

# 钛合金粉末 在 MIM 行业的新应用

## 盘星新金属技术白皮书

盘星新金属生产的 TC4、TA1 和其他钛合金粉末，已稳定供给于下游 MIM 钛零件生产厂商，在表智能穿戴、3C 电子、医疗器械等方面均有产品应用。未来，盘星将推出更多元化、低成本的钛合金粉末种类，以卓越稳定的产品质量，向客户提供高效一体化的技术解决方案。

## MIM 行业发展历程

MIM 技术是结合了粉末冶金压制成型和塑料注射成形两大技术优点的先进成形技术，研发始于 1973 年，由美国 Weich 组建的 Parmatech 公司最早从事 MIM 技术的研究和产品开发工作，处于萌芽状态。直到 1979 年其产品在国际粉末冶金大会产品大赛中斩获两项大奖而崭露头角，引起粉末冶金工业界的高度重视，而后迅猛发展。随着各个国家对 MIM 行业产业化发展推进，现已广泛应用于汽车、电子产品、医疗器械、消费品等诸多领域，其中亚洲市场主要应用于电子产品行业，北美市场主要应用于医疗器械、轻武器等领域，欧洲市场更加偏重于汽车与消费品行业。

我国早在“七五”、“八五”计划时期就将 MIM 技术列入高新技术研究以打破国际先进国家的技术封锁，后又在“863”、“973”计划中加大研究力度。90 年代后期逐步建成工业化产线，开始进行工业化生产。2006 年，德国 BASF 喂料在国内有效推广，聚甲醛喂料体系和脱脂技术迅猛发展，给国内 MIM 行业带来极大的推动作用。2011 年，美国苹果公司愿意接受 MIM 技术并大量使用 MIM 烧结零配件，MIM 技术达到大爆发时期。随着国内工业技术的发展，新型注射机、绿色环保草酸脱脂技术、新型蜡基喂料体系将带动 MIM 产业以年增长率约 20% 的稳步提升。

## MIM 钛合金前景

钛及钛合金因其高比强度、高耐腐蚀性和优异的生物相容性等特点而被航空航天、医疗器械广泛应用，但由于其使用传统机械加工方法加工时，效率低、浪费大、性能差而受到一定限制。金属注射成形技术（MIM）是一种新型近净成形技术，因其以较低成本大批量生产复杂结构、高维度、高精度零部件，而被认为是一种理想的制备钛及钛合金的加工工艺。目前主流的 MIM 钛工艺为先将钛合金金属粉末与黏结剂通过混炼制得均一稳定的喂料，然后通过注射成形获得符合要求的生坯；随后根据不同的黏结剂体系将生坯中的黏结剂去除，最后经过烧结及后处理得到所需制件。

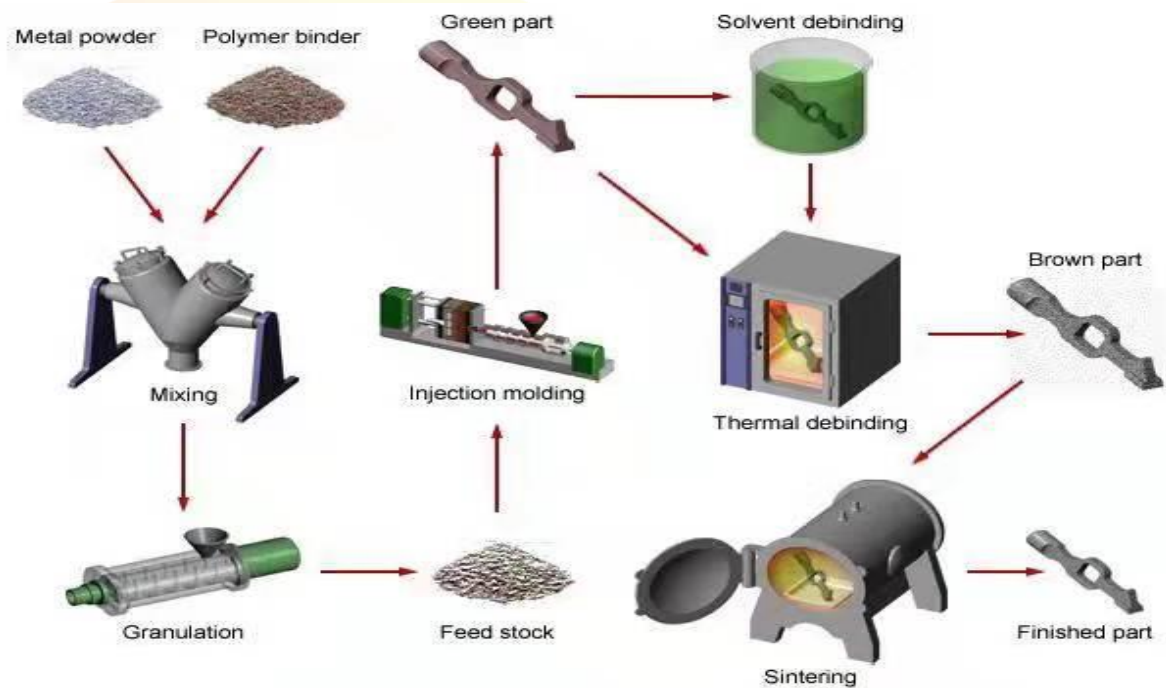


图 1 MIM 工艺流程

根据华经产业研究院统计 2020 年我国金属粉末注射成型(MIM)行业市场分析，预计 2025 年 MIM 行业市场份额将达到 121.9 亿元，其中，MIM 钛及钛合金粉末将会出现井喷式发展，将会集中分布在消费电子领域，手机及其零部件占比将持续增加。

