

ISO 14555: 2017
焊接——金属材料的电弧螺柱焊

目录

前言

引言

- 1 范围
- 2 引用标准（略）
- 3 术语和定义
- 4 符号和缩略语
 - 4.1 符号
 - 4.2 缩略语
- 5 技术评审
- 6 焊接人员
 - 6.1 螺栓焊操作工
 - 6.2 焊接监督
- 7 设备
 - 7.1 生产设备
 - 7.2 设备描述
 - 7.3 维护
- 8 生产计划
- 9 焊接工艺规程（WPS）
 - 9.1 概述
 - 9.2 关于制造商的信息
 - 9.2.1 制造商的标识
 - 9.2.2 WPS 的标识
 - 9.2.3 引用的焊接工艺评定报告（WPQR）或其它文件
 - 9.3 关于母材的信息
 - 9.3.1 母材的类型
 - 9.3.2 尺寸
 - 9.4 焊接工艺方法
 - 9.5 接头
 - 9.5.1 接头设计
 - 9.5.2 焊接位置
 - 9.5.3 母材金属表面的准备
 - 9.5.4 夹具和固定装置
 - 9.5.5 支撑
 - 9.6 螺柱
 - 9.6.1 名称
 - 9.6.2 处理
 - 9.7 辅助物
 - 9.7.1 瓷环（如有）
 - 9.7.2 保护气体（如有）

- 9.8** 电源
- 9.9** 移动的工作夹具
- 9.9.1** 焊枪/焊接机头
- 9.9.2** 保护气系统（如使用）
- 9.9.3** 螺柱供给系统（如有）
- 9.10** 焊接参数
 - 9.10.1** 采用瓷环保护或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊
 - 9.10.2** 储能式尖端引弧螺柱焊
- 9.11** 热条件
- 9.12** 焊后热处理
- 9.13** 焊后非热处理
- 10** 焊接工艺评定
 - 10.1** 原则
 - 10.2** 焊接工艺试验
 - 10.2.1** 应用
 - 10.2.2** 母材和螺柱的材料证明书
 - 10.2.3** 试件的形状及尺寸
 - 10.2.4** 焊接
 - 10.2.5** 检验和试验范围
 - 10.2.6** 合格等级
 - 10.2.7** 复试
 - 10.2.8** 认可范围
 - 10.3** 预生产试验
 - 10.3.1** 车间的预生产试验
 - 10.3.2** 施工现场的预生产试验
 - 10.4** 之前的经验
 - 10.5** 焊接工艺评定报告（WPQR）
- 11** 检验和试验
 - 11.1** 概述
 - 11.2** 外观检验
 - 11.3** 弯曲试验
 - 11.3** 拉伸试验
 - 11.5** 扭转试验
 - 11.6** 低倍金相检验
 - 11.7** 射线检验
 - 11.8** 声音检验
- 12** 合格等级
 - 12.1** 概述
 - 12.2** 外观检验的合格等级
 - 12.3** 弯曲试验的合格等级
 - 12.4** 拉伸试验的合格等级
 - 12.5** 扭矩试验的合格等级
 - 12.6** 宏观检验的合格等级
 - 12.7** 射线检验的合格等级

- 12.8** 声音检验的合格等级
 - 12.9** 附加试验的合格等级
 - 13** 工作条件
 - 14** 过程控制
 - 14.1** 概述
 - 14.2** 产品试验
 - 14.2.1** 概述
 - 14.2.2** 带瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊的产品试验
 - 14.2.3** 储能式尖端引弧螺柱焊或储能式拉弧螺柱焊的产品试验
 - 14.3** 简化产品试验
 - 14.4** 正常或简化产品试验的重做试验
 - 14.5** 产品监督
 - 14.5.1** 外观检验
 - 14.5.2** 检查焊接参数
 - 15.5.3** 其他非破坏性检查和试验
 - 14.6** 产品监督记录
 - 14.7** 不符合项和纠正措施
 - 14.8** 检测量具和试验的校准
- 附录 A (资料性) 螺柱焊工艺
- 附录 B (规范性) 螺栓焊的质量要求
- 附录 C (规范性) 生产商焊接工艺规程 (WPS)
- 附录 D (资料性) 焊接工艺评定报告表格 (WPQR) (用于带陶瓷套圈或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊)
- 附录 E (资料性) 焊接工艺评定报告表格 (WPQR) (用于储能式尖端引弧螺柱焊和储能式拉弧螺柱焊)
- 附录 F (资料性) 试验结果—产品试验 (用于带陶瓷套圈或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊)
- 附录 G (资料性) 试验结果—产品试验 (用于储能式尖端引弧螺柱焊和储能式拉弧螺柱焊)
- 附录 H (资料性) 产品监督记录示例
- 参考文献 (略)

前言

ISO（国际标准化组织）是一个世界范围内的国家标准学会（ISO 成员组织）的联合体。制定国际标准的工作经由 ISO 技术委员会归口负责。每个成员组织开发一个项目，由此便形成一个技术委员会，此成员组织有权代表该技术委员会。国际组织、政府与非政府机构协同 ISO 共同参与工作。ISO 针对于电工标准化所有事宜和国际电工委员会（IEC）紧密合作。

本文件的制订和进一步修订程序在 ISO/IEC 指令中第 1 部分中有描述，须特别注意针对不同类型的 ISO 文件，有不同的审批标准。本文件的起草符合 ISO/IEC 指令中第 2 部分的相关规则(见 www.iso.org/directives)。

请注意本文件有些部分可能涉及专利权。ISO 不识别这些专利权。关于制订该文件所涉专利权的细节，见 ISO 专利声明清单(见 www.iso.org/patent)。

本文档中使用的任何商业名称都是为了方便用户而提供的信息，而不是一种认可。

关于标准的自愿性质、ISO 特定术语的含义以及与符合性评估有关的表达的含义，以及关于 ISO 在技术性贸易壁垒(TBT)中遵守世界贸易组织(WTO)原则的信息，见 www.iso.org/iso/foreword.html。

本标准是由技术委员会 ISO/TC44，焊接及相关工艺和 SC10 委员会，焊接质量管理 归口制订的。

此第四版代替失效的第三版（ISO14555:2014），此版本有少量修改。与前一版本的改变如下：

- 不指定引用标准ISO14732、ISO13918和ISO15607的版本；
- 在3.6，“**welding diameter** 焊接直径”改为“**weld cross section** 焊缝截面积”；
- 在12.3的最后一句，“**deformability** 变形性”改为“**deformation** 变形”；
- 在12.4的第二段和第三段连为一段；
- 在12.6，“**welding diameter** 焊接直径” 改为 “**visible width of the welding zone** 焊缝区宽度”；
- 在表A.5，“**collar off-centre with unacceptable undercut** 焊环偏心，且有咬边缺陷”放在“**Visual examination or Mac cut** 外观检验或低倍金相检验”部分；
- 在附录D，遗漏的“≤”补充到，“应用≤100°C”

对于本标准的任何官方问题，应通过您所在国家标准委员会递交给 ISO/TC44/SC10 的秘书处。这些机构列表见 www.iso.org。

引言

电弧螺柱焊主要用于圆柱型部件与工件的焊接。本标准将其简称为螺柱焊。螺柱焊广泛应用于桥梁建造（尤其钢混结构）、钢结构、造船业、幕墙安装、车辆制造、机器设备、蒸汽锅炉和家用电器的制造。

螺柱焊的质量不仅与是否严格遵守焊接工艺规程有关，也与驱动机构的正确调节（例如焊枪），以及部件、附件和电源的状况有关。

此国际标准不会使之前的规程失效，只要技术要求等同并满足要求。

1 范围

本标准适用于承受静载及动载结构的金属材料螺柱焊。它规定了与螺柱焊接相关的焊接知识、焊缝质量要求、焊接工艺规程、焊接工艺评定、操作工的资格考试和产品的试验。

当要求证实制造商生产指定质量的焊接构件的能力，采用本标准是适当的。

注 金属材料熔化焊的质量要求见 ISO3834-1, ISO3834-2, ISO3834-3, ISO3834-4, ISO3834-5。

本标准在准备过程中综合考虑各方面因素，它可以在合同中引用。其给出的要求可以被全部采纳，但如果与实际结构无关的要求也可以被删除（见附录 B）。

2 引用标准（略）

3 术语和定义

ISO3834-1、ISO4063、ISO14731、ISO14732、ISO15607 和 ISO/TR25901-1 中的术语和定义及下列术语与定义适用于本标准。

3.1

stud 螺柱

通过螺柱焊连接的紧固件。

3.2

auxiliaries 辅助品

陶瓷环和保护气体。

3.3

stud welding operator 螺柱焊操作者

螺柱焊接设备的操作人员。

注 在特殊情况下（例如大批量生产的工厂），辅助人员经过适当的培训和并被监督的情况下可以从事焊接操作。

3.4

stud diameter 螺柱直径

d

螺柱标称直径

3.5

welding diameter 焊接直径

dw

焊接面直径

3.6

welding zone 焊接区域

焊接直径下面的区域。

3.7

current intensity 电流强度

电弧稳定燃烧时的焊接电流值。

注 不适用于电容放电

3.8

welding time 焊接时间

焊接电弧引燃与熄灭的时间差。

3.9

lift 提升高度

L

螺柱提升机构作用后，在提升位置螺柱尖端与工件表面间的距离。

注 1 对于尖端引弧，定义适用引弧间隙。

注 2 见图 A1

3.10

plunge 插入

螺柱沿着工件表面的轴向运动。

3.11

protrusion 伸出量

P

(非校准提升机构) 在螺柱正对工件的最初位置，螺柱尖端与支撑装置表面间的距离。

注 1 弹簧提升机构为非校准提升机构

注 2 见图 A1

3.12

arc blow 磁偏吹

因磁场作用使电弧偏离螺柱轴线方向。

3.13

flux 焊剂

螺柱端部上的铝片或铝屑。提高引弧能力和脱氧。

3.14

dual material stud 双材料螺柱

双材料螺柱的组成中，焊接端部材料和母材相似，外侧材料与母材不同，它们使用摩擦焊的方法连接，这样可以避免在焊接区域出现材料的混合。

3.15

structure subject to fatigue loading 用于承载动载的结构

用于承载一定的载荷，此载荷通过作用位置、大小确定，其变化包括强度、频率和顺序；

3.16

through deck stud welding 螺柱穿透焊

应用于抗剪切连接件与板厚小于 3mm 薄钢板的穿透焊接。

4 符号和缩略语

4.1 符号

下列符号适用于本标准：

C	电容量 (mF)
d	螺柱直径 (mm)
dw	焊接直径 (mm)
h	螺纹部分长度
I	电流强度 (A)
L	提升高度
P	伸出量
t	板厚 (mm)
tw	焊接时间 (ms 或 s)
T	扭距 (Nm)
U	充电电压 (V)
W	额定功率 (Ws)
α	弯曲角度 (°)

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本标准：

CF	陶瓷环
HAZ	热影响区
NP	无保护
PA	平焊
PC	横焊
PE	仰焊
pWPS	预备的焊接工艺规程
SG	保护气体
WPS	焊接工艺规程
WPQR	焊接工艺评定

5 技术评审

5.1 概述

如果应用标准，规程或 ISO3834-2, ISO3834-3, ISO3834-4 要求进行技术评审，制造商应视情况评审以下几方面：

- a) 螺柱焊缝的可达性和焊接位置；
- b) 焊接接头的表面状态和熔环形状；
- c) 材料和材料组合（见表 A3 到 A4）；包括面板的材料（当面板穿透技术使用时）；
- d) 螺柱直径与板材厚度的比率（避免损坏板材的另一面）。
- e) 焊接接头准备和已完成焊接接头的尺寸和细节，包括螺柱和金属板材表面的状态，焊接螺柱位置、角度的精度和长度公差。
- f) 使用特殊的技术防止板材背面被破坏。
- g) 确保螺柱焊接位置、角度的技术。

注 应考虑局部加热/冷却所引起的多轴应力。这种应力集中降低了有焊接螺柱部件的疲劳强度。

6 焊接人员

6.1 螺柱焊接操作工

认可可以通过焊接焊接工艺评定（见 10.2）或工作试件的方式获得（见 10.3），其试验的合格等级在条款 12 中规定，如果相关。

螺柱焊接操作工应有操作和校准设备的基本知识，能正确进行焊接操作，进行以上操作时，注意工件与电缆的连接，磁场的对称分布；

焊接操作人员应根据 ISO14732 进行资格考试。

认可的操作工可以操作任何与资格认可时使用的具有相同参数调节模式的焊接设备。焊接方法（ISO4063 代号 783、784、785、786）的改变需要重新考试。

专业知识的考试应包括所有需要认可焊接方法的要求。这个考试至少要包括：

- a) 按照焊接工艺规程安装调试焊接设备；
- b) 螺柱焊的基本知识包括工件电缆的连接，螺柱的极性，磁偏吹的预防（见表 A8）；
- c) 焊接接头缺欠的评估（见表 A5, A6, A7）；
- d) 安全的焊接操作，例如螺柱在螺柱夹持器中有良好接触、焊接过程中没有移动、操作检查、焊枪的正确位置）。

