国家标准《热等静压钛铝金属间化合物制件》
编制说明（预审稿）

一、工作简况

1.1 任务来源

根据《国家标准委关于下达2025 年第十批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发【2025】58号）文的要求，国家标准《热等静压钛铝金属间化合物制件》由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）归口管理，由西安欧中材料科技股份有限公司负责起草。项目计划编号为：20255669-T-610。按计划要求，本标准应在2027年4月完成。

1.2 产品概况

热等静压钛铝金属间化合物制件是一种利用粉末冶金近净成形技术制备的新型轻质耐高温结构产品，主要牌号包括 Ti45Al2Mn2Nb1B、Ti48Al2Cr2Nb 等，广泛应用于航空发动机低压涡轮叶片、机匣和扩压器等关键热端部件，用以替代镍基高温合金以实现显著减重。该产品全流程工艺涵盖母合金熔炼、等离子旋转电极离心雾化制粉、包套设计与封装、热等静压致密化烧结、包套去除以及后续热处理与精密机加工。相较于精密铸造、等温锻造和增材制造等传统工艺，热等静压技术能够在单次工序中实现材料的全致密化与复杂结构的近净成形，制件组织均匀无偏析，综合力学性能优异，同时有效抑制高温组织不稳定问题，显著缩短了制造周期并提高了材料利用率。目前，该产品已成功应用于 GEnx、PW1100G 等主流航空发动机，全球年需求量预估达百万件，在航空减重、燃油经济性及环保排放方面具有显著优势，发展前景广阔。

1.3 牵头单位情况

西安欧中材料科技股份有限公司（欧中科技）是西北有色金属研究院下属的专业从事高端金属球形粉末及粉末冶金部件的生产服务的国家级专精特新重点“小巨人”企业，成立于2013 年，注册资本 1.8 亿元。通过“引进消化吸收再创新”，组建了国际先进水平的国内首条超高转速等离子旋转电极(SS-PREP®)金属球形粉末生产线和国内首条高温合金粉末盘“超高转速粉末+热等静压”(SS-PREP Disk®)短流程生产线，具备年产金属球形粉末 1500 吨和粉末冶金部件 2000 件的生产能力，主要致力于钛合金、高温合金及其他金属球形粉末及粉末冶金部件的研发、生产及进出口贸易等。

欧中科技现有产品涵括 Ti48Al2Cr2Nb、Ti48Al2Cr2Nb、TC11、GH5188、K477、K438、Pure Nickel、EP741NP、Inconel718(GH4169)、GH3536、Inconel625、316L、Co-28Cr-6MO、AF1410 等 100 多种牌号的金属粉末,主要应用于航空航天、增材制造(3D 打印)、生物医疗等

领域。欧中科技自主研发的多种高温合金球形粉末性能指标可完全覆盖“新材料-航空航天关键装备用钢-发动机用高温合金粉末性能要求:收得率>70%,球形度>99%,增氧量<50ppm,非金属夹杂个数≤5 个 g”指标要求；且在粉末制备基础上，研制生产的 FGH4097、FGH4096 等粉末高温合金已在 XX31F、XX10B、XX21、XX13、XX12、XX17 等型号发动机上开展试验工作，试验进展顺利。

欧中科技在高端新材料、新技术的研发和推广应用方面具有较强的自主创新能力，依托西安市院士专家工作站、特种金属球形粉末工程研究中心和西安市 3D 打印用金属粉末材料工程技术研究中心等创新研发平台，先后承担国家省市级各类科研项目 60 余项。

欧中科技先后取得医疗器械产品注册证（三类）、通过了国际质量管理体系（ISO9001）、国际宇航质量管理体系（AS9100）、国际医疗器械质量管理体系（ISO13485）体系认证。欧中科技主导及参与国家、行业地方及团体标准 30 项，主导及参与正在起草的国家、行业、团体标准 18 项，拥有丰富的标准制修订经验。

1.4 参编单位介绍

宁波众远新材料科技有限公司 2018 年 6 月成立，为国家高新技术企业、国家级专精特新“小巨人”企业。总部位于宁波，建有宁波、长沙、泸州三大生产基地及宁波望春新基地，配套浙江省企业研究院、宁波市 B 类重点实验室，构建完整研产销体系。公司专注增材制造金属粉体研发生产，依托哈工大技术团队，联合中科院、上海交大等院所开展产学研合作，高层次研发团队牵头承担多项国家、省市重点攻关项目。主营钛合金、高温合金、铝合金等全系列金属粉末，产品应用于航空航天、军工、轨道交通、模具、3C 等高端制造领域。企业是国内航空航天增材粉末核心供应商，钛合金、高温合金粉、高强韧铝合金粉达国内领先水平，稳定供货中航工业、航天科工等三分之二国内大型军工单位，多款关键粉体为国内独家供货。拥有军工全产业链生产资质，牵头、参与多项国家及行业标准制定，引领行业标准化发展。

