

# 团体标准

T/CCPMA 008—2024T/CSTM 01620—2024 (IDT)

## 高温合金注射成形件

Superalloy components prepared by metal injection molding

2024-12-25 发布

2025-01-01 实施

粉末冶金产业技术创新战略联盟

中关村材料试验技术联盟

联合发布

## 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》，GB/T 20001.10 《标准编写规则 第10部分：产品标准》给出的规则起草。

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。

本文件由粉末冶金产业技术创新战略联盟和中国材料与试验标准化委员会粉末冶金标准化领域委员会（CSTM/FC90）共同提出。

本文件由粉末冶金产业技术创新战略联盟和中国材料与试验标准化委员会粉末冶金标准化领域委员会（CSTM/FC90）共同归口。

北京粉末冶金产业技术创新战略联盟

## 引 言

金属粉末注射成形（Metal Injection Molding, MIM）技术是融合了塑料注塑成形与金属粉末冶金技术而发展起来的一门技术。注射成形突破了传统粉末冶金的成形限制，在三维复杂形状零件的大批量生产方面具有极高的成本优势，且其产品质量稳定，尺寸精度高，在3C、汽车、医疗等领域广泛应用。

高温合金以其卓越的高温强度、抗氧化、抗腐蚀性能及长期稳定性，在航空航天、汽车制造、能源、石油化工及核工业等领域广泛应用。随着国内高端制造业的崛起以及低空经济的蓬勃发展，航空发动机、燃气轮机、涡轮增压器等对高温合金零件需求激增。这些零件设计复杂、精度要求高、批量大且更新快，传统铸造、锻造工艺成本高、周期长，难以满足日益增加的迫切需求。因此，金属粉末注射成形技术作为一种先进制造技术，为高温合金零件的大规模、高精度生产提供了新途径，引领行业向更高效、更经济的方向发展。

目前，众多金属注射成形厂家在高温合金注射成形技术方面仍处于研发与探索的初级阶段，亟需通过深入地项目研究和标准化的制定来优化工艺参数，进而提升产品质量。为推动该技术在航空航天、能源及高端制造等领域的应用，结合生产厂家的技术积累与创新能力，以及终端用户对高温合金材料性能规范的严格要求，制定本标准。旨在规范高温合金材料的技术要求、质量要求、检测方法，以期提高产品的一致性和稳定性，助力产业健康、持续发展。

# 高温合金注射成形件

## 1 范围

本文件规定了高温合金注射成形件的术语和定义、牌号和标记、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及随行文件。

本文件适用于金属注射成形技术制备的高温合金成形件。

## 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 223.4 钢铁及合金 锰含量的测定 电位滴定或可视滴定法
- GB/T 223.5 钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法
- GB/T 223.9 钢铁及合金 铝含量的测定 铬天青S分光光度法
- GB/T 223.11 钢铁及合金 铬含量的测定 可视滴定或电位滴定法
- GB/T 223.16 钢铁及合金化学分析方法 变色酸光度法测定钛量
- GB/T 223.18 钢铁及合金化学分析方法 硫代硫酸钠分离-碘量法测定铜量
- GB/T 223.22 钢铁及合金化学分析方法 亚硝基R盐分光光度法测定钴量
- GB/T 223.23 钢铁及合金 镍含量的测定 丁二酮肟分光光度法
- GB/T 223.26 钢铁及合金 钼含量的测定 硫氰酸盐分光光度法
- GB/T 223.30 钢铁及合金化学分析方法 对-溴苦杏仁酸沉淀分离-偶氮胂III分光光度法测定钨量
- GB/T 223.40 钢铁及合金 铌含量的测定 氯磺酚S分光光度法
- GB/T 223.45 钢铁及合金化学分析方法 铜试剂分离-二甲苯胺蓝II光度法测定镁量
- GB/T 223.59 钢铁及合金 磷含量的测定 钼磷钼蓝分光光度法和铋磷钼蓝分光光度法
- GB/T 223.67 钢铁及合金 硫含量的测定 次甲基蓝分光光度法
- GB/T 223.69 钢铁及合金 碳含量的测定 管式炉内燃烧后气体容量法
- GB/T 223.73 钢铁及合金 铁含量的测定 三氯化钛-重铬酸钾滴定法
- GB/T 223.75 钢铁及合金 硼含量的测定 甲醇蒸馏-姜黄素光度法
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第2部分：高温试验方法
- GB/T 3850 致密烧结金属材料与硬质合金 密度测定方法
- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）
- GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 11261 钢铁 氧含量的测定 脉冲加热惰气熔融-红外线吸收法
- GB/T 14992 高温合金和金属间化合物高温材料的分类和牌号
- GB/T 21834 中低合金钢 多元素成分分布的测定 金属原位统计分布分析法
- GB/T 44524 增材制造 金属制件孔隙率 工业计算机层析成像(CT)检测方法

