

ICS 25.160.10

J 33

备案号:

DB42

湖北省地方标准

DB 42/T 1385—2018

大型钢铁工件焊接修复技术规程

The code of welding repair of large-scale metal parts

(报批稿)

2018 - 08 - 22 发布

2018 - 10 - 22 实施

湖北省质量技术监督局

发布

目 次

前言 III

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 修复前期准备 3

6 焊接修复工艺 4

7 质量检验 8

8 缺陷返修 9

9 技术文件 9

前 言

本标准根据GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由武汉开明高新科技有限公司提出。

本标准由湖北省标准化学会归口。

本标准起草单位：武汉开明高新科技有限公司、湖北开明高新科技有限公司、湖北省标准化与质量研究院、鄂州市信息与标准化所、东风锻造有限公司。

本标准主要起草人：张开明、谢秋琪、罗文斌、闵显文、林全意、汤勇华、陈佳、苗建军、李江、朱建军、张先军、王军宝、胡志勇、李贤奎、李小平、聂平、肖国平、李国武、韩拥军、胡建华、邓国洪、杨振福、郁辉邦、刘畅、杨剑、袁乐。

大型钢铁工件焊接修复技术规程

1 范围

本标准规定了受损大型钢铁工件熔敷焊接修复技术的术语和定义、一般规定、修复前准备、修复工艺、质量检验、缺陷返修和技术文件。

本标准主要适用于水泥、冶金、建材、汽车、陶瓷、耐火、铁路、军工、矿山、化工等行业大型装备的钢铁工件的修复。

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，仅所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 2650 焊接接头冲击试验方法
- GB/T 2652 焊缝及熔敷金属拉伸试验方法
- GB/T 2654 焊接接头硬度试验方法
- GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相
- GB/T 9443 铸钢件渗透检测
- 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 17394 金属材料 里氏硬度试验
- GB/T 17455 无损检测 表面检测的金相复型技术
- GB/T 26952 焊缝无损检测 焊缝磁粉检测 验收等级
- CB/T 3694 现场金相复型检验方法
- JB/T 3223 焊接材料质量管理规程
- JB/T 9630.2 汽轮机铸钢件超声波探伤及质量分级方法
- JB/T 6050 钢铁热处理零件硬度检验通则
- NB/T 25023 核电厂常规岛焊接材料评定与验收规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

梯度多功能复合材料 gradient multifunction composites

将具有不同金相组织、力学性能、化学成分的金属冶金梯度化结合成的功能复合材料。如在同一修复区域内由结合层、过渡层、工作层和加工层组成，各层具不同功能特性的金属熔合体。

4 一般规定

4.1 总则

4.1.1 大型钢铁工件修复前，应进行工艺评定试验，形成修复工艺评定报告，并编制相应的修复工艺技术方案。

4.1.2 所用焊接修复用材料的验收应按相关规定执行。

4.1.3 大型钢铁工件的修复工艺和质量验收符合国家、行业相关标准的规定（合同另有约定除外）。

4.2 施工单位

4.2.1 承担大型钢铁工件修复的施工单位应具备国家颁布的相应资质证书，以及完善的质量管理、环境应对、职业健康及安全管理体系。

4.2.2 施工单位应明确修复技术负责人，负责审批修复工艺技术方案等工艺文件，全面负责落实修复工程技术质量管理。

4.3 人员资格

4.3.1 担任技术负责人应具有中级以上技术职称，并取得相应工程师任职资格，或从事相关工作五年以上的技术人员。

4.3.2 从事质量检查检验人员，应经过专业培训、考核并取得相应资格证书。

4.3.3 操作工应进行基本知识和实际操作技能培训、并持有有效期内作业操作证，持证上岗。

4.4 设备仪器

施工单位应具有完备的设备和设施，相关仪器仪表应按计量规定定期校验，并处于有效期内。

4.5 修复材料

4.5.1 修复焊接材料质量应符合国家、行业标准（含自制的发明专利材料）；进口材料应符合其采购技术条件，并满足设计和工艺文件规定的技术要求并提供产品质量证书。

4.5.2 焊接修复材料的存放、使用管理应符合 JB/T 3223 的相关规定。

4.6 修复工艺方案

4.6.1 施工单位在修复作业前，应以规范的修复工艺评定报告及相关技术标准规定为依据，编制完整的修复工艺方案和修复作业指导书，用以指导修复施工。

4.6.2 确认待修复材质符合工况条件、原技术要求，并对破损部位的大小、硬度、损坏程度进行准确描述，提供检测报告，在此基础上制定修复方案，用于指导修复作业实施记录表的制定。修复工艺方案至少应包括：

