

# SCR 铜杆摩根轧机轧辊失效机理分析及优化改进

张伟旗

(江西铜业集团铜材有限公司, 江西 贵溪 335424)

**[摘要]** 分析了 SCR 铜杆生产线摩根轧机轧辊失效机理, 创建了轧辊随机磨损模型、最优更换模型、热轧铜杆-轧件有限元模型, 优化改进后成功解决了轧辊失效成为制约生产低成本、高质量铜杆的技术“瓶颈”及同类型生产线轧制过程中的“核心”问题。摩根轧机作业率高, 铜杆产品品质好, 轧辊使用安全性高, 轧制事故少, 辊耗小, 生产成本低。

**[关键词]** 轧辊失效; 辊耗; 优化改进

**[中图分类号]** TG335.6; TF811

**[文献标志码]** B

**[文章编号]** 1003-8884(2021)05-0064-06

**DOI:** 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.05.014

江铜集团铜材公司分别于 2003 年、2006 年引进了美国南线公司 SCR3000、SCR4500 连铸连轧铜杆生产线, 设计熔铜速率分别为 25、35 t/h, 产品为  $\Phi 8$  mm 铜杆, 年设计总产能为 37 万 t/a<sup>[1]</sup>。轧辊属于 SCR 铜杆生产线的关键部件, 也是易损易耗件, 失效快、更换周期短、辊耗大、资金占用大, 特别在铜加工业飞速发展的今天, 轧辊的质量和作用至关重要, 将直接影响 SCR 铜杆生产线的技术经济指标。因而, 采用热轧法如何保证铜杆产品质量、提高轧辊使用周期, 是目前国内外研究机构重点关注和研究的重大课题。

轧辊是摩根连轧机组的重要组成部分, 也是铜杆金属产生塑性变形的重要工具。它是利用一对或成组轧辊滚动时产生的压力来轧碾铜杆, 主要承受轧制时的动静载荷、磨损和温度变化的影响, 决定着整条 SCR 铜杆生产线的生产效率、铜杆产品质量和成本能耗。投产初期, 该公司拟对两条 SCR 铜杆生产线进行消化、吸收及再创新, 由于对轧辊使用管理经验不足, 造成轧辊剥落、裂纹、粘铜、表面坑洞、磨

损及断辊等失效现象居高不下, 铜杆产品质量控制难, 大幅降低了摩根连轧机组的高效稳定性, 轧辊使用寿命短、辊耗大, 加之国内轧辊市场持续低迷, 原材料价格上涨, 同行竞争日趋激烈, 导致生产成本陡增。因而, 针对 SCR 摩根轧机轧辊失效机理进行分析及优化改进, 意义重大。

## 1 摩根连轧机组设计原理

SCR3000、SCR4500 连铸连轧铜杆生产线采用美国 Asarco 公司竖炉熔化、五轮钢带式浇铸机连铸, 浇铸出的梯形截面铜铸锭仅需弯曲一定的角度, 由夹送辊输送至旋转式剪切机切头或切除不合格产品, 由预处理机削去棱角后, 可直接放入摩根二辊悬臂式连轧机即无扭转轧机, 由粗轧机将截面积分别为 3 800、5 700 mm<sup>2</sup> 的铜铸坯轧后, 再由精轧机经多道次压轧成  $\Phi 8$  mm 铜杆。摩根轧机各轧辊箱之间排列呈垂直-水平交替方式, 轧制铜杆在各工位之间不产生扭转, 具有换辊快、辊隙调整便利、轧制质量好等优点。

轧辊既是摩根轧机设计的关键内容, 也是生产组织的重点管理对象。SCR 铜杆摩根轧机拥有美国专利技术。SCR3000、SCR 4500 生产线各设有 10、11 个机架, 采用多站连续式轧机、成对和成组轧辊模式, 每一个轧辊机架(含粗精轧)设有两个悬臂, 外侧轴套上装有轧辊, 有 8 吋、12 吋、16 吋三种尺寸规格。SCR3000 粗轧机由 2 个 12 吋工作站组成, 由一个垂直粗轧和一个水平粗轧相互匹配构成。

