

ДИФфуЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СТЕКЛОМЕТАЛЛОКОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ СТЕКЛА И СТАЛИ

А.В. Морковин, О.Н. Любимова

Научный руководитель: профессор, к.ф.-м.н. О.Н. Любимова

Дальневосточный федеральный университет,
690091, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова 8

E-mail: roger...28@bk.ru

В данной работе рассматриваются технологические особенности изготовления нового конструкционного материала на основе стекла и стали – стеклометаллокомпозита [1,2]. На текущий момент получены экспериментальные образцы трехслойной цилиндрической трубы (АМг-алюмосиликат-АМг) [1] и двухслойного стержня (сталь (СтЗсп, ст10, ст 20)- стекло (С-49, СН 1)) [2], исследуются технологические режимы и свойства полученных образцов.

Температурная обработка стеклометаллокомпозита имеет свои особенности, при разных технологических режимах качество соединения может варьироваться от вакуумноплотного до спая с развитой диффузионной зоной на границе контакта.

Целью данной работы является моделирование ширины диффузионной зоны в зависимости от технологических параметров режима изготовления стеклометаллокомпозитного стержня.

Для достижения поставленной цели экспериментально исследовалась структура стеклометаллокомпозита из стекла СН-1 и стали 20. Образец представляет собой составной цилиндр со стеклянным сердечником и внешней стальной оболочкой (Рис.1). Рассматриваются два способа обработки внутренней поверхности стальных цилиндрических заготовок: холодная химическая обработка и обработка припоем на основе тетрабората натрия.

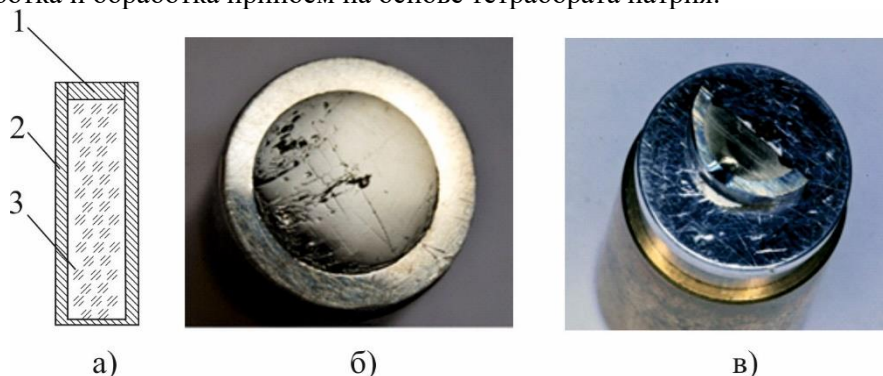


Рис. 1. а- Схематичное изображение образца стеклометаллокомпозита (1-крышка через которую передается давление, 2-стальная заготовка, 3-стеклянный цилиндр), б- фотография среза готового образца, в- фотография микрошлифа образца

Для исследования структуры стеклометаллокомпозита готовился шлиф (Рис.1 в), микроструктура исследовалась на сканирующем электронном микроскопе HitachiS-3400N (Hitachi, Япония) в режиме отраженных электронов (BSECOMP) при различных увеличениях, элементный состав исследовался с помощью энергодисперсионного флуоресцентного анализа в отдельных точках и при линейном сканировании.

Для обработки экспериментальных данных (построения регрессионной модели) использовался полный факторный эксперимент типа 2^3 , с числом факторов, равным 3, и числом уровней, равным 2. Количество опытов равно $N=8$ [3].

В качестве факторов оптимизации функции y (ширины диффузионной зоны) рассматривались три фактора: $x_1 = T$ (температура), $x_2 = t$ (время выдержки), $x_3 = B$ (способ обработки – отсутствие или наличие буры). Варианты значений уровней факторов приведены в Таблице 1.

Таблица 1 - Варианты определения значений уровней факторов

Варианты	Уровень фактора	T (температура)	t (длительность обработки)	B (тип обработки)
I	-1	750,800	30,40,50,60 (≤ 60)	Без буры
	+1	850	100,120 (≥ 100)	С бурой
II	-1	750	30,40,50,60 (≤ 60)	Без буры
	+1	850	100,120 (≥ 100)	С бурой
III	-1	800	30,40,50,60 (≤ 60)	Без буры
	+1	850	100,120 (≥ 100)	С бурой
IV	-1	750	30,40,50,60 (≤ 60)	Без буры
	+1	800,850	100,120 (≥ 100)	С бурой

При проверке однородности дисперсии выяснилось, что дисперсии для варианта IV не однородны, поэтому регрессионная модель для варианта IV не строилась. Приведем результаты построения регрессионных моделей для вариантов I-III, в уравнениях оставлены коэффициенты, значимые на уровне значимости $\alpha=0,05$:

$$y = 98,128 - 11,541T + 5,903t + 33,603B + 25,234TB \quad (1);$$

$$y = 89,444 - 2,856T + 6,806t + 33,931B + 2,781Tt + 24,906TB \quad (2);$$

$$y = 104,855 - 18,268T + 5,774t + 35,232B + 3,814Tt + 23,605TB \quad (3).$$

Полученные модели (1)-(3) адекватны и теоретически любая из трех описывает зависимость ширины диффузионной зоны от изменений параметров режима. Основной вывод, который следует из аналитических зависимостей (2)-(4) графически представленных на Рис. 3, заключается в том, что ширина зоны может быть сделана сколь угодно большой при увеличении температуры, времени выдержки и наличии буры. С одной стороны, это не противоречит экспериментально наблюдаемым диффузионным процессам при похожей технологии создание p-n переходов в полупроводниках: загонки примеси в поверхностный слой полупроводника и разгонки – распределении примеси по толщине полупроводника [4], экспериментально наблюдаемая в этой технологии зона, содержащая железо в полупроводнике, увеличивается с увеличением температуры и времени выдержки. С другой стороны, технология изготовления стеклометаллокомпозита имеет особенности, т.к. соединение стекла и стали происходит в окислительной атмосфере: при повышении температуры без обработки тетраборатом натрия ($B=-1$) наблюдается рост и структурное изменение состава оксидного слоя на стали, что приводит к уменьшению ширины зоны, с этим и связаны разные углы наклона на поверхностях (1)-(3), поэтому верхняя температура ограничена значением 850 °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пикуль В.В. К созданию композиционного наноматериала на базе стекла // Перспективные материалы.- №3.- 2008.- С. 78 -84.
2. Любимова О.Н., Морковин А.В., Дрюк С.А. Особенности структуры зоны соединения стекла и стали в технологии получения стеклометаллокомпозита. //Материаловедение.- 2017.- №4.- С. 3-7.
3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.- М.: Наука.-1976.- 280 с.
4. Раскин А.А., Прокофьева В.К. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники: учебное пособие. Ч.1.-М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.-164 с.