### 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

### 4 牌号和标记

#### 4.1 牌号

高温合金注射成形件牌号由注射成形加表示高温合金材料牌号组成。

高温合金注射成形件牌号应符合 GB/T 14992 的命名规则。

#### 4.2 标记

高温合金注射成形件标记包含高温合金注射成形件的牌号和状态，各牌号标记如下：

—牌号为注射成形-GH4169、状态为烧结态，标记为：注射成形-GH4169 SS；

—牌号为注射成形-GH4169、状态为烧结及热处理态，标记为：注射成形-GH4169 HT；

—牌号为注射成形-FGH2030、状态为烧结态，标记为：注射成形-FGH2030 SS；

—牌号为注射成形-FGH2030、状态为烧结态及热处理态，标记为：注射成形-FGH2030 HT；

—牌号为注射成形-K418、状态为烧结态，标记为：注射成形-K418 SS；

—牌号为注射成形-K418、状态为烧结及热处理态，标记为：注射成形-K418 HT。

### 5 技术要求

#### 5.1 成形工艺

##### 5.1.1 烧结工艺

注射成形-GH4169的烧结工艺制度为（1 250~1 290）℃×2 h，烧结压强（10~20）kPa。

注射成形-FGH2030的烧结工艺制度为（1 270~1 310）℃×2 h，烧结压强（10~20）kPa。

注射成形-K418的烧结工艺制度为（1 250~1 290）℃×2 h，烧结压强（10~20）kPa。

##### 5.1.2 热处理工艺

注射成形-GH4169的热处理工艺制度为（950~980）℃×1 h，空冷+（720±5）℃×8 h，以 50℃/h 炉冷至 620±5℃×8 h，空冷。

注射成形-FGH2030的热处理工艺制度为（1 050~1 100）℃×2 h~6 h，空冷。

注射成形-K418的热处理工艺制度为（1 170~1 180）℃×2 h，空冷+（925±5）℃×16 h，空冷。

#### 5.2 化学成分

高温合金注射成形件的化学成分应符合表 1 的规定。

表 1 化学成分

合金牌号	化学成分（质量分数/%）								
	Ni	Cr	C	Nb	Ti	Al	Mo	B	Fe
注射成形-GH4169	50.0~55.0	17.0~21.0	≤0.08	4.75~5.50	0.65~1.15	0.2~0.8	2.8~3.3	≤0.006	余量
注射成形-FGH2030	19.0~22.0	23.0~27.0	0.20~0.50	1.00~1.75	-	-	≤0.5	-	余量
注射成形-K418	余量	12.0~14.0	0.08~0.20	1.80~2.80	0.50~1.00	5.5~6.5	3.8~5.2	0.005~0.015	≤2.5

合金牌号	化学成分 (质量分数/%)								
	Mn	S	P	Si	Co	Cu	Mg	Zr	O
注射成形-GH4169	≤0.35	≤0.015	≤0.015	≤0.35	≤1.00	≤0.30	≤0.010	-	≤0.05
注射成形-FGH2030	≤1.50	≤0.015	≤0.040	0.75~1.30	-	-	-	-	≤0.05
注射成形-K418	≤0.25	≤0.015	≤0.015	≤0.50	≤1.00	≤0.50	-	0.05~0.15	≤0.05

### 5.3 密度和致密度

高温合金注射成形件的密度和致密度应符合表 2 的规定。

表 2 密度和致密度

牌号	密度 g·cm <sup>-3</sup>		致密度 %	
	烧结态 SS	烧结+热处理态 HT	烧结态 SS	烧结+热处理态 HT
注射成形-GH4169	≥7.99	≥7.99	≥97	≥97
注射成形-FGH2030	≥7.81	≥7.81	≥97	≥97
注射成形-K418	≥7.81	≥7.81	≥97	≥97

### 5.4 力学性能

5.4.1 高温合金注射成形件的室温拉伸性能应符合表 3 的规定。

表 3 室温拉伸性能

牌号	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa		抗拉强度 $R_m$ MPa		断后伸长率 A %	
	烧结态	烧结+热处理态	烧结态	烧结+热处理态	烧结态	烧结+热处理态
	注射成形-GH4169	≥440	≥1 030	≥830	≥1 270	≥20
注射成形-FGH2030	≥350	≥350	≥540	≥540	≥8	≥8
注射成形-K418	≥700	≥800	≥1 100	≥1 250	≥10	≥10

5.4.2 高温合金注射成形件的高温拉伸性能应符合表 4 的规定。

表 4 高温拉伸性能

牌号	试验温度 ℃	规定塑性延伸强度		抗拉强度		断后伸长率	
		$R_{p0.2}$		$R_m$		A	
		MPa		MPa		%	
		烧结态	烧结+热处理态	烧结态	烧结+热处理态	烧结态	烧结+热处理态
注射成形-GH4169	650	≥360	≥865	≥650	≥1 005	≥10	≥6
注射成形-FGH2030	650	≥200	≥200	≥350	≥350	≥6	≥6
注射成形-K418	800	≥450	≥750	≥755	≥800	≥6	≥6

