



Cladding-Technology-Shanxi-Co.,-Ltd- CLADDING-MPS-003-Cladding-Tee-MPS

CLADDING-MPS-003 堆焊三通分支成形、堆焊层控制与检验工艺规范

CLADDING-MPS-003 Process Specification for Branch Forming, Cladding Layer Control and Inspection of Cladded Tees

文件编号 Document No.: CLADDING-MPS-003

版本号 Revision: A/0

发布日期 Issue Date: 2025 年 1 月

生效日期 Effective Date: 2025 年 2 月 1 日

编制 Prepared by	审核 Reviewed by	批准 Approved by
工艺技术部	质量管理部	总经理
Technology Department	Quality Management Department	General Manager



1 目的 Purpose

1.1 目的

本规范旨在明确科雷丁技术（山西）有限公司在增材制造与精密堆焊业务中，针对三通管件分支成形、堆焊层控制及检验的标准化工艺要求，确保法兰堆焊、管件堆焊、钢管堆焊、轴套管堆焊及模具堆焊修复等产品的制造质量符合客户技术要求与相关行业标准。

1.2 Purpose

This specification aims to clarify the standardized process requirements for branch forming of tee fittings, cladding layer control, and inspection in the additive manufacturing and precision cladding operations of CLADDING-Technology-Shanxi-Co.,Ltd, ensuring that the manufacturing quality of products including flange cladding, pipe fitting cladding, steel pipe cladding, shaft sleeve cladding, and mold cladding repair meets customer technical requirements and relevant industry standards.

2 适用范围 Scope of Application

2.1 适用范围

本规范适用于公司以下产品与服务的工艺控制：

- 三通管件分支成形堆焊工艺（TIG/MIG）
- 法兰堆焊、管件堆焊、钢管堆焊的堆焊层控制
- 轴套管堆焊修复的层间质量控制
- 模具堆焊修复的表面成形与检验
- 基于电弧增材制造的梯度材料制备

2.2 Scope of Application

This specification applies to the process control of the following products and services of the company:

- Branch forming cladding process for tee fittings (TIG/MIG)
- Cladding layer control for flange cladding, pipe fitting cladding, and steel pipe cladding
- Interpass quality control for shaft sleeve cladding repair
- Surface forming and inspection for mold cladding repair



- Gradient material preparation based on arc additive manufacturing

3 职责 Responsibilities

3.1 工艺技术部 Technology Department

- 编制与修订本工艺规范
- 制定堆焊三通分支成形的工艺参数
- 确定 TIG/MIG 堆焊的焊接电流、电压、速度等关键参数
- 编制工艺文件并指导生产实施

3.2 生产部 Production Department

- 严格按照本规范执行堆焊作业
- 控制堆焊层厚度、稀释率及成形质量
- 记录工艺参数与生产数据
- 配合质量检验工作

3.3 质量管理部 Quality Management Department

- 监督本规范的执行情况
- 组织堆焊层金相检验、无损检测
- 审核检验记录与质量报告
- 处理不合格品并跟踪纠正措施

3.4 设备管理部 Equipment Management Department

- 确保 TIG/MIG 堆焊设备处于良好状态
- 定期校验焊接电源、送丝机构、冷却系统
- 维护增材制造设备的精度与稳定性



4 管理内容与程序 Management Content and Procedures

4.1 三通分支成形工艺规范 Branch Forming Process Specification for Tees

4.1.1 母材准备 Base Material Preparation

三通管件分支成形前，应对母材进行以下准备：

项目 Item	要求 Requirement
母材材质 Base material	按客户图纸或技术协议确定，常用材质包括碳钢、低合金钢、不锈钢
表面清理 Surface cleaning	去除油污、氧化皮、锈蚀，清理范围不小于焊缝两侧各 20mm
坡口加工 Groove preparation	分支连接处采用 V 型或 U 型坡口，角度 $60^{\circ}\pm 5^{\circ}$ ，钝边 1-2mm
预热 Preheating	碳钢母材预热至 100-150℃，低合金钢预热至 150-200℃

4.1.2 分支成形堆焊工艺参数 Branch Forming Cladding Process Parameters

TIG 堆焊工艺参数（适用于精密成形、低稀释率要求）：

参数 Parameter	推荐值 Recommended Value	备注 Notes
焊接电流 Welding current	120-180A	根据母材厚度调整
电弧电压 Arc voltage	10-14V	保持电弧稳定
焊接速度 Welding speed	30-60mm/min	控制稀释率<15%
送丝速度 Wire feeding speed	200-400mm/min	与焊接速度匹配
保护气体 Shielding gas	Ar 99.99%	流量 8-12L/min
焊丝直径 Wire diameter	φ3.2mm	根据堆焊层厚度选择

