



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 25137—2010

---

## 钛及钛合金锻件

Titanium and titanium alloy forgings

2010-09-26 发布

2011-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	2
3 术语和定义 .....	2
4 采购信息 .....	2
5 原材料及生产 .....	4
6 化学成分 .....	5
7 力学性能 .....	10
8 无损检测 .....	10
9 尺寸及许可偏差 .....	10
10 表面质量 .....	10
11 重复试验 .....	10
12 数据修约规定 .....	10
13 拒收 .....	10
14 仲裁测试及分析 .....	10
15 质量证明 .....	10
16 包装及标识 .....	11
附录 A (资料性附录) F-3 钛合金锻件的附加要求 .....	12
附录 B (资料性附录) 钛合金牌号对照表 .....	14

## 前 言

本标准等同采用 ASTM B 381—2006a《钛及钛合金锻件标准规范》(英文版)。

本标准等同翻译 ASTM B 381—2006a,为便于使用,本标准作了如下编辑性修改:

——本标准名称改为《钛及钛合金锻件》;

——“本规范”一词改为“本标准”;

——将 1.2 条修改为:“以国际单位制为单位的数值为标准数值,圆括号内为英制单位数值”;

——删除第 17 章 关键词;

——增加了附录 B 钛合金牌号对照表。

本标准的附录 A、附录 B 均为资料性附录。

本标准由全国锻压标准化技术委员会(SAC/TC 74)提出并归口。

本标准起草单位:北京百慕航材高科技股份有限公司。

本标准主要起草人:魏竹民、李园春、范桂彬、闫海、黄天娥。

## 钛及钛合金锻件

### 1 范围

1.1 本标准适用于下述 39 种牌号退火状态的钛及钛合金锻件：

- 1) F-1 纯钛；
- 2) F-2 纯钛；
- 3) F-2H 纯钛[最小抗拉强度为 400 MPa(58 ksi)的 F-2]；
- 4) F-3 纯钛；
- 5) F-4 纯钛；
- 6) F-5 钛合金(6%Al,4%V)；
- 7) F-6 钛合金(5%Al,2.5%Sn)；
- 8) F-7 纯钛+0.12%~0.25%Pd；
- 9) F-7H 纯钛+0.12%~0.25%Pd [最小抗拉强度为 400 MPa(58 ksi)的 F-7]；
- 10) F-9 钛合金(3%Al,2.5%V)；
- 11) F-11 纯钛+0.12%~0.25%Pd；
- 12) F-12 钛合金(0.3%Mo,0.8%Ni)；
- 13) F-13 钛合金(0.5%Ni,0.05%Ru)；
- 14) F-14 钛合金(0.5%Ni,0.05%Ru)；
- 15) F-15 钛合金(0.5%Ni,0.05%Ru)；
- 16) F-16 纯钛+0.04%~0.08%Pd；
- 17) F-16H 纯钛+0.04%~0.08%Pd [最小抗拉强度为 400 MPa(58 ksi)的 F-16]；
- 18) F-17 纯钛+0.04%~0.08%Pd；
- 19) F-18 钛合金(3%Al,2.5%V)+0.04%~0.08%Pd；
- 20) F-19 钛合金(3%Al,8%V,6%Cr,4%Zr,4%Mo)；
- 21) F-20 钛合金(3%Al,8%V,6%Cr,4%Zr,4%Mo)+0.04%~0.08%Pd；
- 22) F-21 钛合金(3%Al,2.7%Nb,15%Mo,0.25%Si)；
- 23) F-23 钛合金(6%Al,4%V,超低填隙元素 ELI)；
- 24) F-24 钛合金(6%Al,4%V)+0.04%~0.08%Pd；
- 25) F-25 钛合金(6%Al,4%V)+0.3%~0.8%Ni+0.04%~0.08%Pd；
- 26) F-26 纯钛+0.08%~0.14%Ru；
- 27) F-26H 纯钛+0.08%~0.14%Ru [最小抗拉强度为 400 MPa(58 ksi)的 F-26]；
- 28) F-27 纯钛+0.08%~0.14%Ru；
- 29) F-28 钛合金(3%Al,2.5%V+0.08%~0.14%Ru)；
- 30) F-29 钛合金(6%Al,4%V,超低填隙元素 ELI+0.08%~0.14%Ru)；
- 31) F-30 钛合金(0.3%Co,0.05%Pd)；
- 32) F-31 钛合金(0.3%Co,0.05%Pd)；
- 33) F-32 钛合金(5%Al,1%V,1%Sn,1%Zr,0.8%Mo)；
- 34) F-33 钛合金(0.4%Ni,0.015%Pd,0.025%Ru,0.15%Cr)；

