



Cladding-Technology-Shanxi-Co.,-Ltd- CLADDING-ITP-020-Cladding- Composite-Pipe-ITP

ITP 检验与试验计划

项目	内容
文件编号	CLADDING-ITP-020
文件名称	复合管（衬管/复层）堆焊结合质量、金相与压力 试验检验与试验计划
Inspection and Test Plan for Bond Quality, Metallography and Pressure Test of Clad Pipe (Liner/Cladding Layer)	
版本	A/0
编制日期	2025 年
编制	质量管理部
审核	技术质量总监
批准	总经理



1 目的 Purpose

本检验与试验计划（ITP）旨在规范科雷丁技术（山西）有限公司复合管（衬管/复层）堆焊产品的检验与试验流程，确保衬管与复层之间的结合质量、金相组织及压力试验结果符合相关标准及客户要求。

This Inspection and Test Plan (ITP) is established to standardize the inspection and test procedures for clad pipe (liner/cladding layer) products of CLADDING-Technology-Shanxi-Co.,-Ltd, ensuring that the bond quality between liner and cladding layer, metallographic structure, and pressure test results comply with relevant standards and customer requirements.

2 适用范围 Scope

本 ITP 适用于公司采用 TIG 堆焊、MIG 堆焊及电弧增材制造工艺生产的复合管产品，包括：

This ITP applies to clad pipe products manufactured by the company using TIG cladding, MIG cladding, and wire arc additive manufacturing processes, including:

- 法兰堆焊复合管 Flanged clad pipes
- 管件堆焊复合管 Pipe fitting clad pipes
- 钢管堆焊复合管 Steel pipe clad pipes
- 轴套管堆焊复合管 Shaft sleeve clad pipes
- 模具堆焊修复复合管 Mold cladding repair clad pipes

3 职责 Responsibilities

部门/岗位	职责
生产部 Production Department	按工艺规程执行堆焊作业，记录工艺参数，配合检验工作
质量管理部 Quality Management Department	制定检验计划，组织实施各项检验与试验，出具检验报告
技术部 Technical Department	提供工艺技术支持，审核检验结果，处理不合格品
设备部 Equipment Department	确保检验设备、试验设备处于合格状态
总经理 General Manager	批准本 ITP，授权不合格品处置



4 检验与试验内容 Inspection and Test Items

4.1 结合质量检验 Bond Quality Inspection

4.1.1 外观检查 Visual Inspection

序号	检验项目	检验方法	检验标准	检验时机	检验比例	记录文件
1	复层表面质量	目视检查	表面无裂纹、气孔、夹渣、未熔合等缺陷	堆焊完成后	100%	外观检验记录表
2	复层厚度	超声波测厚仪	符合图纸及标准要求	堆焊完成后	100%	厚度检验记录表
3	复层与基体过渡区	目视检查	过渡平缓，无咬边、未熔合	堆焊完成后	100%	外观检验记录表

4.1.2 无损检测 Non-Destructive Testing

序号	检验项目	检验方法	检验标准	检验时机	检验比例	记录文件
4	复层表面缺陷	渗透检测 (PT)	GB/T 15822.1	堆焊完成后	100%	PT 检测报告
5	复层内部缺陷	超声波检测 (UT)	GB/T 11345	堆焊完成后	按标准要求	UT 检测报告
6	结合界面缺陷	超声波检测 (UT)	GB/T 11345	堆焊完成后	按标准要求	UT 检测报告
7	复层内部缺陷	射线检测 (RT)	GB/T 3323	必要时	按客户要求	RT 检测报告

4.1.3 结合强度检验 Bond Strength Test

序号	检验项目	检验方法	检验标准	检验时机	检验比例	记录文件
8	弯曲试验	180°弯曲试验	复层不开裂、不剥离	工艺评定/首件	按标准要求	弯曲试验报告



9	拉伸试验	横向拉伸	结合界面不断裂	工艺评定/首件	按标准要求	拉伸试验报告
10	剥离试验	锤击剥离	复层无剥离现象	工艺评定/首件	按标准要求	剥离试验报告

