



Cladding-Technology-Shanxi-Co.,-Ltd- CLADDING-MPS-016-Pulsed-Cladding- Layer-Process-Specification

脉冲 TIG/MIG 堆焊脉冲参数、频率与焊缝成型控制管理 程序

PULSE TIG/MIG CLADDING PULSE PARAMETERS, FREQUENCY AND WELD FORMATION CONTROL PROCEDURE

文件编号	Document No.	CLADDING-MPS-016
版本号	Version	A/0
生效日期	Effective Date	2024 年 01 月 15 日
编制部门	Prepared By	技术工程部
批准人	Approved By	总经理



1. 目的 Purpose

1.1 目的

本管理程序旨在规范科雷丁技术（山西）有限公司在增材制造与精密堆焊作业中，脉冲 TIG 堆焊和脉冲 MIG 堆焊工艺的脉冲参数设定、频率控制及焊缝成型质量管理要求，确保法兰堆焊、管件堆焊、钢管堆焊、轴套管堆焊、模具堆焊修复及金属零部件增材制造等业务的焊接质量稳定可控，满足客户技术协议及行业标准要求。

1.2 Purpose

This procedure aims to standardize the pulse parameter settings, frequency control, and weld formation quality management requirements for pulse TIG cladding and pulse MIG cladding processes in additive manufacturing and precision cladding operations at CLADDING-Technology-Shanxi-Co.,-Ltd, ensuring stable and controllable welding quality for flange cladding, pipe fitting cladding, steel pipe cladding, shaft sleeve cladding, mold cladding repair, and metal component additive manufacturing services, meeting customer technical agreements and industry standard requirements.

2. 适用范围 Scope

2.1 适用范围

本程序适用于公司以下业务场景中的脉冲 TIG/MIG 堆焊工艺控制：

- 法兰堆焊：各类工业法兰密封面堆焊强化
- 管件堆焊：管道配件内衬堆焊及表面修复
- 钢管堆焊：长输管道、压力容器用钢管表面堆焊
- 轴套管堆焊：旋转设备轴套耐磨层堆焊
- 模具堆焊修复：注塑模具、压铸模具表面再制造
- 增材制造：基于 TIG/MIG 电弧增材的近净成形制造

2.2 Scope

This procedure applies to pulse TIG/MIG cladding process control in the following business scenarios of the company:

- Flange cladding: Cladding reinforcement for various industrial flange sealing surfaces



- Pipe fitting cladding: Lining cladding and surface repair for pipeline fittings
- Steel pipe cladding: Surface cladding for long-distance pipelines and pressure vessel steel pipes
- Shaft sleeve cladding: Wear-resistant layer cladding for rotating equipment shaft sleeves
- Mold cladding repair: Surface remanufacturing for injection molds and die casting molds
- Additive manufacturing: Near-net-shape manufacturing based on TIG/MIG arc additive

3. 职责 Responsibilities

3.1 技术工程部 Technical Engineering Department

- 制定脉冲 TIG/MIG 堆焊工艺参数标准及焊接工艺规程（WPS）
- 负责脉冲参数、频率等技术指标的评审与批准
- 编制焊缝成型质量控制标准及检验规范
- 组织工艺试验及参数优化验证

3.2 生产部 Production Department

- 按照批准的工艺参数执行脉冲堆焊作业
- 负责焊接设备脉冲功能的日常维护与校准
- 实施焊缝成型过程监控及记录
- 配合质量部进行焊缝质量检验

3.3 质量部 Quality Department

- 监督脉冲参数执行情况及焊缝成型质量
- 负责焊缝外观、尺寸及内部质量检验
- 组织不合格焊缝的分析与处置
- 维护质量记录及追溯档案

3.4 设备部 Equipment Department

- 负责脉冲 TIG/MIG 焊接设备的维护保养
- 确保设备脉冲功能技术参数满足工艺要求
- 定期校验设备电流、电压、频率测量精度



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

4.1 脉冲 TIG 堆焊参数控制 Pulse TIG Cladding Parameter Control

4.1.1 脉冲电流参数 Pulse Current Parameters

脉冲 TIG 堆焊采用基值电流与峰值电流交替输出的脉冲波形，通过精确控制脉冲参数实现低稀释率、精密成型的堆焊效果。

参数项目	Parameter Item	法兰堆焊	Flange Cladding	管件堆焊	Pipe Fitting Cladding	轴套管堆焊	Shaft Sleeve Cladding	模具修复	Mold Repair
峰值电流	Peak Current	180-260A	160-240A	200-280A	140-200A				
基值电流	Base Current	40-80A	35-70A	50-90A	30-60A				
电流比	Current Ratio	3:1-5:1	3:1-4:1	3:1-4:1	3:1-4:1				

