

《叶轮机用钛合金锻件》

编制说明（预审稿）

一、工作简况

（一）任务来源

1.1 计划批准文件名称、文号及项目编号、项目名称、计划完成年限、编制组成员

根据 2021 年 11 月，工业和信息化部办公厅《关于印发 2021 年第三批行业标准制修订项目计划的通知》（工信厅科函[2021]234 号）的要求，行业标准《叶轮机用钛合金锻件》制定项目由全国有色金属标准化技术委员会归口，计划编号：2022-0464T-YS，项目周期为 24 个月，计划完成年限为 2023 年 10 月，标准起草单位为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

1.2 项目编制组单位变化情况

技术审查会前，依据标准编制工作任务量，重新调整了编制组构成，具体为：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。

1.3 研究背景

整体叶盘是把发动机转子的叶片和轮盘设计成一个整体，采用整体加工或焊接方法制造而成，无需加工榫头和榫槽。这种整体结构的优点是：叶盘的轮缘径向高度、厚度和叶片原榫头部位尺寸均可大大减小，减重效果明显；发动机转子部件的结构大为简化；消除了分体结构榫齿根部缝隙中气体的逸流损失；避免了叶片和轮盘装配不当造成的微动磨损、裂纹以及锁片损坏带来的故障，从而有利于提高发动机工作效率，可靠性得以进一步提升。

自 20 世纪 80 年代中期，西方发达国家在新型航空发动机设计中采用整体叶盘结构作为最新的结构和气动布局形式，它代表了第四代、第五代高推重比航空发动机技术的发展方向，已成为高推重比发动机的必选结构。

（二）主要参加单位和工作成员及其所作的工作

2.1 主要参加单位情况

标准主编单位宝鸡钛业股份有限公司在标准的编制过程中，能积极主动收集国内外叶轮机用钛合金锻件标准，负责项目的总体实施和策划，公司能够带领编制组成员单位认真细致修改标准文本，征求多家企业的修改意见，编制实测数据统计表，最终带领编制组完成标准的编制工作。

宝钛集团有限公司为本标准提供理论研究基础，并为国内外叶轮机用钛合金锻件标准研究工作提供有力支持。

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积极参加标准调研工作，配合主编单位开展大量的现场调研、取样、开展各种试验工作，为标准编写提供了真实有效的实测数据，针对标准的讨论稿和征求意见稿提出修改意见，并对标准中叶轮机用钛合金锻件要求进行严格把关。积极配合编制组开展现场取样进行试验验证工作，承担了标准中第三方的试验验证工作，主要完成了叶轮机用钛合金锻件技术要求的整理，为标准技术要求部分提供有力保障。

2.2 主要工作成员所负责的工作情况

本标准主要起草人及工作职责见表 1。

表 1 主要起草人及工作职责

起草人	工作职责
解晨	负责标准的工作指导、标准的编写、试验方案确定及组织协调
李巍、段晓辉	负责标准中相关技术要求内容的编写及把关
马忠贤、马佳琨	负责提供企业的现场调研及配合标准编写开展现场试验验证及数据积累
白智辉	提供理论支撑，并对国内外钛及钛合金板材标准对比提供支持
李宝霞、刘向宏	提供第三方的检测服务，指导企业现场检验的规范化并编写标准试验验证数据的对比分析
张雪敏、王若飞	标准编写材料的收集及标准部分内容的编写与把关
冯军宁、冯永琦	提供技术指导

(三) 工作过程

1 预研阶段

2020 年 4 月至 2020 年 10 月，由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对国内叶轮机用钛合金锻件行业生产现状进行了现场调研，具体内容为：了解国内叶轮机用钛合金锻件行业的技术水平、生产情况，与企业技术人员深入讨论技术标准的具体技术要求，参观企业现场生产情况，根据调研情况，由主编单位整理并编制形成了《叶轮机用钛合金锻件》标准项目建议书、标准草案及标准立项说明等材料。

2 起草阶段

1) 2022 年 5 月 18 日，由全国有色金属标准化技术委员会稀有金属分技术委员会组织召开《叶轮机用钛合金锻件》制定任务落实网络会议，主编单位对标准的主要技术要求以及编制进度进行了汇报，各相关单位对标准的评价要求进行了充分讨论，并确定了标准编制组：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。

