



Cladding-Technology-Shanxi-Co.,-Ltd- CLADDING-MPS-007-Cladding-Pipe- Fitting-MPS

科雷丁技术（山西）有限公司

Cladding-Technology-Shanxi-Co.,-Ltd

文件编号	CLADDING-MPS-007
文件名称	堆焊管接头焊接、堆焊层无损检测与尺寸检验工艺规程
Document Title	Welding, Non-Destructive Testing and Dimensional Inspection Process for Cladded Pipe Joints
版本	A/0
生效日期	2024-01-01

1. 目的 Purpose

本工艺规程规定了科雷丁技术（山西）有限公司在增材制造与精密堆焊业务中，针对法兰堆焊、管件堆焊、钢管堆焊、轴套管堆焊等管接头类产品的焊接工艺要求、堆焊层无损检测方法 & 尺寸检验标准，确保堆焊产品质量满足设计图纸、技术协议及国家相关标准要求。



This process specification defines the welding process requirements, non-destructive testing methods and dimensional inspection standards for flange cladding, pipe fitting cladding, steel pipe cladding, shaft sleeve cladding and other pipe joint products in the additive manufacturing and precision cladding business of Cladding-Technology-Shanxi-Co.,-Ltd, to ensure that the cladding product quality meets the requirements of design drawings, technical agreements and relevant national standards.

2. 适用范围 Scope

本工艺规程适用于公司使用 TIG 堆焊、MIG 堆焊及电弧增材制造工艺对以下产品进行的堆焊作业及后续检测：

This process specification applies to the cladding operations and subsequent inspections of the following products using TIG cladding, MIG cladding and arc additive manufacturing processes:

- 法兰堆焊（Flange Cladding）
- 管件堆焊（Pipe Fitting Cladding）
- 钢管堆焊（Steel Pipe Cladding）
- 轴套管堆焊（Shaft Sleeve Cladding）
- 模具堆焊修复（Mold Cladding Repair）
- 其他管接头类增材制造产品（Other Pipe Joint Additive Manufacturing Products）

3. 职责 Responsibilities

部门/岗位	职责内容
技术部 Technical Department	编制与修订本工艺规程；制定焊接工艺参数；审核焊接工艺评定报告
生产部 Production Department	执行本工艺规程；操作焊接设备；记录生产数据
质量部 Quality Department	执行无损检测与尺寸检验；出具检测报告；判定产品质量
设备部 Equipment Department	维护焊接设备与检测设备；确保设备状态满足工艺要求
焊接操作人员 Welding Operators	按工艺规程进行堆焊作业；填写焊接记录
无损检测人员 NDT Personnel	按本规程要求进行射线、超声、磁粉、渗透检测



4. 管理内容与程序 Management Content and Procedures

4.1 焊接前准备 Pre-Welding Preparation

4.1.1 母材与焊材管理 Base Material and Welding Consumables Management

堆焊前应对母材进行确认，核对材质证书，确保母材牌号、规格符合图纸要求。焊材应按牌号、规格分类存放，焊条、焊丝使用前应按规定进行烘干处理。

Before cladding, the base material shall be confirmed by checking the material certificate to ensure that the grade and specification meet the drawing requirements. Welding consumables shall be stored by grade and specification. Welding rods and wires shall be dried according to regulations before use.

焊材类型	烘干温度	保温时间	存放要求
低氢型焊条	300-350℃	1-2 小时	保温筒存放，随用随取
不锈钢焊丝	150℃	1 小时	密封包装，防潮
镍基合金焊丝	150℃	1 小时	密封包装，防潮

4.1.2 坡口制备与清理 Groove Preparation and Cleaning

管接头堆焊前应根据堆焊层厚度要求制备坡口。坡口形式包括 V 型坡口、U 型坡口或 I 型坡口，具体形式以焊接工艺评定为准。坡口及两侧 20mm 范围内应清除油污、铁锈、氧化皮等杂质，露出金属光泽。

Before cladding pipe joints, the groove shall be prepared according to the required cladding layer thickness. Groove types include V-groove, U-groove or I-groove, and the specific type shall be determined by the welding procedure qualification. Oil, rust, oxide scale and other impurities within 20mm on both sides of the groove shall be removed to expose the metallic luster.

