



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 38815—2020

---

## 等离子旋转电极雾化高温合金粉末

Superalloy powders atomized by plasma rotating electrode process

2020-06-02 发布

2020-12-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会(SCA/TC 183)归口。

本标准起草单位:钢铁研究总院、北京钢研高纳科技股份有限公司、冶金工业信息标准研究院、中国航发商用航空发动机有限责任公司、中国航发湖南动力机械研究所、中国航发沈阳发动机研究所、中国航发西安航空发动机集团公司。

本标准主要起草人:曲敬龙、刘建涛、陶宇、王心禾、张国栋、李维、师俊东、何俊、黄虎豹、韩寿波、陈惠霞。



# 等离子旋转电极雾化高温合金粉末

## 1 范围

本标准规定了采用等离子旋转电极法雾化高温合金粉末的订货内容、尺寸、形状、重量、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、贮存和运输及质量证明书。

本标准适用于等离子旋转电极法雾化用高温合金粉末(以下简称粉末)。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 223.5	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 223.8	钢铁及合金	化学分析方法	氟化钠分离-EDTA 滴定法测定铝含量
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 223.17	钢铁及合金	化学分析方法	二安替比林甲烷光度法测定钛量
GB/T 223.20	钢铁及合金	化学分析方法	电位滴定法测定钴量
GB/T 223.25	钢铁及合金	化学分析方法	丁二酮肟重量法测定镍量
GB/T 223.28	钢铁及合金	化学分析方法	$\alpha$ -安息香肟重量法测定钨量
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分光光度法测定钼量
GB/T 223.33	钢铁及合金	化学分析方法	萃取分离-偶氮氯膦 mA 光度法测定铈量
GB/T 223.38	钢铁及合金	化学分析方法	离子交换分离-重量法测定铌量
GB/T 223.41	钢铁及合金	化学分析方法	离子交换分离-连苯三酚光度法测定钽量
GB/T 223.42	钢铁及合金	化学分析方法	离子交换分离-溴邻苯三酚红光度法测定钽量
GB/T 223.43	钢铁及合金	钨含量的测定	重量法和分光光度法
GB/T 223.62	钢铁及合金	化学分析方法	乙酸丁酯萃取光度法测定磷量
GB/T 223.70	钢铁及合金	铁含量的测定	邻二氮杂菲分光光度法
GB/T 223.72	钢铁及合金	硫含量的测定	重量法
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 223.85	钢铁及合金	硫含量的测定	感应炉燃烧后红外吸收法
GB/T 223.86	钢铁及合金	总碳含量的测定	感应炉燃烧后红外吸收法
GB/T 1479.1	金属粉末	松装密度的测定	第 1 部分:漏斗法
GB/T 1480	金属粉末	干筛分法测定粒度	
GB/T 1482	金属粉末	流动性的测定	标准漏斗法(霍尔流速计)
GB/T 3500	粉末冶金	术语	
GB/T 4340.1	金属材料	维氏硬度试验	第 1 部分:试验方法
GB/T 5314	粉末冶金用粉末	取样方法	
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 19077	粒度分析	激光衍射法	

GB/T 20124 钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法(常规方法)

GB/T 20127.3 钢铁及合金 痕量元素的测定 第3部分:电感耦合等离子体发射光谱法测定钙、镁和钡含量

GB/T 25915.1—2010 洁净室及相关受控环境 第1部分:空气洁净度等级

GB/T 30834 钢中非金属夹杂物的评定和统计 扫描电镜法

GB/T 38939 镍基合金 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱分析法(常规法)

GB/T 38941 等离子旋转电极雾化制粉用高温合金棒料

### 3 术语和定义

GB/T 3500、GB/T 5314 和 GB/T 38941 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**静电分离 electrostatic separation**

利用金属或合金粉末与非金属夹杂物导电率不同,进行去除非金属夹杂物的方法。

#### 3.2

**粉末处理 powder treatment**

通过筛分进行粉末分级以及静电分离的过程。

#### 3.3

**粉末炉批 electrostatic separation furnace number**

由同一筛分批号经静电分离处理的粉末组成。

注:筛分批号为同一熔炼炉批合金棒料、一次制备的粉末经筛分处理的粉末批次号。

#### 3.4

**混粉炉批 blending powder furnace number**

由同一熔炼炉批、不同粉末炉批的粉末混合后的新的粉末组成。

### 4 订货内容

按照本标准订货的合同或订单至少应包含以下内容:

- a) 本标准编号;
- b) 产品名称;
- c) 合金牌号;
- d) 粉末粒度及允许偏差;
- e) 重量;
- f) 粉末处理;
- g) 特殊要求(如有,见 6.6)。

