

Т. Б. Жеплинський, А. О. Курій
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра хімічної технології силікатів

ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТА МІКРОТВЕРДОСТІ ГАРТОВАНОГО СКЛА

© Жеплинський Т. Б., Курій А. О., 2017

Досліджено вплив гартування скла традиційним та новим контактним методом на величину мікротвердості та хімічної стійкості 6 мм листового флоат-скла. Виявлено, що присутність у склі залишкових напружень, призводить до зменшення мікротвердості та хімічної стійкості, однак скло гартоване контактним методом є твердішим та стійкішим до дії соляної кислоти, ніж скло, гартоване повітрям. Встановлено, що причиною зниження хімічної стійкості та мікротвердості гартованого скла, є утворений на поверхні скла шар із низькою густиною.

Ключові слова: листове флоат-скло, гартування, мікротвердість, кислотостійкість, густина, поверхневий шар.

T. B. Zheplynskyi, A. O. Kuriy

FEATURES OF CHEMICAL RESISTANCE AND MICROHARDNESS OF THE TEMPERED GLASS

© Zheplynskyi T. B., Kuriy A. O., 2017

Influence of tempering of glass is investigated by a traditional and new contact method on the size of microhardness and chemical resistance a 6 mm of sheet float-glass. Discovered that the presence in the glass of the residual stress leads to a decrease of the microhardness and chemical resistance, toughened glass, however, the contact method is more solid and resistant to hydrochloric acid than glass tempered by air. Established that the cause of decreasing chemical durability and microhardness of the tempered glass is formed on the surface of the glass layer with a low density.

Key words: sheet float-glass tempering, microhardness, acidoresistance, density, superficial layer.

Постановка проблеми. Однією з найважливіших проблем сучасної науки в галузі скляного виробництва є збільшення механічної міцності скла. Промислові силікатні стекла характеризуються крихкістю і низькою механічною міцністю, що обмежує можливості їх використання як конструкційного матеріалу [1].

Після спеціального термічного оброблення – гартування скло може перетворитись у високоміцний матеріал, що перевищує міцність деяких сталей. Гартування полягає у нагріванні скла до певної критичної температури з подальшим швидким та рівномірним охолодженням його поверхні. Це є складний фізичний процес, знання якого дає змогу ефективно використовувати властивості скла і раціонально організувати технологічний процес його зміцнення [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основним недоліком зміцнення скляних виробів методом гартування є те, що утворення залишкових напружень на поверхні скла супроводжується

зниженням мікротвердості та хімічної стійкості [3]. При цьому це негативне явище зустрічається і під час використання нового енергоощадного способу контактного гартування скла [4]. Причини цього негативного явища все ще до кінця не встановлені [5].

Мета роботи – дослідити особливості гартування скла повітряним та контактним методом і встановлення причини зниження мікротвердості та хімічної стійкості гартованого скла.

Виклад основного матеріалу і обговорення результатів. У цій роботі використовувалось листове 6-міліметрове флоат-скло виробництва фірми SaintGobain. Флоат-скло характеризується наявністю рівномірно розповсюджених по усій поверхні напружень 30 нм/см (0,05 пор/см). Хімічний склад зразків наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад зразків скла, мол %

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ –	SO ₃	MgO	CaO	Na ₂ O
71,08	0,07	0,46	0,36	4,13	9,7	14,03

Для гартування нарізались зразки розміром 100×25×6, 50×25×6 мм та 25×25×6 мм. Ці зразки гартувались традиційним та новим енергоощадним контактним методом [6].

В результаті гартування скла повітрям були одержані зразки, у яких величина залишкових напружень коливалась від 0,8 до 2,3 пор/см (1 пор = 550 нм від різниці ходу поляризованого променя).

Таблиця 2

Параметри повітряного гартування скла

№ зразка	Площа зразка, см ²	Тиск повітря, мм вод. ст.	Величина залишкових напружень, пор/см
1	7,75	15	0,8
2	12,54	15	0,92
3	24,92	15	1,00
16	7,75	50	2,3

Одержані результати (табл. 2) показали, що із збільшенням площі зразка від 7,75 до 24,92 см² величина залишкових напружень зростає від 0,8 до 1,0 пор/см (табл. 2, зразок 1, 2 і 3). Розраховане значення коефіцієнта парної кореляції між величиною площі зразка та залишковими напруженнями становить 0,93.

