

冶金轧辊堆焊技术综述

沈风刚, 刘景凤

(中冶集团建筑研究总院 焊接研究所, 北京 100088)

摘要: 分析对比了国内外冶金轧辊堆焊修复及复合制造技术发展状况, 重点对冶金轧辊堆焊工艺进行了较为全面的介绍, 并对我国冶金轧辊堆焊复合制造技术进行了展望。

关键词: 冶金轧辊; 堆焊技术; 堆焊复合制造

中图分类号: TG44; TH17

文献标识码: A

文章编号: 1007-9289(2006)03-0014-06

Summarization of Hard Surfacing Technology For Metallurgical Rollers

SHEN Feng-gang, LIU Jing-feng

(Welding Research Institute of Central Research Institute of Building & Construction. MCC, Beijing 100088)

Abstract: The status of developing technique of hard surfacing for rebuilding metallurgical rollers and composite manufacturing at home and abroad were analyzed and compared. Hard surfacing technology for metallurgical rollers was emphatically introduced, the progress of composite manufacturing by hard surfacing for metallurgical rollers was forecasted as well.

Key words: metallurgical rollers; hard surfacing technology; composite manufacturing by hard surfacing

0 引言

提高轧材内在质量和精度、降低生产成本是当今轧钢领域的重要研究课题。轧制新技术的应用可有效地提高轧材的质量, 但同时也对各类轧辊的耐磨性、耐热性、抗冲击性等各种性能提出了更高的要求。

轧辊是轧钢生产中的重要部件之一, 每个轧钢厂每年都要消耗大量轧辊, 由于消耗量大, 轧辊价格昂贵, 越来越引起技术人员和备件管理部门的重视。轧辊质量的优劣, 不仅直接影响其使用寿命, 而且对钢材的质量、生产率和生产成本都有很大影响。而采用堆焊方法修复的复合轧辊, 不但成本低, 而且能提高轧辊使用寿命, 降低轧辊耗量, 合理使用及节约合金元素, 并能够提高轧机的作业率和产品的质量, 是一种有效的技术经济措施。

早在 50~60 年代, 我国就开始采用堆焊的方法修补普通钢质轧辊。近年来, 随着科学技术的不断进步, 使得这一技术逐步成为修复和制造轧辊的一种全新的工艺途径。在高强度、高韧性的低合金

或中碳合金钢轧辊芯表面堆焊高合金耐磨工作层, 以替代传统的整体锻造和离心铸造方法, 已经有了一定的基础。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。

近年来, 国内外的科技人员在堆焊材料方面进行了大量的研究工作, 并取得了较大的进展。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(堆焊金属)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, 性能要求差异也很大, 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(58 HRC 以上)要求硬面辊, 如热轧带钢卷取机助卷辊、成品板(带)矫直和精整方面的深弯辊、矫直辊、精整辊(平整辊)以及带钢冷轧工作辊(宽带钢)等的堆焊修复制造, 依然是冶金行业亟待解决的重大攻关难题。

堆焊复合冶金轧辊的制造方法, 是目前国内外复合轧辊生产中较为先进的工艺方法之一, 可替代传统的轧辊制造方法。其节约能源、减少污染的效果良好。堆焊复合轧辊在性能上较其它方法制造的

轧辊有较大优势,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,堆焊复合冶金轧辊(替代部分铸铁辊)可解决轧钢行业生产中的断辊问题,可提高轧机的生产作业率,降低总辊耗,从而能为轧钢企业创造巨大的经济效益。另一方面,由于轧辊辊芯材料的多次反复使用,大大节约了金属材料,充分地利用了资源,符合国家要求的再制造工程理念,具有较好的社会效益。

1 国内外技术发展状况

我国从50年代起就发展用实芯合金焊丝堆焊修复轧辊,并收到了较好的效果,以后就得到广泛地应用。由于普通单丝埋弧焊的熔敷效率有限,往往不能满足高堆焊生产率的要求,随后又逐步发展了多丝埋弧堆焊和带极堆焊技术。由于实芯合金焊丝(或实芯焊带)在生产加工(冶炼、轧制、拔制)过程中的一些困难,往往限制了高强度、高碳、高合金的合金焊丝的生产制造,在较长的一段时间内也没有开发出新型的轧辊堆焊(合金)材料。国外则在70年代后大量使用药芯焊丝进行轧辊堆焊,药芯焊丝的应用使轧辊的质量有了明显的提高。我国在80年代末90年代初也开始逐步大量使用药芯焊丝进行轧辊埋弧堆焊修复。随之在设备方面,也出现了我国自行设计制造的轧辊埋弧堆焊专用机床。

