



中华人民共和国国家标准

GB/T 21838.4—2008

GB/T 21838.4—2008

金属材料 硬度和材料参数的仪器化 压痕试验 第4部分:金属和 非金属覆盖层的试验方法

Metallic materials—Instrumented indentation test for hardness and materials
parameters—Part 4: Test method for metallic and non-metallic coatings

(ISO 14577-4:2007, MOD)

中华人民共和国
国家标准
金属材料 硬度和材料参数的仪器化
压痕试验 第4部分:金属和
非金属覆盖层的试验方法
GB/T 21838.4—2008

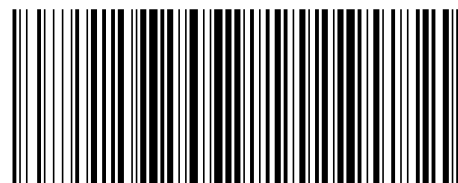
*
中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn
电话:68523946 68517548
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*
开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 42 千字
2008年8月第一版 2008年8月第一次印刷

*
书号:155066·1-32408 定价 22.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 21838.4—2008

2008-05-13 发布

2008-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

(1984)845

[20] B D Fabes, W. C. Oliver, R. A. McKee, F. J. Walker, The determination of film hardness from the composite response of film and substrate to nanometer scale indentations, J Mat. Res. , 7(1992)3056,

[21] I J Ford, A cavity model of the indentation hardness of a coated substrate, Thin Solid Films, 245(1994)122,

[22] D Chicot, J Lesage, Absolute hardness of films and coatings, Thin Solid Films 254 (1995)123

[23] N G Chechenin, J Btger, J P Krog, Nanoindentation of amorphous aluminum oxide films I, The influence of the substrate on the plastic properties, Thin Solid Films, 261(1995)219,

[24] A M Korsunsky, M RMcGurk, S J Bull, T F Page, On the hardness of coated systems, Surf. Coat. Technol., 99(1998)171

[25] H Gao, C-H Chiu, J Lee, Elastic contact versus indentation modeling of multi-layered materials, Int. J. Solid Structures, 29(1992)2471,

[26] J Mencik, D Munz, E Quandt, E R Weppelmann, Determination of elastic modulus of thin layers using nanoindentation, J Mater. Res. , 12 No. 9(1997)2475,

[27] T Chudoba, N Schwarzer, F Richter, New possibilities of mechanical surface characterization with spherical indenters by comparison of experimental and theoretical results, Thin Solid Films, 355-356(1999)284

[28] T Chudoba, N Schwarzer, F Richter, Determination of elastic properties of thin films by indentation measurements with a spherical indenter, Sur. Coat. Technol. , 127(2000)9

[29] T Chudoba, N Schwarzer, F Richter, U Beck, Determination of mechanical film properties of a bilayer system due to elastic indentation measurements with a spherical indenter, Thin Solid Films, 377-378(2000)363-373

[30] J Meneve, J F Smith, N M Jennett and S R J Saunders, Applied Surface Science, 100/101 (1996)64-68, Surface Mechanical Property Testing by Depth Sensing Indentation, Proc. 13th Int Vac Conf and 9th Int. Conf. , Solid Surface Sept 25-29 1995 Yokohama, Japan

[31] K Hermann, N M Jennett, W Wegner, J Meneve, K Hasche and R Seemann, Progress in determination of the area function of indenters used for nanoindentation, Proc ICMCTF100 Thin Solid Films—Thin Solid Films, 377-378(2000)394-400

[32] M F Doerner and W D Nix, A method for interpreting the data from depth-sensing indentation instruments, J Mater. Res. , 1 (1986)601-609

[33] W C Oliver and G M Pharr, An Improved technique for the determining the hardness and elastic modulus using load displacement sensing indentation experiments, J Mater. Res. , 7 (1992) 1564-1583

[34] K J VanVliet, L Prchlik and J F Smith, Direct measurement of indentation frame compliance, J Mater. Res. , 19(2004)325-331