MIG 堆焊工艺参数（适用于高效熔敷、自动化作业）：

参数 Parameter	推荐值 Recommended Value	备注 Notes
--------------	-----------------------	----------



焊接电流 Welding current	200-320A	根据熔敷效率调整
电弧电压 Arc voltage	22-28V	保持熔池稳定
焊接速度 Welding speed	80-150mm/min	保证成形美观
送丝速度 Wire feeding speed	400-700mm/min	与电流匹配
保护气体 Shielding gas	Ar+CO ₂ （80%+20%）	流量 12-18L/min
焊丝直径 Wire diameter	φ1.2mm	自动化送丝

4.1.3 分支成形层数控制 Layer Control for Branch Forming

三通分支成形堆焊应分层进行，具体控制要求如下：

层数 Layer	层厚 Layer thickness	层间温度 Interpass temperature	检验要求 Inspection requirement
打底层 Root layer	2-3mm	150-250℃	外观检查、渗透检测
中间层 Intermediate layer	3-4mm	150-250℃	外观检查
盖面层 Cap layer	2-3mm	150-250℃	外观检查、尺寸测量

4.2 堆焊层控制工艺规范 Cladding Layer Control Process Specification

4.2.1 堆焊层厚度控制 Cladding Layer Thickness Control

针对不同产品，堆焊层厚度控制要求如下：

产品类型 Product type	单层厚度 Single layer thickness	总厚度控制 Total thickness control	允许偏差 Allowable deviation
法兰堆焊 Flange cladding	2-4mm	按图纸要求	±0.5mm
管件堆焊 Pipe fitting cladding	2-3mm	按图纸要求	±0.5mm
钢管堆焊 Steel pipe cladding	3-5mm	按图纸要求	±1.0mm
轴套管堆焊 Shaft sleeve	2-3mm	按图纸要求	±0.3mm



cladding			
模具堆焊修复 Mold cladding repair	2-4mm	按修复量确定	±0.5mm

4.2.2 稀释率控制 Dilution Rate Control

稀释率是堆焊质量的关键指标，控制要求如下：

堆焊工艺 Cladding process	稀释率控制要求 Dilution rate requirement	控制措施 Control measures
TIG 堆焊	≤15%	采用小电流、慢速度、短弧焊接
MIG 堆焊	≤25%	优化电流电压匹配，控制熔池大小
电弧增材制造	≤20%	采用近净成形工艺，优化路径规划

4.2.3 层间温度控制 Interpass Temperature Control

层间温度直接影响堆焊层组织性能，控制要求如下：

母材材质 Base material	层间温度上限 Maximum interpass temperature	测量方法 Measurement method
碳钢 Carbon steel	≤250℃	红外测温仪
低合金钢 Low alloy steel	≤250℃	红外测温仪
不锈钢 Stainless steel	≤150℃	红外测温仪
双相钢 Duplex steel	≤100℃	红外测温仪

4.2.4 堆焊层成形质量控制 Cladding Layer Forming Quality Control

堆焊层成形质量应符合以下要求：

- 焊缝表面平整，无咬边、气孔、夹渣、裂纹等缺陷
- 焊缝与母材过渡圆滑，无未熔合现象
- 焊缝宽度均匀，波纹整齐



- 堆焊层厚度均匀，无局部过厚或过薄
- 增材制造成形件尺寸精度符合图纸要求

4.3 检验工艺规范 Inspection Process Specification

4.3.1 外观检验 Visual Inspection

外观检验应在堆焊完成后立即进行，检验要求如下：

检验项目 Inspection item	合格标准 Acceptance criteria	检验方法 Inspection method
焊缝表面 Surface	无裂纹、气孔、夹渣、咬边	目视检查
焊缝尺寸 Dimensions	符合图纸要求	量具测量
焊缝成形 Forming	波纹整齐，过渡圆滑	目视检查
表面粗糙度 Surface roughness	$Ra \leq 6.3\mu m$ （一般要求）	粗糙度仪

4.3.2 无损检测 Non-Destructive Testing

根据产品要求，进行以下无损检测：

检测方法 NDT method	适用范围 Application	合格标准 Acceptance criteria	执行标准 Standard
渗透检测 PT	表面缺陷检测	无裂纹、未熔合	GB/T 15822
磁粉检测 MT	铁磁性材料表面及近表面缺陷	无裂纹、未熔合	GB/T 15822
超声波检测 UT	内部缺陷检测	按 NB/T 47013 评定	NB/T 47013
射线检测 RT	内部缺陷检测	按 NB/T 47013 评定	NB/T 47013

