



中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1421 — 2015

脱硫浆液循环泵过流部件磨蚀损坏修复 与防护技术导则

Repairing and protection technical guidelines for erosion damage of
desulfurization slurry circulating pump passage components

2015-04-02 发布

2015-09-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般规定 2

5 焊接修复 2

6 喷涂防护 4

附录 A（资料性附录） 脱硫浆液循环泵过流部件常用钢材牌号、化学成分及力学性能 7

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电站金属标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：西安热工研究院有限公司。

本标准主要起草人：李太江、李巍、贾建民、刘立营、刘刚、李勇、刘福广、王博、李聚涛。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

脱硫浆液循环泵过流部件磨蚀损坏修复 与防护技术导则

1 范围

本标准规定了火力发电厂脱硫浆液循环泵过流部件磨蚀损坏焊接修复与超音速火焰喷涂防护的方法及技术要求。

本标准适用于火力发电厂脱硫浆液循环泵泵壳、叶轮、护板、搅拌器等过流部件的磨损、腐蚀、气蚀等损伤的焊接修复与热喷涂防护。火力发电厂与核电站其他泵类过流部件磨蚀损伤的焊接修复与热喷涂防护，可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB 8642 热喷涂抗拉结合强度的测定
- GB/T 11374 热喷涂涂层厚度的无损测量方法
- GB 11375 金属和其他无机覆盖层 热喷涂 操作安全
- GB/T 17721 金属覆盖层 孔隙率试验 铁试剂试验
- GB/T 18591 焊接预热温度、道间温度及预热维持温度的测量指南
- GB/T 19352 热喷涂 热喷涂结构的质量要求
- GB/T 19824 热喷涂 热喷涂操作人员考核要求
- GB/T 20019 热喷涂 热喷涂设备的验收检查
- GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
- GB 24511 承压设备用不锈钢钢板及钢带
- DL/T 679 焊工技术考核规程
- DL/T 868 焊接工艺评定规程
- DL/T 869 火力发电厂焊接技术规程
- DL/T 884 火电厂金相检验与评定技术导则
- DL 5009.1 电力建设安全工作规程 第1部分：火力发电
- JB/T 4730 承压设备无损检测
- JB/T 3223 焊接材料质量管理规程
- JB/T 7703 热喷涂陶瓷涂层技术条件
- YS/T 541 金属热涂层表面洛氏硬度试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

脱硫浆液循环泵过流部件 **desulfurization slurry circulating pump passage components**

脱硫浆液循环泵是将吸收塔持液槽内的浆液输送至喷淋层，带压浆液通过喷淋层喷嘴雾化喷出与上

升烟气逆向接触进行脱硫反应的装置，过流部件主要包括泵壳、叶轮、耐磨板、后泵盖及搅拌器等。

3.2

磨蚀损坏 erosion damage

脱硫浆液中的气、液、固多相流在高速运动中对脱硫浆液循环泵过流部件产生的磨损、气蚀和腐蚀等损伤现象。

4 一般规定

4.1 一般要求

4.1.1 脱硫浆液循环泵过流部件用钢焊接工艺评定应遵守 DL/T 868 或其他等效标准，并以工艺评定为基础确定焊接修复工艺，编制焊接修复作业指导书。

4.1.2 焊接修复场所环境温度和条件以及防护设施应符合 DL/T 869 的规定。

4.1.3 实施焊接修复工作应遵守 DL 5099.1 对安全、防火、环保和施焊中其他相关条件的有关规定。

4.1.4 热喷涂单位应具有喷涂施工资格证书。

4.1.5 热喷涂工艺应以喷涂工艺试验为基础，确定喷涂工艺参数，编制喷涂作业指导书。

4.1.6 脱硫浆液循环泵过流部件防磨蚀涂层喷涂质量管理应按照 GB/T 19352 进行。

4.1.7 实施热喷涂工作应遵守 GB 11375 对安全、防火、环保的有关规定。

4.2 设备要求

4.2.1 焊接设备应符合 DL/T 869 的规定。

4.2.2 热喷涂设备喷涂前应按照 GB/T 20019 对喷涂设备进行检查。

4.3 人员要求

4.3.1 焊接修复技术负责人应取得中级或中级以上职称。

4.3.2 焊工应取得 DL/T 679 III类焊工 CIII类钢及以上级别的焊接资格证书，或者其他等效标准规定的资格证书，并根据焊接修复作业指导书按过流部件的材质、类型模拟现场实际情况进行焊前培训，经考核合格后方可施焊。