依据此次会议精神，编制组及时修改了标准文本，形成了《叶轮机用钛合金锻件》标准讨论稿及编制说明。

2) 2023年3月14日，由全国有色金属标准化技术委员会稀有金属分技术委员会在海口市组织召开了稀有金属标准工作会议。来自全国23家单位36位代表参加了会议，与会代表对《叶轮机用钛合金锻件》讨论稿进行了认真、仔细的讨论。

本标准编制组依据讨论会意见和建议对讨论稿进行整理修改后，于2023年5月形成了标准征求意见稿。

二、标准编制原则

本标准在编制时，主要参考了XJ/BS 5525-2019《TC4钛合金叶轮坯料锻件技术协议》、XJ/BS 5815-2021《TC4钛合金叶轮坯料锻件技术协议》、XJ/BS 5624-2018《离心风机叶轮用TC4锻件技术协议》、XJ/BS 5638-2018《TC4钛合金叶轮坯料锻件技术协议》、XJ/BS 5058-2015《离心风机叶轮用TC4锻件技术协议（试制）》、XJ/BS 5344-2007a《WZ9离心叶轮TC11锻件技术协议》和XJ/BS 5693-2019《TC17钛合金叶轮坯料锻件技术协议》的规定执行，结合市场调研，完成了标准征求意见稿。同时，项目组确定出以下主要原则：

a) 标准应严格按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第一部分：标准的结构与编写》的规定格式进行编写。

b) 所列材料均为已大量批产并广泛使用的牌号。

c) 产品的技术指标应均得到相应印证，确保合理性。

三、标准主要内容的确定依据及主要试验和验证情况分析

（一）确定标准主要内容的论据

1 牌号、规格和状态

本规范包含的锻件主要用于需方后续精机加工，规定锻件的交货状态为退火态（M）和热加工态（R），牌号、规格和状态的具体制定依据见表1。

表1 牌号、规格和状态

编制单位	标准编号	牌号	供应状态	规格 mm			
				修订依据		本标准	
				直径	截面高度	直径	截面高度
宝钛	XJ/BS 5525-2019	TC4	退火态（M）	φ210~φ1300	80~500	φ150~φ1500	75~600
	XJ/BS 5815-2021			φ200~φ1100	100~350		
	XJ/BS 5624-2018			-	≤600		
	XJ/BS 5638-2018			φ150~φ200	75~100		
	XJ/BS 5058-2015			φ1510	525		

超导	X/WST 5204-2016			Φ210~Φ1300	75~500		
宝钛	XJ/BS 5344-2007a	TC11	热加工态 (R)、退火态 (M)	200~300	200~300	Φ150~Φ1000	75~400
超导	X/WST 5239-2018			≤1000	75~400		
金天	-			Φ150~Φ800	75~400		
宝钛	XJ/BS 5693-2019	TC17	退火态 (M)	Φ200~Φ350	50~125	Φ200~Φ350	50~125
拓普达	QB547-2023			>Φ25	100		
				>Φ28	/		

本标准涉及牌号主要为 TC4、TC11、TC17 三个牌号，目前均已大批量供应，产品的供应状态主要依据目前现有的供货状态；产品规格主要依据实际生产过的叶轮产品进行制定，同时参考部分其他企业技术协议，供货状态和规格范围以及目前生产装备和技术工艺进行制定。

2 化学成分

本标准化学成分的制定主要依据供需双方签订的供货技术协议，化学成分的要求主要依据 GB/T3620.1，部分技术协议也只是将化学成分的具体要求单独列出，但仍是按 GB/T3620.1 的要求进行控制，只是为了协议在使用过程中方便查询。综合涉及协议的要求，考虑到标准间的相互协调性和一致性，本标准规定：锻件的化学成分应符合 GB/T 3620.1 的规定；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。具体要求见表 2。

表 2 化学成分

编制单位	牌号	标准编号	化学成分	
			制定依据	本标准
宝钛 超导 金天 拓普达	TC4 TC11 TC17	XJ/BS 5525-2019、XJ/BS 5815-2021、 XJ/BS 5624-2018、XJ/BS 5638-2018、 XJ/BS 5058-2015、X/WST 5204-2016、 XJ/BS 5344-2007a、X/WST 5239-2018、 XJ/BS 5693-2019、QB547-2023	产品的化学成分应符合 GB/T 3620.1 的规定。（部分技术协议将 GB/T 3620.1 的要求在协议中具体列出）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	锻件的化学成分应符合 GB/T 3620.1 的规定。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。

