

铬钼钢 TIG 堆焊 Fe₃Al 合金的研究

Sturdy on Fe₃Al Overlay of Cr-Mo Steels by TIG Cladding

北京航空制造工程研究所 (100024) 柴国明

大连铁道学院材料科学与工程系 (116028) 史春元 姚向军

【摘要】采用自制的铁包铝复合焊丝进行 TIG 堆焊,通过堆焊过程中 Fe,Al 合金元素之间的直接化合作用,成功地在 2.25Cr-1Mo 钢基体上获得了 Fe₃Al 堆焊层。研究表明,堆焊前进行 200℃ 预热,堆焊后进行 700℃ 退火处理,可以避免 Fe₃Al 堆焊层产生裂纹。

关键词 Fe₃Al 合金 TIG 堆焊 化学合成

Keywords Fe₃Al alloy, TIG cladding, chemical synthesis

中图分类号: TG455 **文献标识码:** A

Fe₃Al 金属间化合物由于具有低密度和低成本等一系列优点,特别是具有优异的抗高温氧化和硫化性能以及抗高温腐蚀磨损性能,有希望成为新一代高温结构材料。但是,Fe₃Al 室温时的低塑性和低的断裂抗力阻碍了其工程应用。

堆焊是一种广泛应用于材料表面强化和表面改性的技术。利用堆焊技术,在钢基体上堆焊 Fe₃Al 合金,制备成双金属复合材料,既可以获得抗高温氧化性能良好的 Fe₃Al 堆焊层,又可以保证基体材料具有足够的强度和塑性。采用 Fe₃Al 合金棒作为焊芯的焊条,成功地在奥氏体不锈钢 1Cr18Ni9Ti 基体上获得 Fe₃Al 堆焊层。但由于 Fe₃Al 塑性较差,难以拉拔成焊丝,限制了其在熔化极自动焊接中的应用。

自制了铁包铝复合焊丝,并用钨极氩弧焊 (TIG) 在 2.25Cr-1Mo 钢基体上实施堆焊,通过铁、铝元素的化学合成过程,直接获得了所要求的 Fe₃Al 堆焊层。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

分别采用 $\Phi 2$ mm 和 $\Phi 3$ mm 的 HS301 工业纯铝丝材和厚度为 0.5 mm 的 DT4A 电工纯铁薄板制作铁包铝复合焊丝,堆焊用基体材料选用 2.25Cr-1Mo 钢。

1.2 试验方法

1.2.1 制备铁包铝复合焊丝

采用多道次拉拔成型法制备复合焊丝,其制作工艺为:原始材料预处理→将薄铁板剪裁成铁带→用薄铁带包覆铝丝制成复合焊丝毛坯→多道次

拉拔成形→后期处理。该方法模具简见图 1,制作方便灵活。

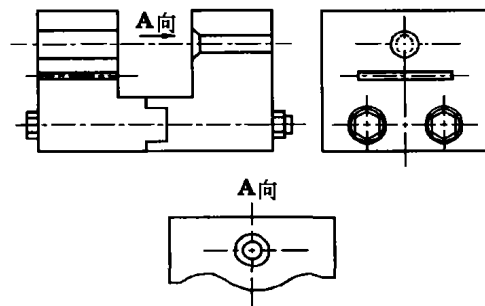


图 1 拉拔焊丝模具简图

最后成型的 $\Phi 3$ mm 和 $\Phi 4$ mm 复合焊丝,焊丝的铁、铝含量如表 1 所示。

表 1 堆焊焊丝成分 质量分数 (%)

堆焊焊丝	Al	Fe
$\Phi 3$ mm	21.07	78.30
$\Phi 4$ mm	30.81	69.19

1.2.2 TIG 堆焊工艺

在铬钼钢基体上堆焊 2 层,焊接电流 140 A,电弧电压 17 V,焊接速度 12 cm/min,氩气流量 15 L/min,焊机型号 WSW-160。为防止裂纹,焊前进行 200℃×30 min 预热,焊后进行 700℃×1 h 退火处理。

1.2.3 组织分析及硬度测试

堆焊后,用 MEF-3 型光学显微镜和 XL-30 型扫描电镜观察微观组织;用 XL-30 型扫描电镜 EDAX 能谱分析堆焊层化学成分;用 XRD-6000 型衍射仪分析堆焊层相组成。

