

# 铁基粉末冶金工艺创新及其性能提升研究

李 宝

宁夏机械研究院股份有限公司 宁夏 银川 750011

**摘要:** 铁基粉末冶金工艺创新及其性能提升研究,旨在通过优化粉末制备、成形工艺、烧结技术及后处理等环节,显著提升铁基粉末冶金零件的性能。研究关注高密度零件制造技术、复杂形状与大尺寸零件制造、复合材料应用等方面,旨在提高零件的硬度、强度、耐磨性、耐腐蚀性及尺寸精度,推动铁基粉末冶金工艺在多个领域的广泛应用。

**关键词:** 铁基粉末冶金; 工艺创新; 性能提升

引言: 铁基粉末冶金作为一种重要的材料制备技术,在工业生产中具有广泛应用。随着科技进步和产业升级,对铁基粉末冶金零件的性能要求日益提高。本研究聚焦于铁基粉末冶金工艺的创新及其性能提升,旨在通过优化工艺参数和引入新技术,提高零件的力学性能、耐磨性、耐腐蚀性以及尺寸精度,为相关领域的发展提供有力支撑。

## 1 铁基粉末冶金的基本工艺

### 1.1 粉末制备

(1) 粉末的选择及其质量要求。粉末制备是铁基粉末冶金的首要步骤。选择合适的粉末原料至关重要,通常要求粉末具有高纯度、高密度和良好的流动性。常用的铁基粉末包括还原铁粉和水雾化铁粉,它们各自具有不同的制备工艺和性能特点。在选择粉末时,还需考虑材料的成分、微观结构和宏观性能要求,以满足后续工艺和最终产品的需求。(2) 粉末的筛选、清洗和粒度控制。粉末制备完成后,需进行筛选、清洗和粒度控制,以去除杂质、控制粒度分布,并确保粉末的均匀性和一致性。这些步骤对于提高材料的性能和稳定性至关重要。

### 1.2 成形工艺

(1) 粉末压制及其影响因素。粉末压制是将粉末放入模具中,通过施加压力使其发生形变,形成所需形状的铁基材料。压制过程中,压力、温度和时间是影响材料性能和形状精度的关键因素。通过调整这些参数,可以优化材料的密度、均匀性和结构特性<sup>[1]</sup>。(2) 粉末注射成形及其他新型成形技术。除了传统的粉末压制外,粉末注射成形也是一种重要的成形技术。它通过将粉末与聚合物载体混合后注入模具中,在加热和加压条件下实现快速成形。此外,还有粉末挤压成形、粉末轧制成形等新型成形技术,它们各具特点,适用于不同的材料和应用场景。

### 1.3 烧结技术

(1) 烧结过程及其参数控制。烧结是将压制好的粉

末坯体在高温下进行处理,使其颗粒间发生冶金结合,形成致密的结构。烧结过程中的温度、时间和气氛是影响材料性能的关键参数。通过精确控制这些参数,可以优化材料的致密度、硬度和强度等性能指标。(2) 温压成形、微波烧结、放电等离子烧结等先进技术。近年来,温压成形、微波烧结、放电等离子烧结等先进技术不断涌现,它们各自具有独特的优点和应用前景。这些技术能够进一步提高材料的性能和生产效率,为铁基粉末冶金的发展注入了新的活力。

### 1.4 后处理

(1) 热处理、电镀、涂层等后续工艺。后处理是提升铁基粉末冶金零件综合性能的关键环节。热处理通过加热、保温和冷却等过程,可以调整零件的微观组织,提升其强度、硬度和韧性。不同的热处理工艺,如淬火、回火、退火等,能够赋予零件不同的性能特征,满足不同的应用需求。电镀和涂层则是提升零件表面性能的有效手段。电镀能在零件表面形成一层均匀、致密的金属膜,增强其耐腐蚀性、耐磨性和装饰性。涂层则可以通过喷涂、浸渍、电镀复合等技术,在零件表面形成一层或多层不同材料组成的保护层,进一步提升其耐候性、耐摩擦性和抗磨损性能。(2) 提高零件强度、硬度和耐磨性的方法。除了上述的后处理工艺,还可以通过其他方法来提高铁基粉末冶金零件的强度、硬度和耐磨性。例如,通过合金化处理,向铁基粉末中添加适量的合金元素,可以形成固溶体、化合物或金属间化合物,从而强化基体组织,提升零件的性能。此外,通过表面处理技术,如喷丸强化、渗碳淬火、渗氮等,也可以在零件表面形成一层高硬度的强化层,提高其耐磨性和使用寿命。

