

镁合金半固态成形技术的研究现状及发展

王武孝^{1,2},袁 森²,熊爱华²,程建杰²,蒋百灵²,介万奇¹

(1. 西北工业大学材料科学与工程学院,陕西 西安 710072; 2. 西安理工大学材料科学与工程学院,陕西 西安,710048)

摘要:介绍镁合金半固态坯料的制备方法和成形工艺,综述国内外对镁合金微观组织和半固态成形技术的研究现状,并展望镁合金半固态成形技术在中国的发展前景。

关键词:镁合金;半固态成形;微观组织

中图分类号:TG146.2⁺²;TG292 文献标识码:A 文章编号:1000-8365(2004)06-0469-02

Researching Status and Developing of Magnesium Alloy Semi-solid Forming Technology

WANG Wu-xiao^{1,2}, YUAN Sen², XIONG Ai-hua², CHENG Jian-jie², JIANG Bai-ling², JIE Wan-qi¹

(1. School of Materials Science and Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China; 2. School of Materials Science and Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: The slurry's production methods and the formation processes of magnesium alloy semi-solid were introduced here. The researching status of microstructure and semi-solid forming technology of magnesium alloy were overviewed and the developing prospects of magnesium alloy semi-solid forming were forecast.

Key words: Magnesium Alloy; Semi-solid Forming; Microstructure



镁合金作为一种绿色环保合金,主要应用在汽车零部件和3C产品壳体上^[1-3]。镁合金在熔融状态下容易氧化、燃烧,一般成形方法难以避免克服,采用半固态成形,避免了为防止高温液态镁金属挥发和氧化燃烧而必须采取的覆盖剂或SF₆等气体保护,省去了保护装置及气体消耗,使装备投入资金减少,生产成本降低。因此,半固态成形技术为解决镁合金成形中的氧化、燃烧问题提供了条件。

1 镁合金半固态坯料制备

半固态成形过程一般包括非枝晶组织的制备、二次加热和半固态成形3个步骤。制备半固态坯料的方法有机械搅拌法、电磁搅拌法、喷射成形法及应变诱发熔化激活法(SIMA)。

1.1 机械搅拌法

机械搅拌法是最早采用的方法,其设备构造简单,可以通过控制搅拌温度、搅拌速度和冷却速度等工艺参数,使初生树枝晶破碎而成为颗粒结构。主要用于铝合金半固态浆料的制备。

1.2 电磁搅拌法

收稿日期:2004-04-09; 修订日期:2004-04-27

基金项目:陕西省教育厅产业化培育项目(02JC33),西安市工业科技攻关项目(GG200247)。

作者简介:王武孝(1966-),陕西大荔人,副教授,博士生,研究方向:复合材料及有色合金。

Email: wangwuxiao@163.com

电磁搅拌法原理是在液态金属流过结晶器时,在结晶器周围施加旋转磁场,金属凝固时会受到电磁剪切力的作用,晶粒正常生长受到干扰,最后发育为大小均匀的球状晶,在镁合金方面的应用未见报道。

1.3 喷射成形法

在喷射成形法中,熔融的金属液被雾化成细小的颗粒状,然后再被收集到一块收集板上。颗粒中较大的在到达收集板时仍然是液滴,较小的已经完全凝固,中间尺寸的颗粒则为半固态。这些颗粒碰撞混合后,大的液态颗粒会分裂,而小的固态颗粒会重新熔化,这样就使得沉积层表面始终保持半固态。最后得到的材料的显微组织为大小均匀的球状晶。

1.4 SIMA法

将棒料经过压力变形,再二次加热,在加热过程中,晶粒先发生再结晶然后部分熔化,在表面张力和界面曲率的作用下使初生相转变成球状晶,形成半固态合金浆料。形变工艺可采用挤压(由粗 细),也可采用墩粗(由细 粗),形变工艺简单易行,灵活多样。二次加热到半固态,保温一定时间,使晶粒球状化,避免了合金的熔化过程,工艺操作性强。用于镁合金半固态成形也将具有较好的应用前景。

1.5 化学晶粒细化法

化学晶粒细化法是通过添加晶粒细化剂或变质剂,增加外来晶粒数量或改变结晶方式来细化晶粒组织,使生产的锭坯适合于半固态铸造,是近几年开发的新方法。据报道^[4]挪威 Norsk Hydro 公司已通过化学

晶粒细化法与特殊的凝固条件结合制备了镁合金 AZ91 的细晶粒铸锭。

2 镁合金半固态成形工艺

2.1 流变成形

流变成形是将金属液从液相到固相冷却过程中进行强烈的搅动,在一定固相分数时压铸或挤压成形。流变成形的工艺简单,能耗较低,铸件的成本较低,但由于直接获得的半固态合金浆液的保存和输送不方便,因而这种成形方法投入实际中应用得较少。