4.1.2 脉冲频率控制 Pulse Frequency Control

脉冲频率直接影响熔池搅拌效果、焊缝成型及稀释率控制，不同工件类型及堆焊层位应采用差异化频率设置。

频率范围	Frequency Range	适用场景	Application Scenario	成型特点	Formation Characteristics
10-20Hz	10-20Hz	首层打底焊	First Layer Root Pass	低稀释率、精确控制	Low dilution, precise control
20-40Hz	20-40Hz	中间过渡层	Intermediate Transition Layer	良好熔合、适中熔深	Good fusion, moderate penetration
40-80Hz	40-80Hz	填充层及盖面层	Fill and Cap Layer	高效熔敷、平整成型	High deposition, smooth formation



4.1.3 脉冲宽度控制 Pulse Width Control

脉冲宽度（占空比）控制峰值电流持续时间，影响熔池热输入及焊缝成型质量。

- 峰值脉宽：0.08-0.15 秒，根据母材厚度及堆焊层位调整
- 基值脉宽：0.05-0.10 秒，确保熔池充分冷却
- 占空比：30%-60%，首层采用较低占空比控制稀释率

4.1.4 焊缝成型控制 Weld Formation Control

脉冲 TIG 堆焊焊缝成型控制要点：

- 焊缝宽度：单道宽度控制在 12-20mm，根据工件曲率调整
- 焊缝高度：单层堆高 2-4mm，多层堆焊需控制层间温度
- 熔深控制：首层熔深不超过母材厚度的 15%，确保低稀释率
- 波纹均匀性：脉冲频率与行走速度匹配，保证焊缝波纹均匀
- 边缘成型：避免咬边及未熔合，边缘过渡圆滑

4.2 脉冲 MIG 堆焊参数控制 Pulse MIG Cladding Parameter Control

4.2.1 脉冲电流参数 Pulse Current Parameters

脉冲 MIG 堆焊适用于高效熔敷场景，通过脉冲波形控制实现大电流焊接下的飞溅抑制及成型控制。

参数项目	Parameter Item	钢管堆焊	Steel Pipe Cladding	增材制造	Additive Manufacturing	大面积修复	Large Area Repair
峰值电流	Peak Current	280-400A	260-380A	300-450A			
基值电流	Base Current	80-150A	70-130A	90-160A			
电流比	Current Ratio	3:1-4:1	3:1-4:1	3:1-4:1			

4.2.2 脉冲频率控制 Pulse Frequency Control

频率范围	Frequency Range	适用场景	Application Scenario	工艺特点	Process Characteristics
30-60Hz	30-60Hz	常规堆焊层	Regular	稳定熔滴过渡	Stable droplet



			Cladding Layer		transfer
60-100Hz	60-100Hz	高效熔敷层	High Efficiency Layer	高熔敷效率	High deposition efficiency
100-200Hz	100-200Hz	精密成型层	Precision Formation Layer	精细成型控制	Fine formation control

4.2.3 送丝速度控制 Wire Feed Speed Control

送丝速度与脉冲频率需精确匹配，确保每脉冲一次熔滴过渡：

- 送丝速度：4-12m/min，根据焊丝直径及脉冲频率调整
- 匹配原则：送丝速度/脉冲频率=每脉冲送丝量，保证稳定过渡
- 调节方法：通过试焊观察熔滴过渡状态，调整至喷射过渡

4.2.4 焊缝成型控制 Weld Formation Control

脉冲 MIG 堆焊焊缝成型控制要点：

- 焊缝宽度：单道宽度 18-30mm，根据熔敷效率需求调整
- 焊缝高度：单层堆高 3-6mm，多层堆焊控制层间温度 $\leq 150^{\circ}\text{C}$
- 熔深控制：通过脉冲参数调节熔深，避免过度熔透
- 飞溅控制：脉冲参数优化确保低飞溅焊接
- 表面成型：保证焊缝表面平整，波纹均匀，无咬边

4.3 工艺参数设定程序 Process Parameter Setting Procedure

4.3.1 参数设定流程 Parameter Setting Process

1. 技术工程部根据工件材质、堆焊材料、技术要求编制焊接工艺规程（WPS）
2. 依据 WPS 确定脉冲电流、频率、脉宽等基础参数范围
3. 在试板上进行工艺试验，验证参数适用性
4. 通过焊缝成型、稀释率、熔深等指标评估试验结果
5. 优化调整后确定最终工艺参数，形成作业指导书
6. 生产部按照作业指导书执行堆焊作业