6.2 焊接监督

焊接的责任监督按照 ISO14731 的要求执行。对于 ISO3834-2、ISO3834-3、ISO3834-2 焊接责任人员的要求参见附录 B；

螺柱焊的焊接监督人员应该有螺柱焊方面的相关经验，应能选择和设置正确的参数，例如提高度，插入量，电流强度和焊接时间。

在没有载荷要求的结构中进行螺柱焊接时，可以没有焊接监督人员（见附录 A）。

7 设备

7.1 生产设备

应使用合适的螺柱焊设备，即当设备正确安装后，生产商应保证设备的电源有足够的焊接能量将螺柱焊接到适当的母材。下列是必要的设备：

- a) 电源、控制单元和移动夹具；
- b) 足够截面积的电缆，可靠的连接端子和接地连接；
- c) 焊接装配技术方面所使用的处理工具（夹具、固定装置）；
- d) 焊接参数显示设备；
- e) 焊点和连接点的清理工具；
- f) 必要的测量和试验设备；
- g) 前、后处理设备；
- h) 用于整修的设备和焊接设备。

7.2 设备明细

生产商应编制螺柱焊接设备的明细，明细应记录设备的性能和应用范围。它包括：

- a) 可焊接的最大和最小的螺柱直径；
- b) 单位时间生产能力；
- c) 电源的调节范围；
- d) 机器或自动螺柱焊接设备的操作模式和性能；
- e) 使用的试验设备细节。

7.3 维护

生产商应确保设备具备正常的功能。在生产期间，功能性检查应定期进行。电缆、接线端子、螺柱和瓷环夹持装置应定期检查并更换。对于大批量生产和根据 ISO3834-2 的执行全面质量要求，附加的系统的维护保养计划应被制订。例如此体系：

- a) 螺柱的摆放和供给系统；
- b) 螺柱和陶瓷套的夹持器；
- c) 机械导向和固定装置；
- d) 测量设备；
- e) 电缆、软管、连接组件；
- f) 显示系统。

8 生产计划

对于螺柱焊，生产计划包括以下细节：

- a) 定义螺柱焊接工艺和设备的要求；
- b) 使用的夹具和固定装置；
- c) 表面准备的方法。

9 焊接工艺规程（WPS）

9.1 概述

焊接工艺规程（WPS）应规定完成焊接操作的细节，其应包括与焊接工作相关的所有信息。

9.2 到 9.13 列出了焊接操作中的需要的大多数信息。针对特定的应用，可能会将上述列表做补充或删减。相关的信息都在 WPS 中规定。

可以适当的规定范围和公差。WPS 格式见附录 C。

9.2 关于制造商

9.2.1 制造商标识

—明确的标识。

9.2.2 WPS 标识

—字母与数字标识（引用编号）。

9.2.3 焊接工艺评定（WPQR）编号或其它作为要求的文件

—字母与数字标识（引用编号）。

9.3 关于母材

9.3.1 母材种类

—材料标识，根据适当的标准；

—母材供货条件；

注 WPS 可以覆盖的材料组别见 ISO/TR15608,也见 ISO/TR 20172、ISO/TR 20173、ISO/TR 20174。

9.3.2 尺寸

—母材厚度或厚度范围；

—其它相关的尺寸（例如对于面板穿透焊，薄板的尺寸和配置）。

9.4 焊接方法

—根据 ISO4063 数字代号。

9.5 接头

9.5.1 接头设计

—接头示意图，定义螺柱的位置和公差的；

—如果应用要求，螺柱焊接顺序在示意图中规定。

9.5.2 焊接位置

—应规定焊接位置，根据 ISO6947。

9.5.3 母材金属表面的准备

—使用的方法，如需要（例如清洗、脱脂、酸洗）；

—清洗后到焊接前，允许存放的最长时间（如需要）。

9.5.4 夹具和固定装置

—使用的方法（如需要）；

—固定装置的细节，样板等。

9.5.5 支撑

—支撑方法，

- 支撑材料
- 尺寸的说明（当焊接薄板）。

9.6 螺柱

9.6.1 名称

- 根据标准，供应商和商品名称。非标准螺柱应该有相关规定。

9.6.2 处理

- 如果螺柱在使用前被处理（如清洗），这些应该被规定。

9.7 辅助物

9.7.1 瓷环（如有）

- 根据标准，供应商和商品名称。非标准瓷环应该有相关规定。

—瓷环应储存在清洁和干燥的环境中。

9.7.2 保护气体（如有）

- 名称根据 ISO14175。

9.8 电源

- 制造商、型号。

9.9 移动固定装置

9.9.1 焊枪/焊接机头

- 制造商、型号。

—阻尼。

9.9.2 保护气系统（如使用）

- 气体流量；
- 与螺柱和工件相关的喷嘴尺寸和位置的描述（图示）。

9.9.3 螺柱供给系统（若有）

螺柱供给系统的描述包括示意图。

9.10 焊接参数

9.10.1 采用瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊

- a) 极性；
- b) 焊接电流；
- c) 焊接时间；
- d) 提升量；
- e) 伸长量；
- f) 减震；
- g) 接地夹钳的位置和数量。

9.10.2 储能式尖端引弧螺柱焊

- a) 极性;
- b) 容量;
- c) 放电电压;
- d) 弹簧力和/或间隙宽度;
- e) 接地夹钳的位置和数量;
- f) 焊接电缆的布置（如果用于电流控制）。

9.11 热条件

- 预热温度（如果要求）；
- 如果不要求预热，允许的最低环境温度。

9.12 焊后热处理

如果在特殊情况下焊后热处理或时效处理是必要的话，要求有工艺规程或单独的焊后热处理或时效规程。这应该规定包括完整的热循环。

9.13 焊后非热处理

- a) 打磨、机加工或其他机械处理；
- b) 酸洗或其他化学处理；
- c) 去除套环的特殊工艺。

10 焊接工艺评定

10.1 原则

无论何时，根据条款 9 应准备电弧螺柱焊的预备焊接工艺规程，并在生产前进行评定。其应规定所有的相关变量的范围。原则上，允许使用下列评定方法评定，但规程或应用规范要求可以限制方法的选择：

- a) 按照 10.2 节焊接工艺试验评定；
- b) 按照 10.3 节通过预生产试验评定；
- c) 按照 10.4 节基于以前的经验评定。

自本标准颁布之日起，所有新的焊接工艺试验都应根据本标准执行。然而，该标准的实施并不会使按以前的国家标准或规范或本标准前一版本进行的焊接工艺评定失效，如果满足技术要求，与应用和生产工作相关以前的工艺评定仍可使用。在询价或合同阶段，应考虑根据之前的国家标准或规范的是否适用，并经双方同意。

10.2 焊接工艺试验

10.2.1 应用

当要求工艺试验时，试验将按照 10.2 的规定进行，除非有更为严格的试验要求。

10.2.2 母材和螺柱的材料证明书

使用的母材和螺柱金属必须有材料证明书。

如果缺少此证明书，在工艺试验前母材和螺柱金属将被要求补做材料试验。为此，应准备数量充足

的同一炉号的螺柱和母材金属以完成试验。

10.2.3 试件的形状及尺寸

试件的尺寸应该足够完成所有的试验。要选择合适的厚度，以覆盖产品上板或法兰的厚度（见 10.2.8.6）。

10.2.4 焊接

根据 pWPS 进行准备、装配和焊接试件，其焊接环境应代表相应的生产条件。焊接位置应与实际的工件的焊接位置相同。接地夹钳应有足够的距离，以避免电弧偏吹。

工艺试验将对实际使用的最大和最小直径的螺柱进行。

在工艺试验中至少要焊接表 1 和表 2 要求数量的螺柱：

10.2.5 检验和试验范围

根据表 1、2、3 的要求进行检验和试验，其包括非破坏性和破坏性试验。

所有的检验和试验根据条款 11 中指定的工艺执行。表 1、2、3 规定的数量和类型仅适于一份 pWPS 评定的使用，此 pWPS 基于所使用的指定材料的螺柱和母材金属，见表 A.3。

10.2.6 合格等级

必须满足条款 12 的合格等级，除非另有规定。

表 1 瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊试件的检验和试验

试验类型	试验的螺柱数量			
	$\leq 100 \text{ mm}$		$\leq 100 \text{ mm}$	$> 100 \text{ mm}$
	ISO3834-2 完整的质量要求	dw $\leq 12 \text{ mm}$	ISO3834-3 标准的质量要求	ISO3834-2、ISO3834-3 ISO3834-4 所有的质量要求
外观检验	所有			
弯曲试验 (见图 2a)、 2b) 或 2c))	10 个 (弯曲角度 60°)	5 个 (弯曲角度 60°)	10 个 (弯曲角度 60°)	5 个 (弯曲角度 30°)
使用扭矩扳手的弯曲 试验 (见图 3, 仅适用 于锅炉)	不适用			10 个

表 1 (续)

试验类型	试验的螺柱数量			
	$\leq 100 \text{ mm}$ ISO3834-2 完整的质量要求		$\leq 100 \text{ mm}$ ISO3834-3 标准的质量要求	$> 100 \text{ mm}$ ISO3834-2、ISO3834-3 ISO3834-4 所有的质量要求
	$dw \leq 12 \text{ mm}$	$dw > 12 \text{ mm}$	所有直径 dw	所有直径 dw
拉伸试验 (见图 4、5 或 6)	—	5	—	—
射线检验	不适用	5 (可用拉伸试验代替)	—	—
低倍金相检验 (螺柱轴线成 90° 截面)	—	2	—	2 ^a
^a 仅适用于承压的管上的焊接				

表 2 短周期拉弧螺柱焊试件的检验和试验 $dw \leq 12 \text{ mm}$

试验类型	试验的螺柱数量
外观检验	所有
弯曲试验 60° (见图 2a)、2b)或 2c)	10
扭矩试验 (见图 6) 或 低倍金相检验 (螺柱轴线成 90° 截面)	10 (扭矩试验) 2 (宏观检查)

表 3 储能式尖端引弧螺柱焊和储能式拉弧螺柱焊

试验类型	试验的螺柱数量
外观检验	所有
拉伸试验 (见图 3、4 或 5)	10
弯曲试验 60° (见图 2a)、2b)或 2c))	20

10.2.7 复试

如果所有螺柱中的一个螺柱不能满足要求，将从同一个试件上取下两个相似的螺柱替代品进行重复试验。如果不可能，随后就要重新焊接相同的螺柱。所以对于焊接工艺试验，推荐准备足够数量的螺柱。

如果不止一个或两个替代品中的一个螺柱不能满足要求，则试验失败。

10.2.8 认可范围

10.2.8.1 概述

以下所有有效条件都应同时满足。超出认可范围的改变要求进行新的焊接工艺试验。

只要制造上质量稳定，并且按照 14.6 保持生产监视记录，则焊接工艺评定无有效期限制。

然而，螺柱焊的结果不仅仅取决于对焊接工艺规程的遵守，也取决于，诸如：操作工的技能/经验，这对于焊接质量是至关重要的，至少每年要进行一次工作试件试验，根据 14.2。

在产品停产超过一年的情况下，焊接工艺资格的有效性将通过工作试件来确认。根据 10.3.2 的认可

一致有效，除非焊接参数改变。

10.2.8.2 关于制造商

制造商获对于 pWPS 认可在制造商在采用相同的技术和质量控制的车间和场所是有效的。

10.2.8.3 关于焊接方法

评定只焊接工艺试验中使用的焊接方法有效。

10.2.8.4 关于焊接参数

评定在设备制造商推荐的参数变化范围内被认可。

10.2.8.5 关于母材

对于按 ISO/TR15608 规定的某一组的一个钢种所进行的工艺试验，既适用于该组中具有相同或更低的屈服强度的钢种，也适用于同一组中低于其附加的合金含量的钢，不适用于杂质元素。按照按 ISO/TR15608 组别 3 包括了组别 1 和组别 2，组别 21 包括了组别 22.1，但反之则不行。

10.2.8.6 关于螺柱材料

工艺试验覆盖根据 ISO/TR15608 同组别的材料，附加规定如下：

- a) 对于拉弧螺柱焊工艺焊接直径最大到 13mm，组别 8 和 10 包括了组别 1 和 2.1，但反之则不行。
- b) 对于储能放电螺柱焊，组别 8 包括了组别 1 到 6 和 11.1，但反之则不行。
- c) 组别 21 包括了组别 22.1，但反之则不行。

10.2.8.7 关于母材厚度

如表 A.1 建议的厚度，工艺试验使用的材料厚度，可以认可表 A.1 推荐的最小板厚以上的所有厚度，如果焊接工艺试验中使用了 pWPS 适用。

对于材料厚度小于推荐的最小厚度，需要进行一个新的工艺试验。

10.2.8.8 关于薄板穿透焊技术的应用

对于薄板穿透焊，评定认可所有低于评定时所使用的最大板厚。

10.2.8.9 关于螺柱横截面积和形状

一个单独的工艺试验覆盖所有的螺柱形状，但只能覆盖在试验中使用的螺柱直径。

两个不同直径的螺柱的工艺试验覆盖范围在两直径之间的所有直径。

10.2.8.10 与焊接位置有关的条件

对于采用瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊，位置 PC 可以覆盖 PE 和 PA，但反之则不行。对于位置 PC 可以使用专用的瓷环。焊接位置 PE 可以覆盖 PA。焊接位置根据 ISO6947。

螺柱穿透焊仅适用于 PA 位置。

对于储能式尖端引弧螺柱焊和储能式拉弧螺柱焊，工艺试验中使用的任何一种位置都可以认可所有的位置。

10.2.8.11 与焊接设备有关的条件

如果变更焊枪或机头和/或电源的类型或者它们的制造商，那么需通过一个产品试验对焊接工艺规程进行验证。

10.2.8.12 关于预热

通过一个没有预热的工艺试验评定的焊接工艺规程同样适用于预热的条件下使用，但反之则不行。

10.3 预生产试验

10.3.1 预生产试验在车间的应用

总的原则应根据 ISO15613，下列要求是对其的补充和修订：

- a) 焊接工艺规程、pWPS 和 WPS 应该符合本标准条款 9 的规定；
- b) 实际的生产应该由一个合适的过程控制计划所控制；
- c) 试验螺柱（生产项目）的数量按照 10.2.4 的要求，如可能；
- d) 认可被限制在与试验中使用的相同类型的设备、相同类型和厚度的母材和相同直径的螺柱。

