

有色金属行业计量技术规范项目建议书

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |            |                                                                       |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 建议项目名称    | 球坑测厚仪校准规范                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |            |                                                                       |
| 制定或修订     | <input checked="" type="checkbox"/> 制定 <input type="checkbox"/> 修订                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 被修订计量技术规范号 |                                                                       |
| 计量技术规范性质  | <input type="checkbox"/> 检定规程 <input checked="" type="checkbox"/> 技术规范                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 计量技术规范类别   | <input type="checkbox"/> 重点<br><input checked="" type="checkbox"/> 基础 |
| 主要起草单位    | 国标（北京）检验认证有限公司                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |            |                                                                       |
| 联系人       | 陈晓朋                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 联系电话       | 15811092881                                                           |
| 任务年限      | 1 年                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 申请经费       | 5 万                                                                   |
| 参加单位      | 北京航空航天大学分析测试中心、国合通用（重庆）测试评价认证有限公司、上海有色金属工业技术监测中心有限公司、国合通用（青岛）测试评价认证有限公司、东北轻合金有限责任公司                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |                                                                       |
| 目的、意义和必要性 | <p>球坑测厚仪采用球坑几何测量法，使用标准硬质钢球配合研磨液在工件涂层表面旋转研磨，磨出穿透涂层、露出基体的球形凹坑。通过显微镜测量凹坑内圈（基体边界）、外圈（涂层表面）直径，结合钢球半径，利用球面几何换算公式计算涂层厚度，不受基材磁性、导电性干扰，主要用于硬质、多层膜层厚度检测。在有色金属，如铝、铜、钛合金加工领域广泛使用，用于检测铝合金硬质阳极氧化膜、铜件防腐电镀层、钛合金轻量化防护涂层厚度。传统涡流测厚易受合金成分干扰，金相切片制样繁琐，球坑法不受基材导电、磁性影响，可快速判定电镀、等离子喷涂工艺稳定性。</p> <p>球坑测厚仪在超硬材料领域的应用尤为重要，专门解决硬质涂层检测难题。针对 TiN、AlTiN、DLC 类金刚石、立方氮化硼、陶瓷硬质膜等超硬镀层，弥补其他检测手段短板。超硬涂层硬度接近甚至高于金刚石，金相切割易崩裂、无损测厚无法区分多层硬质膜界面；球坑研磨温和可控，可清晰分辨多层超硬膜分层边界，精准测量刀具、模具、耐磨零部件超硬涂层厚度，直接评判 PVD/CVD 镀膜质量与耐磨服役性能，是超硬表面工程必备检测设备。</p> <p>但国内缺少球坑测厚仪的计量校准规范，造成校准缺乏标准和溯源受限的不良局面，虽有 ISO 26423、JB/T7707-1995、JC/T2246-2014 等试验方法标准规定了设备的要求，但它不同于我国计量制度的要求，无法进行设备的校准。因此急需制定球坑测厚仪校准规范解决行业需求问题。编制《球坑测厚仪校准规范》，对球坑（球磨凹坑）法涂层厚度测量系统的关键计量特性给出统一、可操作的校准项目、校准方法、标准器配置、不确定度评定方法与证书/记录格式，使该类仪器的测量结果能够合法、完整溯源至 SI 长度单位，满足实验室质量体系与认可审核对量值溯源的刚性要求。有色金属、超硬刀具、航空精密部件依赖涂层精度，标准化检测可稳定镀膜工艺，降低工件失效风险，助力硬质涂层国产化产业提质。</p> |            |                                                                       |