- 35) F-34 钛合金(0.4%Ni,0.015%Pd,0.025%Ru,0.15%Cr);
- 36) F-35 钛合金(4.5%Al,2%Mo,1.6%V,0.5%Fe,0.3%Si);
- 37) F-36 钛合金(45%Nb);
- 38) F-37 钛合金(1.5%Al);
- 39) F-38 钛合金(4%Al,2.5%V,1.5%Fe)。

1.2 以国际单位制为单位的数值为标准数值,圆括号内为英制单位数值。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

ASTM B 348 钛及钛合金棒和毛坯规范

ASTM E 8 金属材料拉伸试验方法

ASTM E 29 使用测量数据的有效数字以确定与规范符合性的标准程序

ASTM E 120 钛及钛合金化学分析试验方法

ASTM E 1409 用惰性气体溶解技术测定钛及钛合金中氧和氮含量的试验方法

ASTM E 1447 用惰性气体溶解热导/红外检测法测定钛及钛合金中氢含量的试验方法

## 3 术语和定义

### 3.1

棒材 bar

热轧、热锻或冷加工成形的横截面面积小于 10 323 mm<sup>2</sup> (16 in<sup>2</sup>) 的实心半成品。

### 3.2

毛坯 billet

由铸锭热轧或热锻成形的横截面面积大于 10 323 mm<sup>2</sup> (16 in<sup>2</sup>) 的实心半成品。

### 3.3

锻件 forging

利用锻锤、锻压机、墩粗压机或相关成形设备锻制的特定形状的金属产品。

## 4 采购信息

依据本标准形成的锻件定单,适用时,应包括如下信息:

- a) 材料牌号(见第 1 章);
- b) 拉伸性能(见表 1);
- c) 尺寸及许可偏差(见第 9 章);
- d) 取样,力学性能(见第 7 章);
- e) 化学成分(见第 6 章);
- f) 标识(见第 16 章);
- g) 包装(见第 16 章);
- h) 质量证明(见第 15 章);
- i) 拒收材料的处置(见第 13 章);
- j) 附加要求(参见附录 A)。

表 1 拉伸性能要求<sup>a</sup>

牌 号	抗拉强度 最小值		屈服强度 最小值或范围		伸长率/% 4d 最小值	断面收缩率/% 最小值
	MPa	(ksi)	MPa	(ksi)		
F-1	240	(35)	138	(20)	24	30
F-2	345	(50)	275	(40)	20	30
F-2H <sup>b,c</sup>	400	(58)	275	(40)	20	30
F-3	450 <sup>*</sup>	(65) <sup>*</sup>	380	(55)	18	30
F-4	550 <sup>*</sup>	(80) <sup>*</sup>	483	(70)	15	25
F-5	895	(130)	828	(120)	10	25
F-6	828	(120)	795	(115)	10	25
F-7	345	(50)	275	(40)	20	30
F-7H <sup>b,c</sup>	400	(58)	275	(40)	20	30
F-9	828	(120)	759	(110)	10	25
F-9 <sup>d</sup>	620	(90)	483	(70)	15	25
F-11	240	(35)	138	(20)	24	30
F-12	483	(70)	345	(50)	18	25
F-13	275	(40)	170	(25)	24	30
F-14	410	(60)	275	(40)	20	30
F-15	483	(70)	380	(55)	18	25
F-16	345	(50)	275	(40)	20	30
F-16H <sup>b,c</sup>	400	(58)	275	(40)	20	30
F-17	240	(35)	138	(20)	24	30
F-18	620	(90)	483	(70)	15	25
F-18 <sup>d</sup>	620	(90)	483	(70)	12	20
F-19 <sup>e</sup>	793	(115)	759	(110)	15	25
F-19 <sup>f</sup>	930	(135)	897~1 096	(130~159)	10	20
F-19 <sup>g</sup>	1 138	(165)	1 104~1 276	(160~185)	5	20
F-20 <sup>e</sup>	793	(115)	759	(110)	15	25
F-20 <sup>f</sup>	930	(135)	897~1 096	(130~159)	10	20
F-20 <sup>g</sup>	1 138	(165)	1 104~1 276	(160~185)	5	20
F-21 <sup>e</sup>	793	(115)	759	(110)	15	35
F-21 <sup>f</sup>	966	(140)	897~1 096	(130~159)	10	30
F-21 <sup>g</sup>	1 172	(170)	1 104~1 276	(160~185)	8	20
F-23	828	(120)	759	(110)	10	25
F-23 <sup>d</sup>	828	(120)	759	(110)	7.5 <sup>h</sup> , 6.0 <sup>i</sup>	25
F-24	895	(130)	828	(120)	10	25

