

有色行业标准编制说明

项目名称：	高温钛合金紧固件用棒材和丝材
主办部门：	中国有色金属工业协会
项目计划编：	中色协科字[2024]17 号 2024-016-T/CNIA 中国科学院金属研究所、宝鸡钛业股份有限公司、 航天精工股份有限公司、中国航空工业标准件制造 有限责任公司
起草单位：	有限责任公司
填报时间：	2024 年 6 月

《高温钛合金紧固件用棒材和丝材》
编制说明（讨论稿）

一、工作简况

(一) 任务来源

根据全国有色标准化技术委员会《关于召开有色标准项目论证会暨标准制修订工作会议的通知》(有色标委[2024]35号)的要求,协会标准《高温钛合金紧固件用棒材和丝材》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:2024-016-T/CNIA,计划完成年限为2025年6月,标准起草单位为中国科学院金属研究所、宝鸡钛业股份有限公司、航天精工股份有限公司、中国航空工业标准件制造有限责任公司等。

(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

标准主编单位中国科学院金属研究所在标准的编制过程中,能积极主动收集国内外高温钛合金紧固件用棒材和丝材相关标准,负责项目的总体实施和策划,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。

宝鸡钛业股份有限公司、航天精工股份有限公司和中国航空工业标准件制造有限责任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,并对标准中高温钛合金紧固件用棒材和丝材进行严格把关。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,主要完成了高温钛合金紧固件用棒材和丝材的相关资料整理,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
朱绍祥	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
王磊、岳旭、赵焕	负责标准中相关技术要求内容的编写及把关
陶海林、孙虎代、蒋纪新	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
陈志勇、王少阳	提供理论支撑,对国内外高温钛合金紧固件用棒材和丝材标准对比提供支持
刘梓童、雒水会、齐跃、王全兵、李茂真	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
胡志杰、马忠贤、李博	标准编写材料的收集及标准部分内容的编写与把关

(三) 工作过程

1 预研阶段

2019年4月至2020年4月，由中国科学院金属研究所、宝鸡钛业股份有限公司、航天精工股份有限公司和中国航空工业标准件制造有限责任公司对国内高温钛合金紧固件用棒材和丝材行业生产现状进行了现场调研，具体内容为：了解国内高温钛合金紧固件用棒材和丝材行业的技术水平、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《高温钛合金紧固件用棒材和丝材》标准项目建议书、标准草案及标准立项说明等材料。

2 立项阶段

2023年11月，中国科学院金属研究所向全体委员会议提交了《高温钛合金紧固件用棒材和丝材》标准项目建议书、标准草案及标准立项说明等立项资料，全体委员会议论证结论为同意协会标准立项。

2024年4月，中国有色金属工业协会下达了制定《高温钛合金紧固件用棒材和丝材》协会标准的任务，计划编号为2024-016-T/CNIA，完成年限为2025年，技术归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。

3 起草阶段

根据中国有色金属工业协会关于下达《高温钛合金紧固件用棒材和丝材》制定计划的要求，组织召开《高温钛合金紧固件用棒材和丝材》标准制定协调会议，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，并确定了标准的编制成员后形成了《高温钛合金紧固件用棒材和丝材》标准讨论稿及编制说明。

本标准依据我国高温钛合金紧固件用棒材和丝材行业市场情况首次制定，在起草阶段进行了大量的数据收集，同时兼顾全国钛材生产厂家的现状。

1) 2023年9月成立标准编制组，并明确了工作的职能和任务。

2) 2023年10月~2024年4月对高温钛合金紧固件用棒材和丝材进行了相关资料的收集和总结，并对相关的技术资料进行了对比分析。

3) 2024年4月~2024年6月根据对高温钛合金紧固件用棒材和丝材的相关资料进行分析和总结，形成了《高温钛合金紧固件用棒材和丝材》的草案稿。

4 征求意见阶段

本标准拟以召开专题会议、发送标准邮件、标委会网站上公开挂网等多种形式和办法进行广泛的征求意见。

二、标准编制原则

本标准在编制时，主要参考了中国科学院金属研究所和宝钛股份企业标准及相关协议标准，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 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定格式进行编写。
- b) 细化产品类型，突出高温钛合金紧固件用棒材和丝材特有性能表征。
- c) 细化产品验收要求。在企业现有钛合金紧固件用棒材和丝材基础上增加高温钛合金；