3 外形尺寸及其允许偏差

锻件的直径允许偏差、截面高度允许偏差及倒角半径主要依据技术协议 XJ/BS 5525-2019《TC4 钛合金叶轮坯料锻件技术协议》、XJ/BS 5815-2021《TC4 钛合金叶轮坯料锻件技术协议》和 XJ/BS 5638-2018《TC4 钛合金叶轮坯料锻件技术协议》的要求制定，然而，协议中对直径允许偏差、截面高度允许偏差及倒角半径仍是参照 GB/T 16598-2013 的规定进行。本标准对锻件外形尺寸及其允许偏差的要求在结合现有机加工设备能力的条件下，按 GB/T 16598-2013 的规定执行。锻件外形尺寸及其允许偏差的制定依据见表 3，其中，锻件的倒角半径 R 为 3mm~10mm。

表 3 直径和截面高度允许偏差

编制单位	标准编号	直径	直径允许偏差	截面高度	截面高度允许偏差	备注
宝钛	XJ/BS 5525-2019、	150~300	+3 -1	<50	+2 0	主要依据 GB/T 16598-2013
	XJ/BS 5815-2021、	>300~ 600	+3 -2	50~200	+3 -1	
	XJ/BS 5638-2018	>600~ 1000	+5 -3	>200~500	+4 -2	
		>1000~ 1500	+6 -4	>500~600	+5 -3	
超导、金天	同宝钛一致					

4 力学性能

4.1 热处理制度

锻件的力学性能应在经热处理后的锻件或试样坯上取样测试，推荐热处理制度依据相关技术协议制定，需要明确的是，在满足标准技术要求的前提下，实际使用的热处理制度可以根据材料状态进行调整。本标准推荐的热处理制度制定依据见表 4。

表 4 推荐热处理制度

编制单位	牌号	确定依据		推荐热处理制度
		标准编号	热处理制度	
宝钛	TC4	XJ/BS 5525-2019	(700~850)℃，保温(1~6)h，空冷	(700~850)℃，保温(1~6)h，空冷
		XJ/BS 5815-2021	(700~850)℃，保温(1~4)h，空冷	
		XJ/BS 5638-2018	(700~800)℃，保温(1~6)h，空冷	
超导		X/WST 5204-2016	(700~850)℃，保温(1~6)h，空冷	
宝钛	TC11	XJ/BS 5344-2007a	(940~960)℃(退火温度允许在β转变温度以下30℃~50℃范围内调整)，保温(1~2)h，空冷；(520~540)℃，保温6h，空冷	(940~960)℃(退火温度允许在β转变温度以下30℃~50℃范围内调整)，保温(1~2)h，空冷；(520~540)℃，保温6h，空冷
超导		X/WST 5239-2018		
宝钛	TC17	XJ/BS 5693-2019	(830~850)℃，保温(1~4)h，空冷；(790~810)℃，保温4h，水冷；(620~640)℃，保温8h，空冷	(830~850)℃，保温(1~4)h，空冷；(790~810)℃，保温4h，水冷；(620~640)℃，保温8h，空冷
拓普达	TC17	QB547-2023	830℃~850℃，保温1h~2h，空冷；790℃~810℃，保温1h~2h，水冷；620℃~640℃，保温8h，空冷。	

4.2 室温力学性能

锻件室温力学性能的确定主要依据双方签订的技术协议制定。其中，TC4钛合金室温拉伸性能和硬度指标主要依据 XJ/BS 5525-2019《TC4钛合金叶轮坯料锻件技术协议》和 XJ/BS 5815-2021《TC4钛合金叶轮坯料锻件技术协议》协议标准确定。冲击吸收能量指标主要依据 XJ/BS 5638-2018《TC4钛合金叶轮坯料锻件技术协议》和 XJ/BS 5058-2015《离心风机叶轮用 TC4 锻件技术协议(试制)》协议标准确定。

