行业标准

《硬质合金涂层 高温磨损试验 球盘法》

编制说明书

（讨论稿）

《硬质合金涂层 高温磨损试验 球盘法》标准编制组

二〇二四年七月

《硬质合金涂层 高温磨损试验 球盘法》

行业标准编制说明

一、工作简况

1.1 项目来源

根据《工业和信息化部办公厅关于印发2023年第一批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科〔2023〕18号）文件要求，由成都美奢锐新材料有限公司负责牵头制定《硬质合金涂层 高温磨损试验 球盘法》有色行业标准，项目计划编号：2023-0261T-YS，计划完成年限2024年。

1.2 本标准所涉及的产品及方法简况

近年来，我国硬质材料工业体系逐渐完善，产品品类规格齐全，已能基本满足国内各经济领域的需求。在供给侧结构性改革和产业升级的大背景下，我国硬质材料企业不断增加研发投入，产品档次逐渐走向高端，将有效提高我国硬质材料及其制品的品质，并有望走向国际市场。

但受限于起步较晚等因素影响，我国硬质材料及其制品性能检测相关标准却远远落后于行业技术水平的发展，这制约了新技术、新产品在行业内的推广、应用，将严重阻碍行业的健康发展。

根据《高性能刀具及涂层刀具材料的切削性能》等研究表明，经过涂层的硬质材料刀片，其使用寿命普遍提高4-5倍，切削速度提高25-30%。近年来，工业发达国家80%以上的硬质材料制品经过表面涂覆处理并且占比在逐步提升。

目前国内外相继开发了双涂层、三涂层以及多涂层的复合刀片，有的涂层数甚至达到几十层、上百层的水平。常见的涂层包含DLC、TiAl系、TiSi系、氧化铝、金刚石等，可实现改善润滑、耐磨、热障、抗氧化等多种类型的功能。涂层性能是由其微观结构和化学组分决定的，除与涂层材料本身性质有关外，还与涂层的制备技术与工艺条件有关，不同的制备方法，涂层的机械性能、组织结构都会有所不同。

在硬质材料刀具应用过程中，刀片加工温度可达800℃以上。高温工况下，材料晶体结构转变速度及氧化速度明显加快，硬度降低，对硬质材料涂层耐磨性能产生极大影响。而硬质材料涂层在高温状态下的服役表现和硬度、耐磨等性能水平对实际加工寿命作用显著。因此，明确涂层各层的厚度，同时明确高温工况下涂层各层的耐磨性，对于涂层开发及涂层表征来说至关重要。

球盘法是一种常见的材料耐磨损性能测试方法，不仅能够较为准确的测量产品耐磨性能，还能够便捷地测量出薄壁涂层厚度，可有效填补硬质材料涂层高温耐磨性能评价标准空白,对整体行业相关水平的提升有着极大的促进意义和实际价值。

1.3 起草单位情况

**成都美奢锐新材料有限公司**是一家专注于粉末冶金新材料领域，集研发、生产、销售为一体的国家专精特新“小巨人”企业、“科创中国”新锐企业、国家高新技术企业。公司主营钛基金属陶瓷、高性能硬质合金等新材料产品，并为产业链上下游提供成套切削加工解决方案。公司建有四川省钛基金属陶瓷工程技术研究中心、四川省企业技术中心，聚集了一批由长江学者特聘教授、国务院政府特殊津贴专家、国家科技进步一等奖获得者领衔的精锐研发团队，研发人员占比25%，年均研发投入强度约10%。公司目前已获得自主知识产权60余项，核心技术碳氮化钛脱氮控制技术经评定达国际领先水平，汽车及航空航天配件加工用TiCN基金属陶瓷刀具材料关键技术及应用达国际先进水平，具备行业领先的科研制造与成果转化实力。

**四川大学**是教育部直属全国重点大学，是国家布局在中国西部的重点建设的高水平研究型综合大学，是国家“985工程”和“211”工程“双一流”建设高校(A类)。材料学科是四川大学的优势学科，也是国家“985工程”和“211”工程重点建设的国家一级重点学科和国家“双一流”建设学科，ESI学科排名全球前0.325‰，2022年上海软科世界一流学科排名世界51名，全国学科评估为A类学科，入选四川大学重点建设的12个一流特色优势学科。围绕攀西钒钛稀土优势资源而发展的钒钛硬质材料是学科重点支持方向之一，长期的学科建设，已经形成了由院士、教授、高级工程师、年轻讲师、博、硕士生等所组成100余人的研发团队，取得国家技术发明奖二等奖、四川省科技进步奖一等奖等为代表的一系列创新性成果，并在多个企业实现应用转化。