10.3.2 预生产试验在现场的应用（针对薄板穿透技术）

试验适用于住静载建筑结构。此试验适用于场地焊接。

- a) 焊接工艺规程、pWPS 和 WPS 应该符合本标准条款 9 的规定；
- b) 至少焊接 10 个螺柱；
- c) 所有螺柱都应进行外观检验；
- d) 所有螺柱都应进行弯曲试验（弯曲角度 30°）。

焊接参数和产地焊接的条件应在 WPQR（见附录 D）中记录或在试验记录（见附录 F）中。电缆长度及电缆截面积和环境因素都应考虑。

弯曲试验后螺柱不允许校直。

10.4 之前的经验

总的原则应根据 ISO15611，下列要求是对其的补充和修订：

- a) 焊接工艺规程、pWPS 和 WPS 应该符合本标准章节 9 的规定；
- b) 基于以前经验的产品的生产应在合适的控制过程中进行，针对给出统计置信度的特定应用，焊接工艺评定被认可；
- c) 认可被限制在以早先的经验为基础的样品生产中所使用的相同类型的设备、相同类型和厚度的母材和相同直径的螺柱。

以之前的经验代替工艺试验不允许使用在标准的钢焊缝和完全质量要求上（见附录 B）。

10.5 焊接工艺评定报告（WPQR）

焊接工艺评定报告（WPQR）是每个试件（包括重复试验）评估结果的综述。报告应该包括依据本标准条款 9 的 WPS 相关项点，和依据条款 11 中要求所要求的任何特征的细节。如果没有发现可否决的特征或不可接受的试验结果，WPQR 详述被认可的焊接工艺试件结果并且有考官或考试机构的签名和时间。

为了利于统一陈述、展示和数据评估，附录 D 或附录 E 给出了用于详细记录焊接工艺和试验结果的

WPQR 格式。

11 检验和试验

11.1 概述

使用 11.2 到 11.7 所描述的方法检验和试验。试验的选择取决于应用。

某些应用领域，例如蒸汽锅炉、船舶制造和核设施，应用标准或规程可能要求附加试验（例如硬度试验和超声波检验）。

11.2 外观检验

对于带瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊，外观检验要求如下：

- a) 焊环形状的均匀性、尺寸和颜色（带瓷环拉弧螺柱焊的要求见 ISO13918），和
- b) 焊接之后的位置、长度和角度。

对于电容尖放电螺柱焊和电容拉弧螺柱焊，主要是焊环的均匀性。

11.3 弯曲试验

试验可以使用简单的台架，近似检查焊接数据。在试验中，没有明确定义焊缝弯曲的方式。如果怀疑电弧偏吹或其它可见缺陷，应使用相应的方法检验受拉区域，这可能使用以下两种方法之一进行：

- a) 使用瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊或短周期拉弧螺柱焊，且应用于 $\leq 100^{\circ}\text{C}$ ，螺柱弯曲角度 60° ，使用储能式尖端引弧螺柱焊和储能式拉弧螺柱焊，或使用瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊，且应用于 $>100^{\circ}\text{C}$ ，螺柱弯曲角度 30° ，（见图 2）。当使用矩形底座螺柱时，弯曲应在弱轴方向进行。当使用双头螺栓时（例如 Y 型），针对两支臂，应规定基于不同轴线的弯曲角度（见图 1）。

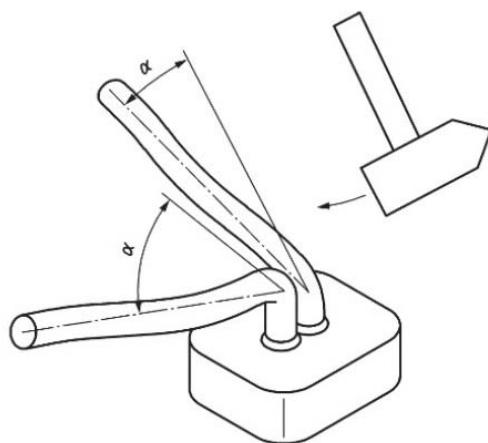
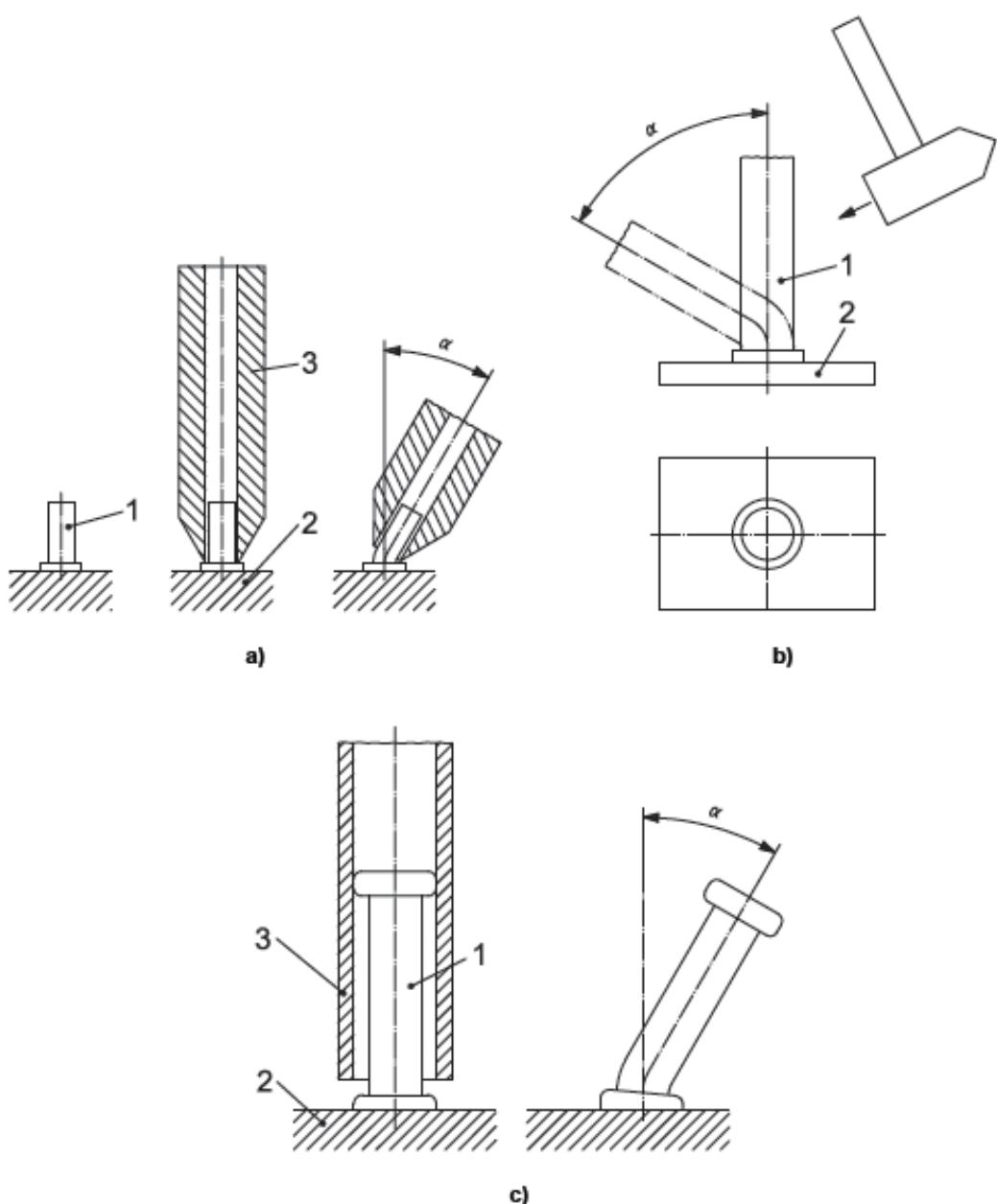


图 1

- b) 应使用小于塑性极限值的弯矩弯曲螺柱（见图 1）。

注 应用 $>100^{\circ}\text{C}$ 时，弯矩值见表 4.



