

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТЕКЛОИЗДЕЛИЙ

Шарагов Василий

(Государственный университет им. А. Руссо, Республика Молдова)

Анализируются результаты лабораторных и производственных экспериментов по обработке стеклянной тары, бутылок из темно-зеленого стекла, рассеивателей из прозрачного бесцветного и молочного стекол, ампул из медицинского стекла и листового стекла постоянным, переменным и импульсным магнитными полями. Приводятся режимы терромагнитной обработки промышленных стекол. Показаны достоинства и недостатки метода обработки промышленных стеклоизделий электромагнитными полями. Обсуждаются принципы разработки технологии терромагнитной обработки промышленных стеклоизделий разного назначения.

Введение

Главным недостатком большинства видов стеклоизделий массового производства (стеклянной тары, листового стекла, сортовой посуды, ампул из медицинского стекла, светотехнических изделий и др.) является низкая механическая прочность. Ограничивают применение стекла слабая

термостойкость и недостаточная химическая стойкость. Плохие эксплуатационные свойства приводят к значительным потерям стекла при транспортировке и эксплуатации. Проблема обеспечения высокой эксплуатационной надежности промышленных стеклоизделий до сих пор не получила должного решения.

Методы повышения эксплуатационных свойств стекла можно условно разделить на два принципиально различных направления: 1) модификация структурно-химической природы стеклообразного тела с целью получения гомогенного высокомодульного состояния и структуры с повышенной склонностью к неупругой деформации; 2) изменение физико-химического состояния поверхности, направленное на подавление разупрочняющего действия поверхностных дефектов как концентраторов напряжений – и их удаление с поверхности, ее защита и изоляция дефектов покрытиями, блокирование дефектов сжатием поверхностного слоя [1].

Методы первого направления принципиально неприемлемы для промышленных стеклоизделий по технологическим и экономическим причинам. В разных странах на стекольных заводах нашли применение следующие способы упрочнения стеклоизделий, относящиеся ко второму направлению: термическая обработка, нанесение различного рода защитных покрытий, ионный обмен и его разновидности, выщелачивание поверхности химически активными газами, а также комбинации двух и даже трех способов.

Закалка стекла возможна при существенном изменении технологии производства и требует больших капитальных затрат. Подвергаются закалке только изделия простой формы. Для модификации поверхности стекла путем его обработки различными соединениями необходимо надежное оборудование для нанесения реагентов на изделия, при этом загрязняется окружающая среда. В силу перечисленных обстоятельств методы повышения эксплуатационных свойств промышленных стеклоизделий пока применяются ограниченно. Это побуждает к поиску новых методов упрочнения стекла.

В статье излагаются принципы разработки технологии термомагнитной обработки (ТМО) стеклоизделий массового производства с целью повышения их термомеханических свойств.

Результаты исследований и их обсуждение

При разработке и внедрении нового метода повышения эксплуатационных свойств промышленных стеклоизделий всегда возникают проблемы технологического, технического, эксплуатационного, экологического, экономического и организационного характера. Нами накоплен большой экспериментальный материал по исследованию взаимодействия неорганических стекол с электромагнитными полями, что позволяет сформулировать главные принципы для разработки ТМО промышленных стеклоизделий разного назначения.

Вначале рассмотрим наиболее важные экспериментальные данные.

В качестве объектов исследования применялись следующие образцы стекол и промышленные стеклоизделия: банки и бутылки из обесцвеченного стекла, бутылки из темно-зеленого стекла, рассеиватели и декоративные элементы из прозрачного бесцветного и накладного молочного стекла, листовое стекло и ампулы из прозрачного бесцветного медицинского стекла. Химические составы стекол приведены в таблице.

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	71,60	2,61	0,08	6,67	4,74	13,65	0,33	0,41	-
Прозрачное бесцветное	73,41	3,54	0,04	6,46	-	16,37	-	-	-
Молочное	68,90	6,47	0,03	4,15	-	18,24	-	-	2,49 F
Листовое	72,65	1,55	0,11	7,60	3,71	13,62	0,35	0,31	-
Медицинское	72,81	4,52	0,05	6,05	0,82	8,15	1,64	-	6,11 B ₂ O ₃

Эксперименты проводились в два этапа. Сначала в лабораторных условиях моделировались режимы ТМО стекол разных составов. В последующих исследованиях воздействию магнитных полей подвергались промышленные стеклоизделия в самом процессе их производства.

