

Т. Б. Жеплинський, О. К. Серкіз  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра хімічної технології силікатів

## ЗАЛЕЖНІСТЬ ВЕЛИЧИНИ МІКРОТВЕРДОСТІ 6 ММ ЛИСТОВОГО ФЛОАТ-СКЛА ВІД УМОВ ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ

© Жеплинський Т. Б., Серкіз О. К., 2014

Досліджено зміну величини мікротвердості листового 6 мм флоат-скла залежно від умов вимірювання. Встановлено, що величина мікротвердості залежить від вологості поверхні, навантаження на індентор і часу витримки. Вибрано оптимальні параметри вимірювання величини мікротвердості 6 мм листового флоат-скла.

**Ключові слова:** мікротвердість, умови вимірювання, вологість поверхні, навантаження на індентор, листове флоат-скло.

The change of microhardness values of 6 mm float glass, depending on the measurement conditions were investigated. It was established that the value of microhardness depends on the surface moisture, the load on indenter and duration time. The optimal parameters of microhardness measurement of 6 mm float glass were chosen.

**Key words:** microhardness, conditions of measurement, surface humidity, load on indenter, float glass.

**Постановка проблеми.** Дослідження величини мікротвердості становить великий інтерес для виявлення схильності скла до руйнування, оскільки велике значення під час руйнування твердих тіл має поверхня матеріалу, звідки починається процес зародження і розвиток тріщин [3]. Крім того, визначення мікротвердості дає можливість оцінити міцність виробу на основі лише одного зразка скла, тоді як для визначення механічної міцності необхідно 30–50 зразків [4].

Оскільки значення мікротвердості залежать від умов вимірювання, важливим є вибір оптимальних параметрів визначення мікротвердості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Під час визначення величини мікротвердості слід враховувати багато факторів, що приводять до розбіжності результатів. Основною причиною є відсутність чіткої методики визначення мікротвердості, зокрема не має строгої уніфікації швидкості опускання індентора і часу витримки [7]. Згідно зі стандартами ASTM E 384, ГОСТ 2999-75 тривалість витримки під час навантаження на індентор повинна становити 10–15 с, проте у літературних джерелах вказано, що витримка в навантаженому стані повинна становити не менше 30–60 с [6], в інших роботах вона становила 5 с [5, 7]. Для визначення мікротвердості дослідники використовували навантаження 50 г [8], 20 г [9], величина якого теж впливає на значення мікротвердості. Очевидно, що для різного складу скла, оптимальне значення зазначених вище параметрів буде різним.

**Мета роботи.** Дослідження величини мікротвердості залежно від умов вимірювання і встановлення оптимальних параметрів її визначення для листового 6 мм флоат-скла.

**Результати досліджень.** З метою виявлення умов, за яких величина мікротвердості є найбільш стабільною, визначали мікротвердість за Віккерсом в умовах атмосферного повітря, після сушіння за температури 150 °С протягом 30 хв та після витримання у воді протягом 30 хв.

Навантаження на індентор становило 200 г, час витримки 5 с. Довжина діагоналі відбитка визначалась за допомогою програми Ахіо.

Результати досліджень (табл. 1) показали, що витримування у воді приводить до зменшення величини мікротвердості на 1 % (від 6130 МПа до 6050 МПа). Після сушіння зразків скла значення мікротвердості є більшими на 1 % (від 6130 МПа до 6210 МПа). Отже, волога на поверхні зразків скла, завдяки гідролітичному послаблюючому ефекту [9] спричинює зменшення величини мікротвердості. Зразки скла випробувані після сушіння, характеризуються також найменшим розкидом окремих значень мікротвердості (середня похибка становить 300 МПа). Отже, для отримання достовірних результатів визначення мікротвердості потрібно досліджувати на висушених зразках скла.

Таблиця 1

Значення величини мікротвердості вихідного зразка

Умови вимірювання	Величина мікротвердості, МПа	Величина середньої похибки, МПа
Після сушіння	6210	300
Звичайні умови	6130	340
Після витримування у воді	6050	320

Величину мікротвердості вимірювали за навантажень 30, 50, 100, і 200 г за описаних вище умов. Як видно із рис. 1, із збільшенням навантаження на індентор мікротвердість зростає на 12 % після сушіння (від 5520 до 6210 МПа), на 19 % за звичайних умов (від 5140 до 6130 МПа) і на 22 % після витримування у воді (від 4950 до 6050 МПа). Крива залежності величини мікротвердості від навантаження на індентор має логарифмічний характер.

