层间温度对高铬铸铁电弧堆焊层组织和磨损性能的影响①

楼玉民[1,2], 崔益民[1,2], 孔相植[1,2], 周梵[1,2], 吴剑波[1,2], 胡磊[3]
(1.浙江浙能技术研究院有限公司, 浙江 杭州 310026; 2.浙江省火力发电高效节能与污染物控制技术研究重点实验室, 浙江 杭州 310026; 3.安徽工业大学 材料科学与工程学院, 安徽 马鞍山 243002)

摘 要: 采用熔化极惰性气体保护焊(MIG), 以 TDCr27-58 高铬铸铁药芯堆焊焊丝在 Q345B 钢板表面制备了预热和层间温度均为 150~350 ℃的高铬铸铁堆焊层,通过渗透检测、SEM、销盘磨损实验等方法研究了层间温度对高铬铸铁堆焊层宏观形貌、显微组织和磨损性能的影响规律。结果表明:随着层间温度升高,熔池流动性改善,焊接飞溅和裂纹显著减少;堆焊层主要由初生奥氏体树枝晶及晶间共晶 M_7C_3 碳化物组成;堆焊层平均硬度随着层间温度升高而提升,层间温度 350 ℃时硬度为 716.6HV,较 250 ℃、150 ℃时对应的硬度值分别高 25.2HV、39.0HV;层间温度 150 ℃时磨损失重较 350 ℃时磨损失重增加约 63%,表现为严重剥落坑与黏着磨损特征。较高的层间温度可延长高温停留时间,促进 C、Cr 原子扩散,使共晶碳化物充分析出生长,提升堆焊层硬度和耐磨性。

关键词: 高铬铸铁; 熔化极惰性气体保护焊; 堆焊层; 组织及性能; 层间温度; 焊接组织; 磨损性能; 电弧堆焊
中图分类号: TB302;TG444 **文献标志码**: A doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2026.04.039
文章编号: 0253-6099(2026)04-0254-06

Effect of Interpass Temperature on Microstructure and Wear Performance of Arc Surfacing Layer on High Chromium Cast Iron

LOU Yumin[1,2], CUI Yimin[1,2], KONG Xiangzhi[1,2], ZHOU Fan[1,2], WU Jianbo[1,2], HU Lei[3]
(1.*Zhejiang Zheneng Technology Research Institute Co., Ltd.*, *Hangzhou* 310026, *Zhejiang*, *China*; 2.*Zhejiang Key Laboratory of High-Efficiency Energy Saving and Pollutant Control Technology for Thermal Power Generation*, *Hangzhou* 310026, *Zhejiang*, *China*; 3.*School of Materials Science and Engineering*, *Anhui University of Technology*, *Ma'anshan* 243002, *Anhui*, *China*)

Abstract: By adopting metal inert gas (MIG) welding, high-chromium cast iron surfacing specimens with preheating and interpass temperatures ranging from 150 ℃ to 350 ℃ were fabricated on the surface of Q345B steel plates using TDCr27-58 high-chromium cast iron flux-cored hardfacing wires. The influence of interpass temperature on macroscopic morphology, microstructure and wear performance of the surfacing layer was investigated via penetrant testing (PT), SEM and pin-on-disk wear test. The results indicate that the increase of interpass temperature improves the fluidity of molten pool and significantly reduces welding spatter and cracks. The surfacing layer mainly consists of primary dendritic austenite and intergranular eutectic M_7C_3 carbides. The average hardness of the surfacing layer rises with increasing interpass temperature, reaching 716.6HV at 350 ℃, which is 25.2HV and 39.0HV higher than that obtained at 250 ℃ and 150 ℃, respectively. The mass loss at an interpass temperature of 150 ℃ is approximately 63% larger than that at 350 ℃, exhibiting severe spalling pits and adhesive wear characteristics. A higher interpass temperature can extend high-temperature holding duration, accelerate the diffusion of C and Cr atoms, and promote the sufficient precipitation and growth of eutectic carbides, thereby improving the hardness and wear resistance of the surfacing layer.

