

Полученные по указанной технологии плиты из стеклоотходов представляют собой изделия с плотным остеклованным спеком и огненно-полированной лицевой поверхностью. С тыльной стороны плит вплавлен кварцевый песок, что обеспечивает надежное их сцепление со строительным раствором при облицовке стен зданий.

Сравнительный анализ физико-механических свойств плит из стеклоотходов и некоторых других облицовочных материалов [1] приведен в табл. 1.

Из таблицы следует, что декоративно-облицовочные плиты из отходов стекла по физико-механическим свойствам не уступают вышеприведенным облицовочным материалам.

Как показали проведенные натурные исследования, облицовочные плиты могут использоваться для внутренней и наружной облицовки стен зданий и сооружений, не подверженных механическим ударам, вибрационным нагрузкам и действию агрессивных сред.

В настоящее время в системе Минместпрома БССР монтируется опытно-промышленная линия по производству облицовочных плит мощностью 25 тыс. м<sup>2</sup> в год.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б ы к о в А.С. Новые стеклокристаллические декоративно-облицовочные строительные материалы. — Промышленность строительных материалов Москвы, 1975, вып. 4, с. 24—29.

УДК 666.296.666.112.3

Т.Л. РЖЕВУСКАЯ,  
Л.Г. ХОДСКИЙ, канд-ты техн.наук (ИОНХ АН БССР)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

В настоящее время в стекловидных эмалях широко используются различные наполнители, оказывающие весьма существенное влияние на структуру и свойства получаемых композиционных покрытий [1—3]. Представляет интерес изучение условий их формирования.

Наиболее характерным свойством эмалей, оказывающим влияние на процесс формирования эмалевого покрытия из расплава, является вязкость.

С целью сравнения с композиционными эмалями ранее определена динамическая вязкость ряда стекловидных эмалей [4] методом МХТИ им. Д.И. Менделеева [5], основанным на том, что степень растекаемости расплава обратно пропорциональна его вязкости. Как установлено, вязкость стекловидных эмалей находится в пределах  $9,1 \cdot 10^4$ — $1,6 \cdot 10^3$  Па·с. Для всех исследованных эмалей оп-

ределены оптимальные вязкостно-температурные условия формирования, обеспечивающие получение покрытий с максимальной сплошностью. Так, для эмали А-32 они равны 840 °С и  $2,0 \cdot 10^4$  Па·с, для эмали Э-1 — 780 °С и  $3,0 \cdot 10^3$  Па·с.

С помощью известных методов определения интервала плавкости стекол и эмалей нельзя получить необходимой информации о скорости изменения их вязкости по температуре. Из-за отсутствия количественного критерия до настоящего времени используются такие качественные характеристики, как "длинное стекло", "короткое стекло". На основании анализа и обобщения данных температурной зависимости вязкости расплавов стекол и эмалей предложена формула их количественной оценки:

$$\text{ТКВ} = \frac{\Delta \eta}{\Delta \cdot 10^7 / \Gamma^2},$$

где ТКВ — температурный критерий вязкости;  $\eta$  — вязкость, Па·с или для эмалей показатель плавкости, растекаемости;  $T$  — температура, К.

При исследовании вязкости эмалей с порошкообразными наполнителями, которые вводятся в уже готовую, сплавленную и измельченную эмалевую фритту, речь может идти о кажущейся вязкости ( $\eta_{к.в.}$ ) данных силикатных расплавов, представляющих собой пиросуспензии, аналогичные, например, суспензиям глина—вода [6]. Зависимость  $\eta_{к.в.}$  суспензии от вязкости  $\eta_{ж.}$  суспензионной среды и доли объема  $\varphi$  подвешенных частиц, рассчитываемых в предположении их сферической формы, выражается соотношением Эйнштейна  $\eta_{к.в.} = \eta_{ж.} + a\varphi$ , где  $a \approx 2,5$  [6]. Что касается эмалевых расплавов без наполнителей, то их ньютоновская вязкость, очевидно, сочетается со структурной вязкостью, характерной для пластичных веществ [7].