- a) 待修复工件材质分析；
- b) 工件缺陷描述；
- c) 环境描述及对策；
- d) 缺陷清理工艺；
- e) 熔敷材料设计方案（需要工艺评定时，附工艺评定报告）；
- f) 熔敷坡口设计；
- g) 预热及保温工艺；

- h) 熔敷工艺（含熔敷次序、熔敷焊接参数等）；
- i) 机加工方案；
- j) 验收技术指标及验收方式；
- k) 安全措施。

工艺管理人员依据以上修复工艺方案编制具体作业实施记录表，作业实施记录表按以上方案内容以表格的形式交作业实施人员。实施人员需如实填写，并签名确认。

4.7 修复作业流程

修复作业流程如图 1 所示。

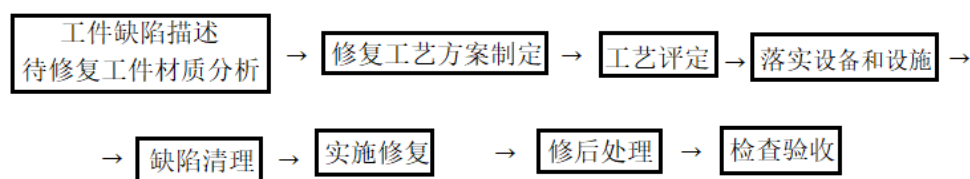


图1 修复作业流程

5 修复前准备

5.1 母材性能分析及修复用梯度功能复合材料的配制

5.1.1 受损工件材质分析

对受损工件的材质进行分析，根据相关技术文件和工艺评定试验结果，制定合适的工艺修复技术方案。

5.1.2 修复材料的工艺评定

用于修复的材料应经过工艺评定，作为制定修复工艺方案的依据。

5.1.3 梯度功能复合材料的配制

修复需要采用梯度功能复合材料时，应根据受损工件材质及工况设计配制。梯度功能复合材料由结合层、过渡层、工作层、加工层组成。

推荐设计原则如下：

- a) 结合层：金相组织以珠光体组织为主，层间厚度宜为2mm -4mm，其抗拉强度大于等于500MPa；
- b) 过渡层：金相组织为马氏体加贝氏体，以马氏体为主，层间厚度宜为 2mm -4mm，抗拉强度大于等于 500MPa；
- c) 工作层：以奥氏体组织为主，含有多种合金相，以适应耐磨损、耐蚀、耐热、耐冲击，合金相的选择以工况条件和技术要求为依据；
- d) 加工层：以铁素体组织为主。

除此之外，需要在材料设计时控制 S、P 等杂质元素，以避免熔敷时出现热裂纹和冷裂纹。

5.1.4 修复材料的熔敷工艺评定

所确定的修复材料应经过工艺评定，作为制定方案的依据。

5.2 缺陷判定

5.2.1 采用目视,着色渗透、射线、磁粉或超声波检测等无损检测方法确定缺陷的位置、尺寸、裂纹走向、深度及分布状况,标注并记录。

5.2.2 根据无损探伤检测报告提供的缺陷信息,在分析评估的基础上制定缺陷处理方案。

5.3 缺陷清除

5.3.1 首先记录缺陷位置、分布走向、形状和尺寸。确认裂纹是纵向、横向、树枝状,还是纵横交错,以及确认裂纹的长度、深度及宽度。夹杂层应彻底清除干净,不留有任何隐患。铸造的缺陷(气孔、裂纹、夹层、洞隙等)应清除干净,去掉夹杂物。