在国内历经20多年的冶金轧辊堆焊技术的发展和推广应用,目前,在堆焊材料、堆焊工艺技术、堆焊设备、应用范围等诸多方面和国外同行相比,水平应是不相上下,各有千秋。

在堆焊材料研制、应用以及堆焊工艺优化方面,我国(就中冶集团建筑研究总院焊接研究所而言)已达到或(在某些产品品种、性能及应用方面)超过国外同行水平。如炼铁高炉无料钟布料溜槽所用高温耐冲蚀磨损的药芯焊丝,其工艺和性能远远高于国外焊丝(比利时苏铎锐A45-S),而价格不到国外售价的1/2;如连铸辊堆焊制造用系列药芯焊丝(包括超低碳氮强化的埋弧及明弧堆焊产品),经在国内钢厂大范围应用,其使用寿命已达到国际先进水平;又如冷轧工作辊(窄带钢)、冷轧中间辊、冷轧支承辊、中厚板大型热轧支承辊以及合金半钢轧辊(国外称为Adamite轧辊,不可堆焊修复)等的成功堆焊修复,更是实现了重大的技术突破。

在轧辊堆焊成套设备制造方面,国内与国外先

进厂家相比,尚存在一定差距。其中差距主要集中在堆焊电源的性能稳定性和整体设备的自动化水平上。但这种差距,通过对引进设备的消化吸收,相信在短期内将会逐步消除。

目前,国外轧辊堆焊修复同国内一样,仍以药芯焊丝埋弧(明弧)堆焊为主,虽然其形式多样,但都是埋弧(明弧)堆焊的变形,只不过国外多采用多机头单丝(双丝)摆动埋弧(明弧)堆焊,其堆焊熔敷效率要比国内高。

2 冶金轧辊堆焊技术材料

针对冶金轧辊堆焊所采用的材料,根据堆焊材料产品形式分为:堆焊焊条、堆焊实芯焊丝、堆焊药芯焊丝(分埋弧堆焊、气保护堆焊和自保护堆焊3种)、堆焊焊带(分实芯和药芯两种,后一种目前尚不成熟)、堆焊合金粉末、埋弧焊剂(分熔炼和烧结等)以及保护气体(气保护堆焊用)等。目前国内外常用的冶金轧辊堆焊材料以埋弧堆焊药芯焊丝、自保护堆焊药芯焊丝以及埋弧堆焊实芯焊带为主。以上不同产品形式的堆焊材料除“堆焊焊条”有国家标准(GB/T 984-2001)外,其余均为各自材料制造厂商制订的企业标准。如中冶集团建筑研究总院焊接研究所制订的“堆焊用药芯焊丝”标准(Q/HDYJA001-2003)。

根据堆焊合金的类型以及堆焊层的组织结构,用于冶金轧辊的堆焊材料分为以下几类^[1]:

(1) 铁基堆焊合金

珠光体和贝氏体类堆焊合金; 马氏体类堆焊合金(除低碳、中碳、高碳马氏体钢外,还包括工具钢、高速钢及Cr13不锈钢等); 奥氏体类堆焊合金(包括高锰奥氏体钢、铬锰奥氏体钢和铬镍奥氏体不锈钢); 合金铸铁类堆焊合金(包括马氏体合金铸铁、奥氏体合金铸铁和高铬合金铸铁)

(2) 铁镍基和镍基堆焊合金

(3) 钴基堆焊合金

(4) 铜基堆焊合金

(5) 碳化钨及其它碳化物硬质堆焊合金

(6) 喷熔用自熔性合金(包括铁基、镍基、钴基和含碳化钨自熔性合金)

以上堆焊合金的堆焊材料中,以铁基马氏体类堆焊合金材料在冶金轧辊堆焊中的应用比例最高。

3 冶金轧辊堆焊修复制造工艺

通用的冶金轧辊堆焊修复制造工艺流程如图 1 所示:

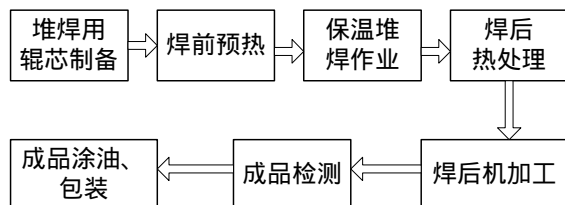


图 1 冶金轧辊堆焊修复或复合制造工艺流程

Fig.1 The technology flow chart of rebuilding and composite manufacturing for metallurgical rollers by hard surfacing

(1) 辊芯制备

堆焊复合轧辊辊芯可采用强韧性满足要求的低碳低合金或中碳结构锻钢(铸钢)制造,新辊芯通常由专业机械厂来制作。若取用旧轧辊辊坯,焊前必须进行探伤、车削疲劳层、焊补局部缺陷以及保证堆焊工作层车削的整备工作。如果探伤出旧辊辊坯(包括辊颈和辊面)有严重内伤,则不允许再进行该辊坯的堆焊修复工作。

对于一些下线的重要轧辊(或辊面硬度较高的轧辊),其旧辊坯在进行辊面疲劳层车削前,建议先进行消除应力(回火)热处理。目的是消除旧辊坯及其辊面上的复杂残留应力,同时可使辊面硬度降低,从而使辊面易于车削,并降低机加工成本。消除应力(回火)热处理温度的选取,应确定为比原新辊回火温度低 35~40℃ 左右,该温度对于大多数冶金钢辊来说,通常在 480~565℃ 范围内。消除应力(回火)保温时间按辊直径方向 0.5 h/英寸来确定。加热升温时,在温度 < 260℃ 时,要求升温速度为 65~93℃/h;当温度 > 260℃ 时,要求升温速度为 35~65℃/h。

另外,对于检验合格的旧辊坯,在预热堆焊前,还应考虑对辊无需堆焊修复的其它重要部位(如辊颈、键槽、传动部位等)采取抗氧化保护措施,即在其表面施加适宜的抗氧化涂层材料。

(2) 焊前准备工作

对于大多数平辊,在辊坯预热前,要在辊身的两端装上挡环。挡环为焊接式(一次性),用薄钢板(厚度 ≥ 6 mm)制成,并环向对接点焊在辊身两端。挡环的作用是托住焊剂,防止在堆焊时发生熔

渣流淌,从而保证在辊身两端得到良好的堆焊层形状。同时对选用的堆焊材料(包括焊丝和焊剂)分别按其要求进行烘焙,以去除水分。

(3) 焊前预热

预热的主要目的是降低堆焊过程中堆焊金属及热影响区的冷却速度,降低淬硬倾向并减少焊接应力,防止母材和堆焊金属在堆焊过程中发生相变导致裂纹产生。预热温度的确定需依据母材以及堆焊材料的碳含量和合金含量而定,可参考经验公式:

$$T_p(^{\circ}F) = 1020 - 63(\%C) - 7(\%Mn) - 6(\%Si) - 3(\%V) - 3(\%Cr) - 3(\%Ni) - 18(\%Cu) - 18(\%Mo) - 9(\%W) + 27(\%Co) + 54(\%Al)$$

其中 $^{\circ}C = 5/9(^{\circ}F - 32)$

堆焊过程中应控制预热及层间温度高于 M_s 点,避免堆焊金属发生马氏体相变及淬回火效应,应使整个堆焊层焊完之后在热处理电炉中同时进行马氏体转变,只有这样才能保证堆焊层的组织、硬度均匀性。在预热过程中要求:预热升温速度: 65~93℃/h (温度 < 260℃); 35~65℃/h (温度 > 260℃)。预热保温时间按辊直径方向 0.0833~0.166 h/cm (0.25~0.5 h/英寸) 来确定(具体时间取决于辊母材和堆焊金属合金成分),原则是确保辊坯从外到里热透。

辊芯(旧辊坯)的预热,原则上要求必须在电炉内进行。对于预热温度及层间温度要求不高的冶金轧辊,也可在堆焊设备上边旋转边用火焰加热。

(4) 保温自动堆焊作业

使用具有下降电源特性(指采用自动埋弧堆焊方法)或平特性(指采用自动明弧堆焊方法)的直流电源,配备带自动测温、控温系统的电加热(或燃气加热)保温罩装置和焊剂自动送给装置,在轧辊自动埋弧(明弧)堆焊专用设备上,进行单机头(或多机头)单丝圆周方向连续螺旋自动埋弧(明弧摆动)堆焊。

