

# 采用金属型喷涂工艺开发连轧辊

张浩然<sup>1</sup>, 刘丽娟<sup>2</sup>

- 包钢集团冶金轧辊制造有限公司, 内蒙古 包头 014010;
- 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心, 内蒙古 包头 014010)

**摘要:**通过优化连轧辊的化学成分、生产工艺等关键控制点,对比分析了优化前后连轧辊的力学性能和显微组织,结果表明采用金属型喷涂工艺开发连轧凹面辊,提高了铸铁轧辊的工作层硬度和耐磨性,降低了人工劳动成本,为将来开发大型带槽轧辊和辊环提供了技术基础。

**关键词:**金属型喷涂工艺;喷涂;挂砂;带槽轧辊

中图分类号: TG174.4; TE986

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2022)05-0032-03

## Development of Continuous Rolling Roll with Metal Spraying Process

Zhang Hao-ran<sup>1</sup>, Liu Li-juan<sup>2</sup>

- Baotou Steel Group Metallurgical Roll Manufacturing Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;
- Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

**Abstract:** In the paper, it is found that the hardness and wear resistance of working layer for cast iron roll are improved as well as the labor costs are reduced by developing continuous rolling concave roll with the metal spraying process through optimizing such key control points as the chemical composition and production process of continuous rolling roll as well as comparing and analyzing its mechanical properties and microstructure before and after optimization, which provide the technical basis for developing large grooved roll and roll collar in future.

**Key words:** metal spraying process; spray; sand hanging; grooved roll

型钢的种类很多,轧制时轧辊有开槽轧辊和万能轧机轧辊两种,对于轧制无缝管所用的连轧辊为开槽轧辊。目前连轧辊生产方式有两种,一种为“无限冷硬工艺”铸成平辊,然后加工孔型,所生产的轧辊最大缺点是孔型部位的耐磨层在加工孔型时被切除,导致孔型部位硬度落差较大、硬度低、耐磨性差;另一种为“对开式冷型挂砂工艺”铸出连轧辊

孔型,虽然降低了加工费用,但是砂型的急冷效果差,孔型部位加工量不均匀,导致硬度不均,耐磨性无法更好地满足用户需求<sup>[1-3]</sup>。“金属型喷涂工艺”能够提高设备金属表面的耐磨性、耐腐蚀性,也能进一步提高设备金属表面的耐高温性能<sup>[4]</sup>。采用“金属型喷涂工艺”铸造带槽的连轧辊,是提高连轧辊凹面处硬度和耐磨性的最佳方法。

## 1 试验材料及方法

连轧凹面辊材质为 SGP II,其化学成分如表 1

表 1 金属型喷涂工艺生产连轧凹面辊化学成分(质量分数)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Mg	%
3.0~3.6	1.6~1.9	0.5~0.9	≤0.2	≤0.02	2.0~2.4	0.35~0.50	0.2~0.5	≥0.04	

热处理可使轧辊晶粒细化,从而提高轧辊的强度和耐磨性。由于金属型喷涂工艺生产的连轧凹面辊在凝固后辊身内部产生的铸造应力较大,因此采用正火+回火的热处理工艺,如图 1 所示。

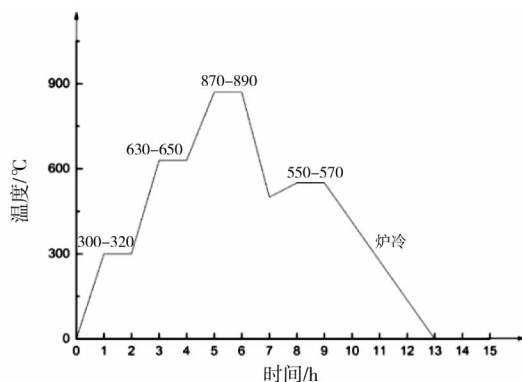


图 1 热处理工艺示意图

## 2 试验结果及分析

共研制生产了 14 支连轧凹面辊,化学成分和硬

度检测如表 2 所示,化学成分中 C、Si、Cr 的含量与硬度值的变化有着密切的联系,辊号为 150601 和 150701 执行的是原“对开式冷型挂砂工艺”的化学内控标准,C 含量为 3.15%~3.35%,Si 含量为 1.55%~1.75%,Cr 含量为 0.45%~0.47%,该化学成分在使用原“对开式冷型挂砂工艺”时,硬度值比较高,无法满足客户所要求的硬度(HB)在 350~400。辊号为 151004—151106 是采用“金属型喷涂工艺”生产的,表中数据显示采用“金属型喷涂工艺”生产的轧辊的硬度值均在客户要求的硬度(HB)在 350~400 之间,且 H1、H2、H3 的硬度值波动较小,硬度保持相对均匀。图 2 是轧辊的显微组织形貌,晶粒尺寸细小,碳化物含量在 20%~30%,组织为珠光体。