采用 HV-10A 型小负荷维氏硬度计测试堆焊

层与基体的硬度,载荷 19.6 N,加载时间 15 s。

2 试验结果与分析

2.1 堆焊层化学成分及相组成

为满足 Fe-Al 合金的抗氧化性要求,Al 含量应 $\geq 9\%$ 。表 2 为 TIG 堆焊试验条件下堆焊层中 Fe, Al 含量。可以看出,堆焊层 Al 含量满足抗高温氧化的要求。与铁包铝复合焊丝相比,堆焊层含 Al 量大幅度降低。这是由于合金元素 Al 的化学活泼性很强,在电弧高温作用下,Al 焊丝堆敷过程中极易氧化,最终导致堆焊层 Al 含量明显降低。此外,随着焊丝直径的增大,堆焊层中的含铝量提高,这显然是由于焊丝中 Al/Fe 含量比例增加的结果。可见选择 $\Phi 4$ mm 复合焊丝,对于获得 Fe₃Al 堆焊层,提高抗高温氧化性更为有利。

表 2 堆焊层成分 质量分数(%)

焊丝	$\Phi 3$ mm	$\Phi 4$ mm
堆焊层 Al	9.18	9.99
堆焊层 Fe	89.91	89.84

堆焊层 X 射线衍射分析,采用铁包铝复合焊丝进行 TIG 堆焊,可通过 Fe/Al 元素直接化合获得 Fe₃Al 堆焊层。

2.2 堆焊层组织特征

图 2 是低倍率下 Fe₃Al 堆焊层与铬钼钢基体结合界面区的组织特征。

照片下部为基体组织,即回火贝氏体加块状铁素体;上部为堆焊层 Fe₃Al 组织,其主要特征为在垂直于熔合界面上,堆焊层晶粒呈柱状排列。这是因为当堆焊金属冷却时,结晶前沿液相中存在一定的过冷度,有利于新生晶核在靠近液相的某些固相晶粒表面形成和长大。此外,垂直于熔合界面方向的散热最快,因而晶体沿其相反方向择优生长成柱状晶。

堆焊层晶粒内



图 2 堆焊层与铬钼钢基体结合界面区的组织特征

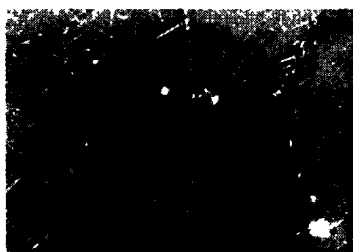


图 3 析出相垂直于晶界并向晶内生长图

弥散分布着大量针状析出相,沿晶界也有断续分布的析出物。在某些晶界,针状析出物呈锯齿状向晶内生长,某些析出相垂直于晶界并向晶内生长如图 3 所示。

2.3 堆焊层硬度

图 4 为堆焊层与基体结合区域的硬度分布。

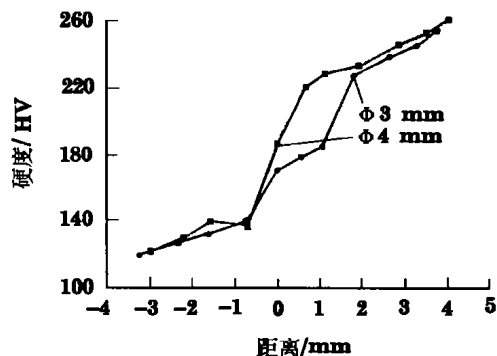


图 4 堆焊层与基体结合区域的硬度分布

可以看出,熔合界面两侧的硬度值不同,堆焊层硬度明显高于基体,而在堆焊层内部,随着与熔合界面距离的增加其硬度呈上升趋势。堆焊层硬度较高,一方面是由于其结构中的超点阵位错之间存在反相畴界,阻碍位错运动,使堆焊层表现出较高的硬度;另一方面是因为堆焊层中存在高浓度空位点缺陷,这些空位是在堆焊过程中形成的,且在冷却过程中仍然保留,即使随炉缓冷也不能消除,因而也表现为具有较高硬度。在堆焊层中,随着 Al 含量的增加,堆焊层中的空位浓度不断增大,而堆焊层硬度与空位浓度的平方根成正比,所以堆焊层硬度随着含铝量的增加而增大。堆焊层中距离熔合界面越远其稀释率越低、铝含量越高,所以硬化作用越明显。与 $\Phi 4$ mm 焊丝相比, $\Phi 3$ mm 焊丝 Al 含量较低,在电流相同的条件下,其稀释率较大。因此,在堆焊层中邻近熔合界面区,用 $\Phi 3$ mm 焊丝的堆焊硬度比 $\Phi 4$ mm 焊丝堆焊硬度低。