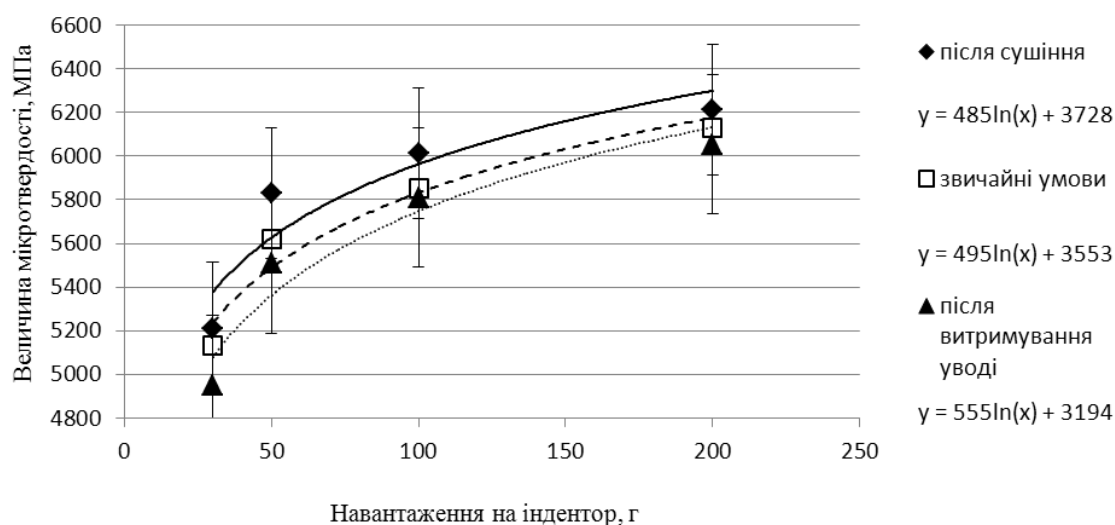


Рис. 1. Графік залежності мікротвердості скла від величини навантаження на індентор

Із зміною навантаження на індентор, величина середньої похибки вимірювання мікротвердості також змінюється (табл. 2). Значення мікротвердості при 30 г характеризуються найбільшим значенням середньої похибки (від 380 до 410 МПа), а під час навантаження 200 г – найменшими (від 260 до 310 МПа).

Потрібно зауважити, що у разі навантаження на індентор менше ніж 30 г, отримані відбитки були настільки малими, що вимірювання довжини діагоналі було неможливим. А у разі навантаження більше ніж 200 г мало місце утворення сітки мікротріщин у кутах відбитка. Вимірювання мікротвердості за навантаження 200 г є можливим лише за умови, що час витримки становить 5 с. У разі збільшення цього часу спостерігається утворення тріщин.

Таблиця 2

## Середня похибка величини мікротвердості залежно від навантаження на індентор

Умови вимірювання	Навантаження на індентор, г			
	30	50	100	200
Після сушіння	380	350	320	260
Звичайні умови	400	380	380	310
Після витримання у воді	410	370	390	300

На основі геометрії індентора була виведена формула залежності глибини його проникнення ( $h$ ) від величини діагоналі відбитка ( $a$ ):

$$h = \frac{a}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot \operatorname{tg} 68^\circ}$$

Було встановлено, що із збільшенням навантаження глибина проникнення індентора в товщу скла змінюється від 1,8 до 4,29 мкм (табл. 3). На її значення впливають умови визначення та величина навантаження на індентор і за різних умов визначення її значення відрізняються. Найменша глибина проникнення (1,8 мкм) має місце у висушених зразках скла при малій величині навантаження на індентор, а найбільша (4,29 мкм) – після витримання у воді і за максимального навантаження на індентор.