关键词

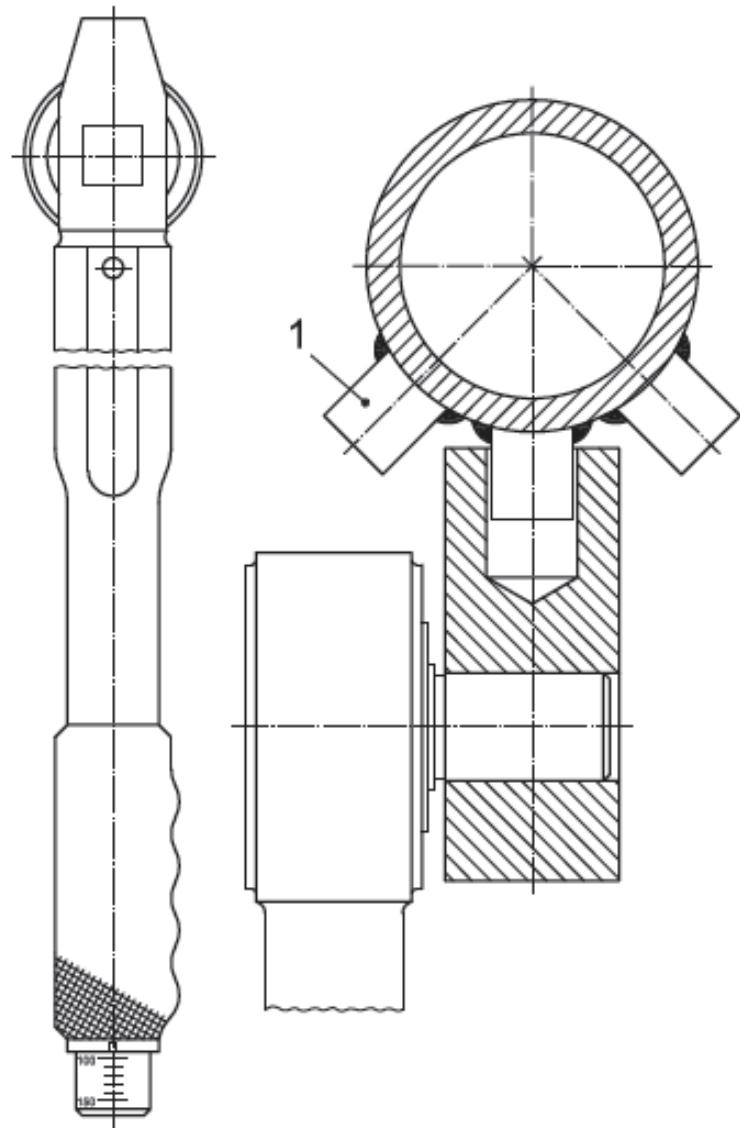
1 螺柱

2 工件

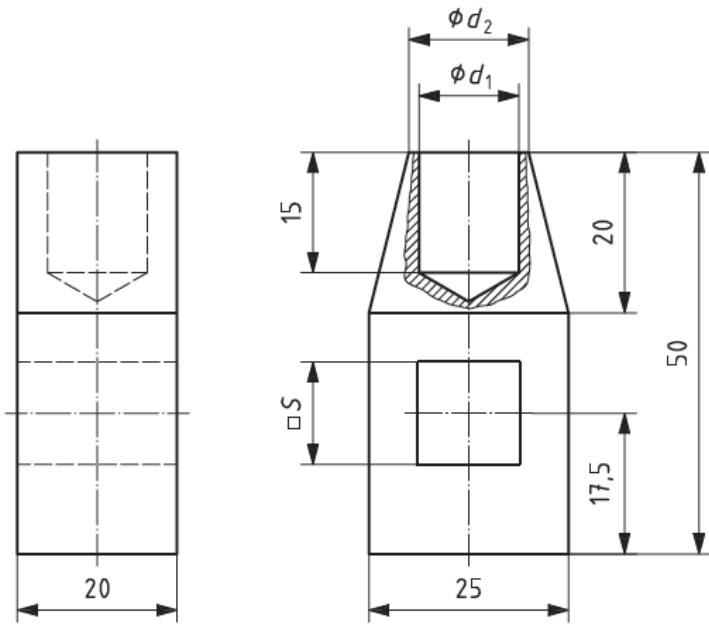
3 工具

α 弯曲角度

图 2 弯曲试验样例



a) 扭矩扳手弯曲试验



b) 弯曲试验工具

d_1 =螺柱直径+0.3mm

d_2 =制造商可以根据螺柱大小自由选择

s =根据工具尺寸

注 1 根据螺栓空间，工具直径由制造商自由选择

注 2 根据工具选择驱动

图 3 定值扭矩弯曲试验举例

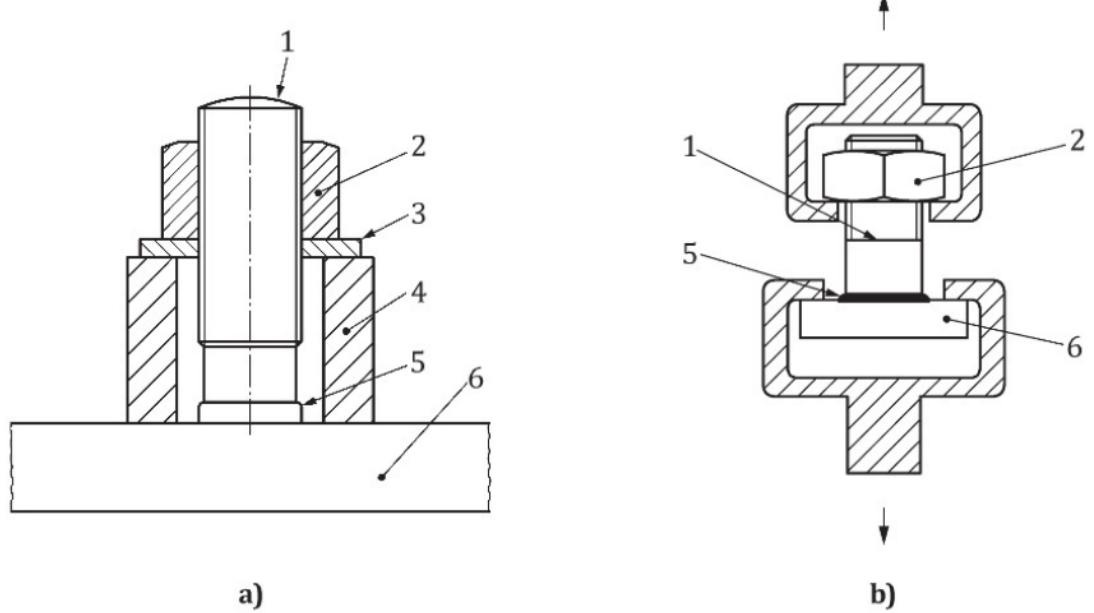
表 4 扭矩与螺柱直径的关系（适用于锅炉）

螺柱直径 d mm	扭矩 Nm
8	40
10	60
12	85

条款 12.3 和表 4 中的合格等级必须完全满足，除非另有规定。

11.4 拉伸试验

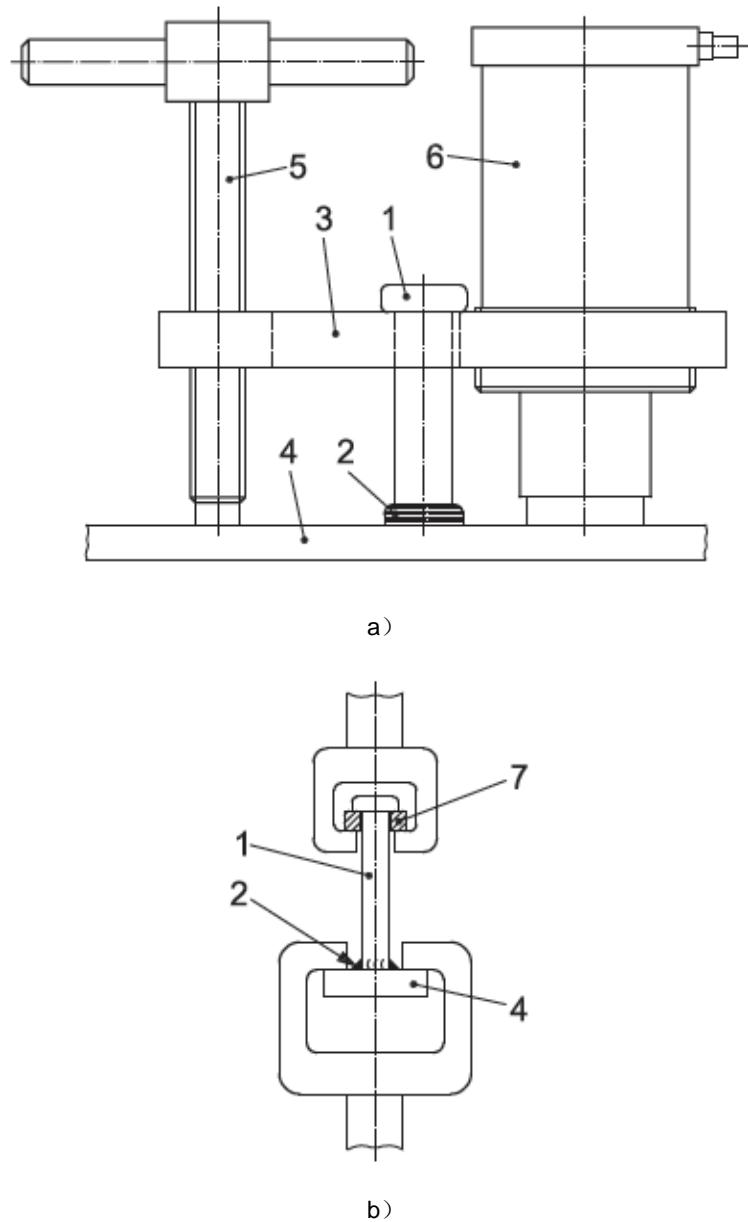
使用一个合适的拉伸装置（见图 4 和图 5），将焊接的螺柱沿着轴向方向拉伸至断裂。此试验仅适用于 $\leq 100 \square$ 时。



注

- 1 螺柱
- 2 钢螺母
- 3 垫圈
- 4 套管
- 5 焊环
- 6 工件

图 4 带螺纹螺柱的拉伸试验样例



关键词

1 螺柱（剪切连接）

2 焊环

3 杠杆

4 工件

5 水平螺杆

6 液压缸

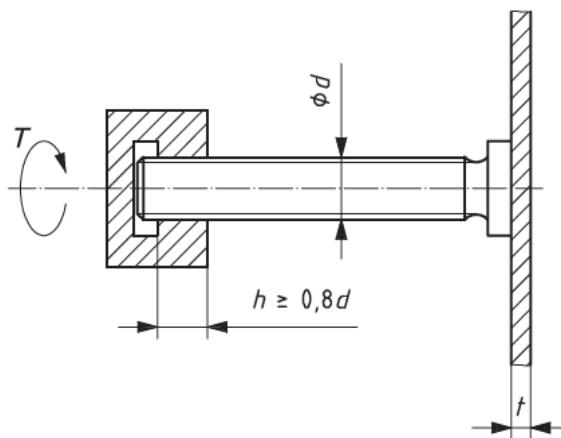
7 垫圈

注 垫圈的硬度为 40-55HRC。

图 5 剪切连接拉伸试验示例

11.5 扭矩试验

焊缝的承载能力通过扭矩试验检查，螺柱使用螺母完全固定（见图 6）。



关键词

d 螺柱直径

h 固定长度

t 板厚

T 扭矩

注 低碳钢要求的最低扭矩值，根据表 5。

图 6 扭矩试验示例

表 5 低碳钢扭矩最小值

最小板厚 t mm	螺柱直径 d	扭矩 T Nm
0.7	M3	1.2
	M4	3
	M5	6
	M6	9
1.5	M8	24
	M10	46
	M12	80

11.6 低倍金相检验

低倍金相试验用于检查形状和熔深。评估可以使用最大放大率为十倍的放大镜。

仅带瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊要求低倍金相检验。对于试样，可以使用通过弯曲试验后的试样。

11.7 射线检验

射线检验检查焊缝区域的内部缺欠。射线检验仅适用于工作温度 $\leq 100^\circ\text{C}$ 、螺柱直径 $d > 12\text{mm}$ 的带陶瓷套圈或保护气体的拉弧螺柱焊，并且无法进行拉伸试验时。

为了完成试验，在焊环之上的螺柱应被切除。

射线照片应按照 ISO17636 等级 B 评定。允许的缺欠极限按照 12.1 的要求。

11.8 声音检验

环试验用于抗剪连接的主静载建筑结构的产品试验时。环试验仅在根据 10.3.2 进行的评定中使用。

使用 0.9kg 到 2kg 的锤子轻敲抗剪螺栓的头部。摆动角度在 20° 到 30° 直径，允许锤头自由落体。

注 声音试验的实施和评估需要足够的经验。

12 合格等级

12.1 通则

螺柱焊缝应无缺欠，除非其被不同的试验或检查接受认可。

应满足 12.2 到 12.8 合格等级，除非另有应用标准或规程。

如果要求按照 ISO3834-4 的基本质量要求，应规定缺欠限值。

如果要求按照 ISO3834-2 的完整质量要求，所有缺欠的总面积不能超过螺柱面积的 5%。

如果要求按照 ISO3834-3 的标准质量要求，所有缺欠的总面积不能超过螺柱面积的 10%。

12.2 外观检验的合格等级

对于带瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊，检查包括焊环形状的均匀性和尺寸。缺陷列在表 A.5，序号 2 到序号 5，在表 A.6 列出的缺陷中，出现序号 2 到序号 5 则不合格。

对于储能式尖端引弧螺柱焊和储能式拉弧螺柱焊。在表 A.7 列出的缺陷中，出现序号 2 到序号 4 则不合格。

12.3 弯曲试验的合格等级

如果螺柱按规定的弯曲，在焊缝区没有发现裂纹，则焊缝通过了试验。

如果在焊缝热影响区出现脆性断裂，那么应该检查材料的焊接性（例如硬化倾向）。

如果螺柱有不均匀缺欠，例如螺柱基座降低，或如果不能实现上述的弯曲角度，如与直径相比的短螺柱或异种材料螺柱和屈服强度大于 355N/mm^2 时，可通过其他方法展示焊缝是合格的。应有足够的塑性。

12.4 拉伸试验的合格等级

如果要求按照 ISO3834-2 的完全质量要求，不允许在焊缝区断裂。

如果要求按照 ISO3834-3 的正常质量要求，只有在达到螺柱材料名义的抗拉强度时，才允许断裂在在焊缝区。断裂面中的缺陷满足 12.1 的要求限值。使用法兰螺柱（根据 ISO13918），储能式尖端引弧螺柱焊和储能式拉弧螺柱焊时，如果未焊面积没有超过法兰面积的 35%，达到螺柱材料名义的抗拉强度时，允许断裂在焊缝区。

对于拉弧式螺柱焊，不允许出现母材的剪切破坏。因此，推荐试件应具有足够的厚度。

注 一旦母材薄板剪切破坏，将无法对焊缝质量进行评估。

12.5 扭矩试验的合格等级

达到要求扭矩值时，焊缝不能失效。

12.6 低倍金相检验的合格等级

可视缺欠的总长度不能超过焊缝区域宽度的 20%。如果只出现在低倍金相的一侧，且弯曲试验通过，允许出现不超过焊缝区域 5% 的咬边。如果缺欠间的距离大于 0.5mm，小于 0.5mm 的缺欠可以忽略。

在应用 $>100\phi$ 情况下，当管材至少有 2mm 的壁厚没有熔化时要求螺柱和管材间（用于承压）达到足够的焊缝。一旦低于以上值，应通过计算证明。

12.7 射线检验的合格等级

允许的缺欠按 12.1 的要求。

12.8 声音试验的合格等级

清晰的共振音是试验通过的特征。迟钝的声音可能意味着有缺欠。

12.9 应规定附加试验的合格等级。

应规定附加试验合格等级。评估时，应考虑螺柱焊工艺的特性。

例如 对于硬度试验，最高硬度值满足 ISO15614-1:2004 表 2 的允许值。

13 工作条件

被焊接表面应保持干燥和无凝结。但材料温度低于 0ϕ ，必须预热。考虑焊接性，碳当量应 $\leq 0.22\%$ 。

根据不同的工艺方法，使用瓷环和/或保护气体为了保护或收缩电弧。瓷环根据螺柱形式和直径正确选用。注意下列几点：

- a) 瓷环应保存在干燥的环境；
- b) 潮湿的瓷环不能使用；
- c) 应被压紧在母材金属上；
- d) 瓷环应与使用的螺柱中心对齐。

注 瓷环与螺柱接触不均匀或倾斜会导致不均匀的焊环，并能抑制插入。

在特殊情况下（铝及其合金或 CrNi 合金钢的拉弧螺柱焊），可能需要使用保护气体。原则上，瓷环可使用保护气体替换（限制条件，见表 A.1）。保护气体由一个能保证气体流畅、无紊流装置供给。注意下列几点：

- 保护气体在螺柱周围应被密封；
- 焊接区中的空气在焊接前应被保护气体排除，所以应该执行的规定预送气时间；
- 在焊接铝及其合金时，尤其应注意气体保护。

14 过程控制

14.1 概述

为了质量保证，基于螺柱焊接方法和应用范围不同，要求不同的质量要求（见附录 B）。生产前、生产中和生产后，应进行相应的试验。这些试验包括：

- a) 产品试验；
- b) 简化的产品试验；
- c) 产品监督。

试验可以使用实际的产品件或特殊的试件来完成。试件应符合产品条件。

14.2 产品试验

14.2.1 概述

产品试验由生产商在一个结构或一组相同的结构产品焊接之前来完成，并规定数量。此数量在合同中提出或从相关的应用标准中获得。

产品试验受螺柱直径、母材金属和设备类型约束。

14.2.2 带瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊的产品试验

要求焊接至少十个螺柱。为了安装调试试验和合适的位置、重做试验，在试件上应准备足够数量的附加的螺柱。下列检查和试验要求进行：

- a) 外观检验（所有螺柱）；
- b) 弯曲试验（5个螺柱）；
- c) 两个不同螺柱的低倍金相检验（通过螺柱轴线成90°截面），仅适用于 $>12\text{mm}$ 。