**[收稿日期]** 2021-06-18

**[作者简介]** 张伟旗(1965-), 男, 江西余江人, 教授级高级工程师, 大学本科, 主要从事铜加工、有色冶金、矿山机械、机电设备工程及教育教学研究等工作, 中国机械工程学会高级会员, 中国生产力学会会员。

**[引用格式]** 张伟旗. SCR 铜杆摩根轧机轧辊失效机理分析及优化改进[J]. 有色设备, 2021, 35(5): 64-69.

SCR4500 粗轧机由 1 个 16 吋工作站和 2 个 12 吋工作站组成,由两个垂直粗轧和一个水平粗轧相互匹配构成。SCR3000、SCR4500 精轧机皆设八个工作站,各由 4 个水平、4 个垂直精轧站构成。为保持轧制铜杆的对直,其以水平精轧为起点,与垂直精轧交替配合。粗精轧工作站轧辊呈平、立交替布置,以椭圆-圆孔形系统轧制铜杆。摩根轧辊材料常采用铬-钼热作模具钢,相当于国产 H13(4Cr5MoSiV1) 或 SM8407,其轧制或轧碾铜杆是靠滚动时产生的挤压力来实现的。

SCR 铜杆连铸连轧的生产工艺为:加料提升机→竖炉→上溜槽→渣箱→回转式保持炉→下溜槽→中间包→五轮钢带式浇铸机→旋转剪→预处理机→摩根粗轧机组→精轧机组→无酸处理装置→探伤仪→卷曲夹送辊→喷蜡装置→卷曲打包装置。SCR 铜

杆摩根连轧机设备结构图,见图 1。热轧过程中,合理控制铜铸坯的加热、轧制和冷却,可使范性形变与固态相变过程相结合,获得良好的晶粒组织。其工作原理是高温铜铸坯在成对、成组旋转轧辊之间受到压轧缩小而产生塑性变形,连轧可使铜铸坯在高度方向受到压缩,在纵向和宽度方向得以延伸,由 PLC 程序控制匹配出与系统相适应的转速,由各轧机工作站不同孔型的轧辊压轧成所需尺寸、形状和组织性能。其主要特点是轧制时一根轧件同时处于若干机架内并保持秒体积相等。要使大规格尺寸铜铸坯经多道次压轧成  $\Phi 8$  mm 铜杆,就必须计算变形量、合理配比模具、设计合适槽型的模具,才能有效实现轧制过程。摩根轧机的技术水平在相当程度上则取决于轧辊结构尺寸、材质性能和使用维修管理。