Key words: high chromium cast iron; metal inert gas (MIG) welding; surfacing layer; microstructure and property; interpass temperature; welding microstructure; wear performance; arc surfacing

① **收稿日期**: 2026-03-01
基金项目: 浙能技术研究院科技项目(31901024007)
作者简介: 楼玉民(1971—),男,浙江东阳人,正高级工程师,主要研究方向为电站金属材料。E-mail:louyumin@ zjenergy.com.cn
通信作者: 崔益民(1990—),男,江苏盐城人,博士,工程师,主要研究方向为电站金属材料。E-mail:cuiyimin@ zjenergy.com.cn

高铬铸铁具有优异的耐磨性、良好的韧性以及耐高温和耐腐蚀性能,在冶金、采矿、电力等工业领域的耐磨部件中应用广泛,如抛丸机叶片、大型挖泥泵叶轮、水泥球磨机衬板及矿渣立磨的磨辊与磨盘等[1-3]。高铬铸铁堆焊层的优异性能归因于其典型的复相组织,即高硬度的初生及共晶 M_7C_3 型碳化物弥散分布于强韧的金属基体上[4-6]。这种结构不仅能有效抵御磨粒的切削与凿削作用,基体还能为脆性碳化物提供必要的支撑,防止其脱落。层间温度是堆焊工艺的一个重要参数,合理控制层间温度,对优化堆焊层组织、释放焊接应力、确保母材与堆焊层或增强相之间的界面结合至关重要,直接关系到堆焊层的最终使用寿命和服役安全性[7-9]。

本文采用 TDCr27-58 高铬铸铁药芯堆焊焊丝,在层间温度 150~350 ℃下,通过熔化极惰性气体保护焊制备了堆焊试样,采用渗透检测、SEM、EBSD 和销盘磨损实验等方法系统研究了层间温度对堆焊层宏观形貌、显微组织、硬度和耐磨性能的影响规律。

1　实验方法

实验用堆焊焊丝为 TDCr27-58 高铬铸铁药芯堆焊焊丝,焊丝直径 1.2 mm。基板为 Q345B 低合金高强度结构钢,基板尺寸为 200 mm×100 mm×15 mm。考虑到堆焊材料和基板化学成分和物理性能相差较大,为了提高界面结合性,避免堆焊层开裂脱落,在堆焊高铬铸铁之前先堆焊一层 ER62-G 马氏体钢作为过渡层,如图 1 所示。堆焊材料和基板化学成分见表 1。

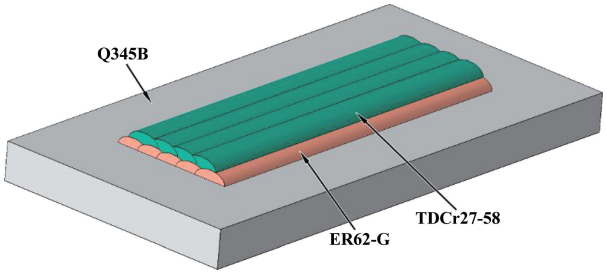


图 1　堆焊示意图

Fig. 1　Schematic of surfacing

表 1　焊接材料和基板化学成分(质量分数)

Table 1　Chemical composition of welding materials and substrate　%

材料名称	C	Si	Mn	Mo	Cr	其他
Q345B	≤0.20	≤0.50	≤1.70	—	≤0.30	≤1.00
ER62-G	0.3~0.8	0.5~1.0	1.5~2.0	0.2~0.5	9.0~11.0	≤2.0
TDCr27-58	2.8~4.8	1.5~2.0	1.0~2.0	—	25.0~29.0	≤2.0

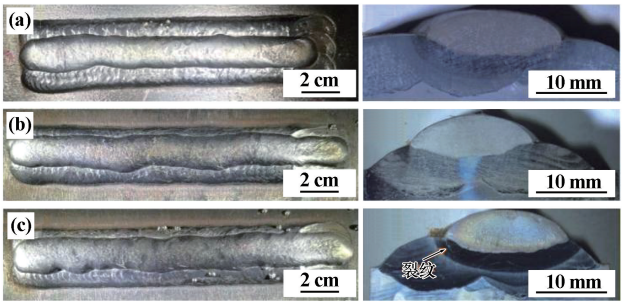
采用熔化极惰性气体保护焊(MIG,焊机型号为福尼斯 CMT Advanced 4000R)进行焊接。共进行了 3 组焊接,在基板底部安装陶瓷电阻加热器,控制焊接预热和层间温度一致,分别为 150、250 和 350 ℃,其余焊接参数保持一致,分别为:焊接电流 185~215 A,焊接电压 20~22 V,焊接速度 4 mm/s,送丝速度 7.0~7.5 m/min,保护气为纯度不低于 99.9%的 CO_2 气体,气体流量为 20 L/min。