4.3.3 无损检测及理化检验人员应取得相应资格证书。

4.3.4 喷涂技术负责人员应取得中级或中级以上职称。

4.3.5 喷涂操作人员应按照 GB/T 19824 进行考核。

5 焊接修复

5.1 母材及焊接材料

5.1.1 焊接修复前应确认母材牌号。

5.1.1.1 脱硫浆液循环泵过流部件常用钢材牌号及其化学成分见表 A.1。

5.1.1.2 脱硫浆液循环泵过流部件常用钢材力学性能见表 A.2。

5.1.2 焊接材料的管理应符合 JB/T 3223 的规定。

5.2 焊前检查及准备

5.2.1 修复前应对过流部件修复区域型线等进行测试，并记录。

5.2.2 应采用外观检查、磁粉探伤或渗透探伤等，检查过流部件损伤及缺陷的分布状况及尺寸，并记录。

5.2.3 应采用机械方式清除缺陷，并通过外观检测及无损检测确认待修复区域缺陷已完全消除。

5.2.4 应采用机械方式制备坡口,并记录坡口位置、尺寸及形貌。焊前应对坡口及其周围进行打磨清理,露出金属光泽并用清洗剂清洗。

5.3 焊接修复工艺

- 5.3.1 宜采用焊条电弧焊 (SMAW)。
- 5.3.2 宜采用与被修复部件材质相匹配的焊材,焊条直径宜为 2.5mm 或 3.2mm。
- 5.3.3 应根据修复部件材质确定焊接修复工艺,常见脱硫浆液循环泵过流部件焊接修复工艺参数见表 1。

表 1 常见脱硫浆液循环泵过流部件焊接修复工艺参数

国内牌号	国外牌号	焊接方法	焊接材料	预热温度 ℃	层间温度 ℃
022Cr22Ni5Mo3N	W.Nr.1.4462	SMAW	E2209	100~150	100~200
03Cr25Ni6Mo3Cu2N	W.Nr.1.4529	SMAW	E2209	100~150	100~200
015Cr21Ni26Mo5Cu2	W.Nr.1.4539/904L	SMAW	E2209	100~150	100~200

- 5.3.4 焊前预热。
 - 5.3.4.1 可采用氧-乙炔中性焰局部预热,预热范围为待焊接区域及其临近区域 50mm,预热时火焰焰心距离被修复部位 10mm 以上,均匀加热。
 - 5.3.4.2 应采用接触式测温仪测量预热温度,预热温度测量按照 GB/T 18591 规定执行。
- 5.3.5 层间温度。层间温度控制见表 1,层间温度测量按照 GB/T 18591 规定执行。
- 5.3.6 焊接修复工艺措施。
 - 5.3.6.1 穿透性缺陷修复应采用厚度为 2mm~3mm 的铜板衬底,与修复区域过流部件背面贴紧,并用夹具固定夹紧。
 - 5.3.6.2 可采用多层多道堆焊修复,每道堆焊焊缝厚度不超过焊条直径,焊道宽度不超过 2 倍焊条直径。
 - 5.3.6.3 应在焊缝金属红热状态时锤击焊道,降低焊缝残余应力。

5.4 型线修磨

采用机械方式修磨过流部件修复区域,恢复其型线。

5.5 质量检验及验收

- 5.5.1 过流部件焊接修复后检验项目包括外观检查、渗透探伤或磁粉探伤、硬度检验、金相检验等。
- 5.5.2 外观检查,修复区域焊缝不应有咬边、凹陷、裂纹、未熔合、气孔等表面缺陷。修复后过流部件型线应满足脱硫浆液循环泵安全运行要求。
- 5.5.3 渗透探伤或磁粉探伤修复区域焊缝不应有缺陷显示。
- 5.5.4 硬度及金相检验。
 - 5.5.4.1 焊缝及热影响区的硬度、金相组织可在过流部件上检验,也可在同时处理的试板上检验。
 - 5.5.4.2 采用与母材材质相匹配焊材焊接修复的焊缝及热影响区硬度应不低于母材硬度值的 90%,不超过母材布氏硬度值加 100 (HBW)。
 - 5.5.4.3 焊缝和热影响区的金相组织不应存在显微裂纹及过热组织,金相样制备参照 DL/T 884 执行。