表 1 (续)

牌 号	抗拉强度 最小值		屈服强度 最小值或范围		伸长率/% 4d 最小值	断面收缩率/% 最小值
	MPa	(ksi)	MPa	(ksi)		
F-25	895	(130)	828	(120)	10	25
F-26	345	(50)	275	(40)	20	30
F-26H <sup>b,c</sup>	400	(58)	275	(40)	20	30
F-27	240	(35)	138	(20)	24	30
F-28	620	(90)	483	(70)	15	25
F-28 <sup>d</sup>	620	(90)	483	(70)	12	20
F-29	828	(120)	759	(110)	10	25
F-29 <sup>d</sup>	828	(120)	759	(110)	7.5 <sup>b</sup> , 6.0 <sup>i</sup>	15
F-30	345	(50)	275	(40)	20	30
F-31	450	(65)	380	(55)	18	30
F-32	689	(100)	586	(85)	10	25
F-33	345	(50)	275	(40)	20	30
F-34	450	(65)	380	(55)	18	30
F-35	895	(130)	828	(120)	5	20
F-36	450	(65)	410~655	(60~95)	10	—
F-37	345	(50)	215	(31)	20	30
F-38	895	(130)	794	(115)	10	25

<sup>a</sup> 表中性能数据适用于截面面积不大于 1 935 mm<sup>2</sup> (3 in<sup>2</sup>) 的锻件, 截面面积大于 1 935 mm<sup>2</sup> (3 in<sup>2</sup>) 的锻件性能由供需双方商定。

<sup>b</sup> 该材料与相应数字牌号的差别是其最小抗拉强度要求更高。F-2H、F-7H、F-16H 和 F-26H 牌号材料主要用于压力容器。

<sup>c</sup> H 牌号材料是应压力容器行业协会(美国)的要求而补充的。该协会对牌号为 2、7、16 和 26 商用材料 5 200 份测试报告进行了研究, 其中 99% 以上最小抗拉强度大于 400 MPa (58 ksi)。

<sup>d</sup> β 转变组织状态材料的性能。

<sup>e</sup> 固溶处理状态材料的性能。

<sup>f</sup> 固溶+时效处理状态——中等强度(取决于时效温度)。

<sup>g</sup> 固溶+时效处理状态——高强度(取决于时效温度)。

<sup>h</sup> 适用于截面或壁厚小于 25.4 mm (1.0 in.) 的产品。

<sup>i</sup> 适用于截面或壁厚不大于 25.4 mm (1.0 in.) 的产品。

\* F-3 和 F-4 的拉伸强度进行了修正。

## 5 原材料及生产

符合最新版本 ASTM B 348 规范要求的原材料方可用于本标准要求的锻件。

## 6 化学成分

6.1 本标准所列钛及钛合金牌号,其化学成分应符合表2的要求。

6.1.1 表2所列元素为添加的合金元素或海绵钛、铸锭及轧制产品中固有的元素。表2所列元素之外的元素可能会在相应牌号合金中出现,但无须调整和分析。因此表2未列元素无须分析,除非做出特殊说明并认为超出本标准的要求。