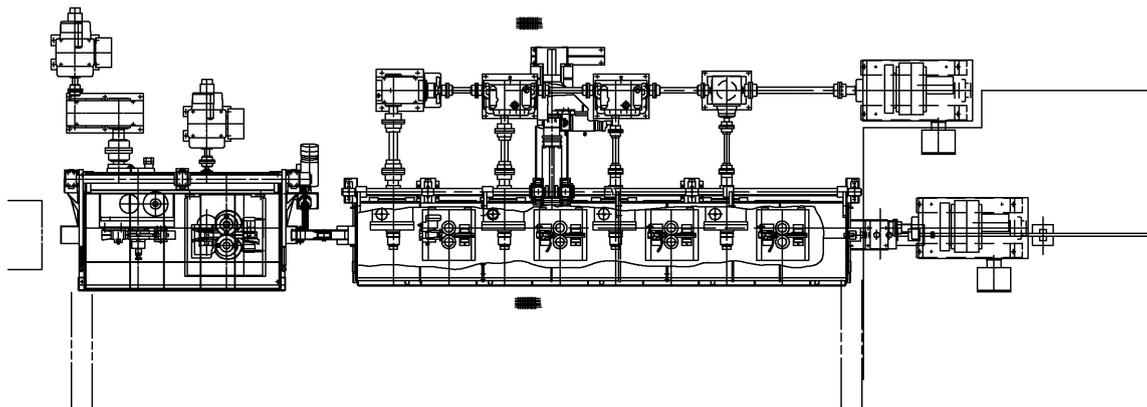


图 1 SCR 铜杆摩根连轧机设备结构图

为细化晶粒,粗轧机常采用压下量较大,如 SCR3000、SCR4500 粗轧常以后 2 道次断面收缩率为最大,可达 47.2%。为延长轧辊使用寿命,高压低温冷却乳液既可有效快速降温,又可冲刷掉轧辊上的高温氧化铜皮、铜粒子及其它夹杂硬物;铜铸坯入轧温度约 850 °C,铜杆终轧温度为 600 ~ 650 °C,后几道次轧制变形时,铜杆温度已降至较低,硬度升高,会促使轧辊摩擦加剧,而磨损则是导致后几道次轧辊损伤的影响要因之一。

## 2 轧辊的主要失效形式及性能要求

根据摩根轧机工作原理,以轧辊作业条件最恶劣、最复杂,作业温度高达 840 ~ 860 °C,需经历高温、高压、大摩擦应力和振动等工况,主要承受磨损、急冷急热及动静载荷的复杂变化影响,轧辊与高温

铜杆长时间接触,热辐射高,轧辊吸热大,需承受循环加热、冷却,承受因急冷急热引起的热疲劳作用较大;轧制铜杆对轧辊的反作用力,使轧辊需承受巨大的轧制力和摩擦力。轧辊的应力状态复杂且多变,如高温铜杆对轧辊的热辐射、水冷轧辊引起的周期性热应力,轧制负荷引起的接触、剪切及残余等应力;轧辊设计、选材、制作工艺等不合理,或轧制时卡铜等引起局部发热和热冲击等,皆易导致轧辊失效。

通过检测已失效轧辊硬度,分析其金相组织,发现摩根轧机轧辊的主要失效形式有剥落、裂纹、粘铜、表面坑洞、磨损及断辊等。轧辊失效可分为正常和非正常失效,正常失效是指摩擦和修磨等损耗;非正常失效是指因制造或使用原因而提前报废,如轧辊表面剥落、表面裂纹、辊身或辊径断裂等,致使轧

辊工作层的利用率仅达到 50% 甚至更低,这是造成辊耗陡增的主因之一。任何失效形式皆会直接降低轧辊使用寿命。应研究轧辊失效形式及其机理,并结合生产实际,从而找出提高轧辊使用寿命的有效途径。

轧辊在高温、高压、周期性作用力冲击等条件下作业,为保证摩根轧机性能优良、运行效率高,轧辊需满足的主要性能要求有:高强度、足够的刚度和红硬性、良好的热稳定性;冶金质量纯净,金相组织细小且均匀,可保证轧辊材料抗疲劳强度高;良好的耐磨性、抗高温氧化性和耐分解性,可提升轧制效率,延长换辊周期;淬硬层足够深,可满足轧辊工作层深度的需求,无需重淬轧辊;辊身表面硬度高且均匀,可保证轧制铜杆表面质量良好,无缺陷;抗事故性能强,发生轧制事故时,能简便有效地操作轧辊。

### 3 轧辊失效机理分析及优化改进

#### 3.1 剥落

该失效形式最常见。现场调研表明,不正常爆辊、剥落等是轧辊早期失效的主因,其失效机理极为复杂,既与轧辊内在质量如坯料材质、浇注、锻造与热处理等冶金缺陷直接有关,又与使用维护不当密切相关,即使轧辊制作质量再好,若使用维修管理不当,也易发生剥落事故。该失效形式需经历一个较长的疲劳过程,并非瞬间发生的。

根据裂纹源的起始位置,剥落可划分为源于轧辊表面、辊身次表层、辊身内部的剥落。微裂纹扩展易使轧辊表面剥落,导致轧辊报废频率较高。修磨量小(未清除微裂纹)、磨削损伤、换辊周期过长、轧制事故等是引起辊身表面剥落的主因,先是在轧辊表面产生微裂纹,微裂纹会沿着轧辊转动反方向向四周扩展至过渡层内部,待开裂至一定程度后即瞬时开裂,突然呈现大面积、大块、断口裂纹紊乱的脱落。由轧辊长期循环接触疲劳产生的次表层裂纹扩展、近表层夹渣或浅表层心部结晶等冶金缺陷是引起辊身次表层剥落的主因。而由残余应力、夹渣和碳化物分布异常等冶金缺陷则是引起轧辊内部剥落的主因。

