喷射成形铝合金的激光表面致密化

中科院力学研究所（100080） 张坤 陈光南

【摘要】研究用激光重熔处理，消除喷射成形铝合金表面层孔洞的工艺可行性，获得了满意的表面处理致密化效果。

关键词 铝合金 激光 表面 致密化

喷射成形是制备无宏观偏析、晶粒细小的合金材料或复合材料的先进方法，但所得材料一般均含有孔洞。对于半成品坯和近终形产品，可以采用挤压法和热等静压法使材料整体致密。事实上，由于材料的破坏往往起源于表面，对近终形产品，表面致密化有望达到或接近整体致密化的效果。

激光表面重熔处理是提高材料表面性能的有效手段，随着研究的不断深入，人们已开始将这种手段用于粉末冶金材料的表面致密化[1]和等离子喷涂涂层的致密化[2]。

本文是利用激光重熔实现喷射成形材料表面致密化的一个尝试。

试验材料及方法

1. 试验材料

试验材料为喷射成形 LC4 铝合金并经退火处理，化学成分（w %）为：Zn6，Mg2.3，Cu1.7，Mn0.4，Cr0.18 其余为 Al。孔洞含量为 10vol. %，当量尺寸为 15μm。将材料加工成 20mm ×20mm ×50mm 样块，其中 20mm ×50mm 双面经磨削加工成激光处理面，表面粗糙度为 R_a0.18～0.20μm。

2. 激光致密化工艺

将铝合金表面发黑处理以增强对激光的吸收，采用 2kW 横流 CO_2 激光器进行单道重熔处理。工

表 1 焊接规范一览表

焊接工艺参数	打底焊	盖面焊
焊接峰值电流	220A	240A
焊接基值电流	130A	210A
焊接峰值电流电压	9.4V	10.10V
焊接基值电流电压	9.2V	9.5V
钨极左摆角	10°	20°
钨极右摆角	10°	20°
中间摆动时间	0.3s	0.6s
两端停留时间	0.3s	0.4s
焊接速度	120mm/ min	90mm/ min
送丝速度峰值	760mm/ min	1400mm/ min
送丝速度基值	640mm/ min	600mm/ min

2. QWZH315 焊接操作机通过了整机调试和实际焊接的检验，焊道成形美观，经超声波探伤及焊接接头机械性能检验和金相检验，均符合使用要求。

参考文献

1. 姚宏忠. 全位置脉冲 TIG 焊在管子焊接中的应用. 焊接技术，1995.3

2. Vikulik. Orbital arc welding pipelines. Welding International. 1993，7(11)：90 - 904

3. 都东，韩赞东，张人豪等. TIG 焊提升弧方法的研究与应用. 焊接技术，1997，(1)

4. Edbery H. Improved Touch Starting Techyniques for TIG Welding. Metal Construction，1988，20(3)：116

责任编辑 吕德隆

Investigation into Backing Weld Procedure Technique of All-position Narrow Gap and Thick-walled Pipe Welding

Harbin University of Science and Technoloy Liu Lijun et al

Abstract Backing weld procedure technique of all-position narrow gap and thick-walled pipe welding is developed about all-position single-pass welding section analysis，wire feeding behavior ，weld arc length ，welding current analysis，procedure and joint test. The achievement has general guide meaning to producing and testing all-position welder.

Key words section analysis，wire feeding behavior ，weld arc length ，procedure test

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

艺参数为:激光功率 P 为 800W,光斑直径 D 为 2mm,扫描速度 V 为 30～60mm/s。

3. 金相检验

沿激光扫描方向将激光处理后的试样用线切割截取适当大小,然后镶嵌、研磨、抛光,分别在未浸蚀和浸蚀状态下用 Neuphot-21 型光学显微镜观察致密化效果。

试验结果及分析

图 1 为 LC4 铝合金的激光作用区全貌。可以看出,材料表面层的孔洞基本消除。但激光处理后材料表面粗糙度大为增加。对于无孔洞材料,粗糙度增加的主要原因是激光熔池中的浮力、熔池气化反冲力、保护气体和表面张力引起的流动[3]。但对本文采用的孔洞材料来说,从试样表面层较大的凹陷和未完全溢出的气体所造成的气孔等缺陷特征可以判断,原材料中孔洞所含气体向自由表面的释放是粗糙度增加的主要原因。另外,LC4 铝合金中含有低熔点的锌,激光熔池中液态金属又是高度过热的,锌的蒸发也会增加表面粗糙度。

