

喷射沉积(Osprey)工艺研究^①

刘刚 王磊 石力开 张少明

(国家金属基复合材料工程技术研究中心, 北京 100088)

钟桂松

(北京有色金属研究总院加工工艺研究所, 北京 100088)

摘要 介绍了喷射成形制备材料的方法。在自行研制的小型喷射成形装置上对铝(6063)进行了喷射沉积试验, 并制造出预成型盘件。研究表明, 喷射沉积材料晶粒细小、组织均匀, 致密度接近100%, 硬度、抗拉强度和规定非比例伸长应力等指标均比铸态有明显改善。

关键词 喷射沉积 喷射成形 快速凝固 粉末冶金 6063 铝

喷射成形是英国 Swansea 大学的 Singer 教授在七十年代初最先提出的一种金属成形新工艺^[1], 后由英国 Osprey 公司对工艺及设备进行了大量研究, 发展成一种实用技术^[2], 并逐步实现工业化。喷射成形的基本原理, 是利用熔融的金属流雾化成金属细滴经喷射凝固成形。目前, 这种工艺已发展成为: 用于生产带材的喷射轧制工艺; 用于生产预成型坯材, 如盘件、锻坯等的喷射沉积工艺; 用于生产预成型坯件的液态动压实技术。它们的原理都大致一样, 但其熔体处理、控制的工艺参数以及随后的预成型件的加工形式有所不同。喷射成形制成的材料具有晶粒细小、组织均匀并能抑制偏析等快速凝固/粉末冶金材料的特性。与普通的铸造-压力加工及粉末冶金相比较, 喷射成形设备、工艺简单, 能减少许多加工工序, 金属的利用率高, 并能节省大量的能源消耗, 且容易生产出各种复合材料。作为一种经济而有效的材料制造方法, 喷射成形受到了广泛重视。目前, 许多国家都在积极研究和开发这项技术, 其中包括 Alcan 公司、Osprey 公司、Pechiney 公司、Alusuisse 公司、GE 公司、Mannesmann-Demag 公司、Sandvik 公司和住友公司等。国内近几年才开始喷射成形技术研究

(中科院金属所、621 所、北京科技大学、中南工业大学、上海钢研所和北京有色金属研究总院), 工作处于起步阶段。新组建的国家金属基复合材料工程技术研究中心石力开等人自接受“喷射成形技术研究”课题任务后, 便在这一领域开展了探索研究。本文介绍我们在自行研制的试验装置上进行铝(6063)喷射沉积试验的情况。

1 试验方法

1.1 试验原料及合金成分

试验原料采用 Al(6063)工业圆锭。其密度(28℃)为 2.68 g/cm³; 熔化温度范围为 615~655℃。合金的化学成分如下:

表1 铝(6063)合金的化学成分(%)

Mg	Si	Mn	Cr	Cu
0.45~0.90	0.20~0.60	≤0.10	≤0.10	≤0.10
Fe	Ti	其它杂质	Al	
≤0.35	≤0.10	≤1.5	余量	

1.2 试验装置

沉积试验在一台自行研制的小型喷射成形装置(见图1、图2)上进行。试验装置由以下几部

① 收稿日期: 1994-02-17; 修回日期: 1994-05-20

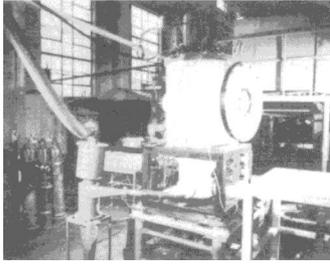


图1 小型喷射成形试验装置的外观

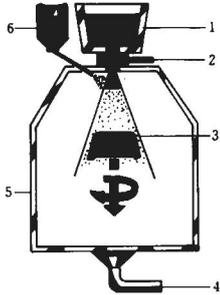


图2 喷射成形装置示意图

1—熔化炉；2—雾化器；3—产品；4—废气；
5—雾化沉积室；6—粒子喷加器

分组成：

1.2.1 熔化和分送装置

石墨坩埚置于电阻炉中，用来熔化金属；坩埚的底部有一导流管，熔融金属从导流管注入下面的雾化区。在熔化炉一侧装有粒子喷加器，粒子可通过导管由气体带入雾化-沉积室。坩埚容量为10 kg 液态铝；电阻炉由一台TDGC2J-10型接触调压器及另一台TSG5/500型自耦调压变压器供电加热，并控制熔体的温度，功率为5~8 kW，加热温度为0~1200℃。

