相关工艺 — 金属材料几何缺陷分类 — 第 1 部分: 熔焊

ISO 6947, 焊接及相关工艺 — 焊接位置

ISO 9015-1, 金属材料焊接的破坏试验 — 硬度试验 — 第 1 部分: 弧焊焊缝的硬度试验

ISO 9016, 金属材料焊接的破坏试验 — 冲击试验 — 试样定位、槽口取向和检验

ISO 14175, 焊接消耗品 — 氧炔焊及有关工艺用气体和混合气体

ISO 15609-1, 金属材料的焊接程序规范和合格鉴定 — 焊接程序规范 — 第 1 部分: 电弧焊

ISO 15609-2, 金属材料的焊接程序规范和合格鉴定 — 焊接程序规范 — 第 2 部分: 气焊

ISO 15613, 金属材料的焊接程序规范和鉴定 — 基于预生产焊接试验的鉴定

ISO 17636-1, 焊缝的无损检验 — 放射性试验 — 第 1 部分: 带薄膜的X射线和γ射线技术

ISO 17636-2, 焊缝的无损检验 — 放射线试验 — 第 2 部分: 带数字探测器的X射线和γ射线技术

ISO 17637, 焊缝的无损检验 — 熔焊接头的外观检验

ISO 17638, 焊缝的无损检验 — 磁粉检验

ISO 17639, 金属材料焊接的破坏性试验 — 焊接的宏观和微观检验

ISO 17640, 焊缝的无损检验 — 超声波检验 — 技术、测试水平和评估

ISO/TR 15608, 焊接 — 金属材料分类体系指南

ISO/TR 17671-1, 焊接 — 金属材料焊接的推荐规范 — 第 1 部分: 电弧焊通用指南

ISO/TR 18491, 焊接及相关工艺 — 焊接能量测量指南

ISO/TR 20172, 焊接 — 材料分组系统 — 欧洲材料
ISO/TR 20173, 焊接 — 材料分组系统 — 美国材料
ISO/TR 20174, 焊接 — 材料分组系统 — 日本材料
ISO/TR 25901 (所

有部分)，*焊接及相关工艺 — 词汇*

3 术语和定义

ISO/TR 25901（所有部分）中给出的术语和定义以及以下术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 在下列网址中给出了标准化术语数据库：

— ISO 在线浏览平台：可访问 <http://www.iso.org/obp>

— IEC 电子百科：可访问 <http://www.electropedia.org/>

3.1

焊道焊出长度

焊条熔化产生的焊道长度

条目注释 1：请参见 ISO/TR 17671-2。

3.2

堆焊

添加焊缝金属以获得或恢复所需尺寸

4 初步焊接工艺规范 (pWPS)

初步焊接工艺规范应当根据 ISO 15609-1 或 ISO 15609-2 进行编制。

5 焊接工艺试验

试件的焊接和试验应当符合第 [6](#) 和第 [7](#) 条规定。

假设相关试验要求已得到满足，则应根据相关适用国家/国际标准对负责根据本文件执行焊接工艺试验的焊工或焊接操作员进行资格评定。

6 试件

6.1 概述

焊接工艺在生产中结合的焊缝应当通过制造标准试件提供，如 [6.2](#) 中规定。

如果适用标准规定，当要求在热影响区 (HAZ) 内执行冲击试验时，板材滚动的方向应当在试件上加以标注，且应在冲击试验报告中说明。

对于等级 1：所有对接接头试验均满足接头配置要求。

对于等级 2：当本文件所示标准试件未涵盖试件接头要求和/或尺寸时，要求使用 ISO 15613。

6.2 试件形状及尺寸

6.2.1 概述

试件的长度和编号应当足够执行所有规定试验。

可能需要制备额外试件或大于最小尺寸的试件，以允许对试件进行额外试验和/或再次试验（参见 7.6）。

对于除分支接头（参见图 4）和 T 形接头（T 形对接接头或角焊缝；参见图 3）外的所有接头，材料厚度 t 和直径 D 对于待焊接规定长度试件的板材和管子都应一致。

应根据 8.3.2 至 8.3.3 选择试件的厚度和/或管外径。

6.2.2 焊透板材中的对焊焊缝

应根据图 1 制备试件。

6.2.3 焊透管材中的对焊焊缝

应根据图 2 制备试件。

注 词语“管材”单独或组合时表示“管道”、“列管”或“中空型材”（方形或矩形空心截面除外）。

6.2.4 T 形接头

应根据图 3 制备试件。本试件适用于完全焊透的对接焊缝或角焊缝。

6.2.5 分支连接

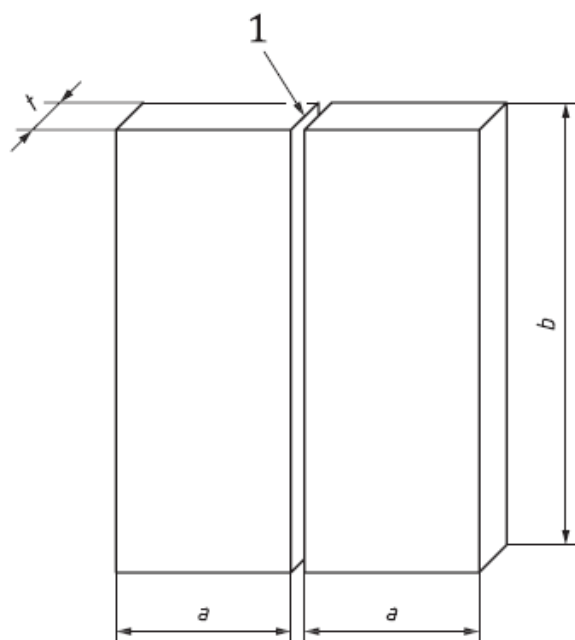
对于等级 1：未要求具体试件。

对于等级 2：应根据图 4 制备试件。角 α 是用于生产的最小角度。本试件适用于完全焊透的焊缝（定位焊、嵌入焊或熔透焊）以及角焊缝。

6.3 试件的焊接

应根据 pWPS 并在其应当代表的焊接条件下执行试件的制备和焊接。焊接位置及试件倾角和旋转限制均应符合 ISO 6947 的要求。如果要将临时点焊熔到最终接头中，则临时点焊要包含在试件中。

