

вание силикатов кальция. Структура – равномерно зернистая, однородная, пористая с кристаллами не изометрической игольчатой формы размерами (5–13) мкм.

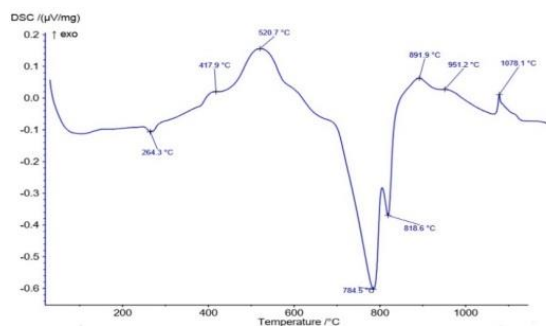


Рисунок 2 – Кривая ДТА керамической массы состава 2/2

Синтез волластонитсодержащей керамики IV серии проводился на основе мела Волковыского месторождения, глины Латненского месторождения (10, 20 % соответственно) и маршалита (тонкодисперсного кварца). Внешний вид образцов после обжига удовлетворительный, без дефектов и трещин, цвет изменялся от белого до молочного с увеличением температуры обжига от 1100 до 1200 °С. Водопоглощение образцов уменьшается с повышением температуры обжига и при содержании глины 10 % в исходной композиции, что связано с интенсификацией процессов переноса вещества при жидкофазном механизме спекания. Качественный фазовый состав образца, обожженного при температуре 1150 °С, представлен в

новном волластонитом (68,10 %) и незначительным количеством кварца и примесями алюмосиликатов Ca, Na.

**Заключение.** Для получения огнеупорной волластонитсодержащей керамики предложен оптимальный состав керамической массы, синтезированный с использованием глины Латненского месторождения, мела Волковыского, маршалита, характеризующийся следующим комплексом физико-технических показателей: пористость – 59,57 %, водопоглощение – 43,54 %, кажущаяся плотность – 1300 кг/м<sup>3</sup>, ТКЛР – 5,96·10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup> в интервале температур (20–400) °С, механическая прочность при сжатии – 35,2 МПа, огнеупорность – выше 1500 °С, коэффициент теплопроводности – 0,18 (Вт/м·К). Качественный фазовый состав образца оптимального состава представлен волластонитом и незначительным количеством кварца. Структура образца однородная, кристаллы не изометрической формы. Разработанные составы керамических материалов могут быть использованы в качестве импортозамещающего термостойкого огнеупорного припаса на предприятиях машиностроительной отрасли.

#### Литература

1. Алексеев, М.К. Керамические материалы для металлургии / М.К. Алексеев // «Наука – производству» – 1999. – № 9. – С. 25–26.
2. Керамика из природного волластонита для литейных установок алюминиевой промышленности / Л. Н. Русанова [и др.] // Огнеупоры и техническая керамика. 2008. – № 5. – С. 39–44.
3. Бобкова, Н.М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов / Н.М. Бобкова. – Минск: Выш. шк., 2007. – 301 с.

УДК. 669.6-8

### ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА МИКРОСТРУКТУРУ СПЛАВА Sn – 8,8 мас. % Zn Зерница Д.А.<sup>1</sup>, Шепелевич В.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Мозырский государственный университет имени И.П. Шамякина  
Мозырь, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет  
Минск, Республика Беларусь

Сплавы на основе системы олово-цинк находят широкое применение в промышленности в качестве защитных покрытий и припоев. В данной системе в сплаве состава Sn-8,8 мас. % Zn наблюдается эвтектическое превращение при температуре 198 °С [1]. Микроструктура эвтектики зависит не только от условий ее получения, но и последующей термической обработки. В связи с этим проведено исследование влияния отжига на микроструктуру сплава Sn-8,8 мас. % Zn, полученного при высокоскоростной кристаллизации.

Эвтектический сплав изготовлен сплавлением компонентов в кварцевой ампуле. Капля расплава массой ≈ 0,2 г инжектировалась на внутреннюю

полированную поверхность быстровращающегося медного цилиндра диаметром 200 мм, где она растекалась и затвердевала в виде фольги длиной до 15 см и шириной до 15 мм. При исследовании использовались фольга толщиной 40...90 мкм, что соответствовала скорости охлаждения расплава не менее 5·10<sup>5</sup> К/с [2]. Для сравнения микроструктуры использовались массивные образцы сплавов, полученные при скорости охлаждения 10<sup>2</sup> К/с.

Исследование микроструктуры фольги проведено с помощью растрового электронного микроскопа LEO 1455 VP, имеющего приставку для проведения рентгеновского микроанализа. Фазовый

состав и текстура фольги получены на установке в медном излучении. Параметры микроструктуры определены методом случайных секущих [3].

