

团 体 标 准

T/ACCEM XXXX-XXXX

金属注射成型技术规范

Metal Injection molding technical specifications

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 工艺流程 1

5 原料检验 2

6 喂料制备 3

7 注射成型 3

8 脱脂 4

9 烧结 4

10 后处理 4

11 成品检验 5

12 成品入库 5

13 过程记录与追溯 6

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由苏州鼎佳精密科技股份有限公司提出。

本文件由中国商业企业管理协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

金属注射成型技术规范

1 范围

本文件规定了金属注射成型（以下简称“MIM”）的原料检验、喂料制备、注射成型、脱脂、烧结、后处理、成品检验与成品入库的流程。

本文件适用于采用金属注射成型工艺生产金属零部件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 228.1-2021 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 1479.1-2011 金属粉末 松装密度的测定 第1部分：漏斗法
- GB/T 1480-2012 金属粉末 干筛分法测定粒度
- GB/T 10125-2021 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 20066-2006 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

金属注射成型 metal Injection molding

一种将金属粉末与粘结剂混合进行注射成型的新型粉末冶金近净成形技术。

4 工艺流程

MIM 具体工艺流程见图 1。

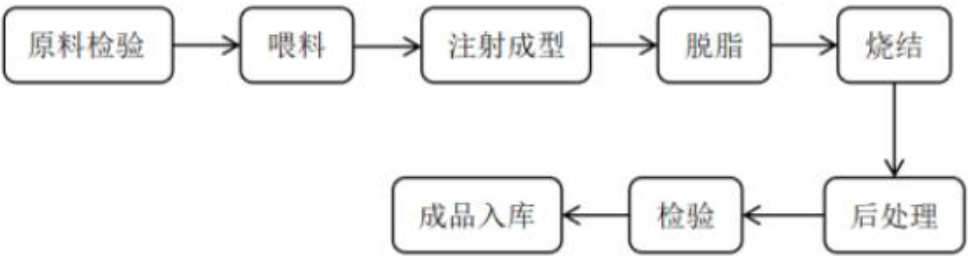


图 1 工艺流程图

5 原料检验

5.1 金属粉末

5.1.1 化学成分

按 GB/T 20066-2006 制样，采用火花直读光谱仪检测，主成分及杂质元素含量应符合产品设计要求。

5.1.2 粒度分布

按 GB/T 1480-2012 的规定，采用筛分法（或激光粒度仪）测试，粉末粒度 D50 应为 $2\ \mu\text{m} \sim 15\ \mu\text{m}$ ，粒度分布宽度 $(D90 \sim D10) / D50 \leq 1.5$ 。

注：复杂薄壁件取小值，厚大件取大值。

5.1.3 松装密度

按 GB/T 1479.1-2011 测定，应符合表 1 的规定。

表 1 松装密度

项目	指标
铁基粉末松装密度	$\geq 2.4\ \text{g/cm}^3$
铜基粉末	$\geq 3.2\ \text{g/cm}^3$
注：偏差应 $\leq \pm 0.1\ \text{g/cm}^3$ 。	

5.1.4 氧含量

采用氧氮分析仪检测，应符合表 2 的规定。

表 2 氧含量

项目	指标
铁基粉末氧含量	$\leq 0.5\%$
不锈钢粉末	$\leq 0.3\%$

5.2 粘结剂

5.2.1 成分验证

通过红外光谱、气相色谱 - 质谱联用分析，与配方设计偏差应 $\leq \pm 5\%$ 。

5.2.2 流变性能

采用毛细管流变仪，在剪切速率 $1\ 000\ \text{s}^{-1} \sim 10\ 000\ \text{s}^{-1}$ 、温度 $150\ ^\circ\text{C} \sim 200\ ^\circ\text{C}$ 下测试，粘度 $\leq 1\ 000\ \text{Pa}\cdot\text{s}$ ，粘度温度系数 $\leq 0.5\ \text{Pa}\cdot\text{s}/^\circ\text{C}$ 。

5.2.3 热失重

采用热重分析仪，在氮气气氛、升温速率 $10\ ^\circ\text{C}/\text{min}$ 条件下，测定粘结剂分解温度区间，主分解峰温度与工艺设计偏差应 $\leq \pm 10\ ^\circ\text{C}$ 。

