

*Бессмертный В. С., д-р тех. наук, проф.,
Минько Н. И., д-р тех. наук, проф.,
Бондаренко Н. И., аспирант,
Лесовик В. С., д-р тех. наук, проф.,
Яхья Мохаммед Яхья, аспирант,
Бондаренко Д. О., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Табит Салим Аль - Азаб, канд. тех. наук
Университет «Аден»*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ СТЕНОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ

vbessmertnyi@mail.ru

В статье рассмотрены особенности технологических процессов плазменной обработки стеновых строительных материалов. Исследовано влияние воздействия плазменного факела на процессы, формирующие защитно-декоративное покрытие на лицевой поверхности изделий из бетона.

Ключевые слова: *плазменная обработка, химические свойства, защитно-декоративные покрытия*

Реализация президентской программы «Доступное жильё - гражданам России» требует увеличения выпуска конкурентоспособных стеновых строительных материалов, в том числе и изделий из бетона.

С целью повышения архитектурно-художественных достоинств зданий и сооружений изделия из бетона покрывают различными органическими, минеральными и композиционными составами.

Современные технологии нанесения защитно-декоративных покрытий на изделиях из бетона в настоящее время являются достаточно энергоёмкими, что существенно удорожает 1 м² жилья.

Высокоскоростная плазменная обработка лицевой поверхности стеновых строительных материалов позволит существенно сократить технологический цикл и снизить энергозатраты.

Высокие температуры плазменного факела, порядка 7000-10000⁰С, позволяют за короткие промежутки времени оплачивать лицевой слой изделий из бетона, предварительно покрытый защитно-декоративным слоем, образующимся при формовании изделий как «лицом вниз», так и «лицом вверх».

Эффективность использования плазменных технологий подтверждается как отечественными, так и зарубежными авторами [1-5].

Обработку плазменным или газопламенным факелом лицевой поверхности изделий из бетона производят, как с подстилочными защитными слоями из керамики, боя стекла, кварцевого песка, отходов промышленности, так и с различными пропитками с использованием красящих солей Со, Сг, Мп, Сu и др.[6-10].

В работе представлены результаты исследований влияния воздействия плазменного факела на процессы, формирующие защитно-декоративное покрытие на лицевой поверхности изделий из бетона.

Нами исследовано при фиксированных параметрах работы плазматрона влияние скорости прохождения плазменной горелки на кинетику образования стеклофазы.

Для оплавления использовали модифицированную широкофакельную плазменную горелку ГН-5р электродугового плазматрона УПУ-8М. Параметры работы плазматрона были следующие: ток – 300А, напряжение 30В. Плазмообразующим газом служил аргон, расход которого составил 30 л/с при давлении 0,25 МПа. Обработывали лицевую поверхность стеновых строительных материалов, в частности, кубики размером 30×30×30 мм из бетона с защитно-декоративным слоем толщиной 4–5 мм на основе белого высокоглиноземистого цемента с наполнением из молотого керамзита отходов фарфора и жидкого стекла при соотношении 1:1:0,1 (вес частей).

Соотношение белого высокоглиноземистого цемента и наполнителя составляло 1:4.

Кубики устанавливали на пластинчатый конвейер, скорость которого составляла 5–20 мм/с. Плазменную горелку ГН-5р устанавливали стационарно. Расстояние от среза плазменной горелки до поверхности кубика составляло 20 мм.

После плазменной оплавления образцы снимались с конвейера и с использованием оптического микроскопа МИН-8 изучали оплавленный слой.

При скорости обработки 20 мм/с на поверхности образца образовались отдельные или сросшиеся капельки расплава, смачивающие пористую поверхность. Причем сплошного покрытия не образовалось. Макроструктура покрытия представлена на рис. 1.

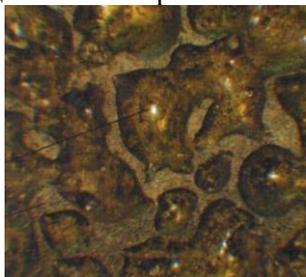


Рис. 1. Макроструктура покрытия

При скорости обработки 5 мм/с на поверхности образца образовывалось сплошное покрытие, состоящее в основном из стеклофазы с газовыми включениями (рис. 2).