轧辊质量最主要是指轧槽孔表面硬度和粗糙度,其主要指标是指轧辊工作面的耐磨性和内外材质硬度的均匀性。必须把好轧辊验收关,凡工作面

有碰伤、刮伤、裂纹、坑洞缺陷、槽型不对、尺寸不合的,硬度不符合验收标准或实测硬度值差超过 2% 的,皆判为不合格品,退回供应商。应保证上机轧辊质量,硬度为  $50 \pm 2\text{HRC}$ ,内部材质硬度检测均匀,且安装前轧辊工作面无凹坑、麻点和砂眼等冶金缺陷。应加强轧辊日常使用维修管理,下机轧辊使用前必须内部探伤排查缺陷,并做好定量记录和分析,判断其原始缺陷是否扩展、扩展速度及范围,若缺陷不扩展,可酌情使用并跟踪,若缺陷扩展必须停用。

#### 3.2 裂纹

该失效形式最常见。轧辊裂纹大多发生于轧辊工作面浅表层。轧辊需承受急冷急热循环交替的剧烈变化,在周期性交变热应力的影响下,易产生热疲劳裂纹。裂纹产生初期,整个轧辊表面裂纹呈网络状均匀分布,深度较浅,但受轧制机械力和热应力等多种作用力的综合影响下,会诱发其它故障或断辊。其影响主因有热循环应力、拉应力及塑性应变等,其中塑性应变会产生裂纹,拉应力会促使裂纹的扩展。其实,轧辊疲劳层并非固定的,主要与轧辊类型和最后一个使用周期过铜量有关,若超过极限过铜量,疲劳层塑性大幅降低,易产生疲劳层微裂纹。投产初期,由于该公司制订的换辊周期不科学,使用周期过长,轧辊加工硬化层加深,材料脆性加重,增加了裂纹和剥落的可能性<sup>[2]</sup>。

为降低热疲劳裂纹的发生率,防止裂纹进一步扩展,应选择抗热疲劳、开裂敏感度好的轧辊材质;应合理分布冷却乳液,保证供乳液量充足且压力正常;要严格把控换辊周期,避免轧制量过多;应车削干净轧辊表面微裂纹,辊径每道次车修量均符合车修规范,车修后轧辊内孔、外径、槽型均应符合设计的要求;应利用分级淬火、等温淬火、真空淬火等优化轧辊热处理工艺,细化其内部组织,提升其强度和抗热疲劳性能;采取渗氮处理、硫氮碳共渗、盐浴渗铬、硼碳氮共渗、盐浴氮碳钒共渗等表面化学处理方式,使其表面形成大量高硬度、高熔点且细小弥散的合金碳氮化物,以提高其表面耐磨性和热强性;宜采用激光或等离子熔覆技术修复轧辊表面,以前者应用最广泛。熔覆材料选用 H13 粉末 + 适量 TiC 陶瓷增强相,且熔化过程是动态的,熔覆修复后的轧辊批量投入使用后,轧辊表面质量稳定,可调整轧辊表面尺寸,提升其表面耐磨性和强韧

性,轧辊使用寿命长。为保险起见,轧辊每使用2天应检查其表面是否氧化、龟裂,表面光洁度是否大幅降低等。

### 3.3 磨损

该失效形式最常见。其影响主因有:轧制力、轧制长度(里程)、轧辊材质、轧杆材质、轧辊孔型及润滑状况等。轧辊磨损易使辊型变化和辊面质量恶化,也是影响铜杆产品表面质量和合格率的主因之一。其磨损机理研究复杂、形式多样且呈现时变性,属于交叉及边缘科学范畴,涉及金属材料学、摩擦学、传热学、塑性变形及断裂理论等学科,其实际磨损过程则是随机、动态的,类似于其它磨损,疲劳磨损是其主要表现形式。