5.3.2 采用机械方法去除锈斑层、疲劳层、损坏层、油污层,直至待修复部位整体露出金属的表面层。

5.3.3 采用化学方法对修复部位进行处理,可用化学试剂(如氢氧化钠 NaOH、碳酸钠 Na_2CO_3 、硝酸钠 NaNO_3 等)来消除金属表面残留物。

5.4 开坡口

5.4.1 需要开坡口时,可以开U型坡口,边缘接口 45° 角。坡口表面及边缘50mm范围内的金属母材应无裂纹、分层、夹渣、破损及毛刺等现象(如有按5.3处理),确认达到要求后再进行下一步工序。

5.4.2 对裂纹类缺陷,以裂纹为中心,按工件厚度为半径,开U型坡口,裂纹两侧坡口宽度等于深度,以便基体金属与熔敷层达到冶金结合。

5.4.3 对剥落掉块类缺陷,以掉块部位为基准,清除掉块部位缺陷至无裂纹、分层、夹渣,并向母材四周延伸50mm,掉块边缘开圆弧型坡面。对齿轮类损坏件,在清除齿部缺陷的基础上,坡口向齿根部位宜延伸20mm~30mm。

5.5 设备仪器检查

修复前检查各类气瓶的压力表、软管是否完好,检查割枪、电焊机、无损探伤等设备、仪器、工具是否处于正常状态。

5.6 可拆卸件注意事项

对于可拆卸的工件,拆卸前,技术人员应根据实际尺寸画出原件图纸,便于后续校验及审核验收。

6 熔敷焊接修复工艺

6.1 熔敷焊接修复环境条件及安全防护

6.1.1 一般要求

熔敷焊接修复的一般要求:

a) 熔敷焊接修复现场应避免穿堂风、潮湿等,实行“三防”即防风、防潮、防寒等措施。应当保证工件接地良好。同时加强通风降温,控制作业场所的温度和湿度;

b) 操作工施工时应着全套焊接服、套、罩等上岗,做好安全防护措施,确保安全。使用的各种气体(如二氧化碳气体、氧气、乙炔等)气瓶应分类存放,禁止与明火、爆炸物及油污接触。

6.1.2 风速要求

熔敷焊接时现场的风速不应超过下列规定(当超过规定时,应有防范设施):

- a) 手工电弧焊、埋弧焊、氧气乙炔焊：8m/s；
- b) 氩弧焊、二氧化碳气体保护焊：2m/s；

6.1.3 相对湿度要求

熔敷焊接施工部位 1 米范围内的相对湿度（RH，%）应符合下列规定（如不符合，应采取措施）：

- a) 铝及铝合金焊接：不得大于 80%；
- b) 其他材料焊接：不得大于 90%。

6.1.4 特殊环境要求

雨、雪等特殊环境下作业注意事项：

- a) 施工人员进行操作程序时应穿戴好安全帽，绝缘手套，绝缘胶鞋和工作服等防护用品才能工作；
- b) 在下雨、下雪、刮风期间，尤其是当焊件表面潮湿、覆盖有冰雪；焊工及焊件无保护措施时，不应进行熔敷焊接；
- c) 在潮湿处工作，工作电压超过 24V，不应进行熔敷焊接，在进行工作时，应垫干燥的木板或胶板戴绝缘手套进行施工；
- d) 在干燥处工作，工作电压超过 36V 时，应保持绝缘手套的干燥性。

6.1.5 必要措施

为保证焊工技能正常发挥，必要时需要采取以下措施：

- a) 在较低温度或较高温度下施焊，需要采取措施提高或降低环境温度；
- b) 保证施焊环境有足够的光亮。

6.1.6 有害气体控制

对焊接烟尘等有害气体进行控制，控制方式如下：

- a) 稀释通风——通过自然通风和机械通风方式全面稀释焊接环境内空气中的有害物浓度，使室内空气有害气体浓度符合 GB/T 18883，同时不断地将污染空气排至室外或收集净化；
- b) 局部排风——对局部气流进行排放，使局部工作地点不受有害物的污染，保持良好的空气环境。