4.3.2 参数记录要求 Parameter Recording Requirements

每次脉冲堆焊作业必须记录以下参数：



- 峰值电流、基值电流及电流比
- 脉冲频率及脉宽设置
- 焊接速度及送丝速度
- 保护气体流量及成分
- 层间温度及预热温度
- 操作者及检验人员信息

4.4 焊缝成型质量控制 Weld Formation Quality Control

4.4.1 外观检验标准 Appearance Inspection Standards

检验项目	Inspection Item	合格标准	Acceptance Criteria
焊缝宽度	Weld Width	符合图纸要求，偏差 $\leq \pm 1\text{mm}$	Meet drawing requirements, deviation $\leq \pm 1\text{mm}$
焊缝高度	Weld Height	符合图纸要求，偏差 $\leq \pm 0.5\text{mm}$	Meet drawing requirements, deviation $\leq \pm 0.5\text{mm}$
表面波纹	Surface Ripple	均匀连续，无突变	Uniform and continuous, no abrupt changes
咬边	Undercut	深度 $\leq 0.5\text{mm}$ ，长度 $\leq 100\text{mm}$	Depth $\leq 0.5\text{mm}$, length $\leq 100\text{mm}$
飞溅	Spatter	表面飞溅清除干净	Surface spatter cleaned
气孔	Porosity	表面无可见气孔	No visible porosity on surface

4.4.2 内部质量检验 Internal Quality Inspection

- 射线检测：堆焊层与母材熔合区按 NB/T 47013 标准检测
- 超声波检测：检测堆焊层内部缺陷及结合质量
- 硬度测试：堆焊层及过渡区硬度梯度符合技术要求
- 金相检验：稀释率控制在技术要求范围内

4.4.3 稀释率控制 Dilution Rate Control

脉冲堆焊稀释率控制是保证堆焊层性能的关键指标：



- 法兰密封面堆焊：稀释率 $\leq 15\%$
- 耐磨堆焊层：稀释率 $\leq 20\%$
- 耐蚀堆焊层：稀释率 $\leq 10\%$
- 增材制造：稀释率 $\leq 25\%$

4.5 设备管理要求 Equipment Management Requirements

4.5.1 脉冲功能检查 Pulse Function Check

- 每日作业前检查焊接设备脉冲功能是否正常
- 确认脉冲波形显示准确，参数设定有效
- 检查脉冲频率显示与实际输出一致性
- 验证峰值电流、基值电流输出精度

4.5.2 定期校准 Regular Calibration

- 每月对焊接设备电流、电压测量精度进行校验
- 每季度对脉冲频率输出精度进行校准
- 每年委托专业机构进行设备全面检定
- 校准记录存档备查

5. 监督考核 Supervision and Assessment

5.1 监督检查 Supervision and Inspection

- 质量部每周抽查脉冲参数执行记录，确认参数符合工艺要求
- 技术工程部每月评估焊缝成型质量趋势，分析参数优化方向
- 生产部每日检查设备脉冲功能状态，确保设备正常运行

5.2 考核指标 Assessment Indicators

考核项目	Assessment Item	目标值	Target Value	考核周期	Assessment Period
参数执行符合率	Parameter Compliance Rate	$\geq 98\%$	$\geq 98\%$	月度	Monthly
焊缝一次合格	First Pass	$\geq 95\%$	$\geq 95\%$	月度	Monthly



率	Quality Rate				
设备脉冲功能完好率	Equipment Pulse Function Rate	≥99%	≥99%	月度	Monthly
工艺文件完整率	Process Document Completeness	100%	100%	季度	Quarterly

5.3 持续改进 Continuous Improvement

- 根据质量数据分析结果，持续优化脉冲参数标准
- 结合客户反馈及行业技术发展，更新工艺控制要求
- 定期组织脉冲堆焊技术培训，提升操作技能水平

6. 附则 Supplementary Provisions

6.1 相关文件 Related Documents

- CLADDING-WPS-001 焊接工艺规程编制管理程序
- CLADDING-QC-008 焊缝质量检验管理程序
- CLADDING-EQP-005 焊接设备维护保养管理程序
- CLADDING-TRN-003 焊接人员资格管理程序

6.2 记录表格 Record Forms

- CLADDING-REC-016-01 脉冲堆焊参数记录表
- CLADDING-REC-016-02 焊缝成型质量检验记录表
- CLADDING-REC-016-03 设备脉冲功能检查记录表
- CLADDING-REC-016-04 工艺参数试验报告

6.3 修订记录 Revision History

版本	Version	修订日期	Revision Date	修订内容	Revision Content	修订人	Revised By
A/0	A/0	2024-01-	2024-01-	首次发布	Initial	技术工程	Technical



		15	15		Release	部	Engineering Dept.
--	--	----	----	--	---------	---	----------------------

编制 **Prepared by:** 技术工程部 Technical Engineering Department

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

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

发布日期 **Release Date:** 2024 年 01 月 15 日

生效日期 **Effective Date:** 2024 年 01 月 15 日

科雷丁技术（山西）有限公司

CLADDING-Technology-Shanxi-Co.,-Ltd