

网络出版时间:2013-6-25 14:19

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/33.1331.TJ.20130625.1419.004.html>

液压支柱表面镍基自熔合金TIG修复研究

张勇,姜海峰,代显富,安婷婷

(辽宁工程技术大学材料科学与工程学院,辽宁阜新123000)

摘要 为提高液压支柱在复杂工况下的工作寿命,以水玻璃为黏结剂在液压支柱基体27SiMn上涂覆镍基自熔合金粉末,采用手工钨极氩弧焊进行熔修。利用金相显微镜观察熔覆层表面和横截面的组织,进行熔敷金属的硬度、耐磨性实验,测试了基体与熔覆层的耐蚀性能。结果表明:熔覆金属的显微组织和力学特性随着熔覆电流的变化而改变,耐磨性在熔覆电流为70 A时为最优,熔覆层较基体的耐蚀性有显著提高。

关键词 镍基自熔合金;TIG;耐磨性;液压支柱

中图分类号 TG455

文献标志码 A

文章编号 1004-244X(2013)04-0056-04

Nickel-based self-fluxing alloy on hydraulic prop surface by TIG cladding

ZHANG Yong, JIANG Haifeng, DAI Xianfu, AN Tingting

(College of Materials Science and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract In order to improve the service life of hydraulic prop in complex conditions, TIG was utilized to weld nickel-based alloy powder on the hydraulic prop made from 27SiMn, the powder was glued by sodium silicate. The microstructures of cladding layer and cross section were studied, and hardness and abrasion resistance were tested. Meanwhile, the difference of corrosion resistance between base metal and cladding layer was analyzed. The experiment results show that wear resistance is optimum when welding current is 70 A, corrosion resistance can be improved by TIG cladding.

Key words nickel-based self-fluxing alloy; TIG; wear resistance; hydraulic prop

某矿在生产过程中,液压支架工作环境恶劣,一方面煤矿井下往往存在大量的 SO_2 , H_2S , Cl^- , SO_4^{2-} 等腐蚀介质,且环境相对湿度一般在75%以上,导致液压支架零部件大量腐蚀失效;另一方面煤层构造复杂,支架偏载受力、截煤及加矸飞溅砸坑等恶劣工况时有发生,也给液压支架带来破坏性影响。这些因素对液压支架的主要动作和承载部件立柱的影响尤为明显,一般立柱使用1~3 a就需要报废,给企业带来巨大的经济损失。因此,有必要对液压支架进行再制造研究,节约资源^[1-3]。

针对该企业的液压支架工作接触介质含有一定的腐蚀介质以及提高其表面耐磨性的技术要求,决定采用具有较好的耐磨、耐蚀的镍基自熔性合金粉末。修复工艺采用钨极氩弧(TIG)法熔覆时,电弧燃烧稳定、飞溅少,电弧和熔池可见度好,操作方便^[4]。填充材料的送进和电弧是分别控制的,故熔覆层形状容易控制,几乎可在任何位置熔覆,而且表面光洁、美观。虽然熔覆速度不高,但稀释率较低,氩气保护效果好,熔覆层质量很高。适合熔覆面积小、质量要求高、形状复杂的缺陷修复^[5-6]。

采用Ni60自熔合金粉末的TIG熔修工艺,即将镍

基合金粉末用黏结剂调制成糊状,刷涂在工件表面,然后利用氩弧热源将其熔覆在母材表面,以获得耐磨及耐蚀的熔覆层。修复过程中,熔覆电流是关键参数,影响熔覆的热输入,继而对修复工艺的冶金过程及其耐蚀性产生影响。

1 实验

1.1 材料

制造液压支柱的材料为27SiMn,其化学成分(质量分数)为0.24%~0.32% C, 1.10%~1.40% Si, 1.10%~1.40% Mn。27SiMn钢主要在调质状态下使用,用于制造要求高韧性和耐磨性的热冲压件,也可在正火或热轧供应状态下使用,主要用于液压支柱。修复中考虑到磨损部位主要是金属间摩擦磨损,以及表面的耐蚀性能的要求。因此采用具有较好的抗摩擦磨损性能的镍基合金粉末。本实验中工件的表面修复中采用Ni60自熔合金粉末作为修复材料,粒度为80~50 μm ,其化学成分(质量分数)为0.6%~1.0% C, 2.5%~4.5% B, $\text{Si} \leq 4.0\%$, 14%~17% Cr, $\text{Fe} \leq 15\%$, Ni余量。

