

国家标准《钛及钛合金阳极氧化膜》

编制说明（预审稿）

一、工作简况

1.1 任务来源

根据国标委《国家标准化管理委员会关于下达2022年第二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[2022]22号)文件的要求，由西北有色金属研究院、西安赛隆增材技术股份有限公司、宝钛集团有限公司、西安庄信新材料科技有限公司负责制定推荐性国家标准《钛及钛合金阳极氧化膜》，项目计划编号为：20220730-T-610。按计划要求，本标准应在2024年完成。

1.2 产品概况

当今膜材料的绿色、低碳制备技术及新型膜材料的开发已成为国内外研究及关注的热点及重点，成为我国战略新兴产业之一。《中国制造2025》和《面向2030年的中国制造业》将新材料产业作为重点发展的十大领域之一，认为是21世纪最具发展潜力并对未来发展有着巨大影响的高技术产业。为积极响应碳达峰、碳中和的国家战略布局，有效解决能源短缺及环境污染的严峻问题，推动生态文明建设可持续发展，大力发展新型膜材料成为解决上述问题的有效举措。围绕新型膜材料与技术创新，推动产业可持续发展，对实现碳达峰、碳中和的目标也具有重要的作用，同时也对实现我国制造强国的战略具有深远意义。四部委印发的《新材料产业发展指南的通知》，加快发展新材料，对支撑产业升级、建设制造强国具有重要战略意义。九部委联合印发的《新材料标准领航行动计划》中，明确要求建立新材料等领域标准，加快构建新材料产业标准体系，提升新材料的产品附加值和产业竞争力。加快推进新型膜材料产业研究成为大势所趋，有着广阔的应用前景及市场需求。

钛合金具有重量轻、强度高、防锈能力好的性能，使用量仅次于铁与铝，广泛应用于宇航飞行器、原子能发电、工具制造、化工机械及建筑行业等领域。但是钛合金属于黏性材料，耐磨损性能差，导电、导热性能低。因此国内外研究人员大多对其进行阳极氧化，使其各方面性能有所提高。钛合金通过阳极氧化获得的薄膜色泽鲜艳、外表光亮，不仅大大提高了钛合金的外观状态和材料的生物相容性，而且提高了钛基材料在使用环境下的耐腐蚀性、耐磨性以及循环疲劳抗力，使其具有使用价值和美学价值。因此，对钛及钛合金表面处理进行制造升级，促进绿色处理技术的发展成为一个必然。本标准以提升钛产品工业发展质量和效益

为核心，致力于提高钛及钛合金阳极氧化膜产品质量的可靠性、稳定性、一致性水平，增加高性能、功能化、差别化产品的有效供给，带动原材料工业质量品牌整体提升，为制造业高质量发展提供保障。

钛合金阳极氧化膜的颜色在生产中是可控制的，阳极氧化处理过程中的电化学反应是： $Ti \rightarrow Ti^{2+} \rightarrow Ti^{3+} \rightarrow TiO_2$ ，其中温度、电解液的成分和浓度、氧化时间及电流密度等实验因素对氧化膜颜色的影响相对较低，影响钛合金氧化膜生长的最主要因素是氧化电压，通过控制电压可获取所需的色彩。

国内外研究人员在钛合金阳极氧化膜方面进行了大量的研究。沈阳理工大学研究了电压对钛合金氧化膜的影响，结果表明电压是决定膜层颜色的主要因素，不同的电压可以获得不同颜色的膜层。北京航空航天大学于2006年开发出基于酒石酸铵体系的钛合金碱性阳极氧化工艺，2009年开发出基于草酸钠体系的钛合金碱性阳极氧化方法。上述两种碱性阳极氧化方法可在较低的能耗、不发生火花放电状态的情况下，在钛及钛合金表面快速生成一层光滑、均匀、致密且较厚的阳极氧化膜，且在无氟碱性草酸钠体系中进行阳极氧化，具有环保绿色的特点。哈尔滨工业大学于2010年利用微弧氧化的方法，开发出具有良好生物相容性的氧化钛膜。昆明冶金研究院于2013年报导了采用脉冲恒压的控制方式，利用 TiO_2 膜层在碱性电解液中溶解和生长的平衡作用获得不同厚度和粗糙度，在10~120V电压下氧化10~60分钟，获得色泽光亮、均匀的阳极氧化膜。该方法所用的阳极氧化电解液属碱性且成分简单，对环境污染少；可根据需要采用不同电压和PH值调整膜层厚度和粗糙度，获得深灰色、紫红色、蓝紫色、墨绿色等颜色的样品，色泽光亮，同时能显著提高钛及钛合金碱性表面硬度和耐磨性能。兰州理工大学2011年开发出一种将钛及钛合金置于碱性电解液中进行等离子体电解氧化处理的方法，最终在钛及钛合金工件表面获得硬度高、耐蚀、抗磨、减磨的综合性能优异的复合膜层。