4.3.3 金相检验 Metallographic Inspection

堆焊层金相检验要求如下：

检验项目 Inspection item	检验要求 Inspection requirement	取样方法 Sampling method
稀释率 Dilution rate	符合工艺规范要求	堆焊层横截面制样
组织形态 Microstructure	无异常组织，晶粒度符合要求	堆焊层横截面制样



熔合线 Fusion line	无裂纹、未熔合	堆焊层横截面制样
硬度分布 Hardness distribution	堆焊层与母材硬度梯度合理	维氏硬度测试

4.3.4 力学性能检验 Mechanical Property Testing

根据产品要求，进行以下力学性能检验：

检验项目 Inspection item	检验要求 Inspection requirement	执行标准 Standard
拉伸试验 Tensile test	抗拉强度符合材料标准要求	GB/T 228.1
弯曲试验 Bend test	弯曲角度符合标准要求	GB/T 232
冲击试验 Impact test	冲击功符合材料标准要求	GB/T 229
硬度试验 Hardness test	堆焊层硬度符合设计要求	GB/T 231.1

4.4 工艺记录要求 Process Record Requirements

4.4.1 工艺参数记录 Process Parameter Recording

每次堆焊作业应记录以下工艺参数：

记录项目 Recording item	记录要求 Recording requirement
焊接电流 Welding current	每层记录一次
电弧电压 Arc voltage	每层记录一次
焊接速度 Welding speed	每层记录一次
送丝速度 Wire feeding speed	每层记录一次
保护气体流量 Gas flow rate	每层记录一次
层间温度 Interpass temperature	每层记录一次
预热温度 Preheating temperature	焊接前记录

4.4.2 检验记录 Inspection Recording

检验记录应包括以下内容：



- 外观检验记录表
- 无损检测报告
- 金相检验报告
- 力学性能试验报告
- 尺寸检验记录

5 不合格品处理 Nonconforming Product Handling

5.1 不合格判定 Nonconformance Determination

出现以下情况之一，判定为不合格：

- 堆焊层存在裂纹、未熔合、严重气孔等缺陷
- 稀释率超出工艺规范要求
- 堆焊层厚度不符合图纸要求
- 力学性能检验不合格
- 无损检测不合格

5.2 不合格处理 Nonconformance Handling

不合格类型 Nonconformance type	处理方式 Handling method	责任部门 Responsible department
表面缺陷 Surface defect	打磨清除后重新堆焊	生产部
内部缺陷 Internal defect	返修或报废处理	生产部、质量管理部
尺寸超差 Dimensional deviation	修磨或重新堆焊	生产部
性能不合格 Property nonconformance	分析原因，制定纠正措施	工艺技术部、质量管理部

6 监督考核 Supervision and Assessment

6.1 监督检查 Supervision and Inspection

质量管理部每月对本规范的执行情况进行监督检查，检查内容包括：



- 工艺参数执行符合性
- 堆焊层质量控制情况
- 检验记录完整性
- 设备维护状态

6.2 考核指标 Assessment Indicators

考核指标 Assessment indicator	目标值 Target value	考核周期 Assessment period
一次合格率 First pass yield	≥95%	月度
工艺参数符合率 Process parameter compliance rate	≥98%	月度
检验记录完整率 Inspection record completeness rate	100%	月度
客户投诉率 Customer complaint rate	≤1%	季度

7 附则 Supplementary Provisions

7.1 文件管理 Document Management

本规范由工艺技术部负责编制与修订，质量管理部负责监督执行。文件修订应履行审批程序，修订后及时发放至相关部门。

7.2 相关文件 Related Documents

文件编号 Document No.	文件名称 Document title
CLADDING-MPS-001	增材制造工艺管理规范
CLADDING-MPS-002	焊接工艺评定管理规范
CLADDING-MPS-004	设备操作规程
CLADDING-QC-001	质量检验规程



7.3 记录表格 Record Forms

表格编号 Form No.	表格名称 Form title
CLADDING-FRM-001	堆焊工艺参数记录表
CLADDING-FRM-002	堆焊层外观检验记录表
CLADDING-FRM-003	无损检测报告
CLADDING-FRM-004	金相检验报告
CLADDING-FRM-005	不合格品处理单

7.4 生效与修订 Effective and Revision

本规范自 2025 年 2 月 1 日起生效。根据技术发展和客户需求变化，工艺技术部应定期评审本规范的适用性，必要时进行修订。

编制人 Prepared by: _____ 日期 Date: _____

审核人 Reviewed by: _____ 日期 Date: _____

批准人 Approved by: _____ 日期 Date: _____

CLADDING-Technology-Shanxi-Co.,Ltd

科雷丁技术（山西）有限公司