

# CPMA 团体标准《增材制造 高强韧双相( $\alpha$ - $\gamma$ )钛合金成形件》

## 编制说明

### 一、工作简况

#### 1、任务来源

随着航空航天、生物医疗等领域对高性能钛合金需求的持续增长，传统高强韧钛合金因严重依赖昂贵稀有金属元素（如V、Cr、Mo等）导致的成本高、战略资源短缺等问题日益凸显。针对高强韧钛合金普遍存在的强度与塑性的矛盾问题，本标准基于粉末冶金产业技术创新战略联盟团体标准制订计划，旨在建立 $\alpha$ （HCP，密排六方）- $\gamma$ （FCC，面心立方）双相钛合金的成分素化设计、成形工艺与性能评价技术规范，推动我国低成本高性能钛合金制造技术的突破性发展。

#### 2、工作过程

本标准起草单位北京科技大学成立标准编制小组，成员通过网络数据库等资源，对双相（ $\alpha$ - $\gamma$ ）钛合金的零部件在一定的应用情况下的生产检测数据和技术条件，逐步形成标准编制的规程和撰写要点，奠定本标准编制和撰写工作的基础。

#### 3、主要参加单位和相关人员

本文件起草单位：北京科技大学、宁波钛钽新材料技术有限公司、辽宁材料实验室、百琪达智能科技（宁波）股份有限公司。

本文件主要起草人：陈刚、曲选辉、秦明礼、曲昊、刘畅、张海玥、沈峻平、张沛。

### 二、标准编制原则和确定主要内容的论据及解决的主要问题

#### 1、标准编制原则

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》和GB/T 20001.10《标准编写规则 第10部分：产品标准》给出的规则起草。本标准遵循技术内容合理、测试方法可行、满足市场需求的原则，使我国新型高强韧双相（ $\alpha$ - $\gamma$ ）钛合金产品有统一的技术要求、检测方法和验收标准，保持与行业发展先进水平一致。

#### 2、标准主要内容

这份标准规范了增材制造 高强韧双相( $\alpha$ - $\gamma$ )钛合金制品的生产和质量控制。主要包括范围、引用文件、术语和定义、牌号命名、技术要求、试验方法、检验

规则、标志、包装、运输、贮存以及随行文件和订货单内容。涵盖了化学成分、致密度、物相组成、力学性能、外观质量等关键技术要素，以确保产品质量稳定，并规定了严格的检验规则和质量控制措施。

本标准适用于激光粉末床熔融（LPBF）、激光同轴送粉（LDM）、粉末注射成形等粉末近净成形工艺生产的 $\alpha$ - $\gamma$ 双相（ $\gamma$ 相体积分数 $\geq 10\%$ ）钛合金制品。

### 3、标准的主要技术要求

#### 3.1 化学成分

所制双相（ $\alpha$ - $\gamma$ ）钛合金成形件的化学成分应符合表1的规定。

**表1 化学成分**

合金牌号	化学成分（质量分数）/wt.%						
	主要成分		杂质，不大于				
	Ti	O	Fe	C	N	H	其余
TD1	余	0.50~0.70	0.40	0.10	0.05	0.035	0.50

#### 3.2 物相含量组成

双相（ $\alpha$ - $\gamma$ ）钛合金成形件的 $\gamma$ 相体积分数 $\geq 10\%$ 。

#### 3.3 致密度

双相（ $\alpha$ - $\gamma$ ）钛合金成形件致密度 $\geq 99\%$ 。

#### 3.4 力学性能

双相（ $\alpha$ - $\gamma$ ）钛合金成形件的室温力学性能应符合表2的规定。

**表2 双相（ $\alpha$ - $\gamma$ ）钛合金成形件的室温拉伸性能**

牌号	室温拉伸性能，不小于				备注
	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 ( $Z$ ) %	
	TD1	895	825	10	

