

PACS: 81.20.Ev, 81.20.Lb, 81.70.Dw, 81.40.Np

В.И. Барбашов¹, Э.В. Чайка¹, Ю.А. Комыса¹, Ю.Б. Ткаченко²

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАПИСИ КИНЕТИЧЕСКИХ КРИВЫХ ПРИ ИНДЕНТИРОВАНИИ

¹Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины
ул. Р. Люксембург, 72, г. Донецк, 83114, Украина

²Донбасская государственная академия строительства и архитектуры
ул. Державина, 4, г. Макеевка, 86123, Украина

Статья поступила в редакцию 8 июля 2003 года

Рассмотрены особенности методики изучения физико-механических свойств керамики на основе частично стабилизированного диоксида циркония методом индентирования. Показана необходимость точного измерения истинного перемещения индентора относительно образца. Описано устройство для дифференциальной записи кривых при индентировании.

Изучение процесса вдавливания является одним из наиболее информативных методов исследования физико-механических свойств твердых тел. При воздействии сосредоточенной нагрузкой в материалах возникает сложнопластическое состояние, релаксирующее, как правило, путем упругой и пластической деформации, посредством образования и распространения трещин. В материалах, имеющих относительно низкое давление полиморфного перехода, прочностные свойства фазы высокого давления влияют на параметры процесса индентирования, измеряемые при атмосферном давлении [1,2]. Несмотря на достаточно многочисленные исследования процессов деформирования и разрушения при индентировании, к настоящему времени осталось большое число вопросов, относящихся в первую очередь к идентификации механизмов пластической деформации керамических материалов.

Особая ценность метода индентирования при изучении физико-механических свойств керамических материалов обусловлена прежде всего возможностью решения проблемы воспроизводимости свойств от образца к образцу, т.е. их зависимости от технологических факторов: размера и дисперсии кристаллитов, метода активации порошка, режимов прессования и спекания и т.д. В этом отношении метод индентирования позволяет выполнить большой объем измерений на ограниченном (а в отдельных случаях и на одном) количестве образцов.

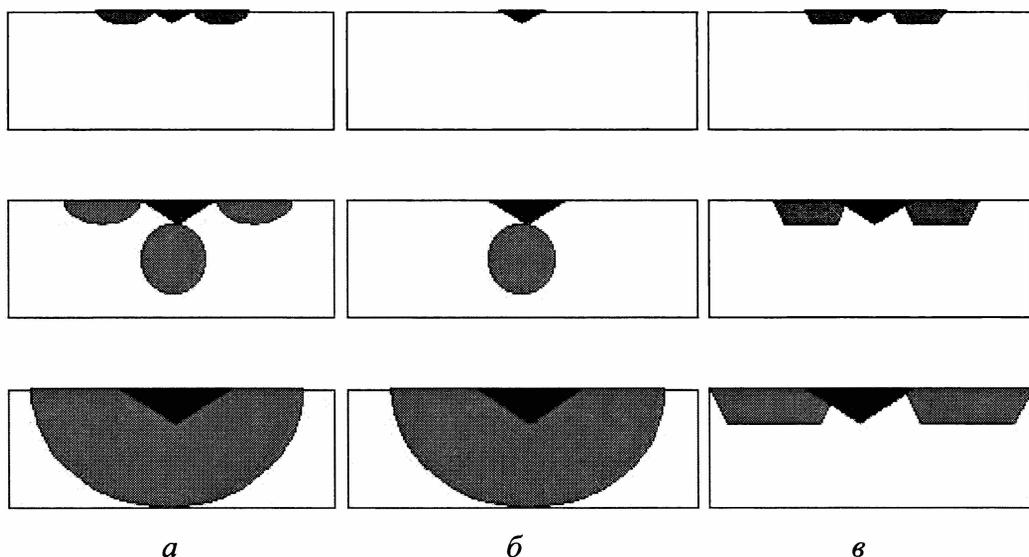


Рис. 1. Изменение структуры укола пирамидой Виккерса образцов пластичных (а), хрупких (б) и изготовленных из ZrO_2 (в) с ростом нагрузки на индентор

Наконец, в-четвертых, сочетание экстремальных условий механических испытаний (больших значений прикладываемой к индентору нагрузки и малой деформации при его внедрении) предъявляет повышенные требования к конструкции установки.

