

现代粉末冶金材料与技术进展

史 祺

浙江之升科技有限公司 浙江 湖州 313000

摘要：粉末冶金技术，作为一种特殊的金属材料制备工艺，凭借其高精度、高性能的产品特性，在现代工业中的地位日益凸显。科技的进步与工业需求的提升，推动了粉末冶金技术的持续创新与发展；该技术为航空航天、汽车制造、电子信息等高科技领域提供了坚实的技术支撑，助力这些行业实现技术突破与产业升级。粉末冶金技术的应用，正展现出越来越广阔的前景。

关键词：粉末；冶金材料；技术进展

引言：粉末冶金是涉及金属、合金等粉末材料性质与制造工艺的科学，发展迅猛；该技术以其独特工艺和出色性能在工业中占据重要地位。本文介绍了粉末冶金的基本概念、制备技术及应用领域，并深入探讨了金属粉末制备、成形及烧结技术；粉末冶金在结构、功能、生物医用及能源材料等领域均有应用。展望未来，粉末冶金将致力于高性能材料研发、精密微型化制造以及数字化、智能化生产，持续推动现代工业的发展与创新。

1 粉末冶金的基本概念

粉末冶金是一门特殊的金属生产技术，它使用金属粉末以及金属与非金属粉末的混合物为主要原料，再经过精密的成型与烧结等工艺，制造取出各类金属、复合材料及其高精度产品。这一工艺的核心内容，就是对粉末材料的精确处理和精密加工，以及随后的成型和烧结等工序；因此粉末冶金不仅是单纯的材料处理工艺，它还是一门可以产生出普通铸造和加工方法难以实现的金属材料及零部件的先进工艺^[1]。通过粉末冶金，我们可以生产出具有特定性能、形状复杂且尺寸精度高的产品，满足现代工业对高性能材料不断增长的需求；此外，粉末冶金还具有材料利用率高、节能环保等优点，因此在当代材料制备领域占有重要地位，尤其在航空航天、汽车制造、电子信息等高科技行业中得到了广泛应用。

2 粉末冶金材料的制备技术

2.1 金属粉末的制备方法

金属粉末的制备是粉末冶金的第一步，其质量直接影响到最终产品的性能。以下是几种主要的金属粉末制备方法：（1）还原法。这是一种通过化学反应将金属氧化物还原为金属粉末的方法；常见的金属还原药物有储氢材料、一氧化碳或碳。在高温环境下，还原剂与金属氧化物发生反应，生成金属粉末和水蒸气或二氧化碳；这种方法制备的金属粉末纯度高，适用于大规模生产。

（2）雾化法则是通过将熔融的金属液体通过高速气流或水流雾化成小液滴，随后快速冷却凝固成粉末，这种方法可以制备出球形度高、粒度分布均匀的金属粉末，特别适用于制备高熔点金属的粉末。（3）电解法是通过电解金属盐的水溶液来制备金属粉末，在电解过程中，金属离子在阴极上沉积形成金属粉末；这种方法可以制备出高纯度的金属粉末，但需要消耗大量的能源和时间。

2.2 粉末冶金成形技术

（1）模压成形。压缩模塑成型。模压成型是粉末冶金制造中最常见的成型技术。在这一过程中，金属粉末先被放入钢模具腔内，然后再使用模冲对粉末施加一定压力，使其在模具内成型。这项功能尤其适合于生产不同形式的机械零部件，如铜基含油轴承等，在模压过程中，粉末粒子之间可以进行机械啮合，并且在粒子之间的接触面上还会产生与金属原子间的引力，这样可以使经过挤压后的粉体产生一定硬度。（2）注射成形。金属粉末注射成型技术（Metal Powder Injection Molding Technology，简称MIM）是一项在将大量现代材料注入成形工艺并引进粉末冶金行业后所产生的新型粉末冶金近净成型加工工艺。该工艺是将固体粉剂和化学黏贴剂均匀混合练，然后在热塑性条件下由注射成型机在模腔中固化成型；然后，再采用化学反应或热分解的技术将已成形坯中的黏贴物脱除，最后再经烧结性能致密化获得的产物；这项技术由于具备了高精度、结构均匀、稳定性良好且产品成本低的优点，已应用于许多行业中。

2.3 粉末冶金烧结技术

（1）传统的烧结工艺。传统烧结工艺是粉末冶金过程中的重要环节，采用在高温下对压坯及松装粉末体进行加热处理，将其再结合起来，从而增加硬度以及其他特性。在烧结过程中，粉末粒子之间会出现运动、扩展、溶解和再结晶等物理化学改变，进而减少了孔洞，