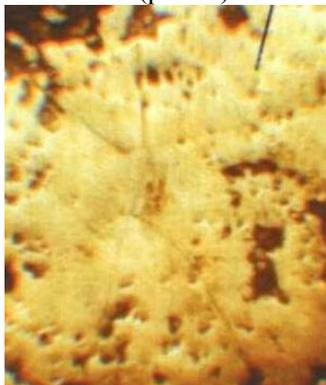


Рис. 2. Сплошное покрытие

В процессе последующего самопроизвольного быстрого остывания происходило микрозакаливание глазурного слоя, что подтверждается повышенными значениями микротвердости. С увеличением толщины покрытия с 400 до 1000 мкм в покрытии накапливаются внутренние напряжения, которые приводят к образованию микротрещин в покрытии (рис. 2).

С целью изучения фазового состава покрытия на изделиях из бетона, стеновой керамике и силикатном кирпиче с использованием алмазного круга послойно сошлифовывались слои в среднем толщиной 200 ± 20 мкм и проводили рентгенофазовый анализ.

Процессы дегидратации цементного камня при плазменном оплавлении достаточно полно исследованы в работах [1,6]. Однако более 70% в подстилочном и защитно-декоративном слое бетона составляет наполнитель. Поэтому исследования фазовых превращений наполнителя является достаточно важным направлением исследований.

По нашим исследованиям одним из эффективных наполнителей является молотый керамзит и отходы фаянсового производства заданно-

го зернового состава в соотношении 1:1 с добавлением 10% жидкого стекла.

Нами, в условиях неизотермического нагрева, исследованы фазовые превращения наполнителя, состоящего из керамзита и отходов фаянса. На рис. 5 представлены рентгенограммы при различных температурах обработки от 1323К до 1723К. Как видно из рентгенограмм при 1323К основными фазами являются кварц, муллит и гематит.

При 1523К кварц частично переходит в кристобалит, а переходит в расплав. При 1623К полностью переходит в расплав муллит, интенсивно плавится кварц, увеличивается количество кристобалита. При 1723К в преобладающем количестве стеклофазы продолжают растворяться зерна кварца, а его остатки продолжают интенсивно превращаться в кристобалит (рис. 3).

Аналогично был исследован оплавленный слой стеновой керамики (рис. 4).

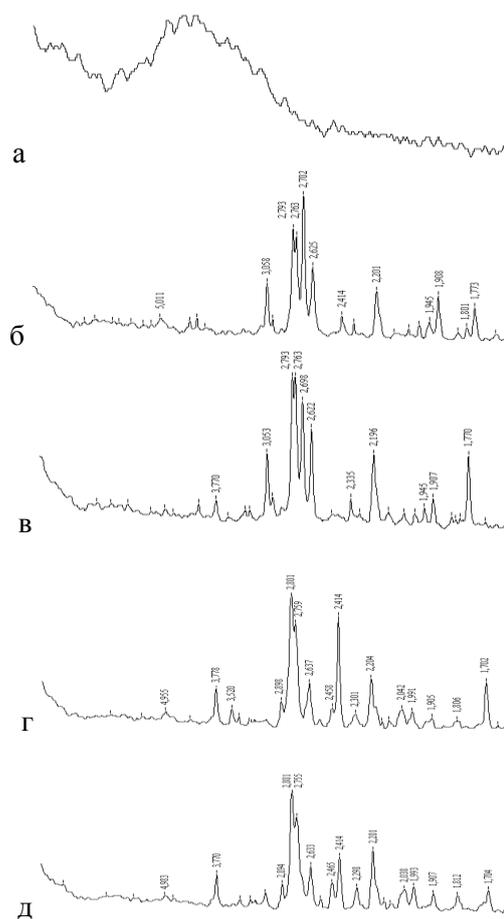


Рис. 3. Рентгенограммы образцов бетона с защитно-декоративным покрытием на основе белого высокоглиноземистого цемента с наполнителем из молотого керамзита, отходов фаянса и жидкого стекла:
а – оплавленный верхний слой; б – средний слой стеклофазы; в – нижний слой стеклофазы; г – промежуточный слой между покрытиями и подложкой; д – цемент

Верхний слой представлен стеклофазой. В промежуточных слоях появляются кварц, незначительное количество гематита и муллита.