液压油缸修复时,把所需的表面修复材料过渡到

基体表面, 从而使其表面具有耐磨性。实验所用合金过渡方式是合金粉末用黏结剂(以水玻璃为主)调制糊状, 刷涂在被焊表面, 然后以氩弧进行熔敷。这种方法容易获得较小的稀释率和均匀的熔覆层, 合金过渡系数也较高。

黏结剂是为了防止粉末在熔覆过程中由于电弧吹力、氩气流而被吹散, 将粉末涂抹固定在工件上。实验中采用水玻璃(Na_2SiO_3 溶液)作为黏结剂, 其具有黏结力强、强度较高的特点。制备粉末涂层前, 先清理工件表面, 去除铁锈及油污, 在工件表面用刷子均匀地涂较薄的一层水玻璃, 然后再在水玻璃上均匀撒上镍基合金粉末。稍待片刻, 继续在合金层粉末上涂水玻璃, 这样交替涂抹, 直到达到所需厚度为止。

1.2 熔覆工艺实验

合金粉末涂层制作完成后, 应至少 24 h 左右晾干, 熔覆前将工件在 200 °C 左右烘干 2 h, 烘干后若涂层不起包, 即可进行熔覆试验。实验前将钨极端用砂轮打成圆锥状以便稳弧。调整钨极使其端部露出 2~3 mm, 钨极直径选用 3.2 mm, 直流正接, 熔覆电流选择 60~80 A, 氩气流量为 10 L/min, 熔覆速度为 1 mm/s。由于熔覆过程中的热输入较小, 且主要为小面积的缺陷, 故熔修后工件无明显的焊接变形。

1.3 金相试样制备及组织观察

试样在 280° 的砂纸上粗磨, 去除在砂轮机上打磨时的深刻痕, 接下来依次选择 0~5° 砂纸细磨, 直到试样表面变光亮且细小的划痕方向一致, 然后在 P-2 型抛光机上抛光, 当试样表面变得很光滑且看不到划痕时为止。把试样表面用清水冲洗干净, 用酒精擦干后再用 4% 的硝酸酒精溶液对试样侧面进行腐蚀。在 XJL-024 型立式金相显微镜上观察熔覆层显微组织。

1.4 表面硬度试验

用 HR-150A 型台式洛氏硬度计测量合金层的表面硬度。将工件放在 HR-150A 型台式洛氏硬度计下选择不同的地方测其硬度, 依次取 3 个点, 记录数据结果。

1.5 磨损试验

用砂轮机将试样的下底面初步打磨平整, 上底面

去掉熔渣, 露出熔覆金属, 使上下表面平行, 将试样胶接在模具上进行预磨损。将实验试样放在 ML-100 磨料磨损试验机上进行, 加压载荷为 7 N; 磨损时间为 5 min, 磨盘上的砂纸为水磨砂纸 150°。实验前后分别用丙酮清洗, 用精度为 1 mg 的电子天平称得磨损前后的质量损失。

1.6 耐蚀性试验

电化学腐蚀试验的腐蚀液为 33.5% (质量分数) 的 NaCl 溶液。采用三电极体系, 饱和甘汞电极为参比电极, 铂片为辅助电极, 工作电极为制备好的 17 mm×5 mm 的基体及熔覆层试件。

2 结果及分析

2.1 表面形貌的分析

图 1 为 3 mm 厚的合金粉末在不同电流下横截面的形貌。可知, 随着电流的增长, 熔覆层厚度增加, 熔深加大, 母材稀释率增大。当电流较小时, 熔覆区易出现气孔和裂纹, 导致熔覆区与基体结合不良。这是因为电流过小时母材不易熔化, 熔化的合金粉末不能与母材充分熔合。

