

УДК 539.89

С. А. Виноградов, канд. техн. наук; **В. М. Доценко**, **Т. А. Сороченко**

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОМ ИНДЕНТИРОВАНИЯ ПРИГОДНОСТИ ИЗВЕСТНЯКОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНТЕЙНЕРОВ АППАРАТОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

The indentation method to test the mechanical properties of the material of the container for high pressure apparatus has been described. The proposed method allows to determine in situ the destructiveness of the container under synthesis conditions. The complex characteristic of the elastic and plastic properties of the material has been proposed and relation between the proposed characteristic and the destructiveness of the container's material has been found.

Предложенный ранее специалистами Института сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины (ИСМ) способ определения пригодности материалов для изготовления контейнера аппаратов высокого давления, используемого для синтеза сверхтвердых материалов, основан на широко применяемом для определения твердости как металлических, так и неметаллических материалов методе индентирования [1]. При этом на специальном приборе УМП-1 [2] записывали диаграммы внедрения индентора на этапе приложения и снятия нагрузки. Такой подход позволяет определить количественные характеристики упругих и пластических свойств испытываемого материала независимо от его твердости, так как эти характеристики безразмерные. Однако из-за конструктивных особенностей применяемого прибора испытания занимают много времени, вследствие чего прибор нельзя рекомендовать для промышленного использования.

Далее было предложено использовать в целях определения пригодности материалов для изготовления контейнеров аппаратов высокого давления метод определения механических свойств вдавливанием пуансона с помощью прибора УМПГ-3 в соответствии с ГОСТ 12288-66 [3]. Согласно предложенному методу коэффициент пластичности материала определяется как величина, обратная отношению работы упругой деформации (A_y) к общей работе, затраченной на разрушение образца ($A_{об}$). Глубина погружения пуансона определяется по индикатору часового типа, максимальная площадь контакта – 8 мм². При этом для определения работы упругой деформации требуется построить диаграмму внедрения индентора. На основании экспериментальных исследований было предложено выбирать указанным методом материалы-известняки для изготовления контейнеров по двум независимым характеристикам – твердости по штампу и пластичности.

В настоящей работе предлагается развитие предложенных ранее методов [1;3] для экспресс-оценки упругопластических свойств материала контейнера.

Опыт применения аппарата высокого давления (АВД) для синтеза сверхтвердых материалов дает основание считать, что вероятность разрушения контейнера взрывом зависит как от свойств исходного материала (например, известняка), так и от приобретенных свойств в процессе подготовки контейнера для осуществления синтеза. Другими словами актуальной является разработка метода экспресс-оценки механических свойств материала контейнера без его разрушения. Ранее был предложен критерий оценки качества материала контейнера, определяемый на основе результатов испытания материалов методом индентирования [4]. Этот метод основан на предположении, что причиной взрывного разрушения контейнера является накопление энергии упругой деформации и ее резкое высвобождение вследствие глобального пластического сдвига, когда пластичность материала недостаточна для рассеивания энергии деформации. В этой связи вероятность разрушения при прочих равных усло-

виях будет тем выше, чем ниже пластичность материала при высоком давлении и больше способность материала накапливать энергию деформации.

В качестве критерия вероятности взрывного разрушения контейнера была предложена комплексная характеристика, учитывающая упругие и пластические свойства материала одновременно. Как величину, характеризующую пластичность, использовали твердость материала при внедрении индентора. Мерой твердости является глубина внедрения индентора. Способность накапливать энергию деформации характеризовали величиной восстановленного отпечатка после снятия нагрузки.

Для реализации метода использовали прибор «Супер-Роквелл». Испытания проводили на основе определения твердости по методу Роквелла согласно ГОСТ 22575-78. По результатам испытаний с помощью указанного прибора рассчитывали условную твердость [4]:

$$H_y = H_E \cdot \frac{H_E - H_{HE}}{H_{HE}}$$

где H_E , H_{HE} – соответственно восстановленная и невосстановленная твердость. Твердость определяется по Мейеру, т. е. как отношение нагрузки к проекции площади отпечатка, в отличие от определения твердости по Виккерсу, Бринеллю и Роквеллу, где твердость вычисляют как отношение нагрузки к площади поверхности отпечатка.

Невосстановленная твердость H_{HE} характеризует пластичность материала: чем выше твердость, тем меньше глубина внедрения индентора и, следовательно, способность материала деформироваться под действием приложенной нагрузки (рассеивать энергию деформации). Отношение

$$\frac{H_E - H_{HE}}{H_{HE}}$$

пропорционально восстановлению отпечатка после снятия нагрузки и характеризует способность материала накапливать энергию деформации.