钛及钛合金阳极氧化膜在国外已形成系列产品，美国以美国膜层与复合材料为代表的公司，每年约有1亿美金的产值，形成了系列化的产品标准及相应的检验规范，如AMS 2488标准。国内西北有色金属研究院、北京航空航天大学、昆明冶金研究院、兰州理工大学、洪都航空等单位均已开展了钛及钛合金阳极氧化研究，西安赛隆在西北有色金属研究院的技术支持下，已实现了钛及钛合金碱性阳极氧化膜产品的批量化生产。

西北有色金属研究院是金属多孔材料国家重点实验室依托单位，是国内最早进行氧化钛致密/多孔膜材料研究的单位之一。从上世纪80年代开始致力于航空航天以及民用领域钛合金

碱性阳极氧化处理的研究和生产，目前已经初步建成了钛合金碱性阳极氧化产品的研发、中试生产线，取得了多项技术创新，开发了多项新产品，尤其在耐磨、致密均匀氧化钛膜层制备研究方面的水平达到了国际先进水平，取得了具有自主知识产权的制备技术，获得国家授权发明专利8项，形成了一支专业从事钛合金碱性阳极氧化生产的研发团队，已建成包括钛及钛合金性能、氧化钛膜层性能和耐磨性能测试的全套钛及钛合金碱性阳极氧化钛膜性能检测平台。

钛及钛合金碱性阳极氧化钛膜发展迅速，品种多，生产工艺、性能要求及检测方法与AMS 2488不同；而HB/Z 347-2002、QJ2854-1996等标准近年没有进一步修订，且无法覆盖功能膜层复杂的产品分类与技术规定。本项目涉及的大多数制品均已研制多年，大多数已突破了技术瓶颈，特别是在石油行业应用，已经打破国际技术控制，实现了进口替代，参与国际竞争，随着标准和产业化的协同发展，将对技术和市场起到有效地规范和引领作用。

目前，国内外在钛及钛合金阳极氧化膜制备及其应用技术方面也展开了大量研究，已成功开发出了该氧化膜产品。部分该氧化膜产品如图1所示。



图1 部分钛及钛合金碱性阳极氧化膜产品及其应用照片

然而，由于我国的钛合金阳极氧化膜还没有产品质量检测和验收的标准。此外，由于钛合金产品要求的阳极氧化膜厚度较薄，检测方法和检测中的误差对检测结果有较大的影响。因此，本标准将综合考虑国内外钛及钛合金阳极氧化膜材料的发展现状及前瞻性，通过建立

科学规范的条款要求，来促进和引导钛及钛合金阳极氧化膜领域提高质量及科学规范化发展。通过本标准的研究，将有效提高钛及钛合金阳极氧化膜材料质量均一性，增强我国钛及钛合金阳极氧化膜产品的有效供给能力。

同时本标准的制定能够有效的对钛及钛合金阳极氧化膜的生产、检验、包装等活动进行规范，有利于提高钛及钛合金阳极氧化膜的产品质量，推进钛及钛合金阳极氧化膜的市场应用。针对不同领域对钛及钛合金阳极氧化膜的应用要求，对钛及钛合金阳极氧化膜的厚度及物理等性能进行了规定，以解决当前钛及钛合金阳极氧化膜无标准可依的问题。

1.3 起草单位及主要起草人工作情况

1.3.1 起草单位情况

本标准主持起草单位西北有色金属研究院（以下简称西北院）成立于 1965 年，是上世纪 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开发中心，国家重点投资建设的国家级重点科研单位。1999 年作为国家首批转制的 242 家科研院所之一，2000 年划归陕西省管理。2015 年，西北院被省委省政府作为“一院一所”模式在全省乃至全国范围内示范推广，2016 年被列为西安市“全面改革创新试验区”深化改革试点单位。2020 年被陕西省委省政府定位为“新型科研机构”。

