

T/SCAS

四川省标准化协会团体标准

T/SCAS XXX—2026

水轮机过流部件激光熔覆与超音速火焰喷 涂涂层质量检验规范

Specification for Quality Inspection of Coatings Formed by Laser
Cladding and Supersonic Flame Spraying on the Flow-Passage
Components of Hydro Turbines

(征求意见稿)

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

四川省标准化协会 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	1
5 基本要求	2
6 质量检验	2
7 流程要求	2

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由四川凉山水洛河电力开发有限公司提出。

本文件由四川省标准化协会归口。

本文件起草企业：四川凉山水洛河电力开发有限公司、四川华电木里河水电开发有限公司、中国华电集团有限公司四川分公司、西华大学、沈阳格泰水电设备有限公司、西南交通大学、哈尔滨能创数字科技有限公司、德阳丰实材料技术研究有限公司。

本文件主要起草人：华超、王燕龙、吴杰、王旭、赵钱孙、童宇慰、张光胜、杨子江、何云林、张博、魏兵、兰志远、吕雨浩、李青松、余波、卢加兴、沈位刚、贺怀志、高冬、王平。

水轮机过流部件激光熔覆与超音速火焰喷涂涂层质量检验规范

1 范围

本文件规定了水轮机过流部件激光熔覆与超音速火焰喷涂涂层质量检验规范的一般规定、基本要求、质量检验、流程要求。

本文件适用于水轮机过流部件激光熔覆与超音速火焰喷涂涂层质量检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T 6383 空蚀试验方法
- GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层 厚度测量 显微镜法
- GB/T 7220 产品几何量技术规范(GPS)表面结构 轮廓法 表面粗糙度 术语 参数测量
- GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证
- GB/T 12444 金属材料 磨损试验方法 试环-试块滑动磨损试验
- GB/T 27664.1 无损检测仪器 超声检测设备的性能与检验 第1部分：仪器
- GB/T 27664.3 无损检测仪器 超声检测设备的性能与检验 第3部分：组合设备
- GB/T 29795 激光修复技术 术语和定义
- GB/T 34018 无损检测 超声显微检测方法
- GB/T 38898 无损检测 涂层结合强度超声检测方法
- GB/Z 45463 热喷涂涂层孔隙率的测定
- DL 444 反击式水轮机 气蚀损坏评定标准
- DL/T 2793 汽轮机叶片表面激光熔覆强化技术导则

3 术语和定义

GB/T 29795界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

激光熔覆 laser cladding

利用高能量密度激光束快速加热熔化熔覆材料，在基材表面形成熔池，冷却凝固后在基材表面形成冶金结合层的一种激光加工技术。

[来源：DL/T 2793-2024，3.1]

4 一般规定

- 4.1 水轮机过流部件激光熔覆与超音速火焰喷涂涂层质量检验应符合本文件的规定，合同另有约定除外。
- 4.2 喷涂质量检验应根据设备构件使用方质量要求确定。

5 基本要求

5.1 环境要求

检测环境应清洁、明亮，避免强电磁干扰、振动及温湿度剧烈波动影响检测设备稳定性。

5.2 人员要求

操作人员应持有符合GB/T 9445规定的资格要求，并应经过相关的质检技术培训并通过考核。

5.3 设备要求

应定期对检测仪进行综合性能校准，校准间隔不超过一年。

6 质量检验

6.1 涂层外观要求

- 6.1.1 涂层应连续均匀，表面无裂纹、剥落、孔洞和鼓泡等影响涂层使用性能的缺陷，不允许过喷。
- 6.1.2 涂层喷涂区域尺寸应符合图纸要求。

6.2 涂层基本性能

- 6.2.1 涂层孔隙率： $\leq 1\%$ 。
- 6.2.2 涂层结合强度： $> 70\text{MPa}$ 。
- 6.2.3 涂层硬度：1100~1300HV0.3(维氏硬度，DPH0.3kg 荷载)。
- 6.2.4 涂层厚度：在激光熔覆打底后，采用超音速火焰喷涂（HVOF）方式喷涂金属碳化钨形成复合涂层，金属碳化钨喷涂厚度不应小于0.3mm。
- 6.2.5 表面抗磨能力优于不锈钢80~90倍。
- 6.2.6 抗气蚀能力与04Cr16Ni5Mo不锈钢相当。
- 6.2.7 表面粗糙度 $\leq 6.3\mu\text{m}$ 。