焊接完成并冷却至室温后,使用 HP-ST 型渗透剂和 HD-ST 型显像剂对堆焊层进行渗透探伤,以观察焊接开裂情况。随后使用电火花切割制备组织观察试样,金相试样的腐蚀剂为王水。使用日本理学 SmartLab 型 X 射线多晶衍射仪和牛津仪器 C-Nano 型电子背散射衍射仪对堆焊层区域进行物相组成及晶体结构表征。使用 HVS-1000Z 型维氏数显硬度计测试显微硬度,测试条件为:加载载荷 10 N、保压时间 10 s,沿试样截面不同区域进行多点测试并绘制硬度分布曲线。磨损性能测试在室温环境下采用 MPX-3 型销盘式摩擦磨损试验机完成,试验参数为法向载荷 40 N,摩擦副选用直径 50 mm 的 W6Mo5Cr4V2 高速钢盘(硬度 815HV),转速 100 r/min,总测试时长 90 min。

2　实验结果与讨论

2.1　宏观形貌

图 2 为不同层间温度堆焊层宏观图。可以看出,在热输入不变的情况下,随着层间温度降低,熔池与母材温度梯度增加,导致熔池冷却速度快,熔滴过渡时熔池流动性差,易产生不规则焊缝,飞溅增多,飞溅尺寸明显变大。在 150 ℃的低层间温度下,焊道表面存在大量焊接过程中药皮停留形成的椭圆形凹坑,同时摆动焊接不稳定,焊道存在因放电不稳定而产生的熔池左右偏移现象。层间温度 150 ℃时,还可以清晰观察到明显的纵向裂纹,裂纹产生于焊趾处并进入过渡层



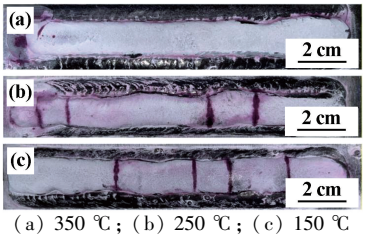
(a) 350 ℃; (b) 250 ℃; (c) 150 ℃

图 2　不同层间温度堆焊层宏观图

Fig. 2　Macrographs of surfacing layers deposited at different interpass temperatures

区域。层间温度250 ℃时,焊道表面质量有所改善,但仍有明显偏移现象。层间温度350 ℃时,焊道宏观表面完整,未观察到明显的穿透性裂纹。较高的层间温度有效降低了焊接接头的冷却速度,缓解焊接过程中可能产生的应力集中,从而抑制了裂纹的萌生。

不同层间温度堆焊层渗透检测图像如图3所示。层间温度350 ℃条件下堆焊层未发现裂纹,而在150 ℃和250 ℃条件下堆焊层出现密集的横向裂纹。因此,适当提高层间温度可以有效降低焊接过程中产生的残余应力集中,从而缓解由残余应力集中而产生横向裂纹的倾向[10]。



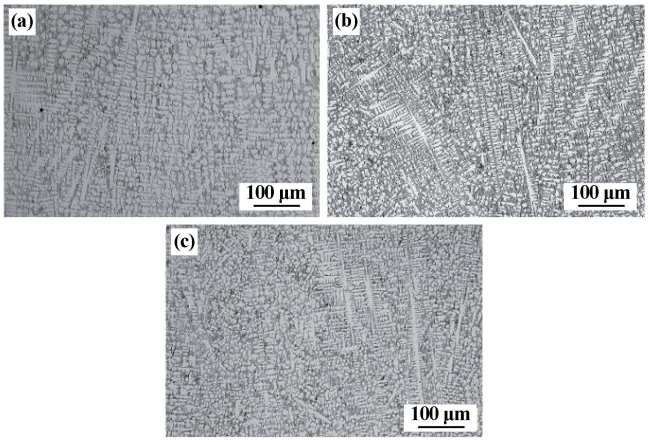
(a) 350 ℃; (b) 250 ℃; (c) 150 ℃

图3 不同层间温度堆焊层渗透检测图像

Fig. 3 Penetrant testing images of surfacing layers at different interpass temperatures

