

## 烧结机齿辊、篦板的堆焊修复研究

余光明, 钟毅, 段立人

(武汉钢铁集团公司, 武汉 430083)

**摘 要:**通过对大型烧结破碎机齿辊、篦板的工况和失效分析研究, 自主研制开发了一种高铬铸铁耐磨堆焊合金, 优化了焊接工艺, 改进了制造工艺, 摸索出了一套成熟的制造技术, 并取得了成功。

**关键词:** 烧结; 齿辊; 篦板

中图分类号: TG455

文献标识码: A

文章编号: 1007-9289(2006)03-0051-04

### Research on Surfacing Repair for Gear Roller and Comb Board of Sinter Machine

YU Guang-ming, ZHONG Yi, DUAN Li-ren

(Wuhan Iron and Steel (group) Corporation, Wuhan 430080)

**Abstract:** Through the research on working condition and failure analysis of gear rollers and comb boards of large sintering-crushing machines, a sort of high chromium cast iron wear-resistant alloy was developed independently. The welding process was optimized and improved, a series of mature manufacture technologies were approached t successfully.

**Key words:** sinter; gear roller; comb board

## 0 引 言

现代大型烧结机生产所用的烧结矿全部采用单辊破碎机一次性破碎, 其中单齿辊和篦板是单辊破碎机的主要耐磨部件, 其质量好坏直接影响到破碎机的使用寿命。由于破碎机的对象是炽热的烧结矿, 因此要求齿辊和篦板应具有优异的高温耐磨性和抗冲击性<sup>[1]</sup>。

武钢 435 m<sup>2</sup>和 360 m<sup>2</sup> 烧结机原先引进国外专利技术制造的齿辊和篦板(专利技术采用在全齿辊面和篦板的工作面包覆一层特殊高铬铸铁堆焊材料, 可大大提高苛刻工况条件下的耐磨性), 使用寿命均在 1 年以上, 代表了现代大型烧结机齿辊和篦板的先进水平。后经国内某专业厂家技术消化后供货, 使用后发现寿命较低。武钢通过 8 台套烧结原品单齿辊篦板的耐磨堆焊修复实践积累了宝贵经验, 为研制 360 m<sup>2</sup>烧结机非水冷单齿辊篦板奠定了基础。

## 1 单齿辊和篦板工况和失效

### 1.1 单齿辊、篦板结构

武钢 360 m<sup>2</sup> 烧结机非水冷单齿辊位于烧结机

上部, 单重 30 余吨, 材质 25 钢, 由辊轴和齿冠二构件组成, 其形状、尺寸和结构如图 1 所示:

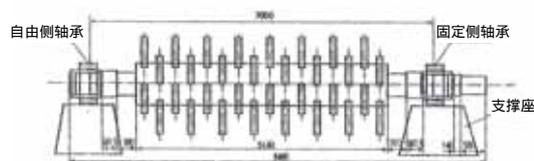


图 1 360 m<sup>2</sup>烧结机非水冷单齿辊结构简图

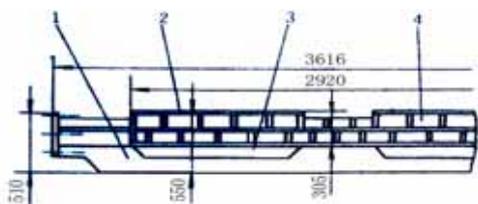
Fig.1 Structure of non-water-cooling single tooth roller of 360 m<sup>2</sup> sintering machine

在  $\phi 800$  mm 的辊轴上轴向均匀分布 14 排共 42 片带刃状齿冠, 齿厚 120 mm。齿间距 310 mm。每一排 3 片齿冠周向呈 120° 分布。齿冠系与辊轴通过角焊缝连接焊成一体。紧靠在单齿辊下面, 则布置有整体组装的共 17 块篦板, 篦板厚 130 mm。工作时, 单齿辊 14 排齿冠通过相邻二块篦板 180 mm 间隔中的转动, 实现对大块炽热烧结矿的破碎, 转速 7.43 r/min。最终获得所需要的粒度小于 150 mm 的成品烧结矿。篦板形状、尺寸如图 2 所示。

为保证单齿辊和篦板的耐磨性, 国内某专业厂家原单齿辊  $\phi 800$  mm 全辊面包覆有 5 mm 厚耐磨堆焊层, 堆焊材料为 PKD-420 ( $\phi 5$  mm) 焊条, 而磨

收稿日期: 2006-04-20; 修回日期: 2006-05-08

作者简介: 余光明(1966-), 男(汉), 武汉人, 总工, 学士。



1-本体 2-骨架 3-FHW850B 4-FKC430

图2 360 m<sup>2</sup>烧结机篦板结构简图Fig.2 Structure of grid board of 360 m<sup>2</sup> sintering machine

