

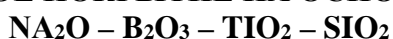
Проведенные экспериментальные работы показали, что дополнительная обработка модифицирующего нанопорошка W с порошком меди в планетарной шаровой мельнице благоприятно сказывается на усвоении модификатора расплавом. Более твердые и тугоплавкие частицы порошка W в результате такой обработки внедряются в частицы более крупного и мягкого порошка меди. При этом реакций между этими частицами не происходит. Так как при смешении порошков в шаровой мельнице использовалась защитная атмосфера и скорость вращения барабана (как следствие и сила соударения шаров) была не очень велика, количество возникающих окислов и гидридов было мало.

В результате отливки из силумина марки АК12, полученные при добавке 0,1 % масс. подготовленного таким образом модификатора, имеют наиболее высокие показатели механических свойств. Ударная вязкость и предел прочности у таких отливок в сравнении с не модифицированными отливками увеличивается на 20–25%. Металлографический анализ показывает, что такое количество модификатора так же наиболее благоприятно сказывается на микроструктуре отливок – происходит измельчение структуры (пластинчатых включений кремния, дендритов матрицы). Оптимальное воздействие с точки зрения свойств достигается при добавлении 0,1 масс. модификатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Qinglin Li, Tiandong Xia, Yefeng Lan, Wenjun Zhao, Lu Fan, Pengfei Li. Effect of in situ γ -Al₂O₃ particles on the microstructure of hypereutectic Al-20%Si alloy // Journal of alloys and compounds. – 2013. – no. 577. – P. 232–236.
2. Iman S. El-Mahallawi, Ahmed YehiaShash, AmerEid Amer. Nanoreinforced cast Al-Si alloys with Al₂O₃, TiO₂ and ZrO₂ nanoparticles // Metals. – 2015. – no.5. – P. 802–821.
3. CHEN Chong, LIU Zhong-xia, EN Bo, WANG Ming-Xing, WENG Yong-gang, LIU Zhi-yong. Influences of complex modification of P and RE on microstructure and mechanical properties of hypereutectic Al-20Si alloy // Trans. Nonferrous Met. Soc. China. – 2007. – no. 17. – P. 301–306.
4. Li J.H., Wang X.D., Ludwig T.H., Tsunekawa Y., Arnberg L., Jiang J.Z. and Schumacher P. Modification of eutectic Si in Al-Si alloys with Eu addition // Acta Materialia. – 2015. – no.84. – P. 153–163.
5. Wang K., Jiang H.Y., Jia Y.W., Zhou H., Wang Q.D., Ye B., Ding W.J. Nanoparticle-inhibited growth of primary aluminum in Al-10Si alloys // Acta Materialia. – 2016. – no.103. – P. 252–263.

ХИМИЧЕСКИ СТОЙКОЕ ПОКРЫТИЕ НА ОСНОВЕ ЭМАЛИ СИСТЕМЫ



В. Ю. Боровой, О.В. Казьмина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: vyb5@tpu.ru

CHEMICALLY RESISTANT COATING BASED ON ENAMEL OF THE



V. Yu. Borovoy, O.V. Kazmina

National Research Tomsk Polytechnic University

Annotation. The composition of white porcelain enamel was developed, which has a set of specified properties, namely, high fluidity, high coefficient of thermal expansion, chemical resistance and whiteness. In contrast to the known enamels of the Na₂O – B₂O₃ – TiO₂ – SiO₂ system, the resulting enamel has an expansion coefficient of $110 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (known compositions $80\text{--}95 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) and chemical resistance corresponding to class A +. The developed composition includes zinc oxide (4 wt %), a higher content of K₂O (6 wt % K₂O) compared to

the known compositions with a $\text{SiO}_2 / \text{B}_2\text{O}_3$ ratio of 3,6. This composition provides a fluidity of 53 mm, in contrast to the fluidity of 35–45 mm of known compositions.

Силикатная эмаль — это стекловидное неорганическое покрытие, которое наносят при термической обработке на металл с целью придания необходимых эксплуатационных свойств. Такое покрытие позволяет защитить металлические изделия при работе в агрессивной среде, срок службы которых не уступает дорогостоящим легированным сплавам [1, 2]. В процессе нанесения порошка эмали на металл, который проходит при температурах 850 ± 50 °С, эмаль должна иметь хорошую растекаемость. Данный показатель можно увеличить путем введения в состав эмали оксидов щелочных металлов, однако химическая стойкость, получаемого при этом покрытия, снижается. Кроме того, температурный интервал эмалирования ограничен свойствами металла, на который наносится покрытие [3]. Сочетание высокой растекаемости (более 50 мм) и высокой химической стойкости (не ниже класса А+) для эмали системы $\text{Na}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2 - \text{SiO}_2$ оказывается трудно достижимым.

Цель данной работы заключается в разработке состава титановой боросиликатной эмали повышенной химической стойкости, обладающей растекаемостью не менее 50 мм.

Химическую стойкость эмалевого покрытия определяли по ISO 28706-1:2008(Е) «Стекловидные и фарфоровые эмали. Определение стойкости к химической коррозии». Определение растекаемости эмали проводили согласно требованиям международного стандарта ISO 4534-80.