2.2 微观结构表征

图4为不同层间温度堆焊层横截面金相组织。堆焊层主要由胞状晶、树枝晶构成,基体相为奥氏体,晶间分布着大量碳化物。对比分析可见,层间温度350 ℃条件下堆焊层的枝晶形貌更粗大且发育完整,一次枝晶轴清晰,二次枝晶臂间距明显大于其他2组。这是由于层间温度更高,焊接冷却速度更慢,给晶粒生长提供了充足的时间。枝晶间的共晶组织(暗色区域)分布相对较宽。虽然组织较粗大,但由于冷却均匀,碳化物的析出更充分,有助于降低局部成分偏析引起的微观应力[11]。而250和150 ℃层间温度条件下奥氏体树枝晶明显更细小,枝晶臂窄。在低层间温度下,熔池的过冷度大,形核率提高,且快速冷却抑制了晶粒的进一步长大,因此呈现细碎的枝晶结构。碳化物呈细小的网状分布在细碎的枝晶间,但由于冷却过快,枝晶间的残余奥氏体含量和微观应力通常也更高。



(a) 350 ℃; (b) 250 ℃; (c) 150 ℃

图4 不同层间温度堆焊层横截面金相组织

Fig. 4 Cross-section microstructures of surfacing layers deposited at different interpass temperatures

图5为层间温度350 ℃时堆焊层XRD图谱。由图5可见,在堆焊层中,上述网状结构均为共晶状态的$(Fe,Cr)_7C_3$碳化物,树枝晶为初生奥氏体。

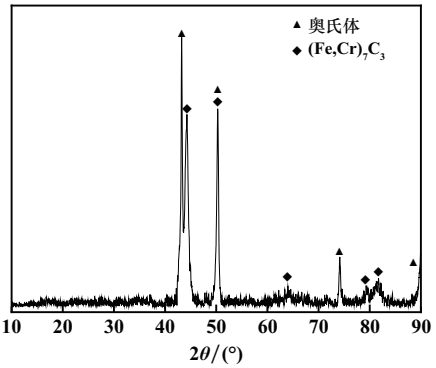
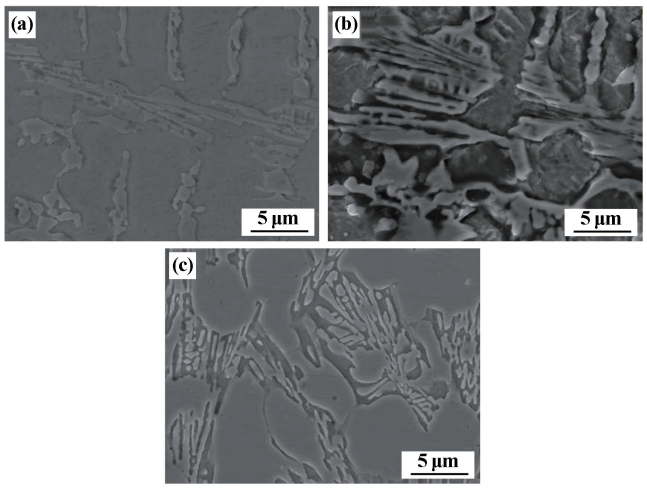


图5 层间温度350 ℃时堆焊层XRD图谱

Fig. 5 XRD pattern of surfacing layer deposited at an interpass temperature of 350 ℃

图6为不同层间温度堆焊层SEM图像。可以看出,不同层间温度下高铬铸铁堆焊层显微组织特征存在明显差异。350 ℃时,$(Fe,Cr)_7C_3$碳化物主要呈较规则的条片状分布,尺寸较均一,且在奥氏体基体中弥散分布,未见明显粗化与团聚现象,表明该条件下凝固过程较平稳,组织均匀性较好。250 ℃时,碳化物形貌