На рис. 1 представлены вязкость исходной стекловидной эмали, опытная 1 и кажущаяся вязкость пиросуспензий из этой эмали с наполнителем  $\text{SiO}_2$  (фракция 0—0,05 мм), на рис. 2 — вязкость данной эмали и кажущаяся вязкость пиросуспензий из нее с наполнителем  $\text{ZrSiO}_4$  (фракция 0—0,07 мм), взятым в количестве 10—30 % к массе фритты.

Как видно из рисунков, вязкость пиросуспензий во всех случаях выше вязкости стекловидной эмали. Причем вязкость увеличивается пропорционально увеличению количества наполнителя, и в случае  $\text{ZrSiO}_4$  в большей степени, чем в случае  $\text{SiO}_2$ . При введении данных наполнителей интервал плавкости композиционных эмалей и соответствующий ему интервал вязкости расширяются и сдвигаются в область более высоких температур.

Оптимальными вязкостно-температурными условиями формирования композиционных покрытий (с учетом определения их

сплошности) являются: при использовании 10—30 %  $\text{SiO}_2$  — температура 840 °С, вязкость  $(4,36—3,0) \cdot 10^3$  Па·с; при использовании 10—30 %  $\text{ZrSiO}_4$  — соответственно, 860 °С и  $(3,46—2,39) \cdot 10^3$  Па·с.

Представляет интерес исследование взаимодействия эмалевых расплавов с наполнителями с точки зрения выявления степени их растворимости и распределения в расплаве, а следовательно, и влияния на микроструктуру и свойства покрытий. Этому вопросу посвящен ряд работ [1,2,8].

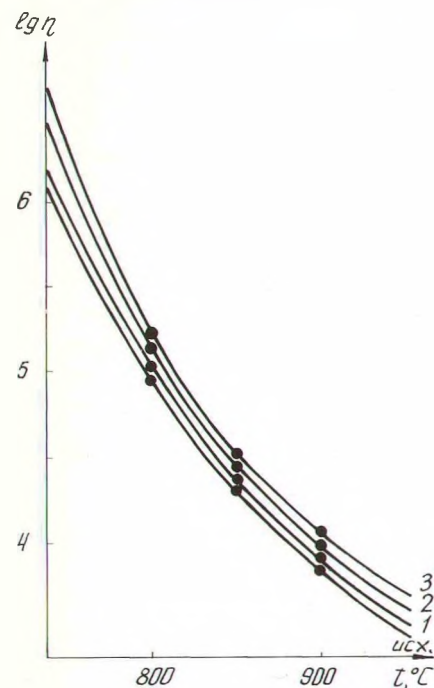


Рис. 1. Зависимость вязкости исходной эмали 1 от количества наполнителя  $\text{SiO}_2$ : 1 — эмаль с 10; 2 — с 20; 3 — с 30 %  $\text{SiO}_2$ .

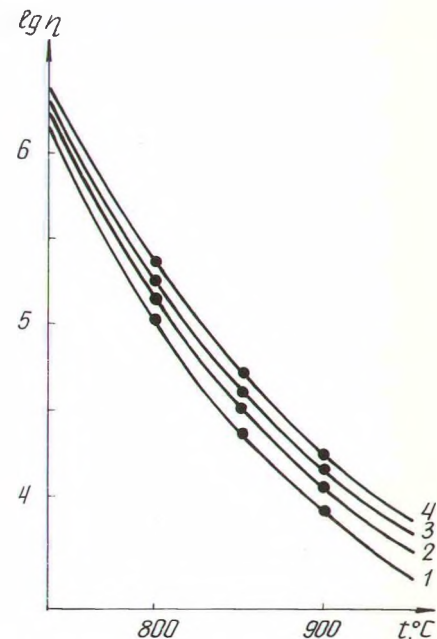


Рис. 2. Зависимость вязкости исходной эмали 1 от количества наполнителя  $\text{ZrSiO}_4$ : 1 — исходная эмаль; 2 — эмаль с 10; 3 — с 20; 4 — с 30 %  $\text{ZrSiO}_4$ .