6 喂料制备

6.1 预混合

将称好的金属粉末和粘结剂一同放入高速混合机中，开启设备，通过搅拌桨的高速转动，使两种原料初步混合均匀。调控混合温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、时间为 $5\text{ min} \sim 15\text{ min}$ ，使粘结剂具备流动性。

6.2 混炼

6.2.1 设备要求

选用双螺杆混炼机进行深度混炼，长径比为 $40 \sim 60$ ，螺杆转速在 $50\text{ r/min} \sim 200\text{ r/min}$ 区间灵活调节。

6.2.2 过程监控

先加入高熔点组元熔化、降温，接着加入低熔点组元，最后分批加入金属粉末。

6.3 脱气

对混炼后的物料进行脱气处理，开启混炼机配备的真空系统，使混炼腔内的真空度达到 -0.08 MPa ，并维持 $10\text{ min} \sim 20\text{ min}$ ，将物料中的空气有效抽出，让物料更加密实。

6.4 制粒

选用水下切粒机或热切粒机，根据注射成型工艺和产品需求，精细调节制粒设备的切刀转速和螺杆出料速度，将粒料粒径控制在 $2\text{ mm} \sim 4\text{ mm}$ ，粒径偏差不超过 $\pm 0.2\text{ mm}$ 。

6.5 质量检测

对制备好的喂料进行全面质量检测，包括流动性测试、密度检测等，只有检测合格的喂料才能投入后续的注射成型生产环节。

7 注射成型

7.1 模具设计

客户提供的图纸应为最终的产品尺寸。

7.2 喂料准备与加料

7.2.1 将制备好的喂料在注射前进行预处理及筛分，去除水分及可能存在的结块、杂质，保证喂料粒度均匀、流动性。

注：若喂料储存过程中有吸潮情况，应进行干燥处理。

7.2.2 通过注射机的料斗，将预处理后的喂料加入料筒。加料过程中，保持料斗内喂料的连续供应，同时，观察料筒内喂料的熔融状态，借助注射机的观察窗口或压力传感器反馈，确保喂料在料筒内正常熔融、塑化，形成均匀的熔融料流。

7.3 注射成型过程

7.3.1 充分熔融塑化后，注射机的螺杆推动熔融喂料，按 $50\text{ MPa} \sim 150\text{ MPa}$ 的注射压力、 $5\text{ mm/s} \sim 100\text{ mm/s}$ 的注射速度经喷嘴注入模具型腔，喂料充满型腔后，立即切换至保压阶段。

7.3.2 按保压压力的 60% ~ 80%、5 s ~ 20 s 的保压时间对型腔中的熔融喂料进行补压，补偿喂料冷却收缩产生的体积变化，保压结束后，开启模具冷却系统使坯件在型腔内冷却定型。

7.4 脱模与坯件检查

启动注射机的脱模机构，通过顶针、推板等部件，将成型坯件从模具型腔中推出。脱模后的坯件，进行初步外观检查。每班次首件检测坯件尺寸偏差 $\leq \pm 0.1 \text{ mm}$ 、外观应无缺料、飞边、熔接痕，飞边高度 $\leq 0.05 \text{ mm}$ 。

8 脱脂

8.1 溶剂脱脂

坯件浸泡于三氯乙烯等溶剂，把坯件放入溶剂槽，液面没过坯件 50 mm 以上，加热溶剂至 30 °C ~ 60 °C，浸泡 1 h ~ 8 h，溶解 60% ~ 80% 粘结剂，取出坯件，用干净溶剂冲洗后晾干。

8.2 热脱脂

在氮气保护下加热至 400 °C ~ 600 °C，保温 1 h ~ 5 h，分解剩余粘结剂，随炉冷却到 100 °C 以下取出。

8.3 组合脱脂

先溶剂脱脂去除 40% ~ 60% 粘结剂，再热脱脂，总脱脂率 $\geq 98\%$ 。

注：溶剂脱脂应定期更换溶剂，热脱脂应缓慢升温避免开裂。

9 烧结

9.1 升温烧结

调试烧结炉温控与气氛系统，清洁并检查脱脂坯，设计支撑工装。低温段 5 °C/min ~ 10 °C/min 去残留粘结剂，中温段 10 °C/min ~ 20 °C/min 颗粒初步结合，高温段 5 °C/min ~ 10 °C/min 至烧结温度，保温 1 h ~ 3 h。