根据摩擦学理论,轧辊磨损是指轧辊宏观和微观尺寸的变化。宏观磨损肉眼可见,而微观磨损则是一种磨耗。轧辊表面磨损同时包括宏观、微观磨损,具体表现为辊径的不断缩小。在几何和物理条件上,轧辊与其它金属磨损有所区别,其影响主因有高温铜杆、铜杆对轧辊表面产生的周期性接触应力、氧化铜皮、乳化液、辊面硬度等。实际工作条件下,轧辊表面影响因素极为复杂,如高温氧化铜皮被压轧破碎,不断磨削轧辊辊面形成磨粒磨损;高温铜杆被压轧与轧辊辊面紧密接触,对辊面产生粘着磨损;在周期性承卸载、急冷急热过程中,轧辊承受着接触应力和冷热疲劳应力,当循环应力超过轧辊材料疲劳强度时,即产生疲劳磨损;摩擦使轧辊表面温升、氧化加速,在载荷作用下使氧化层破裂,会产生氧化腐蚀磨损。生产实践证明,乳化液夹杂大量氧化铜皮作用于辊面时,会迅速恶化轧辊工况条件,加剧轧辊磨损;当磨损至一定程度时,难以保障轧辊硬度和表面粗糙度,易产生铜杆表面缺陷;轧辊表面磨损严重时,其轧槽表面形状会变化,改变主、从动辊之间的辊缝,无法满足轧制铜杆尺寸和表面质量的要求,导致轧辊使用寿命普遍过短,辊耗大。

投产初期,轧辊定期更换周期是凭借该公司长期生产实践经验或轧辊供应商的试验,轧辊过早或过晚维修成为常态。轧辊工作面磨损危害较大,会严重影响轧制铜杆产品质量。热连轧铜杆过程中,轧辊磨损量、磨损规律难以定量控制,轧辊磨损研究对实际生产意义重大。根据摩擦学、概率论和可靠性理论,通过分析大量实测的换辊修磨数据,可创建

轧辊随机磨损模型,并以此创建平均更换成本最低的最优更换模型,找到生产低成本、高质量铜杆的最优更换周期,可实际反映轧辊磨损过程的随机性和动态性。生产实践证明,该轧辊最优更换模型具有很强的可行性、合理性和有效性。可采用堆焊、热喷涂、刷镀和激光熔覆等技术修复磨损轧辊,以堆焊、热喷涂为主。重车或重磨轧辊时,应加大磨削量,配合磁粉或超声波探伤,提高磨削质量,彻底消除压应力裂纹,预防断辊;当辊径缩小至一定尺寸后,可采用堆焊方法修复,并加强跟踪和检查,以提高轧辊使用寿命。

### 3.4 粘铜

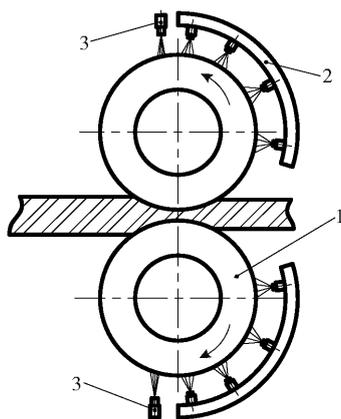
该失效形式较常见。轧辊粘铜多发生于粗轧后几个道次、精轧前几个道次。其影响主因是热轧润滑条件不良、乳化液质量较差、轧辊裂纹、轧制规程不合理等。润滑不良时,轧辊与铜杆摩擦加剧,恶化了粘辊现象。铜杆轧制时剧烈变形,易严重破坏其表层氧化膜,使其与轧辊直接接触,失去隔离保护作用,辊面易粘铜,导致铜杆表面质量较差,这是由铜自身的物理化学属性所决定的。轧辊粘铜属于轧制事故,会使辊面局部产生瞬时高温高压,淬火组织马氏体转变为其它组织且体积收缩,产生的局部拉应力会降低热影响区强度或提前产生表面裂纹,轧辊产生小面积的剥落损伤,会严重影响铜杆表面质量及后续拉丝工序,使拉制铜细线过程中的断线率大增、铜粉量增多,轧辊使用寿命大幅降低。