TC11 钛合金锻件室温拉伸性能、冲击吸收能量和硬度指标主要依据 XJ/BS 5344-2007a 和 X/WST 5239-2018 协议标准确定。

TC17 钛合金锻件室温拉伸性能、冲击吸收能量和硬度指标主要依据 XJ/BS 5693-2019 协议标准确定，其中，冲击吸收能量因数据较少，暂时以实测值报出，待数据积累充分后，再进行修订；硬度依据国家军用标准 GJB 2744A-2019 确定。

综上，叶轮用钛合金锻件产品的确定依据及指标要求见表 5。

表 5 力学性能指标及确定依据

编制单位	标准编号	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 $HRV(d)$ (10/29.42KN) mm	确定依据
宝钛	XJ/BS 5525-2019 XJ/BS 5815-2021	TC4	200~550	≥920	≥840	≥10	≥25	≥28	3.2~3.7	XJ/BS 5525-2019、 XJ/BS 5815-2021确 定了室温拉 伸性能和硬 度指标，
			>550~800	≥895	≥825	≥10	≥25	≥28		
			>800~1000	≥870	≥800	≥10	≥25	≥28	3.35~3.9	
			>1000	≥840	≥780	≥8	≥20	≥28		
	XJ/BS 5638-2018 XJ/BS 5058-2015		150~200	≥895	≥825	≥10	≥25	≥350 (KJ/m ²)	255~341 (HBW)	
超导	X/WST 5204-2016	200~<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			
宝钛	XJ/BS 5344-2007a	TC11	200~300	1060~1230	≥910	≥8	≥23	≥23.5	3.2~3.7	依据XJ/BS 5344-2007a
超导	X/WST 5239-2018		≤400	≥1030	≥885	≥8	≥23	≥24	-	确定了技术 指标；依据 X/WST 5239-2018确 定了技术指 标
			>400~1000	≥1000	≥885	≥8	≥23	≥24		
宝钛	XJ/BS 5693-2019	TC17	200~350	≥1120	≥1030	≥7	≥15	报实测	3.0~3.7	依据XJ/BS 5693-2019确 定了室温拉 伸性能，依据 GJB 2744A-2019 确定了硬度
拓 普 达	QB547-2023		>φ25	≥1120	≥1030	≥7	≥15	-	-	

5 β 转变温度

本标准规定：锻件应按熔炼炉号提供β转变温度实测值，主要是为需方后续锻件工艺的制定提供参考，方便执行。

6 超声检测

超声检测是在不损坏工件或原材料工作状态的前提下，对被检测部件的内部质量进行检查的一种测试手段。本规范采用脉冲反射式超声探伤，在均匀的材料中，缺陷的存在将造成材料的不连续，这种不连续往往又造成声阻抗的不一致，由反射定理，超声波在两种不同声阻抗的介质的交界面上将会反射，反射回来的能量大小与交界面两边介质声阻抗的差异和交界面的取样、大小有关，反射波的波形就反映了缺陷的性质。

锻件超声检测的确定主要依据 XJ/BS 5525-2019、XJ/BS 5815-2021 和 X/WST 5204-2016 协议技术条件。超声检测要求产品表面尽量平整，故本规范规定：锻件应在两端面进行超声检测，检测结果及其确定依据见表 6 的要求。

表 6 超声检测

编制单位	牌号	标准编号	确定依据		本标准
			截面高度 mm	验收级别	
宝钛	TC4	XJ/BS 5525-2019	80~160	A1	50~160 A1 >160~200 A >200~290 B >290~600 B级实测（允许半声程探伤）
			>160~200	A	
			>200~290	B	
			>290~500	B级实测（允许半声程探伤）	
		XJ/BS 5815-2021	100~<160	A1	
			160~<200	A	
			200~<290	B	
			≥290	B级实测	
		XJ/BS 5638-2018	75~100	A1	
		XJ/BS 5058-2015	525	B级（允许半声程探伤）	
超导	X/WST 5204-2016	100~<160	A1		
		160~<200	A		
		200~<500	B		
		≥500	双方协商确定		
宝钛	TC11	XJ/BS 5344-2007 _a	100~200	A1	
超导		X/WST 5239-2018	<220	A	
			220~400	B	
宝钛	TC17	XJ/BS 5693-2019	50~125	A1	
拓普达		QB547-2023	100	A1	
拓普达		QB547-2023	>Φ25~50	A1	

