

团 体 标 准

T/HNNMIA 34—2023

盾构机刮刀感应钎焊技术导则

Guidelines for Induction Brazing of Shield Machine Scraper

2023-4-18 发布

2023-4-18 实施

河南省有色金属行业协会 发布

目 次

| | |
|-----------------------------------|----|
| 前 言 | II |
| 1 范围 | 3 |
| 2 规范性引用文件 | 3 |
| 3 术语和定义 | 3 |
| 4 基本要求 | 3 |
| 5 钎焊材料 | 4 |
| 6 设备与工装 | 4 |
| 7 钎焊工艺过程 | 4 |
| 8 质量要求 | 6 |
| 9 检验 | 6 |
| 10 标识、贮存及记录 | 7 |
| 附 录 A （规范性） 盾构机刮刀焊缝钎着率测试方法 | 8 |
| 附 录 B （资料性） 盾构机刮刀感应钎焊推荐用钎料 | 9 |
| 附 录 C （资料性） 盾构机刮刀感应钎焊工艺记录格式 | 10 |

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。

本文件中附录A、B为资料性附录、附录C为规范性附录。

本文件由郑州机械研究所有限公司提出。

本文件由河南省有色金属行业协会归口。

本文件起草单位：郑州机械研究所有限公司、中铁工程装备集团有限公司、宁波中机松兰刀具科技有限公司、盾构及掘进技术国家重点实验室、西南交通大学、中铁工程装备集团隧道设备制造有限公司。

本文件主要起草人：路全彬、龙伟民、钟素娟、郑永光、卢高明、丁天然、王锴、黄俊兰、胡登文、李永、董宏伟、周许升、吴奇隆、董博文、李文彬、朱宏涛。

盾构机刮刀感应钎焊技术导则

1 范围

本文件规定了盾构机刮刀感应钎焊技术基本要求，钎焊材料选用，设备与工装，钎焊工艺过程，质量要求、检验，标识、贮存及记录。

本文件适用于盾构机刮刀的感应钎焊工艺与质量控制。

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 3077 | 合金结构钢 |
| GB/T 11345 | 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定 |
| GB/T 11363 | 钎焊接头强度试验方法 |
| GB/T 18376.2 | 硬质合金牌号 第2部分：地质、矿山工具用硬质合金牌号 |
| GB/T 33148 | 钎焊术语 |
| JB/T 6045 | 硬钎焊用钎剂 |
| JB/T 6966 | 钎缝外观质量评定方法 |

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

盾构机刮刀 Shield machine scraper

安装在全断面隧道掘进机刀盘上，对作业面岩石进行刮削剥离的刀具。

3.2

感应钎焊 Induction brazing

利用电磁感应原理，使电磁能在钎料和工件中转化成热能，将钎料加热到熔融状态，从而将工件连接在一起的焊接方法。

4 基本要求

4.1 人员

- 4.1.1 掌握感应钎焊相关知识，经专业培训后持证上岗。
- 4.1.2 掌握环境保护和职业健康安全相关知识，能解决工艺过程中出现的问题。
- 4.1.3 掌握感应钎焊设备、仪器操作方法。
- 4.1.4 按照工艺要求进行操作，并填写工艺记录。

4.2 环境

- 4.2.1 工作场所整洁有序、照明良好。
- 4.2.2 工作台面干净，物料摆放整齐。
- 4.2.3 钎焊厂房设有通风装置、防火防爆措施。

4.3 安全

- 4.3.1 设备电源应可靠接地，定期对设备水、电、气进行安全检查。
- 4.3.2 设备在检定合格期内，按使用说明书及安全操作规程使用。
- 4.3.3 易燃易爆品的管理应遵守工厂技术安全的有关规定。

5 钎焊材料

5.1 母材

盾构机刮刀钢基体材料应符合GB/T 3077的规定，硬质合金材料应符合GB/T 18376.2中YG8、YT5、YT15、YT30的规定。

5.2 钎料

- 5.2.1 钎料形态包括丝、棒、箔、膏、颗粒及预成型等。推荐选用箔状钎料。
- 5.2.2 钎料推荐选用液相线温度在1000℃以下银钎料或铜钎料，牌号及主要成分参照附录A。