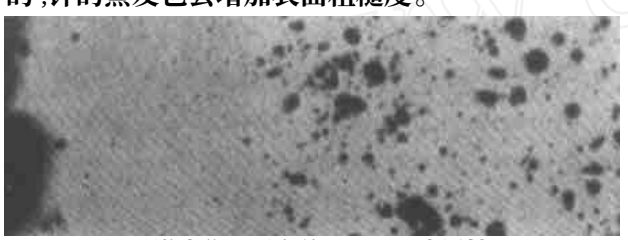

图 1　激光作用区全貌　100 ×,未浸蚀

图 2 是表面致密层的显微组织,可以看出晶粒尺寸在 3～4μm 之间,比原始材料的晶粒(约 15μm)细小,表明激光重熔处理比喷射成形具有更高的冷却速度,需要特别指出的是,喷射成形原材料中含有尺度很小的 TiC 质点,它具有强烈的形核作用,可以抑制凝固过程中激光熔池底部未熔基材的外延生长,从而使致密层组织呈等轴晶而非通常的柱状晶。

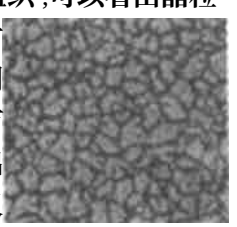

图 2 致密层 800 ×

由于表面铸态组织比退火组织更易浸蚀,用显微浸蚀方法可分辨出激光熔凝区。从图 3 可看出,熔凝区包括细晶粒区以及与材料晶粒尺寸相近的过渡区,这两个区域的孔洞基本上都得以消除,表明图 1 所示的致密层实际上就是激光熔凝区。过渡区位于熔池底部,凝固速度最慢,晶粒自然较大。细晶粒区位于熔池中部及上部,凝固速度较大以至接近激光扫描速度,因而晶粒较细。另外,由于本文采用的激光扫描速度较快,熔池形状已从椭球形变为泪滴形,细晶粒区内金属液的凝固速度较为接近,整个区域的晶粒尺寸也较为接近。

从图 4 可以看出,表面致密层与未熔基材的交界线凸凹不齐,这与无缺陷材料的熔凝特征不同。无缺陷材料基本上是均质材料,连续激光扫描时熔池可看出为准稳态,激光开光后熔化深度很快保持恒定,熔池边缘的固液交界线为宏观平滑直线。而孔洞材料本质上是非均质材料,微观尺度上材料各处的传热特性是不同的,这会导致熔化深度的波动,固液交界线相应呈现出宏观上的凸凹不齐特征。

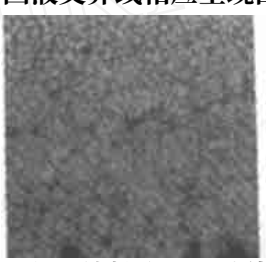

图 3　熔凝区 400 ×,浸蚀

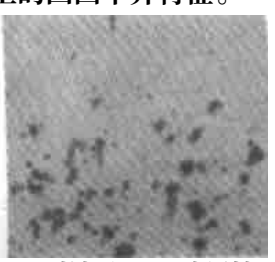

图 4　过渡区 50 ×,未浸蚀

参考文献

1. Dubrujeaud B. Vardavoulias M. Jeandin M. Surf Coat Technol. 1994. 67. 125～132
2. Gravanis G et al. Surf Coat Technol. 1991. 45. 245～253
3. Mazumder J. Mohanty P S. Kar A. Int J of Materials and Product Technolgy. 1996. 11. 193～252
4. Elmer J. The Metal Science of Jonining TMMMS. 1992. 123

注:国家自然科学基金重点相目资助(59836220)

责任编辑　吕德隆

Laser Surface Densification of Spray Formed Aluminium Alloy

Institute of Mechanics Chinese Academy of Sciences

Zhang Kun Chen Guangnan

Abstract　This paper investigated potential application of laser surface remelting, namely ,surface densification of spray formed aluminium alloy. Good densification effect can be achieved under appropriate process parameters.

Key words　aluminium alloy ,laser ,surface ,densification

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net