经过 50 多年的发展，西北院已发展成为一个具有多项科技创新政策叠加的新型科研机构，包括 14 个研究所和中心、多个国家级、省级的中试创新平台，并陆续孵化成立了 39 个高新技术产业公司（包括 4 家上市公司）。研究领域覆盖钛合金材料、超导材料、粉末冶金材料、难熔金属材料、生物医用材料、贵金属材料等多个种类近万种规格。西北院本部现有正式职工 510 人，其中专职研发人员 228 人、高级职称 165 人、博士 64 人、硕士 180 人；拥有中国工程院院士 2 人，获得国家“万人计划”领军人才、全国创新争优奖状获得者、新世纪百千万人才工程国家级人选、国务院特殊津贴专家等国家级荣誉称号的高层次人才等国家、省级荣誉的 20 余人次。拥有钛合金材料、超导材料、特种难熔金属材料等 3 个国家级创新团队，形成了年龄结构合理、研究领域广的人才梯队。

西北院围绕提高稀有金属的抗高温氧化、耐腐蚀、耐磨擦等性能开展工作。拥有一支理论水平高、技术能力强、结构合理的研究队伍，为我国的相关工业做出了贡献。在钎合金火箭喷管防护涂层、钛、钽等稀有金属热加工保护涂层、钛合金的耐蚀、耐磨以及抗氧化涂层、钽钨合金的抗高温氧化涂层、钼合金表面的定向钨涂层、稀有金属表面微弧氧化涂层、C/C 复合材料和石墨表面的金属化层等方面的研究均取得了重要成果。在钛的表面加工方面开展了镜面加工和氧化工艺的研究。在产业方面研制的钛阳极，已形成了阴极保护用阳极、氯碱

用阳极、淡水除垢用阳极、电解硫酸用阳极等系列产品。

西北院拥有 PVD、CVD、特种电镀和表面加工等四个实验室，装备有国内外先进的设备和仪器。40 多年来，研究了 100 多项课题，获奖 40 多项，其中全国科学大会奖 2 项，陕西省科学大会奖 4 项，冶金部工业学大庆科研成果奖 2 项，省、部级科技进步二等奖 8 项，三等奖 4 项，四等奖 3 项，市级、西安有色公司科技进步一等奖 1 项，二等奖 6 项，三等奖 4 项，国家专利奖 6 项，金龙奖 2 项，省优秀新产品奖 2 项，省科技之春优秀奖 1 项，发表论文 150 篇，申请和授权专利 27 项。

西北院从上世纪 80 年代开始致力于航空航天以及民用领域钛及钛合金碱性阳极氧化处理的研究和生产，近年来相继获得国家自然科学基金“钛铌合金碱性表面具有微纳级次结构暴露高能晶面 TiO_2 薄膜的制备及其生物活性 (51374174)”、“钛合金碱性阳极氧化制备 TiO_2 纳米管有序阵列的掺杂研究 (50902115)”以及“新型有序多孔纳米 NiO 薄膜电极的可控制备、改性及其超级电容性能 (51104121)”等项目的资助，目前已经初步建成了钛及钛合金阳极氧化膜的研发、中试生产线，取得了多项技术创新，开发了多项新产品，尤其在耐磨、致密均匀氧化钛膜层制备研究方面的水平达到了国际先进水平，取得了具有自主知识产权的制备技术，获得国家授权发明专利 8 项，形成了一支专业从事钛及钛合金阳极氧化膜生产的研发团队。已建成包括钛及钛合金性能、氧化钛膜层性能和耐磨性能测试的全套钛及钛合金碱性阳极氧化钛膜性能检测平台。同时西北有色金属研究院在钛及钛合金产品以及性能检测标准的制定方面做出了突出的贡献，牵头起草和参与起草的国家标准、行业标准及国军标多达 20 项，具备为了丰富的标准制定经验，为本标准的开展提供了有力的技术支持和保障。

西安赛隆增材技术股份有限公司具有全套的钛及钛合金阳极氧化膜的生产设备，且人员配置齐全，检测设备完善。目前已完成 3000 多件钛及钛合金阳极氧化膜产品的生产，并获得用户的好评。

