

# 关于立磨堆焊辊套运行中出现剥落失效的分析及检验

郑金娣<sup>1</sup> 孙大勇<sup>2</sup>

1. 合肥水泥研究设计院工程设计公司 安徽合肥 230051

2. 合肥中亚建材装备有限责任公司 安徽合肥 230051

**摘要:** 随着耐磨材料水平的提升, 辊套的耐磨寿命得到了显著改善。但伴随着水泥行业的不断发展, 企业管理水平的不断提高, 对耐磨辊套的使用寿命提出了越来越高的要求。此次, 针对立磨堆焊辊套在高压力下易出现剥落失效, 分析可能是焊丝成分, 堆焊层表面及内部有松动或密集性气孔等宏观多重性缺陷等原因造成, 为排除堆焊层缺陷、辊套基体缺陷, 耐磨堆焊辊套的检测增加了超声波、磁粉及渗透等无损检测方法, 增加了基体堆焊层侧双晶探头检查, 确保堆焊打底层融合良好; 耐磨层采用逐层检查, 尽量多找出影响焊缝质量的未融合、气孔、贯穿裂纹或密集性缺陷。通过对辊套的检验, 分析出剥落失效的原因, 从而得出更优质的堆焊层和更高效的堆焊参数, 进而验证了焊接规程是否正确, 为制定正式的焊接工艺指导书或焊接工艺卡提供技术数据。

**关键词:** 药芯焊丝成分; 辊套基体检查; 堆焊层检查; 检测方法选用

## Analysis and inspection of spalling failure in vertical mill surfacing roller sleeve

Jindi Zheng<sup>1</sup>, Dayong Sun<sup>2</sup>

1. Engineering Design Company of Hefei Cement Research and Design Institute, Hefei, Anhui, 230051

2. Hefei Zhongya Building Materials Equipment Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230051

**Abstract:** With the improvement of wear-resistant materials, the wear-resistant life of roller sleeves has been significantly improved. However, with the continuous development of the cement industry and the continuous improvement of enterprise management level, the service life of wear-resistant roller sleeves is put forward higher and higher requirements. This time, the vertical mill surfacing roller sleeve under high pressure is prone to flake failure, we analyze that it may be caused by welding wire composition, loose or dense pores on the surface and inside of the surfacing layer, and other macroscopic multiple defects. To eliminate the defects of the surfacing layer and the base of the roll sleeve, ultrasonic, magnetic powder, and penetration nondestructive testing methods are added to the detection of the wear-resistant surfacing roller sleeve, and double crystal probe inspection is added to the side of the base of the surfacing layer to ensure the good fusion of the bottom layer. The wear-resistant layer shall be inspected layer by layer to find out as much as possible about the non-fusion, porosity, penetrating cracks, or intensive defects that affect the weld quality. Through the inspection of the roller sleeve, this paper analyzes the reasons for the failure of peeling to get a better surfacing layer and more efficient surfacing parameters. This verifies that the welding procedure is correct and provides technical data for the development of formal welding process instructions or welding process cards.

**Keywords:** composition of flux-cored welding wire; inspection of roller sleeve substrate; inspection of surfacing layer; selection of detection method

## 引言:

耐磨堆焊技术可显著增加设备的使用寿命,降低了企业采购新部件成本,为企业带来显著的经济效益,有着不可估量的发展前景。耐磨辊套结构多为轮胎型,基体为铸钢件,硬面层为耐磨合金堆焊。耐磨层在堆焊过程中因材料热胀冷缩加上合金耐磨层硬度较高,焊层表面形成龟裂。因此,关于堆焊层内部是否有未融合或贯穿裂纹等严重缺陷,一直是一个检测难题。

### 1. 耐磨堆焊辊套的质量检测

主要从药芯焊丝成分及性能、基体加工表面及内部、堆焊层结合面及层间、成品机械性能等几个方面进行检查。包括:化学成分光谱分析、辊套基体及堆焊层拉伸、冲击及抗压机械性能检测,基体热处理曲线、堆焊层洛氏硬度检查、显微组织及形貌、磨料磨损试验、基体内部超声波检测、基体及堆焊层结合面超声波检测、堆焊层间渗透检测等项目。

