

新型热轧卷取机助卷辊长寿化技术

攀枝花钢城集团有限公司协力分公司 (四川 617000) 邹宏军

【摘要】 研制一种埋弧堆焊用镍基药芯焊丝,通过试验材料及内容,确定了技术方案和工艺流程,并与原方法对比和进行经济效益分析,证明了该焊丝的优越性。

堆焊复合合金轧辊是目前国内外复合轧辊生产中较为先进的方法之一,可替代传统的轧辊制造方法。堆焊复合轧辊在性能上较其他方法制造的轧辊有较大的优势,产品综合性能好,使用寿命高,而且可反复修复多次,制造成本低。另外,堆焊复合轧辊可解决轧钢行业生产中的断辊问题,可提高轧辊的作业率,降低辊耗,从而能为轧钢企业创造巨大的经济效益。另一方面,由于轧辊辊心材料的多次反复使用,大大节约了金属合金材料,充分合理利用了资源,符合国家要求的再制造工程理念,具有较好的社会效益。同时,随着堆焊材料(堆焊金属)性能以及堆焊技术的不断改善及提高,轧辊的堆焊修复和制造已绝不仅仅限于普通钢质轧辊。国内外科技人员已在堆焊材料方面进行了大量的研究工作,并取得了较大的进步。焊材从过去单一的实芯焊丝扩展到焊带、预合金粉、药芯焊丝等多种形式。但要使得堆焊材料既要满足轧辊十分恶劣的工况条件,又要具备良好的焊接工艺性能,加之轧辊的种类繁多,性能要求差异很大,使得这项研究工作和实际应用过程进展比预期的要慢。特别是一些高硬度要求的硬面辊,如热轧地下卷取机的重要部件,助卷辊的堆焊制造,依然面临冶金行业亟待解决的重大攻关难题。

助卷辊的主要作用是牵引已轧制好的薄板入卷和收卷。根据其工况条件,要求具有很高的耐高温性、热疲劳性和耐磨损性能,且要求在使用过程中辊身表面不粘钢。国内外一些轧辊制造厂家在堆焊制造助卷辊或修复助卷辊时,主要采用制备辊心→探伤检验→焊前预热→保温堆焊过渡层→保温堆焊工作层→焊后热处理→焊后机加工→成品检测→成品涂油、包装的复杂工艺流程,

并采用马氏体堆焊合金材料堆焊助卷辊表面工作层。在堆焊过程及焊后热处理过程中,碳化物能够在基体组织上弥散析出,形成二次硬化,最终使该表面工作层的金相组织为马氏体+碳化物,硬度可达52HRC以上。经此堆焊制造的助卷辊,能基本满足其耐高温及耐磨损性能的使用技术要求,但是在使用过程中一直存在粘钢现象,这对板材质量产生影响。钢铁企业在使用过程中,每遇助卷辊发生粘钢现象,为确保板材表面质量,则必须停机修磨或将辊子下线整体磨削之后再重新上机使用,严重时还导致助卷辊失效报废,使用寿命短,通常为5~6个月。所以,粘钢是助卷辊最主要的失效形式。同时,由于该工艺过程中的预热和保温堆焊工序均在专用加热罩或专用加热炉内进行,温度要求控制在马氏体开始转变温度(M_s 点)以上20~50℃,通常在300~400℃,甚至更高的温度上进行连续堆焊,致使工人的操作环境差,给堆焊操作和质量控制带来很大不便,且不利于保证堆焊制造质量。因此,如何正确选用一种新的堆焊材料,采用一种新的堆焊工艺,采用工序流程简单、操作方便、易于观测和控制质量的新方法,在一种强韧性满足要求的低碳低合金或中碳结构钢制造的辊心表面或利用已使用到期的而辊心完好的旧轧辊表面上,堆焊一层新的耐高温性、热疲劳性和耐磨损性能更好且在使用过程中辊身表面不粘钢的合金层,并成倍提高使用寿命,便成为技术人员的一个重要研究课题。