采用“金属型喷涂工艺”生产连轧辊辊身在其化学成分内硬度得到有效控制,同时提高 Si 元素的含量,冶炼时可以提高废轧辊的加入量,降低生产成本。

表 2 金属型连轧凹面辊化学成分及硬度

辊号	化学成分(质量分数)/%									布氏硬度值(HB)		
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Mg	H1	H2	H3
150601	3.30	1.70	0.72	0.116	0.013	2.09	0.445	0.32	0.055	420	394	431
150701	3.24	1.65	0.71	0.114	0.011	2.06	0.461	0.33	0.052	405	380	415
151004	3.20	1.86	0.77	0.119	0.017	2.48	0.416	0.35	0.045	372	365	375
151005	3.20	1.86	0.77	0.119	0.017	2.48	0.416	0.35	0.045	376	370	378
151006	3.20	1.86	0.77	0.119	0.017	2.48	0.416	0.35	0.045	380	375	382
151007	3.31	1.88	0.65	0.121	0.017	2.16	0.409	0.33	0.042	382	377	385
151008	3.31	1.88	0.65	0.121	0.017	2.16	0.409	0.33	0.042	385	380	387
151009	3.31	1.88	0.65	0.121	0.017	2.16	0.409	0.33	0.042	380	375	382
151101	3.05	1.93	0.62	0.100	0.016	2.37	0.413	0.37	0.064	376	368	375
151102	3.05	1.93	0.62	0.100	0.016	2.37	0.413	0.37	0.064	368	360	373
151103	3.05	1.93	0.62	0.100	0.016	2.37	0.413	0.37	0.064	370	365	372
151104	3.17	1.75	0.63	0.114	0.014	2.09	0.430	0.31	0.061	375	370	379
151105	3.17	1.75	0.63	0.114	0.014	2.09	0.430	0.31	0.061	382	372	380
151106	3.17	1.75	0.63	0.114	0.014	2.09	0.430	0.31	0.061	372	364	375

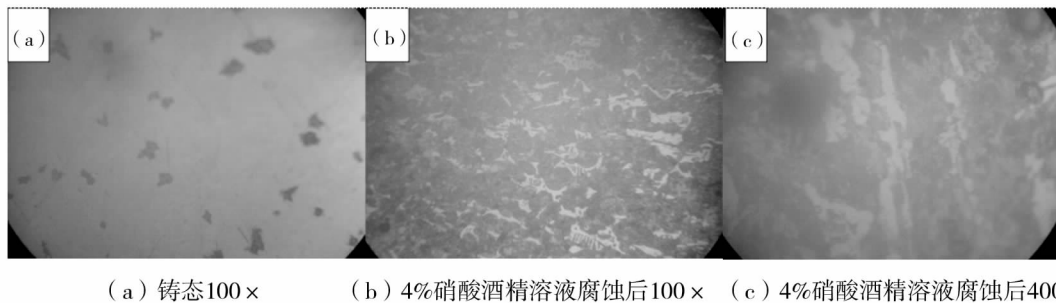


图 2 辊身金相组织

### 3 试验难点及优化措施

#### 3.1 活块的数量和活块之间的缝隙

活块的数量由活块自身重量决定,活块数量越多,重量越轻,释放应力效果越好。但是数量太多,合箱操作难度加大,通过使用立体模拟软件,准确的计算出活块的重量,最终选定所有规格活块分为 8 等份,合箱操作比较方便。