本规范依据供需双方签订的技术协议、订货合同、企业标准等为基础，在国内GB/T 2965《钛及钛合金棒材》 GB/T 3623《钛及钛合金丝》 GB/T 42159《紧固件用钛及钛合金棒材和丝材》 GJB 2219A《紧固件用钛及钛合金棒材和线材规范》基础上，以应用单位对高温钛合金紧固件用棒材和丝材的需求和生产企业的生产能力为依据进行设立。立足国内企业制造实际与工业和信息化部建设高温钛合金紧固件用棒材和丝材制造体系、全面创建高温钛合金棒材和丝材的要求，确保标准的可操作性。

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

本标准规定了高温钛合金紧固件用棒材和丝材的要求、质量保证规定、交货准备等。本标准适用于航空、航天紧固件用高温钛合金棒材和丝材。

本规范包含TA33和TA38两个钛合金牌号，均为已批产并在航空发动机领域得到广泛使用。本规范中合金的力学性能指标参照现行国军标、型号标准或与相关单位签订的技术协议确定。

经查，国内GB/T3623《钛及钛合金丝》和GB/T 2965《钛及钛合金棒材》为我国航空、航天、舰船等行业提供了大量的钛合金棒材和丝材的标准；GB/T 42159《紧固件用钛及钛合金棒材和丝材》 GJB 2219A《紧固件用钛及钛合金棒材和线材规范》在我国钛合金紧固件的发展进程中起到了积极的推动作用，为航空、航天等领域提供了大批量的钛合金棒材和线材。随着航空、航天的快速发展，推动了各类新型材料的产生，各种新型紧固件也不断地被研制和应用。这些新型紧固件采用了稳定的高性能高温钛合金材料，通过先进的加工技术和表面处理方式，具有非常好的表面质量和使用性能，广泛适用于航空航天等领域，且均已专用的技术协议标准供货，对化学成分，工艺性能及特殊热处理工艺均作了严格规定。预计未来五年随着武器装备耐温性、轻量化的需求扩大，高温钛紧固件用料的需求会持续上升。随着使用温度的提高，高温钛合金棒材和丝材的生产方法明显与室温钛合金棒

材或线材的方法不同，其力学性能项目也明显不同，增加了很多耐高温性能，比如高温持久、蠕变等。现阶段其他标准的适用范围及性能指标均不包含此性能，需要进行增加。

本规范技术水平要求高。本规范对规定范围内高温钛合金棒材和丝材的力学性能、超声检测、金相组织等均有严格的质量要求。本规范依据实际供货情况对棒材和丝材的高低倍组织进行明确。本规范的力学性能指标比国家标准、相关技术协议中同牌号较小规格钛合金棒材高，探伤指标高于或等同于同牌号协议标准的指标，是目前国内高温钛合金紧固件用棒材和丝材技术含量最高的标准。

在确定过程中，对现有技术协议进行了全面的归纳、对比，规格范围涵盖了所有现有较成熟的高温钛合金紧固件用棒材和丝材的协议标准。

(二) 主要试验（或验证）情况分析

1 标准内容确定依据

1) 牌号、状态和规格

本规范按照现航空领域市场需求及现阶段实际供货情况，整合了 TA33 和 TA38 两个牌号钛合金棒材和丝材的尺寸范围，涵盖了现阶段航空领域上述两牌号棒材所有规格的使用需求。本规范对订购方属于材料标准，后续还需进行热墩、滚丝等加工，确定棒材交货状态主要为退火态（M 态）。其中 TA33 和 TA38 棒材和丝材规格范围为 $\Phi 5.0\text{mm} \sim \Phi 15.0\text{mm}$ 。具体棒材的牌号、状态和规格的规定见表 2。

表2 棒材和丝材的牌号、状态和规格

牌号	供应状态	直径 mm	长度 mm
TA33、TA38	退火 M	5.0~15.0	≥3000

2) 材料

由于钛及钛合金化学活性高，易受 H、O、N 等气体污染，所以规定铸锭采用真空熔炼；为保证成分的均匀性、可控性和稳定性，规定铸锭的熔炼要求如下：用于制造高温钛合金紧固件用棒材和丝材的铸锭应采用真空自耗电弧炉熔炼，熔炼次数为三次，铸锭最后一次熔炼稳定阶段的压强应不大于 5Pa。自耗电极不允许使用钨极氩弧焊焊接。

