



Cladding-Technology-Shanxi-Co.,-Ltd- CLADDING-MPS-017-Narrow-Gap- Cladding-Layer-Process-Specification

窄间隙堆焊工艺控制程序

Narrow Gap Cladding Process Control Procedure

文件编号	Document No.	CLADDING-MPS-017
版本号	Version	A/0
生效日期	Effective Date	2025-01-15
编制部门	Prepared By	工艺技术部
批准人	Approved By	总经理

1. 目的 Purpose

本程序规定了窄间隙堆焊（Narrow Gap Cladding）工艺中坡口设计、焊丝摆动与层间控制的技术要求与操作规范，确保法兰、管件、钢管、轴套管及模具等工件表面堆焊层的质量稳定性，实现低稀释率、高成型精度的精密堆焊目标。

This procedure specifies the technical requirements and operational standards for groove design, wire oscillation, and interpass control in narrow gap cladding processes, ensuring quality stability of



cladding layers on flanges, pipe fittings, steel pipes, shaft sleeves, and molds, achieving precise cladding objectives with low dilution rate and high forming accuracy.

2. 适用范围 Scope

本程序适用于公司采用 TIG 窄间隙堆焊工艺进行以下产品的表面强化与修复作业：

- 法兰密封面堆焊（Flange sealing surface cladding）
- 管件内壁耐磨堆焊（Pipe fitting inner wall wear-resistant cladding）
- 钢管外壁防腐堆焊（Steel pipe outer wall anti-corrosion cladding）
- 轴套管精密修复堆焊（Shaft sleeve precision repair cladding）
- 模具型腔表面强化堆焊（Mold cavity surface strengthening cladding）

This procedure applies to surface strengthening and repair operations using TIG narrow gap cladding technology for the following products:

- Flange sealing surface cladding
- Pipe fitting inner wall wear-resistant cladding
- Steel pipe outer wall anti-corrosion cladding
- Shaft sleeve precision repair cladding
- Mold cavity surface strengthening cladding

3. 职责 Responsibilities

部门/岗位	Department/Position	职责	Responsibility
工艺技术部	Process Technology Dept.	制定坡口设计方案，确定焊丝摆动参数与层间控制标准	Develop groove design schemes, determine wire oscillation parameters and interpass control standards
生产部	Production Dept.	按工艺文件执行窄间隙堆焊作业，记录层间温度与操作参数	Execute narrow gap cladding operations per process documents, record interpass temperature and operational parameters
质量部	Quality Dept.	对坡口加工质量、堆焊层成型质量进行检验与判定	Inspect and judge groove machining quality and cladding layer forming quality



设备部	Equipment Dept.	维护窄间隙堆焊设备， 确保摆动机构运行精度	Maintain narrow gap cladding equipment, ensure oscillation mechanism operational accuracy
-----	-----------------	--------------------------	---

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

4.1 坡口设计 Groove Design

4.1.1 坡口形式选择 Groove Type Selection

窄间隙堆焊坡口设计应根据工件材质、堆焊层厚度及几何形状确定坡口形式：

工件类型	Workpiece Type	坡口形式	Groove Type	间隙宽度	Gap Width	备注	Notes
法兰密封面	Flange sealing surface	单 V 型	Single V-type	6-8mm	6-8mm	适用于厚度 $\leq 3\text{mm}$ 堆焊层	For cladding layer thickness $\leq 3\text{mm}$
管件内壁	Pipe fitting inner wall	U 型	U-type	8-12mm	8-12mm	适用于大直径管件	For large diameter pipe fittings
钢管外壁	Steel pipe outer wall	双 V 型	Double V-type	10-15mm	10-15mm	适用于厚度 $> 5\text{mm}$ 堆焊层	For cladding layer thickness $> 5\text{mm}$
轴套管	Shaft sleeve	I 型	I-type	4-6mm	4-6mm	适用于精密修复	For precision repair
模具型腔	Mold cavity	复合坡口	Composite groove	按图纸	Per drawing	根据型腔几何形状定制	Customized per cavity geometry

Narrow gap cladding groove design shall determine groove type based on workpiece material, cladding layer thickness, and geometric shape.

