

# 团体标准

T/CSTM 00840.2—2022

---

## 航空发动机转动件用高纯 GH4169 合金 第 2 部分：高强锻件

High purity GH4169 alloy for aero-engine rotating components  
— Part 2: High strength forged parts

2022-09-20 发布

2022-12-20 实施

---

中关村材料试验技术联盟

发布

## 前 言

本文件参照 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—2014 《标准编写规则 第 10 部分：产品标准》的规定起草。

T/CSTM 00840 《航空发动机转动件用高纯 GH4169 合金》分为如下 3 部分：

- 第 1 部分：锻制棒材
- 第 2 部分：高强锻件
- 第 3 部分：直接时效锻件

本部分为 T/CSTM 00840 的第 2 部分。

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。

本文件由中国材料与试验团体标准委员会综合标准领域委员会（CSTM/FC99）提出。

本文件由中国材料与试验团体标准委员会综合标准领域委员会（CSTM/FC99）归口。

## 引 言

GH4169 合金是我国产量最大、用途最广、产品种类与规格最全的高温合金，是我国大推力航空发动机的骨干高温合金材料，广泛应用于涡轮盘、压气机盘、封严盘、机匣、轴及叶片等多种航空、航天领域关键零件。在某新型航空发动机中应用的 GH4169 合金零件总重量占核心机重量的 60%，占发动机重量的 30% 以上。

高强锻件是一种采用高强锻造工艺生产的 GH4169 合金锻件，这种工艺生产的锻件要控制最终成形时的加热温度，锻造之后采用空冷并需经固溶+时效的热处理，以获得具有较高强度和平均晶粒度 8 级或更细的一种锻件。

随着 GH4169 合金冶炼、热加工技术的显著提升及检验设备的不断升级，对 GH4169 合金锻件的关键技术指标都进行了相应的调整。转动件用锻件必须采用三联冶炼工艺（真空感应+电渣重熔+真空电弧重熔）生产的高纯 GH4169 合金棒材制造，同时还对锻件的力学性能、晶粒度及超声探伤等方面的要求进行进一步规范和提高。因此，目前生产中引用的型号标准、技术协议已经不能完全适用于航空发动机转动件用高纯 GH4169 合金高强锻件的要求。

本文件制定的目的是为了将国家项目的研究成果转化成为产品标准，为型号应用奠定基础，更好地满足国防建设对军工产品的需求。

# 航空发动机转动件用高纯 GH4169 合金 第 2 部分：高强锻件

## 1 范围

本文件规定了航空发动机转动件用高纯 GH4169 合金高强锻件的规范性引用文件、术语和定义、分类和标记、尺寸、外形、重量、技术要求、订货内容、取样、试验方法、检验规则、质量证明书、包装、贮存和运输。

本文件适用于航空发动机转动件用高纯 GH4169 合金高强锻件（以下简称锻件）。

## 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 223.5	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 223.17	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 223.19	钢铁及合金化学分析方法 新亚铜灵—三氯甲烷萃取光度法测定铜量
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 223.29	钢铁及合金 铅含量的测定 载体沉淀-二甲酚橙分光光度法
GB/T 223.37	钢铁及合金 氮含量的测定 蒸馏分离靛酚蓝分光光度法
GB/T 223.38	钢铁及合金化学分析方法 离子交换分离—重量法测定钨量
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钨量
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 223.63	钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠(钾)光度法测定锰量
GB/T 223.65	钢铁及合金 钴含量的测定 火焰原子吸收光谱法
GB/T 223.73	钢铁及合金 铁含量的测定 三氯化铁-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 223.80	钢铁及合金 铋及砷含量的测定 氢化物发生-原子荧光光谱法
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 223.88	钢铁及合金 钙和镁含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法
GB/T 223.89	钢铁及合金 碲含量的测定 氢化物发生-原子荧光光谱法
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 231.1	金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分：试验方法
GB/T 2039	金属材料 单轴拉伸蠕变试验方法
GJB 9890.1—2020	航空用 GH4169 合金组织检测与评定第 1 部分：低倍和显微组织检验与评定