Восстановленная и невосстановленная твердость регламентирована ГОСТ 9450-76. В соответствии со стандартной методикой испытания образец (контейнер) устанавливают на опорном столике прибора и подвергают предварительной и основной нагрузке в соответствии с ГОСТ 22575-78. Фиксируют показания стрелки прибора на индикаторе при основной и предварительной нагрузке после снятия основной. Проводят три цикла измерений на одном образце (контейнере). Согласно предлагаемому способу невосстановленная твердость H_{HE} рассчитывается как отношение нагрузки к проекции площади отпечатка при действии приложенной основной нагрузки (15 кг). Восстановленная твердость определяется как отношение приложенной основной нагрузки к проекции площади отпечатка, измеренной после снятия основной нагрузки (под действием предварительной нагрузки – 1 кг). Отсчет проводится по шкале B с применением в качестве индентора стального шарика. Диаметр стального шарика составляет 1,588 мм (максимальная площадь контакта – 8 мм²). В качестве показателя условной твердости образца (контейнера) принимается среднее арифметическое трех измерений.

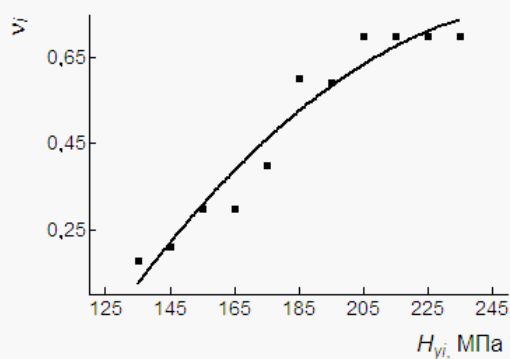
В целях проверки применимости для определения вероятности разрушения контейнера условной твердости были проведены производственные эксперименты в условиях Опытного завода ИСМ НАН Украины на семи партиях 600 шт. контейнеров. При этом использовали контейнеры, изготовленные прессованием из известняка Алгетского месторождения со связкой на основе бакелитового лака и стальной аппарат высокого давления увеличенного объема для промышленного синтеза алмазных шлифпорошков. Определяли условную твердость каждого контейнера исследуемой партии. Индентирование проводили на наружной поверхности контейнера. Предварительная нагрузка составляла 1 кг, основная – 15 кг. Затем контейнеры снаряжали по обычной технологии и осуществляли синтез. В процессе синтеза фиксировали наличие или отсутствие взрыва. На основании полученных результатов построили экспериментальную зависимость частоты взрывного разрушения контейнеров v_i от величины условной твердости H_{yi} .

Частоту взрывного разрушения определяли по формуле

$$v_i = \frac{n_i}{N_i}$$

где n_i – количество разрушившихся контейнеров с условной твердостью H_{yi} ; N_i – общее количество контейнеров с условной твердостью H_{yi} .

На основании полученных результатов построили зависимость v_i от H_{yi} , (см. рисунок), а затем по экспериментальным точкам путем интерполяции – зависимость v (H_y).



Зависимость частоты разрушения контейнера от условной твердости

Как видим на рисунке, между условной твердостью контейнера и вероятностью его взрывного разрушения существует корреляционная зависимость. Подсчитанная вероятность существования корреляции между этими двумя величинами составила 95 %. Из полученных данных следует, что со снижением пластичности материала контейнера и повышением способности накапливать энергию деформации вероятность взрывного разрушения контейнера повышается.

Выводы

1. Предложенный метод является развитием метода определения механических свойств горных пород вдавливанием индентора или штампа и позволяет экспериментально определить упругопластические свойства испытуемого материала без построения диаграммы внедрения.

2. Предложено использовать одну характеристику, которая описывает комплексное влияние упругих и пластических свойств материала контейнера на его способность удерживать давление в процессе синтеза.

3. Предложенный метод можно использовать в заводских лабораториях для выборочного испытания контейнеров АВД.

Литература

1. Виноградов С. А., Герасимов А. Ю. Применение метода индентирования для определения механических свойств материалов контейнеров АВД // Сверхтвердые и тугоплавкие материалы. - К.: Изд-во ИСМ АН УССР, 1986. – С. 73–76.
2. Поваренных А. С., Герасимов А. Ю. Новый метод определения микромеханических свойств материалов на приборе УМП-1 // Минералогич. журн. – 1980. – № 2. – С. 11–24.
3. Механические свойства известняков – материала для изготовления контейнеров аппаратов высокого давления. А. И. Боримский, В. П. Трескин, Т. А. Сороченко. и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: Изд-во ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – Вып. 7 – С. 184–187.
4. А. с. № 1464342 СССР, МКИ В01 N 3/40. Метод выбора материала контейнера для аппаратов высокого давления / С. А. Виноградов, А. Ю. Герасимов, А. Ф. Ляшенко, В. М. Доценко – Не опублик., 1987.

Поступила 25.05.10