5.3 钎剂

- 5.3.1 钎剂形态为粉状或膏状。
- 5.3.2 钎剂成分应符合JB/T 6045的规定，银钎剂推荐选用FB101、FB102、FB103、FB104中的一种或多种，铜钎剂推荐选用FB301、FB302中的一种或多种。

6 设备与工装

6.1 感应钎焊设备

感应电源额定功率为：100kW~300kW、电流频率为5kHz~20kHz；配套感应线圈材质为纯铜，其内径、匝数依据刀具尺寸和结构而定。

6.2 辅助设备

超声波清洗机、储能点焊设备、喷砂机等辅助设备满足盾构机刮刀感应钎焊工艺要求。

6.3 工装

- 6.3.1 工装在钎焊温度下应保持尺寸稳定性和足够的强度、刚度，并有保持合适钎缝间隙的能力。
- 6.3.2 工装采用热容量小、不污染钎焊环境的材料。推荐采用不锈钢、石墨等。

7 钎焊工艺过程

7.1 钎焊工艺验证

7.1.1 当出现下列情况之一时均应进行感应钎焊工艺验证：

- a) 新产品投产；
- b) 钎焊材料、钎焊温度等工艺参数变化；
- c) 更换钎焊材料生产厂家；
- d) 采用新的感应钎焊设备；
- e) 感应钎焊设备大修、改造或搬迁；
- f) 超过一年未使用的感应钎焊设备重新投入使用。

7.1.2 钎焊工艺验证应采用工件或与工件母材和钎料相同的钎焊试件进行。

7.1.3 钎焊工艺验证确定的工艺参数应纳入工件的钎焊生产工艺文件中，钎焊工艺验证试验结果应按规定记录并存档。

7.2 钎焊工艺流程

盾构机刮刀感应钎焊工艺流程见图1。

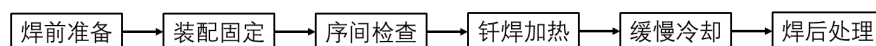


图1 工艺流程图

7.3 操作工艺内容

7.3.1 焊前准备

7.3.1.1 检查硬质合金块外观。

7.3.1.2 检查钢基体槽型尺寸。

7.3.1.3 硬质合金、钢基体表面喷砂清理。

7.3.1.4 用丙酮或酒精超声波清洗钢基体、硬质合金块，干燥备用。

7.3.1.5 砂纸打磨钎料表面后酒精擦拭、晾干备用。箔状钎料裁剪成与钎焊面形状相近的片状备用。

7.3.1.6 感应钎焊设备检查。

7.3.2 装配固定

7.3.2.1 按照图纸要求进行装配，确保钢基体与硬质合金块间相互位置固定。

7.3.2.2 钎剂涂在钢基体待焊处，依次放置涂有钎剂的钎料和硬质合金块。

7.3.2.3 应选用耐高温且与刀体线膨胀系数差异小的工装固定，使待焊部位与线圈间隙为3mm~6mm。

7.3.2.4 钎焊接头推荐钎缝间隙为0.05mm~0.15mm，最佳间隙由试验评审后确定。

7.3.2.5 根据实际情况确定钎料用量，防止钎料无序流动。

7.3.3 序间检查

组件装配、固定后应符合技术文件要求，钎料摆放、钎剂使用应符合工艺要求。

7.3.4 钎焊加热

7.3.4.1 钎焊温度

钎焊温度应比钎料液相线高30℃~50℃，推荐选用钎料的钎焊温度范围可参照附录A。

7.3.4.2 加热速度

避免直接加热硬质合金，应缓热、均热。加热速度需结合硬质合金待焊面积和钎料特性等因素综合考虑。推荐加热速度见表1。

表1 刮刀感应钎焊推荐加热速度/℃·s⁻¹

| 硬质合金待焊面积 /mm ² | YG8 | YT5 | YT15 | YT30 |
|------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| <20 | 80-100 | 60-80 | 50-60 | 30-40 |
| 20-40 | 20-30 | 15-20 | 12-15 | 10-12 |
| >40 | 15-20 | 10-15 | 小于10 | 小于10 |

7.3.4.3 保温时间

对于最大边长 $\leq 15\text{cm}$ 的盾构机刮刀,推荐保温时间为 $15\text{min}\sim 25\text{min}$;对于最大边长 $> 15\text{cm}$ 的盾构机刮刀,推荐保温时间为 $30\text{min}\sim 45\text{min}$