1.3.2 起草单位及主要起草人工作情况

在本标准起草的过程中，各参编单位给予了大力的支持和帮助！

西安赛隆增材技术股份有限公司、宝钛集团有限公司、西安庄信新材料科技有限公司、西安泰金新能科技股份有限公司积极参与本标准的调研工作；西安赛隆增材技术股份有限公司提供了本单位相应产品的技术参数报告，为标准的编制提供了大量的钛及钛合金阳极氧化膜产品数据；宝钛集团有限公司，西安庄信新材料科技有限公司为本标准提供了技术支持以及部分产品的检测数据、验证等工作。同时标准参与单位针对标准的讨论稿、征求意见稿、

预审稿等提出修改意见，确保产品的指标能够满足生产以及实际使用要求。

参编单位及分工见表 1。

表 1 参编单位及分工

序号	参编单位	分工
1	西北有色金属研究院	负责全过程的标准编制、起草及组织协调，负责标准关键指标的把控
2	西安赛隆增材技术股份有限公司	参与资料收集、调研，提供性能数据及验证数据，协助编写
3	宝钛集团有限公司	参与资料收集、调研，文本标准化审核
4	西安庄信新材料科技有限公司	参与资料收集、调研，提供部分产品数据数据
5	西安泰金新能科技股份有限公司	提供性能数据和验证

标准主要起草人以及分工见表 2。

表 2 标准主要起草人及分工

序号	姓名	工作单位	分工
1			负责全过程的标准编制、起草及组织协调
2			负责标准关键指标的把控、预审、审定报批工作
3			负责全过程的标准审查、协调工作
4			参与标准起草、资料收集、协调工作
5			参与标准起草、资料收集工作，提供部分产品数据以及验证数据
6			提供性能验证数据
7			提供性能验证数据

1.4 主要工作过程

1.4.1 起草阶段

2022 年 11 月 2 日~4 日，全国有色金属标准化技术委员会在厦门组织召开会议，西北有色金属研究院、西安赛隆增材技术股份有限公司、宝钛集团有限公司、西安庄信新材料科技有限公司、西安泰金新能科技股份有限公司等单位参加了会议，会议对本项目进行了任务落实。

西北有色金属研究院在接到项目下达的任务后立即与参编单位成立标准编制工作组，对目标任务进行了分解，明确成员的任务要求，制定工作计划和进度安排。由于该标准为首次制定，项目运行以来，工作组成员查阅了大量的国内外相关文献资料，收集、整理、对比分析了相关企业的技术资料，同时也对本单位内部生产的钛及钛合金阳极氧化膜相关产品检测分析报告、用户使用状况等进行了相关资料的收集整理；对国内从事钛及钛合金阳极氧化膜制造、研发以及生产单位进行了调研，了解其工艺、产能、规格及质量控制水平等基本情况，并对相应结果进行汇总、分析。结合调研情况和近年来在钛及钛合金阳极氧化膜的生产制造经验，以现有相关质量文件为基础，于 2023 年 1 月底完成标准讨论稿。本标准讨论稿完成后，在标准编制工作组内部进行了多次交流，广泛征求意见，对本标准讨论稿进行了认真的修改和完善，于 2023 年 2 月形成了该标准的征求意见稿。

1.4.2 征求意见阶段

2023 年 03 月 13 日-15 日，全国有色金属标准化技术委员会组织在海南省海口市召开本标准的讨论会。来自 XXX、XXX 等 XX 家单位 XX 位专家代表参加了会议。与会代表对本标准的征求意见稿和编制说明进行了认真、细致的讨论，并提出修改意见及建议。

同时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“公共服务平台”上挂网，向社会公开征求意见。并且通过工作群、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。征求意见的单位主要包括生产、经销、使用、科研、检验等单位以及科研院校，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。

2023 年 7 月标准制定工作组对收集到的意见进行整理，共收到了 X 条意见，形成了标准征求意见稿意见汇总处理表。同时对标准征求意见稿进行修改，于 2023 年 7 月完成标准的预审稿和编制说明。

1.4.3 审查阶段

2024 年 XX 月 XX 日-XX 日，由全国有色金属标准化技术委员会组织在 XX 省 XX 市召开了本标准的预审会。来自全国有色金属标准化技术委员会、西北有色金属研究院、XXX、XXX 以及 XXX、XXX 等 XX 家单位 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，并提出修改意见，标准编制组采纳了相关意见，并对标准进行修改完善，形成标准送审稿及编制说明，并提交标委会对标准进行审查。

