

Т.Б. Жеплинський, О.К. Серкіз

## Залежність величини мікротвердості 6 мм листового флоат-скла від умов її визначення

*Національний університет «Львівська політехніка», вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна*

Досліджено зміну величини мікротвердості листового 6 мм флоат-скла в залежності 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.

*Стаття постуила до редакції 27.05.2013; прийнята до друку 15.09.2013.*

### I. Постановка проблеми

Дослідження величини мікротвердості представляє великий інтерес для виявлення схильності скла до руйнування, оскільки велике значення при руйнуванні твердих тіл має поверхня матеріалу, звідки починається процес зародження і розвитку 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.

### II. 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 стандартів ASTM E 384, ГОСТ 2999-75 тривалість витримки при навантаженні на індентор повинна складати 10 – 15 с, проте у літературних джерелах вказано, що витримка в навантаженому стані повинна складати не менше 30 – 60 с [6], в інших роботах вона складала 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 в залежності від умов вимірювання і встановлення оптимальних параметрів її визначення для листового 6 мм флоат-скла.

### III. Результати досліджень

З метою виявлення умов, при яких величина мікротвердості є найбільш стабільною, проводились визначення мікротвердості за Віккерсом в умовах атмосферного повітря, після сушіння при температурі 150 °С протягом 30 хв та після витримання у воді протягом 30 хв. Навантаження на індентор складало 200 г, час витримки 5 с. Довжина діагоналі відбитка визначалась за допомогою програми Ахіо.

Результати досліджень (табл. 1) показали, що витримання 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 складає 300 МПа). Таким чином, для отримання достовірних результатів визначення мікротвердості потрібно проводити дослідження на висушених

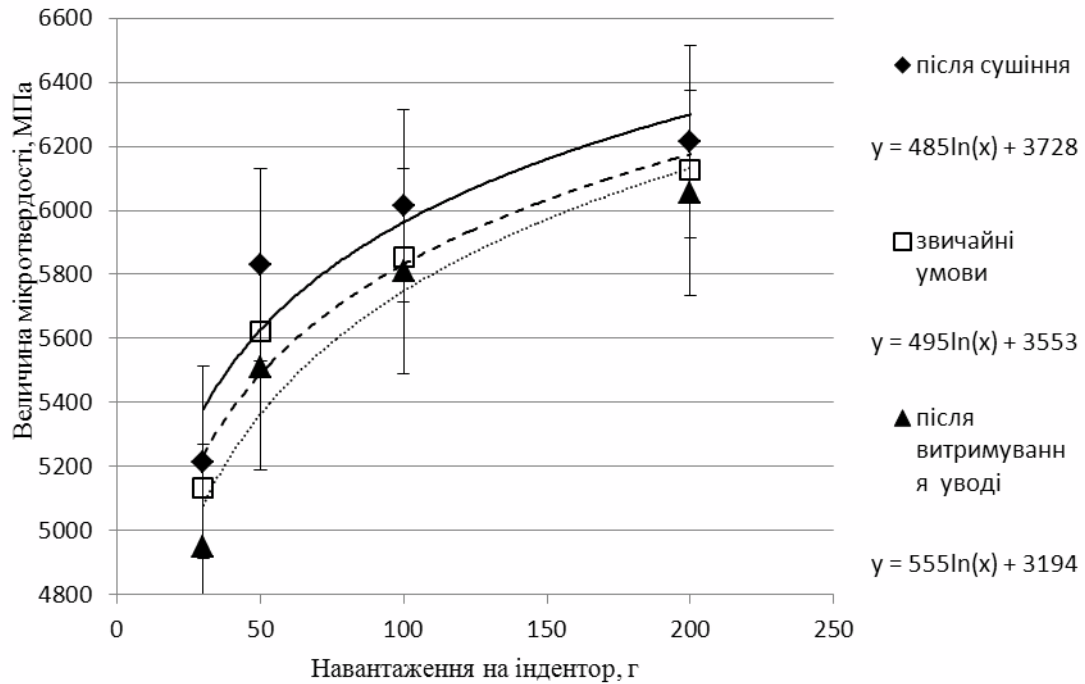


Рис. 1. Графік залежності мікротвердості скла від величини навантаження на індентор

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

Таблиця 2

Середня похибка величини мікротвердості в залежності 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 витримування	410	370	390	300

зразках скла.