3) 化学成分

本规范的化学成分具体列出，其中 TA33 已经在 GB/T 3620.1《钛及钛合金牌号和化学成分》中，TA38 已完成牌号注册，预计会在下一版 GB/T 3620.1 中。成分允许偏差应符合 GB/T 3620.2 的规定。

因此，结合现行型号用棒材和丝材标准，本规范采用的化学成分要求见表 3。

表3 化学成分

牌号	主要成分										杂质含量，不大于					
	Ti	Al	Sn	Zr	Mo	Si	Nb	Ta	W	C	Fe	O	N	H	其它元素 ^a	
															单一	总和
TA33	基	5.2~6.5	3.0~4.5	2.5~4.0	0.2~1.0	0.2~0.6	0.2~0.7	0.7~1.5	-	0.04~0.08	0.25	0.15	0.05	0.012	0.10	0.30
TA38	基	5.2~6.2	3.5~4.5	3.0~5.0	0.2~1.0	0.2~0.6	0.2~0.7	0.5~2.5	0.2~1.6	0.02~0.08	0.05	0.15	0.05	0.012	0.10	0.30

^a其它元素，在正常情况下不作检验，但供方应保证。需方要求并在合同中注明时应予以检验，检验元素包括：V、Cr、Mn、Cu、Y。Y含量质量分数为不大于0.005%。

4) 力学性能

本规范规定了 TA33 和 TA38 不同规格棒材和丝材的室温拉伸性能、室温剪切性能、高温拉伸性能、持久强度、热稳定性能、蠕变性能等指标。

指标制定及参考标准见表4。

表4 参考标准

标准号	标准名称	涉及牌号
Q/KJ.J05.48-2018	紧固件用 Ti60 钛合金棒丝材	TA33
Q/KJ.J05.73-2021	Ti65 钛合金棒材	TA38
ST.ST.85	涡轮冲压组合发动机紧固件用 Ti65 合金棒材规范	TA38
JSXY/TH-HT33	紧固件用 Ti60 钛合金丝材	TA33

退火态棒材和丝材直接取试样进行拉伸和剪切性能测试，棒材和丝材在经热处理后的试样坯上进行拉伸、剪切、持久和蠕变性能测试。推荐的热处理制度见表 5。

表5 推荐热处理制度

牌 号	热处理类型	热处理制度
TA33、TA38	退 火	(800~950) °C, 2h, 空冷或炉冷
	固 溶	β_1 - (15~45) °C, 1h~3h, 空冷或更快冷
	时 效	(650~750) °C, 2h~8h, 空冷

各牌号棒材和丝材常规力学性能应符合表 6 和表 7 的规定。。

表6 室温力学性能

牌号	试样状态	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 /%	剪切强度 τ /MPa
TA33	退火 M	≥ 1030	≥ 900	≥ 10	≥ 20	≥ 600
	固溶时效 STA	≥ 1050	≥ 930	≥ 8	≥ 15	≥ 620
TA38	退火 M	1000~1200	≥ 890	≥ 10	≥ 20	≥ 600
	固溶时效 STA	≥ 1100	≥ 1000	≥ 8	≥ 15	≥ 620

表7 高温力学性能

材料 牌号	温度 ℃	状态	拉伸性能, 不小于			高温持久性能 ^a		高温蠕变性能 ^b		
			R_m/MPa	$A/\%$	$Z/\%$	σ, MPa	τ, h	σ, MPa	τ, h	残余变形, %
TA33	600	退火 M	600	20	30	-	-	-	-	-
		固溶时效 STA	650	15	25	240	≥ 50	120	100	≤ 0.2
TA38	650	退火 M	500	25	40	-	-	-	-	≤ 0.2
		固溶时效 STA	600	20	30	200	≥ 100	100	100	≤ 0.2