4.2 金相检验 Metallographic Inspection

序号	检验项目	检验方法	检验标准	检验时机	检验比例	记录文件
11	结合界面金相	金相显微镜观察	界面结合良好，无裂纹、未熔合	工艺评定/首件/定期	按标准要求	金相检验报告
12	稀释率测定	金相显微镜测量	符合工艺要求（TIG≤15%，MIG≤25%）	工艺评定/首件	按标准要求	金相检验报告
13	复层组织	金相显微镜观察	组织均匀，无异常组织	工艺评定/首件	按标准要求	金相检验报告
14	热影响区组织	金相显微镜观察	无异常粗晶、裂纹	工艺评定/首件	按标准要求	金相检验报告
15	复层厚度金相验证	金相显微镜测量	符合设计要求	工艺评定/首件	按标准要求	金相检验报告

4.3 压力试验 Pressure Test

序号	检验项目	检验方法	检验标准	检验时机	检验比例	记录文件
16	液压试验	水压试验	试验压力1.5倍工作压力，保压30min无渗漏	最终检验	100%	压力试验报告
17	气压试验	气压试验	试验压力1.15倍工作压力，保压30min无渗	必要时	按客户要求	压力试验报告



			漏			
18	气密性试验	氦质谱检漏	泄漏率 $\leq 1 \times 10^{-6}$ $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	必要时	按客户要求	气密性试验 报告

5 检验与试验程序 Inspection and Test Procedure

5.1 结合质量检验程序

外观检查 Visual Inspection

堆焊作业完成后，检验人员使用目视及辅助工具对复层表面进行全面检查。检查内容包括复层表面是否存在裂纹、气孔、夹渣、未熔合、咬边等缺陷，复层厚度是否均匀，复层与基体过渡区是否平缓。使用超声波测厚仪对复层厚度进行测量，测量点不少于设计要求的布点数量，记录各测点厚度值。

无损检测 Non-Destructive Testing

渗透检测（PT）：按照 GB/T 15822.1 标准执行，对复层表面进行 100% 渗透检测，检测复层表面开口缺陷。检测前对表面进行预处理，确保表面清洁、干燥。

超声波检测（UT）：按照 GB/T 11345 标准执行，对复层内部及结合界面进行超声波检测。检测前根据复层厚度选择合适的探头频率和检测灵敏度。检测结合界面时，采用专用试块校准灵敏度，确保能够检出界面未熔合、裂纹等缺陷。

射线检测（RT）：按照 GB/T 3323 标准执行，根据客户要求射线检测。检测复层内部气孔、夹渣等体积型缺陷。

结合强度检验 Bond Strength Test

弯曲试验：从堆焊试板上截取试样，进行 180° 弯曲试验。弯曲后检查复层表面及结合界面，复层不得出现裂纹、剥离现象。

拉伸试验：从堆焊试板上截取横向拉伸试样，在万能试验机上进行拉伸试验。试样断裂位置应位于基体侧，结合界面不得断裂。

剥离试验：使用专用工具对复层进行锤击剥离试验，检查复层与基体的结合情况，复层不得出现剥离现象。

5.2 金相检验程序

试样制备 Specimen Preparation



从堆焊试板或产品上截取金相试样，试样截面应包含复层、结合界面、热影响区和基体。试样经镶嵌、磨制、抛光后，使用适当腐蚀剂进行腐蚀，使组织清晰可见。

金相观察 Metallographic Observation

使用金相显微镜对试样进行观察，放大倍数一般为 100×和 500×。观察内容包括：

- 结合界面：检查界面结合是否良好，是否存在裂纹、未熔合、孔洞等缺陷
- 稀释率：测量稀释区宽度与复层厚度的比值，计算稀释率
- 复层组织：观察复层组织是否均匀，是否存在异常组织
- 热影响区：观察热影响区组织，检查是否存在异常粗晶、裂纹

金相分析结果评定

根据金相观察结果，对照相关标准及技术要求进行评定。结合界面应结合良好，无裂纹、未熔合等缺陷；稀释率应符合工艺要求（TIG 堆焊≤15%，MIG 堆焊≤25%）；复层组织应均匀，无异常组织；热影响区无异常粗晶、裂纹。