注 对于短周期拉弧螺柱焊，宏观检验可使用扭矩试验代替（5个螺柱）

检验和试验按照条款 11 完成和评估。产品试验的结果应归档（见附录 F）。

14.2.3 储能式尖端引弧螺柱焊或储存式拉弧螺柱焊的产品试验

要求焊接十个螺柱。为了安装调试试验和合适的位置、重做试验，在试件上应准备足够数量的附加的螺柱。下列检验和试验要求进行：

- a) 外观检验（所有螺柱）；
- b) 拉伸试验（3个螺柱）；
- c) 弯曲试验（5个螺柱）。

检验和试验按照条款 11 完成和评估。正常产品试验的结果应归档（见附录 G）。

14.3 简化产品试验

简化的产品试验的目的是检查设备安装调试的正确性和操作的正确性。每个变化开始前应焊接 3 个螺柱。它们也可以被合同或应用标准的规定要求，焊接确定数量的焊缝。简化的产品试验至少包括下列试验和检验：

- a) 外观检验（所有螺柱）；
- b) 弯曲试验（所有螺柱）。

检验和试验按照条款 11 完成和评估。正常产品试验的结果应归档。

14.4 正常或简化产品试验的复试

在产品试验中，如果所有螺柱中的一个螺柱不合格，将从同一个试件上取下两个相同的螺柱替代品进行补充试验。如果不可能，随后就要焊接相同的螺柱。

注 所以对于产品试验，推荐准备足够数量的螺柱替代品。

在简化产品试验中，如果一个螺柱不能满足要求，则导致试验失败的原因被更正后，产品试验将重新进行。

14.5 产品监督

14.5.1 外观检验

外观检查通常可以满足产品的要求，且应覆盖所有焊缝。

14.5.2 检查焊接参数

焊接参数应定期检查。

注 适当的设备可以显示与焊接有关的参数。

15.5.3 其他非破坏性检查和试验

如果相关的经验有效，那么合同各方或应用标准许可的非破坏性试验可以应用在连续的生产控制当中。适当的技术要求是：

- a) 焊后检查螺柱的长度；
- b) 拉伸试验，弯曲试验，扭矩试验（应力值低于弹性极限）；

15.5.3 其他非破坏性检查和试验

14.6 产品监督记录

制造商准备一个称之为产品标识卡的产品监督报告，报告包括产品试验、简化产品试验和产品监督的结果。制造商还应该为每个螺柱焊接过程准备一个不同的标识卡，标识卡应该被悬挂在工位处，所有的试验结果记录在标识卡内。附录 H 给出一个应该使用的表格的范例。

14.7 不符合项和纠正措施

当产品不合格时，例如气孔，焊环不完整或不均匀，或如其中一个螺柱过长，针对此螺柱应进行弯曲试验（ 15° ）或拉伸试验（小于设计强度）。如果试验失败，则有缺陷焊缝之前和之后焊接的三个焊缝必须进行弯曲或拉伸试验。

如果有一个试验失败，则相同工件上的所有焊接螺栓都必须进行试验。

纠正措施应针对所有不合格的焊缝，去除有缺陷的焊接螺柱，或在需要时，可重新焊接或使用适合方法返修的，在特殊的情况下，也允许使用其它适合的方法焊接螺柱。根据螺柱直径，角焊缝应该达到预先设计的厚度。

注 有缺陷的螺柱可以保留，可以使用额外的螺柱补强。

所有选择的焊接方法都要按照 ISO15614-1 或 ISO15614-2 进行评定，从事修复工作的焊工也要按照 ISO9606-1 或 ISO9606-2 取得认可。

14.8 检测量具和试验的校准

如果按照 ISO3834-2 的完全质量要求，制造商有责任对检查设备、检测量具和试验设备进行校准。所有的设备进行适当的控制并定期校准（见 ISO17662）。见附录 B。

注 对于拉弧螺柱焊，显示电流强度和焊接时间的设备尤其需要校准。

附录 A (资料性)

螺柱焊工艺

A.1 概述

本附录给出了获得满足要求的螺柱焊产品和控制的推荐。

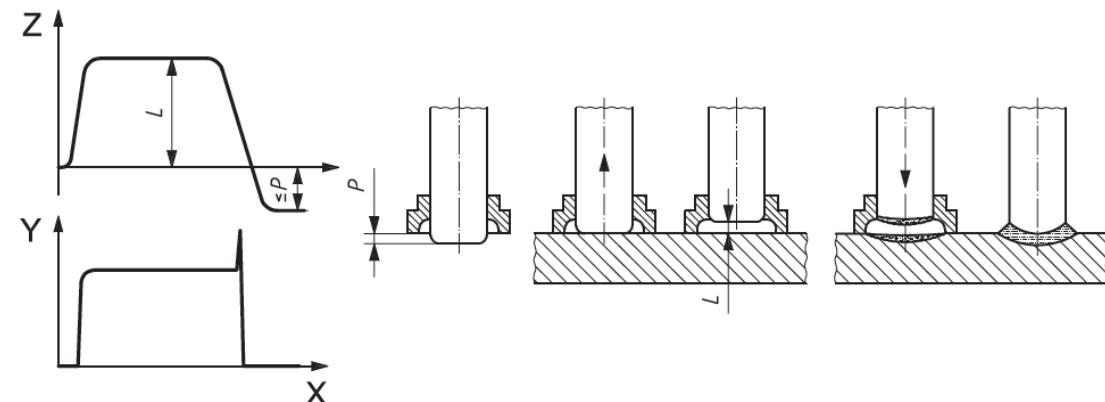
螺柱焊接过程中，电弧在螺柱和工件表面间引燃，进行短暂的燃烧；两部件开始熔化并被连接。按照焊接方法的特性，把螺柱焊分为拉弧螺柱焊和尖端引弧螺柱焊。每种方法都需要与之配套的电源、驱动调节装置、螺柱和附件（瓷环等）。极短的燃弧时间（大约 0.5ms 到 3000ms）和较高的加热、冷却速度是螺柱焊的特点。一般情况下尖端引弧螺柱焊最大可以焊接 8mm 的螺柱，拉弧螺柱焊最大可以焊接 25mm 的螺柱。

A.2 焊接工艺

A.2.1 拉弧螺柱焊

A.2.1.1 概述

此工艺方法使用焊枪或焊接机头可以进行机械化或自动化焊接。螺柱插入螺柱夹持器中，如果必要在工件上配装一个陶瓷套圈。在焊接过程开始时，螺柱被机械装置提升，开始是引导电弧，然后是主电弧，在螺柱尖端和工件间燃烧。于是螺柱端面和母材熔化。当焊接时间达到要求的时间，螺柱被作用一个极限作用力 (<100N) 而插入熔池中，同时电流开关被关闭。陶瓷套圈被去除。图 A.1 反映使用瓷环过程的步骤。



关键词

- L 提升量
- P 伸长量
- X 时间
- Y 电流
- Z 位移

图 A.1 拉弧螺柱焊过程中的螺柱移动

A.2.1.2 拉弧螺柱焊工艺方法

三种工艺方法的区别见表 A.1。

a) 带陶瓷套圈或保护气体的拉弧螺柱焊 (783)。此工艺方法常被用于 3mm 到 25mm 直径范围的螺柱，焊接时间 100ms 到 3000ms。它经常使用陶瓷环作为熔池保护，在特殊情况下也用气体保护或不用保护焊接熔池。这是在生产中主要使用的方法。使用 CF 保护最小板厚为 0.25d，使用 SG

保护为 $0.125d$, 但都不能小于 1mm 。

b) 短周期拉弧螺柱焊 (784)。使用特殊的设备可以使焊接时间降低到 100ms 以下。这种改进的工艺适用的螺柱直径一直到 12mm , 但用于气体保护的 8mm 到 12mm 直径的短周期拉弧螺柱焊常常被用作减小气孔倾向而使用。有较窄的熔化区和适度的热输入, 所以一直到 12mm 直径的螺柱也可以焊接到较薄的工件上。陶瓷环可促进 10mm 到 12mm 直径螺柱焊接时焊缝环的形成。一直到 8mm 直径的螺柱, 常常采用不保护焊接熔池的方式进行焊接, 而且提倡采用有缩锻凸缘的螺柱来提供比等螺柱直径更大的焊缝面积从而获得比螺柱直径更大的抗拉强度, 焊缝区的气孔可忽略。最小板厚为 $0.125d$, 但不小于 0.6mm 。

c) 储能式拉弧螺柱焊 (785)。使用储能式焊接电源可以获得非常短的焊接时间 ($<10\text{ms}$)。焊接的螺柱直径范围从 3mm 到 10mm 。最小板厚 $0.1d$, 但不小于 0.5mm 。工艺过程与短周期拉弧螺柱焊相似但最高电流可以达到 3000A 。

不同焊接工艺方法的工作范围见表 A.1。

表 A.1 不同焊接工艺方法的工作范围

焊接工艺 ^a	焊接时间 t_w	焊接直径 d_w 和 焊接位置 ^b	电流 能量 I A	熔池保护	最小板厚 mm
带瓷套或保护 气体的拉弧螺 柱焊 (783)	>100	3-25 PA 3-20 PE 3-16 PC	300-3000	CF	0.25d, 但不小于 1mm^c
	>100	3-16 PA 3-8 PC	300-2000	SG	0.125d, 但不小于 1mm^c
短周期拉弧螺 柱焊 (784)	<100	3-12 所有位置	最大到 1800	NP, SG	0.125d, 但不小于 0.6mm^c
储能式拉弧螺 柱焊 (785)	<10	3-8 所有位置	最大到 4000 (峰值)	NP, (SG)	0.1d, 但不小于 0.5mm

a 根据 ISO4063
b 根据 ISO6947
c 设定最小板厚是为了防止板材烧穿, 其它应用要求可能允许更大板厚。

当使用高能量工艺 (较窄的熔化区), 短周期工艺或电容放电工艺时, 螺柱尖端应与工件上熔深的形状匹配, 并要求更高的加工 (166° 圆锥等)。

A.2.1.3 熔池保护

下面给出了不同技术在熔池保护上的区别:

a) 瓷环 (CF) 其作用如下:

——瓷环在焊缝周围形成一个燃烧室, 通过对电弧和熔滴进行保护而使焊缝得到保护。

——形成的较小空间而使电弧收缩并减少热量损失和冷却速度。陶瓷套圈仅能阻止少量的空气进入熔池。当螺柱被插入熔池时, 它迫使熔融的金属添满空间形成一个环绕螺柱的环形焊缝。所以适用全位置焊接。

瓷环仅能使用在一个焊缝上，并且金属凝固后应去除。

b) 保护气体 (SG) 在气体保护螺柱焊中弧柱区中的空气被外界供应的保护气体所代替，这大大减少了气孔的形成。钢和其它绝大部分金属使用含 Ar 和 CO₂ (ISO14175-M21) 的混合气体作为保护气。铝及其合金使用纯度 99.99% 的 Ar(ISO14175-I1) 或 Ar-He 混合气作为保护气(ISO14175-I3)。

保护气体影响了电弧状态，影响工件和螺柱的熔化，并且通过表面张力改变焊环和熔深的形状。基本的原则是按照 IS O6947 首选 PA 焊接位置，焊接时间应>100ms。使用附加的陶瓷套圈可以改善焊环的形状和将电弧约束在最接近的工件区域。

c) 无保护 (NP)。无保护螺柱焊只能在使用小直径螺柱（小于 10mm）和采用较短的焊接时间（小于 100ms）的情况下采用。这种方法的缺陷是焊接区有严重氧化、较大的气孔倾向、和产生不规则的焊环的倾向。

A.2.2 储能式尖端放电螺柱焊 (786)

储能式尖端放电螺柱焊的两种工艺技术是接触引弧和间隙引弧。

表 A.2 储能式尖端放电螺柱焊特性

方法	参数							
	焊接 工艺 ^a	焊接 直径 dw (mm)	峰值 电流 I A	焊接 时间 ms	弹簧力 N	插入 速度 m/s	尖端	典型 应用
接触	786	0.8-10	5000	1-3	60-100 使用活塞 机构	0.5-0.7	总是 接触	焊接钢 (非合金和 合金钢), 镀锌或 涂油表面
间隙	786	0.8-10 (铝合金 到 6)	10000	0.5-2	40-60	0.5-1	大多数接 触, 有提 升的可能	焊接铝或黄铜
a 根据 ISO4063								

在接触引弧中，将螺柱插入机器的螺柱夹紧器中（见图 A.2 a），然后用尖端点顶在部件的焊接表面上（见图 A.2 b))。焊枪中的弹簧将螺柱压紧在金属上。一旦电容电源开关开启，尖端点汽化同时电弧被引燃（见图 A.2 c)), 螺柱继续向金属板移动，最后停留在凝固的金属里（见图 A.2 d))。焊接时间≤3ms。

间隙引弧与上述技术不同，焊接开始前螺柱按说明被夹持，与工件的距离可调节（见图 A.2 a))。

当电容器被开启，螺柱向金属表面移动，接下来的工艺过程就像上面描述的（见图 A.2 b），见图 A.2 c), 见图 A.2 d))。大约 1ms 的焊接时间就可以完成，而且焊接铝及其合金也可以不用保护气。

