

中华人民共和国有色金属行业标准

YS/T XXXX-XXXX

叶轮机用钛合金锻件

Titanium alloy forgings for turbine

(预审稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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》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。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC243）归口。

本文件起草单位：宝鸡钛业股份有限公司、宝钛集团有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司、哈尔滨汽轮机厂有限责任公司、东方电气集团东方汽轮机有限公司、金通灵科技集团股份有限公司、西安陕鼓动力股份有限公司、西部超导材料科技股份有限公司、湖南湘投金天钛业科技股份有限公司、宝鸡拓普达钛业有限公司。

本文件主要起草人：XXX。

叶轮机用钛合金锻件

1 范围

本文件规定了叶轮机用钛合金锻件的分类和标记、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存及随行文件和订货单内容。

本文件适用于锻造方法生产的叶轮机用钛合金锻件（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 228.1-2021 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法

GB/T 229 金属夏比缺口冲击试验方法

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 3620.1 钛及钛合金牌号和化学成分

GB/T 3620.2 钛及钛合金加工产品化学成分允许偏差

GB/T 4698（所有部分） 海绵钛、钛及钛合金化学分析方法

GB/T 5168 钛及钛合金高低倍组织检验方法

GB/T 5193-2020 钛及钛合金加工产品超声检验方法

GB/T 6611 钛及钛合金术语和金相图谱

GB/T 8180 钛及钛合金加工产品的包装、标志、运输和贮存

GB/T 23605 钛合金 β 转变温度测定方法

GB/T 34647 钛及钛合金产品状态代号

GB/T 38982 钛及钛合金加工产品外形尺寸检测方法

YS/T 1262 海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法

YS/T 1465 钛及钛合金加工产品外观缺陷术语及图谱

3 术语和定义

GB/T 6611、GB/T 34647、GB/T 38982和YS/T 1465界定的术语和定义适用于本文件。

4 分类和标记

4.1 牌号、状态和规格

4.1.1 产品的牌号、状态和规格应符合表1的规定。

表1 牌号、状态、规格

牌号	供应状态	规格 mm	
		直径	截面高度
TC4	退火态 (M)	$\phi 150 \sim \phi 1500$	75~600
TC11	热加工态 (R)、退火态 (M)	$\phi 150 \sim \phi 1000$	75~400
TC17	退火态 (M)	$\phi 200 \sim \phi 350$	50~125

4.2 产品标记

产品标记按产品名称、牌号、状态、规格、文件编号的顺序表示。

示例：用TC4牌号制造的、状态为退火态、直径为500mm、高度为500mm的锻件，标记为：
锻件 TC4 M $\phi 500 \times 500$ YS/T XXXX-XXXX

5 技术要求

5.1 化学成分

5.1.1 锻件的化学成分应符合 GB/T 3620.1 的规定。

5.1.2 需方从锻件上取样进行化学成分复验时，化学成分允许偏差应符合 GB/T 3620.2 的规定。

5.2 外形尺寸及其允许偏差

5.2.1 锻件的直径和截面高度允许偏差应符合表 2 的规定。

表2 直径和截面高度允许偏差

单位为毫米

直径	直径允许偏差	截面高度	截面高度允许偏差
150~300	+3 -1	<50	+2 0
>300~600	+3 -2	50~200	+3 -1
>600~1000	+5 -3	>200~600	+4 -2
>1000~1500	+6 -4	—	—

5.2.2 锻件的倒角半径 R 为 3mm~10mm。

5.3 力学性能

5.3.1 锻件或试样坯的推荐热处理制度见表 3。

表3 推荐热处理制度

牌号	热处理制度
TC4	(700~850) °C, 保温 (1~6) h, 空冷
TC11	940°C~960°C, 保温1h~2h, 空冷; 520°C~540°C, 保温6h, 空冷。首次退火温度允许在 β 转变温度以下30°C~50°C范围内调整。
TC17	830°C~850°C, 保温1h~4h, 空冷; 790°C~810°C, 保温4h, 水冷; 620°C~640°C, 保温8h, 空冷

5.3.2 锻件的室温力学性能应符合表 4 的规定。

表4 室温力学性能

牌号	直径 mm	抗拉强度 R_m MPa	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后伸长率 A %	断面收缩率 Z %	冲击吸收能量 KV_2 J	硬度 HBP (d) (10/29.42KN) mm
TC4	150~550	≥ 920	≥ 840	≥ 10	≥ 25	≥ 28	3.2~3.7
	>550~800	≥ 895	≥ 825	≥ 10	≥ 25	≥ 28	
	>800~1000	≥ 870	≥ 800	≥ 10	≥ 25	≥ 28	3.35~3.9
	>1000	≥ 840	≥ 780	≥ 8	≥ 20	≥ 28	
TC11	150~550	1060~1230	≥ 910	≥ 8	≥ 23	≥ 24	3.2~3.7
	>550~1000	≥ 1030	≥ 885	≥ 8	≥ 23	≥ 24	
TC17	200~350	≥ 1120	≥ 1030	≥ 7	≥ 15	报实测	3.0~3.7

5.4 β 转变温度

锻件应按熔炼炉号提供 β 转变温度实测值。

5.5 超声检测

锻件应在两端面进行超声检测，检测结果应符合表5的要求。

表5 超声检测

截面高度 mm	验收级别
50~160	A1
>160~200	A
>200~290	B
>290~600	B级实测（允许半声程探伤）

5.6 低倍组织

5.6.1 锻件的低倍组织不应有裂纹、折叠、气孔、缩尾、金属或非金属夹杂物、偏析及其他目视可见的冶金缺陷。

5.6.2 锻件的低倍组织不应有明显的、目视可见的清晰晶粒。

5.7 显微组织

锻件的显微组织应为 $\alpha+\beta$ 两相区加工产生的组织，无完整的原始 β 晶界。在转变的 β 基体上的等轴 α 组织，或等轴 α 和拉长 α 组织，以及部分破碎和扭曲的晶界 α 和片状 α 组织均为可接受的。