西北有色金属研究院（简称“西北有色院”）始建于 1965 年，是 20 世纪 60 年代国家在三线重点投资建设的稀有金属材料研究基地和行业技术开发中心，是国家首批转制的 242 家科研院所之一、全国全面创新改革试点单位，2015 年被陕西省委省政府确定为“一院一所”创新发展模式的典型示范单位，2020 年被陕西省委省政府定位为“新型科研机构”。西北有色院探索形成了“三位一体、股权激励、资本运作、母体控股”的发展模式，建立了 14 个研究所及中心,建设了国家先进稀有金属材料技术创新中心、金属多孔材料全国重点实验室、稀有金属材料加工国家工程研究中心及西安稀有金属材料创新中心等多个国家级研究和中试平台，转化自有成果培育了 49 家高科技企业（1 个主板、3 个科创板、1 个北交所、5 个

新三板）。地处西安、宝鸡、铜川、咸阳四地九区，占地 5300 余亩，总资产 363 亿元，职工 7780 余人，其中博士 630 余人、硕士 1800 余人，包括 2 名院士在内的国家级人才 27 人，省部级人才 184 人次。2025 年实现综合收入 258.6 亿元，综合指标连续多年位居全国转制院所前列，先后荣获全国先进基层党组织、全国五一劳动奖状、全国专业技术人才先进集体、国家创新人才培养示范基地等荣誉。西北有色院心怀“国之大者”，坚持“四个面向”，坚守保障国家稀有金属核心技术和关键材料自主可控的初心使命，先后承担国家和省市重点科研项目 5000 余项，取得国家级成果奖励近 40 项、省部级以上成果 450 余项，获授权专利近 3600 余件，发表论文 10300 余篇，为我国航空、航天、舰船、核工业等重要工程研制关键用材，解决了诸多稀有金属材料领域“卡脖子”问题。面向未来，西北有色院瞄准“一十百千”战略目标（打造国际一流水平的新型科研机构、发展十家上市公司、培养百名科技领军人才和百名企业家、形成千名博士、千名技师、千亿产业规模），着力建设具备国际一流研发平台、成果加速转化平台和高端人才聚集平台的“新型科研机构”，打造国家稀有金属领域战略科技力量，为加快实现高水平科技自立自强、奋进中国式现代化新征程努力奋斗。

宁波江丰电子材料股份有限公司成立于 2005 年，坐落于浙江宁波，是由海外归国专家团队创立的国家级高新技术企业，也是国内半导体超高纯金属材料领域的标杆企业。2017 年 6 月，公司在深圳证券交易所成功上市，股票代码 300666，凭借硬核技术实力，打破了国外长期的行业垄断，实现半导体关键材料的国产化突破。公司核心主营超大规模集成电路制造所需的超高纯金属材料及溅射靶材的研发、生产与销售，核心产品涵盖铝、钛、钽、铜、钨全系列溅射靶材，适配 5nm、3nm 等先进芯片制造工艺，广泛应用于集成电路、平板显示、光伏、半导体器件等多个高端领域。除此之外，公司拓展半导体精密零部件业务，涵盖静电吸盘、硅电极等四万余种产品，覆盖刻蚀、沉积核心设备，构筑企业第二增长曲线。深耕行业二十余年，江丰电子坚持自主创新，深耕半导体材料国产化赛道，多次承担国家重大科研专项，攻克多项超高纯金属提纯、精密加工核心技术，填补了国内相关领域的技术空白。公司拥有完善的研发体系与专业技术团队，手握多项核心专利，技术水平稳居国内领先、国际先进行列。目前，公司产品已成功进入全球高端供应链体系，是台积电、中芯国际等国内外顶尖半导体企业的核心供应商，靶材出货量位居全球前列。作为制造业单项冠军企业，江丰电子始终坚守产业报国初心，持续深耕半导体关键材料领域，稳步推进技术迭代与产能升级，全力助力我国半导体产业自主可控、高质量发展。