XXX 年 XX 月 XX 日，国家标准《钛及钛合金阳极氧化膜》审定会由全国有色金属标准

化技术委员会和有色金属标准化技术委员会主持，于 XX 召开。来自西北有色金属研究院、XXX、XXX 以及 XXX、XXX 等 XX 家单位 XX 位专家代表参加了会议，见《有色金属标准审定会参加单位及代表签名》。对标准送审稿进行了认真、细致的讨论，具体修改内容见《有色金属行业标准审定会会议纪要》。

与会专家经过讨论后一致认为：本标准的制定遵循了满足用户需求、技术内容合理、检验方法可行的原则，并且充分考虑了生产企业、使用单位及相关各方的意见和建议。本标准对我国钛及钛合金阳极氧化膜具有较强的规范和指导作用，达到了国内先进水平。建议编制组单位按以上修改意见修改后，形成国家标准报批稿上报。

1.4.4 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（SACTC 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：2024 年 XX 月 XX 日至 2024 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) 本标准在编制过程中，主要以国内钛及钛合金阳极氧化膜的生产和应用研究为基础，遵循满足市场需求、技术内容合理、检测方法可行的原则，既能够反映国内各生产企业的技术水平，便于生产，又提高可操作性，便于应用。其技术要求中技术指标取值范围根据相关企业技术发展水平及测试数据进行确定。本标准符合钛及钛合金阳极氧化膜行业的市场应用需求，具有指导作用，并能规范市场。

2.2 确定标准主要内容的依据

钛及钛合金广泛应用于航空航天、石油钻采等领域，在这些应用领域为了达到提高耐磨性、隐蔽性能、装饰性能等的目的，需要在钛及钛合金表面制备一层氧化膜。然而，随着钛及钛合金阳极氧化膜应用的不断扩大，钛及钛合金阳极氧化膜的厚度、耐磨性等性能指标会对其使用寿命产生影响。因此，本标准对钛及钛合金阳极氧化膜的关键性能指标和工艺性能参数如厚度、电阻、显微硬度等指标进行了规定，有利于该产品的制备及验收，促进该产品

的推广应用。

2.2.1 厚度

本标准规定了批量化生产钛及钛合金阳极氧化膜膜厚的测试方法，参考 GB/T 4957 非磁性金属基体上非导电覆盖层厚度测量 涡流方法、GB/T 31563 金属覆盖层厚度测量 扫描电镜法的要求，同时根据参编单位产品的实测结果和用户的要求确定。

西北有色金属研究院及参编单位 XXX、XXX、XXX 各批次产品的钛及钛合金阳极氧化膜膜厚度分析结果统计如表 3 所示。

表 3 钛及钛合金阳极氧化膜厚度统计表

类别	牌号	单位 1-1	单位 1-2	单位 1-3	单位 1-4	单位 1-5	单位 X	单位 X
I 类	Ti	1.7	6.5	5.2	6.1	9.7		
	Ti-6Al-4V	1.4	1.5	6.2	8.6	11.3		
	Ti-38-6-44	1.5	7.0	7.3	6.7	10.0		
II 类	牌号	单位 1-1	单位 1-2	单位 1-3	单位 1-4	单位 1-5	单位 X	单位 X
	Ti	1.62	2.23	2.1	6.50	8.76		
	Ti-6Al-4V	1.1	1.5	5.2	7.51	2.3		
	Ti-38-6-44	1.03	1.76	2.45	2.1	1.80		
单位 1: 西北有色金属研究院；单位 2: ；单位 3: ；单位 4: ；单位 5: ；								

根据表 3 中各参编单位钛及钛合金阳极氧化膜的厚度检测结果，本标准确定钛及钛合金阳极氧化膜的厚度如表 4 所示。

表 4 钛及钛合金阳极氧化膜的厚度

类别	厚度 (μm)
I 类	≥1.0
II 类	1.0~10.0

2.2.2 耐磨性

本标准规定了批量化生产钛及钛合金阳极氧化膜耐磨性的测试方法，按照 GB/T 12967.1 铝及铝合金阳极氧化膜及有机聚合物膜检测方法 第 1 部分：耐磨性的测定进行测定，同时根据参编单位产品的实测结果和用户的要求确定。具体如下：

