

文章编号:1673-9981(2010)01-0071-04

稀土泡沫铝合金真空吸铸工艺的研究

朱 茂 兰

(江西理工大学应用科学学院, 江西 赣州 341000)

摘 要:采用真空吸铸工艺制备稀土泡沫铝合金,研究了新工艺下填料粒子预热温度、熔体铸造温度、真空度及填料粒子粒径对渗流长度的影响.结果表明,真空度、浇注温度及填料粒子预热温度是影响真空吸铸工艺渗流长度的主要因素,随着真空度的增大及浇注温度、填料粒子预热温度的升高,泡沫铝的渗流长度增长;粒径对渗流长度的影响相对较小.在铝液的铸造温度 730 ℃、填料粒子的预热温度为 440 ℃、真空度 0.04~0.06 MPa 条件下,采用真空吸铸工艺制备出的稀土泡沫铝合金的氧化烧损较少,稀土元素的烧损均小于 5%.

关键词:稀土; 泡沫铝合金; 真空吸铸; 渗流长度

中图分类号: TG146.21

文献标识码: A

泡沫铝具有质轻、比强度高及吸声、隔音、散热、阻燃、减震、阻尼、吸收冲击能、电磁屏蔽等优点,广泛应用于建筑、汽车零件、军事及住宅等行业中^[1-2].目前,制备泡沫金属的主要方法有渗流铸造法及熔体发泡法、熔模铸造法、镀覆金属法、粉末冶金法等.渗流法是在熔融金属条件下在预制体中直接渗流成形,与其它方法相比,该法具有易于控制孔隙结构、孔隙率及生产周期短、成本低、工艺简单等优点^[3-6].

在制备泡沫铝时添加稀土元素,可有效地减小铝合金的枝晶间距及细化铸态晶粒,同时稀土能与铝及其合金元素发生微合金化作用,从而改善泡沫铝的机械、加工、挤压、铸造及耐腐蚀等性能,提高泡沫铝的抗冲击能力^[7-8].

用传统渗流法制备稀土泡沫铝时,稀土元素易氧化烧损,其中 La 和 Ce 元素的氧化烧损达 20% 以上,同时渗流过程难以控制,易造成渗流不足或渗流过度.针对上述问题,本文采用真空吸铸工艺制备泡沫铝,并研究了真空度、浇注温度及填料粒子预热温度、粒子粒径等工艺参数对稀土泡沫铝合金渗流成型过程的影响,同时测试了稀土元素的氧化烧损.

1 实验部分

1.1 实验原料及方法

主要原料为铝、稀土 La 和 Ce 及 NaCl 填料粒子、脱模剂.实验的主要设备有真空磁感应炉、自制真空吸铸装置.图 1 为真空吸铸原理图.

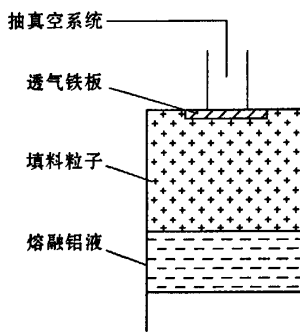


图 1 真空吸铸原理图

Fig. 1 Schematic diagram of vacuum suction casting

首先对填料粒子进行预处理及筛分,得到不同粒径范围的填料粒子,再将其填充到充型模中并预

收稿日期:2009-10-28

作者简介:朱茂兰(1978—),女,江西赣州人,讲师,硕士.

热至指定温度,然后在加热至一定温度的熔融 Al 液中加入稀土,混匀后真空吸入至充型模中。合金凝固后取出样品,除去填料粒子,即得到所需的泡沫铝。

用电感耦合等离子体原子吸收光谱法分析样品中稀土的含量,从而计算出稀土的氧化烧损率。

1.2 实验条件

在制备泡沫材料的过程中,渗流长度是考察铸

造工艺优劣的重要指标。渗流长度越长,表明该工艺能制备的样品尺寸越大,越接近工业应用的要求。

影响渗流长度的因素较多,但起决定性作用的主要有真空度、浇注温度、填料粒子预热温度及填料粒子粒径。为了探讨这些因素对渗流长度影响的规律,设计了如表 1 所列的试验条件。

表 1 实验条件

Table 1 Experimental conditions

研究内容	实验条件			
	真空度/MPa	铸造温度/℃	粒子预热温度/℃	粒径/mm
真空度对渗流长度的影响	研究对象	730	440	1.25~1.60
铸造温度对渗流长度的影响	0.04	研究对象	440	1.25~1.60
粒子预热温度对渗流长度的影响	0.04	730	研究对象	1.25~1.60
粒径对渗流长度的影响	0.04	730	440	研究对象

