

Програма Matrix має ряд переваг в порівнянні з іншими вищезазначеними програмами: великий набір специфічних функцій і інструментів для створення реалістичних майстер-моделей; можливість обчислення маси і розрахунку оптимальної кількості ювелірних каменів в кожній деталі конструкції; можливість створення «презентації» виробу з метою демонстрації закінченого вигляду ювелірної прикраси, що особливо важливо при затвердженні моделі замовником; збереження файлу з моделлю в форматі *.stl (стереолітографія) з подальшим експортуванням на 3D-принтер або верстат з числовим програмним управлінням.

Хворостяный В.В., Родичев Ю.М., Бодунов В.Е., Качинская И.Р.

(ИПП имени Г. С. Писаренко НАН Украины, г. Киев)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ КЕРАМИКИ И СТЕКЛА ПРИ ЦАРАПАНИИ И ИНДЕНТИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ АЛМАЗНЫМИ ИНДЕНТОРАМИ

E-mail: plt2002@ukr.net

Настоящая работа является дополнительной частью к ранее проведенным исследованиям механического поведения хрупких материалов в условиях локального контактного нагружения [1]. Выполнены определения важной механической характеристики – твердости, что характеризует способность материалов сопротивляться деформированию и разрушению при внедрении в их поверхность другого твердого тела. Различают несколько способов определения твердости: при статическом и динамическом индентировании, царапании или при истирании абразивом. Указанные испытания достаточно широко применяются как в экспериментальных научных исследованиях, так и в производственной практике, рассматриваются в качестве методов неразрушающего контроля, для которых главные преимущества заключаются в их простоте, экономичности, доступности и производительности.

Цель работы состояла в определении твердости керамики и стекла при использовании методов механических испытаний на индентирование и царапание

стандартними алмазними інденторами с последующей верификацией полученных результатов путем их сопоставления с литературными данными.

Экспериментальные исследования были выполнены на подготовленных образцах нитрид кремниевой и диоксид циркониевой керамики, а также на флоат-стекле в соответствии с основными положениями стандартов ASTM G171-03 (2009) “Standard test method for scratch hardness of materials using a diamond stylus” и ASTM C1327-15 (2019) “Standard Test Method for Vickers Indentation Hardness of Advanced Ceramics”. В случае статического индентирования материалов применялся индентор Виккерса, тогда как царапание поверхности образцов осуществлялось индентором Роквелла.

Результаты определения твердости стекла и керамики представлены в таблицах 1 и 2, в которые для сравнения также были внесены данные из литературных источников подобных материалов. Методы определения твердости при локальном контактном нагружении обоснованно рассматриваются в качестве надежного и информативного инструмента физико-технического анализа состояния материалов и изменения их механических характеристик вследствие влияния технологических и эксплуатационных факторов, изучения особенностей деформирования и разрушения материалов.

Таблица 1 – Сравнение значений твердости флоат-стекла, полученных в испытаниях на царапание и индентирование поверхности

| Твердость, ГПа | Нагрузка приложенная к индентору P , Н | | | Литературные данные |
|-------------------|------------------------------------------|------------------|------------------|------------------------|
| | 9,81 | 19,62 | 29,43 | |
| H_s | 6,9±0,24 (17)* | 6,7±0,20 (10) | 7,8±0,33 (16) | 5,3 [2] |
| HV | 5,5±0,21 (10) | 5,7±0,08 (10) | 5,7±0,15 (10) | 5,6 [3] 5,9 [4] |

* в скобках указано количество выполненных экспериментов.

Таблица 2 – Сравнение значений твердости керамических материалов, полученных в испытаниях на царапание и индентирование поверхности

| Твердость, ГПа | Si ₃ N ₄ | | Y-TZP | |
|----------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| | <i>P</i> =49,05 Н | литературные данные | <i>P</i> =49,05 Н | литературные данные |
| <i>H_s</i> | 19,9 (20)* | 13,0 [2] | 20,4 (10) | 18,9 [2] |
| <i>HV</i> | 11,8±0,34 (10) | 16,0 [5] 14,8 [6] | 13,0±0,18 (10) | 17,8 [4] 14,0 [7] |

* в скобках указано количество выполненных экспериментов.

Выводы представленного исследования:

– полученные экспериментальные значения твердости при индентировании индентором Виккерса для флоат-стекла удовлетворительно согласуются с известными литературными данными, тогда как для изучаемых керамических материалов эти значения меньше на 25%;

– полученные при царапании индентором Роквелла значения твердости стекла и керамики Si₃N₄ на 25...50% превышают литературные данные твердости при индентировании и царапании, а для керамики Y-TZP – больше на 15...46%;

– при оперировании значениями твердости при царапании необходимо учитывать существенное расхождение этих значений с данными, полученными при индентировании, в связи с чем, вероятно, необходимо использовать поправочные эмпирические коэффициенты для их корректного сопоставления.

Литература:

1. Хворостяний В. В. Опір руйнуванню крихких матеріалів при локальному навантаженні методом дряпання до крайового відколювання. Повідомлення 2. Залежність S+EF для лінійно-пружної кераміки / В. В. Хворостяний // Проблеми міцності. – 2021. – №3. – С. 75 – 84.

2. Newton L. Scratch edge chipping / L. Newton, M. G. Gee, R. Morrell // NPL Report DEPC-MN 026. – 2005. – P. 1 – 12.

3. Arora A. Indentation deformation/fracture of normal and anomalous glasses / A. Arora, D. B. Marshall, B. R. Lawn, M. V. Swain // J. Non-Cryst. Sol. – 1979. – №31. – P. 415 – 428.
4. Cook R. F. Direct observation and analysis of indentation cracking in glasses and ceramics / R. F. Cook, G. M. Pharr // J. Am. Ceram. Soc. – 1990. – №73. – P. 787 – 817.
5. Lawn B. R. Hardness, toughness and brittleness: an indentation analysis / B. R. Lawn, D. B. Marshall // J. Am. Ceram. Soc. – 1979. – №62. – P. 347 – 350.
6. Ramachandran N. Rising crack-growth-resistance (R-curve) behavior of toughened alumina and silicon nitride / N. Ramachandran, D. K. Shetty // J. Am. Ceram. Soc. – 1991. – №74. – P. 2634 – 2641.
7. Quinn J. «Edge toughness» and material properties related to the machining of dental ceramics / J. Quinn, L. Su, L. Flanders, I. Lloyd // Machining Science and Technology. – 2000. – №4. – P. 291 – 304.

Чубенко В.А., Скідін І.Е., Саїтгарєєв Л.Н., Хіноцька А.А., Ярош Т.П.

(КНУ, м. Кривий Ріг)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ГАРЯЧОГО ПРОКАТУВАННЯ ТОВСТИХ ЛИСТІВ НА ВИТРАТИ ЕНЕРГІЇ

E-mail: chubenko_va@knu.edu.ua

Розвиток металургійного виробництва неможливий без детального дослідження і удосконалення технологічних процесів прокатування, на що потребуються великі витрати енергоресурсів. Останнім часом активний розвиток інформаційних технологій зробив можливим їх широке використання в розробці процесів оброблення металів тиском, що дозволяє вирішити проблему підвищення ефективності прокатного виробництва і забезпечення випуску конкурентоспроможної продукції необхідної якості при мінімальних витратах енергії.

Великими можливостями у моделюванні процесу прокатування володіє комп'ютерна програма DEFORM 3D, яка призначена для аналізу складних триви-