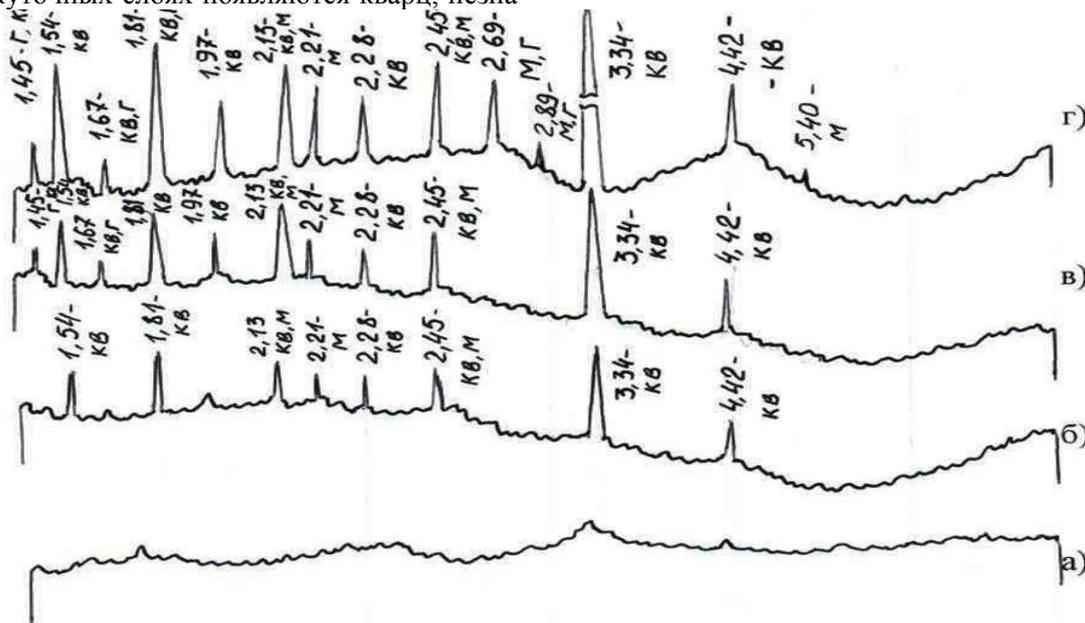


Рис. 4. Рентгенограммы образцов, прошедших плазменную обработку:
 а – поверхность глазурного слоя, б – середина глазурного слоя, в – граница между черепком и покрытием, г – черепок, КВ – кварц, М – муллит, Г – гематит.

Рентгенофлуоресцентным методом анализа определяли состав стекла и соотношение кристаллической и аморфной фаз по толщине защитно-декоративного покрытия (таблица 1).

Таблица 1

Химический состав стекла

№, п/п	Наименование стекла	Массовое содержание, %								
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	SO ₃
1	Стекло на бетоне состава № 1	59,98	21,62	10,47	1,93	2,78	1,94	1,25	0,01	0,02
2	Стекло на основе стеновой керамики состава *№ 2	72,09	11,78	6,73	1,32	5,97	0,65	1,02	0,24	0,21

* сверх 100% – 0,05% СоО

Состав защитно-декоративного слоя представлен в таблице 2.

Таблица 2

Состав защитно-декоративного слоя

№ п/п	Наименование	Массовое содержание, %
1	Белый высокоглинозёмистый цемент ВГЦ-1	19,50
2	Отходы керамзитового производства	39,75
3	Отходы фаянсового производства	39,75
4	Жидкое стекло	2,00

Состав защитно-декоративного слоя-пропитки (суспензии) для стеновой керамики представлен в таблице 3.