损最严重的齿冠刃部以及篦板上正对炽热烧结矿的刃部则堆焊有 40~50 mm 的 PKD-430 ( $\phi$  12 mm) 耐磨合金。

PKD-430 高铬铸铁堆焊合金成分如表 1 所示, 国内某专业厂家采用 PKD-430 合金堆焊后的硬度测为 56~58 HRC。

## 1.2 原品单齿辊、篦板主要失效形式及原因分析

由国内某专业厂家制造的 360 m<sup>2</sup> 烧结机非水冷单齿辊, 除辊轴耐磨层基本上属于正常磨粒磨损失效外, 磨损较严重的齿冠刃部、篦板刃部容易发生疲劳剥落, 齿冠和辊轴相连接的 R30 耐磨堆焊合金层还易出现断裂等失效现象。由于原品制造质量不过关, 国内某专业厂家多件单齿辊在服役过程中, 先后发生一个或多个齿冠从辊轴整体脱落事故, 致使烧结生产中, 造成较大的直接和间接经济损失。

表 1 堆焊合金成分 (%)

Table 1 Composition of overlaying alloy

PKD-430 化学成分				
C	Si	Mn	Cr	Mo
4.4	2.2	1.3	27.8	1.65
Nb	W	V	Fe	
0.3	1.6	1.6	其余	

文中研究选用 RAYMX4PC 型红外线测温仪, 对武钢家三烧、四烧烧结机工况条件下的热参数进行了测试。

实测结果表明: 正常生产条件下, 烧结矿温度最高为 800 ~ 900 。对非水冷型的齿辊而言, 单齿辊臂 400 ~ 500 。单齿辊  $\phi$  800 mm 的辊面, 受炽热烧结矿的辐射导热和轻微接触导热作用, 温度比 400 ~ 500 略低; 齿冠刃部则受与炽热

烧结矿强制性挤压作用, 温升较高, 可达 700 ~ 800 。

金相分析表明, 导致原品单齿辊篦板耐磨层早期磨损和剥落的主要原因是采用 PKD-430 ( $\phi$  12) 裸焊棒, 900~1000 A 电流规范进行手工堆焊时焊道保护不良, 熔融金属“喷溅”现象严重, 焊道形成较多的夹渣、孔洞等宏观缺陷; 另外, 多层堆焊时, 二次重熔条件下高铬铸铁堆焊层容易出现脆化组织, 形成带有引起剥落的微裂纹。

至于原品单齿辊齿冠使用过程中脱落, 则是因为 42 片齿冠和辊轴双 U 型坡口角连接焊缝焊接质量不过关, 即焊接工位不佳, 熔透性不良, “虚焊”现象的原因, 亦有未预热, 过大的结构刚性和接头导热率, D506 熔敷金属淬硬脆化等可能。

## 2 堆焊修复工艺

本研究共成功修复 8 套单齿辊和篦板。其中既有自然失效, 也有因质量问题导致的报废产品。

### 2.1 失效形式

单齿辊主要表现为: 齿辊角焊缝严重贯穿性裂纹、磨损已发展到角焊缝根部, 即将脱落或完全脱落; 齿冠勾部或刃部严重磨损。篦板则主要表现为: 弯曲失效; 刃部严重磨损和掉块。

### 2.2 堆焊修复工艺要点

#### 2.2.1 角连接焊缝的补焊

采用碳弧切割或电弧切割方式, 将辊轴与齿冠角焊缝附近的原耐磨堆焊层清除干净, 暴露出 25 钢基体。齿辊角焊缝坡口 K 型坡口需重新加工或气割 (现场抢修)。用槽钢前后左右将补焊齿冠刚固定后, 采用 J506 低氢焊条, 局部预热 150 , 实施二侧面角焊缝对称焊。焊后进行 250  $\times$  10 min 左右的焊缝去氢处理。

#### 2.2.2 齿冠勾部或刃部

由于该处磨损尺度大, 必须采用碳弧切割暴露出 25 钢基体, 重新用 8 mm 钢板预制网格, 和 25 钢基体焊成一体后, 用 PKD-430 铸焊棒堆焊。焊后同样需按前述规范进行去氢处理。

#### 2.2.3 关于焊接热制度

制造堆焊时, 由于 PKD-430 是大热输入堆焊, D667 系连续堆焊, 不预热反而有利。后者可抑制由于高铬铸铁合金珠光体组织比例的增加带来耐

磨性下降,但局部区域的修复堆焊,特别是辊轴和齿冠角焊缝耐磨层修复堆焊,由于应力条件相对恶劣,原则上均应进行150 °左右的预热和焊后去氢处理。

### 2.2.4 “隔离焊道”的应用

辊轴和42片齿冠角焊缝反R型耐磨层是磨损严重部位,和原辊轴耐磨层的结合强度对该处抗剥落性影响甚大,研究采用“隔离焊道”方法解决,即用PKD-430补焊角焊缝耐磨堆焊层前,先用奥氏体402不锈钢焊条沿原耐磨层周边“锁边”堆焊,隔离新旧焊道。可防止使用过程中,裂纹在较大应力作用下向周边迅速扩展而剥落的危险。

