

热轧支撑辊的堆焊修复强化工艺技术

宝钢梅山钢铁股份公司技术中心 (江苏南京 210039) 王银军 王孝建 董汉君
南京航空航天大学八院 (江苏 210016) 王开圣

摘要 介绍了梅山热轧支撑辊的堆焊修复工艺。热轧支撑辊的堆焊难点主要是堆焊层开裂, 通过工艺调整, 可解决堆焊层开裂问题。热轧支撑辊堆焊修复后的使用效果接近新辊, 而堆焊成本仅为国产新辊的 1/3, 经济效益可观。

一、概述

梅山 1422 热轧带钢生产线有在线支撑辊 20 支, 全部为铸钢辊, 其中有日本和英国等的进口辊, 也有国产辊。支撑辊的损坏形式除了正常磨损外, 还有疲劳裂纹、辊面剥落等, 有些支撑辊因工作层存在铸造缺陷, 而不得不将缺陷厚度范围内的工作层全部车削去除。支撑辊的工作层尺寸低于下限值时, 其服役周期便结束, 如作废辊处理, 则浪费惊人。如何充分发挥旧辊的“绿色”再利用潜力, 达到降本增效的目的, 这是冶金企业非常关心、重视的课题。为此, 我们在成功掌握堆焊修复热轧

粗轧工作辊的技术基础上, 探索、开发了热轧支撑辊的堆焊修复、强化工艺技术。

二、热轧支撑辊的工况、材质及匹配的堆焊材料分析

支撑辊与工作辊直接接触, 其主要承受高压、一定的热应力、疲劳应力及磨损的综合作用, 因此, 其辊面材质应具有一定的强度、高的疲劳强度、热冲击性能、抗磨损性能。梅山热轧支撑辊典型规格为: $\phi 1390\text{mm}$ (辊面直径) $\times 1429\text{mm}$ (辊面长度) $\times 3924\text{mm}$ (总长), 重量 25444kg/支。几种梅山热轧支撑辊的化学成分见表 1。

表 1 梅山热轧支撑辊材质的化学成分 (质量分数) (%)

成分 类型	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V
邢台辊	0.6~1.0	0.2~0.8	1.4~2.0	< 0.03	< 0.03	1.4~2.0	0.6~1.3	0.1~0.6	—
英国辊	0.4~0.45	0.3~0.6	0.4~0.5	< 0.03	0.018~0.028	3.3~3.6	< 0.5	0.6~0.65	0.11~0.15
日本辊(实测值)	0.48	0.31	0.72	< 0.01	0.007	3.4~4	0.7	0.44	—

热轧支撑辊对堆焊材料的性能要求:

- (1) 较高的硬度 60~70HSD, 保证其刚度和耐磨性。
- (2) 高强度, 避免断辊。
- (3) 高疲劳强度, 防止网状裂纹和剥落。
- (4) 良好的热冲击性, 防止辊面局部受热产生软点。

(5) 良好的焊接性。

据此, 我们选择低碳低合金 104 焊丝配 431 焊剂作打底层, 选择耐磨性较高的 Stooddy224H 焊丝配 107 焊剂作工作层, 堆焊硬面层硬度达 67~74HSD, 堆焊层成分见表 2。

表 2 堆焊层熔敷金属成分 (质量分数) (%)

成分 类型	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	S	P
打底层	0.12	0.8	2.0	1.2	—	—	< 0.013	< 0.029
工作层实测值	0.35	0.65	1.62	6.5	0.9	1.45	0.017	0.018

第 20 届中国焊接博览会云策划专辑

三、主要堆焊装备

埋弧堆焊电源的型号为ZXG—1000R, 自动焊剂烘箱的型号为NZHG6—500内热式鼓风型。采用自行设计并多次改进的多功能辊体堆焊装置, 这是一种适合支撑辊、工作辊等大型辊体堆焊的特种设备(见图1), 主要由动力转动装置、支承架、炉体、炉顶工作平台等部分组成。大型辊体安装与其轴颈匹配的保护托圈工装后,

搁置在支承架上, 通过动力装置使其转动, 辊身置于炉膛内, 部分辊颈和与之配合的保护托圈置于炉外, 预热、堆焊和热处理过程中, 辊体始终转动。炉体主要由前上部、前下部、后上部、后下部、炉盖和两端开孔的圆柱形炉膛等组成, 能自由拆分, 结构紧凑。炉膛内分区均匀布置LCD履带式远红外加热板, 总加热功率为300kW, 各加热区通过智能温控系统独立控温, 且通过