应由检验人员或检验机构验证试件的焊接和试验。



图例

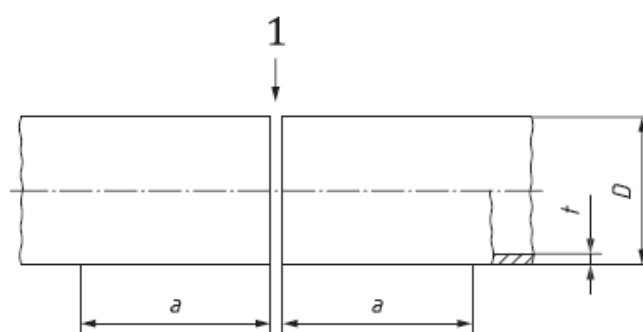
1 按照初步焊接工艺规范 (pWPS) 的要求进行焊缝处理和装备

a 最小尺寸 150 mm

b 最小尺寸 350 mm

t 材料厚度

图 1 — 焊透板材中的对焊焊缝用试件



图例

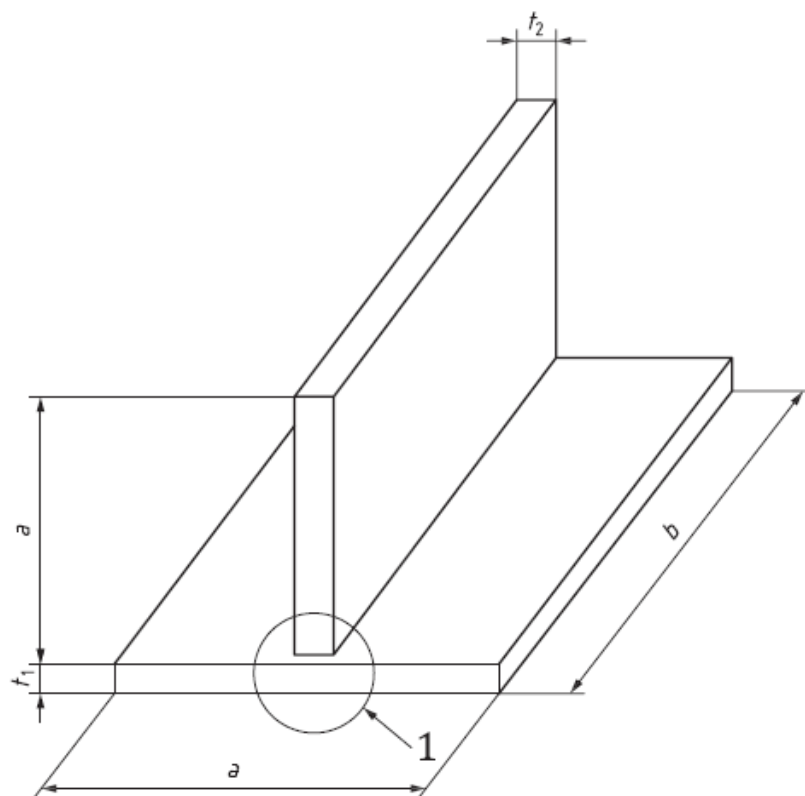
1 按照初步焊接工艺规范 (pWPS) 的要求进行焊缝处理和装备

a 最小尺寸 150 mm

D 管道外径

t 材料厚度

图 2 — 焊透管材中的对焊焊缝用试件



图例

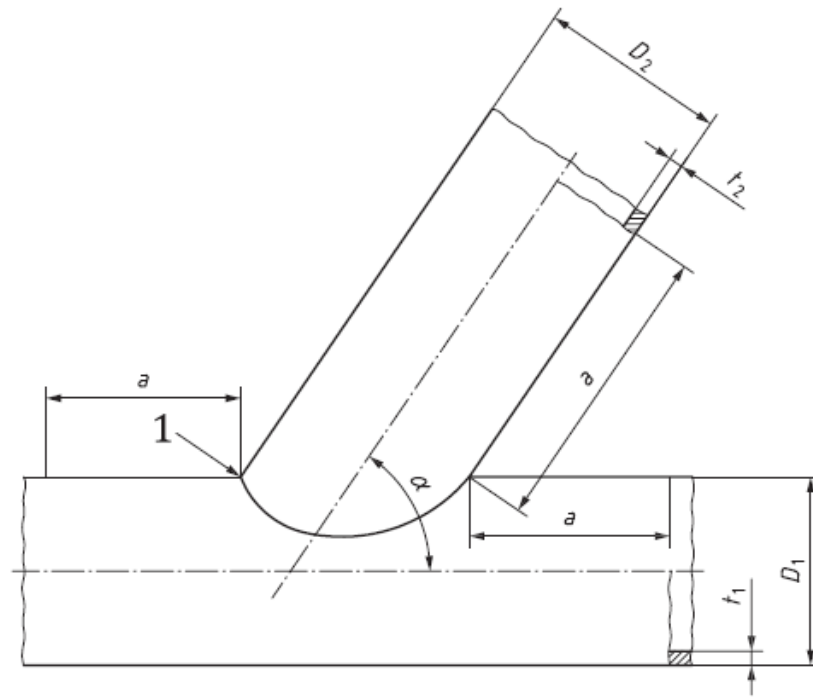
1 按照初步焊接工艺规范 (pWPS) 的要求进行焊缝处理和装备

a 最小尺寸 150 mm

b 最小尺寸 350 mm

t_1 、 t_2 材料厚度

图 3 — T 形接头用试件



图例

- 1 按照初步焊接工艺规范 (pWPS) 的要求进行焊缝处理和装备
- α 分支角度
- a 最小尺寸 150 mm
- D_1 主要管道外径
- D_2 分支管道外径
- t_1 主要管道材料厚度
- t_2 分支管道材料厚度

图 4 — 分支连接的试件

7 检验和试验

7.1 试验类型和范围

对于等级 1: 试验类型和范围应符合表 1 要求。如果应用标准或规范要求执行冲击试验、硬度试验或无损试验 (NDT), 则应根据等级 2 的要求执行以上试验并进行评估, 除非应用标准或规范另有规定。

对于等级 2: 试验类型和范围应符合表 2 要求。

应用标准可能会规定其他试验, 例如:

- 纵向焊缝抗拉试验;
- 所有焊缝金属弯曲试验;
- 腐蚀试验;
- 化学分析;
- 微观检验;
- Δ 铁素体检验;
- 硬度试验;
- 交叉试验;
- 冲击试验;
- 无损检验 (NDT)。

注 特殊应用、材料或制造条件可能要求进行比本文件规定更多的综合性试验, 以便获得更多信息, 并且避免以后重复焊接工艺而获得其他试验数据。

表 1 — 对于等级 1: 试件的检验和试验

试样	试验类型	试验范围	脚注
焊透的对焊焊缝 — 图 1 和图 2	目视检验 横向抗拉试验 横向弯曲试验	100 % 2 件试样 4 件试样	a
角焊缝 — 图 3	目视检验 宏观检验	100 % 2 件试样	b
a 有关弯曲试验, 请参见 7.4.2。			
b 应用标准要求具备机械性能时, 应进行相应检测。如果需要额外试件, 尺寸应足以允许对机械性能进行测试。对于该额外试件, 焊接参数范围、母材组别、填充金属和热处理都应保持一致。			

表 2 — 对于等级 2: 试件的检验和试验

试样	试验类型	试验范围	脚注
焊透的对焊焊缝 — 图 1 和图 2	目视检验	100 %	—
	放射线检验或超声波检验	100 %	a
	表面裂纹检查	100 %	b
	横向抗拉试验	2 件试样	—
	横向弯曲试验	4 件试样	c
	冲击试验	2 套	d
	硬度试验	需要的	e
	宏观检验	1 件试样	—
焊透的 T 形焊缝 — 图 3 焊透的分支连接 — 图 4 f	目视检验	100 %	b a 和 g e
	表面裂纹检查	100 %	
	超声波或放射线检验	100 %	
	硬度试验	需要的	
	宏观检验	2 件试样	
	角焊缝 — 图 3 和 图 4 f	目视检验	
表面裂纹检查		100 %	
硬度试验		需要的	
宏观检验		2 件试样	
<p>a 超声波试验不得用于 $t < 8\text{ mm}$ 亦不用于材料组 8、10、41 至 48。</p> <p>b 可焊接表面：渗透试验或磁粉探伤。对于非磁性材料，进行渗透试验。</p> <p>c 有关弯曲试验，请参见 7.4.2。</p> <p>d 焊接金属内 1 套，厚度大于等于 12 mm 的材料的 HAZ 内 1 套，且具备交货技术条件规定冲击属性和/或符合使用条件（如适用）适用标准可要求在厚度小于 12 mm 条件下进行冲击试验。试验温度应当由制造商针对应用或适用标准进行选择。有关其他试验，请参见 7.4.4。</p> <p>e 不用于母体金属：分组 1.1、组 8、41 至 48 以及这些组别之间的不同接头，分组 1.1 与组 8 之间的不同接头除外。</p> <p>f 应用标准要求具备机械性能时，应进行相应检测。如果需要额外试件，尺寸应足以允许对机械性能进行测试。对于该额外试件，焊接参数范围、母材组别、填充金属和热处理都应保持一致。</p> <p>g 对于外径小于等于 50 mm 时，不要求进行超声波试验，但如果焊缝配置允许有效结果存在，则应执行放射线试验。对于外径大于 50 mm 时，如果在技术上无法执行超声波检验，若焊缝配置允许有效结果存在，则应当执行放射线检验。</p>			

