

*Бессмертный В. С., д-р техн. наук, проф.,
Лесовик В. С., д-р техн. наук, проф.,
Бондаренко Н. И., соискатель,
Ильина И. А., аспирант,
Кротова О. В., магистрант*

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Бахмутская О. Н., канд. тех. наук, доц.,
Старооскольский технологический институт*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕКЛОМИКРОШАРИКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ

vbessmertnyi@mail.ru

В статье рассмотрены особенности получения стекломикрошариков технического назначения, полученных методом плазменного распыления. Исследованы основные эксплуатационные показатели стекломикрошариков технического назначения.

Ключевые слова: *стекломикрошарики технического назначения, химические свойства, плазменное распыление.*

Плазменные технологии обработки и синтеза силикатных материалов являются более эффективными, энергосберегающими, экологически чистыми по сравнению с традиционными технологиями [1].

В нашей стране плазменной обработке бетонов, керамики и стекла посвящены работы ответственных учёных: академика Рыкалина Н.А., академика РААСН Баженова Ю.М.; член -кор. РААСН Федосова С.В., член -кор. РААСН Лесовика В.С., профессоров Бессмертного В.С., Акуловой М.В., Щепочкиной Ю.А., Буянтуева С.А и др. [2-7].

За рубежом исследования в области плазменных технологий проводят в США, Японии, Германии, Венгрии и др. странах [8-12].

В настоящее время стекломикрошарики технического назначения используются в различных отраслях промышленности. Стекломикрошарики технического назначения, в частности, используются как светоотражающие элементы в дорожном строительстве. С этой целью их используют для обеспечения видимости разметки в ночное время и снижения её загрязнённости.

Стекломикрошарики, как светоотражающие элементы, могут быть использованы в качестве светоотражающего элемента бордюрного камня из бетона, силикатного и керамического кирпича.

В БГТУ им. В.Г.Шухова проводятся исследования и разработаны технологии получения

стеклянных и композиционных микрошариков [13-15].

В связи с вышеуказанным, стекломикрошарики в процессе эксплуатации будут подвергаться воздействию различных агрессивных сред. Это может привести к разрушению их поверхностного слоя и существенному снижению светоотражающей способности. По этой причине стекломикрошарики должны обладать высокой микротвёрдостью, химической стойкостью, в частности, высокой водостойкостью, кислотостойкостью и щелочестойкостью.

В процессе плазменной обработки исходной шихты температура плазменного факела лежала в пределах 7000-8000⁰С. Полученные стекломикрошарики разогревались до высоких температур, порядка до 2000⁰С. В результате высокотемпературного воздействия происходит частичное испарение щелочных и щелочземельных оксидов и обогащение стёкол оксидами кремния и алюминия. Супербыстрые процессы разогрева и остывания конечного продукта при плазменной обработке, в частности стекломикрошариков, приводят к их закаливанию. Данные процессы способствуют существенному повышению микротвёрдости и химической устойчивости стекломикрошариков.

Химический состав стекломикрошариков технического назначения представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав стекломикрошариков технического назначения

№ п/п	Наименование исходного стекла	Массовое содержание, %						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃
1	Листовое стекло	72,5	1,0	9,0	3,0	14,0	0,05	0,5
2	Флоат-стекло	73,0	1,0	8,6	3,6	13,4	0,08	0,32
3	Бесцветное стекло	68,4	6,3	9,3	-	16,0	-	-

Для исследований микротвёрдости брали стекломикрошарики размером 60...300 мкм, полученные методом плазменного распыления стекольных шихт.

На первом этапе разрабатывали методику определения микротвёрдости стекломикрошариков технического назначения. Методика включает следующие, нами разработанные операции (рис. 1).

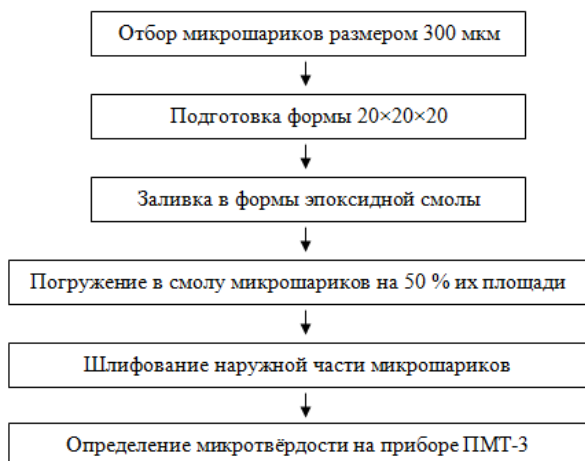


рис. 1. Методика определения микротвёрдости стекломикрошариков технического назначения

Проверку экспериментально полученных результатов на адекватность производили по выражениям:

$$v = (x_{cp} - x_{min}) / \sigma \quad (1)$$

$$v = (x_{max} - x_{cp}) / \sigma \quad (2)$$

Расчёты по выражениям (1) и (2) показали, что при определении микротвёрдости стекломикрошариков промахи опыта отсутствуют.