GJB 9890.2	航空用 GH4169 合金组织检测与评定第 2 部分：晶粒度评定方法
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 15248	金属材料轴向等幅低循环疲劳试验方法
GB/T 20066	钢和铁化学成分测定用试样的取样和制样方法
GB/T 20123	钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法（常规方法）
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 20127.1	钢铁及合金 痕量元素的测定 第 1 部分 石墨炉原子吸收光谱法测定银含量
GB/T 20127.10	钢铁及合金 痕量元素的测定 第 10 部分：氢化物发生-原子荧光光谱法测定硒含量
GB/T 20127.11	钢铁及合金 痕量元素的测定 第 11 部分：电感耦合等离子体质谱法测定铟和铊含量
GB/T 20127.13	钢铁及合金 痕量元素的测定 第 13 部分：碘化物萃取-苯基荧光酮光度法测定锡含量
GB/T 25829	高温合金成品化学成分允许偏差
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
HB 5220.49	高温合金化学分析方法 第 49 部分：脉冲加热-红外、热导法测定氧、氮含量
HB 20241.5	高温合金化学成分光谱分析方法 第 5 部分：电感耦合等离子体原子发射光谱法测定硅含量
HB 20241.7	高温合金化学成分光谱分析方法 第 7 部分：电感耦合等离子体原子发射光谱法测定铝、钴、铜、铁、锰、钼、钛含量
HB 20241.8	高温合金化学成分光谱分析方法 第 8 部分：电感耦合等离子体原子发射光谱法测定铅、铋、钨含量
HB 20241.9	高温合金化学成分光谱分析方法 第 9 部分：电感耦合等离子体原子发射光谱法测定铍、钨、钼含量
HB/Z 34—1998	变形高温合金圆饼及盘件超声波检验
T/CSTM 00347	金属材料 盘环形锻件残余应力测定 轮廓法
T/CSTM 00840.1	航空发动机转动件用高纯 GH4169 合金 第 1 部分：锻制棒材

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**高强锻件** high strength forged parts

一种采用高强锻造工艺生产的GH4169合金锻件，最终成形加热温度在 $\delta$ 相完全溶解温度以下，锻造之后采用空冷并经固溶+时效热处理，以获得较高强度和平均晶粒度8级或更细的一种锻件。

#### 3.2

**常规检验** regular test

锻件在出厂或者入厂时为保证质量必须进行的检验。

#### 3.3

**周期检验** cyclical test

针对高温持久、蠕变、应变控制低循环疲劳和残余应力的检查等测试周期长或者特殊要求的测试项目，在保证锻件常规检验的基础上，间隔一定批次后额外增加的检测项目。

## 4 分类和标记

### 4.1 分类

锻件分为二类，以I、II表示，具体类别由需方确定，并在锻件图样或其他文件中标注。

### 4.2 标记

4.2.1 锻件应按图样标明的位置逐件打上：供方质量检验部门的印记、合金牌号(或代号)、锻件图号(或代号)、锻件批号(或代号)、熔炼炉号(或代号)、按锭节号管理的应标锭节号、按批次管理的应标热处理炉批号、其他标记。

4.2.2 标记实例：牌号GH4169、炉号146-0027、锭节号1-1-1~1-1-10、锻件图号XX.44.1001，标记为：GH4169、146-0027、1-1-1、XX.44.1001。标记应符合供需双方签订的锻件图纸或技术协议的要求。