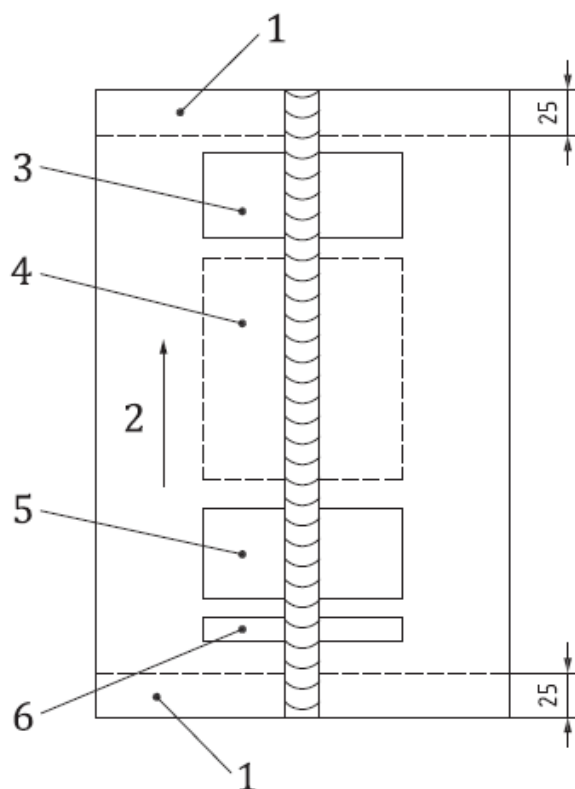
7.2 试样的定位和抽取

应当根据图 5、6、7 和 8 抽取试样。

对于硬度和冲击试样的定位，应考虑 8.4.2。

容许从避免在所使用的 NDT 方法验收限制范围内存在缺陷的区域的位置抽取试样。

尺寸（单位：毫米）



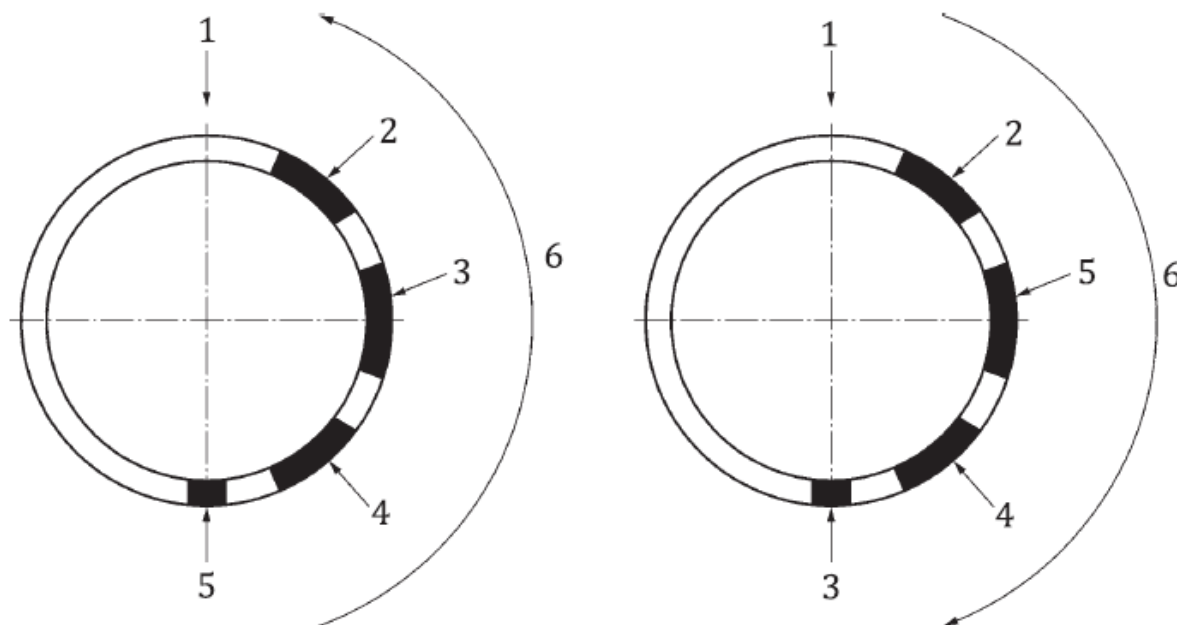
图例

- 1 废料 25 mm
- 2 焊接方向
- 3 用于以下试样的区域：
 - 1 拉伸试样
 - 弯曲试样
- 4 用于以下试样的区域：
 - 需要时，用于冲击和其他试样
- 5 用于以下试样的区域：
 - 1 拉伸试样
 - 弯曲试样
- 6 用于以下试样的区域：
 - 1 宏观试样

— 1 硬度试样

注：未按比例绘制。

图 5 — 板材中对焊焊缝用试样的位置

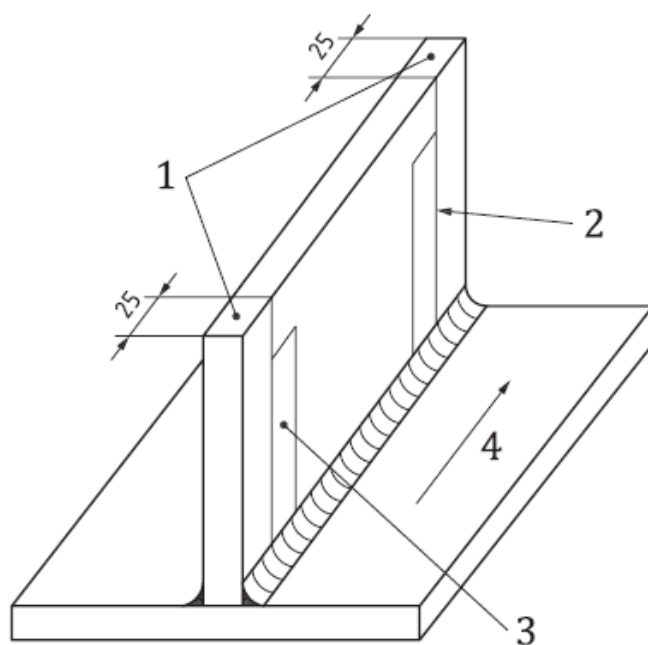


图例

- 1 焊缝终止点
- 2 用于以下试样的区域：
 - 1 拉伸试样
 - 弯曲试样
- 3 用于以下试样的区域：
 - 需要时，用于冲击和其他试样
- 4 用于以下试样的区域：
 - 1 拉伸试样
 - 弯曲试样
- 5 焊缝起点；用于以下试样的区域：
 - 1 宏观试样
 - 1 硬度试样（从焊缝起点抽取）
- 6 焊接方向

注：未按比例绘制。

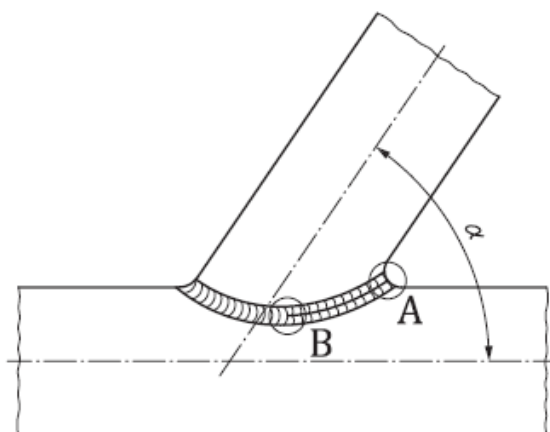
图 6 — 管材中对焊焊缝用试样的位置



图例

- 1 废料 25 mm
- 2 宏观试样
- 3 宏观和硬度试样
- 4 焊接方向

图 7 — T 形接头中的试样位置



图例

- A 需抽取宏观和硬度试样
- B 需抽取宏观试样
- α 分支角度

图 8 — 管材上分支连接用试样位置

7.3 无损检验

所有根据 7.1 执行的无损检验都应在切割试样之前在试件上执行。无需对废料（参见图 5 和图 7）执行 NDT。任何规定的焊后加热处理 (PWHT) 均应在无损试验之前完成。

对于易受氢感应裂缝影响并且不规定进行焊后加热或 PWHT 的材料，无损试验应当延迟。

根据焊缝几何形状、材料和工作要求，NDT 应当根据 ISO 17637（目视检验）、ISO 17636-1 或 ISO 17636-2（放射线试验）、ISO 17640（超声波试验）、ISO 3452-1（渗透试验）以及 ISO 17638（磁粉试验）按照表 1 和表 2 中的要求执行。验收等级应符合 7.5 的要求。

7.4 破坏性试验

7.4.1 横向抗拉试验

用于对焊的横向抗拉试验的试样和试验应符合 ISO 4136。该试验应代表整个厚度，除非需在试样上获得平行边。拉伸试验应确保对使用的所有焊接工艺和相关必要变量进行试验。

注 无需与 ISO 4136 规定的试样重叠。

对于外径大于 50 mm 的管道，应除去两面上多余的焊接金属，从而使试样的厚度和管壁厚度一样。

对于外径小于等于 50 mm 的管道，在整个管道上执行横向抗拉试验时，可以不处理管内表面的多余焊接金属。

试样的抗拉强度不得低于母体金属相关规定的最小值，试验之前另有规定的除外。

对于不同的母体金属焊缝，抗拉强度不得低于为带有最低抗拉强度的原材料所指定的最小值。

7.4.2 弯曲试验

用于对焊的弯曲试验的试样和试验应符合 ISO 5173:2009。

厚度小于 12 mm 时，应对两条根部和两个表面弯曲试样进行试验。厚度大于等于 12 mm 时，可能会使用四侧弯曲试样，而不是根部和表面弯曲试样。

对于钢板上的不同金属接头或异类对接接头，可以使用一件根部焊道纵向弯曲试样或一件表面纵向弯曲试样来代替四次横向弯曲试验。

试验期间，试样不得在任何方向出现任何大于 3 mm 的缺陷。试验期间试样角部出现的缺陷在评估时应当忽略。

7.4.3 宏观检验

试样应当根据 ISO 17639 进行制备并在一侧刻蚀，以便清楚显示熔合线、HAZ 以及焊道的形成。

试样应包括未受影响的母体金属，并且每次工艺试验应当至少通过一张宏观横截面图片进行记录。

验收等级应符合 7.5 节要求。

7.4.4 冲击试验

试样和冲击试验应当符合本文件有关试样位置和试验温度的规定，并且符合 ISO 9016 有关尺寸和试验的规定。根据 ISO 148-1，应使用 2 mm 摆锤，除非另有规定。

对于焊接金属，试样类型 VWT (V: 夏比 V 形缺口 — 采用焊接金属的 W 形缺口 — T: 整个厚度的缺口)，对于 HAZ 试样类型 VHT (V 夏比 V 形缺口 — H: 热影响区内的缺口 — T: 整个厚度的缺口) 应当使用。对于各个指定的位置，每组应当由三个试样组成。

应从母体金属表面下方最多 2 mm 处取试样，并位于焊缝的横向位置。

在 HAZ 中，缺口中点应当距离熔合线 1 mm 至 2 mm 处。在焊接金属中，缺口中点应当位于焊缝中心线处。

对于材料厚度 $t > 50$ mm 处的对接接头，应从根部区域额外选取两组试样，一组选自焊缝，一组选自 HAZ。

对于具备相同材料规格和名称的材料之间的接头，吸收的能量应符合合适母体金属标准，除非应用标准进行了修改。

对于不同金属接头，应对从各母体金属 HAZ 中选取的试样执行冲击试验，且吸收能量应符合适用的母体材料标准。

三个试样的平均值应当符合规定要求。对于各个缺口位置，如果单一的值不小于该值的 70 %，则可能小于规定的最小平均值。

如果在单个试件中对多个焊接工艺或药皮和助焊剂进行评定，则冲击试样应当取自于焊接金属和包括各个工艺和药皮及助焊剂的 HAZ。

7.4.5 硬度试验

负载为 HV10 的维氏硬度试验应当根据 ISO 9015-1 执行。硬度测量应当在焊缝、热影响区域以及母体金属中执行，以便评估焊缝的硬度值范围。

对于焊缝厚度小于或等于 5 mm 的材料，在深度达到焊缝上表面下方 2 mm 的位置处只能做出一排刻痕。

材料厚度超过 5 mm 时，可以在深度达到焊缝上表面下方 2 mm 的位置处做出两排刻痕。

对于双面焊缝，在根部焊道区域还应当再做出一排刻痕。典型刻痕模式示例如 ISO 9015-1 所示。

使用超过一个焊接工艺时，各焊接工艺必须通过至少一排刻痕进行测试。

对于每排刻痕，至少应在下列区域做出 3 个独立的刻痕：

- 焊缝；
- 两个热影响区；
- 两个母体金属。

对于 HAZ，第一个刻痕应当尽可能靠近熔合线。

硬度试验的结果应符合表 3 的要求。但是，组 6（非加热处理）、7、10 和 11 中的要求以及任何其他不同金属焊缝均应在试验之前进行规定。

表 3 — 最大容许硬度值 (HV 10)