### 5 尺寸、形状和重量

5.1 粉末粒度、粉末筛上和筛下允许偏差由供需双方协商并在合同中规定。

5.2 粉末形状应为球形。

5.3 粉末按实际重量交货。

## 6 技术要求

### 6.1 棒料

制备粉末用棒料应符合 GB/T 38941 的规定,制备粉末前棒料应进行真空退火处理。

### 6.2 制粉方法

采用等离子旋转电极法制粉,在惰性气体保护下进行筛分和静电分离处理。

### 6.3 化学成分

6.3.1 镍基合金的牌号和化学成分(成品分析)见表 1。

6.3.2 根据需方要求,经供需双方协商,可供应其他金属或合金的粉末。



表 1 镍基合金牌号和化学成分

牌号	化学成分(质量分数)/%										
	C	Cr	Ni	Co	W	Mo	Al	Ti	Fe	Nb	Hf
FGH4091	0.02~0.06	14.00~16.00	余量	16.00~18.00	≤0.05	4.50~5.50	3.85~4.15	3.35~3.65	≤0.50	—	—
FGH4095	0.04~0.09	12.00~14.00	余量	7.00~9.00	3.30~3.70	3.30~3.70	3.30~3.70	2.30~2.70	≤0.50	3.30~3.70	—
FGH4096	0.045~0.060	15.50~16.50	余量	12.50~13.50	3.80~4.20	3.80~4.20	1.95~2.30	3.55~3.90	≤0.50	0.60~0.80	—
FGH4097	0.02~0.06	8.00~10.00	余量	15.00~16.50	5.20~5.90	3.50~4.20	4.80~5.30	1.60~2.00	≤0.50	2.40~2.80	0.10~0.40
FGH4098	0.04~0.07	12.00~14.00	余量	19.50~22.50	1.00~3.00	3.00~4.50	3.00~4.00	3.00~4.50	≤0.50	0.80~1.40	—
牌号	化学成分(质量分数)/%										
	Mg	Ta	B	Zr	Ce	Si	Mn	P	S	O	N
FGH4091	—	—	0.015~0.025	≤0.06	—	≤0.20	≤0.15	≤0.015	≤0.015	≤0.007 0	≤0.005 0
FGH4095	—	≤0.20	0.006~0.015	0.03~0.07	—	≤0.20	≤0.15	≤0.015	≤0.015	≤0.007 0	≤0.005 0
FGH4096	—	—	0.012~0.020	0.03~0.06	—	≤0.10	≤0.02	≤0.010	≤0.0012	≤0.007 0	≤0.005 0
FGH4097	≤0.02	—	≤0.015	≤0.015	≤0.010	≤0.50	≤0.50	≤0.015	≤0.009	≤0.007 0	≤0.005 0
FGH4098	—	2.00~3.00	0.01~0.05	0.02~0.08	—	≤0.20	≤0.15	≤0.015	≤0.015	≤0.007 0	≤0.005 0

6.4 交货状态

粉末应经粉末处理后交货。粉末处理具体要求应在合同中注明。

6.5 非金属夹杂物

粉末中非金属夹杂物数量应不超过每千克 20 颗。

6.6 特殊要求

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可供应有下列特殊要求的粉末:

- a) 加严化学成分范围;
- b) 检验粉末粒度分布;
- c) 检验粉末流动性;
- d) 检验粉末松装密度;
- e) 检验粉末颗粒的显微硬度;
- f) 加严非金属夹杂物的要求;
- g) 其他。

7 试验方法

7.1 合金的化学成分分析通常按 GB/T 20124 或 GB/T 38939 等通用的方法进行。仲裁时按 GB/T 223.5、GB/T 223.8、GB/T 223.11、GB/T 223.17、GB/T 223.20、GB/T 223.25、GB/T 223.28、GB/T 223.30、GB/T 223.33、GB/T 223.38、GB/T 223.41、GB/T 223.42、GB/T 223.43、GB/T 223.62、GB/T 223.70、GB/T 223.72、GB/T 223.75、GB/T 223.85、GB/T 223.86、GB/T 11261、GB/T 20127.3 的规定进行。

7.2 粉末的其他检验项目及试验方法应符合表 2 规定。

表 2 检验项目、取样数量、取样部位及取样方法、试验方法

序号	检验项目	取样数量	取样部位及取样方法	试验方法
1	化学成分	1 份混合样/批	GB/T 5314	见 7.1
2	形状			双目实体显微镜或扫描电子显微镜观察
3	粉末粒度			GB/T 1480、GB/T 19077
4	粒度分布			
5	松装密度			GB/T 1479.1
6	流动性			GB/T 1482
7	显微硬度			GB/T 4340.1
8	非金属夹杂物	见附录 A	见附录 A	见附录 A