2.2 金相组织分析

图 2 是电流为 60, 70, 80 A 的熔覆层表面的显微组织。熔覆层的基体为含 Cr 的 Ni 基固溶体, 基体上分布着硬质相: 黑色细小点状 $(\text{Cr}, \text{Fe})_{23}\text{C}_6$ 、灰色块状 Ni_3B 。随着电流值的增加, 导致熔覆热输入的增加, 母材的稀释率增加, 熔覆层中的合金元素百分比相对减小。熔融合金在结晶过程中, 初生相镍基固溶体增多, 共晶组织数量减少, 导致晶粒长大, 同时会抑制碳、硼化合物的形成。

图 3 是电流为 60, 70, 80 A 的熔覆层横截面的显微组织。氩弧熔覆 Ni 基合金粉末过程是一种快速熔化、快速凝固的非平衡过程。当进行氩弧熔覆时, 热量迅速传递给粉末及 27SiMn 钢基材。钢试样表面部分区域的熔化使其迅速形成一定深度的熔池, 发生相互扩散以及各种物理、化学反应。在母材与熔融合金粉末层的界面上, 存在着较大的温度梯度, 故此在熔合线到熔覆层表面的过渡区域内多为枝状晶组织, 其上分布

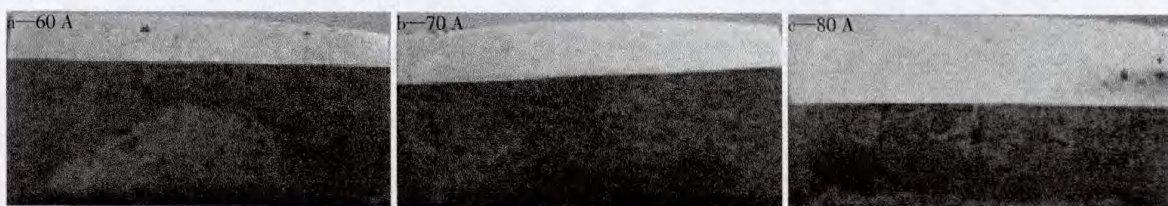


图1 不同电流时熔覆层的横截面宏观形貌

Fig.1 Macrostructures of cross section of cladding layer under different currents