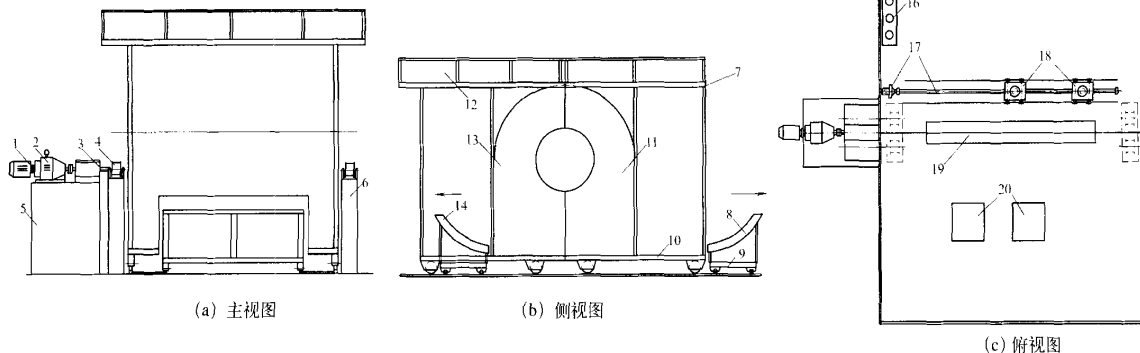


图1 多功能辊体堆焊装置

1. 电动机 2. 减速器 3. 齿轮箱 4. 滚轮 5. 动力底座 6. 支承架 7. 前平台 8. 前下部
9. 小台车 10. 大台车 11. 前上部 12. 后平台 13. 后上部 14. 后下部 15. 焊丝盘 16. 控制面板
17. 焊接小车行走机构 18. 焊接小车 19. 炉盖(塞紧堆焊槽) 20. 焊剂料斗

电源调频改变功率输出, 可控性好。炉顶工作平台上有狭长的活动炉顶, 移开炉顶, 形成堆焊槽, 堆焊机头可伸入堆焊槽内对辊体表面堆焊。由于堆焊槽部位温度高、堆焊平台与辊体表面距离较大, 故焊接机头进行了结构改进(见图2), 保证了焊接稳定性及可操作性。

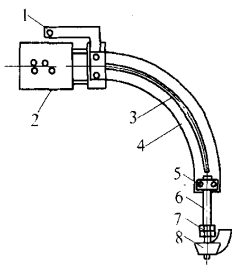


图2 改进型的焊接机头

1. 电缆线接头 2. 送丝机构 3. 导向管 4. 加长臂
5. 高温电缆线接头 6. 大导电嘴 7. 连接螺母
8. 小导电嘴及焊剂漏斗

四、堆焊热轧支撑辊的工艺流程及措施

在堆焊热轧支撑辊时, 我们采用了创新的短流程堆焊修复工艺。所谓短流程是指修复周期短、堆焊工序少而简单, 以及没有太多的中间环节, 修复效率高。

1. 创新的短流程堆焊修复工艺

众所周知, 大型轧钢厂都有配套的磨辊装配车间, 用于车削、磨削、装配、更换轧辊。利用磨辊装配车间的起重、装配、车削等设备, 在车间内设立一个小型的堆焊工位, 将轧辊的堆焊修复过程安排在轧钢厂的磨辊装配车间, 这样就避免了传统修复时委托堆焊工厂所产生的中间周转环节的缺陷, 大大缩短了堆焊修复进程, 用户也能很好地跟踪轧辊的堆焊情况。轧辊从进厂服役, 然后多次堆焊修复循环利用, 直到最终报废, 全部过程都在轧钢厂, 很容易实现对轧辊的终身跟踪管理, 这是实现短流程堆焊修复方法的第一步。

图3是轧辊短流程堆焊修复方法应用时, 堆焊工位 在轧钢厂的平面布置图。

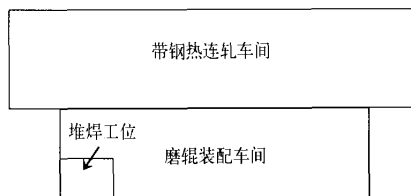


图3 堆焊工位在轧钢厂的平面布置图

实现短流程堆焊修复轧焊的第二步骤是：应用堆焊、热处理一体化的多功能辊体堆焊装置。该堆焊装置的工作原理是综合大型堆焊机床、大型热处理炉的基本结构，具有预热、堆焊、层间保温、热处理等多种功能，优化了设备资源配置，使大型辊体堆焊过程中的预热、堆焊、热处理三个工序集中于同一装置操作，工序少而简单，缩短了堆焊生产流程，提高了堆焊修复效率。