**北矿新材科技有限公司**是由中央直属大型科技企业矿冶科技集团有限公司以其所属北京钨钼材料厂和金属材料研究设计所为基础与北京市科委共同出资设立的集研究、开发、生产、经营四位于一体的现代材料科技公司。公司以先进的表面材料、难熔金属材料和稀有金属材料及热喷涂技术为主业，公司主要产品有：表面材料产品包括用于耐磨、耐高温、抗氧化、耐腐蚀、隔热、密封等各种用途的热喷涂、喷焊、熔覆等加工的金属粉末、合金粉末、陶瓷粉末、复合粉末、金属陶瓷粉末等涂层材料；难熔金属材料产品包括钨、钼两大系列十大类别的数百种产品。稀有金属材料包括铼系列材料、锆系列材料、铪系列材料、镍铌中间合金。产品广泛用于电站建设、压力容器、石油化工、路桥建设、船舶工程、车辆制造、重型机械、冶金、建筑等领域。公司现有职工212人，拥有众多一流的表面材料、难熔金属材料及热喷涂技术专家，各种专业技术人才占员工总人数达到50%，是真正的科技先导型企业。公司及其前身历年来承担国家科研项目近200项，曾获国家科技进步奖、全国科学大会奖、国家发明奖、部级科技奖等65项，获国家、有色协会及北京市重点新产品奖22项，拥有国家发明专利75项。

**四川省新材料工业设计研究院股份有限公司**成立于2021年5月，是新材料领域集基础研究、技术支撑、创新设计、成果设计、成果转化、咨询服务及人才培养为一体，致力于打造专业化、特色化、领军型的工业设计研究院，主营业务包括金属陶瓷、高性能硬质合金等先进材料及其制品生产销售，工业设计服务，咨询服务等，应用领域涵盖民用市场及汽车配件、军工制造、航空航天、风电核电、电子信息等多个工业领域。

目前，研究院依托共建单位成都美奢锐新材料有限公司、意町设计，建有省工业设计中心、省工程技术研究中心等多个科研及工业设计平台。现已承担科研项目3项，申请知识产权6项，其中发明专利3项。并荣获金熊猫创业设计奖、红点奖等百余项工业设计大奖。已成为金属陶瓷材料及工业设计领域极具潜力的新锐企业。

表1 起草单位、起草人及任务分工

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 起草单位 | 起草人 | 任务分工 |
| 1 | 成都美奢锐新材料有限公司 | / | 总体负责标准编制、审核、协调工作，包括调研、验证、标准起草等 |
| 2 | 四川大学 | / | 参与标准起草、测试验证 |
| 3 | 北矿新材科技有限公司 | / | 参与标准起草、提供样品、测试验证 |
| 4 | 四川省新材料工业设计研究院股份有限公司 | / | 参与标准起草、供样 |

1.4 主要工作过程

1.4.1 立项阶段

2022年6月，成都美奢锐新材料有限公司向全国有色金属标准化技术委员会粉末冶金分技术委员会（SAC/TC243/SC4）提交行业标准《硬质合金涂层 高温磨损试 验球盘法》项目建议书。

2023年4月，国家工业和信息化部办公厅印发《工业和信息化部办公厅关于印发2023年第一批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科〔2023〕18号），行业标准《硬质合金涂层 高温磨损试 验球盘法》立项成功，项目计划编号2023-0261T-YS，计划完成年限2025年。

1.4.2 起草阶段

2023年6月26日～27日，全国有色金属标准化技术委员会在辽宁省沈阳市组织召开了《镁及镁合金化学分析方法 第20部分》等115项有色金属标准工作会议，会议对《硬质合金涂层 高温磨损试 验球盘法》标准进行了任务落实。

成都美奢锐新材料有限公司在接到项目下达任务后，组织四川大学、北矿新材科技有限公司、四川省新材料工业设计研究院股份有限公司等相关技术人员，成立标准编制工作小组，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。

项目运行以来，工作组经过多轮调研和讨论沟通，收集整理、对比分析了相关企业的技术资料，并进行汇总、分析，最终形成标准讨论稿和编制说明。

1.4.3 征求意见阶段

/

1.4.4 审查阶段

/

1.4.5 报批阶段

/

二、标准编制原则

2.1 符合性

本文件严格按照 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》和GB/T 20001.4-2015《标准编写规则第4 部分：试验方法标准》起草制定。

2.2 适用性

本标准适用于硬质合金及其他硬质材料的涂层高温耐磨性评价。在制定过程中，始终遵循满足市场需求、技术内容合理、检测方法可行的原则，主要以硬质材料及涂层的应用研究为基础，并根据国内目前主要生产厂家及用户情况为制定依据，提高了文件符合性和适用性。

2.3 先进性

现有硬质材料耐磨试验方法主要围绕偏厚涂层，无法准确进行薄壁涂层耐磨性评价。通过充分调研，采用可操作性强、准确性好的球盘法，进行硬质材料的涂层层厚以及高温工况下的耐磨性评价，具备良好的先进性，有利于进一步提高硬质合金材料及涂层技术水平。