7.3.4.4 排气排渣

钎料处于熔化状态时,用陶瓷棒点住硬质合金块,轻微错位、振动硬质合金块 $3\sim 5$ 次,使气泡、夹渣排出。

7.3.5 缓慢冷却

7.3.5.1 对于最大边长 $\leq 15\text{cm}$ 的盾构机刮刀,焊后放在干燥的生石灰、云母粉或石棉粉中缓慢冷却。

7.3.5.2 对于最大边长 $> 15\text{cm}$ 的盾构机刮刀,焊后立即放入 $250^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ 的炉中保温 $6\text{h}\sim 8\text{h}$ 后随炉冷却。

7.3.6 焊后处理

7.3.6.1 刀具焊后应及时喷砂清除表面氧化皮。

7.3.6.2 刀具表面多余的钎料可采用磨削或锉修的方法进行修正。

8 质量要求

8.1 尺寸及偏差

应检查硬质合金块与钢基体的配合位置、刀具尺寸及公差是否满足图样要求。焊后需进行加工的刀具应保证有足够的余量以满足最终尺寸要求。

8.2 外观质量

8.2.1 钎缝外露部位均应有钎料,钎缝应光滑连续。

8.2.2 钎缝表面应平滑、光洁,不应有影响使用的夹渣、气孔、过烧、氧化、焊瘤、未焊透等缺欠。

8.2.3 钎缝不允许存在以下缺欠

8.2.3.1 硬质合金存在开裂、脱焊,钎缝处存在穿透性缺欠和大面积夹渣。

8.2.3.2 钎缝堆积过高、凹凸不平。

8.2.4 钎着率

盾构机刮刀钎焊接头钎着率应 $\geq 85\%$ 。

8.2.5 剪切强度

盾构机刮刀钎焊接头剪切强度应符合表2的规定。

表2 盾构机刮刀钎焊接头的剪切强度

| 剪切强度 (τ_{a}) / MPa | 断裂位置 |
|----------------------------------|---------------------------|
| ≥ 240 | 试样断裂位置应在焊缝处,且硬质合金无大面积碎裂现象 |

9 检验

9.1 检验规则

9.1.1 刀具在焊前准备、装配与固定、焊后处理后均应进行检验。

9.1.2 钎缝应 100%进行目视外观检验，必要时使用 5~10 倍放大镜观察，对于有阻挡视线、不能直接目视的部位可采用反光镜观察。

9.2 检验方法

9.2.1 外观检验按照 JB/T 6966 的规定执行。

9.2.2 裂纹、疏松、缩松和气孔等表面缺欠宜采用渗透法检验。

9.2.3 钎缝的内部缺欠按照 GB/T 11345 的规定执行。

9.2.4 钎着率测试

钎着率测试按附录C的规定执行。

9.2.5 剪切强度测试

剪切强度测试按GB/T 11363的规定执行。

10 标识、贮存及记录

10.1 标识

每批产品钎焊完工后应填写随工单，并随该产品流转到下一工序。随工单包括下列内容：

- a) 工序编号；
- b) 工序名称；
- c) 设备编号；
- d) 加工数量；
- e) 加工日期；
- f) 操作人员名称；
- g) 质量检验结论。

10.2 贮存

对钎焊后的盾构机刮刀，使用专用包装盒包装好后，应贮存在环境温度为10~30℃，相对湿度不大于55%RH，周围没有酸、碱或其它腐蚀性介质且通风良好的库房里。

10.3 记录

工艺记录应按规定格式填写，工艺记录应包括设备类型、设备型号、刀具类型、生产日期、操作人员，以及生产过程中不合格品数量类型。工艺记录应清晰整洁，划改处应签名并填写日期。记录格式可参照附录B。