北京钢研高纳科技股份有限公司是国务院国资委直接管理的中央企业中国钢研科技集团有限公司控股的科技型企业，以“成为世界一流的高端装备制造业所需金属新材料与制品供应商”为愿景，主要从事高温合金、铝镁钛轻质合金、耐蚀合金和金属间化合物等高端金

属材料的研发、生产和销售，承担着国家多项重点型号亟需金属材料的研发攻关任，是国内航空、航天、舰船和核电等行业用高温材料及制品重要的研发生产基地。具有生产国内 80%以上牌号高温合金的技术和能力，产品涵盖所有高温合金的细分领域，是我国高温合金领域技术水平最为先进、生产种类最为齐全的企业之一，多个细分产品占据市场主导地位公司公司拥有粉末高温合金国家级科技创新团队，迄今获得国家发明奖 10 余项，国家科技进步奖 10 项，国家自然科学奖 1 项，省部级奖励 70 余项，牵头或参与制定各级标准 43 项，其中国标 13 项，国军标 11 项，行业标准 5 项，授权专利 400 余项。公司是我国唯一高温合金学术组织“中国金属学会高温材料分会”的挂靠单位，还是“中国高温合金产业创新战略联盟”的秘书长单位。此外，公司还建有“高温合金新材料北京市重点实验室”和“北京市燃气轮机用高温合金工程技术研究中心”，在国内高温合金行业位置突出。公司拥有 Ti2AlNb 基金属间化合物轻质高温结构材料等产品，综合性能达到国际同类材料的领先水平。

1.5 参编单位及主要起草人工作情况（排名不分先后）

各参编单位及标准主要起草人分工见表 1。

表 1 参编单位及分工

序号	姓名	参编单位	分工
1	唐洪奎、王孔孔、左振博、朱振、薛飒	西安欧中材料科技股份有限公司	负责标准数据收集整理，负责标准起草、预审、审定、报批材料的撰写； 提供产品性能数据、提供验证制件、验证测试
2	曲敬龙 罗志强	北京钢研高纳科技股份有限公司	提供产品性能数据、提供验证制件、验证测试
3	赵文军 程鹏飞	宁波众远新材料科技有限公司	提供产品性能数据、验证测试
4	王建永 谭盼	西北有色金属研究院	提供产品性能数据、验证测试
5	姚力军 周友平	宁波江丰电子材料股份有限公司	提供产品性能数据、验证测试

1.6 主要工作过程

1.6.1 起草阶段

根据《国家标准委关于下达 2025 年第十批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发[2025]58 号）文的计划要求，本标准于 2025 年 11 月 12 日在浙江省杭州市进行了任务落实，西安欧中材料科技股份有限公司立即成立了标准编制工作组，对目标任务进行分解，明确成员的任务要求，制定工作计划和进度安排。项目运行以来，项目组积极收集国内外热等静压钛铝金属间化合物制件的生产及应用信息，收集热等静压钛铝金属间化合物制件的生 产、检验数据，调研国内外热等静压钛铝金属间化合物制件的科研单位、生

产企业的基本情况，并对各类信息进行分析汇总，于2026年07月完成标准讨论稿。

1.6.2 征求意见阶段

2026年07月22日至2026年07月25日，由全国有色金属标准化技术委员会主持，在河北省张家口市召开了本标准的讨论会。来自有色金属技术经济研究院有限责任公司、XXXXXX、XXXXXX等单位的专家代表参加了会议。与会代表对本标准（讨论稿）进行了认真、细致的讨论，提出了修改意见及建议。

2026年07月20日至2026年XX月XX日，全国有色金属标准化技术委员会将征求意见资料在国家标准化管理委员会的“公共信息服务平台”上挂网，向社会公开征求意见。同时，全国有色金属标准化技术委员会通过工作群、邮件向委员单位征求意见，并将征求意见资料在www.cnsmq.com网站上挂网。征求意见的单位包括主要生产、经销、使用、科研、检验等单位及大专院校，征求意见单位广泛且具有代表性，征求意见时间大于2个月。

2026年09月21日至2026年09月24日，由全国有色金属标准化技术委员会主持，在河南省郑州市召开了本标准的预审会。来自XXXXXX、XXXXXX等XX家单位的XX位专家代表参加了会议。与会代表对本标准（预审稿）进行了认真、细致的讨论。2026年0X月，编制组对收集到的意见进行整理，共收到了XX条意见，形成了《标准征求意见稿意见汇总处理表》。标准制定工作组对征求意见稿进行修改，形成标准送审稿及编制说明。