5.4.3 如果有必要，供需双方可以对高温合金注射成形件的高温拉伸性能进行另行商定。

## 5.5 维氏硬度

高温合金注射成形件的维氏硬度应符合表 5 的规定。

表 5 维氏硬度

牌号	烧结态 SS	烧结+热处理态 HT
注射成形-GH4169	HV≥200	HV≥380
注射成形-FGH2030	HV5≥150	HV5≥150
注射成形-K418	HV1≥300	HV1≥300

## 5.6

## 5.7 外观质量

高温合金注射成形件表面应光洁、平整，不应有影响使用的分层、划伤、腐蚀、油斑、印痕、起皮、金属或非金属压入物、黑条及其他影响进一步加工的缺陷。

## 6 试验方法

### 6.1 化学成分

高温合金注射成形件的化学成分分析按GB/T 223.4、GB/T 223.5、GB/T 223.9、GB/T 223.11、GB/T 223.16、GB/T 223.18、GB/T 223.22、GB/T 223.23、GB/T 223.26、GB/T 223.30、

GB/T 223.40、GB/T 223.45、GB/T 223.59、GB/T 223.67、GB/T 223.69、GB/T 223.73、GB/T 223.75、GB/T 4336、GB/T 11261和GB/T 21834的规定进行。

## 6.2 密度和致密度

高温合金注射成形件的密度和致密度测定按GB/T 3850和GB/T 44524的规定进行。

## 6.3 力学性能

高温合金注射成形件的室温拉伸性能按GB/T 228.1的规定进行。高温合金注射成形件的高温拉伸性能按GB/T 228.2的规定进行。

## 6.4 维氏硬度

高温合金注射成形件的维氏硬度按GB/T 4340.1的规定进行。

## 6.5 外观质量

在自然光下，目视检查外观质量。

## 7 检验规则

### 7.1 检查和验收

产品应由供方进行检验，保证产品质量符合本文件及订货单的规定，并填写随行文件。

需方可对收到的产品按本文件及订货单的规定进行检验，若检测结果与本文件及订货单的规定不符，则应在收到产品的1个月内向供方提出，由供需双方协商解决。

### 7.2 组批

产品应成批提交验收。每批应由同一牌号、同一生产周期生产的产品组成。

### 7.3 检验项目及取样

检验项目及取样应符合表6规定。

表6 检验项目及取样

检验项目	取样规定
化学成分	每批1件
密度和致密度	每批3件
力学性能 <sup>a</sup>	每批3件
维氏硬度	每批3件
外观质量	逐件
<sup>a</sup> 力学性能试验在陪烧试样上进行，需方有特殊要求时，由供需双方协商确定。	

### 7.4 检验结果的判定

当产品化学成分、密度和致密度、力学性能、维氏硬度有指标不符合要求时，应在该批次产品中另取双倍数量的试样对不合格项进行复验，复验的全部结果合格，则该整批产品合格。若重复检验仍有结果不合格时，判该批产品为不合格；

外观质量检验结果不合格时，判该批产品为不合格。

产品的检测结果按GB/T 8170的规定修约。

## 8 标志、包装、运输及随行文件

## 8.1 标志

### 8.1.1 产品标志

在检验合格的产品上应做如下标志（或贴标签）：

- a) 牌号；
- b) 产品批号。

### 8.1.2 包装标志

- a) 生产厂名称、地址；
- b) 产品名称；
- c) 牌号；
- d) 批号；
- e) 净重（或件数）；
- f) 生产、检验日期。

## 8.2 包装

产品在检验合格后应进行防护处理和妥善包装。

## 8.3 运输

产品应在有遮盖物的环境下进行运输，运输过程应防止雨淋受潮，严禁剧烈碰撞和机械挤压，搬运过程应轻装轻卸、切勿倒置，严禁接近火种及火源。

## 8.4 随行文件

每批产品应附有随行文件，其中除应包括供方信息、产品信息、本文件编号、出厂日期或包装日期外，还宜包括：

- a) 产品检测报告，内容如下：
  - 检测项目及其对应的检测结果；
  - 检测项目及其对应的检测数量。
- b) 产品合格证，内容如下：
  - 批量、批号；
  - 检验日期；
  - 检验员签名或盖章。
- c) 其他。

附录 A  
(资料性)  
起草单位和主要起草人

本文件起草单位：萍乡市慧成精密机电有限公司、北京科技大学、萍乡学院、上海富驰高科技股份有限公司、北京理工大学、有研增材技术有限公司、中国钢结构协会粉末冶金分会、北京钢研高纳科技股份有限公司。

本文件主要起草人：黄若、张红钢、曲选辉、韩伟、章林、钟伟、冯新娅、段满堂、梁雪冰、郭文倩、罗志强。

---

北京粉末冶金产业技术创新战略联盟