9.2 冷却处理

随炉冷却 $\leq 10 \text{ °C/min}$ 或控制气氛快冷，降至 100 °C 以下出炉，线性收缩 15% ~ 20%，密度应为 96% ~ 99%。

10 后处理

10.1 表面处理

10.1.1 镀镍工艺

采用氨基磺酸盐体系镀镍，镀层厚 5 μm ~ 10 μm 。

10.1.2 抛光

用砂带、抛光轮配合抛光膏打磨，将表面粗糙度降至 Ra 0.4 μm 。

10.2 热处理

将不锈钢零件在真空炉中以 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min} \sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温淬火 $1050\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, 油冷或气冷后, 于 $200\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 回火 $1\text{ h} \sim 2\text{ h}$, 硬度提升至 HRC 45。

10.3 机加工

采用高精度 CNC 加工中心, 硬质合金刀具加工关键孔位, 公差 $\pm 0.01\text{ mm}$, 孔径公差 $\pm 0.01\text{ mm}$, 孔距公差 $\leq \pm 0.015\text{ mm}$ 。

11 成品检验

11.1 外观检验

目视或 20 倍放大镜检查, 表面应无裂纹、砂眼、毛刺, 表面粗糙度 $Ra \leq 1.6\text{ }\mu\text{m}$ 。

11.2 尺寸检验

用三坐标测量仪测量, 尺寸偏差应 $\leq \pm 0.05\text{ mm}$ 。

11.3 力学性能检验

11.3.1 拉伸性能

按 GB/T 228.1, 铁基件抗拉强度 $\geq 500\text{ MPa}$, 不锈钢件 $\geq 600\text{ MPa}$ 、屈服强度 $\geq 250\text{ MPa}$ 、断后伸长率 $\geq 5\%$ 。

11.3.2 硬度检验

采用洛氏硬度或维氏硬度, 测试点 ≥ 3 个, 偏差应 $\leq \pm 3\text{ HRC}$ 或 $\pm 10\text{ HV}$ 。

11.4 特殊性能检验

11.4.1 磁性能

软磁件用磁性能测试仪, 测饱和磁感应强度 $B_s \geq 1.5\text{ T}$ 、矫顽力 $H_c \leq 100\text{ A/m}$, 偏差 $\leq \pm 5\%$ 。

11.4.2 耐腐蚀性

不锈钢件按 GB/T 10125 中性盐雾试验, 试验 $\geq 240\text{ h}$ 应无红锈; 铜基件酸性盐雾试验 $\geq 48\text{ h}$ 无明显腐蚀。

12 成品入库

12.1 包装要求

12.1.1 包装必须密封, 切勿受潮。应与易(可)燃物、碱类、醇类等分开存放, 切忌混储。

12.1.2 应采用防静电、防潮包装, 内包装用聚乙烯薄膜密封, 放入干燥剂。应无毒、无味、无污染, 具有良好的密封性和阻隔性。

12.1.3 外包装应用瓦楞纸箱, 标识应包括以下内容:

- a) 产品名称;
- b) 型号;

- c) 批次;
- d) 数量;
- e) 生产日期;
- f) 检验状态。

12.2 贮存条件

12.2.1 贮存过程中，应有防止雨雪侵袭的措施。

12.2.2 储存于阴凉、干燥、通风良好的库房。远离火种、热源。相对湿度保持在 75% 以下。

12.2.3 模块存放的周围环境中，不应含有破坏金属及其绝缘的腐蚀性物质。

12.2.4 应贮存在通风干燥的库房内。

13 过程记录与追溯

13.1 过程记录

生产过程应完整记录：

- 原料检验报告；
- 喂料制备参数；
- 注射成型工艺卡；
- 脱脂曲线；
- 烧结工艺日志；
- 成品检验报告。

13.2 追溯管理

记录保存期应 ≥ 2 年，建立从原料到成品的完整追溯链。
