

ICS 81.60.30

CCS Q32

备案号:

JC

中华人民共和国建材行业标准

JC/T XXXXX—XXXX

精细陶瓷载荷无关硬度计算方法

Test method for load independence hardness of monolithic ceramics

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

本文件按照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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国工业陶瓷标准化技术委员会（SAC/TC194）归口。

本文件起草单位：中国科学院上海硅酸盐研究所、佛山市质量和标准化研究院、山东国瓷功能材料股份有限公司、中国建筑材料科学研究总院有限公司、山东工业陶瓷研究设计院有限公司、上海应用技术大学、东华大学。

本文件主要起草人：王新刚、蒋丹宇、吴永庆、杨柳慧、饶秀梅、宋锡滨、司留启、万德田、吴萍、陈常祝、粘洪强、张国军。

精细陶瓷载荷无关硬度计算方法

1 范围

本文件规定了室温精细陶瓷载荷无关硬度的原理、计算步骤和试验报告。
本文件适用于室温精细陶瓷载荷无关硬度的评价，其它材料也可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T16534 精细陶瓷室温硬度试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

载荷无关硬度 load independence hardness

通常精细陶瓷的硬度值和载荷相关，因此硬度数据需要标注加载载荷值。而通过数值处理，得到的与加载载荷无关的硬度值，即为载荷无关硬度。

注：根据维氏硬度数据计算得到的载荷无关硬度为载荷无关维氏硬度，根据努氏硬度数据计算得到的载荷无关硬度值为载荷努氏维氏硬度。

4 原理

硬度指材料抵抗塑性变形的能力，可以理解为是与体积相关的物理量。根据能量平衡理论，硬度压头压入样品表面过程中，主要载荷功转化为体积变化。同时，压痕表面积与投影面积之差为零，即压痕过程伴随有表面积的增大，导致荷载功的一部分用于形成新表面。此外，在预应力存在的条件下，预应力会抵消压痕荷载做的部分功。

令压痕过程中消耗的体积变化能与 d^3 有关，表面变化能与 d^2 有关，预应力为 P_0 ，则荷载做功按式（1）计算得出。

$$Pd = P_0d + a_1d^2 + a_2d^3 \dots \dots \dots (1)$$

式中：

P ——硬度加载载荷，单位为牛顿（N）；

P_0 ——预应力对应的载荷，单位为牛顿（N）；

a_1 ——加载载荷在面积上耗散功的系数，单位为牛顿每毫米（N/mm）；

a_2 ——加载载荷在体积上耗散功的系数，单位为牛顿每平方米 (N/mm^2)；

d ——维氏硬度压痕对角线长度或努氏硬度压痕长对角线长度，单位为毫米 (mm)。

其中 a_2d^3 就是压痕载荷对应于体积 d^3 做的功。根据式(2)计算样品的载荷无关维氏硬度，根据式(3)计算样品的载荷无关努氏硬度。

$$H_{TK}=0.001854 \times a_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

H_{TK} ——载荷无关维氏硬度，单位为吉帕 (GPa)；

a_2 ——加载载荷在体积上耗散功的系数，单位为牛顿每平方米 (N/mm^2)。

$$H_{TKV}=0.01423 \times a_2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

H_{TKV} ——载荷无关努氏硬度，单位为吉帕 (GPa)；

a_2 ——加载载荷在体积上耗散功的系数，单位为牛顿每平方米 (N/mm^2)。

5 计算步骤

5.1 硬度值的选取

按照GB/T 16534规定的方法测定样品的维氏硬度或努氏硬度，选取1N~300N不少于6个载荷值进行测试，在每个载荷下测试的维氏硬度值或努氏硬度值不少于5个，如附录A的表A.1所示。

注：在载荷选取过程中，便于测量的最小载荷为最低载荷，能实现有效压痕的最大载荷为最高载荷，其余载荷均匀分布在最小载荷和最大载荷之间。

5.2 去除离群值

离群值是指严重偏离其它观察结果的值，是精细陶瓷力学试验的典型现象。应根据试验过程进行判断去除。

注：在硬度测定过程中，如果存在压痕不对称、边缘侧裂、尖端区移位、晶粒移位或拔出等现象，该测定值应为无效。

5.3 图形处理

5.3.1 作图

以 d 为横坐标， P 为纵坐标作图，如图A.1所示。

5.3.2 确定 a_2 并计算载荷无关硬度

对5.3.1所作的曲线进行二项式拟合，如图A.2所示，根据式(2)计算样品的载荷无关维氏硬度，或根据式(3)计算样品的载荷无关努氏硬度。拟合的相关系数需大于0.99，否则应重新进行实验或在实验报告中报告相关系数。

6 试验报告

测试结果应包含以下内容：

- a) 本文件编号；
- b) 与样品有关的详细信息；

- c) 试验载荷;
- d) 试验温度和湿度;
- e) 总压痕数和有效压痕数;
- f) 显微镜放大倍数;
- g) 试验结果:
 - 1) 每个有效压痕对角线长度;
 - 2) 压痕对角线长度的平均值。
- h) 二项式的各项常数 P_0 、 a_1 、 a_2 ;
- i) 拟合曲线的相关系数;
- j) 载荷无关维氏硬度或载荷无关努氏硬度值;
- k) 不在本文件规定之内的各种操作;
- l) 详细记录可能影响试验结果的各种因素(孔洞、材料的多相种类、粗晶粒的尺寸等);
- m) 测试的实验室名称, 测试人, 测试时间, 硬度计型号。

附录 A

(资料性)