^a, ^b直径不小于 8mm 的棒材进行高温持久性能和高温蠕变性能测试

5) 低倍组织

低倍检验在产品验收、新品试制、工艺调整与控制方面占有十分重要的地位，低倍检验为金相检验的一部分。本规范对产品的低倍检验进行了通用限定，确保了产品的质量稳定性判定。

a) 横向低倍组织不应有裂纹、折叠、气孔、缩尾、金属或非金属夹杂及其他目视可见的冶金缺陷。

b) 低倍组织不允许有偏析。

6) 显微组织

显微组织检验时检验产品材料质量好坏的重要方法之一，是企业主要用于评定金属材料质量优劣的常规检验。

本规范对高温钛合金紧固件用棒材和丝材的显微组织分别从初生 α 相、长条 α 相等形貌对产品显微组织进行了规定，进一步保证了工艺和质量稳定性及后续使用可靠性。

显微组织要求应满足以下要求：退火态棒材和丝材，其横向显微组织应是等轴 α 组织，拉长 α 组织或等轴 α 和拉长 α 的混合组织。

7) β 转变温度

β 转变温度为钛合金相转变的重要温度参数，也是热加工中控制组织的关键参数。本规范提供的产品因后续需热加工为成品紧固件，因此相变点为产品重要参数。规范规定棒材和丝材应按批提供实测 β 转变温度。

8) 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。其原理为：一般在均匀的材料中，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。

本规范中规定对不同规格的棒材和丝材进行了超声规定，对当量平底孔尺寸及杂波水平进行了规定，探伤水平要求如下：直径小于 6mm 的棒材和丝材应按 GB/T 23601 进行涡流检验，响应信号的幅度应不大于纵向槽型人工缺陷信号幅度。纵向人工刻伤尺寸为 0.2mm，宽度 0.2mm，长度 8mm。直径不小于 6mm 的棒材应按 GB/T 5193 进行超声波探伤检验，纵波检验结果应符合 A1 级的规定。

9) 尺寸和外形、表面状况、外观质量、产品标志

尺寸和外形、表面状况、外观质量、产品标志等要求，与 GJB 2219A《紧固件用钛及钛合金棒材和线材规范》相当，满足紧固件制备要求。

2 验证情况

1) 针对典型高温钛合金紧固件用棒材和丝材，按本标准规定的方法，对主要技术指标进行了典型产品的验证，验证数据结果见表 7~表 22。

表 7 Ti60 合金丝材（Φ6.1）退火态拉伸性能

样品编号	$R_{p0.2}$, MPa	R_m , MPa	A , %	Z , %
1-M-1	984	1105	16.5	27
1-M-2	985	1102	17.5	27
1-M-3	972	1082	19.5	27
2-M-1	952	1086	16.5	28
2-M-2	1038	1165	13.5	28
2-M-3	948	1078	16.5	30
技术指标		≥1030	≥10	≥20

表 8 Ti60 合金丝材（Φ6.1）热处理态拉伸性能

样品编号	$R_{p0.2}$, MPa	R_m , MPa	A , %	Z , %
1-STA-1	1019	1138	12.0	18
1-STA-2	1032	1152	13.0	20
2-STA-1	992	1108	13.5	22
2-STA-2	992	1103	13.5	20
技术指标		≥1100	≥10	≥20

表 9 Ti60 合金丝材（Φ6.1）退火态 650℃拉伸性能

样品编号	$R_{p0.2}$, MPa	R_m , MPa	A , %	Z , %
1-M-650-1	430	585	58.0	66.0
1-M-650-2	425	580	58.5	67.5
1-M-650-3	440	580	64.5	69.5
2-M-650-1	445	595	44.5	48.5
2-M-650-2	445	600	40.0	41.0
2-M-650-3	455	600	44.5	48.0

技术指标		≥500	≥25	
------	--	------	-----	--

表 10 Ti60 合金丝材 (Φ6.1) 热处理态 650℃拉伸性能

样品编号	$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa	A %	Z %
1-STA-650-1	550	680	31.5	45.5
1-STA-650-2	555	690	34.5	45.5
1-STA-650-3	545	680	33.5	50.0
2-STA-650-1	515	640	33.5	49.0
2-STA-650-2	515	640	26.5	48.5
2-STA-650-3	520	650	43.5	53.5
技术指标		≥500	≥25	