#### 3.5 外观质量

双相（ $\alpha$ - $\gamma$ ）钛合金成形件的表面应光洁、平整，不应有影响使用的分层、划伤、腐蚀、油斑、印痕、起皮、金属或非金属压入物、黑条及其他影响进一步加工的缺陷。

### 三、主要试验（或验证）情况分析

## 1、化学成分

双相 ( $\alpha$ - $\gamma$ ) 钛合金成形件的化学成分测试情况如下:

测试件编号	化学成分 (质量分数) /wt. %						
	主要成分		杂质				
	Ti	O	Fe	C	N	H	其余
1	余	0.55	0.011	0.008	0.005	0.011	0.42
2	余	0.67	0.012	0.007	0.003	0.008	0.45
3	余	0.70	0.014	0.005	0.006	0.010	0.43

## 2、物相组成

双相 ( $\alpha$ - $\gamma$ ) 钛合金成形件的物相组成测试情况如下:

测试件编号	合金牌号	$\gamma$ 相 (体积分数) /%
1	TD1	20
2	TD1	25
3	TD1	29

## 3、力学性能

双相 ( $\alpha$ - $\gamma$ ) 钛合金成形件的室温拉伸性能根据 GB/T 228.1 进行测试, 测试结果如下:

测试件编号	合金牌号	规定塑性延伸强度 Rp0.2 /MPa	抗拉强度 Rm /MPa	断后伸长率 /%	断面收缩率 /%
1	TD1	1020	1115	21.5	24.3
2	TD1	1040	1150	22.3	25.6
3	TD1	1050	1160	12.0	15.7

## 4、成形质量

双相 ( $\alpha$ - $\gamma$ ) 钛合金成形件的成形质量测试情况如下, 其中包括致密度和外观质量两方面:

测试件编号	合金牌号	致密度/%	外观质量
1	TD1	99.5	良好
2	TD1	99.4	良好
3	TD1	99.6	良好

#### 四、知识产权情况说明

此标准不涉及专利。

#### 五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果

双相 ( $\alpha$ - $\gamma$ ) 钛合金通过突破性“氧调控”技术，以低成本、环境友好的工艺路径实现了高性能钛合金的革新设计。该材料不依赖昂贵稀有金属元素进行合金化，创新性地利用氧元素调控微观组织，成功构建了新型双相结构，在显著提升强韧性的同时，保持了优异的塑性，打破了传统钛合金强度与塑性的矛盾关系。采用先进增材制造技术结合自主开发的低成本粉末原料，为大规模生产复杂精密部件提供了高效解决方案，目前已通过航空航天、生物医疗等领域的应用验证，展现出高强韧、优异生物相容性等综合优势。随着产业化进程的加速，该材料将在高端装备制造、医疗健康、化学工程、海洋工程等高技术领域形成广泛的应用场景。标准化体系的建立将进一步推动产业链协同发展，降低综合制造成本，促进我国高端钛合金产业的转型升级，预计将在未来形成规模化的新兴市场，为相关领域的技术突破和产业升级提供重要支撑，具有显著的经济效益和可持续发展价值。

#### 六、国内外标准（包括国际标准和国外先进标准）对比

国内外暂无《增材制造 高强韧双相 ( $\alpha$ - $\gamma$ ) 钛合金成形件》的相关标准。

#### 七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

本标准与现行相关的法律、法规、规章及行业相关标准并无矛盾或冲突。对于促进该领域技术进步、引导行业健康有序发展非常及时和必要。

#### 八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

#### 九、贯彻标准的要求和措施建议

本标准根据我国实际生产使用情况制定，整体内容达到国际先进水平，建议作为行业推荐性标准发布实施。

#### 十、替代或废止现行相关标准的建议

无。

#### 十一、其它应予说明的事项

无。

CPMA 团体标准《增材制造 高强韧双相 ( $\alpha$ - $\gamma$ ) 钛合金成形件》编制工作组

2025-04-28