7 低倍组织、显微组织

低倍组织和显微组织客观反映了材料和锻件的内在质量，低倍组织和显微组织是钛合金材料标准和锻件标准的关键内容和关键质量控制点。本标准主要依据双方签订的技术协议确定了低倍组织和显微组织要求，结合生产实际与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等客户使用要求，将低倍组织规定为锻件的低倍组织不应有裂纹、折叠、气孔、金属或非金属夹杂物、偏析及其他目视可见的冶金缺陷；锻件的低倍组织不应有明显的、目视可见的清晰晶粒。同时将显微组织规定为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 及片状 α 组织均为可接受的。需要说明的是，针对产品的特殊要求，如需对显微组织进行评级，可根据实际情况在订货单（或合同）中注明，本标准基于常规叶轮用锻件，只进行通用显微组织要求的规定。低倍组织和显微组织的具体要求和确定依据见表7和表8。

表7 低倍组织及其确定依据

编制单位	标准编号	确定依据	本标准
宝钛	XJ/BS 5525-2019 XJ/BS 5815-2021 XJ/BS 5638-2018 XJ/BS 5693-2019 XJ/BS 5624-2018	产品的低倍组织不应有裂纹、折叠、气孔、缩尾、金属或非金属夹杂、偏析及其他目视可见的冶金缺陷。 不允许有肉眼可见的清晰晶粒。	锻件的低倍组织不应有裂纹、折叠、气孔、金属或非金属夹杂物、偏析及其他目视可见的冶金缺陷。
	XJ/BS 5058-2015	产品的横向低倍组织不应有裂纹、折叠、气孔、金属或非金属夹杂、偏析及其他目视可见的冶金缺陷。	
	XJ/BS 5344-2007a	低倍组织不应有裂纹、折叠、气孔、偏析、金属或非金属夹杂及其他目视可见的冶金缺陷。 低倍组织还不允许有明显的、目视可见的清晰晶粒。锻件应符合 GJB 2220 中图 1 的 1~6 级，轮心部位局部允许到 7 级。	锻件的低倍组织不应有明显的、目视可见的清晰晶粒。

表8 显微组织及其确定依据

编制单位	标准编号	确定依据	本标准
宝钛	XJ/BS 5525-2019 XJ/BS 5815-2021 XJ/BS 5638-2018 XJ/BS 5693-2019	产品的显微组织应是在转变的 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 ，无完整的原始 β 晶界。	锻件的显微组织应为 α + β 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 及片状 α 组织均为可接受的。
	XJ/BS 5624-2018	横向显微组织应是两相区加工产生的组织，无完整的原始 β 晶界。	
	XJ/BS 5058-2015	产品的显微组织应是两相区加工组织，无完整的原始 β 晶界。	
	XJ/BS 5344-2007a	经热处理后，锻件的显微组织应符合 GJB 2220 中图 3 的 1~6 级，	
		允许存在少量的条状初生 α 相，且初生 α 含量应不低于 15%，轮心部位局部允许到 8 级。	

8 外观质量

产品的外观质量对产品超声检测以及后续深加工产生一定的影响，为了控制产品表面质量，本标准规定其表面粗糙度以及不应存在的缺陷类型，同时规定了在不影响后续生产加工时，允许对局部缺陷进行修磨以及修磨的具体要求。

通过规定表面粗糙度以满足超声检测的要求，经过大量的实验证明，表面粗糙度不大于 3.2 μm 时，对超声检测的影响最小，也可避免因较高表面粗糙度要求带来的过渡机加。

为防止影响后续进一步加工或直接使用的锻件要求，故本标准规定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。

为避免过渡浪费，在不影响锻件使用或后续机加、改锻的前提下，允许锻件进行局部修磨，但需要明确的是锻件修磨以后同样不能影响锻件使用或后续机加、改锻的要求。故本标准规定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，且两端面上不允许存在有对称的清理凹坑，侧面打磨应沿轴向进行。