参编单位 XXX、XXX、XXX 各批次产品的钛及钛合金阳极氧化膜平均相对耐磨系数分

析结果统计如表 5 所示。

表 5 平均相对耐磨系数(%)统计表

牌号	单位 2-1	单位 2-2	单位 2-3	单位 2-4	单位 2-5	单位 1-1	单位 X	单位 X	单位 X
Ti	31	36	33	35	32	31			
Ti-6Al-4V	33	35	32	35	31	33			
Ti-38-6-44	30	35	36	33	37	36			
单位 1: 西北有色金属研究院; 单位 2: 西安赛隆增材技术股份有限公司; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ;									

根据表 5 中各参编单位钛及钛合金阳极氧化膜的平均相对耐磨系数检测结果, 本标准确定钛及钛合金阳极氧化膜的平均相对耐磨系数 $\leq 30\%$ 。

2.2.3 电阻

本标准规定了批量化生产钛及钛合金阳极氧化膜电阻的测试方法, 按照 SJ/T 10314 直流四探针电阻率测试仪通用技术条件进行测定, 同时根据参编单位产品的实测结果和用户的要求确定。具体如下:

西北有色金属研究院及参编单位 XXX、XXX、XXX 各批次产品的钛及钛合金阳极氧化膜电阻分析结果统计如表 6 所示。

表 6 氧化膜电阻统计表

牌号	单位 1-1	单位 1-2	单位 1-3	单位 1-4	单位 1-5	单位 X	单位 X	单位 X
Ti	135	1090	>10000	>10000	>10000			
Ti-6Al-4V	115	3505	>10000	>10000	>10000			
Ti-38-6-44	1050	5178	8643	>10000	>10000			
单位 1: 西北有色金属研究院; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ;								

根据表 6 中各参编单位钛及钛合金阳极氧化膜的电阻检测结果, 本标准确定钛及钛合金阳极氧化膜的电阻 $> 100\Omega$ 。

2.2.4 显微硬度

本标准规定了批量化生产钛及钛合金阳极氧化膜显微硬度的测试方法, 按照 GB/T 9790 金属覆盖物及其他有关覆盖层 维氏和努氏显微硬度试验进行测定, 同时根据参编单位产品的实测结果和用户的要求确定。

西北有色金属研究院及参编单位 XXX、XXX、XXX 各批次产品的钛及钛合金阳极氧化膜显微硬度分析结果统计如表 7 所示。

表 7 氧化膜显微硬度统计表

牌号	单位 1-1	单位 1-2	单位 1-3	单位 1-4	单位 1-5	单位 X	单位 X	单位 X	单位 X
Ti	320	472	418	421	465				
Ti-6Al-4V	343	326	325	373	335				
Ti-38-6-44	295	526	409	403	470				
单位 1: 西北有色金属研究院; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ;									

根据表 7 中各参编单位钛及钛合金阳极氧化膜的显微硬度检测结果，本标准确定钛及钛合金碱性阳极氧化膜的显微硬度 $>290 \text{ MPa}$ 。

2.2.5 外观质量

钛及钛合金阳极氧化膜的外观质量可以直观反映出氧化膜品质，以及是否因保存不当导致划伤或其他杂物的污染。

本标准规定具体规定如下：

产品的颜色为灰色、蓝灰色等，允许稍带色差。

产品应均匀、连续、完整、紧密结合在基体金属上，应无烧伤、挂灰、疏松、损伤及擦伤等缺陷。

允许缺陷：允许产品表面轻微的水印痕；允许同批零件膜层颜色有轻微的差异；允许焊接零件的焊缝和热影响区有不均匀的外观和铸件的允许缺陷所引起的斑点。

不允许缺陷：产品不允许有划伤、不连续现象；不允许未洗净的电解液痕迹。

2.2.6 其他

需方对产品有其它要求，由供需双方协商确定，并在订货单中注明。

2.3 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，参编单位对 XX、XX 提供的钛及钛合金阳极氧化膜的主要技术指标进行了验证。验证数据汇总如下。

2.3.1 厚度

XX、XX、XX 对同一批次产品的钛及钛合金阳极氧化膜厚度进行了验证，分析检测数据如表 8~9 所示。从表中可以看出同一批次氧化膜的厚度检测结果基本一致，且符合标准中

的规定。

表 8 相关厂家钛及钛合金阳极氧化膜的厚度 (I类)

牌号	批次	验证单位	I类厚度 (μm)
Ti-38-6-44	批次 1	西北有色金属研究院	
		西安赛隆增材技术股份有限公司	
		宝钛集团有限公司	
		西安庄信新材料科技有限公司	
		西安泰金新能科技股份有限公司	

