

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«Перспективные материалы с иерархической структурой  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

1

DOI: 10.17223/9785946217408/82

**ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ МАТРИЦЫ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
СПЕЧЁННЫХ (Al-Me)-40Sn КОМПОЗИТОВ**

Скоренцев А.Л., Русин Н.М.

*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия*

Сплавы системы Al-Sn успешно эксплуатируются в качестве антифрикционного покрытия твёрдых подшипниковых вставок. В процессе их эксплуатации было установлено, что с повышением концентрации олова давление схватывания покрытия со стальным контртелом также повышается [1]. Однако промышленностью выпускаются сплавы с ограниченным содержанием олова, так как получение материалов с большим количеством олова литьём хотя и возможно, но структура таких композитов оказывается неоднородной из-за расслоения фаз с сильно отличающейся плотностью при кристаллизации расплава.

Более однородная структура при высоком содержании Sn получается при использовании порошковых методов формирования композитов указанной системы. Испытания таких спечённых сплавов в условиях трения без смазки показали, что наилучшую износостойкость демонстрируют сплавы с 40 % олова [2]. При более высоком его содержании оловянные прослойки фрагментируют Al матрицу на несвязанные между собой зёрна и их агломераты. Несущая способность матрицы резко падает, и большую долю износа сильнолегированных образцов начинает составлять их деформационная составляющая.

Цель настоящей работы – проверить, повлияет ли на интенсивность изнашивания и прочность спечённых композитов с оптимальным количеством олова упрочнение матрицы легированием путём образования твёрдого раствора (Zn) или дисперсионного упрочнения (Si).

Исследуемые материалы были получены спеканием смеси порошков алюминия или его сплавов Al-10Zn и Al-12Si с 40 % порошков олова марки ПО 2. Спекание проводили в вакуумной печи марки СНВЭ. Полученные образцы испытывались на сжатие и подвергались испытаниям на трение без смазки по схеме «палец-диск» при скорости скольжения 0.6 м/с. Из результатов проведённых испытаний обнаружилось, что спечённые композиты с нелегированной матрицей демонстрируют более высокие механические свойства и износостойкость.

Исследования структуры полученных образцов показали, что спечённые композиты с легированной цинком или кремнием матрицей при прочих равных условиях спекались хуже, чем прессовки из смеси чистых порошков Al и Sn. Границы между твёрдой и мягкой фазами содержали много несплошностей и пор из-за неудовлетворительного смачивания порошков Al сплавов жидким оловом при спекании. Однако композицию с порошками Al-12Si спекать при более высокой температуре с целью уменьшения угла смачивания было невозможно, из-за потери прессовками формы под собственным весом вследствие образования большого количества жидкости. Зёрна легированной цинком матрицы при температуре спекания выше 600 °C начинали быстро укрупняться, что также приводило к ухудшению их связанности и ослаблению несущей способности композита.

С целью снижения пористости и улучшения структуры межфазных границ спечённые образцы были подвергнуты доуплотнению в закрытых штампах при 200 °C и давлении, кратно превышающем предел текучести композитов. Исследования структуры уплотнённых композитов показали, что основное её отличие от структуры в спечённом состоянии заключается в устранении пор и несплошностей на границе фаз.

Трибомеханические испытания показали, что такая обработка приводит к повышению механической прочности и пластичности композитов исследуемой системы, за исключением разве что композитов с матрицей из силумина, пластичность которых мало изменилась, хотя прочность значительно выросла. Наблюдалось также и значительное улучшение износостойкости горячепрессованных образцов по сравнению со спечёнными их аналогами. Лучшую износостойкость демонстрировал композит с силуминовой матрицей.

## Секция 2. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

---

Уплотнение в закрытом штампе не может вызвать сильное пластическое течение в прессуемом материале с относительно небольшой пористостью. Поэтому часть спечённых образцов была подвергнута уплотнению с наложением интенсивной сдвиговой деформации методом равноканального углового прессования (РКУП). Композит с силуминовой матрицей в процессе такой обработки разрушился из-за низкой его пластичности. Однако образцы других составов благополучно выдержали такую обработку. Металлографические исследования показали, что наряду с устранением пор зёрна матрицы испытали большую деформацию. То есть при РКУП материал не только уплотнился, но и его матрица подверглась деформационному упрочнению.

Прочность на сжатие обработанных методом РКУП образцов значительно подросла, причём сильнее у композитов с легированной цинком матрицей. Однако на износостойкость исследуемых композитов при сухом трении дополнительное упрочнение их матрицы оказало слабое влияние. Интенсивность изнашивания подвергнутых РКУП образцов оставалась выше, чем композита с силуминовой матрицей.

На основании полученных в работе результатов делается вывод, что легирование алюминиевой матрицы способствует улучшению износостойкости композитов системы Al-Sn. Однако такое улучшение проявляет себя при условии, что из материала будут устранены поры и улучшена адгезионная связь на межфазных границах. Введение в алюминиевую матрицу твёрдых дисперсных частиц повышает износостойкость композитов при сухом трении более эффективно, чем легирование матрицы элементами, образующими твёрдый раствор.

*Работа выполнена в рамках ПФН ГАН на 2013-2020 гг направление III.23. и при частичном финансировании по проекту РФФИ № 16-08-00603-а.*

### Литература

1. Буше Н.А. и др. Подшипники из алюминиевых сплавов / М.: Транспорт. 1974. 256 с.
2. Русин Н.М., Скоренцев А.Л. Способ получения износостойкого антифрикционного сплава // Патент RU 2552208. Оpubл. 10.06.2015.