## 5 尺寸、外形、重量及允许偏差

锻件的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合供需双方签订的锻件图样的要求。

## 6 技术要求

### 6.1 锻件用原材料

#### 6.1.1 冶炼方法

原材料应采用真空感应+电渣重熔+真空电弧重熔组成的三联冶炼工艺生产。原材料的冶炼方法应在订货合同和质量证明书中注明。

#### 6.1.2 坯料

6.1.2.1 锻件用原材料应按T/CSTM 00840.1 检验合格后方可投产，验收标准应在合同中注明。

6.1.2.2 每个棒段的一个端面(非重合面)和饼坯的两个端面按GJB 9890.1—2020中的6.1.1进行宏观腐蚀检查。

6.1.2.3 饼坯按HB/Z 34—1998采用水浸法进行超声检验，按HB/Z 34—1998的AA级验收。当供方认为能够保证冶金质量时，允许采用接触法探伤。

### 6.2 化学成分

锻件的化学成分（熔炼分析）应符合表1的规定。其成品化学成分允许偏差应符合 GB/T 25829 的规定。

表1 化学成分

化学成分（质量分数）/%									
元素	C	Cr	Mo	Nb	Ti	Al	Ni	Fe <sup>a</sup>	P
含量	0.012~ 0.036	17.00~ 19.00	2.80~ 3.15	5.20~ 5.55	0.75~ 1.15	0.35~ 0.65	52.00~ 55.00	16.00~ 19.00	0.007~ 0.015
元素	Co	Mn	Si	S	Ta	Mg	B	Cu	Ca
含量	不大于								
	1.00	0.35	0.35	0.001	0.10	0.003	0.006	0.30	0.005
元素	Pb	Sn	Se	Bi	Ag	Te	Tl	O	N

含量	不大于								
	0.0005	0.005	0.0003	0.00003	0.0005	0.00005	0.0001	0.0025	0.01
<sup>a</sup> Fe 含量可由差数法确定									

### 6.3 制造方法

锻件可采用自由锻、模锻等方法制造。制造方法在合同和质量证明书中注明。

### 6.4 交货状态

锻件以固溶+时效处理、粗加工并超声波检验后交付，交货状态应在锻件图样和质量证明书中注明。

锻件采用固溶+时效热处理，热处理制度为：

固溶处理：950℃~980℃范围内选定温度下±10℃，保温1h，以相当于空冷或更快的冷却速率冷却至室温；

时效处理：720℃±10℃，保温8h，以(50±10)℃/h速率炉冷至620℃±10℃，保温8h，空冷。

加热温度为金属实际达到的温度，保温时间为锻件最大截面热透后开始计算的时间。实际固溶处理加热温度和冷却方式应在合同和质量证明书中注明。

### 6.5 力学性能

#### 6.5.1 硬度

锻件室温硬度应符合表 2 的规定。

#### 6.5.2 室温拉伸性能

锻件室温高温拉伸性能应符合表 2 的规定。

#### 6.5.3 高温拉伸性能

锻件高温拉伸性能应符合表 2 的规定。

表 2 室温及高温拉伸性能和硬度

取样方向	试验温度 <i>T</i> /℃	拉伸性能				室温 硬度 HBW
		抗拉强度 <i>R<sub>m</sub></i> /MPa	规定塑性延伸强度 <i>R<sub>p0.2</sub></i> /MPa	断后伸长率 <i>A</i> /%	端面收缩率 <i>Z</i> /%	
弦向	室温	1345	1100	12	15	≥363
	650	1080	930	12	15	

#### 6.5.4 高温持久性能

锻件高温持久性能应符合表 3 的规定。

表 3 高温持久性能

分类	取样方向	高温持久性能 <sup>a</sup>				
		试验温度 <i>T</i> /℃	应力 <i>σ</i> /MPa	蠕变断裂时间 <i>t<sub>w</sub></i> /h	蠕变断裂后的 伸长率 <i>A<sub>w</sub></i> /%	缺口试样蠕变 断裂时间 <i>t<sub>w</sub></i> /h

常规检验 <sup>b</sup>	弦向	650	725	≥25	≥5	> $t_u$
周期检验 <sup>c</sup>				≥50	≥5	> $t_u$

<sup>a</sup>缺口持久试样的缺口半径为0.2mm。持久试验推荐采用光滑缺口组合试样，试样应断于光滑段。光滑试样应拉断，缺口试样试验时间应大于光滑试样断裂时间，可不拉断。

<sup>b</sup>持久试验时间达到 25h 后，应允许每隔 8h 增加应力 35MPa，直至拉断。

<sup>c</sup>持久试验时间达到 50h 后，应允许每隔 8h 增加应力 35MPa，直至拉断。

### 6.5.5 蠕变性能

锻件蠕变性能应符合表4的规定。

表 4 蠕变性能

分类	取样方向	试验温度 $T/^\circ\text{C}$	应力 $\sigma/\text{MPa}$	蠕变伸长时间 $t_{\text{R}}/\text{h}$	蠕变伸长率 $A_{\text{R}}/\%$
常规检验	弦向	595	825	25	≤0.2
周期检验 <sup>a</sup>		621	662	45	≤0.2