#### 1.1 耐磨合金焊丝及焊剂质量检查

铁基堆焊耐磨焊丝可分为高铬合金堆焊耐磨焊丝和碳化钨堆焊耐磨焊丝等,焊丝配方多种多样,供货商以追求焊层硬度来提高耐磨性作为商业契机,吸引用户者眼球。正常情况,堆焊层硬度增加,磨料切入表面金属受到的阻力就越大,当材料频繁冲击磨损,随着冲击时间和频率增加,如若堆焊层韧性不够,堆焊层表面就会出现犁沟。因此,除焊丝常规检查外,对焊丝的元素组成、质量分数、显微组织及分布形貌分析研究至关重要。

根据合金体系中所含的不同元素通常将堆焊合金体系分为两大类,自溶性合金和金属基复合堆焊合金。含有B元素和SI元素的一般被当作自溶性合金体系,这是由于两种元素的熔点在950~1150℃之间,他们的存在使得合金体系的熔点都有一定程度的降低,而且元素本身就具有良好的润湿性,在脱氧、造渣、除气上都有良好的体现,可以通过多种焊接方法将合金粉末熔覆到基体上,当熔池凝固,堆焊层就出现大量的第二项质点弥散分布,从而产生弥散强化。

另外一种堆焊合金是由硬度较高的基体组成,叫做金属复合堆焊合金。合金也可以通过多种焊接方式,相对自溶性合金,金属基复合堆焊合金在硬度、耐磨指标上都有更好的表现,主要原因是堆焊合金和基体之间能实现冶金结合,还可以在表面进行多层堆焊,能随意控制堆焊层厚度,使得零部件使用寿命极大提高,所以此类堆焊合金有很大市场。

常用的金属复合堆焊合金中,元素Cr是形成硬质相的主要元素,它的含量直接影响堆焊层的表面硬度,一般Cr含量不会超过20%。微量元素硼形成硼化物形态多样,当聚集的硼化物数量过多,部分硼化物颗粒与 $\gamma$ -Fe等基体界面结合强度低,在磨粒、碾压作用下易于松动、断裂而脱落。

2022年佳木斯大学刘奇聪等,在Cr含量对Fe-C-B系耐磨合金堆焊层组织和硬度的影响<sup>[1]</sup>中通过光学显微镜观察堆焊层金属的微观组织,将金相试件利用扫描电镜SEM采集其显微组织,利用能谱仪EDS做能谱分析,来确定各个元素原子百分比,比较准确的判断出物相形态、元素组成及分布。对耐磨堆焊层组织形貌、金相组成及硬度分析,得出Cr元素可以促使硬质相Fe<sub>2</sub>B的析出,增加堆焊合金韧性,但Cr元素添加量通常不会超过20%,抑制了堆焊层硬质相Fe<sub>2</sub>B内部的显微裂纹。堆焊层的硬度随着Cr含量的增加而增加,当微碳铬铁粉添加含量为55%时,堆焊层硬度高达65.5HRC。

2014年湘潭大学机械工程学院龚建勋在Fe-Cr-B-C系堆焊合金的显微组织及耐磨性<sup>[2]</sup>中,通过光学显微镜、扫描电镜、X射线衍射和微区EDS分析等手段研究其显微组织及分布形貌,得出Fe-Cr-B-C的显微组织由铁素体+奥氏体+马氏体+硼化物,硼化物成条状、菊花状、块状、蜂窝状等形态,不同硼化物数量及分布形态随硼含量而改变,其中最为典型的呈菊花状聚集分布,当聚集的硼化物数量过多,部分硼化物颗粒与 $\gamma$ -Fe等基体界面结合强度低,在磨粒、碾压作用下易于松动、断裂而脱落。2017年沈阳工业大学勾健在多元复合强化耐磨堆焊药芯焊丝的研究<sup>[3]</sup>中得出,少量的硼就会降低材料的塑性和韧性,因此硼含量被严格限制。硼含量大于2%时,硬质相钉扎在晶界,能够阻碍晶界的迁移,助长了结晶裂纹的产生。

