

润滑耐磨梯度材料 LGM 辊环与离子渗硫处理的轧辊

张弋飞, 张昕辉 (北京坚润表面材料研究所, 北京 100034)

摘要: 在钴基碳化钨硬质合金基体上, 研制了一种润滑耐磨梯度材料 LGM 硬质合金及制造工艺, 已成功应用于高速线材轧机的辊环; 通过 XRD 和 AES 分析了梯度材料中硫化物、氧化物组成和浓度分布。介绍了低温离子渗硫处理的冷硬铸铁及冷硬合金铸铁轧辊。实践证明, 梯度材料 LGM 辊环与离子渗硫处理后的铸铁轧辊使用寿命分别提高 50% 和 100%。分析表明 LGM 辊环中硫化物、氧化物在高温下具有良好的润滑耐磨性能, 减少了辊环表面微裂纹产生。

关键词: 梯度材料; 轧辊; 硫化物; 氧化物; 硬质合金; 铸铁

中国分类号: TG162.7

文献标识码: A

文章编号: 0254-6051 (2003)

Lubrication Gradient Material Tungsten Carbon Wire Rod Mill Roller and Ion Sulfurization Method Hot Mill Roller

ZHANG Yi-fei, ZHANG Xin-hui

(Beijing Tough & Lubricant Surface Material Inst. Beijing, 100034)

Abstract: The novel Lubrication Gradient Material (abbreviate LGM) and its process on tungsten carbon was developed, and the wire rod mill rollers of the LGM were served in metallurgy industry. Composition and concentration distribution of metal sulfide and metal oxide on the LGM tungsten carbon rollers were investigated by XRD and AES. The results showed that the cobalt matrix tungsten carbon of LGM remains the tendency of concentration gradient of CoS and Co₃O₄ distribute in depth from surface. Excellent lubrication properties of the LGM tungsten carbon under the high temperature and oil-less environment were obtained, the surface's micro cracks of the LGM components were prone to reduce in the service condition. Comparison with the conventional wire rod mill rollers, lifetime of the LGM rollers increased 50%. The cast iron mill rollers combined with ion sulfurization method for rolling steels was researched as well, lifetime of the sulfurization rollers increased 100%.

Key words: lubrication gradient-material; mill roller; sulfide; oxide; tungsten carbon; cast iron

轧辊、辊环是轧机的关键零件。据统计每生产 1t 钢材, 需要消耗 3kg~5kg 轧辊。我国钢铁产量每年达到一亿吨, 轧辊、辊环消耗量至少需要 30 万吨。轧辊中热轧辊需求量最大, 其材料多为冷硬铸铁、冷硬合金铸铁及碳化钨硬质合金。热轧辊工作温度一般在 800℃~1000℃, 轧制应力大, 寿命短。1985 年, 我们开发研制了“金属零件表面形成硫化物的方法及设备”(简称低温离子渗硫), 并获得发明专利^[1], 已经在近 30 家企业投入生产。

零件经过低温离子渗硫处理后, 硫化物层深度可达到 0.12mm, 但渗层厚度和硫化物表面分布并不均匀。一方面是由尚不清楚的影响因素造成的; 另一方面是由于真空设备中均温困难导致的, 尤其在低温条件下; 如真空回火炉充入氮气并以循环风搅拌来均温^[2]; 在真空离子渗硫工艺温度在 150℃~300℃下, 零件加热时温度与该零件表面积/体积成正比^[3]; 而且不具备真空回火炉充氮搅拌的条件, 零件温度存在偏差, 产品的质量受人工操作水平的限制。为了更进一步提高产品性能, 在多年低温离子渗硫的生产的基础上, 我们取得了新的发明, “具有良好润滑耐磨的金属基复合梯度材料, 其制备方法和用途”, ^[4]简称润滑耐磨梯度材料 LGM, 即金属氧化物及金属硫化物复合梯度材料。目前润滑耐磨梯度材料 LGM 及其制造工艺已成功应用到滚动轴承^[5], 汽车减震器、风磨芯轴^[6]、喷油泵出油阀座等零件的产生中, 其中轧机轴承批量生产达两年。实践证明离子渗硫能够处理的零件, 均可以采用 LGM 工艺。

1 润滑耐磨梯度材料 LGM 辊环^[7]

1.1 碳化钨硬质合金辊环的工况

钴基碳化钨硬质合金辊环主要用于高速线材轧机, 轧制 $\phi 6$ - $\phi 10$ 线材。常用的硬质合金轧辊由碳

作者简介: 张弋飞, 男(1933-), 男, 湖北广济人, 高工, 主要从事金属、非金属表面材料研究与开发。联系电话: 010-66155712

E-mail: lgmttech@vip.sina.com

收稿日期: 2003-09-17

化钨 (WC) 颗粒, 与粘接相 Co 或 Ni 粉混料, 通过压制、烧结等工序制成; 并根据不同轧制条件加入少量 Cr 或 TaC 等, 试验用普通硬质合金辊环化学成分为 (质量分数, %): 9~9.5Co, 90WC, 0.5~1Cr。

