

ICS 25.100.01

J 41

备案号: 53568—2016

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 12612—2016

数控刀具涂层材料性能检测方法

Inspection methods for cutting tool coating material performance

2016-01-15 发布

2016-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 检测方法.....	1
3.1 涂层组织.....	1
3.2 涂层材料性能.....	2
3.3 涂层的抗氧化性能.....	4

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国刀具标准化技术委员会 (SAC/TC91) 归口。

本标准起草单位：成都工具研究所有限公司、上海交通大学、株洲钻石切削刀具股份有限公司、中国科学院兰州化学物理研究所。

本标准主要起草人：方殷、李文艳、高见、周红翠、陈明、华敏奇。

本标准为首次发布。

数控刀具涂层材料性能检测方法

1 范围

本标准规定了数控刀具涂层材料组织（涂层外观、涂层厚度、涂层的物相组成、涂层表面形貌和断口显微结构等）及性能（涂层表面显微硬度、涂层表面粗糙度、涂层残余应力、涂层弹性模量、涂层摩擦系数、涂层的摩擦磨损性能、涂层的抗氧化性能等）参数的检测方法。

本标准适用于数控刀具涂层材料性能参数的检测。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1031 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值

GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层厚度测量显微镜法

GB/T 7704 无损检测 X射线应力测定方法

JB/T 7707 离子镀膜厚度试验方法 球磨法

3 检测方法

3.1 涂层组织

3.1.1 涂层外观

涂层后刀具的外观用肉眼观察检测，刀具工作部分用20~40倍显微镜进行观察检测，刀具的分层、液滴、鼓泡用1000倍以上显微镜进行观察检测。

3.1.2 涂层厚度

3.1.2.1 球痕法

涂层厚度用球痕仪按JB/T 7707规定的方法进行检测。

3.1.2.2 横截面金相法

涂层厚度用金相显微镜采用横截面金相法按GB/T 6462规定的方法进行检测。

3.1.2.3 扫描电镜法

用扫描电镜来准确测试涂层试样断口的涂层厚度。

3.1.3 涂层的物相组成

数控刀具的涂层物相组成用X射线衍射仪进行分析。

试样制备：做物相分析的数控刀具要求有一个测量面，应为块状试样，试样尺寸不小于10 mm×

10 mm×10 mm，试样测量面应干净和平整。

试样的测试：根据刀具涂层的种类确定仪器的扫描条件和测量范围。

实验数据的分析：根据衍射仪做出的图谱与物相的标准卡片进行对比来分析涂层材料的物相。

3.1.4 涂层表面形貌和断口显微结构

涂层表面形貌和断口显微结构用扫描电子显微镜进行检测。

试样制备：试样应大小适当，干净、干燥，具有良好的导电性。做断口的试样，其断口表面应不被污染，保持原始状态。

试样的测试：根据所需检测的涂层状况选择适当的仪器条件来对涂层刀具进行测试。

实验数据的分析：根据扫描电镜图像观测涂层的晶粒形状及大小、粒径均匀性、表面致密度、有无杂质及表面降落物等，根据断口的扫描图片分析涂层晶体结构、涂层厚度均匀性、多层涂层间的致密性及界面平整度等。

3.2 涂层材料性能

3.2.1 涂层表面显微硬度

涂层表面显微硬度用显微硬度计按 GB/T 4340.1 规定的方法进行测定。对试样要求：

——涂层的厚度应大于或等于 2 μm；

——压痕深度不超过涂层厚度的 2/3；

——涂层平均表面粗糙度 $Ra \leq 0.32 \mu\text{m}$ 。

涂层的厚度小于 2 μm 时，可以用纳米压痕仪对其纳米硬度进行测试。

3.2.2 涂层表面粗糙度

涂层表面粗糙度用表面粗糙度仪或多功能材料表面性能试验仪进行检测。涂层表面粗糙度与涂层前的刀具加工表面粗糙度有密切的关系，按 GB/T 1031 的规定进行评定。

3.2.3 涂层残余应力

涂层残余应力用 X 射线衍射仪或 X 射线应力仪进行检测，按 GB/T 7704 的规定进行分析。

3.2.4 涂层弹性模量

涂层弹性模量用多功能材料表面性能试验机的弹性模量功能采用玻氏压针进行检测。

试样的制备：选择有平整测量面且大小合适的数控刀具。试样应干净。根据刀具批量大小选择测试刀具的具体数量，一般选取 3 片试样。试样要求：

——涂层的厚度应大于或等于 2 μm；

——压入深度不超过涂层厚度的 2/3；

——涂层平均表面粗糙度 $Ra \leq 0.32 \mu\text{m}$ 。

试样的测试：根据不同的涂层选择仪器的载荷和加载的速率且将载荷均匀地作用于被测涂层测量面，经过仪器计算机处理得到涂层的载荷-深度曲线，再按设定的卸载速率得到卸载时的载荷-深度曲线，通过加载时的载荷-深度曲线与卸载时的载荷-深度曲线斜率的夹角，按公式（1）计算涂层的相对弹性模量。夹角值越小，相对弹性模量越高。反之，相对弹性模量越低。在不同区域每片试样分别选三个点进行测试，取其相对弹性模量平均值。

$$E^* = k^* - k \dots \dots \dots (1)$$

式中：

E^* ——相对弹性模量；

- k^* ——卸载时的载荷-深度曲线斜率；
 k ——加载时的载荷-深度曲线斜率。

3.2.5 涂层摩擦系数

涂层摩擦系数用多功能材料表面性能试验机或旋转摩擦试验机进行检测。

试样的制备：选择有平整测量面且大小合适的数控刀具。进行测试的试样应干净。根据刀具批量的大小选择测试刀具的数量，一般选取 3 片试样。其要求：涂层表面平均粗糙度 $Ra \leq 0.32 \mu\text{m}$ 。