实例

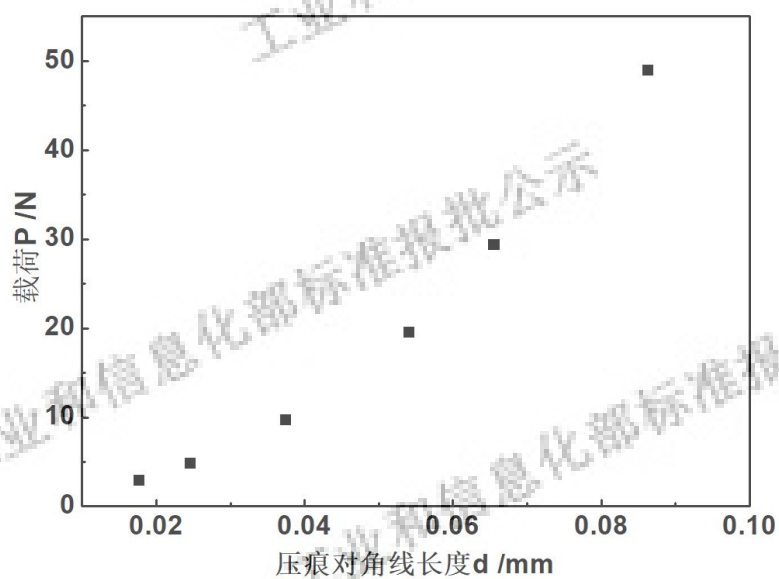
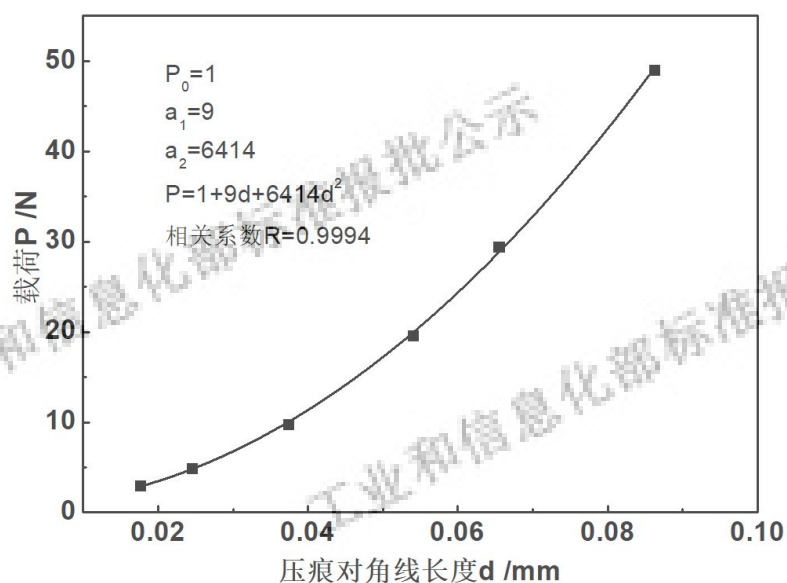
针对一种 Al_2O_3 陶瓷，试验选取的6种载荷为：2.94 N、4.90 N、9.80 N、19.60 N、29.40 N和49.00 N，分别测定不同载荷下的维氏压痕对角线长度，并计算平均压痕对角线长度，结果如表A.1所示。以d为横坐标，P为纵坐标作图，如图A.1所示。采用二项式拟合方法对图A.1进行拟合，如图A.2所示。根据图A.2的拟合结果得到曲线的各项常数 P_0 、 a_1 、 a_2 和曲线的相关系数R，如图A.2。根据式(2)计算出材料的载荷无关维氏硬度 H_{TV} 为11.9 GPa。

表 A.1 一种 Al_2O_3 陶瓷的维氏硬度试验结果

序号	载荷P N	压痕对角线长度 d_1 mm	压痕对角线长度 d_2 mm	压痕对角线 长度的平均值d mm
1	2.94	0.01735	0.01735	0.01759
2	2.94	0.01769	0.01735	
3	2.94	0.01769	0.01769	
4	2.94	0.01803	0.01667	
5	2.94	0.01871	0.01735	
6	4.90	0.02415	0.02483	0.02449
7	4.90	0.02415	0.02449	
8	4.90	0.02551	0.02415	
9	4.90	0.02449	0.02551	
10	4.90	0.02347	0.02415	
11	9.80	0.03741	0.0381	0.03741
12	9.80	0.03741	0.03673	
13	9.80	0.03741	0.03673	
14	9.80	0.03776	0.03707	
15	9.80	0.03844	0.03707	
16	19.60	0.05544	0.05272	0.05401
17	19.60	0.05442	0.05374	
18	19.60	0.0534	0.05272	
19	19.60	0.05442	0.05306	
20	19.60	0.05374	0.05646	
21	29.40	0.06599	0.06429	0.06548
22	29.40	0.06633	0.06497	
23	29.40	0.06599	0.06497	
24	29.40	0.06599	0.06395	
25	29.40	0.06701	0.06531	

表A.1(续)

No.	载荷 P/N	压痕对角线长度 d_1 /mm	压痕对角线长度 d_2 /mm	压痕对角线 长度的平均值 d /mm
26	49.00	0.08639	0.08603	0.08621
27	49.00	0.08503	0.08571	
28	49.00	0.08744	0.08603	
29	49.00	0.08703	0.08603	
30	49.00	0.08671	0.08571	

图 A.1 一种 Al_2O_3 陶瓷的载荷—维氏硬度压痕对角线长度关系图图 A.2 一种 Al_2O_3 陶瓷的载荷无关维氏硬度拟合曲线 ($H_{V}=11.9 \text{ GPa}$)