

文章编号:1002-025X(2007)02-0071-02

# 连铸机导辊的带极堆焊修复

张相福

(济南钢铁集团总公司 机制公司, 山东 济南 250101)

**摘要:**分析了连铸机导辊的工作环境及破坏机理,通过进行堆焊修复试验,表明采用带极纵向堆焊、边重叠堆焊法、辅碳氮强化等新技术,应用0Cr13NiMoN堆焊金属及合理的焊接工艺,能得到具有高质量焊缝的堆焊辊。

**关键词:**带极堆焊;辅碳氮强化技术;0Cr13NiMoN堆焊金属

**中图分类号:** TG455      **文献标识码:** B

连铸机导辊(简称连铸辊)是连铸机的关键部件,其工作条件异常恶劣,承受着冷热疲劳、冲击、弯曲、高温氧化以及磨损。从结晶器拉出的连铸钢坯呈半塑性状态,温度在1 000℃以上,钢坯经若干对导辊导出,导辊同时承受冷热疲劳、高温氧化和粘着磨损,其主要失效形式是辊面产生冷热疲劳裂纹。要求在高温下(600℃)耐磨, HRC≥50,抗氧化,同时还受到循环水的反复急冷,在高温下长期工作的堆焊金属或母材,可能产生蠕变破坏。温度的交替变化还会因热应力导致热疲劳或热冲击破坏。这些情况都使在高温环境中工作的工件的磨损问题更加复杂化。高温可能引起堆焊金属硬化组织的回火或稳定组织的暂时软化,或因产生相变,使其硬度和脆性发生改变,此外还可能加剧氧化或起鳞。因此,必须根据工作条件,仔细地选择能在高温下工作的合适的堆焊材料。

带极堆焊技术是近几年在国外首先开发应用的新工艺,较埋弧焊速度快、效率高,焊接部件的使用寿命可提高1.5~3倍以上,成本大大降低,适合旧件修复和新件制作。主要应用于冶金、化工、矿山、工程机械等方面耐高温、耐冲击零部件的表面处理。

氮化物比碳化物具有更高的高温稳定性,在高温下硬度降低不很明显,有力地保证了轧辊的工作性能,因此决定选用一种氮强化堆焊材料来代替传统的碳强化堆焊材料,而且氮强化金属时效硬化的特点十分适合于连铸辊的堆焊。

## 1 带极堆焊的优势

与传统的螺旋堆焊相比,带极纵向堆焊具有以下优点:

- (1) 熔深浅、熔敷金属的稀释率低,有利于堆焊材料的充分利用。
- (2) 带极堆焊能减少焊缝中的气孔和结晶裂纹。由于带极

堆焊的熔池体积较大,带极电弧对熔池金属有搅拌作用,所以熔池中气体易上浮逸出,改善了结晶条件,焊缝力学性能得到提高。

(3) 堆焊层表面熔合区小,有利于提高连铸辊的使用寿命,熔合线处碳化物、氮化物在第2次的焊接加热过程中沿晶界分布会有所改变,导致其抗热疲劳能力明显降低,则熔合线处是堆焊金属抗热疲劳的一个“薄弱地带”。

(4) 堆焊层表面熔合线的方向与连铸辊的受力方向垂直交叉,不易使熔合线的“薄弱地带”在受力的情况下快速扩展,有利于提高连铸辊的使用寿命。螺旋堆焊产生的熔合线与连铸辊的受力方向相同,且熔合线的分布密度大,而带极堆焊在其垂直方向每40~45 mm有一个熔合线。

(5) 带极堆焊熔池不易过热,熔滴过渡是在电弧之前产生的,因此热影响区很少出现过热组织。

(6) 带极堆焊的焊接电流较大,所以带极熔化率和熔化系数比丝极高2~3倍,通常带极熔化率可达60~70 kg/h,熔化系数达60 g/(A·h)。

(7) 带极堆焊易实现自动化、机械化生产。带极自动输送,机头沿焊缝自动行走,只是一盘焊带焊完后,才重换焊带,生产效率很高。

(8) 带极堆焊的劳动条件好。在焊接过程中,无弧、少烟、金属飞溅很少,易清渣。

## 2 堆焊焊带

金属表面由于外来物体的连续快速度的冲击引起的磨损称为冲击磨损。一般表现为表面变形、开裂和凿削剥离。

如果由于冲击产生的表面应力低于堆焊材料的压缩屈服应力,而且堆焊层下部的基材有足够的强度,在冲击作用下不会产生次表面的流变,即使是脆性的堆焊层也能长期工作。因此,马氏体合金铸铁和高铬合金铸铁堆焊材料能在轻度和中度

冲击的条件下工作,但必须注意堆焊层应有一定的厚度,而且能得到较强基体的有效支撑,可见马氏体合金铸铁和高铬合金铸铁堆焊材料并不是连铸辊堆焊的最佳材料。

在冲击磨损中,冲击速度起着十分重要的作用,当速度很快时,即使冲击力不大,也能使表面应力大大超过材料的抗压屈服强度。奥氏体锰钢由于具有不稳定的奥氏体组织,当受到严重冲击时,将发生表面硬化。然而次表面仍然是高韧性的奥氏体,成为最常用的抗严重冲击或严重冲击和磨料磨损联合作用下的整体材料,但不是最合适的堆焊材料。