4.1.2 坡口加工要求 Groove Machining Requirements

坡口加工应满足以下技术要求：

- 坡口表面粗糙度 $Ra \leq 3.2\mu\text{m}$ ，无氧化皮、油污及杂质



- 坡口角度偏差控制在 $\pm 1^\circ$ 范围内
- 根部间隙均匀，偏差 $\leq 0.5\text{mm}$
- 坡口边缘无毛刺、裂纹及机械损伤
- 加工后 24 小时内完成堆焊作业，防止表面氧化

Groove machining shall meet the following technical requirements:

- Groove surface roughness $R_a \leq 3.2\mu\text{m}$, free from oxide scale, oil contamination, and impurities
- Groove angle deviation controlled within $\pm 1^\circ$
- Root gap uniform, deviation $\leq 0.5\text{mm}$
- Groove edges free from burrs, cracks, and mechanical damage
- Cladding operation completed within 24 hours after machining to prevent surface oxidation

4.1.3 坡口检验 Groove Inspection

坡口加工完成后，由质量部按以下项目进行检验：

检验项目	Inspection Item	检验方法	Inspection Method	合格标准	Acceptance Criteria
坡口尺寸	Groove dimensions	卡尺/量规测量	Caliper/gauge measurement	符合设计要求	Meet design requirements
表面质量	Surface quality	目视检查	Visual inspection	无缺陷	Free from defects
清洁度	Cleanliness	白布擦拭检查	White cloth wipe inspection	无油污杂质	Free from oil and impurities

After groove machining, Quality Department shall inspect the following items.

4.2 焊丝摆动控制 Wire Oscillation Control

4.2.1 摆动参数设定 Oscillation Parameter Setting

窄间隙堆焊焊丝摆动参数应根据坡口宽度、堆焊层厚度及母材材质进行设定：

参数项目	Parameter Item	适用范围	Applicable Range	推荐值	Recommended Value	说明	Description
摆动频率	Oscillation frequency	所有工件	All workpieces	1.5-3.0Hz	1.5-3.0Hz	频率过高易产生气孔	High frequency prone to porosity
摆动幅	Oscillation	坡口宽度	Groove width 6-	坡口宽度	Groove width	确保熔	Ensure molten pool



度	amplitude	6-15mm	15mm	$\times 0.8$	$\times 0.8$	池覆盖 坡口两 侧	covers both groove sides
摆动速 度	Oscillation speed	所有工件	All workpieces	80- 150mm/min	80-150mm/min	与焊接 速度匹 配	Match with welding speed
驻留时 间	Dwell time	坡口根部	Groove root	0.3-0.5s	0.3-0.5s	保证根 部熔透	Ensure root penetration
侧边驻 留	Side dwell	坡口两侧	Groove sides	0.2-0.3s	0.2-0.3s	防止咬 边	Prevent undercutting

Wire oscillation parameters shall be set based on groove width, cladding layer thickness, and base material.

4.2.2 摆动轨迹控制 Oscillation Trajectory Control

焊丝摆动轨迹应采用以下模式：

- **正弦波摆动（Sine wave oscillation）**：适用于坡口宽度 $\leq 10\text{mm}$ 的窄间隙堆焊，波形对称，熔池过渡平稳
- **梯形波摆动（Trapezoidal wave oscillation）**：适用于坡口宽度 $> 10\text{mm}$ 的堆焊，侧边驻留时间可调，防止咬边
- **三角形波摆动（Triangular wave oscillation）**：适用于精密成型要求高的轴套管修复，波形尖锐，成型精度高

Wire oscillation trajectory shall adopt the following modes.

4.2.3 摆动机构精度要求 Oscillation Mechanism Accuracy Requirements

窄间隙堆焊设备摆动机构应满足以下精度要求：

- 摆动幅度重复精度： $\pm 0.2\text{mm}$
- 摆动频率稳定性： $\pm 2\%$
- 驻留时间控制精度： $\pm 0.05\text{s}$
- 焊丝送进同步性：偏差 $\leq 0.1\text{mm}$

Narrow gap cladding equipment oscillation mechanism shall meet the following accuracy requirements.



4.3 层间控制 Interpass Control

4.3.1 层间温度控制 Interpass Temperature Control

层间温度是影响堆焊层稀释率和组织性能的关键因素，控制要求如下：

母材材质	Base Material	层间温度上限	Max Interpass Temperature	层间温度下限	Min Interpass Temperature	测温方法	Temperature Measurement Method
低碳钢	Low carbon steel	250℃	250℃	100℃	100℃	红外测温仪	Infrared thermometer
低合金钢	Low alloy steel	200℃	200℃	80℃	80℃	红外测温仪	Infrared thermometer
不锈钢	Stainless steel	150℃	150℃	60℃	60℃	热电偶	Thermocouple
模具钢	Mold steel	180℃	180℃	80℃	80℃	热电偶	Thermocouple

Interpass temperature is a key factor affecting dilution rate and microstructure properties of cladding layer.