Статистическую обработку результатов производили по компьютерной программе.

С учётом статистической обработки результатов значения микротвёрдости стекломикрошариков технического назначения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Микротвёрдость стекломикрошариков технического назначения с учётом доверительного интервала

№ п/п	Наименование	Микротвердость, МПа
1	стекломикрошарики на основе листового стекла	5575±15
2	стекломикрошарики на основе флоат-стекла	5475±25
3	стекломикрошарики на основе бесцветного стекла	5175±25

По величине микротвердости стекломикрошарики удовлетворяют эксплуатационным требованиям.

Для исследования химических свойств стекломикрошариков технического назначения использовали стандартные методики.

В процессе эксплуатации стекломикрошарики подвергаются воздействию воды, растворов солей, кислот и оснований. Это может привести к разрушению не только поверхностных слоёв стекломикрошариков, но и к их полному разрушению. В связи с вышеуказанным, необходимо исследовать воздействие данных агрессивных сред на стекломикрошарики технического назначения.

Для исследования химических свойств брали стекломикрошарики, полученные методом плазменного оплавления шихт, предварительно отформованных в виде прутков диаметром 2...3 мм. Для плазменного оплавления стекольных шихт использовали электродуговой плазматрон УПУ-8М с плазменной горелкой ГН-5Р. Стекольные шихты в виде прутков вводили в плазменную горелку со скоростью 2...4 мм/с. Параметры работы плазматрона были следующие: напряжение 30...32В, ток 200...500А. Плазмообразующим газом служил аргон, расход которого лежал в пределах 1,0...2,0 м³/час при давлении 0,20...0,25 МПа. Расход воды на охлаждение плазменной горелки ГН-5Р – 10...12 л/мин.

В плазменной горелке происходило оплавление стекольных шихт с образованием стекломикрошариков. Стеклomикрошарики вместе с потоком плазмообразующих газов поступали в сборник. Стеклomикрошарики извлекались из сборника и помещались в алундовую ступку, где измельчались алундовым пестиком. После измельчения стекломикрошариков, с использованием аналитических весов отвешивали 3,0г порошка и помещали в водяную баню.

После кипячения на водяной бане водный раствор титровали 0,1н раствором соляной кислоты.

После определения объёма соляной кислоты, пошедшей на титрование по стандартной методике, определяли гидролитический класс стекломикрошариков технического назначения.

Водостойкость стекломикрошариков технического назначения представлена в таблице 3.

Таблица 3

Водостойкость стекломикрошариков технического назначения

№ п/п	Наименование исходных стекол	Количество 0,1 н. НСl, см ³	Гидролитический класс
1	Листовое стекло	2,76	III
2	Флоат-стекло	2,65	III
3	Бесцветное стекло	4,22	IV

Как видно из таблицы 2, стекломикрошарики технического назначения относятся к IV и III гидролитическому классу и являются водостойкими.

Для определения кислотостойкости брали порошки стекломикрошариков весом по 3,0 г и помещали в раствор 1н соляной кислоты (HCl). После кипячения в 1н растворе соляной кислоты в течение 2 часов порошки извлекали и промывали в дистиллированной воде.

После сушки стеклопорошки взвешивали на аналитических весах. Результаты по исследованию кислотостойкости стекломикрошариков технического назначения представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Кислотостойкость стекломикрошариков
технического назначения**

№ п/п	Наименование исходных стекол	Массовое содержание, % в 1н. HCl
1	Листовое стекло	99,1
2	Флоат-стекло	98,9
3	Бесцветное стекло	96,2

Как видно из таблицы 3, стекломикрошарики технического назначения обладают достаточно высокой кислотостойкостью.

Химическую устойчивость поверхностных слоёв стекломикрошариков исследовали по стандартной методике. Для исследования выбирали микрошарики размером 300 мкм по 3 штуки из каждого вида исходного стекла. Под оптическим микроскопом покрывали воском 50 % площади исследуемых стекломикрошариков технического назначения. Подготовленные таким образом стекломикрошарики помещали в 4 % водный раствор уксусной кислоты на 24 часа. После 24 часов выдержки в водном растворе уксусной кислоты стекломикрошарики извлекали, сушили и очищали от воска.

Органолептическим методом определяли наличие или отсутствие блеска на обрабатываемой части стекломикрошарика, а также наличие границы между обработанной и необработанной частью поверхности стекломикрошарика. Результаты исследований представлены в таблице 5.