1.6.3 审查阶段

202X年XX月XX日至2026年XX月XX日，由全国有色金属标准化技术委员会主持，在XX省XX市组织召开本标准审定会。来自XXXXXX、XXXXXX等XX家单位的XX位专家代表参加了会议，见《有色金属审定会参加单位及代表签名》。会议对西安欧中材料科技股份有限公司负责起草的国家标准《热等静压钛铝金属间化合物制件》（送审稿）进行了认真细致的审定并提出修改意见，见《有色金属标准审定会会议纪要》。标准编制组采纳了审定会意见，对标准送审稿进行了修改完善。

202X年XX月XX日，全国有色金属标准化技术委员会在XX省XX市召开了有色金属标准标准化技术委员会粉末冶金分技术委员会（SAC/TC243/SC4）全体委员大会，应到会委员共计XX名，实际到会委员XX名，到会委员比例为XX%。对《XXXXXX》等XX项国家标准、行业标准、团体标准进行了形式审查。会议经过认真热烈的讨论，对标准制修订程序、征求意见的过程以及技术内容的确定等多方面进行了仔细审查和表决投票，报批稿、编制说明和会议纪要的审查结论均为通过，无修改意见，表决通过率为XXX%。

1.6.4 报批阶段

标准编制组对标准文本和编制说明进行修改完善，形成标准报批稿报送至全国有色金属

标准化技术委员会（SAC/TC 243），现上报至国家标准化管理委员会审批、发布。

委员投票情况：202X 年 XX 月 XX 日至 202X 年 XX 月 XX 日，由全国有色金属标准化技术委员会粉末冶金分标委会组织，在“全国专业标准化技术委员会工作平台”进行了委员投票，本 SC 全体委员人数共有 XX 人，参与投票 XX 人，投票同意本标准通过审查 XX 人。

二、标准编制原则和确定主要内容的论据

2.1 标准编制原则

1）本标准按照 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》给出的规则起草。

2）本标准内容涉及热等静压钛铝金属间化合物制件的技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存、随行文件和订货单内容，确保技术要求的科学性和合理性。

2.2 确定标准主要内容的论据

2.2.1 化学成分

本标准规定了批量化生产的 Ti45Al2Mn2Nb1B 及 Ti48Al2Cr2Nb 钛铝金属间化合物热等静压制件产品的化学成分和性能指标。

产品化学成分分析按照 GB/T 4698 的规定进行。

参编单位各批次产品的化学成分检测结果统计如表 2 所示。根据表 2 中各参编单位产品化学成分检测结果以及实际需方应用的订货需求，本标准确定热等静压钛铝金属间化合物制件化学成分如表 3 所示。

表 2 化学成分统计表

牌号	化学成分（wt.%）											
	主元素						杂质元素，不大于					
	Ti	Al	Nb	Cr	Mn	B	Si	Fe	C	N	H	O
Ti45Al2Mn2Nb1B	**余量**	**29.80~31.20**	**4.00~5.20**	**-**	**2.30~3.30**	**0.20~0.28**	**0.10**	**0.07**	**0.02**	**0.02**	**0.01**	**0.08**
欧中科技	余量	30.6	4.03	/	2.96	0.26	0.03	0.016	0.0096	0.0051	0.0010	0.058
欧中科技	余量	30.9	4.10	/	2.96	0.24	0.03	0.014	0.01	0.0038	0.0011	0.050
北京钢研	余量	29.9	4.02	/	2.34	0.22	0.02	0.050	0.015	0.0035	0.008	0.050
北京钢研	余量	30.0	4.05	/	2.33	0.21	0.03	0.05	0.01	0.0038	0.007	0.052
宁波众远	余量	30.8	4.13	/	2.91	0.25	0.04	0.015	0.011	0.0042	0.0011	0.052

宁波众远	余量	30.7	4.07	/	2.89	0.26	0.04	0.017	0.010	0.0045	0.0011	0.054
西北有色	余量	31.1	5.10	/	3.22	0.27	0.08	0.015	0.015	0.0049	0.0011	0.052
西北有色	余量	31.0	5.12	/	3.10	0.26	0.08	0.014	0.016	0.0050	0.0011	0.054
Ti48Al2Cr2Nb	**余量**	**32.00~34.00**	**4.50~5.50**	**2.00~2.80**	**-**	**-**	**0.05**	**0.08**	**0.015**	**0.01**	**-**	**0.01**
欧中科技	余量	32.58	4.85	2.39	/	/	0.025	0.047	0.04	0.003	/	0.0064
欧中科技	余量	32.83	4.70	2.47	/	/	＜0.01	0.040	0.004	0.006	/	0.0053
北京钢研	余量	32.25	4.53	2.10	/	/	0.011	0.06	0.006	0.007	/	0.0051
北京钢研	余量	32.26	4.54	2.11	/	/	0.042	0.058	0.010	0.006	/	0.0053
宁波众远	余量	33.01	4.75	2.42	/	/	0.03	0.042	0.012	0.005	/	0.0049
宁波众远	余量	32.98	4.82	2.45	/	/	0.03	0.041	0.011	0.004	/	0.0055
西北有色	余量	32.12	5.40	2.72	/	/	0.031	0.075	0.011	0.008	/	0.0061
西北有色	余量	32.13	5.45	2.76	/	/	0.030	0.074	0.013	0.008	/	0.0060