4.1.3 设备检查 Equipment Inspection

堆焊作业前应对 TIG 焊机、MIG 焊机、电弧增材制造设备进行检查，确认设备运行正常，参数设置功能完好。检查内容包括：

Before cladding operations, TIG welding machines, MIG welding machines and arc additive manufacturing equipment shall be inspected to confirm normal operation and proper parameter setting functions. Inspection items include:

- 电源输出稳定性（Power Output Stability）
- 送丝机构运行状态（Wire Feeding Mechanism Status）
- 气体流量控制精度（Gas Flow Control Accuracy）



- 冷却系统工作状态（Cooling Status）
- 焊接参数显示准确性（Welding Parameter Display Accuracy）

4.2 堆焊工艺参数 Cladding Process Parameters

4.2.1 TIG 堆焊工艺参数 TIG Cladding Process Parameters

TIG 堆焊适用于低稀释率、精密成型要求的堆焊层，主要用于法兰密封面堆焊、精密管件堆焊等场合。

TIG cladding is suitable for cladding layers requiring low dilution rate and precision forming, mainly used for flange sealing surface cladding, precision pipe fitting cladding and other occasions.

参数项目	推荐范围	说明
焊接电流	80-160A	根据堆焊层厚度调整
电弧电压	12-18V	保持电弧稳定
焊接速度	50-150mm/min	保证成型美观
保护气体	Ar 或 Ar+He	流量 8-12L/min
钨极直径	φ2.4-φ4.0mm	根据电流选择
焊丝直径	φ1.6-φ3.2mm	根据堆焊层厚度选择

4.2.2 MIG 堆焊工艺参数 MIG Cladding Process Parameters

MIG 堆焊适用于高效熔敷、自动化适配要求的堆焊层，主要用于钢管大面积堆焊、轴套管堆焊等场合。

MIG cladding is suitable for cladding layers requiring high deposition efficiency and automation adaptation, mainly used for large-area steel pipe cladding, shaft sleeve cladding and other occasions.

参数项目	推荐范围	说明
焊接电流	180-350A	根据焊丝直径调整
电弧电压	22-32V	保持短路过渡稳定
焊接速度	200-500mm/min	根据生产效率调整
保护气体	Ar+CO ₂ 或 Ar+He	流量 15-25L/min
焊丝直径	φ1.2-φ2.4mm	根据熔敷效率选择
干伸长	10-15mm	保持送丝稳定



4.2.3 层间温度控制 Interpass Temperature Control

堆焊多层多道时，应严格控制层间温度。不锈钢堆焊层间温度不超过 150℃，镍基合金堆焊层间温度不超过 100℃，碳钢堆焊层间温度不超过 250℃。层间温度过高时应采用自然冷却或压缩空气冷却方式降温。

When cladding multiple layers and passes, the interpass temperature shall be strictly controlled. The interpass temperature for stainless steel cladding shall not exceed 150℃, for nickel-based alloy cladding shall not exceed 100℃, and for carbon steel cladding shall not exceed 250℃. When the interpass temperature is too high, natural cooling or compressed air cooling shall be used.

