

УДК 666.11:621.318:539.4

**ESTIMATION OF STRUCTURAL CHANGES IN INDUSTRIAL GLASSES
UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS BASED ON
THE MEASUREMENT OF THEIR MICROHARDNESS**

**ОЦЕНИВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ СТЕКЛАХ
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПО ДАННЫМ
ИЗМЕРЕНИЯ ИХ МИКРОТВЕРДОСТИ**

Sharagov V.A. / Шарагов В.А.

d.ch.s., as.prof. / д.х.н., доц.

Olaru I.N. / Олару И.Н.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

Agaki M.I. / Агаки М. И.

PhD student / аспирант

Alecu Russo Balti State University, Balti, Republic of Moldova, Pushkin str., 38, 3100

Бельцкий государственный университет им. Алеку Руссо, Бельцы,

Республика Молдова, ул. Пушкина, 38, 3100

Аннотация. *Исследовано влияние постоянного, переменного и импульсного магнитных полей на структурные изменения в промышленных стеклах разного назначения с помощью метода измерения их микротвердости. Режимы обработки промышленных стеклоизделий электромагнитными полями в лабораторных и производственных условиях: модуль вектора магнитной индукции – до 0,22 Тл, температура – от 300 до 600 °С, длительность – от 1 до 300 с. Микротвердость промышленных стекол под воздействием электромагнитных полей возрастает на 10-20 %.*

Ключевые слова: *промышленное стекло, термомагнитная обработка, электромагнитное поле, структурные изменения, микротвердость, модуль вектора магнитной индукции.*

Введение.

Проблема повышения эксплуатационных свойств промышленных стеклоизделий до сих пор не получила должного решения. Улучшение термомеханических свойств и химической устойчивости стекла достигается путем изменения состава и структуры его поверхностного слоя. Для этого применяются закалка стекла в разных средах, ионный обмен и его разновидности, нанесение разного рода защитных покрытий, термохимическая обработка газообразными реагентами и другие методы. Такая технология наряду с достоинствами имеет серьезные недостатки: необходимость нанесения на поверхность стекла разного рода реагентов, изготовление оборудования для

дозировки и подачи реагентов на изделия, ухудшение санитарно-гигиенических условий работы и т. п. Закалка стекла возможна при изменении технологии производства и требует больших капитальных затрат. Кроме того, закалке подвергаются только изделия простой формы и толщиной более 2 мм [1].

Альтернативным способом обработки промышленных стеклоизделий может стать термомагнитная обработка. Известно, что воздействие электромагнитных полей на стекломассу и горячие стеклоизделия сопровождается изменением их структуры и физических свойств. По данным Л. Е. Макаровой, электромагнитная обработка в лабораторных условиях повышает прочность многокомпонентного промышленного стекла в 1,5-2 раза [2]. Болгарские ученые для упрочнения стеклянной тары в заводских условиях применяли обработку электромагнитными полями [3]. В зависимости от режима магнитной обработки минимальная прочность бутылок возрастала в 1,5-2 раза.

Для определения факторов, влияющих на повышение термомеханических свойств промышленных стеклоизделий под воздействием термомагнитной обработке, необходимо определять степень модификации их структуры. Такие исследования в литературе не представлены.

Цель проведенных экспериментов заключалась в разработке методики оценивания структурных изменений, происходящих в промышленных стеклах под воздействием электромагнитных полей.

Методика эксперимента.

В наших исследованиях эксперименты проводились в два этапа. Вначале в лабораторных условиях моделировались режимы термомагнитной обработки стекол разных составов. В дальнейшем воздействию магнитных полей подвергались промышленные стеклоизделия в процессе их производства.

В качестве объектов исследования применялись банки и бутылки из обесцвеченного стекла, рассеиватели из прозрачного бесцветного и накладного молочного стекла и пластинки листового стекла. Химические составы стекол приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химические составы промышленных стекол

Вид стекла	Содержание оксидов (массовая доля, %)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Другие
Тарное обесцвеченное	71,62	2,57	0,08	6,62	4,68	13,62	0,30	0,43	-
Сортовое обесцвеченное	73,11	3,45	0,04	6,59	-	16,58	-	-	-
Молочное	68,97	6,51	0,03	4,07	-	18,18	-	-	2,36 F ⁻
Листовое	72,65	1,55	0,11	7,60	3,71	13,62	0,35	0,31	-

Наиболее важные параметры термомагнитной обработки промышленных стекол в лабораторных условиях: температура – от 300 до 600 °С, длительность – от 1 до 300 с, модуль вектора магнитной индукции – до 0,16 Тл.

В заводских условиях термомагнитной обработке подвергались банки и бутылки разной вместимости. Постоянное и переменное магнитные поля создавались с помощью электромагнитов. Тара находилась в магнитном поле примерно 1 с. Значение модуля вектора магнитной индукции достигало 0,22 Тл.