表 3 化学成分

牌号	化学成分（wt.%）											
	主元素						杂质元素，不大于					
	Ti	Al	Nb	Cr	Mn	B	Si	Fe	C	N	H	O
Ti45Al2Mn2Nb1B	余量	29.80~31.20	4.00~5.20	-	2.30~3.30	0.20~0.28	0.10	0.07	0.02	0.02	0.01	0.08
Ti48Al2Cr2Nb	余量	32.00~34.00	4.50~5.50	2.00~2.80	-	-	0.05	0.08	0.015	0.01	-	0.01

2.2.2 室温、高温拉伸性能

参编单位产品的室温及高温拉伸性能测试结果统计如表 4、表 5 所示。产品室温拉伸性能测定按照 GB/T 228.1 的规定进行，高温拉伸性能测定按照 GB/T 228.2 的规定进行。

从表 4 中可以看出 Ti45Al2Mn2Nb1B 热等静压制件的室温拉伸性能：抗拉强度（Rm）均≥550MPa，规定塑性延伸强度(Rp0.2）均≥400MPa，断后伸长率（A）均≥0.9%；Ti48Al2Cr2Nb

热等静压制件的抗拉强度（Rm）均≥450MPa，规定塑性延伸强度(Rp0.2）均≥350Pa，断后伸长率（A）均≥1%。

从表 5 中可以看出 Ti45Al2Mn2Nb1B 热等静压制件的高温拉伸性能：抗拉强度（Rm）均≥400MPa，规定塑性延伸强度(Rp0.2）均≥300MPa，断后伸长率（A）均≥0.5%；Ti48Al2Cr2Nb 热等静压制件的高温拉伸性能：抗拉强度（Rm）均≥460MPa，规定塑性延伸强度(Rp0.2）均≥300MPa，断后伸长率（A）均≥%。

综上所述，本标准确定热等静压钛铝金属间化合物制件的室温及高温拉伸性能指标如表 6、表 7 所示。

表 4 室温拉伸性能统计表

牌号	室温拉伸性能，不小于		
	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） %
Ti45Al2Mn2Nb1B	550	400	0.8
欧中科技	576	422	1.2
欧中科技	582	451	1.0
北京钢研	572	428	1.1
北京钢研	580	440	1.0
宁波众远	574	431	1.1
宁波众远	578	438	1.0
西北有色	570	425	1.2
西北有色	579	442	1.0
Ti48Al2Cr2Nb	450	350	1.0
欧中科技	476	351	1.8
欧中科技	451	362	1.7
北京钢研	468	355	1.7
北京钢研	475	378	1.6
宁波众远	465	360	1.7
宁波众远	473	372	1.5
西北有色	462	352	1.8
西北有色	470	368	1.6

表 5 高温拉伸性能统计表

牌号	试验温度 ℃	高温拉伸性能，不小于		
		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） %

Ti45Al2Mn2Nb1B	650	400	300	0.5
欧中科技		412	311	0.7
欧中科技		415	317	0.7
北京钢研		413	312	0.7
北京钢研		416	318	0.6
宁波众远		411	314	0.7
宁波众远		414	315	0.6
西北有色		412	310	0.8
西北有色		415	316	0.6
Ti48Al2Cr2Nb	650	460	300	1.0
欧中科技		471	322	1.2
欧中科技		475	327	1.4
北京钢研		472	323	1.2
北京钢研		476	328	1.3
宁波众远		471	324	1.3
宁波众远		474	325	1.2
西北有色		473	321	1.4
西北有色		477	329	1.3

表 6 室温拉伸性能

牌号	室温拉伸性能，不小于		
	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） %
Ti45Al2Mn2Nb1B	550	400	0.8
Ti48Al2Cr2Nb	450	350	1.0