#### 1.2 辊套基体的质量检查

辊套基体材质为铸钢件,结构为轮胎型。如图1所示,研磨区外侧为斜面,内侧一部分斜面,一部分R区。超声波穿透厚度时刻在变,同时斜面造成声能衰减,超声波无法正常反射,给检测带来很大困难。加上,铸造行业承受社会的多方面压力,正常情况均为连续生产,库房零库存,避免资金积压。如遇到生产任务重,交期紧张时,很多供货商就会省略基体内侧的打磨,从而也会减少内外面磁粉及超声波检查,或者有些件仅进行抽检,一点盖面、草草了事,这样势必会造成隐患部件出厂。因此,一直以来,基体的质量还需得到提升和改善。

为避免隐患部件出厂,检测方法进行了改进,增加了基体内侧超声波检测,堆焊层侧增加聚焦双晶探头,以此来规避近场区漏检。



图1 辊套基体展示图

### 1.3 堆焊层的质量检查

耐磨辊套堆焊应采用自动堆焊方法为主,包括埋弧焊和明弧焊。根据基体成分及成品耐磨性能要求,选择合理的堆焊材料作为打底层和硬面层。堆焊过程中,边焊边检焊道的裂纹情况,敲击检查焊层融合情况及有无空鼓(未融合)等缺陷,堆焊后耐磨层应平整光滑。堆焊层允许有分布均匀致密的龟裂纹,但不应有贯穿性裂纹和密集型缺陷。关于堆焊层与基体接合面融合是否良好,焊层之间是否有影响性能的密集型缺陷等问题,因基体表面龟裂,无法从堆焊层侧采用超声波进行内部检测。检测方法进行了改进,从辊套基体内侧(A面)对堆焊层分层检查,打底过渡层堆焊完,进行超声波检测,判断堆焊层与基体是否完全融合。如图2所示,硬面层堆焊完,继续从辊套内侧进行超声波检测,观察堆焊层声动态,分析未融合部位。

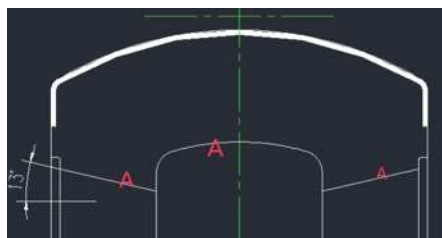


图2 堆焊层的质量检查解析图

### 1.4 辊套成品的检查

焊后24小时,进行表面龟裂形貌、尺寸、试棒机械性能、洛氏硬度、磨料磨损、超声波及渗透等检查。或从在用辊套磨损表面分析得出可能产生的原因,利用排除法找出改进措施。

### 2. 检验方法的选择原则

辊套基体不允许存在裂纹、缩孔、较大面积的空洞等严重性缺陷,同时对基体做光谱分析,确保基体具有良好的可焊性。除基体常规化学成分、机械性能及尺寸等检测外,基体内外两面进行100%超声波检测,探头选用进口软保护膜探头,频率2.5HZ。为避免探头近场区漏检,基体堆焊层侧增加双晶纵波聚焦直探头一组,进行辊套基体表面深0~15mm检测,以此确保堆焊层区域无严重缺陷。堆焊层层间选用渗透或磁粉检测,优先选用灵敏度高、操作方便荧光磁粉检测,避免焊层有贯穿裂纹等严重性缺陷。当结构或条件受到限制,无法进行磁粉检测时,增加表面渗透检测。

### 3. 小结

综上所述,基体超声波检测保证了再制造中基体的循环使用,确保了堆焊层侧近表面无影响堆焊的缺陷,尽量防止焊层脱落撕裂基体。耐磨层层间选用逐层检测,以此来更多的了解焊层间龟裂情况,避免龟裂延伸,保证融合良好。

### 参考文献:

- [1]刘奇聪,马振,吕鹏,等.Cr含量对Fe-B-C系耐磨合金堆焊层组织和硬度的影响[J].焊接,2022(02):26-31.
- [2]龚建勋,李丹,肖逸锋,等.Fe-Cr-B-C堆焊合金的显微组织及耐磨性[J].湘潭大学机械工程学院,2014, TG422.1.
- [3]勾健.多元复合强化耐磨堆焊药芯焊丝的研究[J].沈阳工业大学,2017, TG406.