表 11 Ti60 合金丝材 (Φ6.1) 退火态室温剪切

样品编号	温度℃	双抗剪强度
1-M 态-1	室温	<u>694</u>
1-M 态-2	室温	<u>689</u>
1-M 态-3	室温	<u>678</u>
2-M 态-1	室温	<u>694</u>
2-M 态-2	室温	<u>686</u>
2-M 态-3	室温	<u>686</u>
参考值		≥700

表 12 Ti60 合金丝材 (Φ6.1) 热处理态室温剪切

样品编号	温度℃	双抗剪强度
1-STA-1	室温	<u>714</u>
1-STA-2	室温	<u>712</u>
2-STA-1	室温	<u>706</u>
2-STA-2	室温	<u>695</u>
参考值		≥750

表 13 Φ5.02mm 丝材 M 态性能检测结果

检测项目	试样	R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	A %	Z %	剪切
室温性能	L1	1124	984	13	38	734
	L2	1177	1034	12	36	730
	标准值	1000~1200	≥890	≥10	≥20	≥600
650℃/100h 热稳定	L1	1147	1068	13.5	25	/
	L2	1158	1094	15.5	37	/
	标准值	/	/	≥3	≥6	/

表 14 Φ5.02mm 丝材 STA 态性能检测结果

检测项目	试样	R _m MPa	R _{p0.2} MPa	A %	Z %	剪切
室温性能	L1	1209	1122	13.5	30	690
	L2	1209	1079	14.0	30	712
	标准值	≥1100	≥1000	≥8	≥15	≥620
注：STA 态试样热处理制度：1000℃保温 1 小时，AC+700℃保温 5 小时，AC						

表 15 Φ8.5mm 棒材 M 态性能检测结果

检测项目	试样	R _m MPa	R _{p0.2} MPa	A %	Z	剪切
室温性能	L1	1060	991	14.5	34	733
	L2	1146	1090	12.0	31	748
	标准值	1000~1200	≥890	≥10	≥20	≥600
600℃高温性能	L1	659	468	32.0	65	/
	L2	671	473	33.0	70	/
	标准值	≥600	/	≥20	≥30	/
650℃高温性能	L1	565	292	59.5	87	/
	L2	567	290	69.5	94	/
	标准值	≥500	/	≥25	≥40	/
650℃/100h, 热 稳定	L1	1183	1143	12.5	30	/
	L2	1154	1107	13.0	30	/
	标准值	/	/	≥3	≥6	/

表 16 Φ8.5mm 棒材 STA 态性能检测结果

检测项目	试样	R _m MPa	R _{p0.2} MPa	A %	Z%	剪切
室温性能	L1	1130	1049	12.0	20	729
	L2	1129	1049	12.0	21	715
	标准值	≥1100	≥1000	≥8	≥15	≥620
600℃高温性能	L1	793	626	19.5	38	/
	L2	786	614	20.0	40	/
	标准值	≥650	/	≥15	≥25	/
600℃, 240MPa, ≥ 50h 高温持久	L1、L2 试样 51h 未断					
600℃高温蠕变	120MPa/100h, 残余蠕变 0.0396%/0.0424%					

		标准值		残余变形 $\leq 0.2\%$		
650℃高温性能	L1	733	567	25.0	43	/
	L2	723	557	23.0	42	/
	标准值	≥ 600	/	≥ 20	≥ 30	/
650℃, 200MPa, $\geq 100\text{h}$ 高温持久		L1、L2 试样 101h 未断				
650℃高温蠕变		100MPa/100h, 总塑性伸长率 0.112%/0.108%				
注: STA 态试样热处理制度: 1015℃保温 1 小时, AC+700℃保温 5 小时, AC						

表 17 $\Phi 12.5\text{mm}$ 棒材 M 态性能检测结果

检测项目	试样	R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	A %	Z %	剪切
室温性能	L1	1113	1043	15.0	40	761
	L2	1102	1045	14.5	39	743
	标准值	1000~1200	≥ 890	≥ 10	≥ 20	≥ 600
600℃高温性能	L1	653	440	34.0	71	/
	L2	654	484	37.5	71	/
	标准值	≥ 600	/	≥ 20	≥ 30	/
650℃高温性能	L1	583	339	59.5	90	/
	L2	567	309	69.5	92	/
	标准值	≥ 500	/	≥ 25	≥ 40	/
650℃/100h, 热稳定	L1	1174	1133	14.0	36	/
	L2	1162	1119	14.5	35	/
	标准值	/	/	≥ 3	≥ 6	/