Найбільший вплив на величину залишкових напружень має тиск повітря у вентиляторі. Зростання тиску від 15 до 50 мм вод. ст. супроводжується збільшенням величини залишкових напружень у склі від 0,8 до 2,3 пор/см (табл. 2, зразок 16).

Гартування скла контактним методом проводилось за допомогою нагрівання зразків скла між теплопровідними пластинами до температури 680 °С, час ізотермічної витримки – 6 хв. Охолодження здійснювалось внаслідок поливання теплопровідних пластин водою. Витрата води змінювалась від 35,6 до 55 мл/с. Це дало змогу отримати зразки, у яких величина залишкових напружень коливалась від 0,3 до 1,9 пор/см (табл. 3).

Таблиця 3

Параметри контактного гартування скла

№ зразка	Площа зразка, см ²	Витрата води, мл/с	Величина залишкових напружень, пор/см	Вид пластин
4	7,92	39	0,3	кристалічні
5	7,53	48	1,80	склоподібні
6	7,32	48	1,80	склоподібні
7.	6,27	35,6	1,60	склоподібні

Одержані результати показали (табл. 3.2), що величина залишкових напружень залежить від виду теплопровідних пластин (кращими є склоподібні пластини) і зростає із збільшенням витрати води та площі зразка.

Результати визначення кислотостійкості гартованого скла (рис. 1) показали, що присутність у склі залишкових напружень призводить до збільшення втрат маси скла під час кип'ятіння у соляній кислоті.

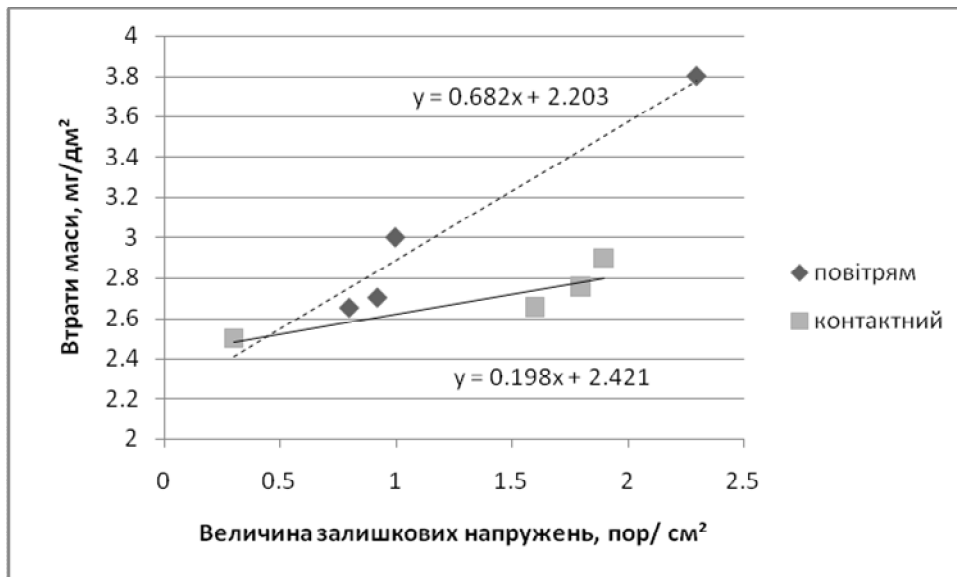


Рис. 1. Залежність кислотостійкості скла гартованого повітряним та контактним методом від величини залишкових напружень

Порівнюючи результати випробувань зразків гартованих різними способами, можна стверджувати, що скло, гартоване контактним методом, є стійкішим до дії соляної кислоти, ніж скло гартоване повітрям.

Зміна величини залишкових напружень 1.6–1.9 пор/см у склі гартованим контактним методом супроводжується втратами маси 2,6–2,9 мг/дм². А наявність напружень 0,8–2,3 пор/см у склі гартованим повітрям призводить до втрати маси скла 2,65 – 3,8 мг/дм².