### 2.3 变形控制

由于存在弯曲变形和存在挠曲变形,为保证篦板所需的平直度,修复堆焊前要对使用失效变形的篦板矫直,可采用“分区逐步退焊”和“体积对称焊”的方法进行篦板修复堆焊时的变形控制。

## 3 改进的堆焊制造技术

### 3.1 单齿辊、篦板制造的工艺对策

为延长新研制齿辊和篦板的使用寿命,攻关组采取了相应对策:

#### 3.1.1 齿冠表面耐磨层分次堆焊,增加探伤工序

沈阳重机42片齿冠和辊轴角连接焊缝质量不高是造成掉齿的主要原因之一。为保证角焊缝质量的可检测性,调整了原品制造工艺,即齿冠与辊轴连接焊前,靠辊轴150 mm范围先不堆焊耐磨合金层,便于角焊缝焊毕并经48 h时效后,可采用超声波探伤检测。

该角焊缝连接焊时,除严格150 °以上的预热温度外,在水平横焊工位下双面对称焊,应确保双U型坡口根部焊透性和上坡口的良好熔合性。

齿冠和辊轴R30角焊缝上耐磨补强堆焊亦很关键,除保证不低于6 mm的高铬铸铁堆焊层外,焊条运条方向必须平行齿冠根部轨迹线,避免形成平行角焊缝的焊接裂纹走向,会加速齿冠使用过程中的掉落。

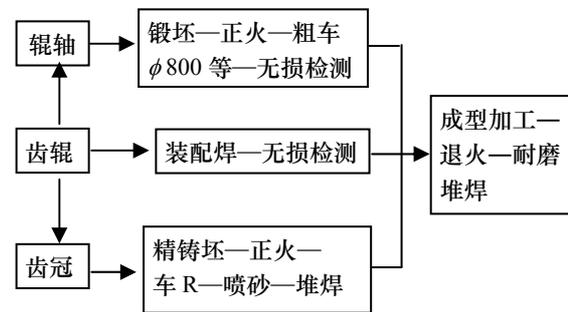
#### 3.1.2 制造工艺的编制和质量保证

非水冷单齿辊,重达30余吨,制造精度要求较高。本研究对原制造工艺作了诸多改进和调整。如:齿冠原板坯件改为精密铸造件;为保证齿冠铸坯待堆焊表面良好的焊接性,增加了喷砂工序;为

保证42片齿冠相对辊轴的同心度,径向、周向、特别是轴向相邻二齿冠(310±0.30) mm定位的准确性,除设计了专门的胎具外,齿冠与辊轴R400弧采用机加工来保证与辊轴φ800 mm外圆面的良好配合;为防止焊接变形,每一齿冠二侧角焊缝均采用对称焊;齿冠定位胎具退火后再气割、打磨处理,等等。

### 3.2 工序要点

因篦板结构相对简单,仅以武钢家360 m<sup>2</sup>烧结机非水冷单齿辊的研制主要工序内容举例如下。下图为工序网络示意图:



主要工序工艺要点如下:

#### (1) 齿辊锻坯—正火

25钢,锻比≥3,始锻温度1200 °,终锻温度850 °,锻后860 ~880 °正火处理,150 °出炉。上述热管理制度须避免辊轴表面出现超标网状组织。

#### (2) 齿辊CR61125粗车+深孔钻

车辊轴φ800 mm外径到位,辊颈留加工余量,加工φ120 mm深孔,偏车二端面,预加工顶尖孔。为了保证42片齿冠在辊轴轴向和周向的准确定位,在φ800 mm辊轴上刻基准线槽作为后续齿冠装配焊装配基准。

#### (3) 齿辊无损检测

辊面按GB/T6402-1991标准超声波探伤检查合格。特别是通过金相检验,确认网状组织不得高于国标2级,以避免大面积堆焊时堆焊层可能的剥落。

#### (4) 齿冠精密铸造—正火

材质35钢,铸件正火处理。考虑必要的收缩量,除R400尺寸外,其余尺寸精密铸造一次成型。

#### (5) 齿冠C534车

保证齿冠与齿辊周向角焊缝贴合良好的R400尺寸,对装配焊控制每二个齿冠间0.30 mm的尺寸控制精度影响甚大,故齿冠精铸坯要在立车上成片