表 7 高温拉伸性能

牌号	试验温度 ℃	高温拉伸性能，不小于		
		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） %
Ti45Al2Mn2Nb1B	650	400	300	0.5
Ti48Al2Cr2Nb		460	300	1.0

2.2.3 密度

热等静压件具有极高的密度，其相对密度可接近 100%的理论密度。这是因为在高温高压的均匀压力作用下，粉末体能够固结并均匀收缩，完成烧结工艺，从而显著提高材料的致密度。参编单位产品的密度测试结果统计如表 8 所示。从表 14 中可以看出 Ti45Al2Mn2Nb1B 热

等静压制件的密度均≥3.9 g/cm^3；Ti45Al2Mn2Nb1B 热等静压制件的密度均≥3.85 g/cm^3。均接近其理论密度值，达到需方应用的要求。本标准确定热等静压钛铝金属间化合物制件的密度指标如表 9 所示。

产品密度的测定按照 GB/T 3850 的规定进行。

表 8 密度统计表

牌号	密度，不小于 g/cm^3
Ti45Al2Mn2Nb1B	**3.8**
欧中科技	3.97
欧中科技	3.98
北京钢研	3.97
北京钢研	3.96
宁波众远	3.95
宁波众远	3.96
西北有色	3.97
西北有色	3.97
Ti48Al2Cr2Nb	**3.8**
欧中科技	3.86
欧中科技	3.87
北京钢研	3.85
北京钢研	3.86
宁波众远	3.87
宁波众远	3.87
西北有色	3.86
西北有色	3.85

表 9 密度

牌号	密度，不小于 g/cm^3
Ti45Al2Mn2Nb1B	3.8
Ti48Al2Cr2Nb	3.8

2.2.4 超声检验

热等静压件的超声检验是评估其内部质量的有效手段。超声检验利用超声波在材料中的传播特性，通过检测反射、透射或散射信号来评估材料的内部缺陷，如气孔、裂纹、夹杂物等。内部缺陷影响制件的力学性能，缺陷如气孔、裂纹等会导致材料的力学性能显著降低，

如抗拉强度、屈服强度及疲劳寿命等，影响零件在复杂工况下的使用可靠性；内部缺陷可能成为应力集中点，加速材料的疲劳破坏，缩短制件的使用寿命。故本标准根据制件的使用工况以及参编单位产品的超声检验结果统计确定，产品的超声检验应符合 GB/T 5193-2020 的 AA 级的规定。

参编单位产品的超声检验结果统计如表 10 所示。Ti45Al2Mn2Nb1B 及 Ti48Al2Cr2Nb 热等静压制件的超声检验均达到 AA 级。本标准确定热等静压钛铝金属间化合物制件的密度指标如表 11 所示。

表 10 超声检验统计表

牌号	级别
Ti45Al2Mn2Nb1B	**AA**
欧中科技	AA
欧中科技	AA
北京钢研	AA
北京钢研	AA
宁波众远	AA
宁波众远	AA
西北有色	AA
西北有色	AA
Ti48Al2Cr2Nb	**AA**
欧中科技	AA
欧中科技	AA
北京钢研	AA
北京钢研	AA
宁波众远	AA
宁波众远	AA
西北有色	AA
西北有色	AA

表 11 超声检验

牌号	级别
Ti45Al2Mn2Nb1B	**AA**
Ti48Al2Cr2Nb	**AA**

2.2.5 标志、包装、运输、贮存

本标准对产品的标志、包装、运输、贮存应符合 GB/T 8180 的规定。

三、主要试验（或验证）情况分析

针对本标准涉及产品，按照本标准规定的试验方法，编制组对标准主要技术指标进行了验证。

北京钢研高纳科技股份有限公司、宁波众远新材料科技有限公司、西北有色金属研究院、宁波江丰电子材料股份有限公司对西安欧中材料科技股份有限公司提供的 Ti45Al2Mn2Nb1B、Ti48Al2Cr2Nb 钛铝金属间化合物热等静压件的主要技术指标进行了验证。