Анализ конструкционных особенностей установок для механических испытаний путем вдавливания жесткого индентора в образец с непрерывной записью глубины внедрения h в зависимости от величины прикладываемого усилия F показал, что, как правило, тензодатчик, фиксирующий величину усилия, располагается между опорами (захватами) испытательной машины. Датчики перемещения в этих устройствах (тензодатчики электросопротивления или тензодатчики емкостного, индуктивного тока) обычно фиксируют величину взаимного перемещения опор испытательной машины ε . В этом случае можно сформулировать описанное выше условие в виде соотношения

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon_1,$$

где ε_0 – деформация образца (в нашем случае $\varepsilon_0 = h$); ε_1 – деформация упругого элемента тензодатчика, с помощью которого измеряется усилие.

При деформировании высокопрочных керамических материалов со значениями коэффициента трещиностойкости $K_{1C} > 4 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ (в первую очередь это относится к частично стабилизированному диоксиду циркония) при стандартной схеме нагружения выполняется условие

$$\varepsilon_0 \leq \varepsilon_1,$$

т.е. получаемые экспериментальные кривые $F(h)$ не отличаются достоверностью. Более того, величина погрешности будет возрастать с расширением диапазона исследуемых нагрузок.

Отметим, что в пластичных материалах или хрупкой керамике подобных противоречий не возникает, поскольку либо $\epsilon_0 \gg \epsilon_1$ (пластичный материал), либо максимальная величина прикладываемого усилия к индентору настолько мала (хрупкий материал), что не вносит существенной погрешности в измерение $F(h)$.

В настоящей работе предложено устройство для записи кинетических характеристик процесса внедрения жесткого индентора в твердые материалы любого типа. Данное устройство позволяет устранить указанные выше противоречия путем использования дифференциальной записи перемещения индентора, которая регистрирует истинное перемещение индентора относительно образца.

На рис. 2 представлена схема нагружения образца с непрерывной записью процесса внедрения алмазного индентора.

Алмазная пирамида Викакса 1 жестко крепится к держателю 2. Последний посредством стальной пластины 3, к которой приклеены тензодатчики 4, закрепляется на неподвижной траверсе 5 испытательной машины. С помощью тензодатчиков фиксируется величина усилия, прикладываемая к алмазному индентору.

Глубина внедрения алмазного индентора 1 в исследуемый образец 6 измеряется с помощью упругого элемента 7, представляющего собой тонкую стальную пластину с наклеенными на него тензодатчиками 8. Данный упругий элемент с помощью держателя 9 крепится к подвижной траверсе 10 испытательной машины.

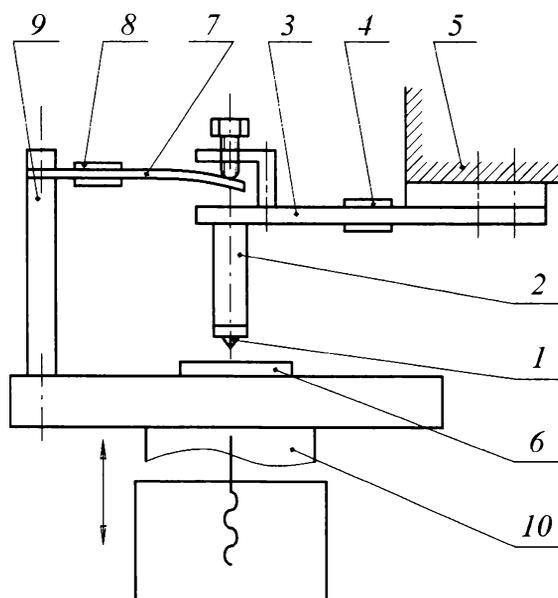


Рис. 2. Схема устройства для дифференциальной записи кинетических кривых при индентировании