一、试验材料及试验内容

1. 试验材料

堆焊焊丝为自研埋弧堆焊用镍基药芯焊丝,以厚度

为0.3~0.8mm、宽度为8.0~16.0mm的镍带为药芯焊丝的外皮原料,以低碳锰铁、金属铬、金属钼、金属钒、硅铁、铁粉、钨粉、钴粉、萤石金属粉和铁合金作为药芯组分,经过镍带裁带、去油烘干、药芯配料烘干,轧制成药芯,焊丝直径可制作2.5~4.0mm规格。药芯组分(质量分数)如下:低碳锰铁4.00%~6.00%,铬32.00%~36.00%,钼30.00%~34.00%,钒0.30%~0.50%,硅铁3.00%~5.00%,铁6.00%~12.00%,钨7.00%~10.00%,钴粉2.50%~3.00%,萤石6.00%~10.00%。

焊剂选用HJ107。

2. 试验方法

方法采用埋弧焊。

试验工件:采用报废的热轧卷取机助卷辊,基体材质为20CrNiMo,在基体上选取一小段基体良好的表面上堆焊。堆焊前,对其进行表面车削,去除表面缺陷,并保持表面清洁干净。堆焊部位的直径为376mm,沿辊面长度方向的宽度为120mm。

3. 试验内容

试验内容主要有三个方面:一是确定工艺参数;二是进行旋压加工,测定表面硬度;三是探伤检验,看有无影响使用的焊接缺陷。

(1) 工艺参数 通过一系列试验、比较,确定的最佳堆焊试验工艺参数(直流反接)为:

焊丝直径:3.0mm。

电源极性:直流反接。

焊接电流:300~400A。

电弧电压:28~32V。

焊接速度:300~350mm/min。

干伸长:28~30mm。

偏心距:28~30mm。

搭接量:相邻焊道搭接50%~60%。

堆焊层数:两层。

(2) 旋压加工 当其冷至室温后,堆焊层金属的硬度为210~230HBW,堆焊部位的直径为383~384mm,将其上车床加工至380mm+(0.3~0.4)mm。之后,将其安装在专用旋压加工设备上,对加工部位进行旋压加工,测得加工部位的表面硬度为52~54HRC。

(3) 探伤检验 对堆焊部位的表面进行磁粉探伤检

验,无夹渣、未熔合、未焊透以及裂纹等焊接缺陷。

二、技术方案及工艺流程

堆焊制造热轧卷取机助卷辊的工艺流程由如下工序构成:辊心预处理→探伤检验→堆焊工作层→焊后机加工→探伤→成品涂油、包装。

(1) 辊心预处理 新的辊心可采用一种强韧性满足要求的低碳低合金或中碳结构锻钢制造。堆焊前,将堆焊面直径车削加工至(D-6)mm,公差为±0.15mm,D为助卷辊成品辊身直径(下同)。

对于采用旧辊为辊心,将旧辊辊身的表面疲劳层和表面缺陷车削干净,辊面直径车削加工至(D-6)mm,公差为±0.15mm。对于旧辊辊身表面,经车削表面疲劳层和表面缺陷后,若尺寸达不到这要求时,要将其尺寸进行焊补恢复至这一尺寸。

通过上述车削和尺寸恢复后,以保证轧辊堆焊后,轧辊成品的单边有效使用厚度至少达3mm。

(2) 探伤检验 新制辊心和旧辊,粗车后都必须进行探伤检验,以确保轧辊堆焊前基体表面和轧辊内部没有影响使用和辊子表面堆焊的缺陷。如果出现制备辊心或旧辊辊心(包括辊径和辊面)严重内伤,则不允许再进行堆焊制造工作。

(3) 堆焊工作层 堆焊前要将堆焊表面的污物清理、清洁干净。

堆焊方法采用埋弧焊,采用前述1.中的材料作为堆焊材料。堆焊参数见试验内容。

(4) 焊后机加工 当堆焊的助卷辊冷至室温后,先上车床按图样尺寸进行车削粗加工,辊面加工至D+(0.3~0.4)mm,即在成品直径尺寸的基础上预留加工余量,其余按图样加工。之后,将其安装在专用旋压加工设备上,对辊面进行旋挤挤压加工,以提高辊面的表面硬度,待表面硬度达到52HRC及以上时为止。最后在磨床上按图样技术要求进行磨削加工,达图样要求。

(5) 磁粉探伤 对经成品加工合格的热轧带钢卷取机助卷辊进行磁粉探伤检验,质量标准为:无夹渣、未熔合、未焊透以及裂纹等焊接缺陷,合格之后进行涂油、包装等待上机使用。

