

河北省质量信息协会团体标准
《结晶器铜板涂熔修复及质量控制技术规范》
(征求意见稿)

编制说明

标准起草工作组
2025年11月

一、任务来源

依据《河北省质量信息协会团体标准管理办法》，团体标准《结晶器铜板涂熔修复及质量控制技术规范》由河北省质量信息协会于2025年11月11日批准立项，项目编号为：T2025433。

本标准由北京首钢机电有限公司迁安机械修理分公司提出，由河北省质量信息协会归口。本标准起草单位为：北京首钢机电有限公司迁安机械修理分公司、首钢股份公司迁安钢铁公司、首钢京唐钢铁联合有限责任公司、北京首钢机电有限公司。

二、重要意义

结晶器铜板是钢铁行业连铸生产中结晶器的核心导热部件，作为铸坯成型过程的“关键载体”，其在连铸工艺中发挥着不可替代的作用：高温钢水（温度通常超过1500 °C）注入结晶器后，需通过铜板快速导出热量，使钢水在铜板内壁逐步冷却形成具备一定厚度和强度的坯壳，待坯壳达标后由拉矫机匀速拉出，完成铸坯初步成型，是连接炼钢与轧钢环节的重要技术枢纽。该部件主要应用于钢铁企业连铸生产线，涵盖普碳钢、合金钢、不锈钢等各类钢材生产，同时适配中小型钢厂板坯、方坯、圆坯等不同规格铸坯的生产场景，其技术性能直接关联铸坯表面质量、连铸机拉速、连铸作业率三大核心生产指标——铜板导热均匀性与表面平整度决定坯壳成型一致性，缺陷会导致铸坯出现裂纹、结疤等问题；导热效率影响拉坯速度，直接关系单位时间产量；使用寿命与耐磨性则决定结晶器更换周期，过早失效会造成生产中断、效率下降，是保障钢铁企业连续生产、提升产品质量、降低成本的重要基础。

由于结晶器内不同区域工况差异显著，铜板需满足差异化性能要求：上部主换热区作为钢水入口核心冷却段，需快速导出大量热量，要求具备优异导热性、良好高温韧性、低内应力及高结合强度，避免热冲击导致开裂变形或涂层脱落；下部坯壳成型区温度仍维持在800 ℃~1150 ℃，坯壳与铜板摩擦力大，需具备高耐热性、高硬度及优良耐磨性，减少摩擦损耗。在长期使用中，铜板易因高温氧化、钢水冲刷、坯壳摩擦出现表面磨损、涂层脱落、局部裂纹等失效问题，直接更换新铜板不仅采购成本高昂，还会因更换周期长影响生产。因此，涂熔修复技术成为关键解决方案，通过精准喷涂专用涂熔粉末，在铜板表面形成适配不同区域性能要求的涂熔层，修复表面缺陷并提升关键区域性能，大幅降低企业备件成本、减少停机频次。

但当前行业内针对结晶器铜板涂熔修复的作业流程与质量控制缺乏统一标准，不同企业的修复工艺参数、检验方法差异较大，导致修复后铜板质量波动明显，部分产品存在涂熔层结合力不足、硬度不达标、使用寿命短等问题，制约了涂熔修复技术价值的充分发挥，制定统一标准成为规范行业行为、保障修复质量、推动技术应用的迫切需求。

三、编制原则

《结晶器铜板涂熔修复及质量控制技术规范》团体标准的编制遵循规范性要求、一致性和可操作性的原则。首先，标准按照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》、《河北省质量信息协会团体标准管理办法》等编制起草；此外，工作组在制定标准过程中遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出、及时修订、不断完善”原则，不断满足企业内部对修复流程的技术需求，推动结晶器铜板涂熔修复向着高效率、高质量方向发展。

四、主要工作过程

2025年9月，北京首钢机电有限公司迁安机械修理分公司牵头，组织开展《结晶器铜板涂熔修复及质量控制技术规范》编制工作。2025年10月，起草组进行了团体标准立项申请书及征求意见稿草案的编制，明确了编制工作机制、目标、进度等主要要求。主要编制过程如下：

（1）2025年9月：北京首钢机电有限公司迁安机械修理分公司联合其他参编单位召开标准编制预备会，会议组织各单位开展资料收集和编制准备等相关工作。

（2）2025年9月中旬：召开第一次标准起草讨论会议，初步确定起草小组的成员，成立了标准起草工作组，明确了相关单位和负责人员的职责和任务分工。

（3）2025年9月下旬-10月上旬：起草工作组积极开展调查研究，检索国家及其他省市相关标准，调研结晶器铜板涂熔修复技术的需求，分析了相关修复、质控过程中积累的技术文件，为标准草案的编写打下基础。