表 18 $\Phi 12.5\text{mm}$ 棒材 STA 态性能检测结果

检测项目	试样	R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	A %	Z %	剪切
室温性能	L1	1129	1044	12.0	25	795
	L2	1117	1026	13.0	24	785
	标准值	≥ 1100	≥ 1000	≥ 8	≥ 15	≥ 620
600℃高温性能	L1	744	593	19.5	61	/
	L2	726	578	22.0	57	/
	标准值	≥ 650	/	≥ 15	≥ 25	/

600℃, 240MPa, ≥50h 高温持久		L1、L2 试样 51h 未断				
600℃, 120MPa, 100h 蠕变		残余蠕变 0.0336%/0.0752%				
		标准值		残余变形≤0.2%		
650℃高 温性能	L1	683	516	33	79	/
	L2	675	511	27	69	/
	标准值	≥600	/	≥20	≥30	/
650℃, 200MPa, ≥100h 高温持久		L1、L2 试样 101h 未断				
650℃, 100MPa, 100h 蠕变		残余蠕变 0.158%/0.161%				
		标准值		残余变形≤0.2%		
650℃高温疲劳		应力 260 MPa, 轴向加载, $K_t=1$, $R=0.06$, $N \geq 10^7$ 周末断裂				
注: STA 态试样热处理制度: 1010℃保温 1 小时, 油冷+700℃保温 5 小时, AC						

表 19 Φ6.1mm 丝材退火态检测结果

检测项目	试样	Rm/MPa	Rp0.2/MPa	A/%	Z/%	τ/MPa
室温性能	L1	1058	968	16.0	40.0	711
	L2	1075	997	14.0	41.0	717
	指标	1000-1200	≥890	≥10	≥20	≥600
650℃/100h 热稳定	试样	Rm/MPa	/	A/%	Z/%	备注
	L1	1245	/	15.5	31	毛坯热暴露
	L2	1242	/	13.5	30	
	指标	实测	/	≥3	≥6	/
退火制度: 870℃/2h, AC						

表 20 Φ6.1mm 丝材 STA 态性能检测结果

检测项目	试样	Rm/MPa	Rp0.2/MPa	A/%	Z/%	τ/MPa
室温性能	L1	1129	1030	14.5	29.0	739
	L2	1124	1020	13.5	29.0	740
	指标	≥1100	≥1000	≥8	≥15	≥620
固溶时效制度: 1000℃/1h, AC+700℃/5h, AC						

表 21 Φ10.5mm 丝材退火态检测结果 (820℃保温 2h, AC)

检测项目	试样	Rm/MPa	Rp0.2/MPa	A/%	Z/%	τ /MPa
室温性能	L1	1144	1065	12.0	32.0	749
	L2	1134	1069	12.5	34.0	742
	指标	1000-1200	≥ 890	≥ 10	≥ 20	≥ 600
600℃高温性能	L1	675	489	40.0	68.0	/
	L2	654	473	37.5	70.0	/
	指标	≥ 600	/	≥ 20	≥ 30	/
650℃高温性能	L1	571	329	58.0	68.0	/
	L2	556	315	54.0	71.0	/
	指标	≥ 500	/	≥ 25	≥ 40	/
650℃/100h, 热稳定	L1	1203	/	14.0	33.0	毛坯热暴露
	L2	1202	/	13.5	30.0	
	指标	/	/	≥ 3	≥ 6	/

表 22 $\Phi 10.5\text{mm}$ 丝材 STA 态性能检测结果

检测项目	试样	Rm/MPa	Rp0.2/MPa	A/%	Z/%	τ /MPa
室温性能	L1	1128	1024	13.5	22.0	728
	L2	1119	1018	14.5	22.0	734
	指标	≥ 1100	≥ 1000	≥ 8	≥ 15	≥ 620
600℃高温性能	L1	721	566	24.5	48.0	/
	L2	729	569	20.5	47.0	/
	指标	≥ 650	/	≥ 15	≥ 25	/
600℃, 240MPa/50h 高温持久	L1、L2 试样 50.5h 未断					
600℃, 120MPa/100h, 高温蠕变	0.080%, 0.080%					
650℃高温性能	试样	Rm/MPa	Rp0.2/MPa	A/%	Z/%	τ /MPa
	L1	666	432	36.5	62.0	/
	L2	672	402	35.5	61.0	/