碳化钨轧辊在热轧过程中主要受以下几方面的因素影响: ①轧制温度: 轧制温度在 1000℃左右, 轧辊要保持高温下的力学性能; ②轧制应力: 当轧坯通过孔型轧制时, 轧辊主要受到机械应力和温度变化引起的冷热交变应力的共同作用; ③热腐蚀: 冷却水的 PH 值、水温、水压及水中的悬浮状固体与轧制温度共同引起; ④冲击负荷: 国产轧机线速度一般在 50m/s, 进口轧机最高可达 110m/s^[8,9]。这些因素的影响使硬质合金轧辊在生产中的耐磨性降低, 轧辊碎裂, 并直接影响到成品线材表面质量。

1.2 LGM 辊环的制备工艺

LGM 钴基碳化钨硬质合金辊环制备工艺在 LGM-500 型工业设备中进行。在真空室中设置阳极和阴极。被处理的辊环经过表面清洗后, 放置在阴极上; 真空室内安装固体硫蒸发器。按照一定的工艺在真空室中产生硫、氧气氛, 阳极和阴极之间施加 320V~1500V 的直流 (或脉冲) 电压, 产生辉光放电, 工作气压在 200Pa~1Pa 之间, 并在工艺规定温度进行保温。

采用日本 D-MAX-3C 仪器对 LGM 工艺处理后的辊环的相结构进行了 X 射线相分析。结果表明, 工件表面形成了 CoS, Co₃O₄, 这说明 Co 与硫、Co 与氧分别产生了化学反应。用 PHI-610 扫描俄歇探针 (AES) 对 LGM 轧辊断面进行点分析, 由于 Co 作为粘接剂含量不到 10%, Co 形态在基体中呈不连续岛状分布, Co 的硫化物及氧化物同样为非连续分布, 如图 1 所示, 分析表明得到的是硫化物氧化物梯度分布。

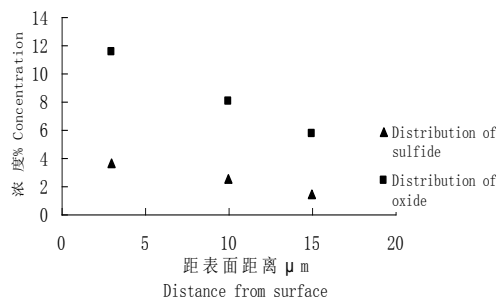


图 1 LGM 辊环 AES 分析

Fig.1 Concentration Distribution of Sulfide and Oxide in LGM tungsten carbon mill rollers

1.3 LGM 辊环的性能

LGM 碳化钨硬质合金辊环在首钢股份公司第三线材厂摩根第 3 代高线精轧机的第 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 架上进行了实际使用。在延长原使用周期的前提下, 减小辊环表面横裂纹生成, 使用结果证明降低了摩擦系数, 减小磨损。经不同工艺处理的硬质合金辊环的使用性能见表 1。

表 1. LGM 硬质合金辊环与普通辊环使用性能对比

Table 1 The properties of LGM tungsten carbon mill rollers compared with conventional rollers

架次	1#槽				2#槽			
	LGM 辊环		普通辊环		LGM 辊环		普通辊环	
	使用天数	每磨次平均轧制量/t	使用天数	每磨次平均轧制量/t	使用天数	每磨次平均轧制量/t	使用天数	每磨次平均轧制量/t
1	6	5700	4	3800	1	950	4	3800
2	6	5700	4	3800	6	5700	4	3800
3	6	5700	4	3800	-	-	4	3800
5	1.5	1430	3	2850	6	5700	3	2850
6	1.5	1430	3	2850	6	5700	3	2850
7	5	4750	3	2850	5	4750	3	2850
8	5	4750	3	2850	5	4750	3	2850
9	5	4750	3	2850	5	4750	3	2850

注: 本试验由于 1#辊环碎裂和 5#, 6#换轧 $\phi 10\text{mm}$ 线材而换辊环, 所以第 1#, 5#, 6#辊环有一个槽试验时间较短。

1.4 结果与分析

经 LGM 工艺处理后使用周期是普通轧辊的 1.5 倍, 即轧制量增加 1.5 倍, 提高单槽的轧制产量, 延长轧辊的使用周期, 并减少修磨量和换辊次数, 具有显著的经济效益。在使用第一个槽时, 使用情况较为正常, 反映在使用相同的时间后, 轧辊槽底的裂纹以纵向裂纹为主, 而不是象硬质合金 WC 轧辊出现的横向裂纹; 第二个槽的使用情况稍差于第一个槽, 反映在使用相应时间后, 孔型磨损情况要稍差于第一个孔型, 即横向裂纹增多, 磨损情况较严重, 与生产环境和其它状况稳定有关。