附录 A
(规范性)
盾构机刮刀焊缝钎着率测试方法

A.1 试样

取样位置根据不同检验部位要求进行。沿着硬质合金头部垂直于钎焊平面割两个平行平面，将两个平行平面之间的部分作为试样。两平行平面间距不小于10mm（见图C.1）。

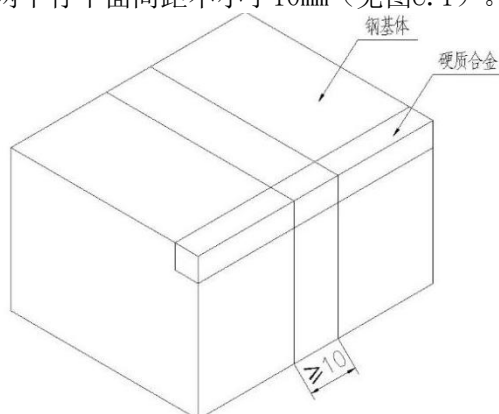


图 B.1 取样示意图

A.2 清洗

将试样表面用丙酮擦干净、干燥。

A.3 试验步骤

- 1) 将试样置于5~10倍的体式显微镜载物台上；
- 2) 观察截面上焊缝的夹杂、气孔、缩松等缺欠位置；
- 3) 测量焊缝的实际长度。由公式C.1计算得到接头钎着率 A 。为提高准确性。同时测量5组，取其平均值。

A.4 试验结果的表述

按下式计算试样接头钎着率 A ：

$$A = \frac{L_1}{L} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- A — 接头钎着率（%）；
 L_1 — 纵、横两截面上实测有效焊缝长度之和（mm）；
 L — 纵、横两截面上理论计算焊缝长度之和（mm）。

附 录 B
(资料性)
盾构机刮刀感应钎焊推荐用钎料

盾构机刮刀感应钎焊用钎料见表A.1。

表 A.1 盾构机刮刀感应钎焊用钎料

| 牌号 | 主要化学成分 (质量分数, %) | 熔化温度范围 | | 推荐钎焊温度(°C) | 主要特性 |
|---------------|----------------------------------------------|---------|---------|------------|---------------|
| | | 固相线(°C) | 液相线(°C) | | |
| BCuMnNi | Cu-(12~15)Mn-(2.0~3.5)Ni | 960 | 1000 | 1020~1050 | 适于盾构刮刀的高温感应钎焊 |
| BCuZnMn | Cu-(20~38)Zn-(4~25)Mn | 830 | 909 | 860~950 | |
| BCu58ZnMnCo | Cu-(35~38)Zn-(2~3)Mn-(2~3)Co | 890 | 925 | 945~970 | |
| BCu48ZnNi | Cu-(41~45)Zn-(9.5~10)Ni | 921 | 935 | 965~990 | |
| BCu57ZnMnCo | Cu-(38~40)Zn-(1~3)Mn-(1~3)Co | 890 | 930 | 950~970 | |
| BAg49CuZnMnNi | Ag-(15~18)Cu-(20~25)Zn-(7~8)Mn-(3.5~5)Ni | 625 | 705 | 725~750 | 适于盾构刮刀的低温感应钎焊 |
| BAg45CuZnSn | Ag-(28~30)Cu-(22~25)Zn-(2.5~3.5)Sn | 677 | 743 | 770~790 | |
| BAg40CuZnNi | Ag-(26~28)Cu-(26~30)Zn-(1.5~3)Ni | 670 | 780 | 800~830 | |
| BAg45CdZnCu | Ag-(14~16)Cu-(15~18)Zn-(22~25)Cd | 595 | 630 | 660~680 | |
| BAg40CuZnCdNi | Ag-(14~16)Cu-(15~18)Zn-(25~28)Cd-(0.1~0.5)Ni | 595 | 605 | 635~680 | |
| BAg40CuZnNi | Ag-(28~30)Cu-(28~30)Zn-(1.5~2.5)Ni | 671 | 779 | 800~850 | |

附 录 C
(资料性)
盾构机刮刀感应钎焊工艺记录格式

盾构机刮刀感应钎焊工艺记录格式见表B.1。

表 B.1 盾构刮刀感应钎焊工艺记录卡

| | | |
|------|------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 工序名称 | 设备类型 | <input type="checkbox"/> 分体式高频感应焊机 <input type="checkbox"/> 一体式高频感应焊机 |
| | 设备型号 | |
| | 刀具类型 | |
| 感应钎焊 | 钎焊材料 | |
| | 钎焊温度 (°C) | |
| | 加热时间 (min) | |
| | 保温时间 (min) | |
| | 缓冷方式 | |
| | 操作人/日期 | |
| 检 验 | 不合格品类型 | 数量 (只) |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | 总计 | 合格数: (只) |
| | 操作人/日期 | |