Наиболее важные параметры ТМО образцов стекла в лабораторных условиях: температура – 20...600 °С, длительность – 1...300 с, модуль вектора магнитной индукции (МВМИ) – до 0,5 Тл.

Лабораторные эксперименты показали, что механическая прочность ампул после воздействия импульсного магнитного поля возрастает на 10...20 %. Микротвердость промышленных стекол (см. таблицу), подвергнутых обработке постоянным, переменным и импульсным магнитными полями, повышается на 5...20 %.

В производственных условиях банки разной вместимости обрабатывались постоянным, переменным и импульсным магнитными полями. Главные параметры ТМО стеклоизделий: температура – 450...550 °С, длительность – 1...2 с, МВМИ – до 0,22 Тл. ТМО банок проводилась при стабильной работе секционного стеклоформирующего автомата IS-6-2. Воздействие магнитного поля на стекло визуально не изменяло его состояние. После отжига отбирались банки из одной и той же формы и испытывались на сопротивление усилию сжатия в направлении, перпендикулярном к стенкам корпуса, сопротивление внутреннему гидростатическому давлению, микротвердость и термостойкость. Для каждого режима обработки использовалось не менее 20 банок.

Испытания показали, что обработка постоянным магнитным полем повышает механическую прочность банок на 20...40%, при этом

минимальный уровень прочности возрастает в 1,5...2 раза. Следует отметить хорошую воспроизводимость полученных результатов.

Воздействие переменного и импульсного магнитных полей на тарное стекло также сопровождается упрочнением банок, однако достигаемый уровень (10...15%) ниже эффекта, получаемого при использовании постоянного магнитного поля.

Повышение температуры стекла (установки для создания магнитных полей располагались ближе к стеклоформирующей машине), увеличение длительности обработки (изделия повторно пропускались сквозь магнитное поле) и МВМИ благоприятствуют упрочнению банок.

Уровень упрочнения банок за счет термомагнитной обработки выше эффекта повышения прочности стеклотары путем нанесения защитных покрытий [2], термохимической обработки кислыми газами [3], электрохимическим выщелачиванием [4], но уступает упрочнению стекла закалкой [5] и ионным обменом [6].

Обработка банок электромагнитными полями сопровождается повышением микротвердости стекла на 5...10 %, что позволяет снизить потертость поверхности изделий при их выработке и транспортировке. Термостойкость обработанных банок возрастала на 5...8 %.

За счет повышения термомеханических свойств потери стеклоизделий на стадии выработки, транспортировки и эксплуатации снизятся в 2...4 раза, при этом можно уменьшить их массу на 5...10 % [2].

На основе производственных экспериментов установлена принципиальная возможность повышения механических характеристик изделий, вырабатываемых вручную. На АО «Фламинго-96» воздействию импульсного магнитного поля подвергались как свежееотформованные декоративные элементы из прозрачного бесцветного и накладного молочного стекла, так и пульки, которые после обработки раздувались в формах, а затем отжигались. Параметры магнитной обработки светотехнических изделий: температура – 450...900 °С, длительность – 1...4 с, МВМИ – 60...80 мТл, напряженность магнитного поля – 64 кА/м.

ТМО повышает на 5...10 % микротвердость и термостойкость светотехнических стекол. Как и в случае с обработкой банок, чем выше температура, значение МВМИ и больше длительность обработки, тем выше эффект в повышении микротвердости светотехнических стекол.

На основе многочисленных производственных испытаний и выпуска нескольких миллионов штук стеклотары с повышенными эксплуатационными свойствами сформулированы принципы, которыми следует руководствоваться при разработке технологии ТМО промышленных стеклоизделий разного назначения, отформованных машинным и ручным способами.