5.6 焊缝返修

- 5.6.1 经检验不合格焊接区域可进行 1 次返修。

5.6.2 返修焊接和检验要求按本标准相关条款执行。

5.7 焊接修复技术文件

焊接修复技术文件应包括如下内容：

- a) 焊接材料质量证明书；
- b) 焊接工艺评定报告；
- c) 焊接技术负责人、焊工、热处理工的资格证明；
- d) 焊接修复作业指导书；
- e) 原始缺陷记录和坡口位置、尺寸及其形貌图；
- f) 焊接修复过程控制记录；
- g) 焊接质量检验报告；
- h) 技术总结报告。

6 喷涂防护

6.1 喷涂材料

6.1.1 喷涂材料应有制造厂的质量合格证明书，包括粉末化学成分、涂层性能保证值等，喷涂粉末应进行复检。

6.1.2 喷涂粉末使用前应充分摇匀使其粗细粉末均匀，并进行烘焙，烘焙温度 120℃，保温 1.5h~2.0h。

6.1.3 喷涂粉末取用后，应立即将盛装粉末的容器封装。

6.1.4 喷涂后送粉器中剩余的喷涂粉末应单独封装，并做好标记。

6.2 喷涂条件及准备

6.2.1 喷涂用压缩空气系统应有空气净化装置，防止水、油污染。

6.2.2 喷涂前应检查喷涂设备，确保喷涂工艺参数在要求的范围内控制和调节。

6.2.3 采用确定的喷涂工艺参数，在施工现场喷涂同步挂片样品，用于涂层质量检测和验收。

6.2.4 过流部件喷涂现场应保持空气流通，排除未黏结的粉尘。

6.2.5 过流部件表面应无外观缺陷。

6.2.6 采用清洗剂清洗过流部件表面，除去表面污垢。

6.2.7 对过流部件不喷涂区域进行遮蔽保护。

6.3 喷涂

6.3.1 表面预处理

6.3.1.1 使用喷砂法对过流部件喷涂区域进行粗糙、活化处理，使基体表面粗糙度 R_z 达到 25 μm ~100 μm ，清洁度达到 S_{a3} 。

6.3.1.2 喷砂磨料宜采用棕刚玉砂或白刚玉砂，磨料粒度范围为 0.5mm~1.5mm，磨料应清洁、干燥。

6.3.1.3 喷砂完成后，涂层喷涂前采用干燥的压缩空气对喷砂表面进行清理，去除喷砂过程中产生的粉尘。

6.3.1.4 喷砂后应保持喷涂工件表面干燥，并尽快进行喷涂处理。晴天的气候条件下，喷砂与喷涂工序间隔时间不应超过 2h，雨天、潮湿、盐雾或含硫的气候环境下，其间隔时间不应超过 30min，否则应进行二次喷砂处理。

6.3.2 预热及温度控制

6.3.2.1 预热过程中宜用红外线测温仪监控，避免预热过程中的过热。

6.3.2.2 对工件表面测温前，应对红外测温仪进行校准。

6.3.2.3 宜采用喷枪将待喷涂过流部件表面预热至 $100^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 。

6.3.3 喷涂工艺及要求

6.3.3.1 脱硫浆液循环泵过流部件防磨蚀涂层宜采用超音速火焰喷涂方法进行喷涂。

6.3.3.2 喷涂过程中应保持工艺参数稳定，涂层厚度应均匀，喷涂过程中每层的涂层厚度不应超过 0.03mm ，脱硫浆液循环泵过流部件防磨蚀涂层厚度宜为 $0.20\text{mm}\sim 0.30\text{mm}$ 。

