

ICS 77.180

CCS H 94

YB

中华人民共和国黑色冶金行业标准

YB/T XXXXX—XXXX

冶金轧机机架在线修复技术规范

Technical specifications for online repairing of rolling-mill housing

(报批稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

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 失效部位和表现形式	2
5 修复方法	2
6 技术要求	2
6.1 基本要求	2
6.2 修复前检测及评估	3
6.3 预加工/预处理	3
6.4 在线修复	3
6.4.1 在线机械加工修复	3
6.4.2 在线堆焊修复	3
6.4.3 在线激光熔覆修复	4
6.4.4 在线聚合物材料修复	4
6.5 安全和环保要求	4
7 检验方法	5
8 检验规则	5
9 防护	6
10 技术资料	6
附录 A (资料性) 轧机机架修复部位示意图	7
图 A.1 轧机机架修复部位示意图	7

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。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由冶金机电标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：宝武装备智能科技有限公司、淄博索雷工业设备维护技术有限公司、上海宝冶集团有限公司、中国十七冶集团有限公司、包钢集团冶金轧辊制造有限公司、中冶华天工程技术有限公司、安徽马钢重型机械制造有限公司、冶金工业规划研究院。

本文件主要起草人：徐雪飞、田路兵、李新创、宋茂祥、傅卫、王涛、张啸风、肖邦国、金仁才、魏占山、王强、徐勇、王硕煜、陈国喜、曹东永、夏友木、朱道付、李晋岩、张金龙、王浩、吴昊川、苏步新。

本文件为首次发布。

冶金轧机机架在线修复技术规范

1 范围

本文件规定了冶金轧机机架在线修复的术语和定义、失效部位和表现形式、修复方法、技术要求、检验方法、检验规则、防护及应提交的技术资料。

本文件适用于冶金轧机机架（以下简称“轧机机架”）的在线修复，亦适用于类似冶金设备的在线修复。

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 1041 塑料 压缩性能的测定（GB/T 1041-2008，ISO 604:2002，IDT）
- GB/T 2411 塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度(邵氏硬度)（GB/T 2411-2008，ISO 868:2003，IDT）
- GB/T 3375 焊接术语
- GB/T 6060.2 表面粗糙度比较样块 磨、车、镗、铣、插及刨加工表面（GB/T 6060.2-2006，ISO 2632-1:1985，MOD）
- GB 7247.1 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求（GB 7247.1-2012，IEC 60825-1:2007，IDT）
- GB/T 7749 胶粘剂劈裂强度试验方法（金属对金属）
- GB/T 10320 激光设备和设施的电气安全
- GB/T 13869 用电安全导则
- GB/T 17394.1 金属材料 里氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 25372-2010 金属切削机床 精度分级
- GB/T 29796 激光修复通用技术规范
- GB/T 31208 再制造毛坯质量检验方法
- GB/T 33223 轧制设备 术语
- GB/T 33947 再制造 机械加工技术规范
- GB/T 37400.14-2019 重型机械通用技术条件 第14部分：铸钢件无损探伤
- GB 50386 轧机机械设备工程安装验收规范
- GB 50656 施工企业安全生产管理规范
- GBZ 2.2 工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素
- JGJ 46 施工现场临时用电安全技术规范
- NB/T 47013.5-2015 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测