7 流程要求

7.1 前期准备

收集图纸、工艺规程，明确检测区域与验收要求。

7.2 设备校准

使用标准试块或参考缺陷样件对检测设备进行校准和灵敏度设置。使用标准试块或参考缺陷样件对检测设备进行校准和灵敏度设置。

7.3 检测方法

7.3.1 涂层外观

目检有效表面，应符合6.1.1的要求。采用量具测量外观尺寸，应满足需方要求。

7.3.2 涂层孔隙率

按GB/Z 45463规定方法检测。

7.3.3 涂层结合强度

7.3.3.1 检测设备

对于透声性良好的涂层结构，宜采用满足GB/T 27664.3或GB/T 34018的超声反射式扫查设备，具备C扫功能；对于透声性不好的涂层结构，宜采用满足GB/T 27664.1的超声透射式扫查设备或采用相关技术完成超声透射检测。涂层结合强度超声检测仪应至少具有以下功能：

- a) 仪器应满足检测构件的频率要求；
- b) 滤波设置；
- c) 超声激励电压控制；
- d) 超声接收增益控制；
- e) 仪器的综合稳定度优于1%。

7.3.3.2 检测条件

7.3.3.2.1 检测过程在常温环境(10℃~35℃)下进行,通常使用不含气体的脱氧水(或蒸馏水)作为耦合剂。

7.3.3.2.2 待检构件表面应光滑平整，并保持检测声束与待检构件表面法向一致。

7.3.3.2.3 在换能器与待检构件之间充满耦合剂，且二者间的垂直距离应小于换能器的焦距长度。

7.3.3.3 检测方法

按GB/T 38898规定方法检测。

7.3.4 涂层硬度

7.3.4.1 试样

除非另有规定，试样表面应平坦光滑，试验面上应无氧化皮及外来污物，尤其不应有油脂。试样表面的质量应保证压痕对角线长度的测量精度。制备试样时应采取合适的表面加工方式，以避免过热或冷加工损伤表面或改变样品表面硬度。

7.3.4.2 试验温度

试验通常在10℃~35℃范围的室温进行。如果不在此温度范围内试验，应在报告中说明。对于温度要求严格的试验，应在23℃±5℃进行。

7.3.4.3 检测方法

按GB/T 4340.1规定方法检测。

7.3.5 涂层厚度

应使用验证或校准过的测微尺校准显微镜及其测量设备。测量覆盖层横截面图像的宽度时，沿着横截面长度至少取五点测量。按GB/T 6462规定方法检测。

7.3.6 表面抗磨能力

7.3.6.1 试验环境

试验通常在10℃~35℃范围的室温进行。应在无振动、无腐蚀性气体和无粉尘的环境中进行。

7.3.6.2 检测方法

按GB/T 12444规定方法检测。

7.3.7 抗气蚀能力

按DL 444规定方法检测。

7.3.8 表面粗糙度

按GB/T 7220规定方法检测。

7.4 数据记录

实时记录检测参数。

7.5 检测报告

检测报告内容宜包括下列信息：

- a) 检测单位、人员信息、检测日期等；
 - b) 被检测涂层结构件的材料类型、制备工艺、涂层结构尺寸描述等；
 - c) 检测仪器型号厂商与参数；
 - d) 标准试样制备描述；
 - e) 试验依据；
 - f) 所使用的方法；
 - g) 试验结果。
-