表 9 相关厂家钛及钛合金阳极氧化膜的厚度 (II类)

牌号	批次	验证单位	II类厚度 (μm)
Ti-38-6-44	批次 1	西北有色金属研究院	
		西安赛隆增材技术股份有限公司	
		宝钛集团有限公司	
		西安庄信新材料科技有限公司	
		西安泰金新能科技股份有限公司	

2.2.2 耐磨性

XX、XX、XX 对同一批次产品的钛及钛合金阳极氧化膜平均相对耐磨系数(%)进行了验证, 分析检测数据如表 10 所示。从表中可以看出同一批次氧化膜的平均相对耐磨系数(%)检测结果基本一致, 且符合标准中的规定。

表 10 相关厂家钛及钛合金阳极氧化膜的平均相对耐磨系数(%)

牌号	批次	验证单位	平均相对耐磨系数(%)	备注
Ti-38-6-44	批次 1	西北有色金属研究院		喷磨法
		西安赛隆增材技术股份有限公司		轮磨法
		宝钛集团有限公司		
		西安庄信新材料科技有限公司		
		西安泰金新能科技股份有限公司		

2.2.3 电阻

XX、XX、XX 对同一批次产品的钛及钛合金阳极氧化膜电阻进行了验证, 分析检测数

据如表 11 所示。从表中可以看出同一批次氧化膜的电阻检测结果基本一致，且符合标准中的规定。

表 11 相关厂家钛及钛合金阳极氧化膜的厚度

牌号	批次	验证单位	电阻(Ω)
Ti-38-6-44	批次 1	西北有色金属研究院	
		西安赛隆增材技术股份有限公司	
		宝钛集团有限公司	
		西安庄信新材料科技有限公司	
		西安泰金新能科技股份有限公司	

2.2.4 显微硬度

XX、XX、XX 对同一批次产品的钛及钛合金阳极氧化膜显微硬度进行了验证，分析检测数据如表 12 所示。从表中可以看出同一批次氧化膜的显微硬度检测结果基本一致，且符合标准中的规定。

表 12 相关厂家钛及钛合金阳极氧化膜的显微硬度

牌号	批次	验证单位	显微硬度(MPa)
Ti-38-6-44	批次 1	西北有色金属研究院	
		西安赛隆增材技术股份有限公司	
		宝钛集团有限公司	
		西安庄信新材料科技有限公司	
		西安泰金新能科技股份有限公司	

验证结果表明：虽然各家验证单位的检测仪器型号以及检测方法不完全相同，但对同一批次的钛及钛合金阳极氧化膜的厚度、耐磨性、电阻、显微硬度等检测结果基本一致，且各项指标均满足标准中规定的指标要求，进一步证明了本标准均有广泛的适用性。

三、标准水平分析

3.1 采用国际标准和国外先进标准的程度

在对国内外钛及钛合金阳极氧化膜的调研分析过程中，没有查询到相关产品标准。本标准为首次起草的钛及钛合金阳极氧化膜的国家标准。

3.2 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钛及钛合金阳极氧化膜国家标准，本标准对产品膜厚、耐磨性、电阻、显微硬度性以及外观质量的要求均依据实际工业生产水平，参考了已成熟稳定实施的行业标准和技术协议，可以完全满足我国钛及钛合金阳极氧化膜的产品需求。

通过上述综合分析，本标准的制定达到了国内先进水平。

3.3 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。

3.4 涉及国内外专利及处置情况

经过检索，本标准不涉及国内外专利。

四、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与有关的现行法律、法规和强制性国家标准具有一致性，无冲突之处。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、标准作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议

本标准建议作为推荐性国家标准。

七、贯彻标准的要求和措施建议

无。

八、废止现行有关标准的建议

无。

九、其他应予以说明的事项

无

十、预期效果

本标准实施后，对我国钛及钛合金氧化膜应用领域所需钛及钛合金氧化膜的要求更加合理规范，这有利于提升钛及钛合金氧化膜材料的各项性能指标，使我国钛及钛合金氧化膜材料实现有标准可查、有据可依，同时可以满足海洋工程、核工业等工业领域的钛及钛合金氧化膜材料需求，并对推进钛及钛合金氧化膜材料的发展和应用起到积极的促进作用。

本标准实施后，编制组将积极向国内生产厂家及用户推荐采用本标准。

《钛及钛合金阳极氧化膜》标准编制组

2023年06月