3 术语和定义

GB/T 3375和GB/T 33223界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

轧机机架 rolling-mill housing

轧机牌坊

轧机的重要组成部分，用于安装轧辊轴承座和轧辊调整装置并承受全部轧制力的大型固定框架。

3.2

在线机械加工 online machining

在待修复的设备（或部件）不撤离生产线的状态下，采用组合机床设备对失效部位进行切削加工。

3.3

在线机械加工修复 online machining repairing

在待修复的设备（或部件）不撤离生产线的状态下，采用在线机械加工方式剔除失效部位表面受损层，然后通过增加衬板厚度恢复其总体尺寸及形位精度的修复方法。

3.4

在线堆焊修复 online build-up welding repairing

在待修复的设备（或部件）不撤离生产线的状态下，采用堆焊技术对失效部位进行表面改性并恢复其尺寸及形位精度的修复方法。

3.5

在线激光熔覆修复 online laser cladding repairing

在待修复的设备（或部件）不撤离生产线的状态下，采用激光熔覆技术对失效部位进行表面改性并恢复其尺寸及形位精度的修复方法。

3.6

在线聚合物材料修复 online repairing with polymer material

在待修复的设备（或部件）不撤离生产线的状态下，采用聚合物材料填充失效部位，恢复其尺寸及形位精度的修复方法。

4 失效部位和表现形式

4.1 轧机机架失效部位为轧机机架衬板安装面、平衡缸安装面及底部支承面等部位，具体参见附录A。

4.2 轧机机架失效主要表现形式有腐蚀、磨损、疲劳裂纹、变形等。

注：“变形”是指牌坊面局部的压溃，通常变形量在 0.5 mm~1.5 mm 之间，视具体状况选取修复方案。

5 修复方法

5.1 修复方法主要有机械加工修复、堆焊修复、激光熔覆修复、聚合物材料修复。

5.2 修复方法各有特点，应根据轧机机架失效形式、程度、位置以及经济性选择修复方案。

6 技术要求

6.1 基本要求

6.1.1 优先选用低成本、低污染的修复材料与技术，尽量简化工艺流程。

6.1.2 严格按照工艺流程和作业指导书进行修复，工艺性试验必须符合要求。

6.1.3 如检验不符合要求，允许返工、返修，返工、返修后应重新检验。

6.1.4 修复后应不低于原型新品的尺寸、形位公差精度，应满足GB 50386轧机机架安装允许偏差的相关要求。

6.1.5 修复后的使用寿命应不低于原始寿命。

6.2 修复前检测及评估

- 6.2.1 失效内容由委托方提出，并在技术协议中予以明确。
- 6.2.2 对待修复部位进行检验，包括尺寸、形位误差、表面硬度，磨损、腐蚀程度，表面裂纹、内部缺陷等，检验方法按GB/T 31208的规定。
- 6.2.3 委托方和承接方对其失效形式和在线修复的可行性进行评估，确定加工区域、范围和修复方法，参照GB 50386确定验收准则，由承接方编制包括工艺流程、作业指导书在内的在线修复技术方案（以下简称“技术方案”）。

6.3 预加工/预处理

- 6.3.1 在线机械加工应先搭建满足组合机床刚性要求的平台，工装设计、制造、安装满足现场施工要求。
- 6.3.2 在线机械加工用组合机床应符合GB/T 25372-2010的要求，绝对精度等级不低于V级。
- 6.3.3 机械加工应符合GB/T 33947的规定。
- 6.3.4 机械加工去除失效部位的表面疲劳层，露出基体金属光泽，一般应去除表面深度1.0 mm~2.0 mm。
- 6.3.5 打磨/烤油/喷砂处理后的表面应露出基体金属光泽。
- 6.3.6 加工/处理后表面应无裂纹，渗透检测应符合GB/T 37400.14-2019的2级质量等级要求，内部无损检测及检测结果应符合技术方案的要求。

6.4 在线修复

6.4.1 在线机械加工修复

- 6.4.1.1 对轧机出口或入口机架，精加工时操作侧与传动侧机架面应一次加工成型。
- 6.4.1.2 加工后尺寸及形位精度应达到技术方案要求。
- 6.4.1.3 加工后表面粗糙度依据修复部位进行控制， R_a 一般在 $3.2\ \mu\text{m}$ ~ $12.5\ \mu\text{m}$ 范围内。
- 6.4.1.4 在线机械加工修复后的工作面厚度尺寸偏差，一般以轧机机架对称面为基准，通过两侧工作面配合的轧机衬板厚度进行补偿，恢复原始机架工作面的厚度尺寸。