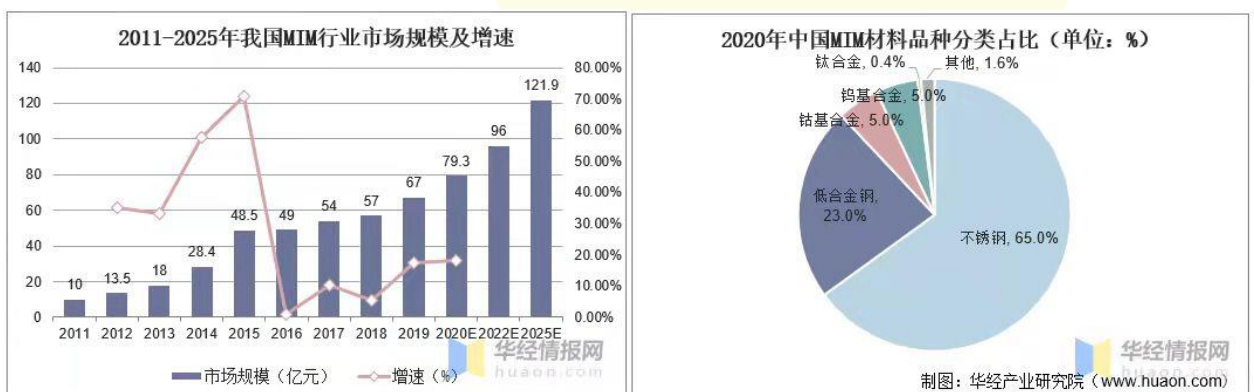


图 2 2011-2025 我国 MIM 行业市场规模及 2020 年 MIM 品种分类占比



图3 MIM-钛合金应用

### MIM 钛合金技术难点

目前，MIM 钛及钛合金的研究取得一定的进展，但大规模产业化应用仍存在一定难度，主要有以下几点：

1. 低氧球形钛及钛合金粉末价格昂贵；国内球形钛及钛合金粉末生产厂家近几年虽发展迅速，但距离全球领先技术仍有一定差距。
2. 粘结剂的选择和脱脂去除工艺；粘结剂的选择决定了粉末填充量的大小，对烧结后产品致密度、收缩率、表面粗糙度有直接影响，而高效的脱脂去除工艺有助于降低杂质元素，如 C、O 的影响，提高产品性能。
3. 烧结工艺优化及设备要求；由于钛合金高活性的特点，烧结时对温度和氧含量的控制至关重要，对烧结炉提出更高的要求。

### 盘星蓄力 MIM 钛合金粉末研发和生产

盘星新金属致力于新型金属材料、球形金属粉末的研发生产，是一家以研发为导向，精密制造为核心的国家高新技术企业。

在粉末业务方面，盘星新金属现有 10 条真空气雾化生产线，年产钛合金、高温合金等高品质粉末逾 1000 吨，产品广泛应用于增材制造、MIM、表面处理等领域。2020 年，盘星新金属开始重点开发 MIM 钛合金，并与中南大学等粉末冶金知名高校成立联合研发中心，持续突破 MIM 钛合金粉末技术瓶颈。

至今，盘星共开发了 4 条世界先进的无坩埚电极感应熔炼气雾化（EIGA）产线，年产钛合金粉末约 200 吨，可重复稳定生产高堆积度、低氧含量、高流动性的 MIM 用钛合金球形粉末，并通过 MIM 全流程工艺验证，为 MIM 烧结件提供质量保证，已满足多家精密加工供应商对钛合金粉末的需求。盘星新金属以 0-20 $\mu$ m 和 0-45 $\mu$ m 两种规格 TC4 和 TA1 气雾化球形粉末为主(见图 3)，可定制生产特殊成分和粒径要求的

MIM 钛合金粉末，相关性能参数如下表 1 所示。



图 4 盘星新金属生产 MIM 钛合金粉末

表 1 盘星新金属生产 MIM 钛合金粉末性能参数

产品牌号	粒径范围	D90/μm	氧含量/ppm	振实密度(g/cm <sup>3</sup> )
TC4	0-20μm	< 25	< 1500	2.85
TC4	0-45μm	< 50	< 1500	2.99
TA1	0-20μm	< 25	< 1500	2.81
TA1	0-45μm	< 50	< 1500	2.89

目前，盘星新金属生产的 TC4、TA1 和其他钛合金粉末，已稳定供给于下游 MIM 钛零件生产厂商，在表智能穿戴、3C 电子、医疗器械等方面均有产品应用。未来，盘星将推出更多元化、低成本的钛合金粉末种类，以卓越稳定的产品质量，向客户提供高效一体化的技术解决方案，努力成为 MIM 钛及钛合金粉末行业的“定盘星”。

参考文献：

[1]粉体网 “龙头企业指路：粉末冶金行业如何行稳致远？”

[2]华经情报网 “2020 年中国金属粉末注射成型(MIM)行业市场现状”

[3] He Shiwen(何世文), Ouyang Hongwu(欧阳鸿武), Liu Yong(刘咏), et al.制备钛合金件的粉末冶金新技术[J].Powder Metallurgy Industry(粉末冶金工业), 2004(2):35-38.

[4] 郭鲤, 詹浩, 游玉萍, 等. 钛及钛合金粉末注射成形的研究进展[J]. 机械工程材料, 2019, 42(6): 15-21, 86.

[5] EBEL T. Advances in the metal injection molding of titanium at Euro PM2014[J].PIM International,2015,9(1):51-61.

[6]VIRDHIANS, OSADA T, KANG H, et al. Evaluation and analysis of distortion of complex shaped Ti-6Al-4V compacts by metal injection molding process[J].Key Engineering Materials,2012,520:187-194.