堆焊过程必须连续施焊,中途不允许停止。如遇意外情况停焊时,在层间温度保温装置不能保证轧辊层间温度时,应尽快进炉按预热温度要求保温。

进行圆周方向螺旋线堆焊时,为防止在辊身两端出现“缺肉”现象,在辊身的两端,即始焊部位和终焊部位,均应先沿圆周方向堆焊一周(即

在不动堆焊机头的情况下堆焊一周)，然后再进行螺旋线堆焊。同时为保证各堆焊层间硬度的均匀性，要求堆焊时应使各堆焊层间的焊道位置相互错开 1/2 焊道宽度。

对于 $\phi 3.2$ mm 药芯焊丝，当采用自动埋弧堆焊时，要求：

焊接电流：300~450 A；焊接电压：27~31 V；焊接速度：350~550 mm/min（指轧辊堆焊层转动圆周线速度）；焊道搭接：相邻焊道搭接 30%~60%，具体焊道搭接量应视焊道平整光滑情况；焊接极性：采用直流反接；焊接电源特性：采用具有弧压反馈的下降外特性；焊弧导前距离：取决于轧辊直径。一般在 12.7~50.8 mm 范围内，具体导前距离视焊道成形情况；焊丝伸出长度：30~35 mm；焊道层间温度：可低于预热温度，但最低不超过 10 ~40 。

对于 $\phi 2.4$ mm 药芯焊丝，当采用自动明弧摆动堆焊时，要求：

焊接电流：250~300 A；焊接电压：25~28 V；摆动速度：1.6~2.2 m/min；摆动幅度： ± 20 mm；焊接速度：100~150 mm/min（指轧辊堆焊层转动圆周线速度）；焊道搭接：相邻焊道搭接 15~30%；焊

接极性：采用直流反接；焊接电源特性：采用平外特性；焊弧导前距离：取决于轧辊直径。一般在 12.7~50.8 mm 范围内，具体导前距离视焊道成形情况；焊丝伸出长度：30~35 mm；焊道层间温度：可低于预热温度，但最低不超过 10 ~40 。

焊弧导前距离对于获得良好的焊道成形以及脱渣性具有重要的影响作用。在堆焊过程中，初期阶段必须注意调节，以得到外形良好的焊道。导前距离太小，则焊道截面形状过于凸起，造成成形不良，易发生咬边，并导致脱渣困难；而导前距离太大，则使焊道截面形状过于扁凹平，易产生焊道中心线裂纹，并造成熔池不稳定，液态金属“前淌”。导前距离合适的情况如图 2 所示。

根据轧辊直径，适宜的导前距离选择可参考表 1 数据。

当堆焊层厚度达到 20 mm~30 mm 时，为避免焊接累积应力增大，导致堆焊辊产生裂纹甚至发生严重开裂事故，必须停焊进行一次中间去应力热处理。去应力热处理温度要求控制在 480 ~530 ，时间则由堆焊厚度来确定，实际操作时，通常考虑 2~4 h。

表 1 导前距离数据选择

Table 1 Suggested leads

轧辊直径/mm	76.2~457.2	457.2~914.4	914.4~1066.8	1066.8~1219.2	1219.2~1524.0
导前距离/mm	12.7~31.8	31.8~38.1	38.1~44.5	44.5~50.8	50.8~63.5