推荐的板厚应该≥0.1d 但不小于 0.5mm。

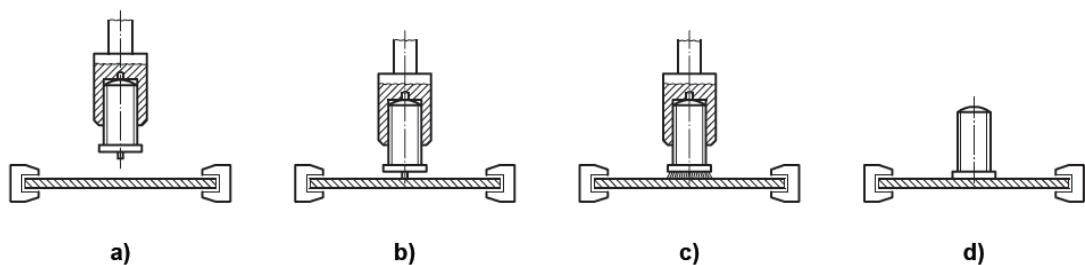


图 A.2 储能式尖端引弧螺柱焊主要焊接过程

A2.3 母材

A2.3.1 概述

短暂的电弧导致螺柱和母材开始熔化，混合的熔池形成接头，焊接热影响区的性能也发生了改变。这种现象与其它各种螺栓焊接方式不同。一般来说，焊缝中螺柱金属材料要多于母材金属。通常，母材上的焊接区都大于螺柱截面，因此从焊缝到螺柱的过渡区的强度和应变性能将着重进行试验，应特别注意淬火脆化。母材表面应清理干净。可以通过机械或化学的方法，将涂层、锈、脏物、油脂及不可焊接的金属覆盖物应从焊接区域去除。带有锈层的母材应被彻底的打磨。表面的准备在 WPS 中应详细规定。焊接时间较短（小于 50ms）时，表面更加需要特别仔细的清理。

A.2.3.2 带瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊母材金属

适合此种螺柱焊接方式的母材在表 A.3 中列出。

允许使用其它牌号等级的钢和像无铅黄铜的其它金属进行拉弧螺柱焊，在这种情况下，附加的或在条款 11 中描述的其它试验应被要求。

A.2.3.3 储能式尖端放电螺柱焊和储能式拉弧螺柱焊母材金属

适合此种螺柱焊接方式的母材在表 A.4 中列出。

合同和应用标准可能允许使用其它牌号等级的钢和像无铅黄铜的其它金属进行拉弧螺柱焊，在这种情况下，附加的或在条款 11 中描述的其它试验应被要求。

A.2.4 螺柱

A.2.4.1 螺柱材料

螺柱材料和陶瓷套圈见 ISO13918。

A.2.4.1 螺柱形状

可自由选择螺柱焊接部分形状。根据焊接工艺确定不同的螺柱尖端形状（见 ISO13918）。

A.2.5 螺柱与母材的材料组合

由于各种材料的焊接性不同，并给予螺柱焊接方法不同而推荐的螺柱和母材材料组合，组和见表 A.3 和 A.4：

其它的组合也可被焊接，但必须通过详尽的工艺试验证明其焊接性。

表 A.3 带陶瓷套圈或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊螺柱和母材金属典型组合的焊接性

螺柱材料	母材金属			
	ISO/TR 15608 组别 1 和 2.1	ISO/TR 15608 组别 2.2, 3 到 6	ISO/TR 15608 组别 8 到 10	ISO/TR 15608 组别 21 和 22
S235 4.8 (可焊接) 16Mo3	对于任何应用, 焊接性非常好 ^a	有限制条件焊接 ^b	有限制条件焊接 ^b ^c	不能焊接
1.4742/X10CrAl18 1.4762/X10CrAl24	有限制条件焊接 ^d	有限制条件焊接 ^d	有限制条件焊接 ^d	不能焊接
1.4828/X15CrNiSi20 1.4841/X20CrNiSi25-4	有限制条件焊接 ^b	有限制条件焊接 ^b	有限制条件焊接 ^b	不能焊接
1.4301/X5CrNi18-10 1.4303/X5CrNi18-12 1.4401/X5CrNiMo17-12-2 1.4529/X1NiCrMoCuN25-20-7 1.4541/X6CrNiTi18-10 1.4571/X5CrNiMoTi17-12-2	有限制条件焊接 ^b / 对于任何应用, 焊接性非常好 ^{a e}	有限制条件焊接 ^b	对于任何应用, 焊接性非常好 ^a	不能焊接
EN AW-AlMg3/EN AW-5754 EN AW-AlMg5/EN AW-5019	不能焊接	不能焊接	不能焊接	有限制条件焊接 ^b

a) 例如力的传递。
 b) 力的传递。
 c) 仅使用短周期拉弧螺柱焊。
 d) 热的传递
 e) 一直到 12mm 直径和用气体保护

表 A.4 储能式尖端引弧螺柱焊和储能式拉弧螺柱焊螺柱和母材金属典型组合的焊接性

螺柱材料	母材金属				
	ISO/TR 15608 组别 1 到 6 和 11.1	ISO/TR 15608 组别 1 到 6 和 11.1 和镀层厚 度小于 $25\mu\text{m}$ 的镀层和金属 涂层薄钢	ISO/TR 15608 组别 8	铜和无铅铜合 金例如 CuZn37	ISO/TR 15608 组别 21 和 22
S235 4.8 (weldable)	对于任何应用， 焊接性非常好 ^a	有限制条件焊 接 ^b	对于任何应用， 焊接性非常好 ^a	有限制条件焊 接 ^b	不能焊接
1.4301 1.4303	对于任何应用， 焊接性非常好 ^a	有限制条件焊 接 ^b	对于任何应用， 焊接性非常好 ^a	有限制条件焊 接 ^b	不能焊接
CuZn37 (无 ISO 标准)	有限制条件焊 接 ^b	有限制条件焊 接 ^b	有限制条件焊 接 ^b	对于任何应用， 焊接性非常好 ^a	不能焊接
EN AW-Al99,5	不能焊接	不能焊接	不能焊接	不能焊接	有限制条件焊 接 ^b
EN AW-AlMg3	不能焊接	不能焊接	不能焊接	不能焊接	对于任何应用， 焊接性非常好 ^a

a) 例如力的传递。
b) 力的传递。

A.2.6 焊缝评估和纠正措施

焊缝评估和纠正措施见表 A.5、表 A.6、表 A.7 和表 A.8。

表 A5 带瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊的不完整性和纠正措施

序号	外观	可能的原因	纠正措施
外观检验或宏观			
1	焊环是规则的、光亮的和完整的。 焊后长度在公差范围内。 	合格（正确参数）。	无。

表 A.5 (续)

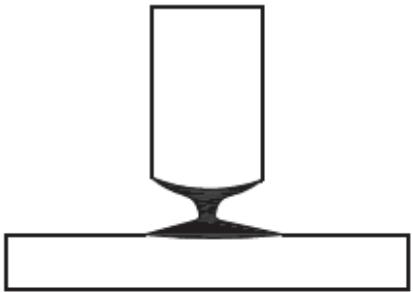
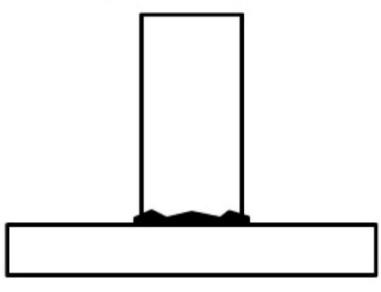
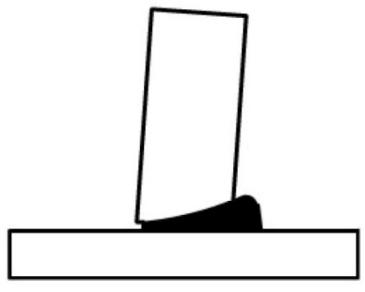
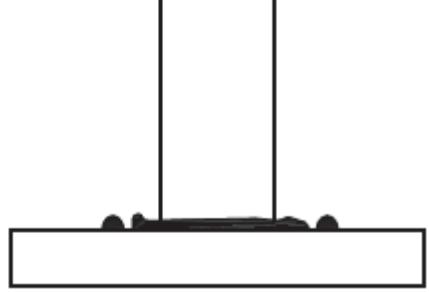
序号	外观	可能的原因	纠正措施
2	焊缝直径减少。 长度太长。 	不适当的插入或提升。 偏心。 焊接能量太高。 衰减太强。	提高插入力, 检查套圈对中, 检查提升。 降低电流和/或时间。 降低衰减。
3	减少的、不规则的和灰暗的焊环。 长度太长。 	焊接能量太小。 陶瓷套圈没有烘干。 提升过小。	提高电流和/或时间。 在烘箱中烘干套圈。 增加提升。
4	焊环不对中, 带不合格的咬边。 	磁偏吹影响。 瓷环不对中	见表 A.8。 检查对中。
5	焊环高度减少, 光亮的, 较大面积的侧边金属。 焊后长度太短。 	焊接能量太高。 插入速度太高。	减小电流和/或时间。 调整插入装置和/或减震。

表 A.5 (续)

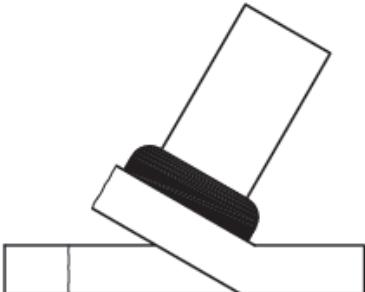
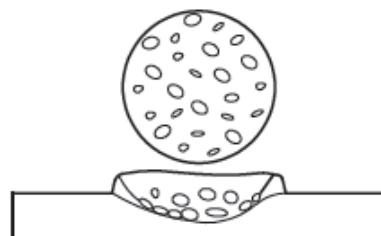
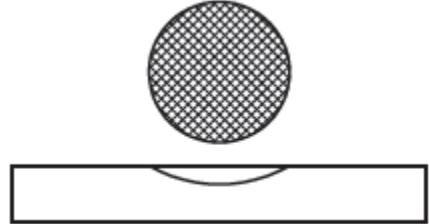
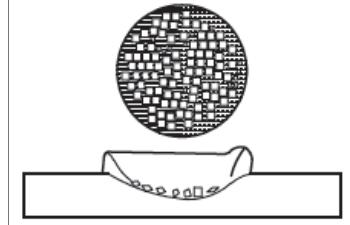
序号	外观	可能的原因	纠正措施
断裂试验			
6	母材撕开。 	正确参数。	无。
7	充分的变形后断裂在焊环上部。 	正确参数。	无。
8	焊缝撕开。 较多的气孔。 	焊接能量太小。 未清理表面。 金属不适合螺柱焊。	提高电流和/或时间。 清理表面。 选择合适的材料。
9	热影响区断裂。 灰暗的断口表面，没有充分的变形。 	母材金属含碳量太高。 母材金属不适合。	检查母材金属。 提高焊接时间。 如需要可预热。
10	焊缝断裂。 白亮形貌。 	焊剂含量太高。 焊接时间太短。	检查焊剂质量。 增加焊接时间。

表 A.5 (续)

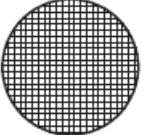
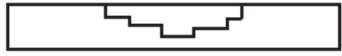
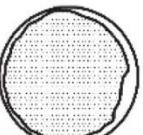
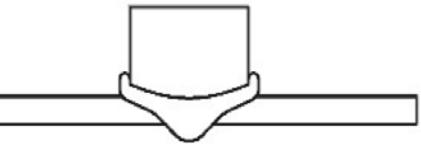
序号	外观	可能的原因	纠正措施
11	母材金属层状撕裂。  	母材包含非金属物。 母材金属不适合。	选择合适材料。
12	充分变形后，断在焊缝 焊接边界处未熔合  	冷插入（插入速度过慢、 减震太强、特殊的摩擦）	热插入。降低减震。
13	烧穿 	焊接熔池熔透母材。	增加母材厚度。 降低焊接能量（焊接时间）

表 A.6 短周期拉弧螺柱焊的不完整性和纠正措施

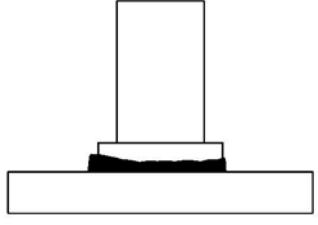
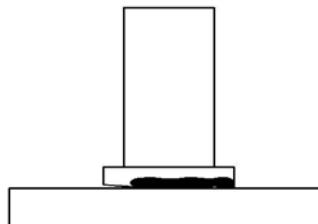
序号	外观	可能的原因	纠正措施
外观检验和宏观			
1	规则的焊环，无可见缺陷 	合格（正确参数）。	无
2	局部焊缝。 	焊接能量太小。 极性错误。	提高电流和/或时间 使用正确的极性。

表 A.6 (续)

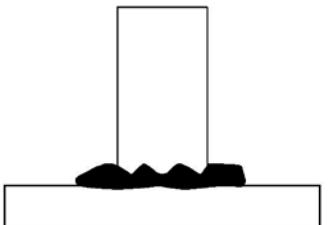
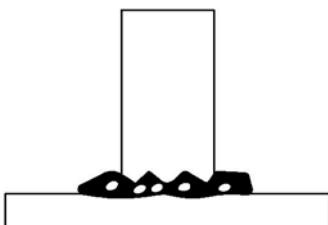
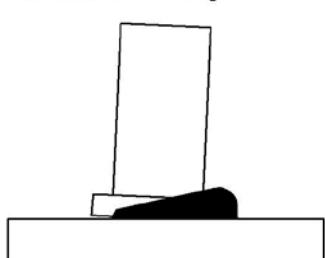
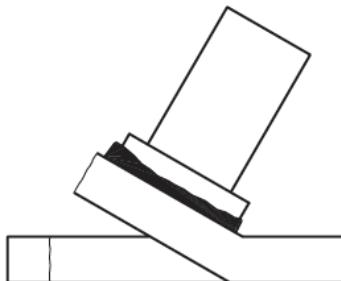
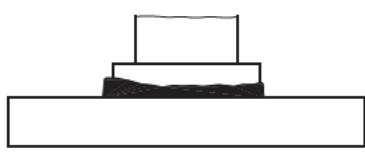
序号	外观	可能的原因	纠正措施
外观检验和宏观			
3	焊环很不规则 	焊接时间太长。	减少焊接时间。
4	表面气孔 	焊接时间太长。 电流太小。 熔池氧化。 表面脏。	减少焊接时间。 提高电流。 供给合适的保护气体。 清理表面
5	焊环偏斜, 带不合格的咬边 (见 12.6)。 	磁偏吹的影响。	见表 A.8。
断裂试验			
6	母材撕开。 	合格 (正确参数)。	无。
7	充分的变形后断裂在焊环上部。 	合格 (正确参数)。	无。