活块与活块之间的缝隙是生产一大难题,试制过程中,出现活块无法从轧辊辊身取出的现象。通过多次试验分析,确定缝隙控制在 3.5 mm 左右较为合理。

#### 3.2 采用一体式冷型

连轧辊带有凹槽,生产时一般采用冷型一分为二,也叫对开式冷型,浇注冷却后方便脱箱,但是通过多次试验后,对开式冷型在浇注完铁水后已经将所把合的螺栓合锻卡破坏,造成辊身开裂。本工艺采用了一体式冷型可以在脱箱时滑块与辊身同时拔出,避免了开裂现象。

#### 3.3 冷型加工和活块装配

为了防止活块滑落,冷型中下部加工成斜面,但是脱箱非常困难,冷型只能反向脱出,在一定程度上阻止了铁水的向下收缩,如图 3 所示。

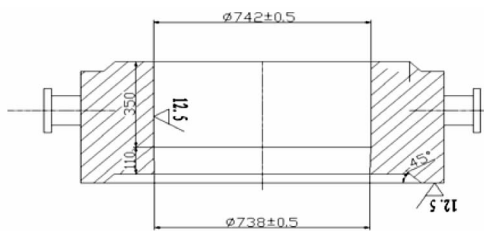


图 3 斜面冷型

通过多次的试验证明,冷型内侧不需要斜度,金属之间的摩擦力和活块之间的胀紧力,足以使活块牢固地贴附在直面冷型内侧,如图 4 所示。活块圆弧表面的光洁度直接影响脱箱以及轧辊凹槽的表面质量,通过采用“消失模铸造工艺”保证了活块表面的光洁度。

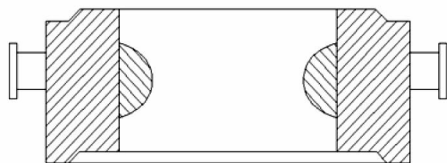


图 4 直面冷型与活块装配图

### 4 金属型喷涂工艺材料及人工成本

采用挂砂工艺生产凹面辊时,每支轧辊大约需要 2 人半天时间完成,辅助材料需消耗约 300 元,凹面成型率 98%。在本次工艺改进为金属型后,相对于挂砂工艺,每支轧辊人工成本降低 90%,材料消耗降低 80%,凹面成型率提高到 99.5%。

### 5 用户使用情况

使用挂砂工艺生产轧辊很难保证 3 000 支过钢量,经过改为金属型喷涂工艺后,过钢量稳定在 3 500 ~ 4 000 支。由于急冷效果良好,使得组织致密,在轧辊下线再次加工时硬度落差较小,提高了轧辊的耐磨性,下一步将继续调整工艺,使得过钢量稳定在 5 000 支以上。

### 6 结论

(1) 金属型喷涂工艺生产的连轧辊满足用户要  
(下转第 54 页)

于  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{s}$  时,转变产物均为贝氏体(B);冷却速度高于  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{s}$  且低于  $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{s}$  时,转变产物为贝氏体(B) + 马氏体(M);冷却速度高于  $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{s}$  时,转变产物全为马氏体(M)。

### 参 考 文 献

[1] 周兴波,杜效鹤. 2018 年全球水电发展现状与

开发潜力分析[J]. 水利水电科技进展,2019, 39(3):18-23.

[2] 齐俊杰,黄运华,张跃. 微合金化钢[M]. 北京:冶金工业出版社,2006.

[3] 李智丽,杨维宇,白雅琼,等. 27SiMn 钢奥氏体连续冷却转变曲线[J]. 热加工工艺,2011,40(22):45-47.

(上接第 34 页)

求同时生产时可提高废轧辊的利用率,降低生产成本。

(2)采用金属型喷涂工艺生产,操作方便、工序简单,极大的降低了工人的劳动强度。

### 参 考 文 献

[1] 文铁铮,郭玉珍. 轧辊制造技术新论[M]. 石家庄:河北科学技术出版社,2014.

[2] 李济玉. 合金球铁轧辊在连续式热轧中型型钢轧机上的应用[J]. 铸造技术,1993,(4):6-8.

[3] 刘宝存. 型钢轧辊制造方法及提高其耐磨性的对策[J]. 铸造设备与工艺,2018,(1):27-28.

[4] 邵骞,黄新华,张雷. 金属喷涂工艺在干气脱硫塔表面维修中的应用探讨[J]. 全面腐蚀控制,2019,(7):104-106.