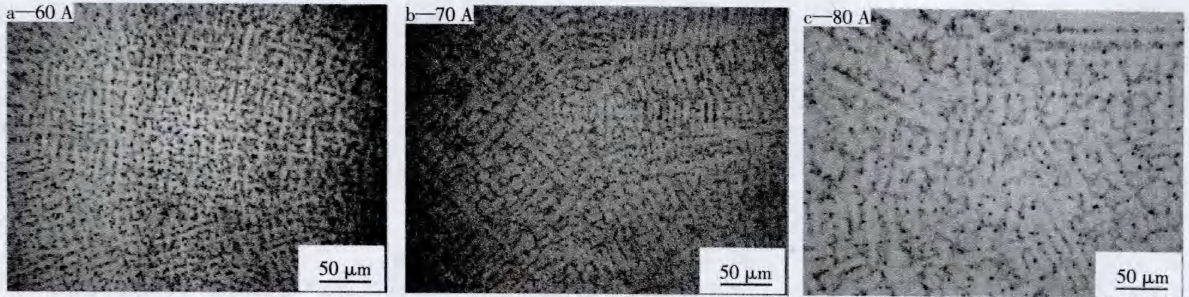


图2 熔覆层表面金相组织

Fig.2 Microstructures of cladding layer

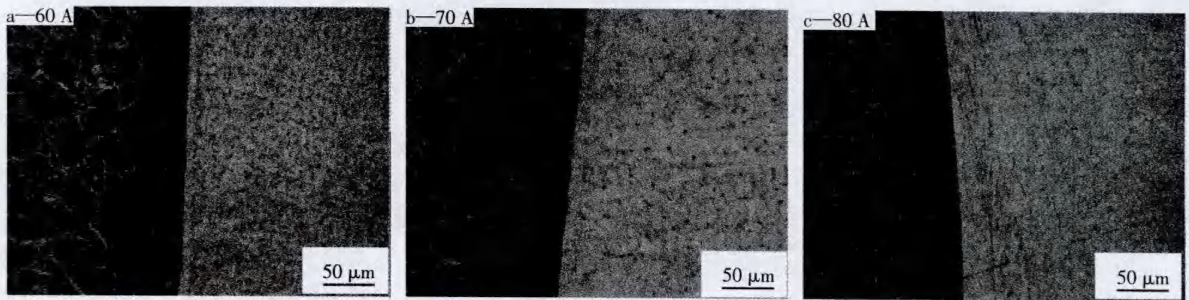


图3 熔覆层横截面金相组织

Fig.3 Microstructures of cross section of cladding layer

着硬质碳、硼化物等。当热输入较大时,较多的母材熔入导致碳、硼化物减少。

2.3 熔覆层硬度分析

粉末厚度为3 mm、60,70,80 A 电流下熔覆层表面硬度平均值,如表1所示。从母材稀释率方面考虑,随着熔覆电流的增加,电弧对工件的热输入增加,增加熔覆层的熔深,母材稀释率有所增高,熔覆层中的碳化物减少,硬度值降低;但小的线能量将抑制强化相的聚集长大,形成不均匀组织,随着熔覆电流的增加,电弧吹力加大,熔池搅拌剧烈,从而使熔覆层中的合金成分分布均匀,致使强化相随之分布均匀,强化效果加强,熔覆层硬度升高。熔覆层硬度在很大程度上取决于熔覆层中强化相的大小和分布状态。所以70 A时,熔覆层表面表现出最高的硬度值。

表1 合金粉末熔覆层的硬度

Table 1 Hardness of cladding layer of alloy powder

熔覆电流/A	熔覆层硬度(HRC)	熔覆电流/A	熔覆层硬度(HRC)
60	56.0	80	58.5
70	60.5		

2.4 熔覆层耐磨性分析

磨损是一个比较复杂的微观破坏过程,它是金属材料本身与其它相互摩擦的材料以及工作环境综合作用的结果,因而磨损实际反映了一个系统的性能,是反映熔覆层力学特性的又一个重要指标。实验所得磨损

量用试样磨损前后的质量差 Δm 来表示,在60,70,80 A的熔覆电流下熔覆层的磨损量 Δm 值,如表2所示。镍基合金熔覆层磨损量随电流的增加而减少,在熔覆电流为60 A,磨损量最大为48 mg,而在电流为70 A,熔覆层磨损量最小为35 mg。材料表面硬度对磨损的影响较大,试样的硬度值越高,其抗磨料磨损性能也越好,磨损量越少。

表2 合金粉末熔覆层磨损量

Table 2 Wear loss of cladding layer of alloy powder

熔覆电流/A	熔覆层磨损量/mg	熔覆电流/A	熔覆层磨损量/mg
60	48	80	38
70	35		

2.5 熔覆层耐蚀性分析

采用PAR 2273 电化学测试系统进行极化曲线的测量,参比电极为饱和甘汞电极。图4为基体合金、Ni60熔覆涂层在质量分数为3.5%NaCl溶液中的塔菲尔极化曲线。利用线性拟合得出的腐蚀过程中的自腐蚀电位和自腐蚀电流,如表3所示。

Ni60熔覆层的自腐蚀电位显著提高,在相同的极化电位下,样品的极化电流密度降低。Ni60熔覆层的自然腐蚀电流密度比基体合金降低近2个数量级,表明Ni60熔覆层在腐蚀介质中具有更好的耐蚀性。

通过该种方式的TIG熔修,某矿待报废的液压支架工件得到了尺寸恢复,且提高工作寿命150%。

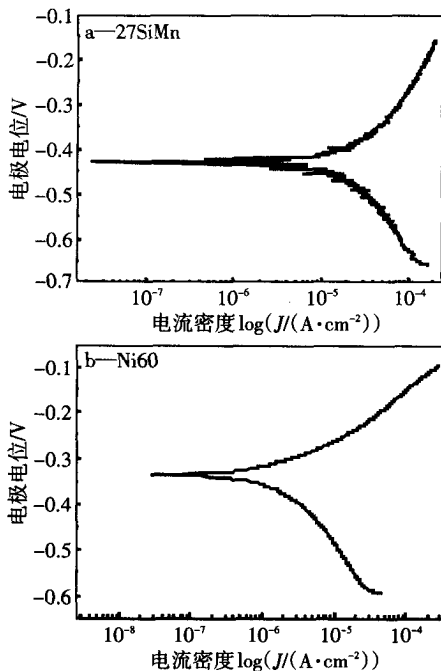


图4 基体和镍基熔覆层在3.5%NaCl中的极化曲线

Fig.4 Polarization curve of base metal and nickel-based cladding layer in 3.5% NaCl solution