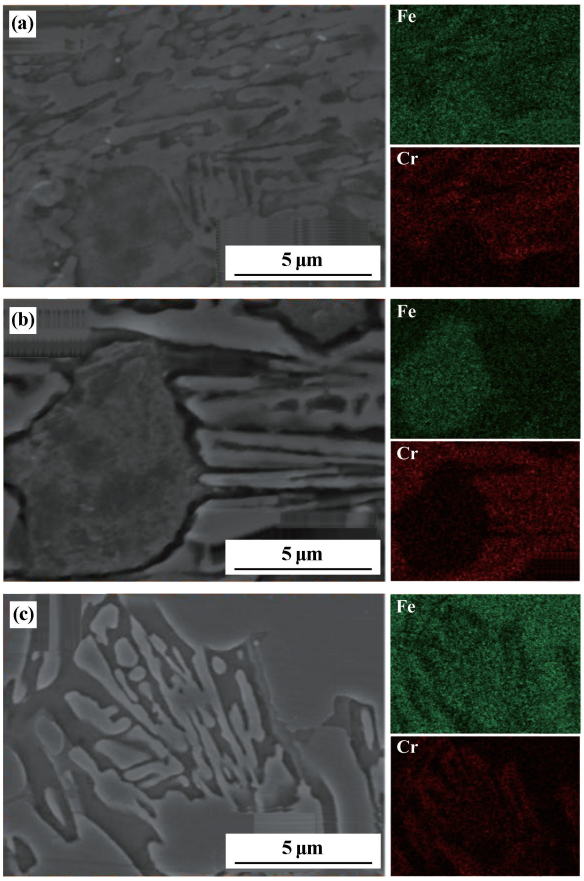
(a) 350 ℃; (b) 250 ℃; (c) 150 ℃

图6 不同层间温度时堆焊层SEM图像

Fig. 6 SEM images of surfacing layers at different interlayer temperatures

规整性下降,局部出现交错生长和分布不连续现象,组织起伏较为明显,说明随着层间温度降低,焊后冷却速度加快,削弱了组织均匀性。150 ℃时,组织不均匀性进一步加剧,可见较大块状奥氏体区域,而$(Fe,Cr)_7C_3$碳化物多沿区域边界呈网络状或簇状分布,说明较大的热梯度和较快的冷却速率抑制了碳化物的均匀析出,并促进其局部偏聚。较高的层间温度能有效降低焊接过程中的温度梯度和冷却速率,为合金元素扩散以及碳化物的形核与生长提供更有利条件,从而获得分布均匀、形貌完整的硬质相组织。较高的层间温度还有助于减小焊接残余应力和热裂敏感性,提高组织完整性及界面结合稳定性。高铬铸铁堆焊层的耐磨性主要依赖M_7C_3碳化物,而抗裂性和抗剥落能力则取决于奥氏体基体的连续支撑作用,因此层间温度 350 ℃条件下硬质相与基体实现了更优匹配,使堆焊层可以获得更优的硬度、耐磨性及服役稳定性。

图 7 为不同层间温度堆焊层 EDS 面分布图像。可以看出,Fe 与 Cr 元素在组织中的分布存在明显差异。结合形貌特征分析,图中条块状、骨架状及不规则



(a) 350 ℃; (b) 250 ℃; (c) 150 ℃

图 7　不同层间温度堆焊层 EDS 面分布图像

Fig. 7　EDS elemental mapping images of surfacing layers at different interpass temperatures

片状第二相区域与 Cr 元素富集区域具有较好的对应关系,因此可判断 Cr 元素富集位置主要为M_7C_3碳化物;相对地,基体中 Cr 信号较弱而 Fe 分布更连续均匀的灰色区域应主要对应奥氏体组织。该结果表明,凝固过程中 Cr 元素在奥氏体中的溶解度较低,富集后促进了富 Cr 型碳化物析出。

2.3　力学性能

不同层间温度堆焊层平均硬度如图 8 所示。结果表明,层间温度 350 ℃条件下的堆焊层平均硬度最高,达到了 716.6HV;层间温度 250 ℃与 150 ℃条件下堆焊层硬度分别为 691.4HV 和 677.6HV。高铬铸铁的硬度主要取决于共晶碳化的体积分数和分布。较高的层间温度降低了冷却速度,为碳原子和铬原子的扩散提供了更长的时间窗口。这使得共晶碳化物能更充分地从过饱和的奥氏体中析出并生长。冷却速度过快时,大量合金元素被“冻结”在基体中,导致碳化物析出量相对不足,硬质相体积分数降低,宏观硬度下降[12]。