验证数据汇总如下。

3.1 化学成分的验证

对 2 个批次产品的化学成分进行了验证，检测数据如表 12 所示。从表中可以看出同一批次产品的化学成分检测结果基本一致，且符合标准中的规定。

表 12 化学成分统计表

验证单位	牌号	化学成分（wt.%）											
		主元素						杂质元素，不大于					
		Ti	Al	Nb	Cr	Mn	B	Si	Fe	C	N	H	O
/	Ti45Al2Mn2Nb1B	余量	29.80~31.20	4.00~5.20	-	2.30~3.30	0.20~0.28	0.10	0.07	0.02	0.02	0.01	0.08
北京钢研	批次 1	余量	30.6	4.03	/	2.96	0.26	0.03	0.016	0.0096	0.0051	0.0010	0.058
宁波众远	批次 1	余量	29.9	4.02	/	2.34	0.22	0.02	0.050	0.015	0.0035	0.008	0.050
北京钢研	批次 2	余量	30.8	4.13	/	2.91	0.25	0.04	0.015	0.011	0.0042	0.0011	0.052
宁波众远	批次 2	余量	31.1	5.10	/	3.22	0.27	0.06	0.015	0.015	0.0049	0.0011	0.052
/	Ti48Al2Cr2Nb	余量	32.00~34.00	4.50~5.50	2.00~2.80	-	-	0.05	0.08	0.015	0.01	-	0.01
西北有色	批次 1	余量	32.58	4.85	2.39	/	/	0.025	0.047	0.004	0.003	/	0.0064
江丰电子	批次 1	余量	32.25	4.53	2.10	/	/	0.011	0.06	0.006	0.007	/	0.0051
西北有色	批次 2	余量	33.01	4.75	2.42	/	/	0.03	0.042	0.012	0.005	/	0.0049
江丰电子	批次 2	余量	32.13	5.45	2.76	/	/	0.030	0.07	0.013	0.008	/	0.0060

3.2 室温、高温拉伸的验证

验证单位对两个批次产品的室温和高温拉伸性能进行了验证。验证单位的验证数据统计

如表 13、表 14 所示，各项检测结果基本一致，且符合标准中的规定。

表 13 室温拉伸性能统计表

验证单位	牌号	室温拉伸性能，不小于		
		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） %
/	Ti45Al2Mn2Nb1B	550	400	0.8
北京钢研	批次 1	575	425	1.0
宁波众远	批次 1	574	428	1.0
北京钢研	批次 2	576	425	1.1
宁波众远	批次 2	575	424	1.0
/	Ti48Al2Cr2Nb	450	350	1.0
西北有色	批次 1	475	361	1.7
江丰电子	批次 1	474	362	1.7
西北有色	批次 2	468	358	1.8
江丰电子	批次 2	466	359	1.7

表 14 高温拉伸性能统计表

验证单位	牌号	试验温度 ℃	高温拉伸性能，不小于		
			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） %
/	Ti45Al2Mn2Nb1B	650	400	300	0.5
北京钢研	批次 1	650	412	312	0.7
宁波众远	批次 1		413	315	0.7
北京钢研	批次 2		415	315	0.6
宁波众远	批次 2		414	317	0.7
/	Ti48Al2Cr2Nb	650	460	300	1.0
西北有色	批次 1	650	473	325	1.2
江丰电子	批次 1		471	322	1.3
西北有色	批次 2		472	324	1.2
江丰电子	批次 2		471	325	1.4

3.3 密度的验证

验证单位对两个批次产品的密度进行了验证。验证单位的验证数据统计如表 15 所示，各项检测结果基本一致，且符合标准中的规定。

表 15 密度统计表

验证单位	牌号	密度，不小于

		g/cm^3
/	**Ti45Al2Mn2Nb1B**	**3.8**
北京钢研	批次 1	3.97
宁波众远	批次 1	3.97
北京钢研	批次 2	3.98
宁波众远	批次 2	3.98
/	**Ti48Al2Cr2Nb**	**3.8**
西北有色	批次 1	3.87
江丰电子	批次 1	3.86
西北有色	批次 2	3.87
江丰电子	批次 2	3.87

3.4 超声检验的验证

验证单位对两个批次产品进行了超声检验的验证。验证单位的验证数据统计如表 16 所示，各项检测结果基本一致，且符合标准中的规定。

表 16 超声波检验统计表

验证单位	牌号	级别
/	**Ti45Al2Mn2Nb1B**	**AA**
北京钢研	批次 1	AA
宁波众远	批次 1	AA
北京钢研	批次 2	AA
宁波众远	批次 2	AA
/	**Ti48Al2Cr2Nb**	**AA**
西北有色	批次 1	AA
江丰电子	批次 1	AA
西北有色	批次 2	AA
江丰电子	批次 2	AA