3 结语

1) 通过合理的模具设计和拉拔工艺,成功地制备了铁包铝复合焊丝。

2) 采用铁包铝复合焊丝进行 TIG 堆焊,可以通过 Fe/Al 合金元素的直接作用来获得 Fe₃Al 堆焊层。

3) 采用 TIG 堆焊,焊前进行 200 °C × 30 min 预热,焊后进行 700 °C × 1 h 退火处理,可在 2.25Cr-Mo 钢基体上获得无裂纹 Fe₃Al 合金堆焊层。

电机机壳薄壁钢筒自动钨极氩弧焊技术

Automatic TIG Welding Technology on Manufacture of the Micro Motor Shell

西安理工大学 (710048) 成军 牛锐锋 孟卫如

【摘要】介绍了薄壁钢筒的钨极氩弧自动焊接方法及设计原理。利用 OMRON 公司 C20 系列可编程序控制器对电机壳体 TIG 自动焊接实现过程程序控制。焊机通过采用气动和无级调速电机等元器件,实现了高质量、高效率、自动化和低成本焊接电机壳体,满足了部分电机生产厂家的需求。

关键词 微电机 TIG 自动焊接 PLC 低成本

Keywords micro motor, TIG automatic welding, PLC, low cost

中图分类号: TP273 **文献标识码:** A

电机机壳的加工工艺从以往铸造壳体到整体拉伸和卷筒式机壳加工工艺,经过了重要的发展阶段。电机壳体采用卷筒焊接方法生产,具有制造工艺简单,材料利用率高,生产成本低,生产周期短,重量轻等特点。本文介绍了 TIG 自动焊接机的结构方法原理及控制方法,采用 TIG 自动焊接技术焊接卷筒式机壳加工工艺。

1 TIG 自动焊焊接原理

1.1 焊接工艺

电机机壳是以薄壁(2 mm 左右)冷轧拉伸钢板为原料,经下料、卷圆后焊接加工制成。冷轧钢板可焊性良好,采用 TIG 焊接方法可以在合理的焊接电流和焊接速度条件下得到良好的焊缝成形。尤其是在焊缝背面通保护气体时,不用添加填充焊丝即可获得单面焊双面成形的焊缝,焊接效果更佳。自动焊接工艺要求工件保证严格的下料尺寸,确保经卷圆和焊前气动夹紧对中后基本无接缝间隙,以保证不加焊丝 TIG 焊也可获得良好的焊缝成形。

1.2 自动焊机结构原理

自动焊机主要由焊接电源、机械部分和控制部分组成。焊接电源可采用市售手工钨极氩弧焊电源

(如 WS 系列),最好带有递增、衰减功能,这样在引弧、收弧块的综合作用下电机外壳两端头焊缝成形更佳;机械部分是用来执行保证焊缝的质量和完成自动焊接过程各项机械运动(包括承载放置零件,对中,夹紧,焊接,放松,顶出等)功能,主要由气动元器件、电机和部分机械加工件组成;控制部分用来调控各项机械运动过程准确无误地执行,最终得到满意的焊接零件,通过 PLC 控制器实现。

机械装置主要包括 4 部分:对中机构、行走机构、夹紧机构和芯轴及顶出机构。对中机构使焊缝接口准确位于焊接位置上,所采用的对中定位板工作在上下和左右 2 只气缸的复合运动驱动下完成。夹紧机构在焊接过程中保证接口贴合和防止变形而影响焊接质量,的左右夹紧块和顶出机构的 3 只顶出杆的运动分别由 3 只气缸驱动执行,行走机构驱动焊枪对准焊缝稳定行走,完成自动焊接过程,由无级调速电机经同步齿形带带动丝杆/丝母装置实现焊枪的无级变速直线运动,芯轴及顶出机构焊件定位、焊后顶出焊件芯轴对焊件起定位支撑作用,轴体上加工 4 道工艺槽。芯轴正上方为定位槽,定位板在定位时,插入定位槽,槽中心与焊缝相对应,槽中镶入带有通气孔的铜合金垫块,以便背面通入保护气

[参考文献]

[1] McKamey C G, De Van J H, Tortorelli P E and Sikka V K, *J Mater Res.* 1991, 6:1 785.
 [2] 闵学刚,等. 手工电弧焊 Fe₃Al 堆焊层的组织形貌与抗氧化性能. *焊接学报*, 2001, 1:56.
 [3] Tortorelli P F, De Van J H. Behavior of iron aluminides

in oxidizing and oxidizing/sulfidizing environments. *Mater. Sci. & Eng.*, 1992, A153(1-2):573-577.
 [4] DeVan J H, Tortorelli P F. Oxidation/sulfidation of iron-aluminium alloys. *Mater. at High temperatures*, 1993, 11(4):30-35.
 [5] 梁广川等. FeAl 合金研究进展. *材料导报*, 1999, (2):13.

责任编辑 吕德龙