2 结果及分析

2.1 真空度对渗流长度的影响

图 2 为在铸造温度 730 ℃、填料粒子预热温度 440 ℃、填料粒子粒径为 1.25~1.60 mm 的条件下,当真空度分别为 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 MPa 时,真空度与渗流长度的关系。

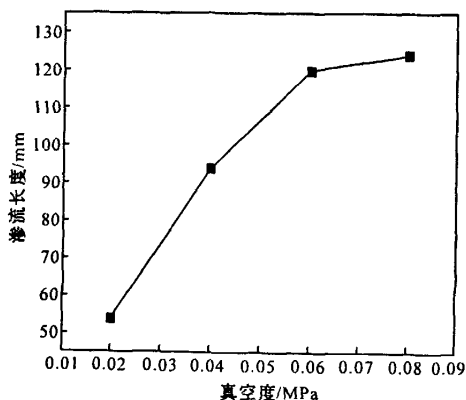


图 2 真空度与渗流长度的关系

Fig. 2 Relationship between the negative-pressure and the infiltration length

从图 2 可见,在填料粒子预热温度、粒子粒径及铝液的铸造温度相同的条件下,随着真空度的

增加,渗流长度增加;当真空度由 0.06 MPa 提高到 0.08 MPa 时,渗流长度只有微小增加。这是由于抽真空的作用一方面是克服铝液自重,另一方面是克服铝熔体与 NaCl 颗粒之间润湿性不好导致的表面张力,增加真空度有助于克服渗流缝隙中的流动阻力及表面张力,从而提高渗流长度,因此当真空度由 0.02 MPa 提高到 0.04 MPa 时,渗流长度由 54 mm 提高到 100 mm。当真空度由 0.06 MPa 增加到 0.08 MPa 时,其对渗流长度的影响不大,这是由于渗流前沿的铝液受到粒子的冷却作用很快凝固,此时仅靠提高真空度来提高渗流长度,效果非常有限。

2.2 铸造温度对渗流长度的影响

图 3 为在真空度 0.04 MPa、填料粒子预热温度 440 ℃、填料粒子粒径 1.25~1.60 mm 的条件下,铸造温度分别为 700, 730, 760 和 790 ℃时,铸造温度与渗流长度的关系。

从图 3 可见,铸造温度的提高能显著增加渗流长度。这是因为提高铸造温度能提高金属液的流动性,有利于金属液填充颗粒间的间隙,从而使渗流长度增加。在浇铸过程中金属液与颗粒及渗流室之间进行热交换,在过热度消失前金属液一直可以向颗粒的间隙中渗流。从传热学角度分析,渗流体长度由两部分组成,一是在过热条件下的流动长度;二是过热消失后靠结晶潜热维持的流动长度^[9-10]。

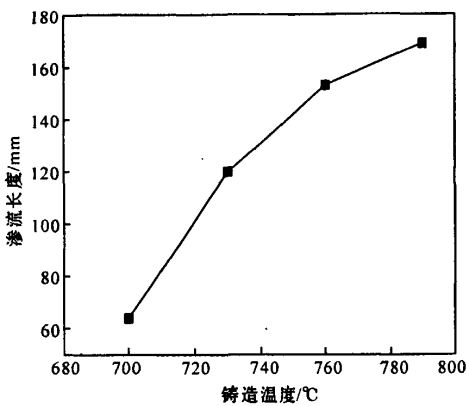


图3 铸造温度与渗流长度的关系

Fig.3 Relationship between the casting temperature and the infiltration length

2.3 填料粒子预热温度对渗流长度的影响

图4为在真空度0.04 MPa、铸造温度730℃、填料粒子粒径1.25~1.60 mm的条件下,当填料粒子预热温度分别为360,400,440和480℃时,填料粒子预热温度与渗流长度的关系。