试样的测试：根据不同的涂层选择砝码或可变加载机构加至磨球上，涂层试样随试验台以设定的速度、频率，实现动态加载或固定加载下摩擦副的往复匀速直线运动，旋转摩擦试验机，选择砝码加至磨球上，使摩擦副（涂层样品）匀速旋转运动；通过传感器获取摩擦时的摩擦力信号，经过计算机运算得到涂层表面在特定条件（不同载荷、不同速度）下的摩擦系数曲线。另外还要根据涂层的种类选择不同的摩擦副磨球。每片试样在磨球没磨过的不同位置测试三次，根据测得的摩擦系数大小来分析对比涂层材料的润滑性能。

3.2.6 涂层的摩擦磨损性能

涂层摩擦磨损性能用高速往复摩擦磨损试验仪进行检测。

试样的制备：选择有平整测量面且大小合适的样品。进行测试的试样应干净。根据刀具批量的大小选择测试刀具的数量，一般选取 3 片试样。每片试样测试三次，取其平均值。另外还要根据涂层的种类选择不同的摩擦副磨球。其要求：涂层表面平均粗糙度 $Ra \leq 0.32 \mu\text{m}$ 。

试样的测试：将砝码或可变加载机构加至磨球上，运用偏心轮原理，刀具试样随试验台以设定的频率，实现摩擦副的高速往复运动，通过传感器获取摩擦时的摩擦力信号，将摩擦力信号经放大处理，输入计算机经 A/D 转换通过运算得到摩擦系数曲线。通过摩擦系数曲线的变化得到涂层的摩擦性能和耐磨强度，即在特定载荷下，经过多长时间（多长距离）摩擦系数会发生变化，涂层被磨损。此时停止试验，并通过称重法或体积法得到涂层磨损率。

称重法：实验前用量程为 250 g、精度为十万分之一的电子天平称重一次，摩擦后再测一次，即可得到单位时间、单位载荷下的磨损质量，质量磨损率按公式（2）计算。

$$l_w = (W - W^*) / (tN) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- l_w ——质量磨损率；
 W ——磨损前质量，单位为毫克（mg）；
 W^* ——磨损后质量，单位为毫克（mg）；
 t ——磨损时间，单位为小时（h）；
 N ——载荷，单位为牛（N）。

体积法：用材料表面性能试验机的磨损量功能或轮廓仪得到磨痕的截面面积，将截面面积乘以磨痕长度即得到单位时间、单位载荷下的磨损体积，体积磨损率按公式（3）计算。

$$l_v = \Delta V / (tN) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- l_v ——体积磨损率
 ΔV ——磨损体积，单位为立方毫米（ mm^3 ）；
 t ——磨损时间，单位为小时（h）；
 N ——载荷，单位为牛（N）。

用三维轮廓仪进行磨痕全方位扫描，可直接得到磨痕的损失体积，即单位时间、单位载荷下的磨损体积。根据涂层表面磨损量来分析涂层材料的耐磨性能。

3.3 涂层的抗氧化性能

涂层的氧化实验采用电阻炉（马弗炉）进行。抗氧化性能的实验在特定温度下（一般为 600℃~1 200℃）进行，以经过加热、冷却后试样质量的变化来衡量试样在各氧化温度下被氧化的严重程度。通过实验计算的结果来检测涂层材料在设置温度下的抗氧化性能。

试样的制备：选择大小、形状合适的刀具试样。进行测试的试样应干净。根据所需要测试温度点的多少选择测试刀具的数量，一般选取 5 片试样。

试样的测试：将试样放入电阻炉前，先将试样放入真空干燥箱中干燥至恒重，在精度高于或等于万分之一的电子天平上称量试样的质量。然后将试样放入到电阻炉中加热到所需测试的温度，并保持一定的时间。最后待试样冷却到常温后从电阻炉内将试样取出，放入真空干燥箱中干燥至恒重，并称量试样氧化后的质量。设置温度下的氧化性按公式（4）和公式（5）计算。

$$K_T = \Delta m / S \cdots \cdots \cdots (4)$$

$$\Delta m = |m_1 - m_0| \cdots \cdots \cdots (5)$$

式中：

K_T ——设置温度下的氧化性；

Δm ——设置温度下的质量差，单位为毫克（mg）；

S ——试样的表面积，单位为平方毫米（mm²）；

m_1 ——试样氧化后的质量，单位为毫克（mg）；

m_0 ——常温下试样的初始质量，单位为毫克（mg）。

实验数据的分析：氧化性能实验是以数控刀具在氧化前后的质量差来表征涂层材料的抗氧化性，以试样质量的变化来衡量试样在各氧化温度下被氧化的严重程度的。