Изображение микроструктуры быстрозатвердевшего эвтектического сплава приведено на рис. 1. Наблюдаются темные равноосные однородно распределенные дисперсные выделения, вкрапленные в матрицу серого цвета. Рентгеноспектральным микроанализом установлено, что темные выделения являются цинком, а серые – твердым раствором олова.

Формирование однородного распределения дисперсных частиц цинка вызвано тем, что высокая скорость охлаждения расплава вызывает большое его переохлаждение, создавая тем самым переохлажденный пересыщенный обоими компонентами жидкий раствор, находящийся в неустойчивом состоянии. В результате огромного количества малых флуктуаций по составу и энергии происходит спинодальный распад, при котором формируются гомогенно распределенные области, обогащенные либо цинком, либо оловом, имеющие структуру, близкую к кристаллической [4]. Эти области превращаются в зародыши кристаллических фаз, чем и объясняется однородное распределение выделений цинка в быстрозатвердевшей фольге.

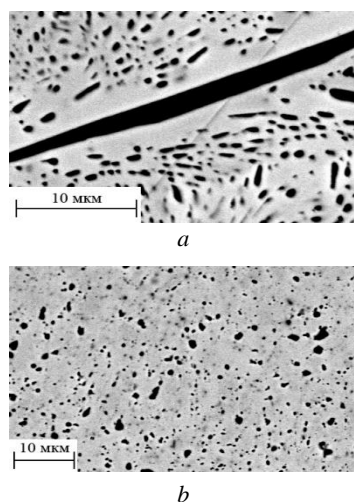


Рисунок 1 – Микроструктура поперечного сечения быстрозатвердевшей фольги (а) и массивного образца (b) сплава Sn – 8,8 % Zn

Распределение хорд случайных секущих на сечениях выделений цинка по размерным группам для фольги сплава Sn – 8,8 мас. % Zn приведено на рис. 3. Для изготовленной фольги с увеличением границ размерных групп доля хорд случайных секущих в них монотонно уменьшается. После отжига фольг при 110 °С в течение 16 часов и 165 °С в течение 4 часов распределение хорд изменяется. Максимум гистограммы приходится на размерную группу от 0,25 до 0,45 мкм. Перераспределение хорд обусловлено протеканием диффузионных процессов, вызывающих растворение

малых частиц цинка и рост крупных частиц цинка [4].

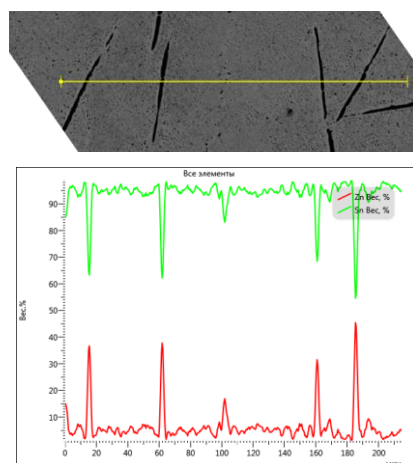


Рисунок 2 – Распределение интенсивности линий цинка и олова при сканировании электронного пучка по поверхности фольги

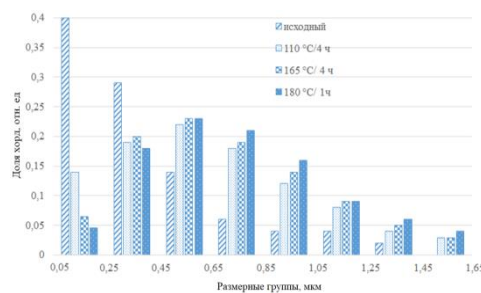


Рисунок 3 – Распределение хорд случайных секущих, расположенных на сечениях частиц цинка

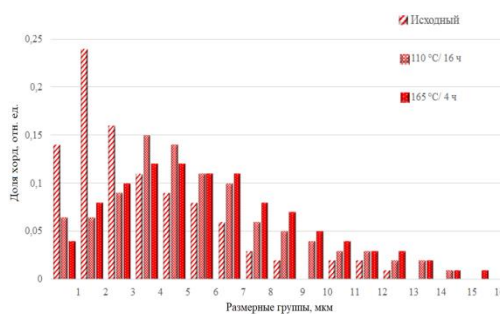


Рисунок 4 – Распределение хорд случайных секущих, расположенных на сечениях частиц олова

Распределение хорд случайных секущих на выделениях олова приведено на рис. 4. В исходном состоянии фольг распределение хорд случайных секущих, расположенных на сечениях выделений олова, приходится на размерную группу от 1 до 2 мкм. Отжиг фольги при температуре 110 °С вызывает смещение максимума распределения хорд на размерную группу от 3 до 4 мкм. При последующем отжиге при 165 °С максимум распределения смещается на размерную группу от 4 до 5 мкм. При этом наблюдается уменьшение доли

хорд в малых размерных группах. Наблюдаемые изменения по размерным группам также, как и для цинка, связаны с активизацией диффузионных процессов при отжиге, вызывающих растворение малых выделений и рост крупных.

