

铝合金粉末冶金的应用研究

赖一顺

南昌大学 江西南昌 330000

摘要：铝合金具有较小的密度、较高的比强度，在减重节能领域受到青睐，并且已经得到了广泛应用。应用粉末冶金的方式能够灵活制备多种复合材料，其材料合金成分能够根据需要灵活选择，材料制备完成后的微观组织更加均匀，晶粒更加细小等。有时，粉末冶金材料相对于普通的熔炼过程具有更好的机械性能。本文主要研究了铝合金粉末冶金的发展现状，通过对粉体制备、成形固结和后处理工艺和设备的介绍，对不同工序的工作方式和做种进行了介绍，探讨了铝合金粉末冶金这种工艺的发展趋势。

关键词：铝合金；粉末冶金；制备

一、铝合金粉末冶金的发展现状

传统的金属材料制备工艺一般为铸造、挤压、轧制等方式，这些金属材料制备的方式已经不能满足现代化发展的需要，粉末冶金这种制备工艺的重要性逐渐凸显。目前已经得到生产应用的粉末冶金铝合金展现出了良好的力学性能和化学性能，在汽车产品、航空航天和新能源领域当中得到了发展。其中太阳能电池吸收板、风电机组制动片均使用粉末冶金铝合金方式进行制备，在应用过程中展现出了良好的性能^[1]。欧洲高端汽车研发制造商都进行了粉末冶金铝合金方面的探索，其中包括气门座、进气门、汽缸衬套、发动机活塞、电动机转子、汽车空调，使用粉末冶金铝合金的方式能够达到材料需求的强度，并且能够减轻汽车的整体质量，从而减少汽车排放^[2]。美国MMP公司为通用汽车研发了应用与凸轮轴的轴承盖，成功采用的粉末冶金铝合金的方法，目前已经实现了工业化生产。我国粉末冶金铝合金的发展还存在一定差距，大部分粉末冶金铝合金均以后静压或热变形的方式提高性能，但是这种生产工艺需要较高的生产成本，所以其应用也仅仅局限在航空航天领域^[3]。

粉末冶金铝基复合材料将铝合金作为基体，使用陶瓷材料作为加强相，应用粉末冶金的方法，能够制作出符合应用条件的复合材料。铝基复合材料能够使材料具有更高的耐磨性、更好的导热性、更高的强度和稳定性，具有良好的应用前景。目前应用SiC颗粒作为增强相的铝基复合材料已经实现了部分应用，这种材料的成本更低，应用粉末冶金的方法也更容易制备，上海交通大学应用SiC增强的铝基活塞已经通过试验，展现出了优异的性能。同济大学卢棋等应用SiC符合材料制作了制动盘，该产品相对于传统的灰铁材料具有更好的耐磨性能，磨损率也更低，能够在为汽车减重的同时提高制动盘使

用时间^[4]。

二、粉末冶金铝合金制备工艺研究

粉末冶金铝合金复合材料的制备工艺主要分为三个步骤，包括粉体制备、成形固结、后续处理^[5]。材料最终的机械性能受到多方面因素的影响，其中包括材料本身的性质，材料的成形过程，以及材料成型后的处理方法。

1. 铝合金粉体制备方法

将金属制备成为粉末主要依靠材料本身的物理性能和化学性能，制备方法包括了物理制备法、机械制备法、化学制备法，不同的制备方法应用的技术也各不相同。铝粉的工业化制备方法主要有机械球磨法和气体雾化法，其中气体雾化法主要应用高速流动的气流作用于熔融状态的金属液体，气流能够将熔融金属液体吹散，形成凝固的粉末，这些粉末的密度较高，形状为球形。应用气体雾化的方法制备铝合金粉体，金属的冷却速度较快，这种方法能够使合金中的金属元素固溶度得到提高，抑制偏析的情况产生，同时能够细化晶粒^[6]。应用气体雾化的方式制备铝合金粉末，能够按照使用需求对化学成分进行控制，合金化程度更高，因此其性能也更加可控。应用气体雾化的方式制备铝合金粉体，由于粉末直径大小不受控制，其粉末颗粒直径分布在1–200 μm之间，不能对其进行严格的颗粒大小控制，也不能根据实际需求对产量进行调整。对于更细粉末的需求，这种生产方法目前无法满足^[7]。

铝合金粉末制备应用机械球磨法比价广泛，这种生产方法能够制备出颗粒直径达到纳米级别的铝粉。这种铝金属粉体的制备过程需要使用高速运动的磨球，利用磨球与磨球、磨球与磨罐的摩擦运动，使金属粉末能够受到挤压、破碎和变形，最终达到晶粒细化、颗粒不断