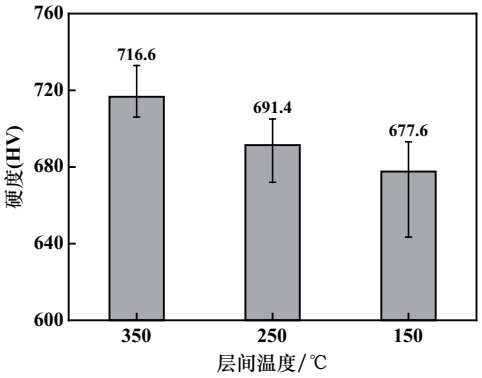
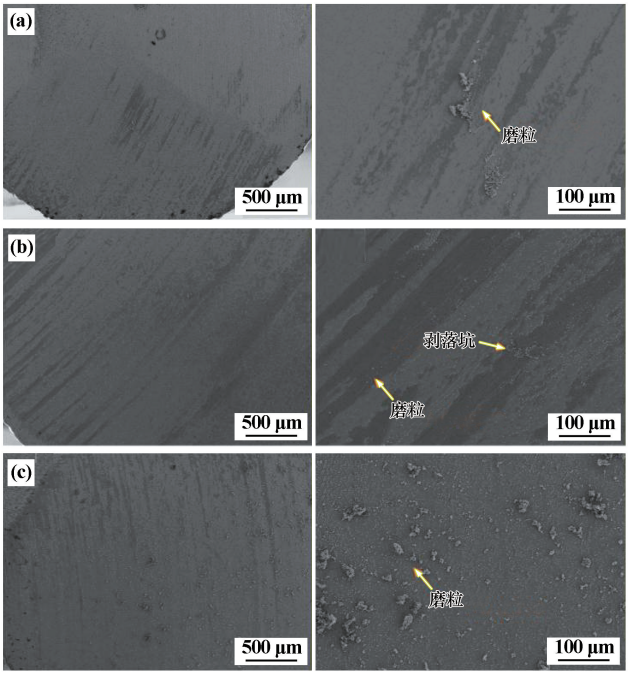


图 8　不同层间温度硬面层平均硬度

Fig. 8　Average hardness of surfacing layers deposited at different interpass temperatures

图 9 为不同层间温度堆焊层磨损 SEM 图像。可以看出,与层间温度 350 ℃对比,层间温度 250 ℃时堆焊层表面非常平整,磨损纹理均匀且浅;其中可见塑性变形区与少量剥落坑,黏着磨损特征明显,同时表面有少量细小磨粒,仅残留轻微的磨粒磨损痕迹。层间温度 150 ℃时堆焊层表面散落着较多大颗粒松散磨屑,磨损程度更严重。提高层间温度的核心作用是降低焊接冷却速率、缓解焊接应力,但层间温度过低会影响堆焊层组织与性能。层间温度高,叠加焊接热输入后,堆焊层冷却速率小,有效缓解了焊接应力(避免冷裂纹),堆焊层的基体、碳化物分布均匀且结合紧密;磨损时仅发生轻微的磨粒磨损,耐磨性更好。低层间温度导致焊接冷却速率快,堆焊层内部残留较高焊接应力,同时组织脆性增加;磨损过程中,应力集中与磨粒

作用会引发微裂纹扩展,进而导致局部剥落、磨屑增多,磨损程度更严重。



(a) 350 ℃; (b) 250 ℃; (c) 150 ℃

图 9 不同层间温度堆焊层磨损 SEM 图像

Fig. 9 SEM images of worn surfacing layers deposited at different interpass temperatures