6.1.2 添加的元素在化学分析时应识别,分析并出具报告。

6.2 若供需双方达成协议,需方在书面定单中提出要求,则应对本标准中未列出的特定元素进行分析。

6.3 若在产品上取样分析,允许偏差不能超出规定的炉批分析要求,但可覆盖实验室之间化学成分分析存在的偏差。如相应牌号材料的成分超出表2规定的范围,供方不能发货。产品分析允许极限见表3。

6.4 化学分析样品应能代表被测试材料的情况。除了氢含量或另有说明外,铸锭和毛坯上的分析结果要提供报告。定氢试样基于实验基础应取自锻件,其频率由供需双方商定。由于钛对氧、氮和氢等元素具有很强的亲和力,取样和处理过程中应采取最严格的措施。样品应从洁净的金属上获取。

6.5 所用分析方法应与ASTM E 120,ASTM E 1409,ASTM E 1447规定的实验方法尽可能一致,或者经供需双方协商一致。

6.6 至少用2个样品来测定化学成分,2个样品分别取自待分析产品的两端。

表2 化学成分要求<sup>a</sup>

元 素	成分/%											
	F-1	F-2	F-2H	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-7H	F-9	F-11	F-12
N,max	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
C,max	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
H <sup>b,c</sup> ,max	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Fe,max	0.20	0.30	0.30	0.30	0.50	0.40	0.50	0.30	0.30	0.25	0.20	0.30
O,max	0.18	0.25	0.25	0.35	0.40	0.20	0.20	0.25	0.25	0.15	0.18	0.25
Al	—	—	—	—	—	5.5~ 6.75	4.0~ 6.0	—	—	2.5~ 3.5	—	—
V	—	—	—	—	—	3.5~ 4.5	—	—	—	2.0~ 3.0	—	—
Sn	—	—	—	—	—	—	2.0~ 3.0	—	—	—	—	—
Ru	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pd	—	—	—	—	—	—	—	0.12~ 0.25	0.12~ 0.25	—	0.12~ 0.25	—
Co	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2~ 0.4
Cr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.6~ 0.9
Nb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



表 2 (续)

元 素	成分/%											
	F-1	F-2	F-2H	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-7H	F-9	F-11	F-12
Zr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Si	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
杂质 <sup>d,e,f</sup> ,max 每种	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
杂质 <sup>d,e,f</sup> ,max 总和	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Ti <sup>a</sup>	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量
元 素	成分/%											
	F-13	F-14	F-15	F-16	F-16H	F-17	F-18	F-19	F-20	F-21	F-23	
N,max	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
C,max	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.05	0.05	0.05	0.08	
H <sup>b,c</sup> ,max	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.02	0.02	0.015	0.012 5	
Fe,max	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.25	0.30	0.30	0.40	0.25	
O,max	0.10	0.15	0.25	0.25	0.25	0.18	0.15	0.12	0.12	0.17	0.13	
Al	—	—	—	—	—	—	2.5~ 3.5	3.0~ 4.0	3.0~ 4.0	2.5~ 3.5	5.5~ 6.5	
V	—	—	—	—	—	—	2.0~ 3.0	7.5~ 8.5	7.5~ 8.5	—	3.5~ 4.5	
Sn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Ru	0.04~ 0.06	0.04~ 0.06	0.04~ 0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	
Pd	—	—	—	0.04~ 0.08	0.04~ 0.08	0.04~ 0.08	0.04~ 0.08	—	0.04~ 0.08	—	—	
Co	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mo	—	—	—	—	—	—	—	3.5~ 4.5	3.5~ 4.5	14.0~ 16.0	—	
Cr	—	—	—	—	—	—	—	5.5~ 6.5	5.5~ 6.5	—	—	
Ni	0.4~ 0.6	0.4~ 0.6	0.4~ 0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	
Nb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.2~ 3.2	—	
Zr	—	—	—	—	—	—	—	3.5~ 4.5	3.5~ 4.5	—	—	
Si	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.15~ 0.25	—	
杂质 <sup>d,e,f</sup> ,max 每种	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	0.15	0.1	0.1	
杂质 <sup>d,e,f</sup> ,max 总和	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
Ti <sup>a</sup>	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	