	指标	≥600	/	≥20	≥30	/
650℃，200MPa/100h 高温持久	L1、L2 试样 101h 未断					
650℃，100MPa/100h，高温蠕变	0.112%、0.160%					
固溶时效制度：1015℃保温 1 小时，空冷+700℃保温 5 小时，AC						

同时对相应产品的尺寸和外形及外观质量检查，均符合本标准要求。根据客户需要，现机加设备可使直径尺寸公差控制在更小范围内。

由以上数据可知，标准中主要技术指标是科学合理的，同时便于生产厂家调整。通过本标准的实施，将促进行业的技术提高与发展，有利于新型高效的新产品的发展。

四、标准中涉及专利的情况

现查询到《ZL201811387975.9 一种耐热钛合金丝材的制备方法和应用》一项专利，标准编制过程中有可能涉及。有关高温钛合金紧固件用棒材和丝材的相关专利，均为标准起草单位所有，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

钛及钛合金是宇航系统机械连接的重要材料，在 20 世纪 50 年代就被用于生产宇航器紧固件。新型高强度钛合金，如 Ti-13V-11Cr-3Al、Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr、Ti-6Al-6V-2Sn、Ti-10V-2Fe-3Al、Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al、Ti-3Al-8V-6Cr-4Zr-4Mo 已经被广泛应用于制造飞机用紧固件，并且达到了良好的使用效果，显著提升了武器装备的性能。未来十年至二十年，新一代航空航天武器装备将加速发展，并呈现高超音速、全域机动、空天一体等新的技术特征。具备轻质、高强、良好的抗氧化性、满足高超音速长时飞行、大气层再入、跨大气层飞行等极端环境下使用的热防护材料技术，已经成为新一代武器装备研发的重要材料。

国家提出了实施《中国制造 2025》和工业 4.0 发展战略，为实现中国制造产业升级，确定了基调，也为高温钛合金紧固件行业发展高性能级别产品提供了契机。随着航空、航天的快速发展，推动了各类新型材料的产生，各种新型紧固件也不断地被研制和应用。这些新型紧固件采用了稳定的高性能高温钛合金材料，通过先进的加工技术和表面处理方式，具有非常好的表面质量和使用性能，广泛适用于航空航天等领域，且均已专用的技术协议标准供货，对化学成分，工艺性能及特殊热处理工艺均作了严格规定。预计未来五年随着武器装备耐温性、轻量化的需求扩大，高温钛紧固件用料的需求会持续上升。

本项目涉及的产品符合质检总局、国家标准委、工业和信息化部印发的《装备制造业标准化和质量提升规划》(国质检标联〔2016〕396 号)中第三章实施工业基础标准化和质量提升工程中关于重点研制高强度紧固件，系统制修订液压件、紧固件、弹簧、密封件等

量大面广的基础零部件（元器件）标准的要求；同时国家《航空发动机及燃气轮机重大专项》（“两机”）《600℃高温钛合金整体叶盘、离心叶轮制备与应用技术基础》和《航空发动机高强 650℃高温钛合金整体叶盘基础研究》均对高温钛合金及其应用进行了详细的要求，表明此类材料在航空航天领域非常重要。