三、结果与讨论

1. 堆焊材料对比

本文以攀钢热轧卷取机助卷辊为例,其辊面规格为

φ380mm×1450mm（辊面直径×辊身长度）。经前述堆焊参数堆焊后，堆焊前辊面直径为374mm，堆焊后辊面直径为385mm，所用焊丝为85kg，焊剂为102kg。

而采用原有方法堆焊制造同样规格的助卷辊时，堆焊前辊面直径需车削至φ364mm，堆焊时要先堆焊一层过渡层，之后再堆焊工作层，辊面直径堆焊至D+（4~6）mm。当堆焊后辊面直径为385mm，所用焊丝为159kg，焊剂为190kg。

同比，采用本工艺方案，焊材消耗节约焊丝74kg，节约焊剂88kg。

2. 堆焊时间对比

采用本方法不需堆焊过渡层，直接堆焊工作层，堆焊量少，最多堆焊两层。而采用马氏体堆焊合金堆焊轧辊，为保证其工作性能及化学成分要求，通常要堆焊至少三层以上才能达到所需要的化学成分要求，要保证其成品表面工作层有效厚度，通常要堆焊5~6层。本工艺少堆焊3~4层，节约堆焊时间30~40h，这还不包括焊后热处理的时间。

3. 能源费用对比

采用本发明堆焊方法焊前不预热、堆焊过程不需保温、焊后不做热处理。仅电耗一项，可节约费用7000元左右。

4. 使用效果对比

经此方案堆焊制作或修复的助卷辊，已在攀钢热轧卷取机上使用。在使用过程中，堆焊金属具有很高的耐高温性、热疲劳性和耐磨损性能，而且辊面不粘钢，在直径方向上的年磨损量<1mm，使用26个月未见损坏痕迹。

5. 堆焊金属化学成分

选用该镍基焊丝配HJ107焊剂作为堆焊材料，堆焊层金属的化学成分见表。

堆焊层金属成分（质量分数）（%）

C	Cr	Mo	Fe	Co	V	W	Si	Ni
0.15	15.5	16.7	6.4	2.1	0.2	3.9	0.9	余量

6. 讨论

在原有堆焊制造或修复方法中，采用马氏体堆焊合金材料堆焊制造的助卷辊，堆焊工作层金属的金相组织为马氏体+碳化物，并要求工作层硬度达52HRC以上，

它通过在堆焊过程及焊后热处理达到这一目的。具体是碳化物能够在基体组织中弥散析出，形成二次硬化，以提高轧辊堆焊工作层的硬度和耐磨性。但在其使用中虽能保证其耐高温、耐磨损性能使用要求，但在使用中一直存在粘钢现象，粘钢问题未能从根本上得到解决。同时，工作层硬度达52HRC以上，机加工困难。

而采用本文所述镍基焊丝配HJ107焊剂作为热轧地下卷取机助卷辊的堆焊材料，其金相组织主要为奥氏体，并含有少量金属间化合物和碳化物。在堆焊过程中，Cr、W、Mo、Co等元素在镍基上一方面提高堆焊金属原子间结合力，产生点阵畸变，降低堆焊层错能，阻止位错运动，提高再结晶温度来强化固溶体；另一方面，Co与碳结合，在组织中会出现碳化物（M₇C₃或M₆C）的硬化相，能够提高堆焊层的硬度和高温耐磨性。

由于堆焊金属的硬度较低，仅为210~230HBW，便于车削加工；加之，该金属具有冷作硬化加工性能，车削加工后再通过旋压加工来进一步提高堆焊金属层的硬度，可达52~55HRC，从而满足了上机的硬度要求。

因此，采用本文中的堆焊材料和原用的马氏体堆焊合金材料堆焊制造的助卷辊，二者的金相组织、工作原理大不相同，彻底改变了原来的传统选材方法。

四、经济效益分析

课题经济效益包含直接经济效益和间接经济效益。直接经济效益主要是热轧板厂减少了助卷辊的购买量，降低了采购成本；间接经济效益主要是助卷辊因寿命提高以后，导致作业率提高，因而提高了产量而产生的效益。

1. 直接经济效益（W₁）

$$W_1 = AB - CD$$

式中 A——用普通辊所需的数量；

B——普通辊的价格；

C——长寿化处理所需数量；

D——长寿化处理后的价格。

助卷辊经长寿化技术修复后，使用寿命能为原新辊水平的4~5倍以上，由原来的5个月提高至两年以上，在本文中按两年计。攀钢热轧板厂有两台卷取机，每台安装3根助卷辊，共需6根。若用普通辊，两年需用30根以上，其价格为10万元/根，而对旧辊修复的平均成本6.7万元/根。因此，减少的采购成本为：

$$W_1 = AB - CD = 30 \times 10 - 6 \times 6.7 = 259.8 \text{（万元）}$$

2. 间接经济效益 (W_2)

$$W_2 = EFYZ$$

式中 E ——使用长寿化助卷辊后减少换辊的次数;