（4）2025年10月中旬：分析研究调研材料，由标准起草工作组的专业技术人员编写标准草案，通过研讨会、电话会议等多种方式，对标准的主要内容进行了讨论，确定了本标准的名称为《结晶器铜板涂熔修复及质量控制技术规范》，听取了相关专家和领导的意见和建议，确定了标准的大纲的各条款和指标的调研方案，在各参编单位的积极配合下，调研数据陆续反馈回主编单位。

（5）2025年10月下旬：本标准起草牵头单位北京首钢机电有限公司迁安机械修理分公司向河北省质量信息协会归口提出立项申请，经归口审核，同意立项。

(6) 2025年11月11日：《结晶器铜板涂熔修复及质量控制技术规范》团体标准正式立项。

(7) 2025年11月：起草工作组通过讨论，对标准草案进行商讨。确定本标准的主要内容包括结晶器铜板涂熔修复技术的人员要求、设备配置要求、涂熔修复全流程要求、质量控制要求，初步形成标准草案和编制说明。起草组将标准文件发给相关标准化专家进行初审，根据专家的初审意见和建议进行修改完善，形成征求意见稿。

五、主要内容及依据

本标准立足钢铁行业实际生产需求，针对结晶器铜板涂熔修复全流程关键环节制定要求，确保标准可操作、可落地。

同时结合当前涂熔修复技术发展水平，融入成熟先进的工艺方法和质量控制手段，提升标准的技术引领性。

1. 范围

结合钢铁行业连铸结晶器铜板的使用特性和涂熔修复技术的应用场景，参考行业内对类似技术规范的范围界定方式，明确标准适用对象和覆盖内容，确保范围清晰、无遗漏。

2. 规范性引用文件

基于涂熔修复过程中涉及的金属粉末检测、涂层性能测试、无损检测、热喷涂等关键技术环节，筛选现行有效的国家标准和行业标准。

3. 术语和定义

GB/T 18719《热喷涂 术语、分类》界定了热喷涂相关基础术语，在此基础上，结合结晶器铜板的功能属性和涂熔修复技术的工艺特点，补充制定“结晶器铜板”“涂熔修复”的定义，确保术语定义准确、贴合实际应用。

4. 人员要求

4.1 依据《中华人民共和国安全生产法》对特种作业人员的培训考核要求，结合涂熔修复作业的专业性，明确作业人员需经专业培训、考核合格后方可上岗。

4.2 参考《劳动防护用品选用规则》及涂熔修复各工序的作业风险（如高温、粉尘、有毒有害气体等），明确劳动防护用品的配备要求。

4.3 基于涂熔、热处理、磨削加工等关键工序对作业精度和质量的重要影响，参考行业内对关键工序操作人员的资质管理惯例，提出专项资质和相关作业经验的要求。

5. 设备配置要求

结合各设备在修复流程中的功能设定技术要求和前期检查项。

根据精密设备、工艺设备、检测工具的不同特性和使用要求，参考相关设备校准规范（如精密机床校准标准、计量器具检定规程），制定差异化的维护校准周期和要求。

基于新设备或设备重大变化后可能存在的性能不稳定风险，参考热喷涂设备试用的行业惯例，要求通过喷涂试验验证涂层性能后再投入使用。

依据设备安全运行的通用要求，结合涂熔修复设备的作业特点，明确空载试运转和故障处理流程，避免设备带故障运行。

6. 涂熔修复全流程要求

6.1 涂熔粉末入厂检验

一般要求：参考物资入厂检验的通用流程，结合涂熔粉末的包装特性和追溯需求，制定名称规格核对、包装检查、标记单管理要求。

涂熔粉末：根据涂熔修复对涂层性能的要求，选用镍基合金粉（含钨、钴、硅、硼、铁元素），符合 GB/T 19356《热喷涂 粉末 成分和供货技术条件》的规定；性能检测项目参考 GB/T 1479.1~1479.3、GB/T 1482 等标准，确保粉末质量合格。

涂熔试块检测：参考 GB/T 6462、GB/T 17721、GB/T 36591、JB/T 9218、GB/T 4340.1、HB 5476 等标准，制定试块性能检测项目和方法，确保涂熔工艺参数合理、涂层性能达标。

6.2 铜板处理

清理：基于铜板表面污物和螺纹套缺陷对修复质量的影响，结合企业实际清理工艺，制定水垢、油污、锈蚀清理及螺纹套紧固、更换要求。

矫平：参考板材矫平的通用工艺，结合结晶器铜板的平面度要求，制定矫平操作流程和平面度检测标准。

6.3 组装胎具

根据胎具装配的精度要求，结合螺栓紧固的力学特性，制定胎具清理、铜板定位、螺栓紧固（分两次紧固，预紧力 60 Nm，最终紧固力 150 Nm）及胎具维护要求，确保铜板与胎具贴合紧密（缝隙 \leqslant 0.2 mm）。