综上，结合与客户签订的技术协议，锻件的外观质量的具体要求及其制定依据见表 9。

表 9 外观质量及其确定依据

编制单位	标准编号	确定依据	本标准
宝钛	XJ/BS 5525-2019 XJ/BS 5815-2021 XJ/BS 5638-2018 XJ/BS 5693-2019 XJ/BS 5058-2015	产品表面应车光,表面粗糙度 Ra 值应不大于 3.2 μ m(以满足超声波检验要求为准)。 产品表面应洁净,不允许有氧化皮、裂纹、折叠等缺陷。 产品表面的局部缺陷允许修磨,修磨深度应不超过其尺寸允许偏差,打磨深宽之比在两端面应不大于 1:6,在圆周面应不大于 1:10,且不允许在两对称面同时出现清理凹坑。圆周面打磨应顺轴向进行。	锻件应以机加表面供货,表面粗糙度 (R_a) 应不大于 3.2 μ m。 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。
	XJ/BS 5624-2018	锻件表面不允许有裂纹、折叠、重皮、缩尾等肉眼可见的缺陷。局部缺陷允许采用修磨方法清除,清理深度与宽度之比在两端面应不大于 1:6,在内外侧面不大于 1:10,外侧面修磨顺轴向进行,同时,清理深度不得超过加工余量的 2/3,清除缺陷时圆滑过渡。	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。
	XJ/BS 5344-2007a	机加工锻件的表面粗糙度 Ra 值应不大于 3.2 μ m (以满足超声波检验要求为准)。 锻件表面不允许有裂纹、折叠、重皮、缩尾及其他冶金缺陷。锻件表面的局部缺陷应予以清除,清理深度应不超过其尺寸公差。 锻件表面允许有个别细小的疤痕、龟裂、鳞皮、皱褶、印痕、啃伤、麻点和划痕,但应保证不超出锻件的尺寸公差。	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,且两端面上不允许存在有对称的清理凹坑,侧面打磨应沿轴向进行。

(二) 主要试验 (或验证) 情况分析

2.1 本标准经过了大量实物供应及数据储备,形成了我国现阶段可批量稳定生产供货的叶轮机用钛合金锻件产品。表 5~表 10 为各牌号锻件各项室温力学性能实测验证数据。

表 10 TC4 室温力学性能实测验证数据 (规格组距 1)

验证单位	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 KU_2 J	硬度 HBS ($d \in 10/29.42KN$ mm)
标准值	≥ 920	≥ 840	≥ 10	≥ 25	≥ 28	3.2~3.7
宝钛	961	903	19.5	46	31	3.45/3.43/3.43
	960	897	16.0	44	34	3.43/3.43/3.44
	1020	968	15.0	45	28	3.45/3.37/3.45
	1023	972	14.5	44	28	3.38/3.38/3.45
	1024	961	15.0	40	31	3.40/3.38/3.37
	1001	932	13.5	40	30	3.47/3.43/3.45
	986	924	13.0	40	27	3.44/3.40/3.37

	992	934	16.0	42	29	3.42/3.36/3.40
	957	886	16.5	38	32	3.40/3.33/3.43
	970	898	13.0	38	31	3.39/3.40/3.45
超导	1000	933	14.0	40	34	3.41
	997	932	14.5	43	35	3.42
	996	931	15.0	44	35	3.46
	977	914	15.5	42	34	3.50
	968	899	14.5	40	35	3.45
	962	893	13.5	35	35	3.46
金天	1009	946	17.0	43	37	3.51
	988	925	14.50	48	39	3.42
	1033	935	19.0	39	25	3.30
	1042	948	19.5	38	25	3.30
	1033	937	13.0	38.5	25	3.34
	1058	955	15.0	32.0	26	3.34
	1043	944	18.0	41	25	3.32
	1038	940	17.0	45	33	3.32
	1093	960	16.0	45	44	3.35
	1104	972	16.5	46	32	3.35

表 11 TC4 室温力学性能实测验证数据 (规格组距 2)