四、标准水平分析

4.1 采用国际标准和国外先进标准的程度

经过检索，国外无针对热等静压钛铝金属间化合物制件通用技术规范的标准。

4.2 与国际标准及国外同类标准水平的对比

本标准是国内首次起草的热等静压钛铝金属间化合物制件通用技术规范国家标准，本标准结合当前实际生产水平和应用需求，以及成熟企业的企业标准和技术要求，对热等静压钛铝金属间化合物制件的化学成分及力学性能等进行了规定，可以满足我国热等静压钛铝金属

间化合物制件产品需求。

综上所述，本标准的主要技术指标均达到国内先进水平。

4.3 与现有标准及制定中的标准协调配套情况

本标准的制订与现有的标准及制订中的标准协调配套，无重复交叉现象。

五、 标准中涉及专利情况

经过检索，本标准不涉及国内外专利。

六、、标准预期达到的社会效益等情况

本文件充分考虑了目前国内热等静压钛铝金属间化合物制件生产、研发、应用和检测的实际技术水平。本文件颁布执行后，将助力我国热等静压钛铝金属间化合物制件产业的发展，提高国内企业在国际市场发展力和竞争力。

七、采用国际标准和国外先进标准的情况

经查询，本文件与国内外现行标准及制定中的标准无重复交叉情况。

八、与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准协调配套情况

本文件与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。标准涉及内容全面、条款详细、在编制过程中吸纳了国内相关先进技术，能够与现行产品配套使用，整体达到国内先进水平。

九、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

十、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议本文件为推荐性行业标准，供相关组织参考采用。

十一、贯彻标准的要求和措施建议

建议向热等静压钛铝金属间化合物制件研发、生产、销售、检测的相关企业和单位积极贯彻本文件的内容。建议本标准发布 6 个月后实施。

十二、废止现行有关标准的建议

无。

十三、其他应予说明的事项

无。

《热等静压钛铝金属间化合物制件》标准编制组

2026 年 09 月

标准征求意见稿意见汇总处理表

标准项目名称：热等静压钛铝金属间化合物制件　　承办人：薛飒　　电　话：13630282763

标准项目负责起草单位：西安欧中材料科技股份有限公司　　2026 年 09 月 18 日填写

序号	标准章条编号	意见内容	提出单位	处理意见	备注
1	2	增加规范性引用文件“GB/T 2039《金属材料 单轴拉伸蠕变试验方法》、GB/T 3075《金属材料轴向疲劳试验方法》”；	安徽中体新材料科技有限公司	同意	
2	2	HB/Z 60《X 射线照相检验》替换为 HB 20160《X 射线照相检测》；	北矿新材科技有限公司	同意	
3	表 1	增加 Cr 元素列；	成都先进金属材料产业技术研究院股份有限公司	同意	
4	表 3	将“1%”修改为“1.0%”；	东睦新材料集团股份有限公司	同意	
5	表 3	增加 Ti48Al2Cr2Nb 的高温拉伸性能指标；	国营芜湖机械厂	同意	
6	4.8	删除 4.8“表面粗糙度”条款，将超声检测的粗糙度要求整合至 4.5 超声检验章节；	国标（北京）检验认证有限公司	同意	
7	4.9	调整为“4.8”并增加：蠕变、疲劳强度等性能的协商约定；	湖南省冶金材料研究院有限公司	同意	
8	5.1	增加检测规定：“或双方协商的规定进行”；	金堆城钼业股份有限公司	同意	
9	5.8	删除 5.8 表面粗糙度章节	南昌大学	同意	
10	5.9	调整为 5.8 增加：“蠕变性能按照 GB/T 2039 的规定进行，疲劳强度按照 GB/T 3075 的规定进行。”	宁夏东方智造科技有限公司	同意	
11	6.4.2	删除了表面粗糙度的单件不合格判定项。	深圳艾利佳材料科技有限公司	同意	
12		无意见	沈阳航空航天大学		

标准征求意见稿意见汇总处理表

标准项目名称：热等静压钛铝金属间化合物制件　　承办人：薛飒　　电　话：13630282763

标准项目负责起草单位：西安欧中材料科技股份有限公司　　2026 年 09 月 18 日填写

13		无意见	天津铸金科技开发股份有限公司		
14		无意见	西安赛隆增材技术股份有限公司		
15		无意见	亚洲新材料（北京）有限公司		
16		无意见	有研增材技术有限公司		
17		无意见	中车工业研究院有限公司		
18		无意见	宁波尚材三维科技有限公司		

（1）发送《征求意见稿》的单位数：18 个；

（2）收到《征求意见稿》后，回函的单位数：18 个；

（3）收到《征求意见稿》后，回函并有建议或意见的单位数：11 个；

（4）没有回函的单位数：0 个。