4.3 堆焊层无损检测 Non-Destructive Testing of Cladding Layer

4.3.1 检测方法选择 Selection of NDT Methods

根据堆焊层材料特性、缺陷类型及检测要求，选择合适的无损检测方法：

According to the material characteristics of the cladding layer, defect types and inspection requirements, select appropriate NDT methods:

检测方法	适用场景	检测标准
射线检测 RT	堆焊层内部缺陷检测	NB/T 47013.2
超声检测 UT	堆焊层与母材结合面检测	NB/T 47013.3
磁粉检测 MT	铁磁性材料表面及近表面缺陷	NB/T 47013.4
渗透检测 PT	非铁磁性材料表面开口缺陷	NB/T 47013.5

4.3.2 射线检测 RT 要求 Radiographic Testing Requirements

堆焊层射线检测应在堆焊完成后 24 小时进行，以消除焊接应力对检测结果的影响。检测比例根据产品重要程度确定：

Radiographic testing of the cladding layer shall be carried out 24 hours after cladding to eliminate the influence of welding stress on inspection results. The inspection ratio shall be determined according to the importance of the product:

- 关键产品（Critical Products）：100%检测
- 重要产品（Important Products）：不低于 25%抽检
- 一般产品（General Products）：不低于 10%抽检

射线检测合格级别：

Acceptance level for radiographic testing:



缺陷类型	合格标准
气孔	单个气孔直径 $\leq 3\text{mm}$ ，密集气孔不超过规定数量
夹渣	长度 $\leq 8\text{mm}$ ，深度 $\leq 3\text{mm}$
未熔合	不允许
裂纹	不允许

4.3.3 超声检测 UT 要求 Ultrasonic Testing Requirements

堆焊层与母材结合面应采用超声检测，检测灵敏度不低于 $\Phi 2\text{mm}$ 平底孔当量。结合面未熔合缺陷长度超过 10mm 或深度超过堆焊层厚度的 10%时判为不合格。

The bonding surface between the cladding layer and base material shall be inspected by ultrasonic testing, with sensitivity not less than $\Phi 2\text{mm}$ flat-bottom hole equivalent. Bonding surface lack of fusion defects with length exceeding 10mm or depth exceeding 10% of the cladding layer thickness shall be judged as unacceptable.

4.3.4 表面检测要求 Surface Testing Requirements

堆焊层表面应进行 100%磁粉检测或渗透检测，检测灵敏度按标准规定执行。表面裂纹、未熔合、咬边等缺陷不允许存在。

The cladding layer surface shall undergo 100% magnetic particle testing or penetrant testing, with sensitivity executed according to standard regulations. Surface cracks, lack of fusion, undercut and other defects are not allowed.

4.4 尺寸检验 Dimensional Inspection

4.4.1 检验项目 Inspection Items

堆焊完成后应对以下尺寸项目进行检查：

After cladding, the following dimensional items shall be inspected:

检验项目	检验方法	允许偏差
堆焊层厚度	超声波测厚仪	$\pm 0.5\text{mm}$
堆焊层宽度	卡尺测量	$\pm 1.0\text{mm}$
堆焊层高度	高度规测量	$\pm 0.5\text{mm}$
圆度	三坐标测量仪	$\pm 0.3\text{mm}$
直线度	水平仪或三坐标	$\pm 0.5\text{mm/m}$



表面粗糙度	粗糙度仪	Ra≤6.3μm
硬度值	洛氏硬度计	按图纸要求

4.4.2 检验比例 Inspection Ratio

产品类别	检验比例
法兰堆焊	100%检验
管件堆焊	100%检验
钢管堆焊	每批抽检不少于 3 件
轴套管堆焊	100%检验
模具堆焊修复	100%检验

4.4.3 检验记录 Inspection Records

尺寸检验结果应填写在《堆焊产品尺寸检验记录表》中，记录内容包括：

Dimensional inspection results shall be recorded in the "Cladding Product Dimensional Inspection Record Form", including:

- 产品名称与规格（Product Name and Specification）
- 图号与批次号（Drawing Number and Batch Number）
- 检验日期与检验人员（Inspection Date and Inspector）
- 各尺寸项目实测值（Measured Values of Each Dimensional Item）
- 合格判定结果（Acceptance Judgment Result）