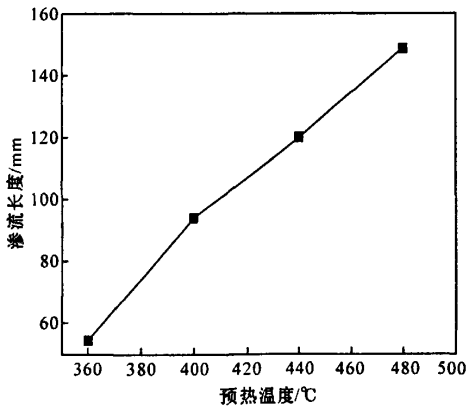


图4 填料粒子预热温度与渗流长度的关系

Fig.4 Relationship between the preheated temperature and the infiltration length

从图4可以看出,渗流长度随着填料粒子预热温度的升高而急剧增加。这是由于颗粒的预热温度越高,它与铝基合金液间的温差越小,从而减少了热量损失,可使颗粒间隙中的金属长时间保持液态,渗流通道较畅通,有利于铝液充满颗粒的间隙,提高了铝液的渗流能力。预热温度较低时,它与铝液的温差增大,渗流充型时二者之间热交换就强烈,在渗流前

沿包覆填料粒子的铝液会迅速凝固和加厚,从而堵塞了渗流通道,尽管靠近升液管的合金液尚未凝固,但已不能继续渗流充填颗粒间隙,导致渗流长度缩短。但颗粒预热温度过高,将延长实验周期及降低渗流室的使用寿命。

2.4 填料粒子大小对渗流长度的影响

图5为在真空度0.04 MPa、铸造温度730℃、填料粒子预热温度为440℃的条件下,填料粒子粒径分别为0.60~0.80,0.80~1.00,1.25~1.60及2.00~2.50 mm时,粒径与渗流长度的关系。

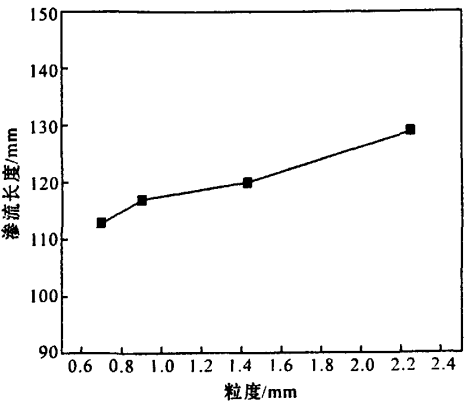


图5 填料粒子粒径与渗流长度的关系

Fig.5 Relationship between the size of particles and the infiltration length

从图5可以看出,渗流长度随填料粒子粒径的增大而增加。这是由于颗粒尺寸越大,颗粒间的空隙越大,铝液渗流通道的流动阻力也越小,流动速度越快。另外,颗粒尺寸越大,铝液与填料颗粒的热交换总面积就越小,铝液在渗流过程中的热量损失及温度降低的速率也越小;填料颗粒尺寸越小,金属液渗入的间隙变小,粘滞阻力及铝基合金液前沿界面张力附加的阻力增大,阻碍了铝基合金液填充颗粒间隙,影响泡沫铝基合金的渗流长度。

通过图2~图5中渗流长度变化的趋势可看出,填料粒子的预热温度和浇注温度对渗流长度的影响较大,而真空度和粒径对渗流长度的影响较小。这个结果与部分学者认为填料粒子的粒径大小是最显著的影响因素的结论不一致,其主要原因是实验所用的三种颗粒的粒径范围相差较大。大颗粒时粒径分布范围较宽,较小的颗粒易分布于大颗粒的缝隙中,更多且更为有效地占据了空间,从而使颗粒的

堆积密度升高;小粒径时粒径分布范围较窄,这种效应较小,也正是这个原因抵消了部分由粒径大小所产生的对渗流长度的影响效果。

图6为在铝液铸造温度为730℃、填料粒子预热温度为440℃、真空度为0.06 MPa及填料粒子的粒径为1.60~2.00 mm的条件下,制备出的泡沫铝样品的宏观形貌照片,渗流长度为120 mm。

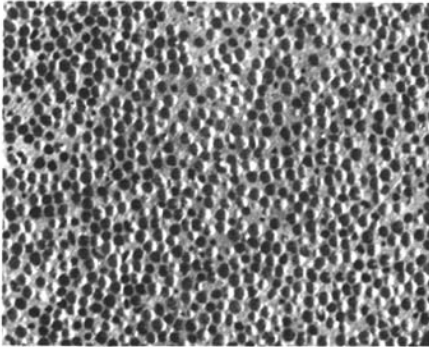


图6 泡沫铝样品宏观形貌照片

Fig.6 Macro morphology of foam aluminum

从图6可以看出,气孔均匀地排列于铝基体上。由于气孔尺寸由填料粒子的粒径范围决定,因此真空吸铸工艺可制备出孔结构均匀、孔径可控的泡沫铝合金。ICP分析表明,真空吸铸工艺制备出的稀土泡沫铝合金具有较少的氧化烧损,La的氧化烧损率为4.89%,Ce的氧化烧损率为4.03%。