Нами изучено взаимодействие ряда опытных эмалевых (1—3) с порошкообразными окисными и бескислородными наполнителями — кварцем, цирконом, элементарным кремнием, дисилицидом молибдена, муллитом и корундом — в процессе формирования покрытий, т.е. в условиях, примерно соответствующих условиям обжига эмалей (температура 850—1000 °С, время 5—60 мин) [9,10]. Вышеперечисленные наполнители относятся к тугоплавким и высокохимстойким окислам и соединениям.

В результате установлено следующее.

Окисные наполнители — кварц, циркон, муллит и корунд — равномерно распределяются в расплаве, образуя однородную микроструктуру покрытия; Si и  $\text{MoSi}_2$  склонны к агрегированию и способствуют формированию микронеоднородной структуры.

Зерна кварца и циркона в расплавах эмалей 1 и 2 под воздействием температуры вначале подвергаются растрескиванию и разрушению, а затем частично растворяются с обогащением окружающей стекловидной фазы кварцем или цирконом. Зерна кварца в расплаве эмали 3 частично растворяются с выделением  $\alpha$ -кристобалита и, возможно,  $\alpha$ -тридимита. Муллит в этом расплаве растворяется с повышением температуры до  $950^\circ\text{C}$  почти полностью. Корунд весьма незначительно реагирует с расплавом эмали 3 и оказывает мало заметное действие на ее свойства. Расплав эмали 3 под влиянием наполнителей (муллита и др.) подвергается расстекловыванию с выделением кристаллов девитрита ( $\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ ), что, очевидно, связано с расположением этого состава в поле девитрита на тройной диаграмме  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ .

Дальнейшие исследования показали, что введение наполнителей, особенно кварца и циркона, повышает термостойкость, химическую устойчивость и сопротивляемость износу покрытий. Так, в покрытиях с  $\text{SiO}_2$  термостойкость возрастает на  $20-40^\circ$ , с цирконом — на  $80-100^\circ$ . Одновременно  $10-30\%$   $\text{SiO}_2$  или  $\text{ZrSiO}_4$  повышают температуру обжига покрытий на  $20-40^\circ$ . Добавки в эмаль Si и особенно  $\text{MoSi}_2$  в количестве  $4-6\%$  снижают температуру обжига на  $40-50^\circ$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Душаускас-Дуж С.К., Эйдук Ю.Я., Паукш П.Г. Влияние некоторых добавок на свойства многоциркониевых глазурей. — В кн.: Неорганические стекловидные покрытия и материалы. Рига, 1969, с. 213—216.
2. Тарасенко В.Н. Влияние некоторых наполнителей на термостойкость стеклоэмалевых покрытий для химической аппаратуры. — Химическое и нефтяное машиностроение, 1969, № 4, с. 19—20.
3. Аппен А.А., Ситникова А.Я. Влияние металлокерамических наполнителей на кислотостойкость силикатных эмалей. — ЖПХ, 1964, т. 37, № 6, с. 28—35.
4. Ржевуская Т.Л., Ходский Л.Г., Милевская Р.Н. К вопросу о взаимосвязи между вязкостью эмалей и сплошностью эмалевых покрытий. — Изв. АН БССР. Сер. хим. наук, 1972, № 3, с. 107—110.
5. Павлушкин Н.М., Сентюрин Г.Г. Практикум по технологии стекла. — М., 1957.
6. Эйттель В. Физическая химия силикатов; Пер. с англ. — М., 1962.
7. Аппен А.А. Температуроустойчивые неорганические покрытия. — Л., 1967.
8. Ситникова А.Я. Изучение условий формирования силикатной земли с жаростойкими и химически стойкими металлокерамическими наполнителями: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Л., 1965.
9. Ржевуская Т.Л., Ходский Л.Г., Шарай В.Н. Взаимодействие расплавов эмалей с неорганическими наполнителями. — Докл. АН БССР, 1975, т. XIX, № 6, с. 537—539.
10. Ржевуская Т.Л., Ходский Л.Г., Шарай В.Н. К вопросу о формировании композиционных эмалевых покрытий с неорганическими наполнителями. — Там же, № 10, с. 915—918.