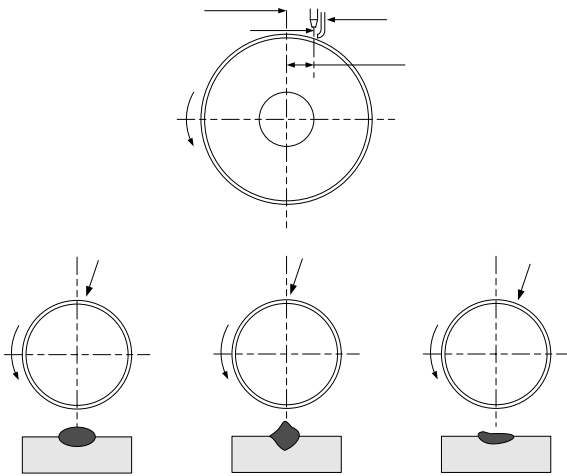


图 2 焊弧导前距离与焊道成形关系图

Fig.2 The relationship between lead and weld bead shape

(5) 焊后热处理

焊后热处理的主要目的是为改善焊后组织和消除焊接应力，同时使碳化物能够在基体组织上弥散析出，从而形成二次硬化，进一步提高轧辊堆焊工作层的硬度和耐磨性。

堆焊轧辊的焊后热处理应在专用的热处理电炉中进行，要求炉内温度均匀性（ ± 10 ）好，温度测定准确，控温过程精确。

轧辊堆焊完毕后，在保持层间温度的情况下，应使轧辊在专用堆焊设备上（同时旋转），保持 1~2 h，目的是使轧辊温度均匀化。

之后，使轧辊缓冷至至少比堆焊金属 M_s 温度低 37.8 左右的温度，保持几个小时，使得轧辊芯部和外部温度均匀一致。此过程要求降温速度在 37.8 /h 左右。轧辊缓冷方式可采用保温材料包裹或放进珍珠岩坑缓冷，推荐最好进密闭的电炉中

进行。

在热处理电炉对堆焊轧辊进行回火处理时,升温过程中,为保证温度均匀,升温速度要缓;降温过程中,为防止产生新的应力,也应缓慢冷却。

为充分发挥材料的性能,选择中高温回火,以产生充分的弥散强化效应。回火后,待轧辊逐渐冷却至 150℃ 以后,才可以出炉,并要求在静止空气中自然冷却至室温。热处理工艺曲线如图 3 所示:

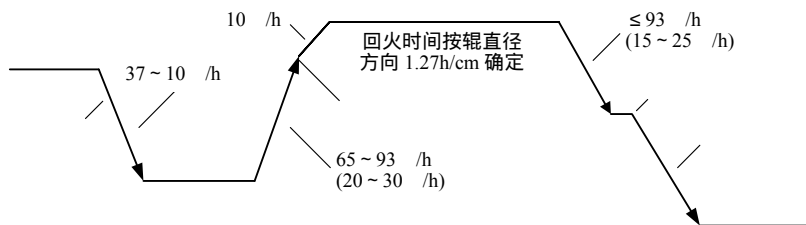


图 3 焊弧导前距离与焊道成形关系图

Fig.3 The curve of post welding heat treatment

(6) 热处理后检查、机加工和成品检测

对经过焊后回火热处理后的堆焊轧辊进行粗加工,然后进行半成品检验,包括:超声波探伤、硬度检查、外观检查、几何形状及粗加工尺寸检查等。堆焊层的着色探伤(PT)或磁粉探伤(MT)检查在轧辊最终机械加工完成后进行。

(7) 堆焊层缺陷的手工修焊工艺

对于丝极埋弧自动堆焊时在堆焊层中出现的局部微小缺陷,如缺肉、咬边、夹渣、气孔、裂纹等,可采用手工电弧(或 TIG)焊方法进行补焊修复,修复工艺如下:

焊前要用砂轮打磨方法除去缺陷,并进行着色探伤检查。确认缺陷已完全清除后才可着手焊接。

用煤气或氧-乙炔焰局部预热,要保证缺陷周围 50 mm 范围内达到 $\geq 300^\circ\text{C}$ 的预热温度。

焊条或焊丝选用与堆焊层化学成分相同或接近的堆焊产品牌号,直径 $\phi 3.2\text{ mm}$ 。使用前 300~350℃ 烘焙 1 h。

选用较小的焊接电流,通常为 90~110 A,采用直流电源,焊条接正极。为了防止出现焊接裂纹,要采用热锤击焊缝的方法。补焊修复可在焊后热处理后进行,修焊后可不进行热处理。

综上,以堆焊复合工艺制造新轧辊或修复旧轧辊,工艺较传统轧辊制造工艺要简单、快捷。再有,在生产应用中具有可多次修复应用的优点。另外,以堆焊复合制造高强度、高韧性的高耐磨、耐高温的钢质轧辊来替代易断损、不易修复的铸铁类轧辊,其技术优势、可观的效益,目前已在轧钢企业中逐渐推广应用。