6.3.3.3 喷涂过程中应对过流部件喷涂部位，采用红外线测温仪进行跟踪测温，记录喷涂时实测温度，过流部件表面温度在喷涂过程中应不超过 150°C 。

6.4 封孔处理

对涂层应进行封孔处理，宜采用喷射雾化器在过流部件防磨蚀涂层表面喷涂高分子封孔剂。

6.5 质量检测与验收

6.5.1 脱硫浆液循环泵过流部件防磨蚀涂层质量检测及验收应包括现场验收和同步喷涂挂片涂层质量验收。现场质量检测及验收应在涂层封孔处理之前进行。

6.5.2 现场检测与验收。

6.5.2.1 现场检测内容主要包括外观检测、涂层厚度检测等。

6.5.2.2 涂层喷涂完毕后，应对喷涂工件进行外观检查，涂层表面应平整，色泽一致，不允许有起皮、鼓泡、脱落等缺陷，过流部件无变形。

6.5.2.3 厚度检测时，根据涂层和基体是否有磁性选择适合的仪器进行多点测量，测试方法参考 GB/T 11374 执行。

6.5.3 挂片样品实验室检测与验收。

6.5.3.1 挂片样品应采用成分、组织、性能相同或相近的材料制作。

6.5.3.2 实验室检测内容主要包括涂层的厚度、结合强度、硬度、孔隙率等。

6.5.3.3 涂层厚度检测可采用涂层测厚仪进行测量，也可采用金相试验方法。采用涂层测厚仪测量时应按照 GB/T 11374 执行。

6.5.3.4 涂层孔隙率的检测可采用铁试剂法，按照 GB/T 17721 执行。

6.5.3.5 涂层硬度检测，参照 YS/T 541 或 GB/T 4340.1 执行。

6.5.3.6 结合强度测试所使用的基体规格、测试方法等参照 GB/T 8642 执行。

6.5.4 涂层质量验收标准。

6.5.4.1 涂层厚度应为 $0.20\text{mm}\sim 0.30\text{mm}$ 。

6.5.4.2 涂层结合强度应大于 60MPa 。

6.5.4.3 涂层显微硬度应不小于 $1000\text{HV}_{0.3}$ 。

6.5.4.4 涂层孔隙率应小于 2% 。

6.5.5 涂层返修。

6.5.5.1 经检验涂层质量不符合 6.5.4.1 要求时，应对整个喷涂面进行补喷。

6.5.5.2 经检验涂层质量不符合 6.5.4.2~6.5.4.4 中任意一项要求时，应将整个喷涂面的涂层去除，重新喷涂，不允许进行局部重新喷涂。

6.5.5.3 返修喷涂和检验要求按本标准相关条款执行。

6.6 喷涂技术文件

喷涂技术文件应包括如下内容：

- a) 喷涂材料质量证明书；
- b) 喷涂工艺评定报告；
- c) 喷涂技术负责人、质量检查人员、喷涂操作人员的资格证明；
- d) 喷涂作业指导书；
- e) 喷涂过程控制记录及实测温度记录；
- f) 涂层质量检验报告；
- g) 技术总结报告。

附 录 A
(资料性附录)

脱硫浆液循环泵过流部件常用钢材牌号、化学成分及力学性能

脱硫浆液循环泵过流部件常用钢材牌号及其化学成分见表 A.1。

表 A.1 脱硫浆液循环泵过流部件常用钢材牌号及其化学成分

序号	牌 号	化学成分 (质量分数) %										
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	其他 元素
1	022Cr22Ni5Mo3N	0.03	1.00	2.00	0.030	0.020	4.50~ 6.50	21.00~ 23.00	2.50~ 3.50	—	0.08~ 0.20	—
2	03Cr25Ni6Mo3Cu2N	0.04	1.00	1.50	0.035	0.030	4.50~ 6.50	24.00~ 27.00	2.90~ 3.90	1.50~ 2.50	0.10~ 0.25	—
3	015Cr21Ni26Mo5Cu2	0.02	1.00	2.00	0.045	0.035	23.00~ 28.00	19.00~ 23.00	4.00~ 5.00	1.00~ 2.00	0.10	—

注 1: 表中所列成分除标明范围或最小值外, 其余均为最大值。
注 2: 本标准牌号与国外标准牌号对照参见 GB/T 20878。

脱硫浆液循环泵过流部件常用钢材的力学性能见表 A.2。

表 A.2 脱硫浆液循环泵过流部件常用钢材的力学性能

序号	牌 号	规定非比例延伸 强度 $R_{p0.2}$ MPa	抗拉强度 R_m MPa	断后伸长率 A %	硬度值	
					HBW	HRB
		不小于				不大于
1	022Cr22Ni5Mo3N	450	620	25	290	—
2	03Cr25Ni6Mo3Cu2N	550	750	25	290	—
3	015Cr21Ni26Mo5Cu2	220	490	35	—	90

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
脱硫浆液循环泵过流部件磨蚀损坏修复
与 防 护 技 术 导 则
DL/T 1421—2015

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2016年7月第一版 2016年7月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 16千字
印数 0001—1500册

*

统一书号 155123·2832 定价 9.00元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

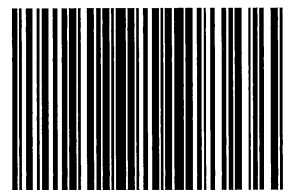
版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.2832