表 2 (续)

元 素	成分/%								
	F-24	F-25	F-26	F-26H	F-27	F-28	F-29		
N,max	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03		
C,max	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08		
H <sup>b,c</sup> ,max	0.015	0.012 5	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015		
Fe,max	0.40	0.40	0.30	0.30	0.20	0.25	0.25		
O,max	0.20	0.20	0.25	0.25	0.18	0.15	0.13		
Al	5.5~6.75	5.5~6.75	—	—	—	2.5~3.5	5.5~6.5		
V	3.5~4.5	3.5~4.5	—	—	—	2.0~3.0	3.5~4.5		
Sn	—	—	—	—	—	—	—		
Ru	—	—	0.08~ 0.14	0.08~ 0.14	0.08~ 0.14	0.08~ 0.14	0.08~ 0.14		
Pd	0.04~ 0.08	0.04~ 0.08	—	—	—	—	—		
Co	—	—	—	—	—	—	—		
Mo	—	—	—	—	—	—	—		
Cr	—	—	—	—	—	—	—		
Ni	—	0.3~0.8	—	—	—	—	—		
Nb	—	—	—	—	—	—	—		
Zr	—	—	—	—	—	—	—		
Si	—	—	—	—	—	—	—		
杂质 <sup>d,e,f</sup> ,max 每种	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		
杂质 <sup>d,e,f</sup> ,max 总和	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		
Ti <sup>g</sup>	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量		
元 素	成分/%								
	F-30	F-31	F-32	F-33	F-34	F-35	F-36	F-37	F-38
N,max	0.03	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03
C,max	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.04	0.08	0.08
H <sup>b,c</sup> ,max	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.003 5	0.015	0.015
Fe,max 或范围	0.30	0.30	0.25	0.30	0.30	0.20~ 0.80	0.03	0.30	1.2~ 1.8
O,max 或范围	0.25	0.35	0.11	0.25	0.35	0.25	0.16	0.25	0.20~ 0.30
Al	—	—	4.5~ 5.5	—	—	4.0~ 5.0	—	1.0~ 2.0	3.5~ 4.5
V	—	—	0.6~ 1.4	—	—	1.1~ 2.1	—	—	2.0~ 3.0

表 2 (续)

元 素	成分/%								
	F-30	F-31	F-32	F-33	F-34	F-35	F-36	F-37	F-38
Sn	—	—	0.6~ 1.4	—	—	—	—	—	—
Ru	—	—	—	0.02~ 0.04	0.02~ 0.04	—	—	—	—
Pd	0.04~ 0.08	0.04~ 0.08	—	0.01~ 0.02	0.01~ 0.02	—	—	—	—
Co	0.20~ 0.80	0.20~ 0.80	—	—	—	—	—	—	—
Mo	—	—	0.6~ 1.2	—	—	1.5~ 2.5	—	—	—
Cr	—	—	—	0.1~ 0.2	0.1~ 0.2	—	—	—	—
Ni	—	—	—	0.35~ 0.55	0.35~ 0.55	—	—	—	—
Nb	—	—	—	—	—	—	42.0~ 47.0	—	—
Zr	—	—	0.6~ 1.4	—	—	—	—	—	—
Si	—	—	0.06~ 0.14	—	—	0.20~ 0.40	—	—	—
杂质 <sup>d,e,f</sup> ,max 每种	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
杂质 <sup>d,e,f</sup> ,max 总和	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Ti <sup>a</sup>	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量

<sup>a</sup> 对于上表中所列每种牌号的合金,必须分析所有元素的含量。表中未标明含量的元素可不出具报告,若每种元素含量大于 0.1% 或者总量大于 0.4% 时必须出具报告;

<sup>b</sup> 经与供方协商,可以适当降低氢含量;

<sup>c</sup> 在最终产品上取样分析;

<sup>d</sup> 无须出具报告;