2. 热轧支撑辊的堆焊工艺流程

堆焊前原始记录→清除热疲劳层→焊接材料准备，应用多功能辊体堆焊装置先后对支撑辊预热→堆焊打底层→堆焊合金工作层→中间去应力热处理，再堆焊合金工作层→最终去应力热处理→缓冷后出炉→初检；车削加工→终检→待用。

表3 热轧支撑辊辊面的主要堆焊工艺参数

焊接位置	药芯焊丝		焊剂	电弧电压 /V	焊接电流 /A	焊接速度 /m·min ⁻¹	环焊缝搭接率 (%)
	代号	φ/mm					
打底层	104	4	HJ431	30~36	420~480	0.4~0.45	40~50
工作层	224H	4	HJ107	30~36	450~500	0.4~0.45	40~50

打底过渡层至少3层、总厚度一般不小于8mm，当辊体车削疲劳层多，导致初始直径较小时，打底过渡层的总厚度可提高，既降低了堆焊成本，又减少了过厚合金工作层的应力，以避免开裂危险。堆焊工作层时，由于厚度一般较厚，所以特别要注意层间的温度控制、设备的稳定运行，以及适当的中间去应力热处理。堆焊过程中，对局部焊瘤、凹陷、漏弧斑、微裂纹等缺陷应及时清除、补焊，当然，这在多功能辊体堆焊装置上是很容易实现的。

(3) 去应力热处理 根据车削情况，热轧支撑辊的辊面的单边堆焊厚度约50~125mm不等，堆焊层厚度一般较厚，为减少堆焊应力，防止堆焊层开裂，应注意保温、去应力热处理。去应力热处理分中间去应力热处理、最终去应力热处理两个过程。

具体工艺措施如下：

(1) 堆焊前准备 堆焊前，对热轧支撑辊进行原始尺寸、表面形貌记录，主要目的是用于堆焊前后的对比，并使堆焊有针对性；车削、清除热疲劳层，探伤检测、确保疲劳龟裂彻底除净，并在此基础上再车削、下切5mm左右，进一步清除微观的疲劳损伤层，再对车削后的辊面尺寸记录，确定堆焊层厚度、材料消耗、后续堆焊工艺流程。然后，热轧支撑辊两端轴颈安装匹配的轴颈保护托圈工装后，搁置在多功能辊体堆焊装置的支承架上，热轧支撑辊的局部轴颈位于堆焊装置炉膛内，对此处的局部轴颈刷涂抗高温氧化涂料。保持辊体和托圈工装一起连续转动。堆焊装置炉膛内的LCD履带式远红外加热板通电，对辊体预热至200℃，保温6h，用A307焊条在辊面的两侧边缘焊接80~100mm宽的引弧板托圈，保证辊面的堆焊成形，并有效地防止焊剂流淌。然后，使辊体温度以低于50℃/h的速度缓慢升温至450℃、保温12h。焊剂HJ107在烘箱预热至300℃、保温2h以上，待用。

(2) 堆焊 辊体预热充分后，将堆焊装置的下部炉体、活动炉顶移开，改进后的焊接机头伸入堆焊槽，对辊面堆焊。堆焊时采用环焊螺旋堆焊法，主要堆焊工艺参数见表3。

堆焊时，多功能堆焊装置的炉膛内，上部炉体的LCD履带式远红外加热板始终带电加热，保证层间温度，每堆焊约30mm的堆焊层，需进行一次中间去应力热处理。中间去应力热处理时，移开焊接机头，将多功能堆焊装置组合成封闭的圆柱形炉膛，炉膛内的所有LCD履带式远红外加热板通电，对辊体加热，使辊体温度以低于50℃/h的速度缓慢升温至520℃、保温12h，然后炉冷至400℃左右，继续堆焊。在堆焊尺寸达到预期要求时，堆焊全部结束，立即进行最终去应力热处理，操作方法与上述的中间去应力热处理时相同，使辊体温度以低于50℃/h的速度缓慢升温至560℃、保温20h，然后随炉冷却，通过智能温控系统使降温速度<40℃/h，冷至低于100℃后，自然冷却。最终去应力热处理后，记录堆焊后的槽形辊面尺寸和表面形貌，拆除轴颈保护托圈工