## 2 铁基粉末冶金工艺创新

### 2.1 高密度粉末冶金零件制造技术

#### 2.1.1 结合传统粉末烧结和锻造工艺的创新方法

传统粉末冶金工艺受限于粉末压制与烧结过程中的

孔隙问题,难以直接制备出高密度零件。为了克服这一难题,科研人员探索出将粉末烧结与锻造工艺相结合的创新路径。该方法首先通过粉末压制技术,将铁基粉末压制成一定形状和尺寸的预制件,随后进行预烧结处理,以初步增强零件的强度和形状稳定性。在此基础上,利用锻造工艺在高温下的金属塑性变形能力,对预制件进行进一步的压缩和致密化,最终实现零件的高密度化。这一创新方法不仅显著提高了零件的密度,优化了其微观组织结构,还在保持粉末冶金工艺低成本、高效率优势的同时,显著提升了零件的机械性能,如强度、硬度、耐磨性等。此外,由于锻造过程中温度的精确控制,能够有效降低烧结过程中产生的残余应力,进一步提高零件的尺寸稳定性和疲劳寿命。

### 2.1.2 提高铁基粉末冶金零件的密度及其性能

除了结合锻造工艺外,科研人员还在不断探索其他提高铁基粉末冶金零件密度和性能的方法。一方面,通过优化粉末制备工艺,如采用超细粉末或纳米粉末,可以显著提高粉末的烧结活性,降低烧结温度,从而实现更高效的致密化。另一方面,通过添加适量的合金元素或化合物作为烧结助剂,可以进一步促进粉末颗粒间的冶金结合,提高零件的密度和强度。此外,新型烧结技术的出现也为提高铁基粉末冶金零件的密度和性能提供了新的途径。如微波烧结、放电等离子烧结等新型烧结技术,具有加热速度快、温度均匀性好、烧结时间短等优点,能够在短时间内实现高密度的烧结,同时保持零件的微观结构和性能。

## 2.2 复杂形状和大尺寸零件制造

### 2.2.1 突破粉末冶金工艺对零件形状和体积的限制

传统粉末冶金工艺在制备复杂形状和大尺寸零件时面临诸多挑战。为了突破这些限制,科研人员开发了多种新型成形技术。其中,粉末注射成形技术以其高精度、高复杂性和低成本的优势,成为制备复杂形状零件的首选方法。该技术通过引入塑料注射成形的原理,将粉末与粘结剂混合后注入模具中,经过固化、脱脂和烧结等步骤,最终得到形状复杂、尺寸精度高的零件。同时,为了应对大尺寸零件制造的挑战,科研人员也开发了分段成形和拼接技术等新方法。这些方法通过将大尺寸零件分割成多个小尺寸部分进行成形和烧结,然后再通过焊接或机械连接等方式组合成整体零件。这种方法不仅降低了成形难度和成本,还提高了零件的尺寸精度和性能稳定性<sup>[2]</sup>。

### 2.2.2 实现高精度、复杂形状、大尺寸零件的制造

随着新型成形技术的不断发展和完善,铁基粉末冶

金工艺在制备高精度、复杂形状和大尺寸零件方面取得了显著进展。通过粉末注射成形技术,可以制备出形状极为复杂、尺寸精度高的零件,且生产效率高、成本低。同时,分段成形和拼接技术也为大尺寸零件的制造提供了新的解决方案。这些创新技术的应用,不仅拓宽了铁基粉末冶金工艺的应用领域,还推动了相关产业的快速发展。例如,在汽车制造、航空航天、机械制造等领域,铁基粉末冶金工艺凭借其独特的技术优势,正在逐步替代传统的铸造、锻造和机加工等工艺,成为这些领域的关键材料制备技术之一。

## 2.3 粉末冶金与复合材料结合

### 2.3.1 铁基粉末冶金与高分子弹性体复合技术

铁基粉末冶金与高分子弹性体的复合技术是一种创新性的材料制备方式,它结合了金属材料的高强度、高硬度和高分子材料的韧性、耐冲击性等优势。这种复合材料不仅保留了铁基粉末冶金零件的高强度特性,还具备高分子弹性体的良好弹性和抗冲击性能,使得零件能够在极端环境下保持稳定的性能<sup>[3]</sup>。在制备过程中,科研人员通常将铁基粉末与高分子弹性体进行混合,然后通过粉末压制、烧结等工艺步骤,将两者紧密结合在一起。这种复合材料零件在承受重载、高冲击等恶劣工况时,能够展现出出色的耐磨性、耐腐蚀性以及良好的密封性能。因此,在汽车、航空航天、机械等领域中,这种复合材料零件具有广泛的应用前景。

### 2.3.2 其他复合材料在粉末冶金中的应用及其性能提升

除了铁基粉末冶金与高分子弹性体的复合技术外,其他多种复合材料也在粉末冶金中得到了广泛应用。例如,陶瓷颗粒增强铁基粉末冶金复合材料通过向铁基粉末中添加陶瓷颗粒,可以显著提高零件的硬度、耐磨性和耐腐蚀性。碳纤维增强铁基粉末冶金复合材料则通过引入碳纤维,提高了零件的强度和刚度,同时降低了零件的重量。这些复合材料的应用不仅丰富了粉末冶金零件的种类和性能,还为相关领域的技术进步和产业升级提供了有力支撑。例如,在汽车制造业中,采用陶瓷颗粒或碳纤维增强的铁基粉末冶金复合材料可以制造出更轻、更强、更耐磨的汽车零部件,从而提高汽车的性能和燃油经济性。