钢材分组 ISO/TR 15608	非加热处理	加热处理
1 ^a 、2 ^b	380	320
3 ^b	450	380
4、5	380 ^c	350 ^c
6	—	350
9.1	350	300
9.2	450	350
9.3	450	350
<p>a 如果要求执行硬度试验。</p> <p>b 对于最小 $R_{eH} > 890 \text{ MPa}$ 的钢材，应规定特殊值。</p> <p>c 对于某些材料，如果在执行焊接工艺试验之前规定了较高值，则该较高值可接受。</p>		

7.5 验收等级

表 4 所示为对应于等级 1 和等级 2 的缺陷的验收等级。

注 ISO 5817 质量等级与其他 NDT 技术验收等级之间的相关性参见 ISO 17635。

表 4 — 缺陷的验收等级

ISO 5817 参考号	ISO 6520-1 参考号	名称	等级 1	等级 2 ISO 5817 的 质量等级
1.1	100	裂纹	不允许	B (不允许)
1.5	401	未熔合 (未完全熔合)	不允许	B (不允许)
1.6	4021	根部未焊透	不允许	B (不允许)
1.7	5011 5012	连续咬边 间歇性咬边	无具体要求	C
1.9	502	多余的焊接金属 (对接焊缝)	无具体要求	C
1.10	503	焊缝凸度过大 (角焊缝)	无具体要求	C
1.11	504	焊穿	无具体要求	C
1.12	505	焊趾不正确	无具体要求	C
a 如果应用标准要求或已规定，可能需要对微裂纹敏感性材料进行特定检验。				

表 4 (续)

ISO 5817 参考号	ISO 6520-1 参考号	名称	等级 1	等级 2 ISO 5817 的 质量等级
1.16	512	角焊缝过度不对称（焊脚长度严重不等）	$h \leq 3 \text{ mm}$	B
1.21	5214	焊缝厚度过大	无具体要求	C
—	—	所有其他缺陷 ^a	无具体要求	B
^a 如果应用标准要求或已规定，可能需要对微裂纹敏感性材料进行特定检验。				

7.6 重新试验

若试件不符合 NDT 的任何要求，则需要再焊接一个试件，并进行同样的检验。如果该试件仍然不符合要求，则焊接工艺试验失败。另外，可能会执行分析以确定缺陷的主要原因。如果确定故障的主要原因与工艺无关，而是由于焊工技能不熟练，则无需额外试件，且应在报告中增加证明报告。

如果表 1 或表 2 要求的试样无法满足适用的验收标准，则认为该试件失败。如果试件出现故障，则可能会焊接一个具备相同焊接参数的新试件。如果所有破坏性试验提供的试验结果都合格，且宏观剖面试验失败，则可能会额外选取两个试样进行宏观剖面试验。

如果任意破坏性试样出现故障，除宏观检验外，如果可获得足够材料，可能会从原试件中为各故障试样各选取一个额外试样。试样应尽可能从靠近原试样位置选取。

各个额外试样应当执行与初始失败的试样相同的试验。如果任意额外试样仍然不符合要求，则焊接工艺试验应被视为失败。

对于硬度试验，如果不同的试验区域内带有相同的硬度值，且该值大于表 3 中所示的值，则应再做出一排刻痕（在试样背面或者在试验表面充分制备之后）。其他硬度值均不得超过表 3 中提供的最大硬度值。

对于冲击试验，如果一组三个试样的结果均不符合要求，只有一个小于规定最小平均值的 70%，则应当抽取三个额外试样。这一小组中的三个试样均应符合 7.4.4 的要求，且这些试样的平均值以及初始结果均不得小于规定的平均值。

8 评定范围

8.1 概述

在规定范围以外的任何变更均需重新进行焊接工艺试验。

8.2 与制造商相关

当执行焊接工艺试验的制造商对所有执行的焊接负全责时，制造商根据本文件准备的焊接工艺试验对于车间或现场焊接均有效。

8.3 与原材料相关

8.3.1 原材料分组

8.3.1.1 概述

为使焊接工艺试验次数最小化, 根据 ISO/TR 15608 对钢、镍和镍合金进行分组。当根据 ISO/TR 20172、ISO/TR 20173 或 ISO/TR 20174 对材料分组时, 应执行那些分配。

根据 ISO/TR 20172、ISO/TR 20173、ISO/TR 20174 或 ISO/TR 15608, 对于分组系统内不包含的各个原材料或原材料组合, 应当规定单独的焊接工艺评定。

永久备用材料应当作为许可(小)组内的母体金属。

8.3.1.2 钢

评定范围参见表 5。

8.3.1.3 镍合金

评定范围参见表 6。

8.3.1.4 钢和镍合金之间的不同焊缝

评定范围参见表 6。

表 5 — 钢组和小组的评定范围^{a,b,c}

试件材料 A	试件材料 B										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1-1	1-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2-1	2-1									
	2-2	2-2									
3	1-1 2-1 2-1 3-1	1-1	1-1	—	—	—	—	—	—	—	—
		2-1	2-1								
		2-2	2-2								
		3-1	3-1								
		3-2	3-2								
		3-3	3-3								
		3-4	3-4								
4	4-1	4-1	4-1	—	—	—	—	—	—	—	
		4-2	4-2								
		4-3	4-3								
		4-4	4-4								
		4-5	4-5								

a 组 1、2、3 和 11 中的试件材料为相等或低于规定最小屈服强度的钢(与材料厚度无关)。

b 组 4、5、6、8 和 9 中的试件材料为相同小组或相同组中较低小组中的钢。

c 组 7 和 10 中的试件材料为相同小组中的钢。

表 5 (续)

试件材料 A	试件材料 B										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	5-1	5-2	5-3	5-4	5-1	—	—	—	—	—	—
					5-2						
					5-5						
6	6-1	6-1 6-2	6-1 6-2 6-3	6-1 6-2 6-3 6-4	6-1	6-1	—	—	—	—	—
					6-2	6-2					
					6-3	6-3					
					6-4	6-4					
					6-5	6-5					
					6-6	6-6					
7	7-1	7-1 7-2	7-1 7-2 7-3	7-4	7-5	7-5	7-7	—	—	—	—
						7-6					
8	8-1	8-1 8-2	8-1 8-2 8-3	8-4	8-1	8-1	8-7	8-8	—	—	—
					8-2	8-2					
					8-4	8-4					
					8-5	8-5					
					8-6	8-6					
9	9-1	9-1 9-2	9-1 9-2 9-3	9-4	9-5	9-6	9-7	9-8	9-9	—	—
10	10-1	10-1 10-2	10-1 10-2 10-3	10-4	10-1	10-1 10-2 10-3 10-4 10-6	10-7	10-8	10-9	10-10	—
					10-2						
					10-3						
					10-4						
					10-6						
11	11-1 1-1	11-1 11-2	11-1 11-2 11-3	11-4	11-5	11-6	11-7	11-8	11-9	11-10	1-1
											11-1
											11-11

- a 组 1、2、3 和 11 中的试件材料为相等或低于规定最小屈服强度的钢（与材料厚度无关）。
- b 组 4、5、6、8 和 9 中的试件材料为相同小组或相同组中较低小组中的钢。
- c 组 7 和 10 中的试件材料为相同小组中的钢。