4.5 不合格品处理 Nonconforming Product Handling

4.5.1 不合格品标识 Identification of Nonconforming Products

经无损检测或尺寸检验判定为不合格的产品，应立即进行标识隔离，防止误用。标识内容包括：

Products judged as nonconforming after NDT or dimensional inspection shall be immediately identified and isolated to prevent misuse. Identification content includes:

- 不合格原因（Reason for Nonconformance）
- 发现日期（Date of Discovery）
- 检验人员（Inspector）
- 处理状态（Handling Status）



4.5.2 返修要求 Repair Requirements

堆焊层不合格品的返修应按以下要求进行：

Repair of nonconforming cladding products shall be carried out according to the following requirements:

- 返修前应制定返修方案，经技术部审批后执行
- 返修区域应清除至合格母材，坡口清理同 4.1.2 要求
- 返修焊接参数同 4.2 规定
- 返修后应重新进行无损检测与尺寸检验
- 同一部位返修次数不超过 2 次

Before repair, a repair plan shall be formulated and executed after approval by the Technical Department. The repair area shall be removed to qualified base material, and groove cleaning shall meet the requirements of 4.1.2. Repair welding parameters shall comply with 4.2. After repair, NDT and dimensional inspection shall be re-performed. The number of repairs at the same location shall not exceed 2 times.

5. 监督考核 Supervision and Assessment

5.1 工艺纪律检查 Process Discipline Inspection

质量部每月对堆焊作业现场进行工艺纪律检查，检查内容包括：

The Quality Department shall conduct monthly process discipline inspections at the cladding operation site, including:

- 焊接参数执行符合性（Compliance of Welding Parameter Execution）
- 焊材使用规范性（Standardization of Welding Consumable Usage）
- 层间温度控制情况（Interpass Temperature Control Status）
- 检验记录完整性（Completeness of Inspection Records）

5.2 人员资质管理 Personnel Qualification Management

岗位	资质要求	复审周期
TIG 堆焊操作人员	特种设备焊接操作人员证 (TIG)	4 年
MIG 堆焊操作人员	特种设备焊接操作人员证 (MIG)	4 年
射线检测人员	RT 二级以上资格	5 年



超声检测人员	UT 二级以上资格	5 年
磁粉检测人员	MT 二级以上资格	5 年
渗透检测人员	PT 二级以上资格	5 年

5.3 设备校准管理 Equipment Calibration Management

设备名称	校准周期	校准机构
焊接电源	12 个月	法定计量机构
超声波测厚仪	12 个月	法定计量机构
三坐标测量仪	12 个月	法定计量机构
硬度计	12 个月	法定计量机构
粗糙度仪	12 个月	法定计量机构

6. 附则 Supplementary Provisions

6.1 相关文件 Related Documents

- CLADDING-WPQR-001 焊接工艺评定报告 Welding Procedure Qualification Report
- CLADDING-WPS-001 焊接工艺规程 Welding Procedure Specification
- CLADDING-QC-003 无损检测作业指导书 NDT Work Instruction
- CLADDING-QC-004 尺寸检验作业指导书 Dimensional Inspection Work Instruction

6.2 记录表单 Record Forms

- CLADDING-FM-007-01 堆焊产品焊接记录表 Cladding Product Welding Record Form
- CLADDING-FM-007-02 堆焊层无损检测报告 NDT Report for Cladding Layer
- CLADDING-FM-007-03 堆焊产品尺寸检验记录表 Cladding Product Dimensional Inspection Record Form
- CLADDING-FM-007-04 不合格品返修记录表 Nonconforming Product Repair Record Form

6.3 修订记录 Revision History

版本	修订日期	修订内容	修订人
A/0	2024-01-01	首次发布	技术部



编制 **Prepared by:** 技术部 Technical Department

审核 **Reviewed by:** 质量部 Quality Department

批准 **Approved by:** 总经理 General Manager

生效日期 **Effective Date:** 2024-01-01