表 A.6 (续)

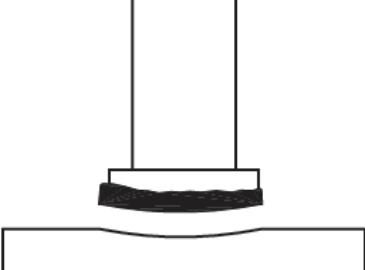
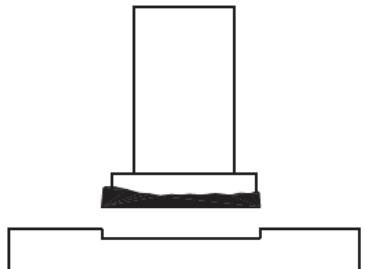
序号	外观	可能的原因	纠正措施
8	热影响区断裂。 	母材金属含碳量太高。 母材金属不适合。	检查母材金属。
9	熔深较小。 	热输入太低。 极性错误。	提高热输入。 使用正确的极性。

表 A.7 储能式尖端引弧螺柱焊和储能式拉弧螺柱焊的不完整性和纠正措施

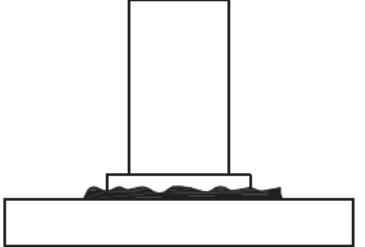
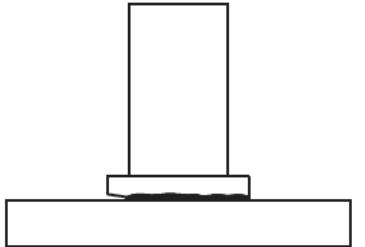
序号	通常外貌	可能的原因	纠正措施
外观检查			
1	焊环周围较小的熔滴溅落区，无外观缺陷。 	合格（正确参数）。	无。
2	凸缘与母材间有间隙。 	焊接能量太小。 插入速度太低。 母材支撑的不充分。	提高焊接能量。 使用正确的插入速度。 提供支撑。

表 A.7 (续)

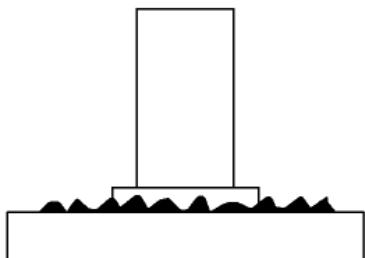
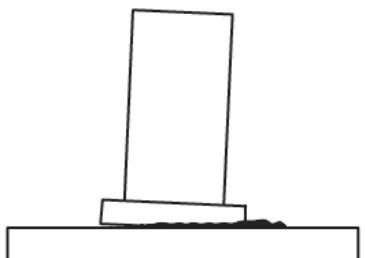
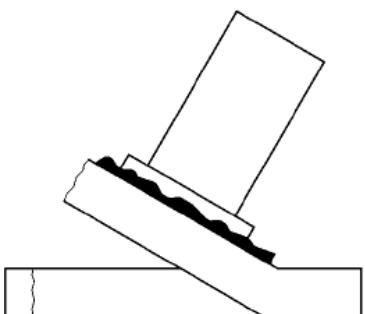
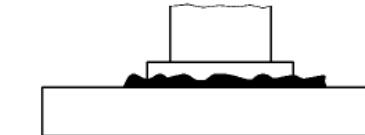
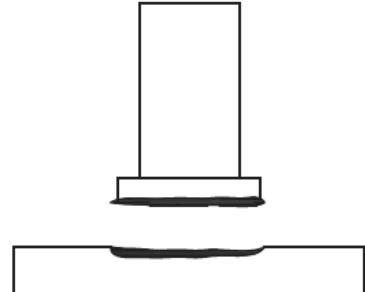
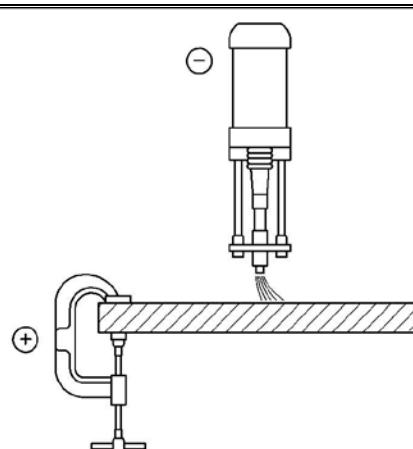
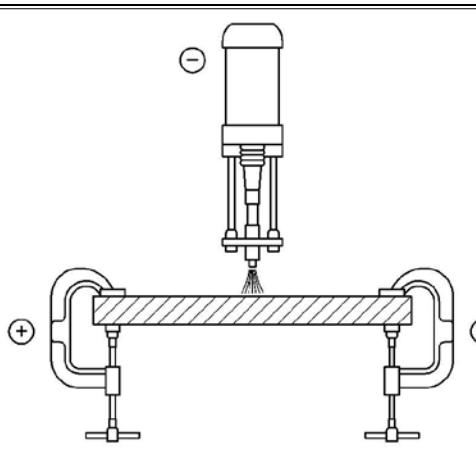
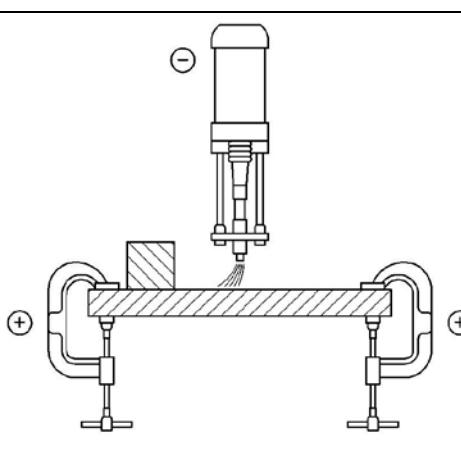
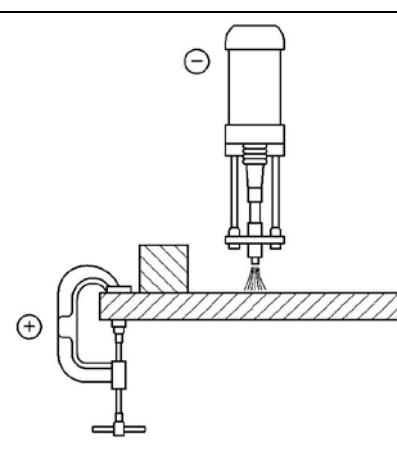
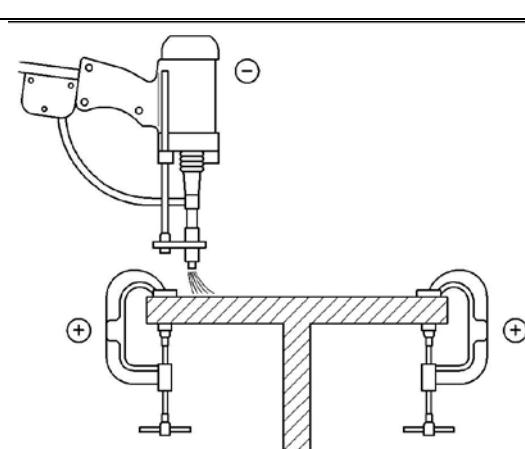
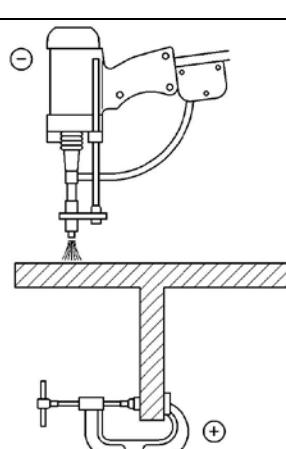
序号	通常外貌	可能的原因	纠正措施
3	相当大的熔滴溅落区。 	焊接能量太高和/或不充分的插入速度。	减少焊接能量。 提高插入速度。
4	焊环偏心，带咬边。 	磁偏吹的影响。	见表 A8。
断裂试验			
5	母材撕开。 	合格（正确参数）。	无。
6	焊环上部断裂。 	合格（正确参数）。	无。
7	焊缝断裂。 	焊接能量太低。 插入速度太低。 母材金属、螺柱不适合。	提高焊接能量。 提高插入速度。 更换母材金属或螺柱。

表 A.8 磁偏吹的影响和一些可能的矫正措施

序号	原因	矫正措施
A		
B		
C		

注 电弧磁偏吹是与电流强度成比例，并且对称添加的大量固定夹和添加的补偿质量的物体或（在使用附加焊接电缆焊枪的情况下）焊枪沿着垂轴的转向都影响电弧磁偏吹。它只使母材一边熔化，而且使焊缝中料中的气孔增加，但可以使用不同的方法降低。

A.2.7 带瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊

A.2.7.1.1 概述

焊接设备由电源、控制单元、可移动的工作夹具和焊接电缆组成。

A.2.7.1.2 电源

电源是供应直流电的整流器或变换器。它们应有适合暂载率的、较高的负载。最大的标准螺柱焊接使用最高电流强度大约 3000A，而效率为 3%~10%，这意味着更高的电流，系统相对比较轻便和紧凑，空载电压在 70V~100V 之间并符合 EN60974-1。

注 电流强度在整个范围可以无级调速，系统一元化恒流控制尤其有利。

A.2.7.1.3 控制单元

控制单元按照希望的到的焊接时间开关焊接电流。它们也控制焊枪的移动。电源和控制单元在大部分系统中已（紧凑系统）被整合。

A.2.7.1.4 移动工作夹具

移动工作夹具是手持焊枪或焊接机头。焊接机头更适合螺柱的自动供给，并与机架可靠地连接。

移动工作夹具由以下部分组成：

a) 驱动器，用于起弧提升螺柱和在燃弧期间保持提升高度的相关支持装置；

注 1 大部分是电磁的

b) 弹簧，使螺柱在焊接周期结束后插入焊接熔池的弹簧。

c) 固定装置，在一些焊枪上，为降低插入速度而安装的液压或减震；

注 2 特别在螺柱直径超过 14mm 时

d) 在焊接位置上夹持螺柱的夹紧装置并传递电流给螺柱；

e) 支撑装置，施加力的反作用力的缓冲支撑装置。

注 3 对于焊枪，支撑装置可以与陶瓷套圈对中或（例如作为止动装置或导板）允许螺柱被安置在工件上；

f) 在自动供给的焊接机头上，有一个供给容器和一个螺柱定位单元；

注 4 大部分是气动的

更换支撑装置的夹具和其它可能更换的部分可以使可移动工作夹具适用于不同的螺柱直径。

移动工作夹具是带有危险电压的电动工具，容易产生发热和电弧。所以应遵守适当的安全规章制度。

A.2.7.1.5 焊接电缆

焊接电缆应按照 ISO5828 采用并且为避免不允许的发热而应被定尺寸。一直到 12mm 直径的螺柱 50mm² 是推荐尺寸，电缆长度允许达到 20m，对于达到 20mm 直径的螺柱，推荐的截面积至少为 70mm²，电缆长度大约 20m，对于更大的螺柱或更长的电缆推荐截面积为 120 mm²。电缆特别是所有的连接点应定期进行安全检查，更换危险的、损坏的系统部件。

注 根据电源和焊接电缆长度，焊接电缆的截面选择应增加。

A.2.7.2 焊接参数

A.2.7.2.1 极性

当焊接钢材料时，螺柱接负极，工件接正极。相反的极性已经成功的证明适用其它特殊材料，如铝及其合金和黄铜。

A.2.7.2.2 焊接电流

根据螺柱直径，焊接电流大约在 300A 到 3000A 之间。对于非合金钢的带陶瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊，正确的电流可以根据两个公式（公式 A1 和公式 A2）估计出：

$$I \text{ (A)} = 80 \times d \text{ (mm)} \quad \text{——适用} \leq 16 \text{ mm 直径的螺柱; \quad (A1)}$$

$$I \text{ (A)} = 90 \times d \text{ (mm)} \quad \text{——适用} > 16 \text{ mm 直径的螺柱。 \quad (A2)}$$

通常，合金钢焊接电流大约减小 10%。

用于短周期拉弧螺柱焊的设备电流尽可能的大（600A~1500A，根据电源的大小）。通常，焊接能量随着焊接时间而变化。

A.2.7.2.3 电弧电压

电弧电压主要由提升高度和焊接电流决定。数值在 20V~40V 之间是标准的。与正常的状态比较，表面杂质如油或油脂会提高电弧电压而惰性气体会降低电弧电压。

A.2.7.2.4 焊接时间

对于带陶瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊，焊接时间可以根据两个公式（公式 A.3 和公式 A.4）估计出：

$$t_w \text{ (s)} = 0.02 \times d \text{ (mm)} \quad \text{——适用} \leq 12 \text{ mm 直径的螺柱; \quad (A3)}$$

$$t_w \text{ (s)} = 0.04 \times d \text{ (mm)} \quad \text{——适用} > 12 \text{ mm 直径的螺柱。 \quad (A4)}$$