Величину мікротвердості вимірювали при навантаженнях 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.

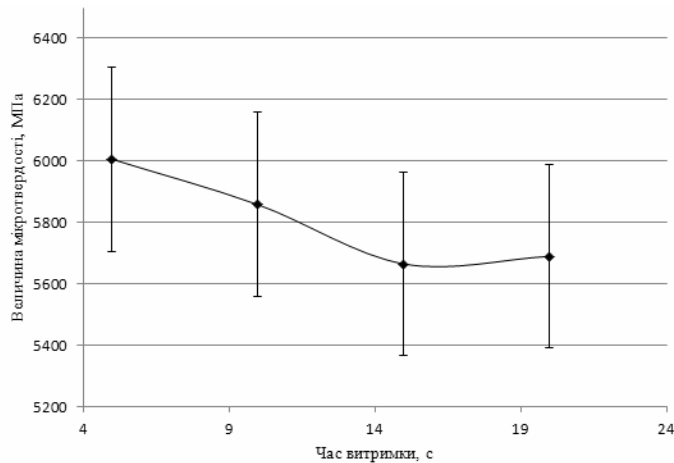
Із зміною навантаження на індентор, величина середньої похибки вимірювання мікротвердості також змінюється (табл. 2). Значення мікротвердості при 30 г характеризуються найбільшим значенням середньої похибки (від 380 до 410 МПа), а при навантаженні 200 г – найменшими (від 260 до 310 МПа).

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

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

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

Було встановлено, що із збільшенням навантаження глибина проникнення індентора в товщу скла змінюється від 9 до 22 мкм (табл. 3). На її значення впливають умови визначення та величина навантаження на інденторі за різних умов визначення її значення відрізняються. Найменша глибина проникнення (9,1 мкм) має місце у висушених зразках скла при малій величині навантаження на індентор, а найбільша (21,7 мкм) – після витримування у воді і при максимальному навантаженні на індентор.



**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

тривалість витримки складала 15 с, оскільки при менших значеннях отримуємо завищені значення цієї величини.

**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 витримування у воді
200	21,6	21,4	21,7
100	15,6	15,4	15,7
50	11,2	10,9	11,3
30	9,1	9,1	9,5

навантаженому стані величина мікротвердості зменшується на 6%, при подальшому збільшенні часу практично не змінюється. Тому при вимірюванні величини мікротвердості скла необхідно, щоб

## 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%, при подальшому збільшенні часу практично не змінюється. Тому вимірювання мікротвердості 6 мм флот – скла слід проводити на висушеній поверхні при навантаженні на індентор 100 г з часом витримки 15 с.

*Жеплинський Т.Б.* - к.т.н., доцент;  
*Серкіз О.К.* - аспірант.

- [1] I.A. Boguslavskij, Vysokoprochnye zakalennye stekla (Strojizdat, Moskva, 1969).
- [2] Ju.A. Gulojan, Steklo i keramika 6, 3 (2008).
- [3] A.F. Ioffe, Fizika kristallov (Gosizdat, 1929).
- [4] A.V. Ivanov, S.N. Derzhavin, Optiko-mehanich. prom.-st' 10, 37 (1978).
- [5] N.M. Pavlushkin, G.G. Sentjurin, R.Ja. Hodakovskaja, Praktikum po tehnologii stekla i sitalov (Strojizdat, Moskva, 1970).
- [6] P.Ja Bokin, Mehanicheskie svojstva silikatnyh stekol (Nauka, 1970).
- [7] V.A. Sharagov, Himicheskoe evzaimodejstvie poverhnosti stekla s gazami. Pod. red. E.V. Soboleva (1988).
- [8] J.M. Jashhishin, Tehnologija skla u tr'oh chastinah: Ch.I. Fizika i himija skla (Beskid Bit, 2008).
- [9] HaixiaShang, Tanguy Rouxel, The American Ceramic Society 88, 2625 (2005).

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

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