6.4 涂熔前加工

参考龙门铣加工的工艺规范，结合涂熔层去除和母材保护的需求，制定粗铣加工要求，明确母材疲劳层去除量（ \geqslant 0.5 mm）和表面缺陷检测标准。

6.5 拆卸胎具

基于螺纹孔保护和场地管理的要求，制定拆卸场地选择、螺栓拆卸顺序及表面清理要求，避免铜板损伤。

6.6 铜板清洗

结合铜板表面油污、铁屑的清理需求，制定洗衣粉溶液清洗、死角毛刷辅助清洗及干燥要求，确保母材本色清晰可见。

6.7 喷砂准备

参考喷砂预处理的行业规范，结合铜板表面氧化层、加工硬化层的去除需求，制定外观检查、清洗剂选用（丙酮、无水酒精或二甲苯）及打磨要求，避免母材损伤。

6.8 铜板喷砂

依据喷砂工艺的通用要求，结合涂层结合力对表面粗糙度的需求，制定喷砂操作流程、表面粗糙度标准（ $20 \mu\text{m} \sim 40 \mu\text{m}$ ）及二次污染防控要求。

6.9 铜板涂熔

参考热喷涂工艺规范，结合涂熔粉末特性和涂层质量要求，制定粉末预热（ $150^\circ\text{C} \sim 180^\circ\text{C}$ ）、铜板预热（ $40^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ ）、涂熔工艺参数控制及涂层加工余量要求（ $\leq 0.45 \text{ mm}$ ）。

6.10 铜板热处理

依据金属热处理的通用原理，结合涂熔涂层与铜板的结合特性，制定装炉方式、热电偶安装、热处理曲线控制及冷却要求，避免涂层开裂。

6.11 铜板矫平

因热处理后铜板可能产生新的变形，沿用矫平要求，确保平面度符合设计标准。

6.12 涂熔后组装胎具

为保障涂熔后加工精度，沿用胎具组装要求，确保铜板固定可靠。

6.13 涂熔后加工

参考龙门铣精铣工艺规范，结合涂层最终厚度要求，制定精铣加工参数和磨削余量标准（ $0.04\text{ mm}\sim 0.07\text{ mm}$ ）。

6.14 磨削加工

依据龙门磨床加工规范，结合涂层表面质量要求，制定设备检查、铜板固定、磨削参数控制及验收标准，确保涂层平滑光亮、厚度达标。

6.15 拆卸胎具

沿用拆卸要求，避免加工后铜板损伤。

6.16 精整抛光

结合铜板最终使用要求，制定侧板抛光、水槽清理及螺纹套检查要求，确保无残留涂层、毛刺及螺纹套缺陷。

7. 质量控制要求

7.1 外观

参考GB/T 10610《产品几何技术规范（GPS）表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法》，结合结晶器铜板的使用工况，制定表面粗糙度标准（ $\leq 1.6\mu\text{m}$ ）和外观缺陷防控要求。

7.2 涂熔层厚度

基于涂熔修复的耐磨、导热等性能需求，结合行业内涂层厚度的常规控制范围，制定涂熔层厚度标准（0.07 mm～0.20 mm）。

7.3 涂熔层硬度

参考GB/T 4340.1《金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法》，结合结晶器铜板上下口的不同工作负荷，制定差异化的硬度控制范围（上口及中间150 HV～350 HV，下口300 HV～600 HV）。

7.4 不合格涂层的处理

参考涂层返工的行业惯例，结合铜板母材保护的需求，制定不合格涂层去除方法和返工要求，确保最小化损伤母材。

六、与有关现行法律、政策和标准的关系

本标准符合《中华人民共和国标准化法》等法律法规文件的规定，并在制定过程中参考了相关领域的国家标准、行业标准、团体标准和其他省市地方标准，在对人员要求、设备配置要求、涂熔修复全流程要求、质量控制要求等内容的规范方面与现行标准保持兼容和一致，便于参考实施。

七、重大意见分歧的处理结果和依据

无。

八、提出标准实施的建议

建立规范的标准化工作机制，制定系统的团体标准管理和知识产权处置等制度，严格履行标准制定的有关程序和要求，加强团体标准全生命周期管理。建立完整、高效的内部标准化工作部门，配备专职的标准化工作人员。

建议加强团体标准的推广实施，充分利用会议、论坛、新媒体等多种形式，开展标准宣传、解读、培训等工作，让更多的同行了解团体标准，不断提高行业内对团体标准的认知，促进团体标准推广和实施。

九、其他应予说明的事项

无。

标准起草工作组

2025年11月