2 轧辊的低温离子渗硫

2.1 冷硬铸铁轧辊

冷硬铸铁轧辊化学成分(略), 外径 $\phi 246\text{mm}$, 辊身长 500mm , 孔型为椭—圆系, 共 4 组槽 25 个孔轧制 $\phi 8$, $\phi 12$ 规格盘条, 终轧温度 $800^\circ\text{C}\sim 850^\circ\text{C}$, 同时减少轧机零件消耗, 如导位、轴承及调整件。离子渗硫铸铁轧辊与普通轧辊轧制量对比见表 3。

表 3 低温离子渗硫轧辊与普通轧辊压钢数量对比

Table 3 Comparison of conventional mill rollers output with ion sulfurization method rollers

处理工艺	第一组槽压钢数量/t	第二组槽压钢数量/t	第三组槽压钢数量/t	第四组槽压钢数量/t	第五组槽压钢数量/t
渗硫轧辊	623.02	887.63	911.91	861.32	769.11
普通轧辊	378.2	434.41	466.23	442.43	269.96

2.2 中镍铬钼无限冷硬铸铁轧辊

中镍铬钼无限冷硬铸铁轧辊化学成分见表 4。轧辊外径 $\phi 250\text{mm}$, 总长 919.8mm ; 孔径系统: 平椭—立椭—平椭—圆; 热轧温度 $900^\circ\text{C}\sim 1100^\circ\text{C}$, 轧制 60SiMn 低合金及优质碳素钢, 经离子渗硫后中镍铬钼无限冷硬铸铁轧辊与普通轧辊轧制量对比见表 5。在磨损情况相同条件下, 低温离子渗硫轧辊比原轧辊轧制钢材多一倍。由于表面润滑, 轧制出的成品线材表面质量提高。在热轧情况下, 虽然摩擦系数降低, 但没有出现打滑现象从而影响轧机正常咬入。同时减少轧机零件消耗, 如导位、轴承及调整件。如果采用 LGM 材料及工艺, 将会有更优越的性能。

表 4. 中镍铬钼无限冷硬铸铁轧辊化学成分(质量分数, %)

Table 4 The chemical composite of Ni-Cr-Mo cast iron mill rollers

C	Mn	S	Cr	Si	P	Ni	Mo
2.9-3.7	0.4-1.2	≤ 0.12	0.7-1.3	0.6-1.2	≤ 0.25	2.01-3.0	0.2-0.6

表 5 低温离子渗硫热轧辊与普通轧辊寿命对比

Table 5 Output of ion sulfurization Ni-Cr-Mo cast iron mill rollers compared with conventional rollers

处理工艺	一孔可轧制根数/根	工作状态	成品表面
普通轧辊	约 300	轧到 200 根时需要手工磨孔	有麻坑机起棱现象
渗硫轧辊	约 600	连续工作不需要人工处理	光滑无麻坑

3 结语

1. 研制了润滑耐磨梯度材料 LGM 钴基碳化钨硬质合金及制造工艺, 用于高速线材辊环。
2. 研究出低温离子渗硫处理的冷硬铸铁及冷硬合金铸铁轧辊。
3. LGM 辊环及离子渗硫轧辊平均使用寿命分别比普通轧辊提高了 0.5 倍和 1 倍。

参考文献

- [1]张弋飞.金属零件表面形成硫化物层的方法及设备[P].中国专利:CN85106828,1987年12月30日;日本专利:JP1508879,平成1年7月26日;欧洲专利(英国,法国,意大利,德国,瑞典):EP0218916,1991年12月27日
- [2]阎承沛,等.真空热处理工艺与设备设计[M].北京:机械工业出版社,1998:245-246.
- [3]张弋飞,张昕辉,等.从离子渗硫到润滑耐磨梯度材料[J].机械工程材料,2001,25(10):33-35.
- [4]张昕辉,张弋飞.具有良好润滑耐磨的金属基复合梯度材料,其制备方法和用途[P].美国专利:6,468,679,2002年10月22日
- [5]张弋飞,张昕辉.离子渗硫方法制造的润滑耐磨梯度材料与干摩擦轴承[J].金属热处理学报(增刊),1999.
- [6]张昕辉,张弋飞,杨国俊,等.梯度材料 LGMGCr15 风磨芯轴[A]第八次全国热处理大会论文集[C].北京:全国热处理学会,2003
- [7]张兴利,卢斌,等.梯度材料 LGM 硬质合金轧辊[J].轧钢 2001,18(4):67-68.
- [8]卿嘉禾.国产轧辊在高速线材轧机上的匹配[J].硬质合金,1990(4):24-27.
- [9]孙道恒,崔广椿.硬质合金轧辊断裂分析[J].理化检验—物理分册,1991,27(5):54-56.