验证单位	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 KU_2 J	硬度 HBW ($d(10/29.42KN)$ mm)
标准值	≥ 895	≥ 825	≥ 10	≥ 25	≥ 28	3.2~3.7
宝钛	1010	943	15.5	38	31	3.46/3.39/3.46
	996	935	16.0	42	30	3.37/3.45/3.43
	976	914	15.0	39	28	3.45/3.45/3.43
	980	912	16.0	37	33	3.48/3.46/3.43
	991	925	15.0	40	33	3.41/3.40/3.42
	1000	940	16.0	39	34	3.44/3.43/3.43
	1013	954	20.5	41	28	3.39/3.38/3.41
	1014	956	17.5	39	28	3.38/3.38/3.39
	981	917	14.0	41	29	3.42/3.42/3.43
	978	916	15.0	46	27	3.48/3.46/3.49
金天	970	895	14.0	38	36	3.43
	976	905	12.0	39	34	3.44
	967	896	19.0	42	39	3.54
	982	918	17.0	43	38	3.45
	983	926	17.0	43	42	3.46
	990	938	14.5	38	36	3.49
	996	937	18.5	39	38	3.58

	985	920	14.5	36	33	3.56
	980	914	16.0	41	60	3.55
	986	914	14.0	35	60	3.68

表 12 TC4 室温力学性能实测验证数据 (规格组距 3)

验证单位	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 KU_2 J	硬度 HBW (d(10/29.42KN mm
标准值	≥ 870	≥ 800	≥ 10	≥ 25	≥ 28	3.35-3.9
宝钛	995	937	14.0	40	31	3.46/3.48/3.46
	990	931	14.0	42	27	3.46/3.45/3.44
	956	903	16.0	38	33	3.44/3.45/3.45
	964	905	14.5	35	30	3.44/3.43/3.42
	973	908	17.0	39	29	3.43/3.44/3.44
	970	905	14.0	41	32	3.49/3.48/3.49
	944	891	18.0	38	32	3.48/3.48/3.51
	956	898	21.0	45	34	3.49/3.49/3.48
	999	940	13.5	39	37	3.43/3.44/3.43
	996	935	13.5	43	35	3.43/3.43/3.43

表 13 TC4 室温力学性能实测验证数据 (规格组距 4)

验证单位	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 KU_2 J	硬度 HBW (d(10/29.42KN mm
标准值	≥ 840	≥ 780	≥ 8	≥ 20	≥ 28	3.35-3.9
宝钛	969	899	16.0	44	28	3.40/3.47/3.45
	961	891	17.5	43	32	3.44/3.42/3.44
	928	870	18.0	35	31	3.46/3.51/3.50
	923	863	17.0	35	31	3.46/3.47/3.48
	935	870	18.0	43	29	3.50/3.50/3.48
	927	861	18.5	44	27	3.50/3.48/3.46
	952	891	15.5	41	31	3.51/3.51/3.52
	942	879	16.5	42	31	3.50/3.50/3.51
	995	928	17.0	40	34	3.45/3.45/3.46
	994	927	15.5	41	30	3.46/3.46/3.45
金天	1018	947	13.5	33	30	3.54
	1034	967	16.5	30	28	3.48
	969	900	11.5	33	31	3.4
	978	906	15.0	35	30	3.44

表 14 TC11 室温力学性能实测验证数据

验证单位	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 KU_2 J	硬度 HBW (d(10/29.42KN mm
标准值	1060-1230	≥ 910	≥ 8	≥ 23	≥ 23.5	3.2-3.7

宝钛	1087	938	14.5	36	44	3.29/3.32/3.30
	1081	935	17.0	47	42	3.28/3.29/3.33
	1097	950	15.5	46	34	3.26/3.28/3.27
	1109	969	14.0	47	36	3.28/3.27/3.27
	1096	947	13.0	53	38	3.27/3.28/3.29
	1070	919	15.5	54	39	3.29/3.28/3.27
	1097	937	18.5	49	43	3.32/3.32/3.30
	1097	938	18.5	48	39	3.28/3.27/3.30
	1097	965	16.0	38	44	3.29/3.28/3.28
	1106	955	17.5	46	42	3.25/3.26/3.25
超导	1063	956	16.0	36	38.4	—
	1063	947	16.5	41	37.2	—
	1063	936	15.5	46	40.5	—
	1066	941	15.5	32	39.6	—
	1066	964	18.0	42	47.2	—
	1081	976	17.0	45	45.7	—