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>产业链应用</p>          | <p>1.重点产业链方向；<br/>本规范适用于超硬材料产业链。</p> <p>超硬材料主要分为金刚石与立方氮化硼两大类，覆盖精密加工、装备制造、能源、光学等核心领域。机械加工领域中用于制备刀具、砂轮、球头磨头，切削加工硬质合金、高速钢、高温合金，用于数控刀具、冲压模具镀膜基体。有色金属与硬质涂层领域中用于 PVD/CVD 超硬镀层原料，在刀具、铝钛合金模具表面沉积 DLC、TiN 等膜层，增强耐磨、耐腐蚀性能。高端装备与能源领域中用于油气钻井金刚石钻头、矿山截齿，航空发动机高温合金零部件精加工。光学与电子领域中用于金刚石光学窗口、半导体晶圆切割片、精密研磨耗材，实现硅片、碳化硅等脆性材料精密切割抛光，是高端制造不可或缺的关键材料。</p> <p>在超硬材料重点产业中，球坑仪的核心应用是快速、无损地测量超硬涂层的厚度，是超硬薄膜研发与质控的关键设备。用于超硬涂层厚度检测，针对金刚石薄膜、类金刚石、立方氮化硼等硬质膜层，测量范围通常覆盖 0.5μm~100 μm，精度可达 0.1 μm，特别适用于厚度大于 1 μm 的硬质涂层快速筛查。用于复合膜层结构分析，可区分并测量单层厚度及多层复合结构的总厚度，帮助优化超硬材料的沉积工艺参数，确保涂层结合力与耐磨性满足使用要求。</p> <p>2.对本行业重点产业链的支撑作用。</p> <p>球坑仪在超硬材料产业链中主要作为关键过程控制工具，其校准规范能够明确超硬材料领域球坑仪的计量性能要求、校准方法与结果判定依据，保障不同环节厚度测量数据的一致性与准确性，为超硬材料研发、生产制造、质量检测全链条提供可靠的计量支撑，助力提升整个超硬材料产业链的质控水平，推动行业规范化发展。</p> |
| <p>范围和主要<br/>计量特性</p> | <p>1. 适用范围<br/>本规范适用于有色金属球坑法镀层测量用球坑测厚仪的校准。</p> <p>2. 计量特性<br/>以 BCT1000 型球坑测厚仪为依据，其计量特性技术指标如下：<br/>转速示值误差：≤1%；钢球直径示值误差：±0.01mm；钢球直径测量重复性：0.005mm；观测系统示值误差：±0.5%。</p> <p>3. 主要测量标准的技术指标<br/>数显千分尺：示值误差 MPE：±2 μm；转速表：最大示值误差 MPE：≤0.05%；玻璃线纹尺：二等</p> <p>4. 简要描述主要计量项目的技术原理<br/>转速示值误差：将转速表安装在研磨系统转动轴线上，设定转速后按下启动按钮，应至少运行 5min，转速设定值与转速表之差即转速示值误差。<br/>钢球直径示值误差：使用数显千分尺对钢球直接测量 10 次，取 10 次测量结果的平均值与钢球标称值之差为钢球直径示值误差。<br/>钢球直径测量重复性误差：使用数显千分尺测量 10 次，取最大值减最小值为重复性误差。<br/>观测系统示值误差：将玻璃线纹尺放置于工作台，调整焦距，使十字标尺影像清晰在屏幕中显示，利用测量程序，在玻璃线纹尺刻线间距中分别选取 2 个最外的线，拟合圆后，圆直径与玻璃线纹尺实际刻线间距之差即观测系统示值误差；应至少拟合 5 个不同直径的圆校准。</p>                                                                                                                                             |

|               |                  |                                                                                                                                           |                  |         |                  |
|---------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------|------------------|
| 水平            |                  | <input type="checkbox"/> 国际先进 <input checked="" type="checkbox"/> 国内先进                                                                    |                  |         |                  |
| 国内外情况<br>简要说明 |                  | 1. 参考 JJF1914-2021 《金相显微镜校准规范》测量系统校准方法，参考试验方法 JB/T7707-1995 《离子镀膜厚试验方法—球痕法》，JC/T2246-2014 《精细陶瓷覆盖层厚度试验方法 磨坑法》部分内容。<br>2. 本规范不涉及知识产权和专利问题。 |                  |         |                  |
| 推荐意见          |                  | 本规范规定了球坑测厚仪的校准内容，技术内容合理，同意推荐申报有色金属行业计量技术规范。                                                                                               |                  |         |                  |
| 主要<br>起草单位    | （签字、盖公章）<br>月  日 | 计量委员会                                                                                                                                     | （签字、盖公章）<br>月  日 | 部委托支撑单位 | （签字、盖公章）<br>月  日 |

填写说明：1.表中第 2，3，8 行，请在选定的内容上填写 “☒” 的符号。

2.填写制定或修订项目中，若选择修订则必须填写被修订计量技术规范号。