4.3.2 层间清理 Interpass Cleaning

每层堆焊完成后，应进行以下清理作业：

- 使用不锈钢丝刷清除焊渣及飞溅物
- 采用压缩空气吹除坡口内粉尘
- 检查层间表面质量，发现缺陷及时修复
- 清理完成后立即进行下一层堆焊，避免表面氧化

After each cladding layer is completed, the following cleaning operations shall be performed.

4.3.3 层间检验 Interpass Inspection

层间检验项目及标准如下：

检验项目	Inspection Item	检验时机	Inspection Timing	合格标准	Acceptance Criteria
外观检查	Visual inspection	每层完成后	After each layer	无裂纹、气孔、咬边	Free from cracks, porosity, undercut



层间温度	Interpass temperature	每层焊接前	Before each layer welding	符合工艺要求	Meet process requirements
层厚测量	Layer thickness measurement	每 3 层	Every 3 layers	偏差 $\leq\pm 0.2\text{mm}$	Deviation $\leq\pm 0.2\text{mm}$
稀释率检测	Dilution rate detection	每 5 层	Every 5 layers	$\leq 15\%$	$\leq 15\%$

Interpass inspection items and standards are as follows.

4.3.4 堆焊层数控制 Number of Cladding Layers Control

堆焊层数应根据设计堆焊层厚度及单层熔敷厚度确定：

设计堆焊层厚度	Design Cladding Layer Thickness	单层熔敷厚度	Single Layer Deposit Thickness	堆焊层数	Number of Layers	备注	Notes
1-3mm	1-3mm	0.8-1.2mm	0.8-1.2mm	2-3 层	2-3 layers	法兰密封面	Flange sealing surface
3-6mm	3-6mm	1.0-1.5mm	1.0-1.5mm	3-5 层	3-5 layers	管件内壁	Pipe fitting inner wall
6-10mm	6-10mm	1.2-1.8mm	1.2-1.8mm	4-6 层	4-6 layers	钢管外壁	Steel pipe outer wall
>10mm	>10mm	1.5-2.0mm	1.5-2.0mm	按计算	Per calculation	大型工件	Large workpieces

Number of cladding layers shall be determined based on design cladding layer thickness and single layer deposit thickness.

4.4 工艺参数记录 Process Parameter Recording

窄间隙堆焊作业过程中，操作人员应实时记录以下参数：

- 焊接电流（Welding current）
- 焊接电压（Welding voltage）
- 焊接速度（Welding speed）
- 摆动频率与幅度（Oscillation frequency and amplitude）
- 层间温度（Interpass temperature）



- 保护气体流量（Shielding gas flow rate）
- 焊丝送进速度（Wire feed speed）

During narrow gap cladding operations, operators shall record the following parameters in real time.

5. 监督考核 Supervision and Assessment

5.1 监督检查 Supervision Inspection

工艺技术部每月对窄间隙堆焊作业进行监督检查，内容包括：

- 坡口加工质量符合性检查
- 焊丝摆动参数执行检查
- 层间温度控制记录检查
- 工艺参数记录完整性检查

Process Technology Department shall conduct monthly supervision inspections of narrow gap cladding operations.

5.2 考核标准 Assessment Criteria

考核项目	Assessment Item	权重	Weight	扣分标准	Deduction Criteria
坡口质量	Groove quality	25%	25%	每处不合格扣 5 分	5 points deducted per defect
摆动参数执行	Oscillation parameter execution	25%	25%	参数偏差超标扣 3 分	3 points deducted for parameter deviation
层间温度控制	Interpass temperature control	25%	25%	超温一次扣 5 分	5 points deducted per over-temperature
记录完整性	Record completeness	25%	25%	记录缺失扣 2 分	2 points deducted per missing record



6. 附则 Supplementary Provisions

6.1 相关文件 Related Documents

- CLADDING-MPS-001 焊接工艺评定管理程序
- CLADDING-MPS-005 焊材管理程序
- CLADDING-MPS-012 堆焊质量检验程序
- CLADDING-MPS-015 设备维护保养程序

6.2 记录表单 Record Forms

- CLADDING-FRM-017-01 窄间隙堆焊工艺参数记录表
- CLADDING-FRM-017-02 坡口加工检验记录表
- CLADDING-FRM-017-03 层间温度控制记录表

6.3 修订记录 Revision History

版本号	Version	修订日期	Revision Date	修订内容	Revision Content	修订人	Revised By
A/0	A/0	2025-01-15	2025-01-15	首次发布	Initial release	工艺技术部	Process Technology Dept.

文件状态：受控文件

Document Status: Controlled Document

分发范围：工艺技术部、生产部、质量部、设备部

Distribution: Process Technology Dept., Production Dept., Quality Dept., Equipment Dept.