<sup>a</sup>达到 45h 要求后，试验继续进行到 0.2%总塑性变形或至 300h。

### 6.5.6 缺口周期持久性能

锻件锻件的缺口周期持久寿命应不小于72h或2000次循环。

### 6.5.7 应变控制低循环疲劳

锻件的低循环疲劳寿命应符合表5的规定。

表 5 应变控制低循环疲劳性能

分类	取样方向	试验温度 $T/^\circ\text{C}$	测试条件	疲劳寿命 $N_f/\text{周}$
常规检验	弦向	455	应变比(应变幅/平均应变) $0.95 \pm 0.02$ ，最大应变(平均应变加应变幅) $0.0085\text{mm/mm}$ ，循环频率(10~30)周/分	≥8000
周期检验 <sup>a</sup>		399	应变比(应变幅/平均应变) $0.95 \pm 0.02$ ，最大应变(平均应变加应变幅) $0.0067\text{mm/mm}$ ，循环频率(10~30)周/分	≥30000

## 6.6 低倍

### 6.6.1 纵向低倍

锻件酸浸纵向低倍试样上可见流线应无紊流和严重涡流，主要沿径向分布。

固溶处理加时效处理状态的锻件酸浸纵向低倍试样，不应有目视可见的裂纹、折叠、分层、空洞、夹杂和偏析等冶金缺陷；黑斑、暗腐蚀区、白斑或浅腐蚀区的检验按照GJB9890.1—2020中的6.2进行检验及评定。

### 6.6.2 表面低倍检验

经粗加工后交货的锻件表面应进行表面低倍腐蚀检验，表面不应有裂纹、分层、孔洞、夹杂和偏析等冶金缺陷；暗腐蚀区、白斑或浅腐蚀区的检验按照GJB9890.1—2020中的6.2进行检验及评定。

## 6.7 高倍

### 6.7.1 显微组织

在固溶处理加时效处理状态的锻件试验件上切取试样，按照GJB9890.1—2020中的6.2进行碳化物、碳氮化物、 $\delta$ (Ni<sub>3</sub>Nb)相和Laves相的检验及评定。

### 6.7.2 晶粒度

在固溶处理加时效处理状态的锻件试验件上切取试样，按照GJB9890.2进行检验及评定。锻件平均晶粒度应为8级或更细，允许存在个别被细晶包围的2级晶粒，但细晶区至少占20%的比例。

## 6.8 超声波检验

粗加工后锻件应进行超声检验，满足HB/Z 34—1998中质量等级AAA的要求。

## 6.9 残余应力检查

在合金试制期间或设计图样上有规定时进行残余应力检测，一般不作为出厂判定依据。锻件残余应力的参考合格值为不大于200MPa。

## 6.10 表面质量

6.10.1 锻制状态交付的锻件表面不应有裂纹、结疤、折叠、夹杂等冶金缺陷，若上述缺陷存在，允许打磨清除，打磨处应圆滑过渡，并应保证打磨后应留有不少于尺寸允许偏差1/2的加工余量。

6.10.2 粗加工状态交付的锻件应满足6.10.1和图纸的要求

6.10.3 锻件不应有过烧引起的裂纹存在。

## 7 订货内容

按照本文件订货的合同或订单应包括下列内容：

- a) 本文件编号；
- b) 产品名称；
- c) 合金牌号；
- d) 原材料；
- e) 分类与分组；
- f) 锻件图号；
- g) 重量或数量；
- h) 制造方法；
- i) 交货状态；
- j) 力学性能；
- k) 晶粒度；
- l) 超声检测；
- m) 包装；
- n) 供需双方协商确定的项目；
- o) 其他要求。

## 8 取样

高纯GH4169合金高强锻件的出厂检验项目、取样数量及取样部位应符合表6的规定。每批锻件取一个解剖件或试验环按照表6进行检验，供方在半个解剖件上进行检验，另半件打上相应标志随同批锻件发往需方复验用。