Таблиця 3

## Залежність глибини проникнення від навантаження на індентор за різних умов визначення

Навантаження на індентор, г	Глибина проникнення індентора, мкм		
	Звичайні умови	Після сушіння	Після витримання у воді
200	4,27	4,23	4,29
100	3,09	3,05	3,11
50	2,22	2,16	3,24
30	1,83	1,80	1,88

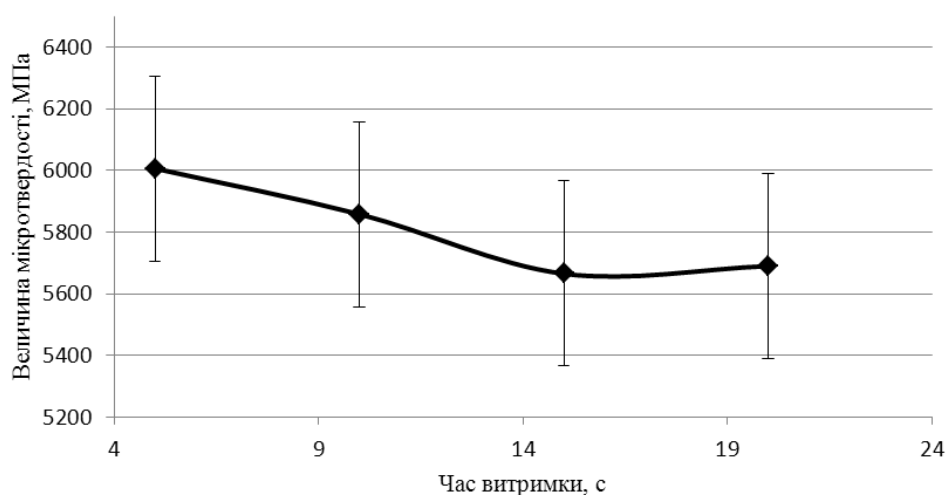


Рис. 2. Залежність величини мікротвердості від тривалості витримки

Проводилось дослідження залежності величини мікротвердості від часу витримки опущеного індентора на поверхні скла. Як видно з рис. 2, із збільшенням тривалості витримки від 5 до 15 с у навантаженому стані величина мікротвердості зменшується на 6 %, у разі подальшого збільшення часу практично не змінюється. Тому при вимірюванні величини мікротвердості скла необхідно, щоб тривалість витримки становила 15 с, оскільки при менших значеннях отримуємо завищені значення цієї величини.

**Висновки.** Із збільшенням навантаження на індентор від 30 до 200 г величина мікротвердості зростає на 12 % (від 5520 до 6210 МПа). Величина мікротвердості, виміряна після сушіння, є вищою на 1 %, ніж за звичайних умов. Витримування у воді приводить до зниження величини мікротвердості на 1 %. Із збільшенням тривалості витримки опущеного індентора від 5 до 15 с величина мікротвердості зменшується на 6 %, за подальшого збільшення часу практично не змінюється. Тому вимірювати мікротвердість 6 мм флоат-скла потрібно на висушеній поверхні при навантаженні на індентор 100 г з часом витримки 15 с.

1. Богуславский И. А. *Высокопрочные закаленные стекла*. Стройиздат, М., 1969. – 208 с.
2. Гуляян Ю. А. *Эксплуатационная надежность стекла и стеклоизделий* // *Стекло и керамика*, № 6, 2008. – С. 3–12.
3. Иоффе А. Ф. *Физика кристаллов*. Госиздат, 1929.
4. Иванов А. В., Державин С. Н. *Исследование связи между прочностью и микротвердостью оптических стекол* // *Оптико-механич. пром.-сть*. № 10, 1978. – С. 37–39.
5. Павлушкин Н. М., Сентюрин Г. Г., Ходаковская Р. Я. *Практикум по технологии стекла и ситалов*. – М.: Стройиздат, 1970. – 509 с.
6. П.Я Бокин. *Механические свойства силикатных стекол*. – М.: Наука, 1970. – 177 с.
7. Шарагов В. А. *Химическое взаимодействие поверхности стекла с газами* / Под ред. Е. В. Соболева. – М., 1988.
8. Яцишин Й. М. *Технологія скла у трьох частинах: Ч. I. Фізика і хімія скла*. – Львів: Бескид Біт, 2008. – 204 с.
9. H. Shang, T. Rouxel. *Creep Behavior of Soda-Lime Glass in the 100-500 K Temperature Range by Indentation Creep Test* // *The American Ceramic Society*. № 88, 2005. – P. 2625–2628.