Таблица 1. Параметры микроструктуры быстрозатвердевших фольги сплава Sn–8.8 мас. % Zn

Параметры микроструктуры	Исходное состояние фольги	Отжиг фольги при 110°C в течение 16 ч	Отжиг фольги при 165°C в течение 4 ч
$d_{Zn}$ , мкм	0,34	0,59	0,70
$d_{Sn}$ , мкм	3,7	5,3	7,7
$S_{мфг}$ , мкм <sup>-1</sup>	0,40	0,17	0,13

Изменение параметров (средней длины хорд  $d_{Zn}$  и  $d_{Sn}$  на сечениях выделений фаз, удельной поверхности межфазной границы  $S_{мфг}$ ) приведено в таблице 1. Протекающие диффузионные про-

цессы укрупняют структуру, что вызывает увеличение средних хорд случайных секущих на сечениях выделений обеих фаз и уменьшение удельной поверхности межфазных границ.

Таким образом, в результате сверхбыстрой кристаллизации эвтектического сплава Sn–8.8 мас. % Zn сплав содержит однородно распределённые частицы цинка в фольге. Отжиг фольги способствует растворению малых частиц и росту крупных частиц цинка и олова.

#### Литература

1. Хансен М., Андерко К. Структуры двойных сплавов. М.: НТИЛЧЦМ. 1962. – 1488 с.
2. Мирошниченко И.С. Закалка из жидкого состояния. М.: Металлургия, 1998. – 168 с.
3. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография. М.: Металлургия, 1976. – 270 с.
4. Баум Б.А. Металлические жидкости. М.: Наука, 1979. 120 с.
5. Мартин Дж., Доэрти Р. Стабильность микроструктуры металлических систем. М.: Атомиздат, 1978. 280 с.

УДК 621.923.9

### ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА ГАЛТОВКИ ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ Мирзоалиев А.И., Мамадназарова М.С., Имомов Н.Б.

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими  
Душанбе, Таджикистан*

Процесс галтовки широко применяют в машиностроении для решения различных задач. К числу таких задач можно отнести следующие: процесс очистки поверхности заготовок и деталей от заусенцев, окалины, формовочной земли, следов коррозии, округление углов и острых граней заготовок и др. Процесс галтовки также можно применять для улучшения качества поверхности изделий, шлифования и полирования. Процесс галтовки осуществляется различными способами с использованием соответствующего оборудования. Широко применяются следующие способы галтовки: галтовка в барабанах с горизонтальной и наклонной осью вращения, виброгалтовка, центробежная галтовка, магнитно-абразивная галтовка, планетарно-центробежная галтовка и др. [1, 2].

На основе проведенных экспериментов определены производительность из способов галтовки. Производительность процесса определялась как величина минутного съема с 1 кг массы обрабатываемой заготовки - г/кг мин. На рисунке 1 приведен график производительности при различных видах обработки [3]. Исследования показали, что производительность галтовки при планетарно-центробежном способе выше чем при других способах. Например, в более 300 раз превышает производительность виброгалтовки, в 5 раз барабанной галтовки, в 1,8-2,7 раз центробежной галтовки. Для улучшения качества галтовки и

снижение себестоимости обработки необходимо произвести обоснованный выбор способа галтовки по производительности. На выбор способа галтовки оказывает влияние характер решаемой задачи – удаление заусенцев, удаление дефектного слоя материала, удаление грязи и коррозии с поверхности, округление острых граней, улучшение качества поверхности и т. д. Например, галтовкой обрабатываются различные детали машин, приборов, изделия ювелирной промышленности и др. Обрабатываемые материалы: все марки сталей, в том числе нержавеющей; цветные металлы и их сплавы; керамика; реактопласты; твёрдые сплавы; камень и стекло.

Планетарно-центробежной галтовкой можно обработать заготовки из различных материалов, когда необходимо значительный съём материала например, заготовок кубической формы преобразовать в шаровидные, удалить значительный дефектный слой с поверхности заготовки и т. д. При этом также важно учесть размеры обрабатываемой изделия и его прочность [4].

При барабанной галтовке можно обработать заготовок из различных материалов и форм, произвести операции удаление заусенцев, округление острых граней заготовок.

При виброгалтовке съём материала незначительный, основные области его применения, отделочная обработка и придание заготовок требуемой качества поверхности. Полировка изделия в