## 3 铁基粉末冶金零件的性能提升

### 3.1 力学性能

(1) 提高零件的硬度、强度和韧性。要提高零件的硬度、强度和韧性,需从材料本身入手。一方面,优化粉末制备工艺,选用高质量的原材料,通过细化粉末粒度、提高粉末纯净度和球形度等措施,可以增加粉末颗

粒的活性,有利于在烧结过程中形成致密的结构,从而提升零件的密度和硬度。另一方面,合理的合金化是增强零件强度和韧性的关键。在铁基粉末中添加适量的合金元素,如镍、铬、锰、硅等,可以有效改变材料的晶体结构,强化基体,细化晶粒,同时增加材料中的相界,从而提升强度和韧性。此外,精确的烧结温度和时间控制也是实现这一目标的重要步骤,过度的烧结可能导致晶粒粗化,而不足的烧结则会影响颗粒间的冶金结合,从而降低材料的整体性能。(2)优化合金元素添加及其影响。合金元素的添加量及比例直接影响铁基粉末冶金零件的性能。在设计和配制合金时,需要充分考虑元素的互溶性、反应性及对微观组织结构的影响。例如,适量添加铬可以显著提高零件的耐腐蚀性和耐热性;添加钼可以强化晶界,提高零件的韧性;而锰和硅的添加则可以优化微观结构,提升硬度和强度。合理的合金化不仅能显著提高零件的力学性能,还能使其在不同的工况条件下保持优异的稳定性的。

### 3.2 耐磨性和耐腐蚀性

(1)表面处理技术的应用。表面处理是提升零件耐磨性和耐腐蚀性的重要手段。电镀技术,如镀镍、镀铬,可在零件表面形成一层致密、耐腐蚀、高硬度的保护层,提高零件的耐磨和防腐能力。涂层技术,如陶瓷涂层、有机涂层等,可以在零件表面形成一层具有特定功能特性的涂层,提供额外的防护层,提升耐磨和耐腐蚀性能。喷砂处理则可以清洁零件表面,增加表面的粗糙度,为后续的涂层处理提供良好的基底。(2)提高零件的耐磨性和耐腐蚀性。除了表面处理外,还可以通过改进材料组成和调整制备工艺来提升零件的耐磨性和耐腐蚀性。如前面提到的,添加特定的合金元素可以直接改善材料的抗腐蚀和抗磨损性能。同时,控制烧结后的热处理工艺,如淬火和回火,也能调整材料的显微组织和力学性能,进而提高耐磨和耐腐蚀性能。

### 3.3 尺寸精度和稳定性

(1)粉末冶金零件的精度控制及其影响因素。影响粉末冶金零件尺寸精度的因素很多,主要包括粉末质量、压制压力、模具设计、烧结过程及后处理工艺等。提高粉末质量,确保粉末具有良好的流动性和压制性,有助于压制出形状规整、尺寸精度高的生坯。精确的模具设计和合理的压制压力可以控制生坯的尺寸精度。同时,控制烧结过程的温度和升温速率,可以减少烧结变形,保证最终零件的尺寸精度。(2)通过优化工艺参数提高尺寸精度和稳定性。为了实现更高的尺寸精度和稳定性,需要综合考虑原料选择、工艺设计和生产环境等多方面因素。在工艺参数设置上,需要根据具体的零件结构和性能要求,通过大量的实验数据积累和数据分析,找出最佳的压制、烧结和后续处理工艺参数,如压制压力、烧结温度、升温速率和保温时间等。此外,良好的模具维护和更换周期控制,也是确保长期稳定生产高精度零件的重要因素。

### 结束语

本文通过对铁基粉末冶金工艺的创新探索与性能提升研究,不仅优化了传统工艺,还引入了多项先进技术,显著提高了铁基粉末冶金零件的机械性能、耐磨性、耐腐蚀性和尺寸精度。展望未来,我们将持续深入研究,推动工艺革新,并积极拓展应用领域,为铁基粉末冶金技术的发展注入新动力,为工业制造领域的高质量发展贡献力量。

### 参考文献

- [1]赵冬梅.基于预混合工艺的铁基粉末冶金材料制备及性能分析[J].能源与环保,2021,(04):35-36.
- [2]任峰岩,许磊,历长云,等.粉末冶金法制备颗粒增强镁基复合材料的研究进展[J].粉末冶金技术,2020,(09):81-82.
- [3]陈闻超,程继贵,陈鹏起,等.预混合工艺对铁基粉末冶金材料组织和烧结性能的影响[J].材料热处理学报,2020,(03):27-28.