[35] ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

[36] ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 符号和说明	1
4 试验机的检验和校准	2
5 试样	3
5.1 总则	3
5.2 表面粗糙度	4
5.3 抛光	4
5.4 试验面清洗	4
5.5 色漆和清漆的特别要求	5
6 试验方法	5
6.1 试验条件	5
6.2 试验程序	7
7 覆盖层表面压痕试验的数据分析和结果评估	9
7.1 总则	9
7.2 覆盖层压痕模量	10
7.3 覆盖层压痕硬度	11
8 试验报告	12
附录 A (规范性附录) 机架柔度校准程序	14
附录 B (规范性附录) 接触点和完全弹性范围	17
参考文献	19

表 B.1 (续)

参 数	$F/\mu\text{N}$	不同曲率半径压头(nm)的弹性压痕深度 h/nm					
		50	100	200	500	1 000	10 000
$E=100\text{ GPa}$ $\nu_i=0.3$	1	1.04	0.82	0.65	0.48	0.38	0.18
	5	3.04	2.41	1.91	1.41	1.12	0.52
	10	4.82	3.82	3.04	2.24	1.78	0.82
$E=200\text{ GPa}$ $\nu_i=0.3$	1	0.69	0.55	0.44	0.32	0.25	0.12
	5	2.02	1.61	1.27	0.94	0.75	0.35
	10	3.21	2.55	2.02	1.49	1.18	0.55
$E=400\text{ GPa}$ $\nu_i=0.3$	1	0.48	0.38	0.30	0.22	0.18	0.08
	5	1.41	1.12	0.89	0.65	0.52	0.24
	10	2.23	1.77	1.41	1.04	0.82	0.38

压痕试验后按 A.3.6 规定的方法计算试验结果。应检查硬度和模量计算值的合理性。对金刚石, $E=1\ 140\text{ GPa}$, $\nu_i=0.07$ 。

表 B.2 假设完全弹性变形时,不同杨氏模量材料的压痕深度(根据式(B.1)的计算值)

参 数	压头曲率半径=50 nm		压头曲率半径=500 nm		压头曲率半径=10 000 nm	
	$F/\mu\text{N}$	h/nm	$F/\mu\text{N}$	h/nm	$F/\mu\text{N}$	h/nm
$E=5\text{ GPa}$ $\nu_i=0.3$	1	7.2	1	3.4	1	1.2
			100	72	40 000	1 444
$E=70\text{ GPa}$ $\nu_i=0.3$	1	1.3	1	0.6	1	0.2
	14	7.5	1 400	75	600 000	1 574
$E=200\text{ GPa}$ $\nu_i=0.3$	1	0.7	1	0.3	1	0.1
	50	9.4	5 000	94	1 800 000	1 750

注:压痕深度是在试验力为 $1\ \mu\text{N}$ 和试验力所产生的应力达到杨氏模量 10% 时计算得出的($E/10$ 为所有已知材料在塑性变形开始前所能承受的最大估计应力)。

前 言

GB/T 21838《金属材料 硬度和材料参数的仪器化压痕试验》分为如下四个部分:

- 第 1 部分:试验方法;
- 第 2 部分:试验机的检定和校准;
- 第 3 部分:标准块的校准;
- 第 4 部分:金属和非金属覆盖层的试验方法。

本部分为 GB/T 21838 的第 4 部分。

本部分修改采用国际标准 ISO 14577-4:2007《金属材料 硬度和材料参数的仪器化压痕试验 第 4 部分:金属和非金属覆盖层的试验方法》(英文第 1 版)。

本部分在文本结构和技术内容方面与 ISO 14577-4:2007 一致,为了便于使用,做了下列修改:

- 用“GB/T 21838 的本部分”代替了“ISO 14577 的本部分”;
- 用小数点“.”代替英文采用的小数点逗号“,”;
- 删除了国际标准的前言;
- 在第 2 章“规范性引用文件”中直接引用了与 ISO 14577-4:2007 中引用的国际标准相对应的我国国家标准。

本标准的附录 A 和附录 B 是规范性附录。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:上海市纳米技术孵化基地、上海材料研究所、钢铁研究总院。

本标准起草人:沙菲、王滨、巴发海、高怡斐。