Таблица 5

№ п/п	Наименование исходных стекол	Наличие блеска (матовости) на обрабатываемой поверхности	Наличие границы обрабатываемой поверхности
1	Листовое стекло	блестящая поверхность	граница отсутствует
2	Флоат-стекло	блестящая поверхность	граница отсутствует
3	Бесцветное стекло	матовая поверхность	граница ярко выражена

Как видно из таблицы 4, стекломикрошарики на основе листового стекла и флоат-стекла обладают высокой химической устойчивостью.

Для определения щелочестойкости брали порошки стекломикрошариков весом по 3 г и помещали в 1н. водный раствор NaOH.

После кипячения в 1н. водном растворе NaOH в течение двух часов порошки извлекали и промывали в дистиллированной воде. После сушки шарошки взвешивали на аналитических весах. Результаты по исследованию щелочестойкости стекломикрошариков технического назначения представлены в таблице 6.

Таблица 6

**Щелочестойкость стекломикрошариков
технического назначения**

№ п/п	Наименование исходных стекол	Массовое содержание в 1н. NaOH, %
1	Листовое стекло	91,8
2	Флоат - стекло	92,8
3	Бесцветное стекло	92,3

Как видно из таблицы 6, стекломикрошарики обладают высокой щелочестойкостью.

В результате проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

- разработана методика определения микротвёрдости стекломикрошариков технического назначения и показано, что по величине микротвёрдости микрошарики соответствуют эксплуатационным требованиям;
- исследованы химические свойства стекломикрошариков технического назначения;
- по величине водостойкости стекломикрошарики технического назначения относятся к IV и III гидролитическому классу;
- стекломикрошарики являются устойчивыми к воздействию 1н. водного раствора HCl;
- стекломикрошарики на основе флоат-стекла и листового стекла являются устойчивыми к воздействию 4 % водного раствора CH_3COOH ;
- стекломикрошарики технического назначения являются щелочестойкими.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыкалин Н.А. Применение низкотемпературной плазмы в технологии строительных материалов / Н.А. Рыкалин, П.А. Ребиндер, Н.Н. Долгополов // Строительные материалы. - 1972. - № 1.- С. 7-8.
2. Высокотемпературная отделка бетона стекловидными покрытиями / Баженов Ю. М. [и др.]- М.: Изд-во АСВ, 2005. – 128 с.

3. Высокотемпературная отделка бетона стекловидными покрытиями / Федосов С.В. [и др.].- М.: Изд-во АСВ, 2009. – 228 с.
4. Бессмертный В.С. Ангобирование керамики методом плазменного напыления / В.С. Бессмертный, Н.М. Паршин, А.А. Ляшко // Стекло и керамика.- 2000.- №2 - С. 13-15
5. Бессмертный В.С. Восстановительный характер аргона при плазменной обработке тугоплавких неметаллических материалов / В.С. Бессмертный, В.С. Лесовик, В.П. Крохин // Стекло и керамика.- 2001.- №10 - С. 30-31
6. Корсак Н.Г. Огнеструйный метод отделки строительных элементов и зданий / Н.Г. Корсак // Строительные материалы. - 1975. - № 1.- С. 17-18.
7. Буянтуев С.Л. Защитно-декоративные покрытия на строительных изделиях с использованием сырьевых материалов Бурятии / С.Л. Буянтуев, Н.В. Былкова, М.Е. Заяханов // Строительные материалы. - 2002. - № 8.- С. 22-23.
8. Хасуй А. Техника напыления [Т/ А. Хасуй // М.: Машиностроение - 1975. – С. 198.
9. A new material: GMC-glazed concrete moldings //Interbrik/ 1986.- Vol. 2.-P/34-35
10. Индустриальные методы отделки зданий / Агапова Т.В. [и др.].- М.: Стройиздат, 1979. – 220 с.
11. Пат. 60-29673 Япония С04В 40/00. Способ обработки поверхности сборного бетона при его высокотемпературной выдержке
12. GrafeW. Plasmaapritsenauf Glass, Silikattechnik, 1981.№10. s. 310-311.
13. Бессмертный В.С. Исследование свойств стеклошариков, прошедших плазменную обработку / В.С. Бессмертный, А.А. Ляшко, И.А. Антропова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2010. - № 12.- С. 102-104.
14. Бессмертный В.С. Энергосберегающая технология получения стеклянных микрошариков методом плазменного распыления / В.С. Бессмертный, А.А. Ляшко, П.С. Дюмина // Успехи современного естествознания. - 2010. - № 3.- С. 105-107.
15. Пат.2455 118 РФ МПК В22F 9/06, СОЗВ 9/00 Стеклометаллические микрошарики и способ их получения / В.С. Бессмертный, А.В. Симачёв, П.С. Дюмина.