3 结论

(1)真空度、浇注温度及填料粒子预热温度是影

响真空吸铸工艺渗流长度的三个主要因素,随着真空度的增大及浇注温度、填料粒子预热温度的升高,泡沫铝的渗流长度加长;粒径对渗流长度的影响相对较小。

(2)真空吸铸工艺制备出的稀土泡沫铝合金具有较少的氧化烧损,稀土元素的氧化烧损率均小于5%。

(3)采用真空吸铸工艺制备出的泡沫铝的孔洞匀称、可控性好,无明显缺陷。

参考文献:

- [1] 杨雪娟,刘颖,李梦,等. 多孔金属材料的制备及应用[J]. 材料导报,2007,21(8): 380-383.
- [2] BANHART, J. Manufacture, characterization and application of cellular metals and metal foams[J]. Progress in Materials Science, 2001, 46(6): 559-632.
- [3] 姜斌,刘倬欢,司永宏. 添加造孔剂法制备开孔泡沫铝及其性能研究[J]. 金属热处理,2007,22(3):33-35.
- [4] 王宏伟,李庆芬,李智伟,等. 铸造法制备泡沫金属材料[J]. 铸造技术,2007,28(9): 1257-1261.
- [5] BAUMGÄRTNER F, DUARTE I, BANHART J. Industrialization of powder compact foaming process[J]. Advanced Engineering Materials, 2000,2(4):168-174.
- [6] 刘培生,黄林国. 多孔金属材料制备方法[J]. 功能材料,2002,33(1): 5-11.
- [7] 陈肖虎,樊张帆,张骏. 稀土元素添加剂在泡沫铝合金制备中的应用[J]. 稀有金属,2004,28(4):687-689
- [8] 陈书文,张崇民,翟玉春. 稀土泡沫铝制备的基础研究[J]. 稀有金属与硬质合金,2006,34(2):5-7.
- [9] 黄笑梅,薛国宪,程和法. 渗流法制备开孔泡沫铝的结构与参数的控制[J]. 材料与表面处理, 2004(2): 43-44.
- [10] 杨思一. 泡沫铝合金的渗流铸造工艺方法研究[J]. 粉末冶金技术, 2006, 24(4):291-294.

Vacuum suction casting process research on preparation of RE foam aluminum

ZHU Mao-lan

(College of Applied Science, Jiangxi University of Science & Technology, Ganzhou 341000, China)

Abstract: RE foam aluminum was fabricated by vacuum suction casting method. Some factors of this method including filler preheating temperature, casting temperature, vacuum and diameter of filler were studied in this paper. It was found that the vacuum, casting temperature and filler preheating temperature were three key parameters which affected the infiltration length of the foam Al, showing that as the vacuum increased and the casting temperature of melting aluminum and the preheated temperature (下转第77页)

42-44.

[5] 袁发荣,伍尚礼. 焊接残余应力测试与计算[M]. 长沙:

[4] 林兴华,程常杰. 液化石油气储罐焊接残余应力的测试
和分析[J]. 石油化工设备,1992,21(1):15-18.

湖南大学出版社,1987:54-56.

The influence of welding technical parameters on welding residual stress

HE Qi-liang¹, MA Dong-ming²

(1. The Petroleum and Chemical Inc of Fushun, Fushun 113001, China;

2. Yu Tong Heavy Industries Limited Corporation of Zhengzhou, Zhengzhou 450051, China)

Abstract: The effect of two important technical parameters such as welding electric current and welding speed on the welding residual stress were investigated using the 16MnR steel as experimental materials. The mechanism of welding residual stress resulting from the welding electric current and the welding speed was discussed on the basis of the experiment.

Key words: welding residual stress; welding technics parameter; welding electric current; welding speed

(上接第 74 页) of particles increased, the infiltration length of foam Al increased, while the diameter of filler has little influence on the infiltration length. Less oxidation loss was found and RE oxidation loss was less than 5% during the fabrication process of the RE foam aluminum when the filler preheating temperature is about 730℃, casting temperature is about 440℃ and vacuum is 0.04—0.06 MPa.

Key words: RE; foam aluminum alloy; vacuum suction casting; infiltration length