表 6 检验项目、取样数量、取样部位及取样方法、检验方法

序号	检验项目	取样部件和数量		要求的章条号	检验方法的章条号
		I类锻件	II类锻件		
1	化学成分 <sup>a</sup>	解剖件：1个/炉，取样按GB/T 20066要求		6.2	9.1
2	硬度	解剖件：2个/批；逐件盘锻件，任一端面均布3点		6.5.1	9.2
	试样环	2个/件			
3	室温拉伸	解剖件1个/批，试验环1个/件	解剖件2个/批	6.5.2	9.3
4	高温拉伸	解剖件1个/批，试验环1个/件	解剖件2个/批	6.5.3	9.4
5	高温持久	解剖件1个/批，试验环1个/件	解剖件2个/批	6.5.4	9.5
6	蠕变	解剖件2个/批		6.5.5	9.6
7	缺口周期持久	解剖件2个/批		6.5.6	9.7
8	应变控制低循环疲劳	解剖件2个/批		6.5.7	9.8
9	纵向低倍	解剖件1个/批		6.6.1	9.9
10	表面低倍	逐件		6.6.2	9.9
10	显微组织	解剖件相当于锻件中心、1/2半径、边缘各1个，试验环1个	解剖件相当于锻件中心、1/2半径、边缘各1个	6.7.1	9.10
11	晶粒度			6.7.2	9.11
12	超声波检验	逐件		6.8	9.12
13	残余应力检验 <sup>b</sup>	解剖试验件1个		6.9	9.13
14	形状、尺寸、重量	逐件		5.1	9.14
15	外观质量	逐件		6.10	9.15

<sup>a</sup> 供方可按原材料的复验结果报出化学成分。

<sup>b</sup> 在合金试制期间或设计图样上有规定时，进行残余应力检查，可参照周期检验规定执行。

## 9 试验方法

### 9.1 化学成分分析

化学成分分析通常按GB/T 20123、GB/T 20124、GB/T 38939、HB 5220.49、HB 20241.5、HB 20241.7、HB 20241.8、HB 20241.9或其它通用方法进行。仲裁时按GB/T 223.5、GB/T 223.9、GB/T 223.11、GB/T 223.17、GB/T 223.19、GB/T 223.25、GB/T 223.28、GB/T 223.29、GB/T 223.37、GB/T 223.38、GB/T 223.42、GB/T 223.62、GB/T 223.63、GB/T 223.65、GB/T 223.73、GB/T 223.75、GB/T 223.80、GB/T 223.85、GB/T 223.86、GB/T 223.88、GB/T 223.89、GB/T 11261、GB/T 20127.1、GB/T 20127.10、GB/T 20127.11、GB/T 20127.13的规定进行。

### 9.2 硬度试验

布氏硬度试验按 GB/T 231.1 进行。

### 9.3 室温拉伸试验

室温拉伸试验按 GB/T 228.1 进行。

### 9.4 高温拉伸试验

高温拉伸试验按 GB/T 228.2 进行。

### 9.5 高温持久试验

高温持久试验按 GB/T 2039 进行。

### 9.6 蠕变试验

蠕变试验按 GB/T 2039 进行。

### 9.7 缺口周期持久试验

缺口周期持久按 GB/T 2039 进行。缺口周期持久试验的缺口应力集中系数  $K_t$  为 2.0。试验条件为：试验温度  $595^{\circ}\text{C}$ ，最大应力  $895\text{MPa}$ ，在最大应力下保持  $(90 \pm 10)\text{s}$ ，最小应力  $0 \sim 33\text{MPa}$ ，加载或卸载时间  $(5 \sim 15)\text{s}$ 。

### 9.8 应变控制低循环疲劳试验

应变控制低循环疲劳试验按 GB/T 15248 进行。

### 9.9 低倍组织检验

低倍组织检验按 GJB 9890.1—2020 进行。

### 9.10 显微组织检验

显微组织检验按 GJB 9890.1—2020 进行。

### 9.11 晶粒度检验

晶粒度检验按 GJB 9890.2 进行。

### 9.12 超声波检验

超声波检验按 HB/Z 34—1998 进行。

### 9.13 残余应力检验

残余应力检验按 T/CSTM 00347 进行。

### 9.14 形状、尺寸、重量检验

形状、尺寸、重量检验采用通用的测量工具进行。

### 9.15 外观质量检验

外观质量采用目视检验。

## 10 检验规则

### 10.1 检验分类

检验分为常规检验和周期检验两种类型。

高纯 GH4169 合金高强锻件要求每批次锻件在出厂和入厂过程中都应进行常规检验，包括化学成分、力学性能、高低倍组织及表面质量等方面的检测，应符合表 6 要求的项目。