6.4.2 在线堆焊修复

- 6.4.2.1 根据轧机机架的基体材质、工况条件和使用要求，选择耐腐蚀、耐磨损的电弧堆焊材料，推荐选择奥氏体不锈钢焊材。
- 6.4.2.2 堆焊设备宜选用自动堆焊设备，确保堆焊稳定性与堆焊质量。
- 6.4.2.3 堆焊过程中，应符合下列规定：
 - a) 密切关注焊层间的结合性，防止产生堆焊层熔合不良；
 - b) 如发现未熔合及空洞等缺陷，应刨除重焊；
 - c) 同一焊层的后一焊道应覆盖前一焊道的30%~40%，后一焊层的焊道应依次排列在前一焊层的两个焊道中间。
- 6.4.2.4 堆焊层与基材应有良好的熔合性，焊道成形美观、细致、均匀，并平滑过渡到母材。
- 6.4.2.5 堆焊后宜进行超声或机械震动冲击消应力处理。
- 6.4.2.6 堆焊层表面温度冷却至 $50\ \text{℃}$ 以下再进行成品机械加工。
- 6.4.2.7 加工后尺寸及形位精度应达到技术方案要求。
- 6.4.2.8 加工后堆焊层表面粗糙度 R_a 不大于 $3.2\ \mu\text{m}$ ，表面硬度宜为160 HBW~250 HBW。
- 6.4.2.9 修复部位表面渗透检测应符合NB/T 47013.5-2015的II级质量等级要求。
- 6.4.2.10 在线堆焊修复后的工作面厚度尺寸偏差，一般以轧机机架对称面为基准，通过两侧工作面

配合的轧机衬板厚度进行补偿，恢复原始机架工作面的厚度尺寸。

6.4.3 在线激光熔覆修复

- 6.4.3.1 激光熔覆修复过程应符合 GB/T 29796 的要求。
- 6.4.3.2 根据轧机机架的基体材质、工况条件和使用要求，选择耐腐蚀、耐磨损的激光熔覆材料，推荐采用镍基或钴基合金材料。
- 6.4.3.3 激光成套设备应满足在线熔覆连续长时间稳定运行的要求，功率稳定性偏差控制在 5% 以内。
- 6.4.3.4 非激光熔覆处理面等应采取保护措施。
- 6.4.3.5 激光熔覆后应对熔覆层表面进行修磨处理。
- 6.4.3.6 激光熔覆层修磨处理后形位精度应达到技术方案要求。
- 6.4.3.7 工作层有效厚度宜为 0.20 mm~0.60 mm，表面硬度宜为 200 HBW~300 HBW。
- 6.4.3.8 修复部位表面渗透检测应符合 NB/T 47013.5-2015 的 II 级质量等级要求。
- 6.4.3.9 激光熔覆层修磨处理后与衬板配合面积应不小于 70%，且未接触面间隙应小于 0.10 mm。
- 6.4.3.10 在线激光熔覆修复后的工作面厚度尺寸偏差，一般以轧机机架对称面为基准，通过两侧工作面配合的轧机衬板厚度进行补偿，恢复原始机架工作面的厚度尺寸。

6.4.4 在线聚合物材料修复

- 6.4.4.1 轧机机架修复表面温度应不小于 15℃ 且不大于 50℃。
- 6.4.4.2 修复现场环境的空气湿度应不大于 65%。
- 6.4.4.3 修复前应做工艺性试验，聚合物材料应达到下列技术指标：
 - a) 聚合物材料固化后的压缩强度应不小于 100 MPa；
 - b) 聚合物材料固化后表面硬度应不小于：邵氏硬度 D/1:70；
 - c) 聚合物材料固化后与修复界面粘结强度应不小于 500 kN/m。注：粘结强度以劈裂强度衡量。
- 6.4.4.4 预处理：
 - a) 预处理后的机架失效部位表面粗糙度 R_a 不小于 6.3 μm ，待修复表面深度应不大于 30 mm；
 - b) 预处理后的机架失效部位使用 99.7% 无水乙醇或 99.7% 丙酮或其他工业清洁剂清洗干净，用吸油纸擦拭目测无油脂和任何杂质，晾干，尽快进入修复工艺；
 - c) 轧机衬板内表面使用 99.7% 无水乙醇或 99.7% 丙酮或其他工业清洁剂清洗干净，用吸油纸擦拭、目测无油脂和任何杂质，晾干后擦拭一层脱模剂，脱模剂厚度应不大于 0.01 mm。
- 6.4.4.5 修复工艺：
 - a) 注料工艺：现场精确定位衬板安装位置，然后将聚合物材料注入衬板与机架的间隙内，注入压力不小于 5 MPa；
 - b) 衬板压入成型工艺：首先在机架单块衬板的安装表面涂抹聚合物材料，涂抹厚度应大于机架的磨损尺寸，然后采取衬板压入成型的方式，衬板紧固至技术方案要求尺寸即可；操作时间可根据现场温度进行调整，建议单块衬板的安装时间控制在 20 min 以内。
- 6.4.4.6 成品：
 - a) 修复后尺寸及形位精度达到技术方案要求；
 - b) 聚合物材料的表面粗糙度 R_a 不大于 3.2 μm ；
 - c) 修复后拆除衬板，检查聚合物表面，与衬板的配合面积不小于 85%。