（二）项目的可行性简介

国外高超声速飞行器研制进度表明国外高温钛合金紧固件已经成熟应用，但目前国家标准体系中并无相关高温钛合金紧固件用材料的相关标准，导致市场上的高温钛合金紧固件质量存在较大差异，无明确的技术标准。国内 GB/T3623《钛及钛合金丝》和 GB/T 2965《钛及钛合金棒材》为我国航空、航天、舰船等行业提供了大量的钛合金棒材和丝材的标准；GB/T 42159《紧固件用钛及钛合金棒材和丝材》 GJB 2219A《紧固件用钛及钛合金棒材和线材规范》在我国钛合金紧固件的发展进程中起到了积极的推动作用，为航空、航天等领域提供了大批量的钛合金棒材和线材。随着航空、航天的快速发展，推动了各类新型材料的产生，各种新型紧固件也不断地被研制和应用。这些新型紧固件采用了稳定的高性能高温钛合金材料，通过先进的加工技术和表面处理方式，具有非常好的表面质量和使用性能，广泛适用于航空航天等领域，且均已专用的技术协议标准供货，对化学成分，工艺性能及特殊热处理工艺均作了严格规定。预计未来五年随着武器装备耐温性、轻量化的需求扩大，高温钛紧固件用料的需求会持续上升。随着使用温度的提高，高温钛合金棒材和丝材的生产方法明显与室温钛合金棒材或线材的方法不同，其力学性能项目也明显不同，增加了很多耐高温性能，比如高温持久、蠕变等。现阶段其他标准的适用范围及性能指标均不包含此性能，需要进行增加。符合《“十四五”推动高质量发展的国家标准体系建设规划》中“加快有色金属标准升级换代”的要求。

本标准项目组已对国内高温钛合金紧固件用棒材和丝材行业的技术水平、生产情况进行了详细的调研分析，现制定《高温钛合金紧固件用棒材和丝材》协会标准的条件已成熟，具备充实的制定条件和恰当的制定时机。

（三）标准的先进性、创新性、标准实施后预期产生的经济效益和社会效益。

本标准涉及的航空、航天等领域用的钛及钛合金螺栓、螺柱、螺钉、螺母、自攻螺钉、垫圈、销铆钉、焊钉等产品，使用范围非常广泛。在标准的制定过程中，参考了 ASTM、AMS 等国外先进标准，同时进一步规范了高温钛合金紧固件用棒材和丝材的性能要求及试验方法，保证了产品质量，技术指标先进，且部分技术指标超过了国际标准水平，具有充分的先进性、科学性、普遍性、广泛性和适用性，其综合水平达到了国际先进水平，完全能满足国内外用户、市场的需求，有利于提高我国高温钛合金紧固件用棒材和丝材产品的

国际竞争力，更有助于：①钛及钛合金紧固件的进一步推广使用；②促进先进材料技术的转化；③扩大产品的应用领域，开发新用途；④采用统一标准对产品进行有效的表征，促进产业发展。

本标准根据我国市场情况首次制定。本标准在编制过程中进行了大量的数据收集和测试工作，同时兼顾了全国大部分生产厂家的现状。通过文献检索，网上查询，国内没有高温钛合金紧固件用棒材和丝材专用的相关国家标准、行业标准。目前高温钛合金紧固件用棒材和丝材生产技术成熟，且已得到了一定规模的应用，因此迫切需要制定本标准，对高温钛合金紧固件用棒材和丝材的供应做出规范。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

现国际上通用的钛及钛合金棒材和丝材标准为 ASTM B863 《Standard Specification for Titanium and Titanium Alloy Wire》、ASTM B348 《Standard Specification for Titanium and Titanium Alloy Bars and Billets》、AMS 4982 《Titanium Alloy Wire 44.5 Cb》等，本标准在编制过程中参考了 ASTM 及 AMS 标准,部分采用了 ASTM B863、ASTM B348 及 AMS4982 中的产品的尺寸和外形及外观质量检查等指标，便于产品的国际通用性。

经查，国外暂无高温钛合金紧固件用棒材和丝材的专用标准。

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

本标准属于有色金属标准体系“稀有金属产品”类。本标准在制定时，在标准的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存等方面与国内相关标准协调一致；同时标准从技术上保证了产品的使用安全和可靠性，条文精炼表达清楚，技术要求全面、准确、科学、合理；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 的有关要求。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。

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协会标准发布实施。

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，使相关每个制造厂、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《高温钛合金紧固件用棒材和丝材》，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

本标准发布实施后，可以推进高温钛合金紧固件的发展，引导紧固件行业各相关高温钛合金紧固件标准的编制，并指导企业提升紧固件制备水平，为社会、为企业创造更多价值，对促进我国紧固件行业建设和发展将产生深远的影响。

《高温钛合金紧固件用棒材和丝材》标准编制组