<sup>e</sup> 杂质是金属或合金中存在的少量元素,它是材料生产过程固有的,而非添加的。纯钛中杂质元素包括铝、钒、锡、铬、钼、铌、锆、铪、铍、铟、铊、铋、铷、铯、铜、硅、钴、钽、镍、硼、锰和钨等;

<sup>f</sup> 需方若要求分析本标准所列元素之外的杂质元素,可在书面采购定单中注明;

<sup>g</sup> 钛元素比例可用不同方法确定。



## 7 力学性能

7.1 按照本标准提供的锻件,适用时,其力学性能应符合表 1 的要求。

7.2 拉伸试验的试样应按照 ASTM E 8 规定进行加工和测试。拉伸性能测试时,在达到屈服强度之前其应变速率为  $0.000\ 05\ \text{mm/mm} \cdot \text{s} \sim 0.000\ 12\ \text{mm/mm} \cdot \text{s}$  ( $0.003\ \text{in/in} \cdot \text{min} \sim 0.007\ \text{in/in} \cdot \text{min}$ ); 达到屈服强度之后,增大应变速率,以便使试样在大约 60 s 内拉断。

7.3 拉伸试样应从供需双方商定的材料上切取。

## 8 无损检测

需方可提出无损检测,如超声、X 光或表面检测要求,验收标准由供需双方商定。

## 9 尺寸及许可偏差

本标准规定的钛及钛合金锻件尺寸与公差应符合锻件毛坯图的要求,或由供需双方商定。

## 10 表面质量

钛合金锻件不能存在影响其预期使用目的有害的内、外部缺陷。退火后的锻件应去除氧化皮、进行喷砂或打磨处理。在不超出锻件厚度公差下限的前提下,供方可在适当位置用局部打磨的方法去除少量表面缺陷。

## 11 重复试验

如果某批次锻件化学成分或力学性能测试结果不符合本标准的要求,供方有权对该批锻件进行重复测试。重复测试必须双倍取样,如果重复测试结果符合要求,则重复测试结果可以作为产品合格的证明数据,应将首次测试和重复测试符合标准要求的结果报告需方。如果重复测试结果仍不符合本标准的要求,该批材料按照第 13 章的要求拒收。

## 12 数据修约规定

为判定是否符合本标准的要求,观察或计算得出的数据可根据有效数字修约法则精确到最接近的位数。数据修约应符合 ASTM E 29 相关要求。

## 13 拒收

不符合本标准或其他授权修订条款要求的锻件应予拒收。除非另有约定外,拒收的锻件退回供方,费用由供方支付。

## 14 仲裁测试及分析

供需双方就测试结果是否符合标准要求产生争议时,可由双方认可的仲裁机构就争议问题进行测试,测试结果作为判定是否符合本标准的依据。

## 15 质量证明

如果需方提出要求,供方应提供至少一套测试报告的副本,以证明所提供的锻件按照本标准的要求进行了检验和测试,其化学成分和力学性能测试结果符合本标准中相应牌号材料的要求。

## 16 包装及标识

### 16.1 包装

除非另有约定,依据本标准采购的锻件均应按供方标准进行包装。

### 16.2 标识

锻件应按照供需双方商定的方式标识。

附 录 A  
(资料性附录)

F-3 钛合金锻件的附加要求

下述附加要求主要是美国军用规范的要求,仅在需方合同或定单明确要求的情况下适用。

A.1 美国军方要求

A.1.1 引用文件内容附后。

A.1.2 除非合同或采购定单另有说明,供方负责完成本标准所要求的所有检验和试验。检验和试验可以在供方自己的设备上,也可以利用其他适用的设备。

A.1.3 F-3 牌号合金化学成分做如下调整:

氢	$\leq 0.0125$
铁	$\leq 0.20$
氧	$\leq 0.26$

A.1.4 对于 56.70 kg(125 磅)及其以下的锻件,每批切取 2 个拉伸试样;大于 56.70 kg(125 磅)的锻件,从每个锻件上切取 2 个拉伸试样,测试其是否符合表 1 中力学性能要求。相同炉批、相同设计和尺寸、在同一热处理炉中同时处理的锻件组成一个批次。试样从锻造厂提供的连续拔长段或额外锻件上切取。截面尺寸小于 90 mm(3.5 in)的锻件可以在独立的锻造试棒上取样,锻造试棒应与锻件厚度相当,锻造工艺相同。截面尺寸大于 90 mm(3.5 in)的锻件,应提供额外锻件作为样品,样品不能从连续延长段上切取,也不能从冲孔余料上切取,应从锻件最大横截面部分选取。拉伸试样的纵轴应与锻件金属流向的主要方向平行。