8 检验规则

8.1 检验和验收

8.1.1 检验和验收由供方技术质量监督部门进行。

8.1.2 供方应保证交货的粉末符合本标准或合同的规定,必要时,需方有权对本标准或合同规定的任一检验项目进行检验和验收。

## 8.2 组批规则

粉末按粉末炉批提交检验和验收。允许同一熔炼炉批、不同粉末炉批混合后形成混粉炉批,但混合后的粉末重新取样进行检验和验收。

## 8.3 取样数量和取样部位

粉末的取样数量、取样部位及取样方法应符合表 2 规定。

## 8.4 复验与判定规则

8.4.1 化学成分分析结果不合格时,允许重新取样对不合格元素进行复验,若检验结果仍不合格,则该批粉末判为不合格。

8.4.2 粉末粒度不合格时,允许进行重复筛分处理,检验合格者交付。

8.4.3 非金属夹杂物检验结果不合格时,该批粉末应重新进行去除非金属夹杂物处理并进行复验,若检验结果仍不合格,则该批粉末判为不合格。

8.4.4 其他检验项目不合格时,允许重新取样进行复验,若检验结果仍不合格,则该批粉末判为不合格。

## 9 包装、标志、贮存和运输及质量证明书

### 9.1 包装

粉末应在惰性气体保护或真空状态下进行封装。具体要求由供需双方协商,并在合同中规定。

### 9.2 标志

粉末包装表面应注明供方名称、产品名称、合金牌号、熔炼炉批、粉末炉批号或混粉炉批号、粒度及重量、生产日期。

### 9.3 贮存和运输

粉末的贮存及运输过程应保持洁净、密封、干燥。

### 9.4 质量证明书

9.4.1 每批粉末应附有证明该批产品符合标准和合同要求的质量证明书。

9.4.2 填写质量证明书应字迹清晰,证明书中应注明下列内容:

- a) 供方名称;
- b) 需方名称;
- c) 合同号;
- d) 本标准编号;
- e) 产品名称;
- f) 合金牌号;
- g) 交货状态;
- h) 交付日期;
- i) 熔炼炉批;



- j) 粉末炉批号或混粉炉批号；
- k) 粉末粒度；
- l) 重量；
- m) 产品各项检验结果(如复验应包括两次检验结果)；
- n) 质量检验部门印章。



库七七 www.k9q9w.com 提供下载

附 录 A  
(规范性附录)

等离子旋转电极法雾化粉末中非金属夹杂物的检测方法

A.1 非金属夹杂物的分类

A.1.1 渣类夹杂物

渣类夹杂物特征为熔化的、玻璃状或多孔不透明、形状不规则且棱面光滑,呈黑色或灰色,富含氧、铝、钙、钛、铬等元素。

A.1.2 陶瓷夹杂物

陶瓷夹杂物特征为形状不规则、带棱角多边形块或为透明的球状、液滴状,呈白色、灰色、深棕色或绿蓝色,富含氧、铝、硅等元素。

A.1.3 有机夹杂物

有机夹杂物特征为形状不规则,软黏态,多为半透明的白色、棕黄色、黑灰色,富含碳、氧、钙、铝等元素。

A.1.4 其他夹杂物

其他夹杂物为除上述夹杂物以外的,颜色、形貌、成分与粉末样品有明显差异的夹杂物。

A.2 检测环境

A.2.1 检测过程应在具有空气过滤装置的实验室内进行,实验室洁净度应不低于 GB/T 25915.1—2010 中的 9 级。

A.2.2 检测人员应按超净实验室的要求着装并保持环境清洁。

A.2.3 所有检测用器械在使用前应进行清洁,盛粉末样品的容器应用无水乙醇清洗、吹干。

A.3 检测方法

A.3.1 每批粉末取 1 kg 样品,称量用电子台秤的精度不应低于 0.1 g。

A.3.2 将检测样品分成若干等份。

A.3.3 将 1 份样品倒入洁净的平底玻璃皿内或不锈钢容器中。

A.3.4 手动或机械富集样品中的夹杂物,取出富集了夹杂的粉末。

A.3.5 在带有微米级刻度标尺双目实体光学显微镜下观测,统计并按照表 A.1 填写记录。光学显微镜下无法鉴别的夹杂物,可按 GB/T 30834 通过扫描电镜予以确认。

A.3.6 按 A.3.4、A.3.5 重复操作若干次,直至未发现夹杂物为止。

A.3.7 按 A.3.3~A.3.6 要求检测其他等份的样品。

A.4 标注和检测报告

- A.4.1 取样瓶上应标明合金牌号、粉末炉号或混粉炉号、粉末粒度和检测日期。
- A.4.2 检测结果应按表 A.1 统计记录并留档。

表 A.1 非金属夹杂物检测结果记录表

编号	检测日期	合金牌号	粉末炉号	粉末粒度 / $\mu\text{m}$	非金属夹杂物								1 kg 粉末样品中夹杂物 总数/个	备注	检验员 签字
					渣类夹杂物		有机夹杂物		陶瓷夹杂物		其他夹杂物				
					数量 /个	尺寸 / $\mu\text{m}$	数量 /个	尺寸 / $\mu\text{m}$	数量 /个	尺寸 / $\mu\text{m}$	数量 /个	尺寸 / $\mu\text{m}$			

A.4.3 粉末非金属夹杂物检测报告应包括以下内容：

- a) 合金牌号；
- b) 粉末炉批号或混粉炉批号；
- c) 粉末粒度；
- d) 粉末富集方法；
- e) 检测结果及结论；
- f) 检测人员签字；
- g) 技术质量部门盖章；
- h) 日期。

\_\_\_\_\_