4 堆焊设备及修复(制造)条件

(1) 堆焊设备

目前国内冶金轧辊堆焊专用设备已形成系列装备。按堆焊轧辊承重能力,小的有可承重 5~10 t 的,最大的有可承重 80 t 的大型轧辊专用堆焊设备;按堆焊轧辊的外形尺寸分,最长堆焊工件长度可达 18 m(堆焊无缝管厂连轧管机芯棒),最大堆焊工件直径则可达 1.5~2 m(大型热轧支承辊)。轧辊自动堆焊专用设备,从整机系统来看,通常主要由 4 大部分组成:

设备主体。包括轧辊(工件)转动及支承系统、焊接机头轴向移动系统、机头垂直升降系统、机头导前距离调整机构、机头(前后和左右)倾斜角度调整机构、机头摆动机构、主机架、横梁及相应结构件。

焊接系统。包括焊接电源、焊接机头、机头焊接控制箱、机头摆动控制箱、单丝(带)焊枪(双丝焊枪)等。

控制系统。包括主控制台(含 PLC 控制)、主轴驱动变频调速控制、机头轴向移动伺服控制、机头升降驱动控制、保温装置加热及温控系统、焊剂送给与回收电控系统等。

辅助系统。包括轧辊(工件)加热与保温装置、焊剂送给与回收系统、除尘系统等。

(2) 预热及焊后热处理炉

轧辊焊前预热及焊后热处理炉目前都尽可能选用电炉,这是由于焊后热处理对炉温的准确性及均匀性有一定的要求($\pm 10^\circ\text{C}$)。预热及热处理最

回火温

回火时间

方向 0.5 小时

低于回火

37~38℃

65~93℃/

(20~30℃/

图 3 焊后热处理二

高温 650 ℃ 即可。若因电力容量紧张,扩容受限,也可选用燃气炉,但必须保证温度准确可控。预热及焊后热处理炉可根据所堆焊轧辊的规格、重量以及批量等来配置。

(3) 机加工设备

机加工设备主要指通用车床、轧辊车床和磨床,分为粗加工和精加工。其规格能力一般按待加工堆焊轧辊规格和重量来匹配选购。

(4) 关于车间吊运设备

选用原则:按车间规划堆焊最大轧辊单重选取适宜吨位的桥式吊车、单梁电葫芦吊。选用数量 1~2 台足够。

因产品在焊前的预热后出炉和焊后的回火入炉,吊运时间长短将直接影响轧辊堆焊质量,所以其它贻误吊运时间的吊运设备不宜选用。

(5) 产品的质量检测仪器

针对轧辊堆焊,需配备以下检测器具:超声波探伤仪、磁粉探伤(着色探伤)仪、手持硬度计、手持接触式测温仪、轧辊尺寸测量器具等。

5 冶金轧辊堆焊复合制造技术展望

从以上冶金轧辊堆焊技术综述内容中,可看出冶金轧辊采用堆焊方法进行复合制造具有方法简单、综合性能优异、技术优势及经济效益显著等特点。目前,国内外已采用冶金轧辊堆焊修复(复合制造)技术的冶金辊类应用情况详见表 2。

由表 2 可看出,目前,冶金轧辊的堆焊修复和复合制造已绝不仅仅限于普通钢质轧辊。近些年来,随着轧辊堆焊技术的不断发展,一些特殊性能要求的轧辊已开始逐步通过堆焊复合制造的方式,得到推广应用。

随着轧制新技术的应用,对轧辊的各项性能都提出了更高的要求。目前,高综合性能(高强度、高韧性和高耐热、耐磨性)的冶金轧辊的研究及应用,在国外发达国家已开始推广应用。相对于传统的冶金制造方法,其技术进步主要体现在改变轧辊材质和采用新的冶金复合制造技术。

改变轧辊材质是提高轧辊性能的首要措施,轧辊材质发展的趋势是广泛使用合金元素,且合金化程度逐渐提高。如国外热轧带钢精轧前段由 60 年代的半钢工作辊发展到 70 年代的高铬铸铁辊,到了 80 年代末开始使用高速钢轧辊;冷轧带钢工作

辊材质由 2 % 铬钢发展到 3 % 铬钢、5 % 铬钢,到了 90 年代开始使用半高速钢。高速钢材料用于轧辊制造,使轧辊性能显著提高,轧材质量明显改善。

表 2 冶金轧辊堆焊修复制造技术应用范围

Table 2 The application scope of hard surfacing for rebuilding or composite manufacturing metallurgical rollers