表 6 — 镍合金和镍合金/钢组的评定范围

试件材料 A	试件材料 B							
	41	42	43	44	45	46	47	48
41	41 ^c -41	—	—	—	—	—	—	—
42	42 ^c -41	42 ^c -42	—	—	—	—	—	—
43	43 ^c -41	43 ^c -42	43 ^c -43 45 ^c -45 47 ^c -47	—	—	—	—	—
44	44 ^c -41	44 ^c -42	44 ^c -43	44 ^c -44	—	—	—	—
45	45 ^c -41	45 ^c -42	45 ^c -43	45 ^c -44	45 ^c -45 43 ^c -43	—	—	—
46	46 ^c -41	46 ^c -42	46 ^c -43	46 ^c -44	46 ^c -45	46 ^c -46	—	—
47	47 ^c -41	47 ^c -42	47 ^c -43	47 ^c -44	47 ^c -45	47 ^c -46	47 ^c -47 43 ^c -43 45 ^c -45	—
48	48 ^c -41	48 ^c -42	48 ^c -43	48 ^c -44	48 ^c -45	48 ^c -46	48 ^c -47	48 ^c -48
1	41 ^c -1	42 ^c -1	43 ^c -1	44 ^c -1	45 ^c -1	46 ^c -1	47 ^c -1	48 ^c -1
2	41 ^c -2 ^a	42 ^c -2 ^a	43 ^c -2 ^a	44 ^c -2 ^a	45 ^c -2 ^a	46 ^c -2 ^a	47 ^c -2 ^a	48 ^c -2 ^a
	41 ^c -1	42 ^c -1	43 ^c -1	44 ^c -1	45 ^c -1	46 ^c -1	47 ^c -1	48 ^c -1
3	41 ^c -3 ^a	42 ^c -3 ^a	43 ^c -3 ^a	44 ^c -3 ^a	45 ^c -3 ^a	46 ^c -3 ^a	47 ^c -3 ^a	48 ^c -3 ^a
	41 ^c -2	42 ^c -2	43 ^c -2	44 ^c -2	45 ^c -2	46 ^c -2	47 ^c -2	48 ^c -2
	41 ^c -1	42 ^c -1	43 ^c -1	44 ^c -1	45 ^c -1	46 ^c -1	47 ^c -1	48 ^c -1
5	41 ^c -5 ^b	42 ^c -5 ^b	43 ^c -5 ^b	44 ^c -5 ^b	45 ^c -5 ^b	46 ^c -5 ^b	47 ^c -5 ^b	48 ^c -5 ^b
	41 ^c -6	42 ^c -6	43 ^c -6	44 ^c -6	45 ^c -6	46 ^c -6	47 ^c -6	48 ^c -6
	41 ^c -4	42 ^c -4	43 ^c -4	44 ^c -4	45 ^c -4	46 ^c -4	47 ^c -4	48 ^c -4
	41 ^c -2	42 ^c -2	43 ^c -2	44 ^c -2	45 ^c -2	46 ^c -2	47 ^c -2	48 ^c -2
	41 ^c -1	42 ^c -1	43 ^c -1	44 ^c -1	45 ^c -1	46 ^c -1	47 ^c -1	48 ^c -1
6	41 ^c -6 ^b	42 ^c -6 ^b	43 ^c -6 ^b	44 ^c -6 ^b	45 ^c -6 ^b	46 ^c -6 ^b	47 ^c -6 ^b	48 ^c -6 ^b
	41 ^c -4	42 ^c -4	43 ^c -4	44 ^c -4	45 ^c -4	46 ^c -4	47 ^c -4	48 ^c -4

	41 ^c -2 41 ^c -1	42 ^c -2 42 ^c -1	43 ^c -2 43 ^c -1	44 ^c -2 44 ^c -1	45 ^c -2 45 ^c -1	46 ^c -2 46 ^c -1	47 ^c -2 47 ^c -1	48 ^c -2 48 ^c -1
8	41 ^c -8 ^b	42 ^c -8 ^b	43 ^c -8 ^b	44 ^c -8 ^b	45 ^c -8 ^b	46 ^c -8 ^b	47 ^c -8 ^b	48 ^c -8 ^b
11	41 ^c -11	42 ^c -11	43 ^c -11	44 ^c -11	45 ^c -11	46 ^c -11	47 ^c -11	48 ^c -11
<p>a 包括该组的相同或较低规定屈服强度的钢</p> <p>b 包括该小组内的钢以及该组内的任何较小小组</p> <p>c 对于组 41 至 48, 利用组中固溶或沉淀可硬化合金执行的工艺试验包括该组中相应的所有固溶或沉淀可硬化合金。</p>								

8.3.2 材料厚度

8.3.2.1 概述

原材料和熔敷金属的评定限制如表 7 和 8 所示。合格的熔敷金属限值不得超过生产焊接限值, 不考虑角焊厚度的情况除外。

待焊接原材料的两个部分均应在合格厚度范围内, 对于不同厚度原材料, 如果在 30 mm 或更厚原材料进行评定, 不包括对最厚部分无限制的情况。

对于多工艺评定, 所记录各工艺的熔敷金属厚度应当用作各焊接工艺的评定范围基础。

不谋求准确地测量熔敷金属厚度、母材金属厚度或管子外径, 但是应适用表 7、8 和 9 中规定数值背后的一般原理。

8.3.2.2 对焊焊缝、T 形焊缝、分支连接和角焊焊缝的评定范围

有关厚度 t 的焊接工艺试验的评定应当包括表 7 和表 8 中下列范围的厚度评定。

对于等级 1: 任何对焊焊缝或角焊焊缝试验均符合所有角焊大小和所有材料厚度要求。

对于任意焊道厚度大于 13 mm 的工艺 114、12 和 13, 原材料最大厚度应为 $1.1 t$ 。

要求执行冲击试验时, 下列要求应适用:

- 对于厚度大于等于 16 mm 的试件, 最小合格厚度应为 16 mm;
- 对于厚度小于 16 mm 的试件, 最小合格厚度应与试件厚度一样;
- 对于厚度小于等于 6 mm 的试件, 最小合格厚度应为试件厚度的 0.5 倍;

对于等级 2: 通过全焊透对焊焊缝或角焊焊缝试验评定的角焊焊缝的评定范围如表 8 所示。

表 7 — 对焊焊缝材料厚度和熔敷金属厚度的评定范围

尺寸 (单位: 毫米)

试件厚度 t	评定范围	
	母材厚度	各工艺熔敷金属厚度 s

	等级 1	等级 2		
		单段	多段	
$t \leq 3$	$0.5 t$ 至 $2 t$			最大值为 $2 s$
$3 < t \leq 12$	1.5 至 $2 t$	$0.5 t (3 \text{ min})$ 至 $1.3 t$	3 至 $2 t a$	最大值为 $2 s^a$
$12 < t \leq 20$	5 至 $2 t$	$0.5 t$ 至 $1.1 t$	$0.5 t$ 至 $2 t$	最大值为 $2 s$
$20 < t \leq 40$	5 至 $2 t$	$0.5 t$ 至 $1.1 t$	$0.5 t$ 至 $2 t$	当 $s < 20$ 时, 最大值为 $2 s$ 当 $s \geq 20$ 时, 最大值为 $2 t$
$40 < t \leq 100$	5 至 200	—	$0.5 t$ 至 $2 t$	当 $s < 20$ 时, 最大值为 $2 s$ 当 $s \geq 20$ 时, 最大值为 200
$100 < t \leq 150$	5 至 200	—	50 至 $2 t$	当 $s < 20$ 时, 最大值为 $2 s$ 当 $s \geq 20$ 时, 最大值为 300
$t \geq 150$	5 至 $1.33 t$	—	50 至 $2 t$	当 $s < 20$ 时, 最大值为 $2 s$ 当 $s \geq 20$ 时, 最大值为 $1.33 t$
a 对于等级 2: 当规定冲击要求, 但未执行冲击试验时, 最大评定厚度应限制在 12 mm 。				

表 8 — 对于等级 2: 材料厚度和角焊焊缝厚度的评定范围

尺寸 (单位: 毫米)

试件厚度 t	材料厚度 ^a	鉴定范围	
		单段	焊缝厚度 多段
$t \leq 3$	$0.7 t$ 至 $2 t$	$0.75 a$ 至 $1.5 a$	没有限制
$3 < t < 30$	3 至 $2 t$		
$t \geq 30$	≥ 5		

如果角焊焊缝通过对焊试验进行评定，则应当依据熔敷金属的厚度决定焊缝厚度范围。

注 a 是指 pWPS 为试件规定的标称焊缝厚度。

a 如果材料厚度不同，试件两个厚度的评定范围应分开计算。

8.3.3 管径和分支连接

对于等级 1: 直径并非主要变量。任何产品类型 (即板材、管道、锻件或铸件) 可满足所有产品形式要求。

对于等级 2: 有关直径 D 的焊接工艺试验评定应当包括表 9 中给出的下列范围中直径的评定。

管道对接焊缝评定范围包括板材的对接焊缝。当外径大于 500 mm 或当在 PC 或 PF 旋转位置焊接的外径大于 150 mm 时, 板材评定还包括管材。

表 9 — 对于等级 2: 管材和分支连接直径的评定范围

尺寸 (单位: 毫米)

试件直径	评定范围
D	$\geq 0.5 D$
注 1 对于中空型材 (而非圆形, 如椭圆), D 是指较小侧的尺寸。	
注 2 D 是指对接焊缝的管外径或分支连接的分支管道外径 (参见图 4, 外径 D_2)。	

8.3.4 分支连接的角度

对于等级 1: 分支连接的角度并非主要变量。

对于等级 2: 应在角度为 α 的分支连接上开展焊接工艺试验 (参见图 4)。使用分支角度为 (α) (α 位于 $60^\circ - 90^\circ$ 之间) 在工艺试验中选取的试件角度应满足 $60^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ 要求。角度 $\alpha < 60^\circ$ 要求选取单独试件, 并要求角度 α 最大为 90° 。

8.4 所有焊接工艺通用

8.4.1 焊缝工艺

对于等级 1: 机械化等级非主要变量。

对于等级 2: 各个机械化等级应当单独验证 (手动、部分机械化、全机械化和自动化)。

评定仅对于用于焊接工艺试验的焊接工艺有效。

对于多工艺程序, 焊接工艺评定可针对各个焊接工艺进行单独焊接工艺试验。还可将焊接工艺试验作为多工艺程序试验执行。

对于等级 1: 如果在单独试件中使用了多个工艺或消耗件, 则应单独或按不同组合方式应用各工艺或消耗件, 前提是:

- pWPS 对与各工艺和消耗件相关的变量进行了处理;
- 表 7 为各工艺和消耗件规定的原材料和熔敷金属厚度限值均在 pWPS 规定的合格厚度限值范围内。

对于等级 2: 使用多个焊接工艺焊接试件时, 该工艺仅对试件使用的工艺程序有效。试样应包括从所用的各焊接工艺中选取的沉积材料。

允许使用评定范围中的一种焊接工艺执行封底焊。

如果生产过程中使用了多工艺评定的单个工艺, 那么应根据本标准对该单工艺进行单独测试。

8.4.2 焊接位置

当既不要求执行冲击试验, 也不要求执行硬度试验时, 对任意位置 (管材或板材) 试件焊接的评定就可以作为所有位置 (管材或板材) 的焊接评定。

对于所有焊接位置的评定，都应满足下列要求：

- 冲击试验用试样应从热输入最高的位置处选取；
- 硬度试验用试样应从热输入最低的位置处选取；

为同时满足硬度和冲击要求，不同焊接位置应具备两个试件，要求进行单一位置评定或评定使用固定管道的情况除外。如果要求对所有位置进行评定，那么对两个试件都应执行完整的目视检验和无损试验。

垂直向下焊接应通过特定试件进行评定（焊接位置为 PG、PJ 和 J-L045）。

对于组 10 的材料，应在最低和最高热量输入位置进行冲击试验。

注 例如，对于板材内的对焊焊缝，最高热输入位置通常为 PF 和 Pa，最低热输入位置为 PC 和 PE。

8.4.3 接头/焊缝类型

对于等级 1：焊接接头类型的评定范围如其他条款中提供的（如厚度）在受限的焊接工艺试验中所使用的类型，此外：

- a) 全焊透对焊焊缝评定任意接头内的全部和部分焊透的对焊焊缝和角焊焊缝。
- b) 对焊焊缝评定任意分支连接；
- c) 角焊仅评定填角焊；
- d) 未填充时从一侧制造的焊缝评定从两侧制造的焊缝以及带有填充的焊缝；
- e) 带有填充制造的焊缝评定从两侧制造的焊缝以及不带填充制造的焊缝；
- f) 未刨削时从两侧制造的焊缝评定刨削时从两侧制造的焊缝；
- g) 刨削或未刨削时从两侧制造的焊缝评定带填充从一侧制造的焊缝；
- h) 当冲击或硬度要求适用时，对于指定工艺，禁止将多段堆焊更改为单段堆焊（或者每侧上的单段），反之亦然；
- i) 堆焊。堆焊通过对焊焊缝试件评定。

对于等级 2：焊接接头类型的评定范围如其他条款中提供的（如厚度）在受限的焊接工艺试验中所使用的类型，此外：

- a) 对焊焊缝评定全焊透或部分焊透对焊焊缝，但在通过角焊焊缝或部分焊透对焊焊缝制作 T 形接头时，要求在与设计和生产焊接相关的主要焊接接头中执行角焊试验；
- b) 全焊透对焊焊缝评定任意接头内的全部和部分焊透的对焊焊缝和角焊焊缝。
- c) 管材中的对接接头评定分支连接，角度 $\alpha \geq 60^\circ$ (α 详情参见图 4)；
- d) 全焊透 T 形接头中的对焊焊缝评定 T 形接头中的全焊透和部分焊透对焊焊缝以及角焊缝，但反之不成立；
- e) 角焊仅评定填角焊；
- f) 未填充时从一侧制造的焊缝评定从两侧制造的焊缝以及带有填充的焊缝；
- g) 带有填充制造的焊缝评定从两侧制造的焊缝；
- h) 在不移除根部条件下从两侧制造的焊缝评定移除根部从两侧制造的焊缝（不包括热清

根)；

- i) 未刨削时从两侧制造的焊缝评定刨削时从两侧制造的焊缝；
- j) 对于指定工艺，禁止将多段堆焊更改为单段（或者每侧上的单段），反之亦然。
- k) 堆焊。堆焊通过对焊焊缝试件评定。
- l) 隔离层堆焊应通过单独试件与对焊焊缝执行。

8.4.4 填充材料、制造商和商标名称、名称

对于等级 1：从表 A.1 所示的填充金属 F 编号向其他编号转换或从表 A.2 中所示焊接金属化学分析的 A 编号向其他编号转换或制造商或制造商商标名发生变化时，如果填充金属与 F 编号或 A 编号不符，则要求对上述变化进行单独评定。

当 WPS 被冲击试验应用程序评定时，填充金属规范内的填充金属类别变更或变更为填充金属规范未涵盖的一种填充金属形式时，或从填充金属规范未涵盖的一种填充金属形式变化为填充金属规范未涵盖的另一种填充金属时，要求进行重新评定。当填充金属术语填充金属规范内的填充金属类别时，如果发生以下任意变化，无需进行重新评定：

- a) 从被指定为防潮的填充金属转变为非防潮填充金属，反之亦然；
- b) 从扩散氢水平转变为另一水平；
- c) 对于最小拉伸强度相同且标准化学成分相同的碳、低合金和不锈钢填充金属，从一种低氢涂层向另一种低氢涂层转变；
- d) 从一种位置可用性指示向另一种焊剂芯焊条用指示转变；

E) 从要求执行冲击试验的类别向带有指示冲击试验将在较低温度或在规定温度条件下韧性较大时或在两种条件下执行的下标的相同类别转变，这是与工艺评定中使用的类别进行比较的情况；当应用标准不要求执行焊接金属冲击试验时，从评定类别向相同填充金属规范内另一填充金属转变。

对于等级 2：根据适用的填充金属相关国际标准中的指示，只要填充材料具备等效机械性能、相同的药芯涂层、相同的标准化学成分或相同或更低氢含量，填充材料就包括其他填充材料。

当应用标准要求低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下执行冲击试验时，对于工艺 111、114、12、136 和 132，根据 ISO 4063，有效范围限制为工艺试验使用的填充材料的制造商商标名。在这种情况下，还允许将填充材料的制造商转变为具备相同必要名称部分的另一制造商，前提是使用最大热输入焊接另一试件且仅对焊接金属冲击试样进行检测。此规定不适用于带有相同指示和标准化学成分的空心线材和棒材。

8.4.5 填充材料尺寸

如果满足 8.4.7 的要求，允许更改填充材料的尺寸。

注 如果既不要求执行冲击试验，也不要求执行硬度试验，那么对填充材料尺寸就没有限制。

8.4.6 电流类型

为电流类型[交流 (AC)、直流 (DC)、脉冲电流]以及焊接工艺试验中所使用的极性提供评定。对于工艺 111，除非要求进行冲击试验，否则交流还会评定直流（两极）。

8.4.7 热输入（电弧能量）

热输入可使用电弧能量 (J/mm) 替换。应根据 ISO/TR 18491 计算电弧能量。当该计算用于热输入时, 根据 ISO/TR 17671-1 应考虑 k 系数。该类计算不管是对于热输入还是电弧能量, 都应进行记录。

对于等级 1: 当冲击要求适用时, 评定的热输入上限值为焊接试件时使用的最大热输入。

对于等级 2: 当冲击要求适用时, 评定的热输入上限值比焊接试件时的上限值大 25 %。当硬度要求适用时, 评定的热输入下限值比焊接试件时的极限值小 25 %。如果已在高热输入和低热输入两个等级执行了焊接工艺试验, 则所有中间热输入也已被评定。无需计算每次试验。

对于焊条, 应计算各使用直径的平均热输入, 旨在确定合格热输入。

对于工艺 111, 热输入还将通过单位长度焊条的焊道焊出长度进行测量。

当焊接时间太短或焊接长度较短 (如定位焊缝的小型维修), 无需对热输入进行验证; 仅应对可调节参数进行检查, 如安培数和/或电压。

电弧能量和热输入都是电弧产生热量的方式。但是, 在过去, 这些只是相同措施的不同术语, 而现在, 须使用不同方法对其进行计算。可使用电弧能量或热输入进行焊接控制, 计算方式依据 ISO/TR 18491。

8.4.8 预热温度

如果温度下降相较于 WPQR 中记录的预热温度超过 50 °C, 则要求进行重新评定。

只有在有关预热要求 (如 ISO/TR 17671-2) 得到满足时, 才允许预热温度下降 (尤其是结合厚度)。

可能会规定预热温度, 如通过材料数据表, 且该温度取决于材料厚度。

8.4.9 层间温度

如果焊接工艺试验达到的最大层间温度增加超过 50 °C, 则应进行重新评定。

在盖焊期间故意增加预热温度, 目的在于降低焊接工艺试验 HAZ 的硬度, 应被视为主要变量。应记录施加的最小预热温度和盖焊期间施加的预热温度。

对于等级 1: 如果未要求执行冲击试验, 那么该限制不适用。

对于等级 2: 评定上限是材料组 8、10 和 41 至 48 焊接工艺试验期间达到的最高层间温度。

当 WPS 通过高于转变温度的 PWHT 进行评定或奥氏体材料在焊接后经过固溶退火时, 该限制不适用。

8.4.10 供氢释放的焊后加热

对于等级 1: 供氢释放的焊后加热并非主要变量。

对于等级 2: 供氢适当的焊后加热温度和持续时间不得减少。焊后加热不得省略, 必须加上。

8.4.11 热处理

不允许添加或排除焊后热处理。

以下各个条件都要求进行单独的工艺评定：

- a) 对于 ISO/TR 15608 中组 1、2、3、4、5、6、7、9、10 和 11 的材料，以下 PWHT 条件适用：
 - 1) 在低于较低转变温度（如应力消除）条件下进行 PWHT；
 - 2) 在高于较高转变温度条件下进行 PWHT（如正火）；
 - 3) 首先在高于较高温度条件下进行 PWHT，然后在低于较低转变温度条件下进行热处理，（如正火或淬火，然后进行回火）；
 - 4) 在较低与较高转变温度之间进行 PWHT。