原设计摩根轧机每组轧辊表面冷却均设有两组对称环形低压乳液冷却装置,共采用八个额定压力值为0.69 MPa的乳液喷嘴,仅喷淋辊缝出口侧轧辊表面,喷淋面积约占整个轧辊表面的1/3,却未设计高压乳液喷淋轧辊两侧面,喷淋在立式轧辊表面的乳化液靠自身重力,大多从轧辊侧面流失,难以流入辊缝,即使是辊缝中的乳化液,由于蒸发快也无法建立有效的润滑膜,隔离效果不良。原设计缺陷是乳液冷却压力低,轧辊工作面结垢快、清理难、表面易打滑,会引起材质腐蚀、剥落等,造成轧制铜杆表面粗糙不光滑、易划伤,严重影响铜杆产品品质,轧辊使用寿命低,成为生产技术的“瓶颈”。

热连轧铜杆的理想条件是在铜杆与轧辊之间同时建立乳化液润滑膜和氧化膜,可有效将轧辊与铜杆隔离开,防止其直接接触产生粘着现象。在轧制变形区,高温铜杆与轧辊温差较大,虽有润滑膜隔

离,但两者存在热传导,高温铜杆大部分热量会传至轧辊表面,迫使轧辊表面温度陡升;当轧辊表面旋转至乳液喷淋区域时,大面积喷淋低温乳化液又使轧辊表面温度骤降。此时,轧辊表面也会发生微小变形。受循环急冷急热、微小变形影响,轧辊表层残余应力累积渐大,当超过其断裂应力时,轧辊表面会产生热疲劳裂纹,有利于粘辊在裂纹处形核。高温铜杆易在轧辊表面裂纹处产生局部塑性变形,累积至发生局部塑性失稳时,会使铜杆表面部分碎片撕裂且粘附于此,粘着物渐多,加剧了粘辊现象<sup>[3]</sup>。

轧辊高压乳液喷刷清理装置,如图2所示。为使轧辊组能得以快速、充分和均匀冷却,该公司发明了一种新型轧辊高压乳液喷刷清理装置,实用新型专利号为ZL2010 2 0515114.7,可彻底解决原乳液冷却压力低,轧辊表面易高温腐蚀、结垢、剥落等现象。其采用的技术方案是在轧辊侧面对称设置两只高压乳液冷却喷头,由新设计的一条专用液压管路和一台高压乳液泵供液;该高压乳液冷却喷头与环形低压乳液冷却装置的乳液冲刷管路实现互补,形成轧辊高压乳液喷刷清理装置,可及时冷却和清理轧辊表面。该发明结构简单,装拆方便,操作灵活,安全可靠,实用性强,轧辊使用寿命高,能耗低,可有效地解决铜杆表面易划伤、较粗糙等品质问题,使用效果十分显著。



1. 轧辊 2. 环形低压乳液冷却装置 3. 高压乳液冷却喷头

图2 轧辊高压乳液喷刷清理装置

### 3.5 表面坑洞

该失效形式较常见。以摩根轧机粗轧进入精轧的第一道次即SCR3000 3<sup>#</sup>工作站、SCR4500 4<sup>#</sup>工作站精轧辊最严重,报废率约50%。轧辊表面坑洞影响主因有:轧辊选材不当、冶金缺陷、氧化铜皮或其

它夹杂硬物、轧辊安装不正确或间隙过小等。

SCR3000 3<sup>#</sup>~10<sup>#</sup>工作站、SCR4500 4<sup>#</sup>~11<sup>#</sup>工作站精轧辊使用一段时间后,需定期下机车修,若轧辊表面硬度已降至原始硬度,说明疲劳层已车修干净,通常需车修至轧辊表面无裂纹、无坑洞方可,经喷丸处理后再交付使用,如此直至车修至极限尺寸为止。若轧辊存在疏松、夹渣、砂眼、气孔等冶金缺陷,可利用焊补、刷镀、粘接、喷涂等技术修复。车修轧辊时,应优化轧辊车修工艺,避免产生走刀痕、振纹、斜振纹、划伤及烧伤等辊面车修缺陷,降低车修进刀量,避免产生加工硬化,影响轧辊表面硬度值。