A.1.5 不允许进行补焊。

A.1.6 每个锻件应按照 MIL-STD-2154 进行全体积超声检验。锻件应加工到锻件图纸规定的超声检测状态,并经热处理后进行超声检验。超声检验还应在锻件钻孔、切键槽、加工锥度、切凹槽,及加工到最终轮廓之前进行。应采用直声束对锻件进行扫描,以保证所有主要的平面都被扫描到。盘形锻件应采用直声束从至少一个平面进行扫描,如果有可能,还应沿径向进行扫描。圆桶形、环形和空心锻件应采用直声束从所有外表面进行扫描,其轴向扫描可根据声束强度尽最大能力进行。相应判据见 MIL-STD-2154 之 A 级。

A.1.7 每个锻件的所有表面应按照 NAVSEA T9074-AS-GIB-010/271 进行渗透检验,相应判据见定单中规定的 NAVSEA S9074-AR-GIB-010/278 要求。

A.1.8 锻件中应无异物且表面无硫、铅、标识用油漆、切削加工或成形用润滑剂等污染。锻件在热处理操作前应进行清洁处理。锻件表面应无富氧层,如  $\alpha$  层。

A.1.9 每种提交检验的锻件应是首件。首件的力学性能应代表该批锻件且符合定单的要求(包括关于测试的安排,测试结果的认可以及首件样件的处置等特殊指令)。测试试样的数量及取样位置、相应的判据应经供需双方商定且有明确规定。另外,整个截面按 ASTM E 340 进行低倍腐蚀,并在 10 倍放大镜下检查均匀性、致密性、晶粒度、流线。进行宏观腐蚀的横截面应选在比较均匀、致密的地方,并且没有裂纹及孔洞。锻造结构应完整清晰,晶粒尺寸的变化不致影响超声检验。

供方应保留首件锻件的生产过程记录。对于同一或后续定单,当生产过程出现变更时,供方应通报需方,并获得需方对更改的批准。供方应进行首件检验和测试,以证明过程更改不会或没有导致锻件质量的降低。

A.1.10 原材料应经电子束和/或等离子熔炼,或经多次重熔,其中至少一次熔炼在真空下进行。

**A.2 引用标准**

**A.2.1 ASTM 标准**

E340 金属及合金宏观腐蚀试验方法

**A.2.2 军用标准**

T9074-AS-GIB-010/271 无损检测方法要求

S9074-AR-GIB-010/278 组合焊及检验、铸件检验及修补、管道、压力容器要求

MIL-STD-2154 变形金属超声检验方法



**附 录 B**  
(资料性附录)  
**钛合金牌号对照表**

本标准在使用过程中其表 2 内的牌号和化学成分可与 GB/T 3620.1—2007《钛及钛合金牌号和化学成分》中材料牌号参照使用。

**表 B.1 本标准材料牌号与 GB/T 3620.1—2007 标准的材料牌号对照**

本标准牌号	GB/T 3620.1—2007 标准牌号	本标准牌号	GB/T 3620.1—2007 标准牌号
F-1	TA1	F-16	TA8
F-2	TA2	F-16H	TA8
F-2H	TA2	F-17	TA8-1
F-3	TA3	F-18	TA25
F-4	TA4	F-24	TC22
F-5	TC4	F-26	TA27
F-7	TA9	F-26H	TA27
F-7H	TA9	F-27	TA27-1
F-11	TA9-1	F-28	TA26
F-12	TA10		

注：本标准牌号 F-5 的杂质  $Fe \leq 0.40\%$ ，GB/T 3620.1—2007 标准牌号 TC4 的杂质  $Fe \leq 0.30\%$ ，其他化学成分完全相同。