装,在不损坏轴颈的前提下,清除抗高温氧化涂料,将堆焊后的热轧支撑辊车削加工至尺寸要求和表面粗糙度要求。

五、热轧支撑辊的堆焊质量控制及效果

堆焊热轧支撑辊的主要难点是堆焊层开裂。经过长期工艺试验和堆焊实践,我们总结了堆焊层开裂的主要因素:

(1) 疲劳裂纹车削不尽 由于车削辊面疲劳层的刀纹一般较粗,因而小的疲劳纹不易被发现,这便为堆焊层开裂提供了裂纹源,即使焊后不马上裂,使用时也会开裂或大块掉肉、剥落。

(2) 预热和层间温度控制 预热不够、辊面层间温度偏低、堆焊装置的加热失控等因素很容易造成开裂。

(3) 热处理工艺 热处理温度偏低、保温时间不足、加热或冷却速度过快等因素可造成堆焊层应力消除不尽或增加新的热应力,从而导致堆焊层开裂。

因此,我们采取以下措施来控制、避免堆焊层开裂:焊前严格探伤,确保疲劳裂纹彻底车削干净;严格控制预热和层间温度,经常检查电加热设备、加强炉膛的密封保温;控制合适的热处理工艺,特别是冷却时,不仅随炉冷却,而且采用“智能控温、电加热辅助炉冷”工艺,严格控制300℃前的冷却速度。

实践表明:应用国内同行业领先水平的多功能辊体

堆焊装置,采用科学、合理的堆焊修复工艺,成功解决了国内普遍存在的支撑辊堆焊层开裂难控制的问题。热轧支撑辊经成功堆焊,堆焊层的表面平均硬度为74HSD,高低落差不超过5,着色和超声波探伤检测,堆焊层没有裂纹和超过 $\phi 2\text{mm}$ 当量平底孔的缺陷,性能技术指标符合热轧支撑辊的质量要求。

多年来,我们完成了梅山公司每年的热轧支撑辊堆焊修复工作,堆焊修复后的热轧支撑辊使用效果接近新辊,而修复成本约20万元/支,远低于国产新辊60万元/支、进口新辊80万元/支的投资。显著降低了辊耗,达到了降本增效的预期目标,效果令人满意。

六、结论

堆焊的热轧支撑辊表面材质明显改善,修复后的使用效果接近新辊,而堆焊成本仅为国产新辊的1/3,经济效益可观。归纳热轧支撑辊的堆焊修复、强化的工艺要点:

(1) 采用了创新的短流程堆焊修复工艺;制定科学、合理的堆焊工艺流程和工艺措施。

(2) 选择优良的合金堆焊工作层,同时配置合适的打底过渡层。

(3) 应用了具有预热、堆焊、加热保温、去应力热处理等功能的特殊堆焊装置,焊接机头作了适当改进。

(4) 选择了合适的堆焊工艺和热处理工艺。

(5) 严格的质量控制措施。



(20060112)

(上接第34页)

激光焊接在汽车工业中已成为标准工艺。激光用于车身面板的焊接可将不同厚度和具有不同表面涂镀层的金属板焊在一起,然后再进行冲压,这样制成的面板结构能达到最合理的金属组合。激光焊接的速度约为4.5m/min,而且很少变形,省去了二次加工。激光焊接加速了用冲压零件代替锻造零件的进程。采用激光焊接,不但可以减少搭接宽度和一些加强部件,而且还可压缩车身结构件本身的体积,仅此一项车身的重量可减少56kg。激光焊接适用于车顶外壳与框架焊接,传动转换器盖板的焊接,由CNC控制,其循环时间约为16s,实际焊接时间仅为3s,一天可连续运行24h工作。

目前关于镁合金激光焊接技术还处于起步阶段,研究主要集中在镁合金的连续CO₂激光焊接和脉冲

YAG激光焊接两个领域,以及如下几个方面:镁合金激光焊接机理性研究;镁合金激光焊接过程质量信号的提取与控制;激光复合焊接在镁合金焊接中的应用与工艺性研究;镁合金焊接辅材的研制与配套等。

四、结语

预计2005年后,更多的汽车部件如气缸体、发动机罩、车顶板、门框和轮毂等焊件,也将用镁合金生产。镁合金在汽车上的大量使用,使镁合金的连接技术成为解决镁合金应用的迫切问题,各种焊接方法的研究都会得到广大研究者的进一步关注,尤其镁合金激光焊接技术表现出前所未有的优势,它的发展将对镁合金的广泛应用产生巨大的推动作用。



(20060108)