6.5 安全和环保要求

6.5.1 所采用的防护措施应考虑光辐射、粉末、粉尘、有害气（汽）体等对人身及零部件的影响，根据不同工艺要求设置必要的降噪、遮弧、防尘、通风、温控等设施，现场施工人员应穿戴好个人防护

用品。

- 6.5.2 做好现场施工防护，保证人身及设备安全。
- 6.5.3 设备检修作业应满足相关安全规范要求。
- 6.5.4 现场应配备消防器材。
- 6.5.5 现场作业用电应符合GB/T 13869和JGJ 46的要求。
- 6.5.6 激光修复安全防护按GB/T 10320、GB 7247.1、GBZ 2.2的规定执行。
- 6.5.7 其他安全防护按GB 50656的规定执行。
- 6.5.8 现场作业完成后应及时清理，对产生的各种固态、气态、液态废弃物进行分类收集，按国家相关法律法规、法规、标准的规定处置。

7 检验方法

- 7.1 外观采用目视法。
- 7.2 结构尺寸使用经检定合格并能够保证精度要求的量具检验。
- 7.3 形位公差利用机床或采用三维激光跟踪仪进行测量，测量方法按GB 50386执行。
- 7.4 表面粗糙度采用GB/T 6060.2规定的表面粗糙度比较样块，按比对法进行检验，也可采用便携式粗糙度仪或其他双方认可的检验方法进行检验。
- 7.5 待修复部位预加工后无损检测按GB/T 37400.14规定执行。
- 7.6 修复后，成品表面质量按NB/T 47013.5对修复部位进行渗透检测。
- 7.7 金属表面硬度采用便携式里氏硬度计测量，测量方法按GB/T 17394.1执行。
- 7.8 激光熔覆层配合面积检测方法：将红丹粉均匀涂抹在修复表面上，厚度应小于0.05 mm，采用一级标准铸铁平尺在修复表面上往复移动，再检查与铸铁平尺接触的面积占比。
- 7.9 清洁度检验：将要检查的被清洗表面置于黑暗处，用波长为320 nm~380 nm的专用紫外光灯或黑光灯照射被清洗表面，然后目视观察清洗面有无油脂荧光和任何杂质。
- 7.10 聚合物材料固化后的压缩强度按GB/T 1041规定执行。
- 7.11 聚合物材料固化后与修复表面的粘结强度按GB/T 7749规定执行。
- 7.12 聚合物材料固化后表面硬度按GB/T 2411规定执行。
- 7.13 聚合物材料配合面积检测方法：现场拆卸衬板，检查聚合物材料与衬板直接接触面积的占比。

8 检验规则

- 8.1 轧机机架经承接方技术检验部门检查合格、开具修复质量合格证后，方可交付使用。
- 8.2 修复后全检项目：
 - a) 表面质量；
 - b) 结构尺寸；
 - c) 形位误差；
 - d) 表面粗糙度，均布3点取平均值；
 - e) 表面硬度，均布5点取平均值；
 - f) 渗透检验；
 - g) 激光熔覆层配合面积。
- 8.3 修复后抽检项目：
 - a) 聚合物材料修复配合面积。
- 8.4 聚合物材料修复配合面积检测，衬板拆检不少于10%且至少一块。