### 3.6 断辊

该失效形式较少见,但破坏也最致命。断辊可分为疲劳裂纹断辊和一次性瞬间断辊。按轧辊技术要求标准,观察轧辊断口形貌、颜色,检查断辊部位,分析其化学成分、金相组织及力学理论,发现断辊部位主要发生在辊颈处、轧辊孔型处、辊身与辊颈交界处,以辊径处最严重。引起断辊的应力主要有:制造过程的残余应力、轧辊内外温差形成的热应力、轧制过程中机械应力或组织应力,轧辊应力状态复杂多变、不均匀且随机性大,轧辊事故诊断检测难,使轴承烧损、瞬间断辊等事故几率增大,使用维修难。

断辊的影响主因是轧辊表面剥落、材料破裂、裂纹及疲劳破坏等。轧辊受弯曲、剪切、扭转、热应力及接触应力等各种周期应力的作用,沿辊身不均匀分布的应力复杂且多变。轧辊选材不当,材料性能不良,设计、热处理工艺不合理,轧辊存在空心、夹杂、内部晶粒粗大、网状渗碳体、芯部疏松等冶金缺陷,会使轧辊内应力增大、力学能力降低,萌生出裂纹,裂纹扩展直至产生断辊;轧辊冷却不当,供乳液不足,轧辊受热不均,会造成轧辊局部温度升高、局部组织晶粒粗大,强度降低易形成局部裂纹;乳液供应充足,轧辊急冷会使其内部晶粒变细而产生拉应力,超过材料强度极限时会断裂;断乳液轧制事故危害较大,轧辊极易产生裂纹甚至报废;轧辊卡铜,会造成局部发热,引起热冲击;误操作,易造成轧制黑杆、低温杆;操作不当,会使轧制铜杆喂错孔型而进入较小规格孔型,某道次轧辊压下量调整过大,皆会造成压下量过大,使轧制变形抗力陡增,使轧制压力超过许用应力;轧辊磨损、冷却不均,易使轧辊局部缺陷渐大,进而产生

疲劳裂纹而断裂。

为研究轧辊断裂失效,保证轧制参数合理,可创建热轧铜杆-轧件有限元模型,针对热轧铜杆过程进行有限元动态模拟;针对无裂纹工作辊的温度场和应力场,利用三维模型进行耦合计算,分析温度场、应力场及热应力的变化规律;根据轧制过程中每一次铜杆轧制变形温度的分布情况,摸索出铜杆断面高度的形变规律,找到最易产生裂纹的位置<sup>[4]</sup>。要合理选择轧辊材质或应用新材料;为降低轧制压力,应合理设计轧辊孔型、分配压下量,优化轧制工艺,合理分配延伸系数,减少不均匀磨损;应保证轧辊乳液喷嘴角度适宜、无堵塞,供应乳液压力正常,乳液量充足且浓度适宜;需合理控制轧辊温度,减少轧辊的温度梯度,有效降低轧辊热应力;发生断乳液轧制事故时,严禁立即送低温冷却乳液,需待轧制结束,速换辊缓冷,要结合实际进行科学化处理;需防止轧制铜杆下扎或翘头,造成卡铜;杜绝误操作,防止轧制压力增加,使轧辊产生疲劳裂纹而断辊;停机时,需重点排查轧辊工作表面是否存在划痕、裂纹、粘铜、坑洞等缺陷,及时修复或更换问题轧辊。

为提升摩根轧机的生产效率和铜杆产品质量,必须加强轧辊全寿命管理,保证每套轧辊的总过铜量,提高轧辊的单槽过铜量,有效预防断辊事故;需对新进轧辊进行时效处理,以消除轧辊产生的各种残余应力;将轧辊失效、轧制事故处理方法及换辊制度等纳入《轧辊工艺技术规程》,以实现轧辊使用维修的科学化、规范化和标准化,可充分满足快节奏生产的需求,大幅降低辊耗,达到“提质增产、降本增效”之目的。

## 4 结语

生产实践表明,该公司针对 SCR 铜杆摩根轧机轧辊失效机理进行分析及优化改进是成功的。轧辊失效影响因素多且复杂,其失效损坏形式也不尽相同。优化改进后,该公司轧辊失效现象已大幅减少,已实现最大限度降低辊耗,社会经济效