从而使物质变得更紧密^[2]。(2)微波烧结工艺。微波烧结,是指通过微波加热对物料进行烧结的一种工艺技术;在这种技术中,物质的微波能量并转变为内部物质的电能和热量,从而达到了物料的整体均衡受热和致密的烧结。微波烧结不仅生产高效的新型建筑材料,也可用来生产有新型特性的普通建筑材料;这种工艺在陶瓷材料、纳米材料,以及高纯金属粉末的烧结工艺等方面均被广泛应用。(3)放电等离子烧结工艺。充放电等离子烧结技术(Spark Plasma Sintering,简称SPS)是一项高速、低压、高效率的粉末冶金烧结技术。它可以通过脉冲电流所形成的等离子体,和在烧结过程中的加压而降低粉末的烧结温度,从而达到快速致密化。SPS技术具备了升温速率高、烧结时间短、组成过程可控而且节能环保等优点,可用来生产金属、陶瓷材料、复合材料,以及纳米块体材料、非晶块体材料和梯度弥散材料等新兴的功能材料。

3 现代粉末冶金材料的应用领域

3.1 结构材料

现代粉末冶金材料在结构材料领域具有广泛应用,其中铁基粉末冶金材料、硬质合金以及轻金属基复合材料是典型代表。(1)铁基粉末冶金材料是结构材料中的重要一类。这类材料通过粉末冶金技术制备,能够获得具有细致微观结构和优异机械性能的产品;与传统的铸造或锻造方法相比,粉末冶金技术能够更精确地控制材料的成分和组织,从而提高材料的强度和耐久性;铁基粉末冶金材料广泛应用于汽车、机械等领域,特别是在需要承受高负荷和复杂工况的零部件中表现出色。(2)硬质合金也是粉末冶金结构材料中的佼佼者。硬质合金由难熔金属的碳化物和粘结金属组成,通过粉末冶金方法制备而成;它具有极高的硬度和耐磨性,能够在高温和恶劣环境下保持稳定的性能;因此,硬质合金常被用于制造切削工具、磨具以及耐磨零部件,如钻头、刀片、磨轮等,在机械加工、矿山开采等行业发挥着重要作用。(3)轻金属基复合材料则是粉末冶金结构材料中的新兴领域。这类材料以轻金属为基体,通过添加增强相来提高材料的强度和刚性;粉末冶金技术能够精确地控制增强相的分布和取向,从而获得具有优异性能的复合材料。

3.2 功能材料

现代粉末冶金技术在功能材料领域同样展现出其独特的优势,特别是在磁性材料、电接触材料和热电材料的制备中。(1)磁性材料是现代电子和信息技术中不可或缺的一部分。粉末冶金技术为磁性材料的制备提供

了一种高效且精确的方法;通过精确控制粉末的成分、粒度和微观结构,可以制备出具有优异磁性能的永磁材料、软磁材料等了,这些材料在电机、变压器、传感器等电磁设备中发挥着关键作用,提高了设备的性能和效率。(2)电接触材料也是粉末冶金技术的重要应用领域。电接触材料需要具备良好的导电性、耐磨性和抗电弧侵蚀能力,粉末冶金技术可以精确控制材料的成分和组织,从而制备出满足特定性能要求的电接触材料;这些材料广泛应用于开关、触点、连接器等电子元件中,确保了电子设备的稳定运行和长寿命。(3)热电材料则是一种能够将热能直接转换为电能的功能材料。粉末冶金技术在热电材料的制备中同样发挥着重要作用;通过精确控制材料的成分、结构和微观形貌,可以优化材料的热电性能,这种材料在能源转换和节能领域具有广阔的应用前景,如热电发电、热电制冷等。

3.3 生物医用材料

现代粉末冶金技术在生物医用材料领域也发挥着重要作用,特别是在牙科和骨科植入物以及药物传递系统的制备中。(1)在牙科和骨科植入物方面,粉末冶金技术为制造生物相容性良好、机械性能优异的植入材料提供了有效手段;通过精确控制粉末的成分、粒度和结构,可以制备出与人体骨骼相近的材料,如钛合金、不锈钢等。这些材料不仅具有良好的生物相容性,能够减少人体的排斥反应,还具备优异的机械性能,能够承受人体的日常活动带来的负荷。(2)粉末冶金技术在药物传递系统的制备中也展现出其独特优势。药物传递系统需要实现药物的缓慢释放和精准治疗,而粉末冶金技术可以精确控制材料的孔隙结构、比表面积等特性,从而影响药物的释放速率和效果^[3]。通过调整粉末的成分和制备工艺,可以制备出具有特定药物释放性能的材料,如多孔陶瓷、生物降解材料等,这些材料能够实现药物在体内的缓慢释放,提高治疗效果,并减少副作用。