5.8 外观质量

5.8.1 锻件应以机加表面供货，表面粗糙度（ R_a ）应不大于 $3.2\mu\text{m}$ 。

5.8.2 锻件表面不应有裂纹、氧化皮、折叠等目视可见的缺陷，不应有明显的过渡线或较深的刀痕。

5.8.3 锻件表面的局部缺陷允许用打磨方法清除，打磨深度应不超过其尺寸允许偏差。打磨深宽比在两端面应不大于1:6，在侧面应不大于1:10，且两端面上不应有对称的清理凹坑，侧面打磨应沿轴向进行。

6 试验方法

6.1 化学成分

产品的化学成分分析按GB/T 4698（所有部分）或YS/T 1262的规定进行，仲裁分析按GB/T 4698（所有部分）的规定进行。

6.2 外形尺寸及其允许偏差

外形尺寸及其允许偏差的测量按GB/T 38982的规定进行。

6.3 室温拉伸性能

室温拉伸性能的检验按GB/T 228.1-2021的规定进行，选用R7试样。

6.4 室温冲击性能

室温冲击性能的检验按GB/T 229的规定进行，选用U型缺口深度为2mm的试样。

6.5 布氏硬度

布氏硬度的检验按GB/T 231.1的规定进行。

6.6 β 转变温度

β 转变温度的检验按GB/T 23605的规定进行。

6.7 超声检测

超声检测按GB/T 5193-2020的规定进行。

6.8 低倍组织、显微组织

低倍组织、显微组织的检验按GB/T 5168的规定进行。

6.9 外观质量

外观质量的检验用目视及相应精度的量具进行。其中，表面粗糙度的检验用标块对比法进行。

7 检验规则

7.1 检查和验收

7.1.1 产品应由供方或第三方进行检验，保证产品质量符合本文件的规定及订货单的规定。

7.1.2 需方可对收到的产品按本文件的规定进行检验。如检验结果与本文件或订货单的规定不符时，应以书面形式向供方提出，由供需双方协商解决。属于外形尺寸及其允许偏差、表面状况、外观质量的异议，应在收到产品之日起一个月内提出；属于化学成分、力学性能、 β 转变温度、超声检测、低倍组织和显微组织的异议，应在收到产品之日起三个月内提出。如需仲裁，应由供需双方在需方共同取样或协商确定。

7.2 组批

产品应成批提交验收。每批应由同一牌号、熔炼炉号、规格、制造方法、状态和同一热处理炉批的锻件组成。

7.3 取样

产品的取样应符合表6的规定。

表6 检验项目及取样

检验项目	取样位置	取样数量	要求的章条号	检验方法的章条号
化学成分 ^a	任意部位	每批1份	5.1	6.1
外形尺寸及其允许偏差	-	逐件	5.2	6.2
力学性能	弦向(边部)	每批任取1件,每件按测试项目各取2个试样	5.3	6.3、6.4、6.5
β 转变温度	任意部位	每熔炼炉1份	5.4	6.6
超声检测	-	逐件	5.5	6.7
低倍组织	横向	每批任取1件,每件取1个试样	5.6	6.8
显微组织	横向	每批任取1件,每件取1个试样	5.7	6.8
外观质量	-	逐件	5.8	6.9

^a 氢含量在成品上取样,其他化学成分供方以原铸锭的分析结果报出,需方复验均在锻件上取样。

7.4 检验结果的判定

7.4.1 化学成分检验结果不合格时,判该批锻件不合格。

7.4.2 力学性能检验结果不合格时,应从该批锻件上取双倍试样进行重复检验。当重复检验仍有一个试样不合格时,判该批锻件不合格。但供方可逐件进行检验,合格者重新组批交货。或进行重新热处理后重新取样检验。

7.4.3 低倍组织检验结果不合格时,判该件锻件不合格。其中,在低倍组织检验中,如发现并判为有脆性偏析(其硬度明显高于基体的偏析,常见的如富氧、富氮等偏析),判该批锻件不合格;如判为有非脆性偏析,允许剔除后重新组批交货。

7.4.4 显微组织检验结果不合格时,判该批锻件不合格。但允许供方逐件进行检验,剔除不合格者后重新组批交货。

7.4.5 外形尺寸及其允许偏差、超声检测和外观质量检验结果不合格时,判该件锻件不合格。

8 标志、包装、运输、贮存及随行文件

8.1 标志

8.1.1 产品标志

在检验合格的产品上应至少标记如下内容:

- a) 牌号;
- b) 熔炼炉号;
- c) 规格;
- d) 状态;
- e) 批号;
- f) 节号;
- g) 本文件编号。

8.1.2 包装标志

产品的包装标志应符合GB/T 8180的规定。

8.2 包装、运输及贮存

产品的包装、运输及贮存应符合GB/T 8180的规定。

8.3 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) 质量证明书，内容如下：
 - 产品名称、牌号、规格和状态；
 - 产品锭号、批号、批重和数量；
 - 产品的主要性能及技术参数；
 - 各项分析检验结果及质量检验部门印记；
 - 其他。
- b) 合格证，内容如下：
 - 锭号或批号；
 - 检验日期；
 - 检验员签名或盖章；
 - 其他。
- c) 其他。

9 订货单（或合同）内容

需方可根据自身的需要，在订购本文件所列产品的订货单内，列出如下内容：

- a) 产品名称；
 - b) 牌号；
 - c) 规格；
 - d) 状态；
 - e) 净重（或件数）；
 - f) 本文件编号；
 - g) 其他。
-