

CPMA 团体标准《消费电子用金属注射成形钛合金》编制说明

一、工作简况

1、任务来源

近年来，消费类电子产业对性能优异的钛合金零部件的需求市场不断扩大，同时金属注射成形工艺制造零部件替代传统工艺制造零部件占比增长。本标准从实际市场需求和产业发展现状出发，依照粉末冶金产业技术创新战略联盟团体标准制订计划，编制“消费电子用金属注射成形钛合金”。

2、工作过程

本标准起草单位深圳艾利佳材料科技有限公司、北京科技大学、华为技术有限公司、小米科技有限公司成立标准编制小组，成员通过网络数据库等资源，对MIM钛合金的零件标准和力学性能开展调研工作，同时结合同行业公司及实验室等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

本标准主要起草单位：深圳艾利佳材料科技有限公司、北京科技大学、华为终端有限公司、小米科技有限责任公司、OPPO广东移动通信有限公司、华勤技术股份有限公司、歌尔股份有限公司、立讯精密工业股份有限公司、江苏精研科技股份有限公司、上海富驰高科技股份有限公司、成都先进金属材料产业技术研究院股份有限公司、西安铂力特增材技术股份有限公司、中航迈特增材科技（北京）有限公司、上海精科智能科技股份有限公司、杭州铭赫科技有限公司、深圳北理莫斯科大学。

主要成员：余鹏、莫畏、吕永虎、曲选辉、章林、李星宇、马凌志、王磊、徐向明、兰翻、王鹏飞、党卫东、苏绍华、段满堂、赵三超、李佳荣、高正江、张怀龙、王林、叶署龙。

工作内容：余鹏安排了工作计划和进度，并制定了标准的基本原则；莫畏、徐佳慧和孙永君负责资料的调研和标准草案的编写；余鹏、吕永虎、曲选辉、章林、李星宇、马凌志、王磊、顾道敏，程建国负责标准内容的讨论，经过多位成员的讨论及技术要求的验证，最终形成了标准的征求意见稿。

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，使我国消费电子用金属粉末注射成形钛合金有统一的技术要求、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

这份标准规范了消费电子产品用金属注射成形钛合金的生产和质量控制。主要包括范围、引用文件、术语和定义、分类和标记、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存以及随行文件和订货单内容。涵盖了化学成分、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。

本标准适用于金属注射成形（MIM）工艺生产的纯钛及钛合金。

3、标准的主要技术要求

3.1 化学成分

注射成形纯钛制件的化学成分应符合表1的规定，注射成形钛合金制件的化学成分应符合表2的规定。

表 1 注射成形纯钛的化学成分

合金牌号	化学成分（质量分数）/ %						
	主要成分	杂质，小于或等于					
	Ti	Fe	C	N	H	O	其余
注射成形-TA2	余	0.30	0.15	0.03	0.015	0.35	0.50

表 2 注射成形钛合金的化学成分

合金牌号	化学成分（质量分数）/ %											
	主要成分					杂质，小于或等于						
	Ti	Al	Mo	V	Zr	Si	Fe	C	N	H	O	其余
注射成形-TA15	余	5.5-7.1	0.5-2.0	0.8-2.5	1.5-2.5	0.15	0.25	0.15	0.05	0.015	0.35	0.50
注射成形-TC4	余	5.5-6.75	—	3.5-4.5	—	—	0.30	0.15	0.05	0.015	0.35	0.50

3.2 力学性能

注射成形纯钛制件的室温拉伸性能应符合表3的规定，注射成形钛合金制件的室温拉伸性能应符合表4的规定。

表3 注射成形纯钛制件的室温拉伸性能

牌号	状态	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	抗拉强度 R_m /MPa	断后伸长率 /%
注射成形-TA2	烧结态	≥ 480	≥ 550	≥ 10

表4 注射成形钛合金制件的室温拉伸性能

牌号	状态	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	抗拉强度 R_m /MPa	断后伸长率 /%
注射成形-TA15	烧结态	≥ 920	≥ 980	≥ 8
注射成形-TC4	烧结态	≥ 850	≥ 920	≥ 10

3.3 显微硬度

注射成形纯钛制件的显微硬度应符合表5的规定，注射成形钛合金制件的显微硬度应符合表6的规定。

表5 注射成形纯钛制件的显微硬度

牌号	状态	显微硬度
注射成形-TA2	烧结态	180-240 HV1

表6 注射成形钛合金制件的显微硬度

牌号	状态	显微硬度
注射成形-TA15	烧结态	320-400 HV1
注射成形-TC4	烧结态	300-380 HV1

3.4 环保要求

用于消费电子的注射成形钛及钛合金制件应满足GB/T 26572-2011中对于限用物质的限量规定，如表7所列。

表7 注射成形钛及钛合金制件限用物质的限量

限用物质	小于或等于（质量分数）
铅(Pb)	0.1%
汞(Hg)	0.1%
镉(Cd)	0.01%
六价铬(CrVI)	0.1%
多溴联苯(PBB)	0.1%

多溴联苯醚 (PBDE)	0.1%
--------------	------

三、主要试验（或验证）情况分析

1、注射成形钛及钛合金制件的化学成分分析

注射成形-TA2 制件的化学成分测试情况如下：

样品编号	化学成分（质量分数）/ %						
	主要成分	杂质					
	Ti	Fe	C	N	H	O	其余
注射成形-TA2 - 1	余	0.03	0.12	0.01	0.002	0.28	<0.005
注射成形-TA2 - 2	余	0.03	0.10	0.01	0.002	0.31	<0.005
注射成形-TA2 - 3	余	0.04	0.12	0.01	0.003	0.27	<0.005