6.1.7 易燃易爆物品管理

易燃易爆物品管理的注意事项：

- a) 乙炔瓶或丙烷瓶与氧气瓶应相距 5 米，与火源相距 10 米，与爆炸物相距 20 米；
- b) 氧气瓶不允许吊装、碰撞；
- c) 氧气瓶严禁油污、烟火；
- d) 乙炔瓶丙烷瓶应加装防止回火安全阀；
- e) 氧气管（带）、乙炔管（带）无破损漏气现象，管带接头部位应牢固，无渗漏现象；
- f) 氧气的工作压力超出工件的允许需要时，应由专人看管氧气瓶，以免压力过大发生爆管。

6.2 预热与保温

6.2.1 一般要求

大型钢铁构件缺陷修复需要采取熔敷前预热、熔敷过程保持一定的层间温度及熔敷结束后保温一段时间。

6.2.2 预热与保温工艺

预热与保温工艺应符合下列要求:

- a) 严格按工艺方案提供的预热和保温制度进行预热与保温;
- b) 采取阶梯方式升温,达到设计的预热温度并保持一定的层间温度。熔敷结束后按工艺方案进行保温;
- c) 预热及保温可采用离子辐射炉或便携式加热带加热及火焰加热等方式,有条件的也可以在炉内预热及保温。

6.2.3 升温速度

根据工件体积、重量及膨胀系数等,设计梯度升温表,确保温度控制在设计计算的温度范围内。

6.3 熔敷焊接修复顺序

若采用梯度多功能复合材料修复,其先后顺序是:结合层→过渡层→工作层→加工层。

6.4 电弧熔敷工艺要点

严格按电弧熔敷修复工艺指导书所规定的熔敷工艺参数、熔敷热输入量、熔敷速度、熔敷次序、预热保温及后热等进行施工。

6.5 修复工件的尺寸恢复

6.5.1 尺寸恢复采用手工修复或机械加工方式完成,达到工件修复工艺的技术要求。

6.5.2 修复后的尺寸应与原件基体尺寸保持一致。

6.5.3 在线修复的大型圆柱体如大型回转窑轮带或托轮等,熔敷完成后用样板靠,达到恢复要求。要求整体圆弧度、平整度、粗糙度一致。

6.5.4 坡口不允许有高低差。

6.5.5 采用梯度材料修复的齿轮、轮带,精度应达到5-6级,轮带等大型圆柱体直径8m-10m,样板放在修复部位,接触部位应达到99%以上,间隙0.10mm-0.30mm。

7 质量检验

7.1 一般要求

7.1.1 检验内容:参照相关标准,一般对修复工件外观、几何尺寸、光洁度及硬度进行检验,并进行无损探伤检验。针对齿轮、轮带,可根据用户要求附加其它检验项目。如需要,还可进行金相检验以及进行熔敷层与基体、熔敷层间结合强度的检验等。

7.1.2 质量检验应在交付前进行,检验待修复工件冷却至常温后进行。

7.1.3 质量检验采用自检、互检、专检三结合方式。

7.2 外观检验

符合以下条件即判定外观合格:

- a) 不存在裂纹、未熔合、未焊透、气孔、错位、咬边、凹陷、夹渣等缺陷;
- b) 表面无电弧擦伤划痕;
- c) 外观尺寸、咬边符合设计要求;

- d) 齿类工件各参数（如齿弦厚、齿顶高、公法线长度、变位系数、压力角、周节、模数等）符合使用的技术要求。

7.3 无损检测

7.3.1 检测方法

磁粉检测执行GB/T 26952；超声波检测执行JB/T 9630.2；渗透检测执行GB/T 9443。

7.3.2 合格标准

对熔敷焊接部位无损检测应符合下列规定：

- a) 不存在裂纹、未熔合等平面缺陷；
- b) 超声波（UT）检测，II级以上（仅补焊修复熔敷层深度大于15mm时检测）；
- c) 其他部位符合GB/T 3323 I级要求。