1.2.2 雾化-沉积室

雾化器由轴对称的气体雾化喷嘴及一些辅助机构所组成。喷嘴上一一个个小喷气孔的轴线交于喷雾轴线上某一点。雾化器下面是圆筒形的沉积室。雾化后的金属液滴在沉积室中运动、冷却并可以与粒子喷加器注入的粒子相混合，然后沉积到位于其底部的收集器上，形成喷射沉积产品。

1.2.3 雾化气体的供给和控制系统

试验以北京普莱克斯实用气体有限公司气压14.7 MPa、纯度99.5%的瓶装氮气作雾化气体。气体通过气体控制系统，精确控制输送到雾化器和粒子喷加器内的气体压力和流量。用过的废气经旋风除尘器后放入大气。

1.2.4 收集器传动机构

喷射成形装置的另一重要部分是与圆盘形收集器相连的机械传动系统。为了在收集器上得到所需形状的产品，必须通过传动机构使收集器实现一系列动作。小型喷射成形试验装置由两台XDJZ2-12型直流电机驱动，并配有控制收集器自旋转速和沿喷雾轴线推进速度的两套控制电路。

1.3 工艺参数

金属熔体过热度：100~200℃；
金属熔体流动速度：20~30 g/s；
雾化气体压力：1.0~1.8 MPa；
喷射角：25°~35°；
喷嘴至收集器距离：300~450 mm。

2 结果与讨论

2.1 喷射沉积工艺试验

2.1.1 成形性试验

图3和图4是本喷射成形系统制备的两种Al(6063)预成型盘件。盘件底部直径200 mm、中心部位厚60~100 mm。喷射沉积工艺包括高速气体雾化熔融的金属流和使金属细滴喷射在有一定形状的收集器(模子或基座)内凝固形成高致密度的预成型坯等步骤。影响这一过程的主要因素有熔融金属(过热度、流动速度等)，雾化气体(气体类型、气体压力、气体流

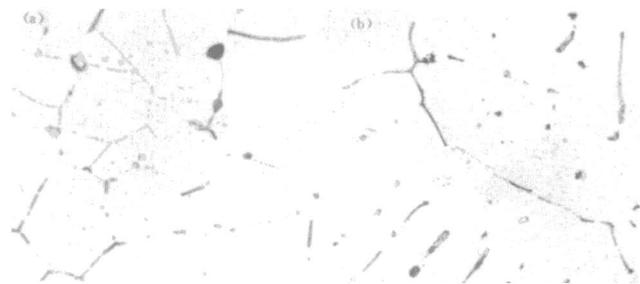


图 11 喷射沉积态及铸态的金相组织
(a)—喷射沉积态, ×500; (b)—铸态, ×500

表 2 喷射沉积试样的室温力学性

铝合金 (6063)	σ_0 /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_{10} %	ψ %
沉积态	164	98	16	30
铸态	151	65	24	45

形产品, 在制备金属基颗粒增强复合材料方面具有较大潜力; 雾化沉积可细化组织; 沉积材料致密度接近 100%, 硬度、抗拉强度和规定非比例伸长应力等指标均比铸态有明显改善。

3 结论

采用自行研制的小型喷射成形试验装置能很好地制备致密、均匀、性能优良的预成型盘件。试验表明: 此工艺简单, 可一次获得近终

参考文献

- 1 Singer A R E. *Metals and Materials*, 1970, 4: 246.
- 2 Osprey Metals Ltd. UK 147239.
- 3 Bewlay B P, Cantor B. *Metall Trans*, 1990, 21B: 899.
- 4 Rauh R. In: 12th ISMMS, Roskilde, Denmark, 1991.