5.3 压力试验程序

液压试验 Hydrostatic Test

将复合管产品安装在专用试验台上，连接试验管路。缓慢充水排气，当排气完毕后，以不超过 0.5MPa/min 的速率升压至试验压力。试验压力为工作压力的 1.5 倍，保压 30 分钟。保压期间检查产品各部位是否有渗漏、变形现象。保压结束后，缓慢降压至工作压力，再次检查是否有渗漏。试验合格后，排空试验用水，干燥处理。

气压试验 Pneumatic Test

当产品不适合进行液压试验时，可采用气压试验。试验压力为工作压力的 1.15 倍，保压 30 分钟。试验时应在产品周围设置安全屏障，试验人员远离试验区域。保压期间检查产品各部位是否有渗漏。

气密性试验 Leak Test

对有特殊气密性要求的产品，采用氦质谱检漏仪进行气密性试验。将产品抽真空后，向产品内部充入氦气，使用检漏仪检测产品各部位是否有氦气泄漏。泄漏率应 $\leq 1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

6 检验记录与报告 Inspection Records and Reports

序号	记录/报告名称	编号	保存期限
1	外观检验记录表	CLADDING-REC-020-01	产品寿命期+10 年
2	厚度检验记录表	CLADDING-REC-020-	产品寿命期+10 年



		02	
3	PT 检测报告	CLADDING-REC-020-03	产品寿命期+10 年
4	UT 检测报告	CLADDING-REC-020-04	产品寿命期+10 年
5	RT 检测报告	CLADDING-REC-020-05	产品寿命期+10 年
6	弯曲试验报告	CLADDING-REC-020-06	产品寿命期+10 年
7	拉伸试验报告	CLADDING-REC-020-07	产品寿命期+10 年
8	剥离试验报告	CLADDING-REC-020-08	产品寿命期+10 年
9	金相检验报告	CLADDING-REC-020-09	产品寿命期+10 年
10	压力试验报告	CLADDING-REC-020-10	产品寿命期+10 年
11	气密性试验报告	CLADDING-REC-020-11	产品寿命期+10 年

7 不合格品处理 Nonconforming Product Disposition

检验与试验过程中发现的不合格品，按以下程序处理：

Nonconforming products found during inspection and testing shall be handled according to the following procedures:

- 标识隔离 Identification and Segregation:** 检验人员发现不合格品后，立即进行标识并隔离存放，防止误用。
- 不合格评审 Nonconformance Review:** 由技术部、质量管理部组织不合格评审，确定不合格的性质、程度及处置方案。
- 处置方式 Disposition Methods:**
 - 返工 Rework: 对可返工的不合格品，制定返工方案，返工后重新检验
 - 返修 Repair: 对可返修的不合格品，制定返修方案，返修后重新检验
 - 让步接收 Concession: 经客户同意后，可让步接收
 - 报废 Scrap: 无法返工、返修的不合格品，予以报废



4. **记录保存 Record Keeping:** 不合格品评审及处置全过程应形成记录，纳入产品档案。

8 监督考核 Supervision and Assessment

考核项目	考核标准	考核周期	考核部门
检验计划执行率	100%按计划执行	月度	质量管理部
检验记录完整性	记录完整、准确、及时	月度	质量管理部
不合格品处理及时率	100%及时处理	月度	质量管理部
检验设备完好率	≥98%	季度	设备部
客户投诉率	0次	年度	质量管理部

9 附则 Supplementary Provisions

5. 本 ITP 由质量管理部负责解释和修订。
6. 本 ITP 自批准之日起实施。
7. 本 ITP 修订时，由质量管理部提出修订申请，经技术质量总监审核、总经理批准后实施。
8. 本 ITP 与相关标准、规范不一致时，以要求较高者为准。
9. 本 ITP 适用于科雷丁技术（山西）有限公司所有复合管（衬管/复层）堆焊产品。

文件修订记录 Revision History
版本 Version
A/0

文件控制信息 Document Control Information

项目	内容
文件编号 Document No.	CLADDING-ITP-020
文件名称 Document Title	复合管（衬管/复层）堆焊结合质量、金相与压力 试验检验与试验计划
受控状态 Control Status	受控文件 Controlled Document
分发范围 Distribution	质量管理部、生产部、技术部、设备部
密级 Confidentiality Level	内部 Internal