变小的目的，只要研磨的时间足够长，粉末最终便可以达到纳米级^[8]。但是这种研磨方法生产的铝合金粉末形状不规则，而且由于铝合金的熔点较低，应用球磨法进行铝合金粉末制备时需要保障低温状态，确保球磨过程中的温度在金属再结晶温度以下，否则会发生晶粒长大的情况。目前球磨过程主要应用充入液氮的方式进行冷却，保证球磨的过程中保持在零度以下。但是球磨研磨的过程由于应用强度更高的金属研磨球和罐体，这些金属在碰撞过程中不可避免地产生金属破碎，对铝合金粉末造成污染。

2. 成形固结方法研究

粉末冶金铝合金的第二步为固结成形，该步骤的合理进行能够确保制作完成的产品具有良好的致密性，强度和硬度能够达到使用需求，产品形状得到良好的控制，避免缺陷的产生。粉末冶金的成形方法很多，根据不同需求选择适合的成型方法，以满足生产需求，合理进行成本控制。

粉末锻造技术在金属加工技术发展中已经成形，该技术应用粉末作为锻造材料，经过预压成形的方式将原材料加工为毛坯，应用保护性气体对毛坯进行保护，再进一步进行烧结。烧结完成的毛坯件需要经过进一步的锻压成形，最终形成产品。该锻压过程可以实现精密模锻，没有飞边产生。应用粉末锻造技术能够对毛坯料进行精准地控制，比传统的锻造技术节约原料，生产完成的产品具有更高的精密度，甚至无须进行二次加工，有效控制了生产成本。最终生产完成的产品具有较高的致密度，内部组织也更加均匀，产品各项性能也比较稳定。这种制作方法主要应用于质量和性能要求比较高的汽车零件生产当中，目前已经应用的包括锻造连杆、齿轮、活塞等。

喷射成型技术应用高压惰性气体，将熔融状态的金属带入快速流动的气体中，使金属被基板承接，最终使金属不断在基板表面凝固成形，最终形成具有致密性的金属毛坯。应用喷射成形技术能够产生较高致密度的产品，由于整个喷射过程都在惰性气体保护当中进行，所以产品的含氧量能够得到有效控制。喷射成型过程速率较高，因此生产效率更高，生产成本也能够得到更好控

制，喷射成形最终完成的成品不需要进行再加工，可以直接应用，具有良好的应用性能。应用喷射技术生产Al-Si合金能够使晶粒细化，力学性能得到相应提高，对围观偏析和热裂的缺陷也能够进行有效控制^[9]。

三、粉末冶金铝合金未来发展趋势

粉末冶金技术发展时间较长，但是在近年来实现了技术的突破，未来的应用也将更加广泛。粉末冶金能够使铝基材料的性能得到有效提升，在航空航天和汽车行业减重需求之下，铝基复合材料的应用会得到拓展。要想使铝基复合材料粉末冶金技术达到需要，就应该在制粉的过程中更好地控制粉体颗粒直径，使其达到理想的晶粒度。成形加工过程也应该不断进行简化，使其适应大批量生产的需求，同时能够保障较短的制作周期，避免原材料的浪费。

参考文献：

- [1]陈峰, 同志巧, 蔡一湘.粉末冶金铝合金及复合材料的研究现状与发展趋势[J].材料研究与应用, 2014, 8 (01) : 1-5.
- [2]郎利辉, 王刚, 布国亮, 姚松, 续秋玉.热等静压工艺参数对2A12粉末铝合金性能的影响研究[J].粉末冶金工业, 2014, 24 (05) : 19-23.
- [3]陈鼎, 张倩霞, 宁荣, 陈振华.粉末冶金铝合金的疲劳裂纹扩展行为[J].材料导报, 2014, 28 (17) : 10-14.
- [4]杜新阳, 刘如铁, 熊翔.掺杂EBS润滑剂的粉末冶金铝合金脱脂工艺[J].矿冶, 2020, 29 (01) : 62-67.
- [5]杨玉玲, 刘超, 马运柱, 刘文胜, 刘阳, 伍镭, 王涛.稀土元素Y对粉末冶金2A12铝合金组织和力学性能的影响[J].粉末冶金技术, 2020, 38 (01) : 3-9.
- [6]赵玉谦, 方世杰.粉末冶金高强铝合金在汽车工业中的应用[J].汽车工艺与材料, 2004 (09) : 1-5+10.
- [7]王祝堂.高速凝固粉末冶金铝合金 (1) [J].轻合金加工技术, 2011, 39 (07) : 1-9.
- [8]王祝堂.布雷迪铝业公司收购高技术、建设高端铝产品企业[J].轻合金加工技术, 2019, 47 (06) : 57.
- [9]熊翔, 杨宝震, 刘咏, 刘如铁.汽车工业中的粉末冶金新材料与新技术[J].粉末冶金工业, 2019, 29 (04) : 1-7.