9 防护

在线修复的轧机机架如不立即投入使用，应在所有机械加工面涂抹防锈材料。

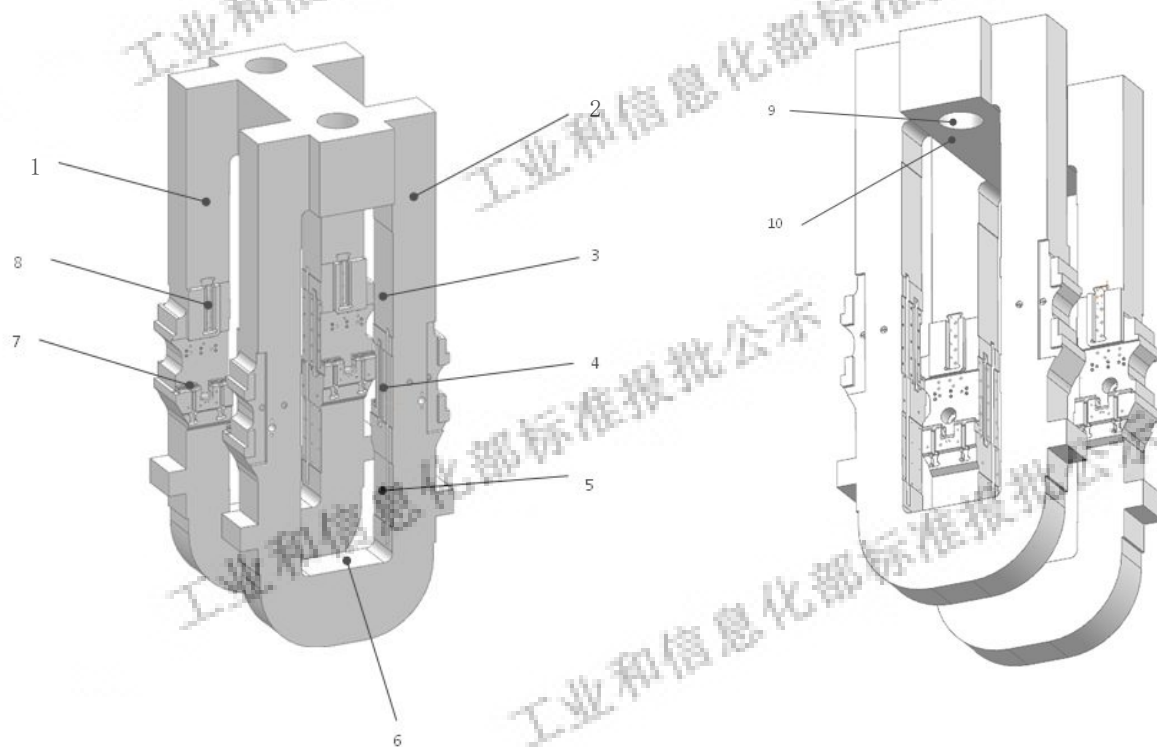
10 技术资料

机架交付时，承接方应向委托方提交有关资料：

- a) 修复前尺寸检验记录；
- b) 修复后尺寸检验记录、报告；
- c) 修复前无损检测记录；
- d) 修复后无损检测记录、报告；
- e) 硬度检验记录、报告；
- f) 双方技术协议约定的技术资料和试验报告；
- g) 修复质量合格证。

附录 A
(资料性)
轧机机架修复部位示意图

轧机机架修复部位见图 A.1。



标引序号说明：

- 1—传动侧轧机机架；
- 2—操作侧轧机机架；
- 3—上支承辊衬板安装面；
- 4—平衡缸安装面；
- 5—下支承辊衬板安装面；
- 6—轧机底部支承面；
- 7—机架辊轴承座安装面；
- 8—导卫框架安装定位槽；
- 9—机械压下安装孔；
- 10—轧机顶部安装面。

图 A.1 轧机机架修复部位示意图