F ——每次换辊所需的时间;

Y ——热轧板厂年平均每小时产量;

Z ——热轧板厂年平均单位产量所创利税。

热轧板厂使用长寿化助卷辊后,基本不会因助卷辊本身的原因导致停机,而原来每年因其存在使用缺陷停机的次数至少有6次,两年达12次以上;平均每次更换助卷辊需4h,平均每小时轧钢按300t计,平均每吨的利税按400元计,则间接经济效益如下:

$$\begin{aligned} W_2 &= EFYZ = 12 \times 4 \times 300 \times 400 \\ &= 576 \text{ (万元)} \end{aligned}$$

则两年的经济效益: $259.8 + 576 = 835.8$ (万元)

若按年计,则每年的经济效益达417.9万元。

因此,该技术有很好的经济效益和社会效益。

五、结语

(1) 采用镍基焊丝配 HJ107 焊剂应用于热轧地下卷

取机助卷辊堆焊后,堆焊金属具有优良的耐高温性、热疲劳性和耐磨损性能,且在使用过程中辊身表面不粘钢,使用寿命为原新辊水平的4~5倍,由原来的5~6月提高至两年以上。

(2) 采用镍基焊丝配 HJ107 焊剂堆焊助卷辊,省去了焊前预热、保温堆焊过渡层、焊后热处理等工艺流程,从而大大减化了堆焊工序;同时堆焊量减少,大大节约了焊丝、焊剂等堆焊材料和能源,缩短了修复制造时间,极大改善了工人的堆焊操作环境。

(3) 堆焊金属硬度低,机加工性能好;在其完成成品粗加工后,可在专用旋压设备上上进行旋压加工,通过冷作硬化的方式,提高了表面硬度至上机使用硬度要求。

(4) 本堆焊工艺过程易于掌握,操作简便,修复制造的助卷辊质量好。研究成果推广应用后,板材质量稳定,提高了轧机的作业率,提高了产量,大幅降低辊耗,经济效益和社会效益显著。

MW (20090914)

(上接第31页)

3. 电火花表面强化技术的理论与设备研究

(1) 电火花表面强化理论的研究与发展 与其工艺和材料的研究相比,电火花沉积技术的理论研究还比较有限。主要集中在电极材料的电极过渡机制,其中包括电极损耗和阳极粘连,此外还有研究者对电火花沉积过程中的温度场进行数值模拟。

电火花表面强化技术的强化机理主要包括以下四个方面:超高速淬火、渗氮、渗碳和电极材料的转移。现在的一些研究表明,在电火花沉积过程中不单单是阳极材料沉积到阴极材料表面即电极材料沉积到工件表面的过程,同时也存在阴极材料向阳极材料扩散即工件向电极材料的元素扩散过程。

(2) 电火花表面强化设备的开发与研究 电火花强化技术的设备开发主要集中在电源、驱动和控制这三个方面。

韩福柱等研究的微细电火花加工用晶体管脉冲电源的加工效率约为传统脉冲电源的2~6倍。赵万生、袁松

梅研究的小型装置在单片机伺服系统的控制可实现亚微米的进给,并提出一种基于上面所提到的蠕动式原理的超声复合型小型电火花加工机构,该机构集合了超声电火花复合加工和小型电火花加工机构的优点。此外,电火花加工中电极损耗自动测量及自动补偿也是研究热点。

4. 结语

电火花强化技术作为节能、节材、环保的表面工程技术,具有极大的发展和应用空间,它不但可以进行工件的表面改性、缺陷修复等加工,还可实现异种材料焊接。除了工业上的应用外,其在医疗、航天、军工等方面都有很大的发展前途。

但是目前电火花表面强化技术仍存在一些不足,主要是工作效率低,表面粗糙度难以控制,还需要科研工作者对其进行进一步的研究与开发。探讨电火花强化机理,开发新的电极材料,研制大功率的新型设备仍是电火花表面强化技术的主要研究方向。

MW (20091012)