Залежність кислотостійкості скла від величини залишкових напружень можна описати емпіричними формулами:

- для скла, гартованого повітряним методом: $y = 0,6829x + 2,2034$;
- для скла, гартованого контактним методом: $y = 0,1988x + 2,4217$.

Отже, можна стверджувати, що скло гартоване контактним методом, хоча і дещо втрачає свою хімічну стійкість, однак є стійкішим, ніж скло гартоване повітрям.

Результати визначення мікротвердості гартованого скла (рис. 2) показали, що гартування призводить до зменшення мікротвердості.

Зміна величини залишкових напружень від 1.6 до 1.9 пор/см у склі гартованим контактним методом супроводжується мікротвердістю 5300–5200 МПа. А наявність напружень 0,8–2,3 пор/см у склі гартованим повітрям дає мікротвердість 5100–5080 МПа.

Залежність мікротвердості скла від величини залишкових напружень, можна описати емпіричними формулами:

- для скла, гартованого повітряним методом: $y = -102,67x + 5263,2$;
- для скла, гартованого контактним методом: $y = -102,41x + 5418,4$.

Отже, скло, гартоване контактним методом, є твердішим, ніж скло, гартоване повітрям.

З метою виявлення причин погіршення мікротвердості проводили пошарове дослідження густини поверхні гартованого скла, травленням зразків скла у суміші концентрованих кислот і води $\text{HF}:\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}$ в об'ємному співвідношенні 1:1,5:2,5.

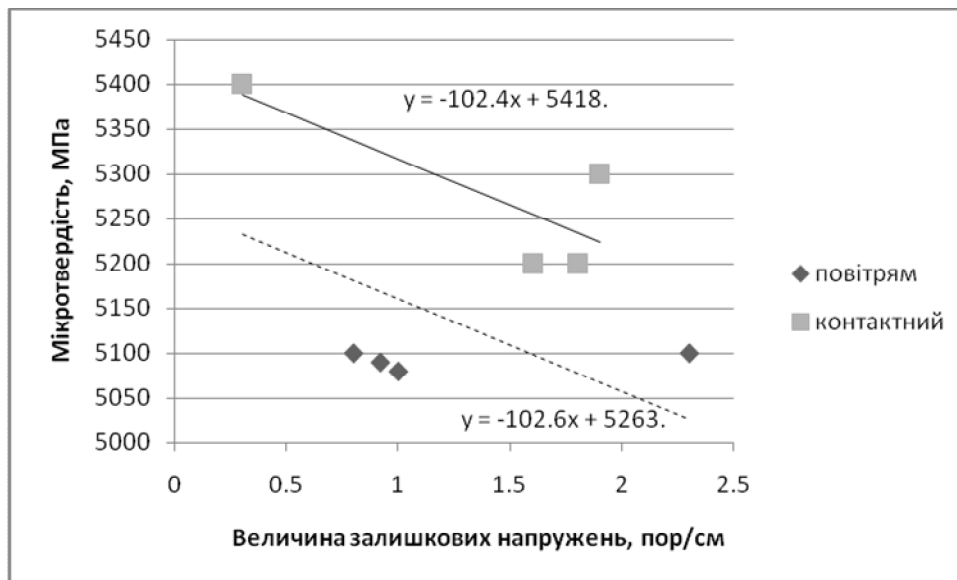


Рис. 2. Залежність мікротвердості від величини залишкових напружень

Після травлення визначались товщина і маса скла та проводилось визначення густини за методом Галушкіна.

Густина стравленого шару розраховувалась за такою формулою:

$$r = \frac{m_1 - m_2}{\rho_1 - \rho_2},$$

де m_1 m_2 – маса зразка скла перед і після травлення; ρ_1 ρ_2 – густина зразка скла перед і після травлення.

Результати пошарових досліджень густини скла (рис. 3) показали, що густина вихідного скла майже не змінюється під час травлення (існує лише незначне зростання густини від 2,4968 до 2,5035 г/см³). Однак густина гартованих зразків скла істотно змінюється. Було встановлено, що на поверхні гартованого скла існує шар з низькою густиною. Її величина становить 2,1530 г/см³ для скла гартованого повітрям, і 2,1937 г/см³ – для скла, гартованого контактним методом. Надалі густина поверхневих шарів доволі стрімко зростає і на глибині 5,9–5,72=0,18 мм досягає густини вихідного скла.