益十分显著。

(1)可实现摩根连轧机组的高效、连续和稳定生产,有效作业效率可提高 30% 以上,轧辊失效现象少,事故停机时间短,铜杆内部金相组织良好,一、二级品率达 83% 以上。

(2)修磨量小(未清除微裂纹)、磨削损伤、换辊周期过长、轧制事故等是引起轧辊表面剥落的影响主因。轧辊选材不当、冶金缺陷、氧化铜皮或其它硬物、安装不正确或间隙过小等,是产生轧辊表面坑洞的影响主因。应避免轧辊使用维修管理不当,加强轧辊使用过程中的无损探伤检测,杜绝缺陷辊继续上机使用。

(3)应选择抗热疲劳、开裂敏感度好的轧辊材质,严格把控换辊周期,避免轧制量过多,车削干净轧辊表面微裂纹,可有效地降低轧辊热疲劳裂纹的发生率。

(4)创建轧辊随机磨损模型、最优更换模型,可摸索出轧辊最优更换周期,大幅降低轧辊磨损率,避免轧制量过多,轧辊使用寿命长,铜杆吨产品辊耗小。

(5)发明轧辊高压乳液喷刷清理装置,可大幅提升铜杆表面质量,使产生轧辊表面裂纹和粘着现象明显得以改善,轧辊粘铜现象极少。

(6)轧辊表面剥落、材料破裂、裂纹及疲劳破坏等是导致断辊现象的影响主因。必须加强轧辊全寿命管理,保证每套轧辊总过铜量,提高轧辊单槽过铜量。

### [参考文献]

- [1] 张伟旗. SCR 铜杆生产线竖炉故障分析及控制[J]. 中国有色冶金, 2018, 47(6): 61-65.
- [2] 罗兴壮, 罗庆革, 杨剑洪, 等. 冷轧轧辊失效原因分析及改进措施[J]. 金属世界, 2020(3): 67-70.
- [3] 孙淑锐, 陈国兴, 姬会爽, 等. SCR3000 铜杆连铸连轧生产线轧辊粘铜研究[J]. 冶金设备, 2017(6): 5-10.
- [4] 张伟旗. SCR 铜杆生产线摩根轧机断辊机理分析及关键技术研究[J]. 有色金属加工, 2015, 44(3): 27-30.

(下转第 73 页)

大、车间内酸雾水汽较多的情况下,能够有效解决滑触线短路、运行不稳定的情况,保障天车的平稳运行。

[参考文献]

[1] 朱有辉. 滑触线故障原因分析[J]. 设备管理与维修,

2004(10):15.

[2] 韩敏. 谈电解多功能天车滑触线故障原因[J]. 铝镁通讯,2005(1):26-28.

## The Short Circuit Problem of the Power Supply System of Zinc Electrolytic Insulated Overhead Crane Trolley Wire and the Rectification Plan

FENG Wei-hua, LI Xiao-yang, HAO Peng-yue

**Abstract:** Zinc electrolytic insulation crane is one of the main equipment of zinc electrolysis workshop, and the safe, reliable and stable power supply of the trolley wire is the prerequisite for the stable operation of the crane. Therefore, the maintenance of the trolley wire is very necessary and meaningful.

**Key words:** Insulated crane; zinc electrolysis; sliding contact line; short circuit; solution

▲

(上接第 69 页)

## Analysis of Roll Failure Mechanism and Optimized Improvement of Morgan Rolling Mill in SCR Copper Rod Production Line

ZHANG Wei-qi

**Abstract:** Roll failure mechanism of morgan rolling mill in SCR copper rod production line has been analyzed with the random roll wear model, optimal replacement model and hot-rolled copper rod-rolling piece finite element model constructed. After optimized improvement, the “core” issue of roll failure as the technical “bottleneck” restricting the production of low-cost and high-quality copper rod and in the rolling process of similar production lines has been successfully addressed. Morgan rolling mill features a high availability, good quality of copper rod product, high safety in roll use, few rolling accidents, low roll consumption and low production cost.

**Key words:** roll failure; roll consumption; optimized improvement

▲