Импульсное магнитное поле создавалось с помощью емкостного накопителя энергии, разрядника и индуктора. Термомагнитная обработка стеклоизделий осуществлялась в индукторе, расположенном на конвейере. Длительность обработки тарных изделий не превышала 1-2 с. Основные параметры импульсного магнитного поля: модуль вектора магнитной индукции – 0,060 Тл, напряженность – 50 кА/м, число импульсов на одно изделие – 5-10.

Полученные результаты и их обсуждение.

Воздействие магнитного поля на стекло визуально не изменяло его состояние. Температура стеклоизделий составляла примерно 500-550 °С.

Микротвердость устанавливалась на микротвердомере ПМТ-3М по общепринятой методике.

Нами определено влияние следующих факторов на микротвердость промышленных стекол, обработанных импульсным магнитным полем: температуры, значения модуля вектора магнитной индукции, длительности

обработки, положения магнитных силовых линий относительно плоскости образцов, повторной термообработки.

Влияние температуры на микротвердость листового стекла, подвергнутого термомагнитной обработке (модуль вектора магнитной индукции – 0,13 Тл, время обработки – 60 с, магнитные силовые линии перпендикулярны плоскости образцов), представлено в табл. 2.

Таблица 2

Зависимость микротвердости листового стекла, обработанного импульсным магнитным полем, от температуры

Температура, °С	Микротвердость стекла, ГПа	
	Магнитная обработка	Дополнительная термообработка
20	4,17	-
300	4,18	4,20
400	4,25	4,23
500	4,47	4,27
550	4,84	4,30
600	5,01	4,36

Приведенные данные свидетельствуют о благоприятном влиянии импульсного магнитного поля на повышении микротвердости листового стекла. Прирост микротвердости стекла отмечен при температуре магнитной обработки 400 °С. При дальнейшем повышении температуры до 600 °С микротвердость образцов стекла возрастает на 20,1 %. Известно, что дополнительная термообработка стекла изменяет его физико-химические свойства [1]. По этой причине, наряду с термомагнитной обработкой параллельно проводились опыты, в которых стекло нагревалось по тем же режимам, но в отсутствии магнитного поля. Из таблицы видно, что повторная термообработка практически не изменяет микротвердость стекла.

С увеличением значения модуля вектора магнитной индукции и длительности термомагнитной обработки микротвердость промышленных стекол возрастает. Большой прирост микротвердости достигается, когда магнитные силовые линии перпендикулярны плоскости образцов. Нами

установлено, что микротвердость исследованных промышленных стекол под воздействием постоянного, переменного и импульсного магнитных полей возрастает на 10-20 %.

Таким образом, термомагнитная обработка изменяет структуру промышленных стекол, о чем свидетельствует повышение их микротвердости.

Выводы. Термомагнитная обработка повышает микротвердость промышленных стекол на 10-20 %, в результате чего изменяется их структура. С повышением температуры, увеличением значения модуля вектора магнитной индукции и длительности термомагнитной обработки микротвердость промышленных стекол возрастает.

Литература:

1. Бутаев А. М. Прочность стекла. Махачкала: Дагестанский государственный университет, 1997. 253 с.

2. Макарова Л. Е. Структурные изменения силикатных стекол в электромагнитных полях // Прикладные задачи механики полимеров и систем. Свердловск, 1977. - С. 58-63.

3. Пенчев П. Р., Прангов Л. Г. Обработване на стъкдени изделия с физични полета // Электропромишленост и приборостроение.-1990.- № 1.- С. 38-40.

References:

1. Butaev A.M. Strength of glass. Makhachkala: Dagestan State University, 1997. 253 p. (In Russ.).

2. Makarova L.Ye. Structural Changes in Silicate Glasses in Electromagnetic Fields // Applied Problems of Polymer Mechanics and Systems. Sverdlovsk, 1977. - P. 58-63. (In Russ.).

3. Пенчев П. Р., Прангов Л. Г. Обработване на стъкдени изделия с физични полета // Электропромишленост и приборостроение.-1990.- № 1.- С. 38-40.

Abstract. *The influence of constant, alternating and impulse magnetic fields on the structural changes in industrial glasses for various purposes was studied using the method of measuring their microhardness. The regimes of treatment of industrial glassware by electromagnetic fields in laboratory and industrial conditions are: temperature – 500 - 600 °C, vector magnitude of magnetic induction – to 0.22 T, duration – between 1 - 300 s. The microhardness of industrial glasses under the influence of electromagnetic fields increases by 10-20 %.*

Key words: *industrial glass, thermomagnetic treatment, magnetic field, structural changes, microhardness, vector magnitude of magnetic induction.*

Рецензент: к.т.н., доц. Перетятку П.В.

Статья отправлена: 19.03.2019 г.

© Шарагов В.А., Олару И.Н., Агаки М. И.