注射成形-TA15 制件的化学成分测试情况如下：

样品编号	化学成分（质量分数）/ %										
	主要成分					杂质					
	Ti	Al	Mo	V	Zr	Si	Fe	C	N	H	O
注射成形-TA15 - 1	余	6.22	1.27	1.66	1.92	0.01	0.04	0.13	0.01	0.002	0.28
注射成形-TA15 - 2	余	6.29	1.32	1.73	1.99	0.01	0.04	0.10	0.01	0.003	0.33
注射成形-TA15 - 3	余	6.34	1.30	1.80	1.99	0.01	0.03	0.13	0.01	0.002	0.31

注射成形-TC4 制件的化学成分测试情况如下：

样品编号	化学成分（质量分数）/ %								
	主要成分			杂质					
	Ti	Al	V	Fe	C	N	H	O	
注射成形-TC4 - 1	余	6.31	3.80	0.11	0.11	0.01	0.002	0.26	
注射成形-TC4 - 2	余	6.33	3.78	0.11	0.13	0.01	0.002	0.31	
注射成形-TC4 - 3	余	6.08	3.70	0.04	0.14	0.01	0.002	0.29	

2、注射成形钛及钛合金的室温拉伸性能分析

注射成形钛及钛合金生坯尺寸参数如图 1 所示，烧结件的室温拉伸性能根据相关标准进行测试，测试结果如下所示。

图 1 MIM 钛合金生坯尺寸

注射成形-TA2 力学性能测试结果如下：

样品编号	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %
注射成形-TA2 - 1	535	617	14.9
注射成形-TA2 - 2	538	620	13.9
注射成形-TA2 - 3	535	614	14.2

注射成形-TA15 力学性能测试结果如下：

样品编号	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %
注射成形-TA15 - 1	1039	1084	8.1
注射成形-TA15 - 2	1031	1082	10.9
注射成形-TA15 - 3	1035	1084	8.4

注射成形-TC4 力学性能测试结果如下：

样品编号	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %
注射成形-TC4 - 1	931	989	20.5
注射成形-TC4 - 2	926	976	20.0
注射成形-TC4 - 3	922	974	19.8

3、注射成形钛及钛合金的显微硬度分析

注射成形-TA2 的显微硬度测试结果如下：

牌号	显微硬度 HV1
注射成形-TA2 - 1	220

注射成形-TA2 - 2	210
注射成形-TA2 - 3	220

注射成形-TA15 的显微硬度测试结果如下：

牌号	显微硬度 HV1
注射成形-TA15 - 1	375
注射成形-TA15 - 2	380
注射成形-TA15 - 3	360

注射成形-TC4 的显微硬度测试结果如下：

牌号	显微硬度 HV1
注射成形-TC4 - 1	330
注射成形-TC4 - 2	340
注射成形-TC4 - 3	330

4、环保要求测试结果

注射成形-TA2 的限用物质测试结果如下：

限用物质	测试结果
铅 (Pb)	未检出
汞 (Hg)	未检出
镉 (Cd)	未检出
六价铬 (CrVI)	未检出
多溴联苯 (PBB)	未检出
多溴联苯醚 (PBDE)	未检出

注射成形-TA15 的限用物质测试结果如下：

限用物质	测试结果
铅 (Pb)	未检出
汞 (Hg)	未检出
镉 (Cd)	未检出
六价铬 (CrVI)	未检出
多溴联苯 (PBB)	未检出
多溴联苯醚 (PBDE)	未检出

注射成形-TC4 的限用物质测试结果如下：

限用物质	测试结果
铅 (Pb)	未检出
汞 (Hg)	未检出

镉 (Cd)	未检出
六价铬 (CrVI)	未检出
多溴联苯 (PBB)	未检出
多溴联苯醚 (PBDE)	未检出

四、知识产权情况说明

本标准不涉及专利问题。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果

钛及钛合金因其高比强度、高耐腐蚀性和优异的生物相容性等特点而在航空航天、医疗器械、智能穿戴等领域广泛应用。MIM 作为一种新型近净成形技术，因其以较低成本大批量生产复杂结构、高维度、高精度零部件，是一种理想的制备钛及钛合金的加工工艺。目前我国 MIM 产品最大的应用市场为电子消费领域，随着头部企业对钛及钛合金产品的发布和不断的开发投入，MIM 钛及钛合金将会出现井喷式发展，形成百亿级别市场。标准化的技术要求与测试方法将为生产、使用和贸易三方提供最基本的技术依据，在本标准的基础之上，促进相关产品的设计、检测与应用，带动市场的健康发展。

六、国内外标准（包括国际标准和国外先进标准）对比

产品标准与相关标准主要参数对比表

内容	本标准	YS/T 1532-2022	ASTM F2885	对比结果
材料牌号	TA2, TA15, TC4	TA4G, TC4	TC4	优于
TC4 屈服强度	≥850 MPa	≥680 MPa	Type1 ≥850 MPa Type2 ≥680 MPa	优于
TC4 抗拉强度	≥920 MPa	≥780 MPa	Type1 ≥900 MPa Type2 ≥780 MPa	优于
TC4 延伸率	≥10%	≥5%	Type1 ≥10% Type2 ≥10%	与 ASTM F2885 相当, 优于 YS/T 1532-2022
TA2 屈服强度	≥480 MPa	≥480 MPa		相当
TA2 抗拉强度	≥550 MPa	≥550 MPa		相当
TA2 延伸率	≥10%	≥5%		优于

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 《《消费电子用钛及钛合金注射成形件》》

编制工作组

2024-05-08