1. Технологические принципы:

- при ТМО технология производства стеклоизделий не изменяется, а также не снижается производительность машинных линий;

- выбор места для расположения установки в технологическом процессе выработки стеклоизделий, создающей электромагнитное поле, определяется с учетом обеспечения заданных эксплуатационных свойств стекла, удобства монтажа и эксплуатации установки для ТМО;
 - ТМО стекла проводится при максимально возможных температурах и продолжительности воздействия магнитных полей.
2. Технические принципы:
- гарантия обеспечения требуемых свойств и параметров стеклоизделий в соответствии с действующими стандартами;
 - оптимальные параметры магнитного поля включают высокие значения его МВМИ, напряженности и однородности;
 - установки для ТМО конструируются с наименьшими размерами индуктора или воздушного зазора сердечника в электромагните;
 - необходимости регулярного контроля за качеством ТМО стеклоизделий.
3. Эксплуатационные принципы:
- тепловая изоляция установки для ТМО от горячих стеклоизделий;
 - наличие технической документации по эксплуатации установки для ТМО стеклоизделий;
 - удобство и безопасность работы обслуживающего персонала.
4. Экологические принципы:
- минимальное воздействие ЭМП на обслуживающий персонал;
 - защита электронных аппаратов и оборудования от воздействия электромагнитных полей.
5. Экономические принципы:
- снижение себестоимости продукции;
 - высокая рентабельность и быстрые сроки самоокупаемости ТМО.
6. Организационные принципы:
- разработка рекомендаций и обучение персонала по устранению возможных неполадок в работе установки для ТМО;
 - обучение персонала соблюдению заданных режимов ТМО стеклоизделий и безопасному обслуживанию установки.
- Основные достоинства метода ТМО стекла – возможность упрочнения изделий сложной формы без изменения технологии их производства, сохранение естественного состояния поверхности стекла, при этом не загрязняется окружающая среда вредными веществами. Недостатками данного метода являются сложность в проектировании и изготовлении электромагнитных установок, эмпирический способ определения оптимального режима ТМО, малый ресурс безотказной работы установки, создающей импульсное магнитное поле.

Заключение

Разработаны технологические, технические, эксплуатационные, экологические, экономические и организационные принципы, которыми следует руководствоваться при разработке технологии ТМО промышленных стеклоизделий разного назначения.

Список литературы

1. Сильвестрович С. И. *Механические свойства стекла. Обзорная информация.*, Москва, ВНИИЭСМ, 1987, 70 с.
2. Гулоян Ю. А., Казаков В. Д., Смирнов В. Ф. *Производство стеклянной тары*, Москва, Легкая индустрия, 1979, 256 с.
3. Шарагов В. А. *Химическое взаимодействие поверхности стекла с газами*, Кишинев, Штиинца, 1988, 130 с.
4. Сытник Р. Д., Семенов Н. Н., Ботвинкин О. К. *О механизме упрочнения стекла методом электрохимической обработки в расплаве олова // Стекло и керамика*, Москва, 1978, № 8, с. 13-14.
5. Богуславский И. А. *Высокопрочные закаленные стекла*. Москва, Стройиздат, 1969, 208 с.
6. Бутаев А. М. *Прочность стекла. Ионнообменное упрочнение*, Махачкала, Дагестанский государственный университет, 1997, 253 с.

PRINCIPLES OF DESIGN OF THERMOMAGNETIC TREATMENT OF INDUSTRIAL GLASSWARE TECHNOLOGY

Vasilii Sharagov

(State University "Alecus Russo", Republic of Moldova)

The article presents the results of laboratory and industrial experiments with treatment of glass containers, bottles of green glass, scatters made of transparent colorless and milk glasses, ampoules made of medical glass and sheet glass by magnetic constant, alternative, and impulse magnetic fields. Regimes of the thermomagnetic treatment of industrial glasses are given here. The merits and limitations of the method of industrial glass treatment by magnetic impulse field are shown. The principles of design of technology of thermomagnetic treatment of industrial glassware for different purpose are discussed.

Prezentat la redacție la 24.11.06