在接触应力作用下,碳化物表面的局部微凸体发生塑性变形并形成金属黏着点,当摩擦副产生相对运动时,这些黏连区域因剪切力作用发生撕裂,从而形成典型的黏着磨损特征。同时表面微裂纹的产生会加剧黏着磨损,提高磨损失重。从磨粒磨损机制分析,滑动摩擦过程中,由于奥氏体基体硬度相对较低,首先发生塑性变形及磨耗去除,导致硬质相$(Fe,Cr)_7C_3$碳化物颗粒逐渐突出于磨损表面并承受主要接触应力。当接触应力超过碳化物临界强度时,发生脆性断裂形成新生磨粒,这些磨粒在后续摩擦过程中加剧犁削作用并形成典型犁沟形貌[13]。值得注意的是,磨粒磨损产生的犁沟底部存在显著应力集中效应,这种应力集中现象会加速裂纹的萌生与扩展进程,增加磨损失重。

图 10 为不同层间温度堆焊层摩擦因数与磨损失重图。平均摩擦因数与磨损失重均随着层间温度降低而上升。层间温度 350 ℃时堆焊层平均摩擦因数为 0.641,层间温度 250 ℃与 150 ℃的堆焊层平均摩擦因数分别为 0.687 与 0.724。层间温度 350 ℃时堆焊层磨损失重为 1.9 mg;层间温度 250 ℃与150 ℃的堆焊层磨损失重分别为 2.8 mg 与 3.1 mg,失重量较 350 ℃时分别增加约 47%与 63%。

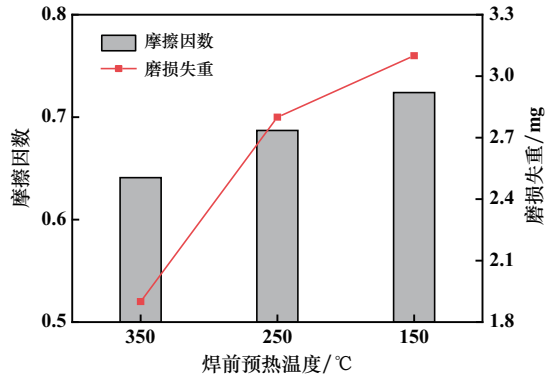


图 10 不同层间温度硬面层摩擦因数与磨损失重

Fig. 10 Friction coefficient and mass loss of surfacing layers deposited at different interpass temperatures

3 结论

通过 MIG 焊接工艺在 Q345B 基体表面制备高铬铸铁堆焊层,基于显微组织观察、XRD 物相分析、SEM 表征及力学性能测试,得出以下结论。

1) 随着层间温度从 350 ℃降至 150 ℃,焊接冷却速度加快导致熔池流动性变差,飞溅物显著增多且尺寸增大。层间温度 350 ℃能有效缓解残余应力集中,使焊道宏观表面完整且无穿透性裂纹。

2) 堆焊层组织主要由初生奥氏体树枝晶及晶间分布的共晶 M_7C_3 碳化物组成。层间温度 350 ℃条件下,由于冷却速度更慢,晶粒发育完整,其枝晶形貌更粗大且二次枝晶臂间距更大。层间温度降至 250 ℃和 150 ℃时,熔池过冷度增大,组织显著细化,呈现细碎的枝晶结构。

3) 堆焊层平均硬度随着层间温度升高而增加,层间温度 350 ℃时硬度为 716.6HV,分别比 250 ℃和 150 ℃时对应的硬度值高 25.2HV 和 39.0HV。这是由于较高的层间温度增加了高温停留时间,促进了碳原子与铬原子的扩散,使共晶碳化物能够从过饱和奥氏体中更充分地析出并生长;而低层间温度下合金元素被“冻结”在基体中,导致硬质相体积分数不足,硬度下降。

4) 堆焊层的耐磨性能随着层间温度升高而显著提升。层间温度 350 ℃时的平均摩擦因数(0.641)与磨损失重(1.9 mg)均更低,其磨损机制以轻微磨粒磨损为主。层间温度过低(150 ℃)会导致内部残余应力高且组织脆性大,在磨损过程中易诱发微裂纹扩展并导致局部剥落,其磨损失重较层间温度 350 ℃时增加了约 63%,表现为严重的剥落坑与黏着磨损特征。

参考文献(References):

[1] 刘志威,魏祥,汪力,等. 超高速激光熔覆 Fe-Cr-B 基耐磨涂层工

艺优化及性能研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(5):169-173.
Liu Zhiwei, Wei Xiang, Wang Li, et al. Process optimization and property investigation for ultra-high-speed laser cladded Fe-Cr-B based wear-resistant coating[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2023,43(5):169-173.