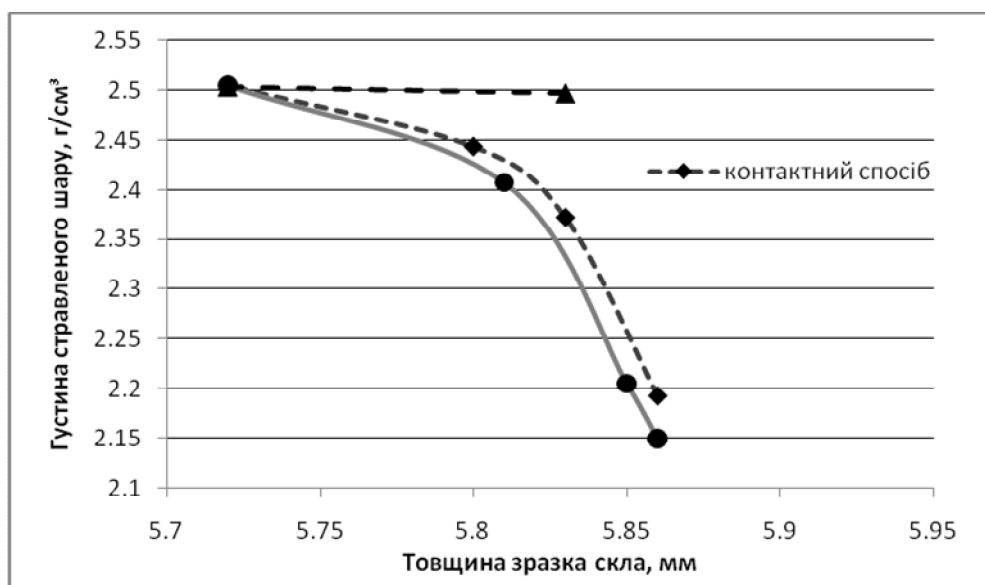


Рис. 3. Залежність густини поверхневих шарів гартованого скла від товщини зразка

Висновок. Отже, було встановлено, що скло, гартоване новим контактним методом є твердішим і стійкішим до дії кислоти, ніж скло, гартоване повітрям, а причиною зниження мікротвердості та хімічної стійкості гартованого скла є утворений на поверхні скла шар з низькою густиною.

1. Яцишин Й. М., Вахула Я. І., Жеплинський Т. Б., Козій О. І. *Технологія скла у трьох частинах.* – Ч. III: Технологія скляних виробів: підруч. – Львів: Видавництво “Растр-7”, 2011. – 416 с. 2. Жеплинський Т. Б., Дяківський С. І. *Основи теорії і практики гартування скла: навч. посібник.* – Львів: Видавництво “Растр-7”, 2011. – 112 с. 3. Sangwal K. On the reverse in dentation size effect and microhardness measurement of solids // *Materials Chemistry and Physics* 63(2). – 2000. – Р. 145–152. 4. Жеплинський Т. Б. Мікротвердість поверхневих шарів гартованого скла / Т. Б. Жеплинський, О. К. Серкіз // *Вісник НУЛП.* – 2013. – № 761. – С. 335–338. 5. *Термічне оброблення і напруження у склі: підруч.* / С. І. Дяківський, Т. Б. Жеплинський, Й. М. Яцишин. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2003. – 196 с. 6. Пат. 84517 Україна, МПК 2006.51. Спосіб гартування скла / Жеплинський Т. Б., Боровець З. І., Головчук М. Я.; заявник і власник Національний університет “Львівська політехніка”; заявл. 24.09.2007, опубл. 27.10.2008, Бюл. № 20. 7. Жеплинський Т. Б. Контактний метод одержання гартованого скла / Т. Б. Жеплинський, О. К. Серкіз // *Міжнародна науково-технічна конференція “Фізико-хімічні проблеми в технології тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів” : тези допов.* – Дніпропетровськ, 2013. – С. 74–75.