3.4 能源材料

(1)燃料电池材料是能源领域的重要创新,这些材料是实现燃料电池高效、稳定运行的关键。燃料电池作为一种清洁、高效的能源转换装置,其核心在于通过化学反应将燃料的化学能直接转换为电能;在燃料电池中,关键的材料包括电极材料、电解质材料和隔膜等。这些材料不仅影响着燃料电池的性能和寿命,还直接关系到其安全性和成本。目前,科研人员正致力于研发更高效、更稳定的燃料电池材料,以期提高燃料电池的效率和可靠性,进一步推动其在新能源汽车、分布式能源等领域的应用。(2)储氢材料在能源储存与转换中也扮

演着至关重要的角色；随着氢能经济的发展，安全、高效的氢气储存技术显得尤为重要，储氢材料能够可逆地吸收和释放氢气，是实现氢气储存和运输的关键环节。目前，金属氢化物、碳纳米材料以及某些复合材料都是研究的热点，这些材料不仅具有较高的储氢密度，还能在适当的条件下快速释放氢气，满足各种应用场景的需求。

4 现代粉末冶金技术的发展趋势

4.1 高性能材料的研发

随着科技的不断进步，现代工业对材料性能的要求日益严苛；为了满足这些需求，粉末冶金技术正朝着研发高性能材料的方向发展。这些高性能材料不仅具备高强度和高硬度，还拥有出色的耐磨性和耐腐蚀性，使得它们能够在极端和复杂的工作环境中稳定运行；举例来说，通过粉末冶金技术，我们可以制备出具有优异力学性能的高温合金。这类合金在高温环境下仍能保持良好的机械性能，对于航空发动机、燃气轮机等高温设备的制造至关重要；此外，轻质金属基复合材料也是粉末冶金技术的重要研发方向。这类材料结合了轻质金属的低密度和增强相的高性能，为航空航天、汽车制造等领域提供了更轻、更坚固的材料选择；高性能材料的研发不仅推动了粉末冶金技术的进步，也为现代工业的发展注入了新的活力。

4.2 精密制造和微型化

精密制造和微型化是现代工业的重要趋势，而粉末冶金技术在这一领域正展现出巨大的应用潜力；随着航空航天、电子、医疗等高科技产业的快速发展，对高精度和微型化产品的需求不断增长，粉末冶金技术通过精细的粉末处理和先进的成形工艺，为实现更精密、更微小的制造提供了有力支持。（1）在精密制造方面，粉末冶金技术能够精确控制材料的成分、结构和性能，从而制造出高精度、高质量的零部件，这种精密制造技术对于提高产品的性能和可靠性至关重要。（2）在微型化方面，粉末冶金技术同样展现出独特的优势。通过精细的粉末控制和成形工艺，可以制造出尺寸更小、精度更高的微型零部件，这些微型零部件在电子设备、医疗器械

等领域具有广泛的应用前景。

4.3 数字化和智能化制造

在工业4.0和数字化制造的时代背景下，粉末冶金技术正朝着数字化和智能化制造的方向发展；通过引入先进的模拟、优化和控制技术，粉末冶金生产过程变得更加高效、精准和可控。数字化制造允许我们通过计算机模拟技术来优化生产工艺参数，这种模拟可以在实际生产之前预测和优化材料的性能和生产过程，从而减少试验次数，降低成本，并提高产品质量^[4]。智能化制造则通过实时监控系統来确保生产过程的稳定性和产品质量，利用传感器和数据分析技术，我们可以实时监控生产过程中的各种参数，如温度、压力、成分等，从而及时调整工艺条件，确保产品的一致性和可靠性。数字化和智能化制造的融合不仅提高了粉末冶金生产的效率和质量，还为企业提供了更加灵活和个性化的生产方案。

结束语：粉末冶金技术凭借特殊工艺和出色的产品性能，极大地推动了现代工业的进步。高性能材料的不断创新，精密制造与微型化技术的深入发展，再结合数字化与智能化制造，使得粉末冶金技术的未来充满无限可能。我们坚信，随着科技的飞速进步，粉末冶金技术将在更多领域大放异彩，其巨大的发展潜力必将为现代工业的蓬勃发展提供源源不断的动力；我们期待着粉末冶金技术在未来能创造更多的工业奇迹，为社会带来更广泛的益处。

参考文献

- [1]叶常琼.基于新能源材料的粉末冶金技术实践分析[J].轻纺工业与技术,2019,48(07):41-42.
- [2]刘伟.新能源材料粉末冶金技术探讨[J].世界有色金属,2020(15):4-5.
- [3]吴明明,李来平,高选乔,梁静,薛建嵘,林小辉,张文,李延超.粉末冶金技术制备钼基复合材料研究进展[J].粉末冶金技术,2021,39(05):462-470.
- [4]王彦康,王涛,吕伟龙,李国平,刘增林.表面强化铁基粉末冶金材料的表面处理工艺分析[J].中国金属通报,2021,(08):17-18.