[2] 方伟,尹振兴,陶修坤,等. 成分及热处理对高铬铸铁组织与性能的综合影响[J]. 材料热处理学报, 2025,46(12):204-214.
Fang Wei, Yin Zhenxing, Tao Xiukun, et al. Comprehensive influence of composition and heat treatment on microstructure and properties of high chromium cast iron[J]. Transactions of Materials and Heat Treatment, 2025,46(12):204-214.

[3] Li Y C, Shen D P, Xu N, et al. Cladding high chromium cast irons on low carbon steel: microstructure and mechanical properties[J]. Journal of Materials Research and Technology, 2020,9(3):3856-3864.

[4] Chen C, Wang J F, Ge Y Y, et al. Microstructure and wear resistance of high-chromium cast iron with multicomponent carbide coatingvia laser cladding[J]. Coatings, 2023,13(8):1474.

[5] Jia R N, Liu S L, Luo Z C, et al. Microstructure and wear resistance of WC and high chromium cast iron hardfacing layers[J]. Coatings, 2020,10(9):852.

[6] 段艳刚. 回火温度对 Cr23 高铬合金铸铁组织性能的影响[J]. 铸造, 2025,74(11):1496-1501.
Duan Yangang. Effect of tempering temperature on the micro structure and properties of Cr23 high chromium alloy cast iron[J]. Foundry, 2025,74(11):1496-1501.

[7] 张金友. 含超硬碳化物形成元素的高铬铸铁强韧化及耐磨性研究[D]. 福州: 福建理工大学, 2025:36-38.
Zhang Jinyou. Toughening and wear resistance of high-chromium cast iron containing superhard carbide forming elements[D]. Fuzhou: Fujian University of Technology, 2025:36-38.

[8] 李沛扬,魏祥,陈志国,等. 高性能 316L-Al_2O_3 涂层的超高速激光熔覆及组织性能研究[J]. 矿冶工程, 2026,46(1):163-167.
Li Peiyang, Wei Xiang, Chen Zhiguo, et al. Research on microstructure and properties of high performance 316L-Al_2O_3 coating by ultra-high-speed laser cladding[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2026,46(1):163-167.

[9] 汪子琪,刘岚逸,汪冰峰. TC_4 钛合金表面激光熔覆 TiO_xN_y 熔覆层的微观组织与耐磨性能研究[J]. 矿冶工程, 2025,45(1):148-152.
Wang Ziqi, Liu Lanyi, Wang Bingfeng. Microstructure and wear resistance of laser cladded TiO_xN_y coating on TC_4 titanium alloy surface[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2025,45(1):148-152.

[10] 王德军,王彤. 基于不同焊材的超高强钢与 BS700 高强钢焊接接头裂纹的试验研究[J]. 矿冶工程, 2024,44(3):176-181.
Wang Dejun, Wang Tong. Experimental study on cracks in welding joints of ultra-high strength steel and BS700 high strength steel with different welding materials[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2024,44(3):176-181.

[11] Tiedje N S. Solidification, processing and properties of ductile cast iron[J]. Materials Science and Technology, 2010,26(5):505-514.

[12] 王伟,肖于德,林家平,等. 变质低铬白口铸铁的强韧化及耐磨性研究[J]. 矿冶工程, 2010,30(2):93-96.
Wang Wei, Xiao Yude, Lin Jiaping, et al. Study on strengthening and toughening and wear resistance of modified low chromium white cast iron[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2010,30(2):93-96.

[13] Jilleh A, Kishore Babu N, Thota V, et al. Microstructural and wear investigation of high chromium white cast iron hardfacing alloys deposited on carbon steel[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2021,857:157472.

引用本文:楼玉民,崔益民,孔相植,等. 层间温度对高铬铸铁电弧堆焊层组织和磨损性能的影响[J]. 矿冶工程, 2026,46(4):254-259.
Lou Yumin, Cui Yimin, Kong Xiangzhi, et al. Effect of interpass temperature on microstructure and wear performance of arc surfacing layer on high chromium cast iron[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2026,46(4):254-259.