Таблица 3

Состав суспензии

№, п/п	Наименование	Массовое содержание, %
1	Соли кобальта	2,0
2	Жидкое стекло	38,0
3	Тонкомолотое листовое стекло	30,0
4	Вода	10,0

Физико-химические свойства стеклофазы представлены в таблице 4.

Таблица 4

Физико-химические свойства стеклофазы

№, п/п	Стекло (состав)	Плотность, кг/м ³	ТКЛР $\times 10^{-7}$ град ⁻¹	Tg стекла	Краевой угол смачивания, θ	Поверхностное натяжение (σ), н/м $\times 10^{-3}$
1	Состав 1	2468	78,9	552	75	308,7
2	Состав 2	2487	86,7	536	67	324,6

Как видно из таблицы 4, стекла, образовавшиеся на лицевой поверхности изделий из бетона и стеновой керамики, обладают относительно низким ТКЛР, что положительно сказывается на долговечности и прочности сцепления покрытия с основой.

Проведённые исследования позволили изучить особенности технологических процессов плазменной обработки стеновых строительных материалов. Изучены фазовый состав, макро- и микроструктура, а также эстетико-потребительские свойства стеновых строительных материалов с защитно-декоративными покрытиями.

Благодаря высокой эффективности энергосбережения и экологической чистоте процесса, за счёт использования в качестве плазмообразующего газа-аргона, технология рекомендуется к широкому промышленному внедрению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Высокотемпературная отделка бетона стекловидными покрытиями / Баженов Ю. М. [и др.]. М.: Изд. АСВ, 2005. 28с.
2. Нарцев В.М., Прохоренков Д.С., Осипенко Н.В., Зайцев С.В., Евтушенко Е.И. Исследование свойств ТПОХ-покрытий формируемых с использованием вакуум-плазменных технологий // Фундаментальные исследования. 2012. №11. С.1195-1200.
3. Saucedo E.M., Perera Y.M., Robles D., 2012. Plasma assisted novel production process of glass-ceramic spheres in the quaternary system $CaO-SiO_2-Al_2O_3-MGO$ Ceramics International. 4: 3161-3165.
4. Bolelli G., Lusvarghi L., Manfredini T., Siligardi C., 2007. Devitrification behaviour of plasma-sprayed glass coatings. Journal of the European Ceramic Society, 2(3): 623- 628
5. Yao Y., Mofazzal Hossain M., Watanabe T., Tsujimura T., Funabiki F., Yano T., 2008. Effects of feed rate and particle size on the in-flight melting behavior of granulated powders in induction thermal plasmas. Thin Solid Films. 19: 6622-6627.
6. Бессмертный В.С. Бондаренко Н.И., Ляшко А.А., Панасенко В.А., Антропова И.А. Энергосберегающая технология плазменного глазурирования изделий из бетона // Успехи современного естествознания. 2011. №6. С.45.
7. Пучка О.В., Минько Н.И., Степанова М.Н., Наумова Я.Г. Разработка композиционного теплоизоляционного стеклокомпозита с защитно-декоративным покрытием по лицевой поверхности // Керамика и огнеупоры. 2010. № С.181-185.
8. Бессмертный В.С., Бондаренко Н.И., Стадничук В.И., Вдовина С.Ю. Получение защитно-декоративных покрытий на изделиях из бетона методом плазменного напыления // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №2. С. 121-123.
9. Bolelli G., Cannillo V., Lusvarghi L., Manfredini T., Siligardi C., Bartuli C., Loreto A., Valente T., 2005. Plasma-sprayed glass-ceramic coatings on ceramic tiles: microstructure, chemical resistance and mechanical properties. Journal of the European Ceramic Society. 11: 1835-1853.
10. Пучка О.В., Минько Н. И., Степанова М.Н. Разработка неорганических декоративно-защитных покрытий для теплоизоляционного пеностекла // Техника и технология силикатов. 2009. №2. С.9-10.