高纯 GH4169 合金高强锻件周期检验主要针对高温持久、蠕变、应变控制低循环疲劳和残余应力的检查。供方在每 10 批锻件或 100 件锻件后的下一批锻件解剖件上额外增加要求的持久性能、蠕变性能和应变控制低循环疲劳试验，取样数量、位置、测试项目在经采购方批准的解剖取样图中规定，报实测值，不作为出厂依据，推荐在本批次锻件解剖件上增加残余应力测试。

### 10.2 检验项目

高纯 GH4169 合金高强锻件检测项目主要包括化学成分、硬度、室温拉伸、高温拉伸、高温持久、蠕变、缺口周期持久、应变控制低循环疲劳、低倍组织、显微组织、晶粒度、残余应力、超声探伤及表面质量；具体检测项目应符合表 6 规定。

### 10.3 组批规则

锻件应按批提交检验和验收。每批由同一图号、同一熔炼炉号、同一生产批、同一热处理炉批、统一交付状态的锻件组成。

### 10.4 判定规则

#### 10.4.1 化学成分

化学成分分析结果不合格时，允许在原取样部位重新取样对不合格元素进行复验，若仍不合格，则该批锻件判为不合格。

#### 10.4.2 力学性能

当某型力学性能检验结果不合格时，允许在原受检解剖件或试样环取双倍数量的试样对不合格项目进行复验。复验结果仍不合格，则该批锻件判为不合格。

#### 10.4.3 低倍组织

当锻件纵向低倍组织检验不合格时，如能确认缺陷是由于合金铸锭头、尾未切净造成的，可在相邻的锻件上进行检验。如检验合格，则该炉批锻件判为合格；如是因合金冶炼造成的空洞、夹杂和严重偏析等冶金缺陷，不准许复验，则该批锻件判为不合格。当锻件表面低倍检验不合格时，则该件锻件判为不合格。

#### 10.4.4 高倍组织

当锻件解剖件高倍组织检验不合格时，则该批锻件判为不合格；锻件试样环高倍组织检验不合格时，则该件锻件判为不合格。

#### 10.4.5 超声检测

当锻件超声波检验不合格时，则该件锻件判为不合格。

#### 10.4.6 外观质量

锻件形状、尺寸和表面质量检验不合格时，则该件锻件判为不合格。

## 11 质量证明书

每批锻件应附有质量检验部门签发的质量证明书，其上注明：

- a) 供方名称；
- b) 需方名称；
- c) 合同号；
- d) 采用的文件号或技术协议；
- e) 锻件名称及图号；
- f) 合金牌号；
- g) 熔炼炉号和锭节号；
- h) 制造方法及交货状态
- i) 锻件数量
- j) 原材料生产厂家及冶炼方法；
- k) 热处理制度及按本文件和协议、合同规定的各项检验结果(如复验，应包括两次检验结果)；
- l) 质量检验部门印记；
- m) 其他特殊要求。

## 12 包装、运输和贮存

### 12.1 包装

锻件的包装按合同要求进行包装。

### 12.2 运输

在包装条件完好条件下采用铁路或公路运输。运输中应平稳装卸，注意防止碰撞。

### 12.3 贮存

锻件应按件适当包装后，在清洁、干燥条件下贮存，贮存时应平稳装卸，注意防止碰撞。

附录 A  
(资料性)  
起草单位和主要起草人

本文件起草单位：北京钢研高纳科技股份有限公司、钢铁研究总院有限公司、中国航发沈阳发动机设计研究所、中国航发北京航空材料研究院、中国航发沈阳黎明航空发动机有限责任公司、中国航发西安航空发动机有限公司、中国第二重型机械集团德阳万航模锻有限责任公司、陕西宏远航空锻造有限责任公司、贵州安大航空锻造有限责任公司。

本文件主要起草人：毕中南、杜金辉、邓群、安腾、曲敬龙、谷雨、董志国、周涛、张勇、韦康、赵兴东、李昌永、高茜、王莹、谢静、刘洋、王彦伟、信云鹏、叶俊青、叶康源。