7.4 金相检验

根据需要，可进行金相检验。

7.4.1 检验方法

熔敷层试样按GB/T 17455、CB/T 3694的规定执行。

7.4.2 检验范围

检验范围应包括熔敷层、热影响区、母材。

7.4.3 合格标准

金相检验应符合下列规定：

- a) 检验区域无裂纹及未焊透；焊缝轮廓不允许明显不对称及尺寸达不到设计要求；
- b) 焊接熔敷区金相组织无明显网状。

7.5 结合强度

结合强度应符合下列要求：

- a) 根据需要，可进行结合强度检验；
- b) 结合强度检验可用拉伸试验机进行；
- c) 试验过程中修复区域熔敷层金属应无脱落、剥离；熔敷层与基体、熔敷层间结合强度大于等于500MPa。在达到500MPa前无开裂等现象；
- d) 采用梯度材料修复的齿轮、轮带，修复层和基体的结合强度大于等于500MPa。

7.6 硬度测试

7.6.1 测试方法

现场硬度测试可采用便携式硬度计，按照GB/T 2654、GB/T 17394、JB/T 6050规定的试验方法进行。

7.6.2 测试范围

硬度测试范围应包括母材、熔敷焊接修复区域之焊缝金属、熔合区和热影响区。

7.6.3 合格标准

硬度测试应符合下列要求：

- a) 熔敷焊接修复区域（或经热处理后）之表面硬度值不低于原母材表面硬度值；
- b) 采用梯度多功能复合材料修复的齿轮硬度应满足：硬面齿轮的硬度 HRC 在 55-62 之间，中硬面齿轮的硬度 HRC40-46，一般碳素钢 HRC35-38。

7.7 粗糙度

7.7.1 检验方法及范围

利用粗糙度测试仪测定熔敷焊接修复区域之熔敷区、熔合区及热影响区。

7.7.2 合格标准

粗糙度Ra小于或等于 $3.2\mu\text{m}$ 。

7.8 圆弧度

圆弧度应符合下列要：

- a) 在线作业，大型圆柱体的工件圆弧度合格范围 0.10mm-0.30mm；
- b) 离线作业，大型圆柱体的工件圆弧度合格范围 0.01mm-0.03mm。

7.9 同轴度

同轴度应符合下列要求：

- a) 对于直径 1m-3m 辊轮、轴件需要检验其同轴度，同轴度达到用户图纸的技术要求为合格；
- b) 对于直径 3m-10m 的工件，其同轴度达到用户图纸的技术要求为合格。

7.10 跳动量

跳动量应达到用户图纸的技术要求。

7.11 疲劳性

修复区的抗疲劳可以通过整机分体试验检测，或者可以取适量修复区进行抗疲劳性试验分析与母材的力学性能进行对比。

7.12 耐磨性

采用摩擦实验机和分光密度仪，按GB/T 12444执行磨损试验，可以取适量修复区进行耐磨性试验，与母材进行对比。

7.13 耐压性

采用5KN金属膜片耐压力测试仪对修复区进行抗耐压性能测试，与母材进行对比。

7.14 耐热性

现场耐热性可采用便携式温度计对修复区进行耐热性能测试，与母材进行对比。

7.15 冲击试验

冲击试验按GB/T 2650的相关规定进行，断口应无焊接缺陷。

8 缺陷返修

8.1 经检测不合格的工件，可以返修，返修不应超过 2 次。

8.2 返修修复和检验要求按本标准有关条款执行。

9 技术文件

9.1 修复技术资料汇编

修复技术资料由施工单位技术人员负责汇编。

9.2 资料移交及内容

施工单位应向使用单位移交的技术资料内容，由双方协商确定或移交以下内容：

- a) 修复工程一览表；
- b) 修复质量报告书；
- c) 相关技术人员资格证书复印件；
- d) 修复工艺评定项目；
- e) 修复过程记录、处理记录、检验报告；
- f) 其他用户需要提供的文件资料。

9.3 施工单位原始、竣工资料

修复施工单位应建立修复工件的原始及修复竣工资料，包括：

- a) 修复施工组织设计；
 - b) 修复工艺方案及修复作业实施记录表；
 - c) 相关工艺评定报告；
 - d) 处理、修复、检验记录图表和检验报告；
 - e) 修复前缺陷检查原始记录。
-