表3 基体和镍基熔覆层的腐蚀参数

Table 3 Corrosion parameters of base metal and nickel-based cladding layer

样品	E_{cor}/mV	$I_{cor}/(A \cdot cm^{-2})$
27SiMn 基体	-428.653	5.461×10^{-4}
Ni60 喷焊层	-335.687	1.945×10^{-6}

3 结论

1) 用钨极氩弧焊在27SiMn钢表面熔覆镍基自熔合金粉末进行熔覆处理,可以获得致密、结合牢固和稀

释率小的熔覆层。熔覆合金在与基体连接处,由于温度梯度的作用呈现明显的树枝状结晶,基体为含Cr的Ni基固溶体,基体上分布着作为强化相的碳、硼化合物。

2) 熔覆电流过小时,易导致气孔、未熔合等缺陷。在保证熔透的前提下,随着电流的增加,晶粒增粗,且母材熔入量的增加导致析出的碳、硼化合物减少。70 A的熔覆电流下能够保证熔透和增强相的弥散析出。

3) 熔覆层随着硬度的增加,其耐磨性亦随之提高,在3种熔覆电流中,70 A的熔覆试样表现出最佳的耐磨性。

4) 通过电化学腐蚀实验,采用镍基自熔合金粉末的熔修层的腐蚀电流密度比基体合金降低近2个数量级,表明Ni60熔覆层在腐蚀介质中具有更好的耐蚀性。

4 参考文献

- [1] 朱华,吴兆宏,李刚,等. 煤矿机械磨损失效研究[J]. 煤炭学报,2006,31(3):380-385.
- [2] 时连军,马明国,侯光军,等. 支架立柱的损坏原因及预防措施[J]. 煤矿机械,2002(9):71-73.
- [3] 叶津平. 液压支柱的腐蚀与防护[J]. 科技情报开发与经济,1998(1):42-43.
- [4] 王娟. 表面堆焊与热喷涂技术[M]. 北京:化学工业出版社,2004:168-170.
- [5] 单际国,董祖珏,徐滨士. 我国堆焊技术的发展及其在基础工业中的应用现状[J]. 中国表面工程,2002(4):19-22.
- [6] 徐滨士,马世宁,刘世参,等. 21世纪的再制造工程[J]. 中国机械工程,2000,11(1/2):36-38.

新型微电池

目前,提供大多数能量所用的可充电电池是锂离子电池,能量密度约为 300 mWh/cm^3 ,而汽油的能量密度为 9700 mWh/cm^3 。电池的功率密度指能量释放率,约为 100 mW/cm^3 。

有时,更高的功率比更高的储能更为重要。例如,用传统的锂离子电池驱动1辆100 kW的电车可能需要重约2.5 t、体积为 1 m^3 的电池。这就是为什么众多的工程研究会投入到用于电车的锂离子电池组的设计。当功率需求是首要的话,常采用超级电容器。双层电容器具有很快的能量传递(40 W/cm^3),比传统锂离子电池快几百倍,但其储能密度却很小(只有几毫瓦时/厘米³)。

伊利诺伊斯大学的William King研究团队正在研究一种更好的平衡能量和功率密度的设计方法。若要获得更高的能量密度,就采用锂离子化学电池;若要获得更高的功率密度,可采用具有多孔3D结构的电极。研究人员已研制出只有几毫米尺寸的新型微电池,功率密度最高可达 100 W/cm^3 ,能量密度接近传统锂离子电池,为 15 mWh/cm^3 。除此之外,新型微电池充电如同放电一样快,这意味着充电时间小于1 min是可能的。这些微小电池可应用于无线电通讯、医疗器械、计算机硬件和袖珍电子器件。3D微电池设计特别适合用于物理小型电路,如植入心脏起搏器和除纤颤器。目前当需要大电流脉冲时,必须要采用相对大尺寸的电池,而采用3D微电池就可能很容易实现。