三、确定标准主要内容的依据

本文件是首次制定，并且是在充分调研了硬质材料生产和应用企业硬质合金及其他硬质材料的涂层高温耐磨性能试验方法等基础上完成的。

3.1 测定方法的确定

本文件适用于硬质材料的涂层高温磨损试验中，采用高温下使球状试验片和圆盘状试验片相互摩擦的球盘法试验方法。

高温工况下，材料晶体结构转变速度及氧化速度明显加快，硬度降低，对硬质材料涂层耐磨性能产生极大影响。传统评价方法中对于材料耐磨性主要针对大型、均质、块体进行检测，对于现代工业工具中常见的涂层、薄膜、小型件等无法有效的进行评价和评估。球盘法是一种国外常见的材料耐磨损性能测试方法，不仅能够较为准确的测量产品耐磨性能，还能够便捷地测量出薄壁涂层厚度，在CVD、PVD薄涂层领域应用十分广泛，在行业内具备良好的先进性和通用性。

3.2 主要数据调研情况

为提高本文件试验方法的适用性，针对本文件中的要求及试验步骤进行实际调研，调研单位有成都美奢锐新材料有限公司、四川大学、北矿新材科技有限公司、四川省新材料工业设计研究院股份有限公司等4家单位，并对调研结果进行归集整理。

表2 试验片材质

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验单位 | 试验片类型 | 成分 | 尺寸（mm） | 密度（g/cm3） | 金相 | 室温 | |
| 硬度（HV30） | 断裂韧性(MN/m3/2) |
| 成都美奢锐新材料有限公司 | 球状试验片 | WC-Co | 直径10mm | 14.5 | A02 | 1600 | 10.6 |
| 圆盘状试验片 | WC-Co | 直径30mm  厚度3mm | 14.45 | A02 | 1600 | 10.6 |
| 四川大学 | 球状试验片 | / | / | / | / | / | / |
| 圆盘状试验片 | / | / | / | / | / | / |
| 北矿新材科技有限公司 | 球状试验片 | 氧化物陶瓷 | 直径10mm | / | / | / | / |
| 圆盘状试验片 | 氧化物陶瓷 | 直径30mm  厚度3mm | / | / | / | / |
| 四川省新材料工业设计研究院股份有限公司 | 球状试验片 | 金属陶瓷 | 直径10mm | 6.8 | A02 | 1550 | 8.2 |
| 圆盘状试验片 | 金属陶瓷 | 直径30mm  厚度3mm | 6.8 | A02 | 1550 | 8.2 |

表3 磨损试验机规格

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验单位 | 圆盘驱动方法 | 载荷机构 | 摩擦力检测方法 | 加热方法 | 测温方法 |
| 成都美奢锐新材料有限公司 | / | / | / | / | / |
| 四川大学 | 电机 | Bruker | 力传感器 | 电阻丝加热 | 热电偶 |
| 北矿新材科技有限公司 | 电机 | Bruker | 力传感器 | 电阻丝加热 | 热电偶 |
| 四川省新材料工业设计研究院股份有限公司 | / | / | / | / | / |

表4试验条件

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验单位 | 温度（℃） | 负荷（N） | 周动圆直径（mm） | 圆盘转速（r/min） | 周动速度（m/s） | 周动距离（m） |
| 成都美奢锐新材料有限公司 | / | / | / | / | / | / |
| 四川大学 | 800 | 10 | 30 | 64 | 0.1 | 1000 |
| 北矿新材科技有限公司 | 600 | 10 | 30 | 64 | 0.1 | 1000 |
| 四川省新材料工业设计研究院股份有限公司 | / | / | / | / | / | / |

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

本标准为国内首次制定，制定过程中充分结合国内硬质材料行业发展及技术水平现状，具备良好的适用性和先进性。

4.2 国际、国外同类标准的对比分析

本标准充分考虑了目前我国硬质材料的实际技术水平和需求情况，参考了已成熟稳定实施的相关标准和技术协议，产品的耐磨性评价及试验方法依据实际工业生产水平，可以良好满足我国硬质材料的产品需求。

综上分析，本标准达到国内先进水平。

4.3与现有标准及制定中标准协调配套的情况

经查，标准与现有标准及制定中的标准无重复交叉情况。

4.4涉及国内外专利及处置情况

经查，本标准不涉及国内外专利。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

暂无重大分歧意见。

七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

建议作为推荐性有色行业标准。

八、贯彻标准的要求和措施建议

标准发布六个月后宣贯实施。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

无。

十一、预期效果

随着工业4.0时代的到来，高端制造对硬质材料工具提出更加严格的要求，我国硬质材料关键性能指标检测标准缺失，导致在产品性能上无法得到充分保障，绝大部分难加工材料用工具仍然依赖进口，已严重影响我国制造业的发展，制约国家制造业核心竞争力的提升。

推进硬质材料涂层高温磨损试验方法的全面标准化，有利于规范硬质材料涂层高温耐磨重要性能方面的规范化测量和表征，推动整个行业产品检控水平和应用效果的全面提升。

《硬质合金涂层 高温磨损试验 球盘法》标准编制组

2024年7月