轧辊种类及名称	堆焊修复	堆焊复合制造	国内应用	国外应用
连铸辊	√	√	√	√
轧机前后辊道辊	√	√	√	√
粗轧辊(线棒材、带钢及型钢)	√	×	√	√
半钢轧辊	√	×	√	×
热连轧板带支承辊	√	×	√	√
热连轧板带夹送辊	√	√	√	√
热连轧板带助卷辊	√	√	√	√
热连轧板带层流冷却辊	×	√	√	√
热连轧板带张力辊	√	√	√	√
热轧中厚板支承辊	√	×	√	×
中厚板矫直辊	√	×	√	√
中厚板原盘剪刀	√	×	√	√
冷轧工作辊(窄带钢)	√	√	√	×
冷轧支承辊(窄带钢)	√	√	√	×
冷轧中间辊(宽带钢)	√	×	√	×
冷轧支承辊(宽带钢)	√	×	√	×
穿孔机轧辊(无缝管)	√	×	√	√
连轧管机芯棒(无缝管)	√	√	√	×
破碎辊(烧结)	√	√	√	√

近 10 多年来,国外采用的新的冶金轧辊复合制造技术有连续浇铸复合铸造法(CPC 法)、旋转电渣熔铸法、喷射成形工艺(Ospray)和热等静压工艺(HIP)。这些新的复合制造技术生产出来的复合高性能高速钢轧辊,其综合性能明显优于整体锻造和普通离心铸造轧辊,并在应用上已取得了较为理想的效果。

在具有更低制造成本的堆焊复合轧辊制造方面,发达国家依然仍在进行着大量的研究,其中主要是堆焊材料的研究。而满足高综合性能(高强度、高韧性、高耐热、耐磨性)的堆焊复合轧辊,国外尚未见应用,而且研究的不多,也未见文献报道过。目前,国内堆焊复合材质轧辊研究正在兴起,而且越来越受到重视。但对于性能要求更高的冶金轧辊,如冷轧锻钢工作辊(宽带钢)、热轧带钢粗轧

(下转第 22 页)

(上接第 19 页)

和精轧工作辊、中厚板轧机工作辊、高速线材轧机预精轧、精轧辊环等的堆焊复合制造和修复,依然是冶金行业亟待解决的重大攻关难题。

从发达国家的现状看,复合材质高性能轧辊的使用已经十分广泛。据相关资料介绍,已经达到轧辊总量的 70 %以上,而且仍然在继续增加,加上保留下来的部分离心浇铸复合轧辊,其复合轧辊的用量已经占到了总量的 90 %以上。而我国现有轧钢行业复合材质高性能轧辊用量连 10 %都占不到。而且大部分主要是依赖进口。复合轧辊制造除了所生产出的轧辊性能不高的普通离心铸造方法外,专业生产制造堆焊复合高性能轧辊的冶金企业根本就没有。而近期如要引进国外轧辊先进冶金复合制造技术,由于经济上和技术条件上的原因,难度又较大,所以结合我国目前实际情况,尽快进行高综合性能和低制造成本的堆焊复合轧辊的研究开发与生产制造是非常重要的,也是目前国内轧辊制造与钢铁企业使用轧辊的发展方向。

6 结 论

(1) 对冶金钢铁企业而言,冶金轧辊堆焊修复及复合制造,是一种有效的技术经济措施。

(2) 我国冶金轧辊堆焊技术在堆焊材料、堆焊工艺技术、堆焊设备以及应用范围等诸方面和国外先进技术相比,并不落后,处于同一水平。

(3) 较全面而完整的冶金轧辊堆焊技术应包括所采用的堆焊材料(堆焊合金)、堆焊方法、相应堆焊工艺和堆焊设备及制造条件等几个方面。

(4) 冶金轧辊采用堆焊方法进行复合制造具有方法简单、综合性能优异、技术优势及经济效益显著等特点。高综合性能和低制造成本的堆焊复合轧辊的研究开发与生产制造是目前国内轧辊制造与钢铁企业使用轧辊的发展方向。

参考文献:

- [1] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册—材料的焊接(第 2 版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001: 844- 898.
- [2] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册—焊接方法及设备(第 2 版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001: 767-780.

作者地址: 北京市海淀区西土城路 33 号 100088

中冶集团建筑研究总院焊接研究所

Tel : (010) 82227317 ; 13601178829

E-mail : shfg@vip.sohu.com