2.2 触变成形

触变成形是将制备的半固态合金锭料按工件体积切割成一定尺寸的坯料,重新加热到半固态进行压铸或挤压成型,镁合金中尚未见报道。

2.3 切屑旋压注射成形

工作原理:由镁合金铸锭利用专用的装置以机械的方式切削成 3~6 mm 的粒状,在室温下,通过料斗送入高温螺旋混合机中加热,在加热区内同时受到螺旋剪切与加热;采用惰性气体 Ar 作为保护气体;当材料加热到 570~590 的液固两相区时,进入定量触变浆料(固相分数为 30%~50%)收集器,达到定量后通过压室高速射入模具内成形。图 1 为镁合金切屑旋压注射成形原理图。

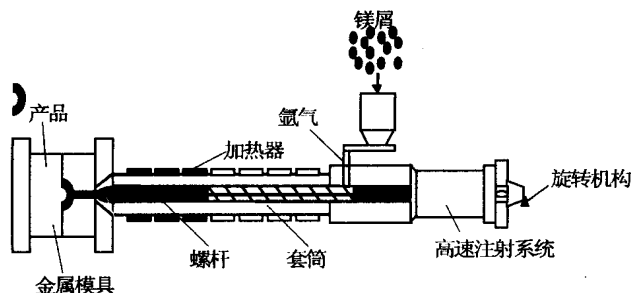


图 1 镁合金切屑旋压注射成形原理

Fig. 1 The principle of circumgyratation - injection forming of magnesium alloy

3 镁合金半固态微观组织的研究

3.1 枝晶球化机制

镁合金凝固过程中,受剪切应力作用,枝晶臂发生弯曲、断裂、脱落,使二次枝晶臂与主干分离;同时,受热流的扰动,使积聚较多低熔点物质的枝晶臂根部产生局部熔断,并向椭圆形或球形演化^[5]。另外,具有枝晶组织的固态镁合金产生大的塑性变形,枝晶破碎后,再结晶亦可使晶粒球化。Kamado 等人^[5]研究了机械搅拌对 AZ91D 镁合金半固态组织的影响规律,发现采用叶片状搅拌器时,增大搅拌速率会加快 相的球化过程,并使晶粒细化,而采用研磨机形式的搅拌器时,搅拌速率的增大反而会使 相尺寸增大;对于两

种搅拌方式,增加搅拌时间都会有助于 相的球化。而且当半固态等温时间一定时,等温温度越高,枝晶形态向颗粒化演化时间缩短。

3.2 镁合金半固态组织的形变特性

对半固态组织合金而言,形变抗力与固相分数有关,半固态时的形变抗力比全固态时要小约 3 个数量级。苏华钦等人^[6]研究了预形变量与半固态等温温度对 SIMA 法所获得的触变组织的影响。其研究表明,增加预形变量将促使半固态等温时枝晶形貌转变,但超过一定形变量将使晶粒尺寸增大。而提高半固态等温温度,可以促进枝晶形貌转变,但在预形变量较大时,提高半固态温度会使晶粒长大。因此,必须使预形变量和半固态等温温度有一个理想的匹配。

4 镁合金半固态成形技术的研究现状和发展前景

4.1 研究现状及存在问题

从现已报道的镁合金半固态成形技术来看,以流变成形为主。切屑旋压注射技术目前仅用于质量小的薄型壳体,未见有应用于汽车零部件的报导。SIMA 法用于镁合金半固态成形需要解决坯料二次加热过程中温度的均匀性问题。其他半固态合金制备方法,尚未见到有产业化前景。

4.2 发展前景

在 20 世纪末,镁合金的发展应用迅速,已有逐步代替铝、工程塑料和钢等趋势,但总量相对不够多,主要原因是由于镁合金低的伸长率,使其无法应用在结构零件上,加之国外先进成形技术的复杂性及对技术的保密,致使推广应用受到限制。相信通过材料工作者对半固态镁合金成形工艺改善、组织细化以及组织形态改变,都可以使镁合金的塑性有较大的提高。镁合金在 21 世纪的应用会越来越广泛。

参考文献

- [1] 刘正,王越,王中光,等. 镁基轻质材料的研究与应用[J]. 材料研究学报, 2000, 14(5): 449-456.
- [2] Polmear I J. Magnesium Alloys and Applications [J]. Materials Science and Technology, 1994, 10(1): 1-16.
- [3] Aghion E, Bronfin B. Magnesium Alloys Development Towards the 21st Century [J]. Materials Science Forum, 2000 (350): 19-28.
- [4] 廖敦明,林汉同,张风清,等. 镁合金半固态铸造工艺及其数值模拟研究进展[J]. 特种铸造及有色合金, 2001(4): 39-41.
- [5] Kamado S, Yuasa A, Hitoini T, et al. Effects of Stirring Conditions on Structure and Apparent Viscosity of Semi-solid AL91D Magnesium Alloy [J]. Japan Institute of Light Metals, 1992, 42(12): 734-740.
- [6] 苏华钦. 半固态铸造的现状与发展前景[J]. 特种铸造及有色合金, 1998(5): 1-9.