表 15 TC17 室温力学性能实测验证数据

验证单位	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 KU_2 J	硬度 HBW ($d < 10/29.42KN$ mm)
标准值	≥ 1120	≥ 1030	≥ 7	≥ 15	报实测	3.0~3.7
宝钛	1187	1139	12.5	38	17	3.18/3.20/3.20
	1181	1137	11.5	39	16	3.17/3.18/3.18
	1193	1136	15.5	32	22	3.20/3.18/3.19
	1182	1124	10.5	32	20	3.18/3.18/3.20
	1187	1139	12.5	38	22	3.21/3.22/3.22
	1181	1137	11.5	39	16	3.20/3.23/3.22
	1230	1190	12.0	35	18	3.19/3.18/3.19
	1220	1170	15.5	38	20	3.19/3.18/3.18
	1170	1120	13.5	34	22	3.14/3.13/3.13
	1190	1140	15.5	31	21	3.15/3.18/3.17

2.2 验证分析结论

2.1.1 经过前期典型牌号多批次试验验证，产品的力学性能稳定，满足本标准规定要求。

2.1.2 本标准对产品主要技术参数的规定是合理可行的，同时产品主要技术参数的实测验证数据稳定，并有一定富余度及可提升空间，规定产品的技术要求科学合理。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题

五、预期达到的社会效益等情况

(一) 项目的必要性简述

本项目依据《装备制造业标准化和质量提升规划》(国质检标联[2016]396号)中关键基础零部件及《战略性新兴产业分类(2018)》(国家统计局令第23号)中3.2.3.3中先进钛合金锻件;原材料工业质量提升三年行动方案(2018-2020年)工信部联科[2018]198号文件中,有色金属行业:节能与新能源汽车等重点领域用有色金属材料质量均一性提高,中高端产品有效供给能力增强;国家标准化管理委员会关于印发《2020年全国标准化工作要点》的通知52条中,关于研制专用材料等标准为基础制定。

(二) 项目的可行性简介

叶轮机用钛合金锻件作为节能流体机械产品的核心部件,广泛应用于污水处理、余热回收、煤气回收、火力发电等领域,为上述领域的工业生产提供气体动力、风系统节能改造及环境保护。由于钛合金具有优良的耐腐蚀性能,优异的抗冲击及力学性能,目前钛合金整体叶轮正逐步采用与钢力学性能相当的高性能钛合金锻件替代钢锻件,大大延长了设备的使用寿命。早起此类设备均为全套引进国外设备,在经过十几年的技术消化吸收后,现国内主要生产单位批量生产的钛合金整体叶轮可完全达到国外此类设备的各项指标要求,可代替国外进口产品。

本标准项目组已对国内叶轮机用钛合金锻件行业的技术水平、生产情况进行了详细的调研分析,现制定《叶轮机用钛合金锻件》行业标准的条件已成熟,具备充实的制定条件和恰当的制定时机。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

6.1 采用国际标准的程度

现无查询到国外相关标准。

6.2 国家同类标准水平的对比分析

因国内暂无其他同类国家标准或行业通用标准,长期以来叶轮机用钛合金锻件订货时通常采用技术协议的形成签订,具体指标由供需双方协商确定。由此可见,本标准的编制是行业和市场急需的产物,标准水平也代表了行业针对叶轮机用钛合金锻件的要求。本标准的制定达到了国内先进水平。

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准,特别是强制性国家标准的协调配套情况

该标准的制定符合现行法律、法规的要求,本标准与其他强制性国家标准无矛盾与不协调之处。标准的格式和表达方式等方面完全执行了现行的国家标准和有关法规,符合GB/T 1.1-2020的有关要求。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

暂无重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

本标准建议作为推荐性行业标准发布实施。

十、贯彻标准的要求和措施建议

1、首先应在实施前保证标准文本的充足供应，使每个制造厂、设计单位以及检测机构等都能及时获取本标准文本，这是保证新标准贯彻实施的基础。

2、本次制定的《叶轮机用钛合金锻件》，不仅与生产企业有关，而且与设计单位、检测机构等相关。对于标准使用过程中容易出现的疑问，起草单位有义务进行必要的解释。

3、可以针对标准使用的不同对象，如制造厂、质量监管等相关部门，有侧重点地进行标准的培训和宣贯，以保证标准的贯彻实施。

4、建议本标准批准发布 6 个月后实施。

十一、废止现行有关标准的建议

在本标准为首次制定，暂无废止有关标准。

十二、其他应予说明的事项

无。

《叶轮机用钛合金锻件》标准编制组

2023年5月5日