对于等级 2：有效的温度范围是指焊接工艺试验中所使用的固定温度 $\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，另有规定除外。如有要求，加热速率、冷却速率和固定时间与产品有关。

- b) 对于所有材料，规定的温度范围内执行的 PWHT 都适用。

8.5 工艺特定

8.5.1 埋弧焊（工艺 12）

如发生下列变化，需进行重新评定。

对于等级 1：

- a) 当填充金属规范对焊剂/焊丝组合进行分类时，最小拉伸强度发生变化。当未划分焊剂，也未划分焊丝时，焊剂商标名称或焊丝商标名称发生变化。当对焊丝进行分类但未对焊剂进行分类时，焊剂商标名称发生变更。
- b) A 编号 8 或 9 沉积物焊剂商标名称发生变更，如表 A.2 所示。
- c) 如果焊接金属合金含量取决于焊剂的成分，那么焊接工艺的任何变化将导致重要焊接金属合金元素超过 WPS 规定的化学成分范围。
- d) 添加或删除补充填充金属（粉末或焊丝）或者补充填充材料的电极比率变化超过 10 %。
- e) 根据 ISO/TR15608，材料组 1 和 11 多焊道焊缝的焊剂类型发生变更（即中性转变为带电或从带电转变为中性）。
- f) 使用重新粉碎焊渣中的焊剂时，各炉或混合物都应根据填充金属规范按照制造商或用户要求进行测试，或评定作为未分类焊剂，如 a) 所要求的那样。
- g) 当 WPS 被冲击试验应用程序评定时，如果焊剂/焊丝组合发生变更或焊条或焊剂商标名发生变更，且未被划分为填充金属规范时，需进行重新评定。如果焊丝/焊剂组合符合填充金属规范且从一种扩散氢水平变更为另一水平时，则不需要进行重新评定。当其他应用标准规定无需对焊接金属进行冲击试验时，该变量不适用。

对于等级 2：

- a) 工艺 12（121 至 126）的各个变量应当单独评定。焊条数量发生变更时需进行重新评定。焊丝（冷焊丝或热焊丝）增加或减少都应进行重新评定。同样，焊条的补充填充材料比率变化超过 10% 也需进行重新评定。
- b) 焊接工艺试验的评定仅限于制造商、商标名以及试验所用焊剂名称。

c) 使用重新粉碎焊渣中的焊剂时，各炉或混合物都应进行新鉴定试验。

8.5.2 气体保护金属弧焊（工艺 13）

8.5.2.1 保护气体

仅对工艺试验所用屏蔽气体标准成分进行评定。可能会使用 ISO 14175 指示表示保护气体成分，如 ISO 14175:2008-M21-ArC-18。

CO₂ 含量的标准成分最大允许存在 20% 的偏差（相对）。

但是，有意添加或删除 0.1 % 气体不需要进行新的焊接工艺试验。

8.5.2.2 工艺变量

如发生下列变化，需进行重新评定。

对于等级 1：补充填充金属提及增加、减少或变更超过 10%。当焊接金属的合金含量主要取决于补充填充金属的成分时，焊接过程中任何部分的任何变化，都将导致焊接金属中重要的合金元素超出焊接工艺规范中所规定的化学规格范围。

当 WPS 被冲击试验应用程序评定时，如果同一焊池从单焊条转变为多焊条（或从多焊条转变为单焊条），则要求进行重新评定。

对于等级 2：所提供的评定限制为用于焊接工艺试验的线材系统（例如单线或多线系统）。

8.5.2.3 传输方式

8.5.2.3.1 概述

对于实心线和金属芯线，利用短路迁移的评定仅评定短路迁移。利用喷雾、脉冲或球状迁移的评定用于评定喷雾、脉冲和球状迁移。

8.5.2.3.2 对于等级 2 — 波形控制的焊接

使用波形控制（参见 ISO/TR 18491）电源时，应在 WPQR 中记录电源制造商和波形控制模式，包括所有其他相关信息。

从电源的一个制造商变更为另一个制造商或波形控制模式发生变更时，要求进行新的鉴定试验。

8.5.2.3.3 对于等级 2 — 使用脉冲模式进行焊接（无波形控制）

使用含脉冲模式电源时，应在 WPQR 上记录确定的电源制造商，包括所有相关信息。

从一个电源制造商变更为另一个制造商时，不需要进行新的鉴定试验。

8.5.2.3.4 对于等级 2 — 无脉冲模式且无波形控制条件下的焊接

在无波形控制条件下，使用电源评定 WPQR 时，要求确定电源制造商。

从一个电源制造商变更为另一个制造商时，不需要进行新的鉴定试验。

8.5.3 使用不熔化电极进行的气体保护电弧焊（工艺 14）

8.5.3.1 保护气体

仅对工艺试验所用屏蔽气体标准成分进行评定。可能会使用 ISO 14175 指示表示保护气体成分，如 ISO 14175:2008-I3- ArHe-30。

氢含量的标准成分最大允许存在 10 % 的偏差（相对）。

但是，有意添加或删除 0.1 % 气体不需要进行新的焊接工艺试验。

8.5.3.2 填充材料

带有填充材料的焊接不能用于评定不带填充材料的焊接，反之亦然。

8.5.4 等离子弧焊（工艺 15）

焊接工艺的评定限制为焊接工艺试验使用的等离子气体的标准成分。仅对工艺试验所用屏蔽气体标准成分进行评定。带有填充材料的焊接不能用于评定不带填充材料的焊接，反之亦然。

如果要求执行冲击试验，接头制备（坡口）类型变更时，要求进行重新评定。

8.5.5 氧乙炔焊（工艺 311）

带有填充材料的焊接不能用于评定不带填充材料的焊接，反之亦然。

8.5.6 背衬气体

对于等级 1：对于材料组 7.1 以及 41 至 48，背衬气体删减或从惰性气体向混合物（含非惰性气体）转变时，背衬气体标准成分发生变更时，要求进行重新评定。对于材料组 7.1 以及 41 至 48，背衬气体增加时无需进行重新评定。对于所有其他材料组，背衬气体增加或删减都不需要进行重新评定。

对于等级 2：在无背衬气体条件下执行的对焊焊缝工艺试验根据 ISO 14175 对组 I、N1、N2 和 N3 背衬气体焊接工艺进行评定，但反之不成立。

背衬气体的主要组别包括相同主群的所有小组（根据 ISO 14175 分类）。

根据 ISO/ TR 15608，对于材料组 1 至 6，组 I、N1、N2 与 N3 背衬气体之间发生变更时，无需进行重新评定。

对于材料组 8 以及 41 至 48，组 I、N 与 R 背衬气体之间发生变更时，无需进行重新评定。

材料组 7 和 10 背衬气体分类发生任何变更时，都需进行重新评定。

如果在厚度大于 5mm 的材料支架上制造生产焊缝，那么背衬气体的删减是可以接受的。

9 焊接工艺评定记录 (WPQR)

焊接工艺评定报告 (WPQR) 为评估每个试件的结果(包括重新试验)的声明。ISO 15609 相关部分中的 WPS 所列相关项目应当包括在内，同时，还应包括第 7 条要求排除的所有特性的详细信息。如果未发现任何可排除的特性或不可接受的试验结果，则应对详细介绍焊接工艺试件结果的 WPQR 进行鉴定，并且检查员或检查机构应签名并签署日期。

对于等级 1：应使用 WPQR 格式记录焊接工艺等级和试验结果的详细信息，从而使数据的表达和评估更容易。

对于等级 2：应使用 WPQR 格式记录焊接工艺和试验结果的详细信息和评定范围，从而使数据的表达和评估更容易。

如果应用标准或规范要求，如 WPQR 应增加母材金属和焊接消耗品证书。

附录 B 所示为 WPQR 格式范例。

附录 A
(规范性附录)
填充材料, 名称

表 A.1 — 对于等级 1: 用于评定的填充金属与焊条分组 (用于评定的电焊条和焊棒分组)