Указанная конструкция позволяет исключить фиксацию упругой деформации стальной пластины при измерении глубины внедрения индентора, поскольку датчик деформации измеряет только относительное перемещение нижней траверсы испытательной машины в системе алмазный индентор–исследуемый образец. Сравнительные испытания традиционной схемы записи кинетических характеристик и предлагаемой в настоящей работе показали, что уже при усилиях на инденторе, превышающих 20 N, наблюдаются заметные отличия характеристик $F(h)$. Что же касается интервала нагрузок 200–500 N,

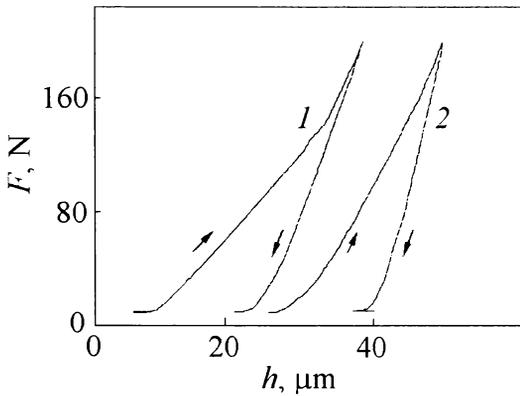


Рис. 3. Кинетическая кривая деформирования ($c = 100\%$) при скоростях деформации, mm/min: 1 – 0.05, 2 – 0.5

разработанного устройства при исследовании процесса внедрения жесткого индентора в керамику частично стабилизированного диоксида циркония, содержащую 100% тетрагональной фазы.

Выводы

Рассмотрение особенностей методики исследования физико-механических свойств керамики на основе частично стабилизированного диоксида циркония методом индентирования показало необходимость совершенствования данной методики. С этой целью было разработано устройство для дифференциальной записи кривых при индентировании, которое позволяет проводить измерения истинного перемещения индентора относительно образца.

1. В.И. Барбашов, Ю.Б. Ткаченко, ФТВД 5, № 2, 24 (1995).
2. В.И. Барбашов, В.В. Токий, Ю.Б. Ткаченко, ФТВД 5, № 4, 53 (1995).
3. В.П. Алехин, С.П. Булычев, ФХОМ № 3, 178 (1978).
4. И.Ю. Головин, В.И. Иволгин, Конденсированные среды и межфазные границы 3, № 2, 122 (2001).
5. В.И. Барбашов, Н.Н. Белоусов, ФТВД 11, № 2, 86 (2001).
6. В.И. Барбашов, Г.А. Гогоци, Г.Я. Акимов, В.М. Тимченко, Э.В. Чайка, Огнеупоры и техническая керамика № 4, 5 (2002).

V.I. Barbashov, E.V. Chaika, Yu.A. Komysa, Yu.B. Tkachenko

A DEVICE FOR DIFFERENTIAL RECORDING OF KINETIC CURVES DURING THE INDENTATION

Peculiarities of studying physico-mechanical properties of ceramic materials based on partially stabilized zirconia by using the indentation method have been considered. It is

shown that true travel of the indenter relative to the sample need be measured accurately. A device for differential recording of curves during the indentation has been described.

Fig. 1. Changes in configuration of piercing samples by Vickers pyramid with the increase of indenter load (*a* – plastic samples, *b* – brittle and *c* – made of ZrO_2)

Fig. 2. Scheme of device for differential recording of kinetic curves during the indentation

Fig. 3. Kinetic deformation curve ($c = 100\%$) for deformation rates, mm/min: 1 – 0.05, 2 – 0.5