



中华人民共和国国家标准

GB/T 44335—2024

精细陶瓷 涂层试验方法 基于 Stoney 公式的陶瓷涂层内应力测定

Fine ceramics—Methods of test for coatings—Determination of internal stress in ceramic coatings by application of the Stoney formula

[ISO 19674:2017, Fine ceramics(advanced ceramics, advanced technical ceramics)—Methods of test for ceramic coatings—Determination of internal stress in ceramic coatings by application of the Stoney formula, MOD]

2024-08-23 发布

2025-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原理	1
4.1 概述	1
4.2 涂层与基体厚度比小于 2%	1
4.3 涂层与基体厚度比在 2%至 10%之间	1
5 设备	2
6 基体	2
6.1 基体材料	2
6.2 基体形态	2
6.3 基体表面粗糙度	2
6.4 基体尺寸	2
7 步骤	3
7.1 初始轮廓测量	3
7.2 涂层沉积	3
7.3 涂层厚度测量	3
7.4 最终轮廓测量	4
7.5 应力计算	5
8 测试报告	5
附录 A(资料性) 本文件与 ISO 19674:2017 结构编号对照情况	6
附录 B(资料性) 本文件与 ISO 19674:2017 技术差异及其原因	7
附录 C(资料性) 基体尺寸的确定	8
附录 D(资料性) 实际构件表面的陶瓷涂层的内应力计算	9
参考文献	10

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。

本文件修改采用 ISO 19674:2017《精细陶瓷（先进陶瓷、先进技术陶瓷） 涂层试验方法 基于 Stoney 公式的陶瓷涂层内应力测定》。

本文件与 ISO 19674:2017 相比，在结构上有较多调整，两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 ISO 19674:2017 相比，存在较多技术差异，在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线（|）进行了标示。这些技术差异及其原因一览表见附录 B。

本文件做了下列编辑性改动：

- 为与现有标准协调，将标准名称改为《精细陶瓷 涂层试验方法 基于 Stoney 公式的陶瓷涂层内应力测定》；
- 将 ISO 19674:2017 第 8 章和第 4 章的部分内容并入了第 1 章、7.6 中的计算式并入了第 4 章、6.2 的部分内容并入了 6.1、7.4 的内容并入了 7.2、第 4 章“注 1”内容并入了 7.3、7.7 的内容并入了 7.4；
- 删除了 ISO 19674:2017 第 4 章的“注 2”、第 5 章的“示例”、7.5 的“注 3”；
- 增加了附录 A(资料性)本文件与 ISO 19674:2017 结构编号对照；
- 增加了附录 B(资料性)本文件与 ISO 19764:2017 技术差异及其原因；
- 增加了附录 D(资料性)实际构件表面的陶瓷涂层的内应力计算。

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/TC 194)归口。

本文件起草单位：深圳职业技术大学、深圳市速普仪器有限公司、中国国检测试控股集团股份有限公司、田菱精密制版(深圳)有限公司、广东华升纳米科技股份有限公司、山东工业陶瓷研究设计院有限公司、河南省科学院碳基复合材料研究院、深圳市印刷行业协会、南雄市沃太化工有限公司。

本文件主要起草人：赵升升、包亦望、张小波、万德田、廖强华、王红英、张旭亮、刘成武、陈常祝、刘霞、李立升、招刚、张雨雷、陈声高。

引 言

涂层已越来越多地应用于改善材料和零部件的功能特性。使用涂层不仅可以防止基体材料因暴露在高应力、腐蚀性化学环境等苛刻环境导致的损伤,还能够赋予基体材料其他特性,如使用热障涂层调整导热性、使用低摩擦涂层(如类金刚石镀膜)调整摩擦系数、使用具有受控光学特性的涂层调整光学反射率等。

应用过程中选用哪种涂层,取决于机械构件所需要的功能需求。决定涂层性能和寿命的一个至关重要的因素是沉积过程和/或从涂层的制备温度冷却至常温的过程中由于涂层与基体间的热膨胀性能失配所产生的内应力。

本文件介绍了一种简单的试验技术及其应用,即基于 Stoney 公式分析涂层引起的样品(已知力学性能)弯曲变形,测定涂层的内应力(也称为残余应力)。

精细陶瓷 涂层试验方法 基于 Stoney 公式的陶瓷涂层内应力测定

1 范围

本文件描述了一种测定陶瓷涂层内应力的方法,该方法将测量单面镀有陶瓷涂层的板条状或圆盘状样品的曲率半径变化的结果应用于 Stoney 公式来计算陶瓷涂层内应力。

本文件适用于涂层厚度小于基体厚度的 10%、样品轮廓曲率呈球形、样品变形为弹性形变、基体初始轮廓平坦或曲率已知的陶瓷涂层内应力的测定。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 原理

4.1 概述

通过测量厚度已知的、仅单面镀有涂层的、具有线弹性性能的板条状或圆盘状样品的弯曲程度变化量来计算陶瓷涂层内应力。由于陶瓷涂层通常在高温下沉积制备,在其他温度下测定的涂层内应力是其本征应力和由涂层与基体间的热膨胀失配所导致的热应力的叠加。

4.2 涂层与基体厚度比小于 2%

当涂层与基体厚度比小于 2% ($h_f/h_s < 0.02$) 时,需要准确地获知涂层厚度、基体厚度、基体的杨氏模量和泊松比,在 Stoney 公式^[1]中代入由样品轮廓实测的曲率半径(R_{exp}),利用公式(1)计算涂层内应力(σ_0):

$$\sigma_0 = -\frac{1}{6} \frac{E_s}{1-\nu_s} \frac{h_s^2}{h_f} \frac{1}{R_{exp}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- h_f —— 涂层厚度,单位为微米(μm);
- h_s —— 基体厚度,单位为毫米(mm);
- E_s —— 基体的杨氏模量,单位为吉帕(GPa);
- ν_s —— 基体的泊松比;
- R_{exp} —— 实测的曲率半径,单位为米(m)。

4.3 涂层与基体厚度比在 2% 至 10% 之间

当涂层与基体厚度比在 2% 至 10% 之间 ($0.02 \leq h_f/h_s < 0.1$) 时,需要获知涂层材料的杨氏模量和泊