钢			
F 编号	国际标准	A 按屈服强度 (或标准成分) 分类	B 按拉伸强度 (或合金类型) 分类
1	ISO 2560	EX Xx A13、EX Xx A33、EX XxRR4、EX Xx- R A54、EX XxB53	EX X20、EX X24、EX X27、EX X28
	ISO 3581	EX X X X Bx3、EX X X X R x3	ESX X X(X)-25、ESX X X(X)-26
	ISO 2560	EX XxMo	EX X20-1M3、EX X27-1M3
2	ISO 2560	EX XxR12、EX XxR32、EX XxR A12	EX X12、EX X13、EX X14、EX X19
	ISO 2560	—	EX X13-X X
3	ISO 2560	EX XxC21、EX XxC11	EX X10、EX X11
	ISO 2560	EX XxMoC21、EX XxMoC11	EXX10-XX、EXX11-XX
4	ISO 2560	EX XxB22、EX XxB12、EX XxB32、EX XxB35	EX X15、EX X16、EX X18、EX X48
	ISO 3581 (非奥氏体或成对物)	E13 X X Bx1、E13 X X R x1 E17 X X Bx1、E17 X X R x1	ES4X X(X)-15、ES4X X(X)-16、 ES4X X- (X)-17 ES6X X(X)-15、ES6X X(X)-16、 ES6X X- (X)-17
	ISO 3580 ISO 18275 ISO 2560 ISO 18275	E X X X B EX X Xx1.5NiMo B EX XxMn2NiCrMo B、EX XxMn2Ni1CrMo B	EXX15-XX、EXX16-XX、 EXX18-XX EXX18-N3M1、X18-N3M2 EX X18-N4CM2、EX X18-N4CM2M2
5	ISO 3581 (奥氏体和成对物)	EX X X X Bx1、EX X X X R x1	ESXXX(X)-15、ESXXX(X)-16、 ESXXX- (X)-17
6	ISO 14343	所有分类	所有分类
	ISO 14171	所有分类	所有分类
	ISO 14341	所有分类	所有分类
	ISO 636	所有分类	所有分类

	ISO 17632	所有分类	所有分类
	ISO 17633	所有分类	所有分类
	ISO 24598	所有分类	所有分类
	ISO 26304	所有分类	所有分类
	ISO 16834	所有分类	所有分类
	ISO 21952	所有分类	所有分类
	ISO 17634	所有分类	所有分类
	ISO 18276	所有分类	所有分类

表 A.1 (续)

镍和镍合金		
F 编号	国际标准	分类
41	ISO 14172	ENi 2061
	ISO 18274	SNi 2061
42	ISO 14172	ENi 4060
	ISO 18274	SNi 4060、SNi 5504
43	ISO 14172	ENi 6062、ENi 6133、ENi 6182、ENi 6093、ENi 6152、ENi 6094、ENi 6095、ENi 6025、ENi 6002、ENi 6625、ENi 6276、ENi 6275、ENi 6620、ENi 6455、ENi 6022、ENi 6627、ENi 6059、ENi 6686、ENi 6200、ENi 6650、ENi 6117
	ISO 18274	SNi 6082、SNi 6072、SNi 6076、SNi 6062、SNi 7092、SNi 6052、SNi 7069、SNi 6601、SNi 6025、SNi 6693、SNi 6002、SNi 6625、SNi 6276、SNi 6455、SNi 6022、SNi 6059、SNi 6686、SNi 6057、SNi 6200、SNi 6650、SNi 6660、SNi 6205、SNi 6231、SNi 6617
44	ISO 14172	ENi 1001、ENi 1004、ENi 1066、ENi 1008、ENi 1009、ENi 1067、ENi 1069
	ISO 18274	SNi 1001、SNi 1003、SNi 1004、SNi 1066、SNi 1008、SNi 1009、SNi 1067、SNi 1069
45	ISO 14172	ENi 6985、ENi 6030
	ISO 18274	SNi 6975、SNi 6985、SNi 6030、SNi 8065
46	ISO 18274	SNi 6160

表 A.2 — 对于等级 1：按化学分析、化学成分、重量百分比进行的黑色焊接金属分组（不适用于有色金属材料）^a

A 编号	焊接金属类型	C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si
1	低碳钢（非合金钢）	0.20	0.20	0.30	0.50	1.60	1.00
2	钼碳	0.15	0.50	0.40 至 0.65	0.50	1.60	1.00
3	铬(0.4 % - 2 %)-钼	0.15	0.40 至 2.00	0.40 至 0.65	0.50	1.60	1.00
4	铬(2 % - 4 %)-钼	0.15	2.00 至 4.00	0.40 至 1.50	0.50	1.60	2.00
5	铬(4 % - 10.5 %)-钼	0.15	4.00 至 10.50	0.40 至 1.50	0.80	1.20	2.00
6	铬-马氏体	0.15	11.00 至 15.00	0.70	0.80	2.00	1.00
7	铬-铁素体	0.15	11.00 至 30.00	1.00	0.80	1.00	3.00
8	铬-镍	0.15	14.50 至 30.00	4.00	7.50 至 15.00	2.50	1.00
9	铬-镍	0.30	19.00 至 30.00	6.00	15.00 至 37.00	2.50	1.00
10	镍，达 4 %	0.15	0.50	0.55	0.80 至 4.00	1.70	1.00
11	锰 - 钼	0.17	0.50	0.25 至 0.75	0.85	1.25 至 2.25	1.00
12	镍-铬-钼	0.15	1.50	0.25 至 0.80	1.25 至 2.80	0.75 至 2.25	1.00
<p>a 单个值为最大值。</p> <p>注：只能使用列举的元素确定 A 编号。</p>							

附录 B
(资料性附录)
焊接工艺评定记录表 (WPQR)

焊接工艺评定 — 试验证书

制造商的 WPQR 编号:

制造商:

地址:

规范/测试标准:

级别:

焊接日期:

检验员或检验机构:

参考编号:

试样

产品型式:

焊接工艺:

鉴定范围

	所采用的焊接工艺		
	1 号	2 号	3 号
工艺			
熔敷金属厚度 (mm):			

焊缝类型:

原材料组和小组:

原材料厚度 (mm):

焊缝厚度 (mm):

单层/多道:

管子外径 (mm):

填充材料名称:

填充材料制造:

填充材料尺寸:

保护气体/焊剂名称:

背衬气体名称:

焊接电流类型和极性:

传输模式:

热输入:

焊接位置:

预热温度:

层间温度:

焊后加热:

焊后热处理:

其他信息 (另请参见 [8.5](#)):

我们在此证实, 本记录中的陈述正确, 并且根据 ISO 15614-1 标准的要求对试件进行制备、焊接和试验。

位置

发布日期

检验员或检验机构

姓名、日期和签名

焊接试验记录

位置:

制造商的 pWPS 编号:

制造商的 WPQR 编号:

制造商:

焊工/操作员姓名:

接头类型和焊缝:

检验员或检验机构:

准备和清洗方法:

原材料规格:

材料厚度 (mm):

管子外径 (mm):

焊接位置:

焊缝制备详图 (草图)*:

接头设计	焊接程序

焊接详情

焊道	焊接工艺	填充材料 尺寸	电流 A	电压 V	电流类型/ 极性	送丝速度	运行速 度*	热输入*	金属迁 移

填充材料名称和出品:

任何特殊烘干或干燥:

气体/焊剂 — 保护:

衬垫:

气体流率 — 保护:

衬垫:

钨电极型号/尺寸:

清根/填充详情:

预热温度:

层间温度: 焊后加热:

焊后热处理 (PWHT):

(时间、温度、方法: 加热和冷却速率*):

其他信息*, 如:

焊条横向摆动 (焊道的最大宽度):

振动: 振幅, 频率和停留时间和脉冲焊接详情:

距离导电铜管/工件:

等离子焊接详情:

火炬角度:

制造商

检验员或检验机构

姓名、日期和签名

姓名、日期和签名

* 如果要求

试验结果

制造商的 WPQR 编号:

目视检验:

渗透性/磁性颗粒检测*:

检验员或检验机构:

参考编号:

放射线检验*:

超声波检测*:

温度:

拉伸试验

型号/编号	R _e MPa	R _m MPa	A %	Z %	裂纹位置	备注
要求						

--	--	--	--	--	--	--

弯曲试验

样板直径

型号/编号	弯曲角度	延伸率*	结果	宏观检验
				(添加相片/图像)

冲击试验*

类型

尺寸

要求

缺口位置/方向	温度 °C	数值			平均值	备注
		1	2	3		

硬度试验* (类型/负载)

母材:

HAZ:

焊接金属:

测量位置 (草图*)

其他试验:

备注:

测试依据:

实验室报告参考编号:

试验结果合格/不合格:

(适当时删除)

试验见证人:

* 如果要求

.....

 检验员或检验机构

参考文献

- [1] ISO 9606-1, 焊工资格鉴定试验 — 熔焊 — 第 1 部分: 钢
- [2] ISO 9606-4, 焊工的认可试验 — 熔焊 — 第 4 部分: 镍和镍合金
- [3] ISO 9692-1, 焊接及其相关工艺 — 接头制备类型 — 第 1 部分: 钢的人工电弧焊、气体保护金属电弧焊、气焊、TIG 焊接和束焊
- [4] ISO 9692-2, 焊接及其相关工艺 — 接头制备 — 第 2 部分: 钢的埋弧焊
- [5] ISO 14732, 焊接人员 — 金属材料机械化焊接和自动焊的焊接操作工和焊接安装工的资格测试
- [6] ISO 15607, 金属材料焊接过程的规范和鉴定 — 一般规则
- [7] ISO 17635, 焊缝的无损检验 — 金属材料的一般规则
- [8] ASME BPVC, 第 IX 节, 焊接、钎焊和熔焊鉴定
- [9] ISO/TR 17671-2, 焊接 — 金属材料焊接的推荐规范 — 第 2 部分: 铁素体钢的电弧焊接

ICS 25.160.10

价格以 38 页为基准

© ISO 2017 — 版权所有