В качестве исходной фритты исследовали состав, который по содержанию оксидов соответствует марке титановой эмали для белого покрытия наружной поверхности (таблица 1, состав 1) системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{TiO}_2-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$. Корректировку состава 1 проводили путем изменения соотношения оксидов кремния и бора (составы 2, 3, 4), которые оказывают значительное влияние на данные показатели. Порошок сваренной фритты наносили на металлическую подложку при температуре 870 ± 10 °С с выдержкой 5 ± 3 минуты.

Таблица 1 – Химический состав исследованных фритт

Обозначение состава фритты	Содержание оксидов, мас. %								
	SiO_2	B_2O_3	P_2O_5	TiO_2	Al_2O_3	MgO	Na_2O	K_2O	F*
1	39	19	2	17	3	2	14	4	3.5
2	42	16	2	17	3	2	14	4	3.5
3	43	15	2	17	3	2	14	4	3.5
4	44	16	2	17	3	2	14	4	3.5
5	45	13	2	17	3	2	14	4	3.5

* – сверх 100 %

Результаты показали, что с увеличением количества кремнезема до 42 – 43 % химическая стойкость покрытия увеличивается до класса А+, с количеством SiO_2 44 – 45 % увеличивается до класса АА. Фритта всех составов имеет растекаемость менее 50 мм. Значение растекаемости сначала увеличивается с ростом соотношения $\text{SiO}_2/\text{B}_2\text{O}_3$, а затем уменьшаться (рис. 1).

С учетом полученных данных был выбран состав с максимальной растекаемостью (SiO_2 43 %) и разным количестве оксидов щелочных и щелочноземельных металлов по отношению к оксиду бора, с дополнительно введенным оксидом цинка. Он увеличивает химическую стойкость эмали наиболее сильнее из всех щелочноземельных оксидов, а также увеличивает растекаемость и способствует глушению стекла [4]. Опробованы варианты введения оксида цинка в различном количестве взамен оксида титана и оксида бора (таблица 2). При этом содержание оксида калия увеличили до 6 % за счет оксида натрия, оставив сумму щелочных оксидов постоянной (18 %). Фтор также вводился сверх

100 % в количестве 3,5 %. Установлено, что при введении 5 % ZnO растекаемость эмали увеличивается до 56 мм, при этом стойкость покрытия снижается до класса А. При содержании ZnO 4 % растекаемость составляет 52 мм, класс химической стойкости А+.

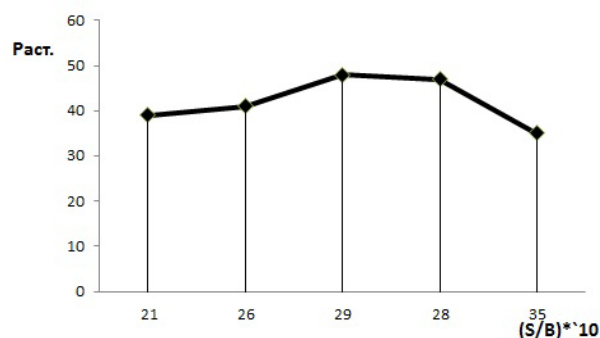


Рис. 1. Зависимость растекаемости эмали от соотношения SiO_2/B_2O_3

Таблица 2 – Химический состав фритты с оксидом цинка

Обозначение фритты	Содержание оксидов, мас. %								
	SiO ₂	B ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	ZnO
3.1	43	15	2	17	3	2	12	6	0
3.2	43	14	2	16	2	2	12	6	3
3.3	43	13	2	16	2	2	12	6	4

Таким образом, разработанный состав эмали системы $Na_2O-TiO_2-B_2O_3-SiO_2$, отвечающий заданным свойствам, содержит следующие оксиды, мас. %: SiO₂ – 43, B₂O₃ – 13, P₂O₅ – 2, TiO₂ – 16, Al₂O₃ – 2, MgO – 2, Na₂O – 12, K₂O – 6 и ZnO – 4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петцольд А., Пешманн Г. Эмаль и эмалирование. Справ. изд. – М.: Металлургия, 1990. – 576 с.
2. Рябов А.В., Яценко Е.А., Керимова В.В., Климов Л.В. Стеклоэмалевое однослойное покрытие для антикоррозионной защиты стальных изделий // Физика и химия стекла. – 2019. – № 1. – С. 97 – 100.
3. Родцевич С.П., Тавгень В.В., Минкевич Т.С. Влияние оксидов щелочных металлов на свойства титансодержащих стекол // Стекло и керамика. – 2007. – № 7. – С. 25 – 27.
4. Яценко Е.А. Особенности ресурсосберегающей технологии функциональных однослойных композиционных эмалевых покрытий для стали // Физика и химия стекла. – 2011. – Т. 37. – № 1. – С. 54 – 69.

ТЕХНИКО-АЭРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОТИВОТОЧНЫХ МЕЛЬНИЦ

В.А. Полюшко, А.С. Разва, М.В. Василевский, А.В. Мартынова
 Национальный исследовательский Томский политехнический университет
 E-mail: razva@tpu.ru

TECHNICAL AND AEROMECHANICAL PARAMETERS OF COUNTER-CURRENT MILLS

V.A. Poliushko, A. S. Razva, M.V. Vasilevskii, A.V. Martunova
 National Research Tomsk Polytechnic University

Annotation. In jet mills, particle failure is determined by the velocity difference of the colliding particles and the frequency of interaction of the particles. The injected particles and moles of gas are accelerated by the jet stream, the velocity of the particles depending on the ratio of