经分析和试验,决定采用哈焊所提供的一种用氮强化的耐热、耐磨带极堆焊材料HW-H1Cr13Ni4MoN,焊剂选用HW-SJ315。堆焊金属的力学性能见表1。

表1 堆焊金属的力学性能

焊材	$\sigma_y$ /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	$\delta_5$ (%)	$A_{kv}$ /J	HRC	热处理状态
焊丝 H10Mn, SJ112	1 140	870	2	46	41	焊态
	850	680	16	52	30	600 °C×2 h
焊带 H1Cr13Ni4MoN, SJ315	1 250	930	4	43	46	焊态
	890	750	19	48	38	600 °C×2 h

用1Cr13Ni4MoN堆焊金属在轧辊二次修复时不需预加工处理,只做简单的表面清理即可堆焊,因此大大降低了成本。

氮强化堆焊层金属具有时效硬化的优点,轧辊刚堆焊完的堆焊层硬度只有HRC42~48,非常便于加工,但随着时间的推移硬度会明显提高,最高可达HRC60。

氮化物比碳化物具有更高的高温稳定性,在高温下硬度降低不很明显,保证了轧辊的工作性能。

均匀的堆焊层有利于获得良好的力学性能,一方面可以减少焊材的消耗量,可以减少对基材的烧损,另一方面还能减少加工量,降低加工成本。

与Cr13合金相比,H1Cr13Ni4MoN配用SJ315中的S,P等杂质含量减小,一方面提高了抗裂性能,另一方面提高了韧性,细化晶粒,从而提高了抗热裂性。但是C含量的降低,必然减弱材料的强化作用,而N的加入很好地解决了这一问题,它有如下几个作用:

(1) 抑制 $\delta$ 铁素体相的形成,提高耐冷热疲劳性能。

(2) 适当加入氮,使氮化物的析出范围扩大,促进了微合金元素的有效作用,提高了材料的高温屈服强度,抑制了材料的高温蠕变变形,而塑性不降低。

实践表明,采用带极焊工艺堆焊修复的综合成本约为埋弧焊的1/3~1/2,且使堆焊件的使用寿命大大提高。

### 3 加工、堆焊工艺路线和参数的确定

为保证连铸辊的内在质量和性能,在堆焊前和精加工后对连铸辊进行磁粉和超声波探伤,测试堆焊层的表面硬度。其工艺过程如下:

粗车→磁粉和超声波探伤→带极堆焊耐磨层→焊后去应力退火处理→焊后粗车→磁粉和超声波探伤,测试硬度→精车,外径留磨量→磨削外径成形。

通过反复试验、对比,最后确定的焊接参数见表2。

表2 焊接参数

焊丝直径/mm	极性	焊接电流/A
2.5	直流正接	250~350
电弧电压/V	焊丝伸出长/mm	焊速/(m·min <sup>-1</sup> )
26~30	35~40	2.5~3

具体堆焊工艺如下:

(1) 耐热、耐磨焊带的堆焊。焊带尺寸0.4 mm×50 mm,焊接电流220~240 A,堆焊层厚度为5~6 mm,堆焊层表面平滑美观,无焊接缺陷。

(2) 焊后保温缓冷。为了使堆焊的硬质合金表面不出现热裂纹,在堆焊后的合金面上用石棉布盖住,使合金面缓慢冷却,避免热裂纹的产生。

堆焊后进行去应力退火处理:退火温度500 °C,保温4~6 h,炉冷,以释放在堆焊过程中所产生的内应力,改善切削加工性能,使硬度达到HRC55~57。

由于一般埋弧堆焊的连铸辊使用寿命短,对于年产300万t以上的大型板坯连铸生产线来说,每年更换的连铸辊达1 000多根。这样,企业每年需花费数千万元堆焊修复费用,这还不包括因停产检修而造成的更大的经济损失。采用带极堆焊后,优良的堆焊层性能极大地提高了连铸辊的寿命。

### 4 结论

(1) 采用H1Cr13Ni4MoN低碳、氮强化焊带配合SJ315焊剂,按上述工艺堆焊的大板坯连铸机连铸辊,堆焊工艺性能好,无焊接缺陷,氮强化效果明显,经退火处理后,可以进行正常的机械加工。

(2) 堆焊后的连铸辊经使用表明,其高温耐磨性、高温耐疲劳性良好。其磨损均匀,且磨损量小,第一次使用无龟裂,可以减径使用一次。

(3) 连铸辊减径使用一次,即可节省堆焊费用。由于采用了1Cr13NiMoN型堆焊金属,在轧辊二次修复时不需要预加工处理,只做简单的表面清理即可堆焊,因此大大降低了预加工成本。由此可见,此项技术的经济效益是显著的,可以在同类型的连铸辊堆焊生产上应用和推广。

### 参考文献:

- [1] 成大先,王德夫,姬奎生,等.机械设计手册(第4版)[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [2] 钱在中,高惠玲,钱红,等.焊接技术手册[M].山西太原:山西科学技术出版社,1999.