所给出的值适用于 PA 焊接，按 ISO6947 标准的 PC 位置焊接，焊接时间应减少。在短周期螺柱焊的情况下，焊接时间小于 100ms。焊接时间不仅仅取决于螺柱直径也取决于焊接电流强度。

A.2.7.2.5 提升量

提升量大约在 1.5mm 到 7mm 之间并与螺柱直径成比例。在带有涂层的表面（破坏涂层焊接技术），提升量要比正常时的要大。大的提升量增加了电弧的长度和电压，并增加了电弧的磁偏差（磁偏吹）。

A.2.7.2.6 伸出量

一般来说，伸出量在 1mm 到 8mm 之间并与螺柱直径成比例。它也与要求的焊环、螺柱端部形状和（当使用陶瓷环焊接）套圈围起的面积有关。

A.2.7.2.7 插入速度

直径≤14mm 的螺柱插入速度大约在 200mm/s，为防止焊接飞溅，更大直径的螺柱为 100mm/s。在使用没有减震阀的移动工作夹具情况下，插入速度与伸长量成比例。

A.2.8 储能式尖端引弧螺柱焊和储能式拉弧螺柱焊焊接

A.2.8.1 焊接设备

A.2.8.1.1 概述

焊接设备由整和放电单元的电源、可移动的工作夹具和焊接电缆组成。

A.2.8.1.2 电源

电源整和了一个容量为 12mF 到 150mF 的电容器，电容器有的可以分级调节。放电电压高达 200V 左右，需要符合 EN60974-1 的安全切断装置。大多数电源可以无级调节。

储能式拉弧电源在焊接回路串连一个线圈来提供 $6\text{ms} \sim 10\text{ms}$ 的焊接时间。

每次焊接操作后电容器将放电产生一个期望的电压。焊接生产能力依靠放电速度，手工模式每小时大约可以 500 个螺柱，自动模式可以焊接 3500 个。

A.2.8.1.3 移动工作夹具

移动工作夹具是手持焊枪或焊接机头。焊接机头更适合螺柱的自动供给，并与机架可靠地连接。在拉弧方法中电弧由提升的螺柱产生。在尖端引弧方法中电磁驱动器使母材金属与螺柱间产生间隙，电弧由螺柱尖端的与工件间的接触点引燃。移动工作夹具的设计依靠引燃电弧所使用的方法是拉弧还是电容放电。移动工作夹具由以下部分组成：

- a) 驱动器，用于起弧提升螺柱和在燃弧期间保持提升高度的相关支持装置；
注 1 大部分是电磁的
- b) 弹簧，使螺柱在焊接周期结束后插入焊接熔池的弹簧。
- c) 固定装置，在焊接位置上夹持螺柱的夹紧装置并传递电流给螺柱；
- d) 支撑装置，施加力的反作用力的缓冲支撑装置。
注 2 对于焊枪，支撑装置可以与陶瓷套圈对中或（为止动装置或导板）允许螺柱被安置在工件上；
- e) 在自动供给的焊接机头上，有一个供给容器和一个螺柱定位单元（大部分是气动的）。

电磁驱动器在储能式拉弧螺柱焊移动工作夹具的运作中不是唯一的要素，用手拉紧的弹簧也可以使用，产生一个必要的电弧间隙。

更换支撑装置的夹具可以使可移动工作夹具适用于不同的螺柱直径。

移动工作夹具是带有危险电压的电动工具，容易产生发热和电弧。所以应遵守适当的安全规章制度。

A.2.8.1.4 焊接电缆

焊接电缆按 ISO5828 采用。

焊接电缆的截面积一般在 25mm^2 到 70 mm^2 。为了获得高峰值电流和较小的电压降电缆应尽可能的短。缠绕的电缆提高了感抗，降低了焊接电流，但焊接时间增加了。

A.2.8.2 焊接参数

A.2.8.2.1 极性

通常，螺柱接负极，工件接正极。铜和铝合金采用相反的极性更为有利。

A.2.8.2.2 焊接电流

最高的电流在 $1000A \sim 10000A$ 之间，与放电电压、电容容量和电缆的阻抗和感抗有关。

A.2.8.2.3 焊接时间

焊接时间不能直接选择，与储存的能量和焊接回路的电感有关， $1ms \sim 3ms$ （尖端引弧）或 $3ms \sim 10ms$ （拉弧）。由于良好的排气作用，带涂层表面焊接采用较长的焊接时间。

A.2.8.2.4 额定功率

电容容量和放电电压按公式（公式 A5）确定了额定功率：

$$W=0.5 \times C \times U^2。 \quad (A5)$$

功率随着焊接截面的增大而提高。

A.2.8.2.5 插入速度

一般来说，插入速度由弹簧和移动部件的质量确定。对于一些移动工作夹具，其弹簧弹力可以由操作者调节。插入速度在 $0.5m/s \sim 1.5/m$ （有时更大）之间。在尖端引弧方法中，插入速度直接由焊接时间和螺柱尖端长度共同确定。为了获得稳定的焊接质量，长期地保持插入速度在许可范围内是必要的。

附录 B (规范性)

螺柱焊质量要求

表 B.1 为螺柱焊质量要求。

表 B.1: 螺柱焊质量要求

螺柱焊质量要求 按 ISO3834-2, ISO3834-3, ISO3834-4	完整的质量要求 ISO3834-2	标准的质量要求 ISO3834-3	基本的质量要求 ISO3834-4
应用范围, 除非另有规定	用于承受动载	用于承受静载结构	不规定承载
焊接责任人员的专业知识	根据 6.2 要求基本的知识		6.2 不适用
质量记录	根据 14.6 的产品控制记录		14.6 不适用
WPS 评定方法	根据 10.2 的基于工艺试验或 根据 10.3 的基于预生产试验		根据 10.4 的 基于过去的经验
检测量具和试验设备校准	根据 14.8 的工艺	14.8 不适用	
生产中的控制	根据 14.2 的工作试件试验; 根据 14.3 的简化工作试件试验; 根据 14.5 的产品控制		按照 14.3 的简化工作试件 试验, 按照 14.5 的产品监 督控制

附录 C (规范性)

生产商焊接工艺规程格式 (WPS)

制造商工艺规程

编号:

制造商:

WPQR 编号:

母材:

母材厚度 (mm):

预热温度 (□):

保护气体和流量:

瓷环名称:

电源:

焊枪/机头:

考官或考试机构

编号:

螺柱焊方法:

母材的

清理方法和状态:

螺柱材料:

螺柱名称:

螺柱直径 (mm):

使用减震: 是 不是

焊接位置:

带陶瓷套圈或保护气体 的拉弧螺柱焊和短周期 拉弧螺柱焊	焊接电流 A	焊接时间 s	伸长量 mm	提升量 mm	备注

储能式尖端放电螺柱焊 或电容拉弧螺柱焊	间隙 mm	放电电压 V	电容容量 mF	弹簧弹力 N 或 插入速度 mm/s	备注

附加备注: _____

制造商:	考官或考试机构
(姓名、日期、签名)	(姓名、日期、签名)

附录 D (资料性)

焊接工艺评定报告格式 (WPQR) (用于带陶瓷套圈或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊)

焊接工艺评定—试验证书

制造商:

考官或考试机构:

地址:

规范/试验标准:

焊接时间:

生产商焊接工艺

编号: ..

操作工姓名:

认可范围

螺柱焊方法:

螺柱直径 (mm):

螺柱材料:

螺柱长度 (mm):

母材金属:

螺柱名称:

母材厚度 (mm):

适用于<100 适用于>100

瓷环名称:

使用减震: 是 不是

焊接位置:

电源:

预热温度 (°):

焊枪/机头:

保护气体和流量:

其他信息: ..

焊接电流 A	焊接时间 s	伸长量 mm	提升量 mm	备注

兹证明试验焊缝试件的准备、焊接和试验满足上述规范/试验标准的要求。

地点:

发布日期:

考官或考试机构:

(姓名、日期和签名)

生产商焊接工艺

考官或考试机构

编号:

编号:

适用于<100

适用于>100

缩写词:

uc	焊环不均匀
ic	焊环不完整
201-2x3	2 个直径 3mm 的气孔 (例子)
nf	无断裂
wf	断焊缝
sf	断螺柱
100	裂纹
400	未熔合
no	无缺陷
a	合格
na	不合格

注 代号 400 和 100 见 ISO6520-1

1) 外观检查

备注:

评估:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2) 弯曲试验

弯曲试验（适用于 $\leq 100\text{□}$ ）/扭矩扳手弯曲试验（适用于 $>100\text{□}$ 热传递）

3) 拉伸试验 (适用于 $\leq 100\text{ }\square$)

4) 射线检查 (适用于 $\leq 100\text{□}$, $d > 12\text{mm}$)

试样编号	缺欠类型	缺欠面积 mm ²	最大缺欠尺寸 mm	备注	评估

附录 E (资料性)

焊接工艺评定报告格式 (WPQR) (用于储能式尖端引弧螺柱焊和储能式拉弧螺柱焊)

焊接工艺评定—试验证书

制造商:

考官或考试机构:

地址:

规范/试验标准:

焊接时间:

生产商焊接工艺

编号:

操作工姓名:

认可范围

螺柱焊方法:

螺柱直径 (mm):

螺柱材料:

螺柱长度 (mm): ..

母材金属:

螺柱名称:

母材厚度 (mm):

焊接: 间隙焊 预接触

电源:

考官或考试机构:

焊枪/机头:

其他信息:

电容容量 mF	放电电压 V	间隙 mm	弹簧弹力 N 或插入速度 mm/s	备注

兹证明试验焊缝试件的准备、焊接和试验满足上述规范/试验标准的要求。

地点:

发布日期:

考官或考试机构:

(姓名、日期和签名)

制造商焊接工艺

编号:

考官或考试机构

编号:

缩写词:

us	不均匀飞溅
is	不完整飞溅圈
nf	无断裂
wf	断焊缝
sf	断螺柱
400-10	非焊缝断裂面积（例如 10%）
100	裂纹
400	未熔合
no	无缺陷
a	合格
na	不合格

注 代号 400 和 100 见 ISO6520-1。

1) 外观检查

备注: _____ 评估: _____

2) 弯曲试验

3) 拉伸试验

4) 附加试验

备注及附加步骤:

试验根据以下要求:

实验报告编号:

试验结果合格/不合格 (适当删除)

考官或考试机构:

试验见证:

(姓名、日期和签名)

附录 F (资料性)

试验结果—工作试件 (用于带陶瓷套圈或保护气体的拉弧螺柱焊和短周期拉弧螺柱焊)

制造商焊接工艺评定

制造商焊接工艺规程

编号:

编号:

焊接方法:

焊接地点:

项目编号:

车间/现场:

母材:

螺柱材料:

母材厚度 (mm):

螺柱直径 (mm):

试验焊接日期:

操作者:

带瓷环或保护气体的拉弧螺柱焊 和短周期拉弧螺柱焊	焊接电流 A	焊接时间 s	伸长量 mm	提升量 mm	备注

缩写词:

uc 焊环不均匀

ic 焊环不完整

201-2x3 2 个直径 3mm 的气孔 (示例)

nf 无断裂

wf 断焊缝

sf 断螺柱

400-1-100 非焊缝断裂面积 (例如 10%)

400 未熔合

no 无缺陷

a 合格

na 不合格

注 编号 400 和 100 见 ISO6520-1

1) 外观检查

备注:

.....

.....

.....

评估:

.....

.....

.....

2) 弯曲试验

弯曲试验 (适用于<100□) / 扭矩扳手弯曲试验 (适用于>100□)

试样编号	弯曲角度/弯距	断裂位置	备注	评估

3) 低倍金相检查

试样 编号:	图片 编号:	放大 倍数	结果	评估
	图片			

试样 编号:	图片 编号:	放大 倍数	结果	评估
	图片			

4) 附加试验

总体评估:

.....

.....

备注及附加步骤:

.....

.....

试验的见证者:

.....

.....

焊接责任人员: 检查人员或检验机构:

.....

地点: 日期:

.....

焊接责任人员签字: 考试机构签名:

附录 G (资料性)

试验结果—产品试验 (用于储能式尖端引弧螺柱焊和电容拉弧螺柱焊)

生产商焊接工艺评定

生产商焊接工艺规程

编号:

编号:

焊接工艺方法:

焊接地点:

项目编号:

车间/现场:

图号:

位置号:

母材:

螺柱材料:

母材厚度 (mm):

螺柱直径 (mm):

螺柱标识:

试验焊接日期:

操作者:

储能式尖端引弧螺柱焊和储能式拉弧螺柱焊	电容容量 mF	放电电压 V	间隙 mm	弹簧弹力 N 或插入速度 mm/s	备注

缩写词:

us 不均匀飞溅

is 不完整飞溅圈

nf 无断裂

wf 断焊缝

sf 断螺柱

400-10 非焊缝断裂面积 (例如 10%)

100 裂纹

400 未熔合

4) 附加试验

总体评估:

.....

.....

备注及附加步骤:

.....

.....

试验的见证者:

.....

.....

焊接责任人员: 检查人员或检验机构:

.....

地点: 日期:

.....

焊接责任人员签字: 考试机构签名:

附录 H (资料性)

产品控制记录

参考文献（略）

