

УДК 621

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТАВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ СОСТАВА Б83–(Al–Bi), СФОРМИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОМ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ

Е. П. ЯНВАРЁВА

Научный руководитель Р. С. МИХЕЕВ, д-р техн. наук, проф.  
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана  
Москва, Россия

Работа направлена на изучение свойств композитного материала, создание прочного износостойкого материала на основе баббита Б83 для ремонта машин, где тяжело применить смазки.

Технологии нанесения покрытий на сегодняшний день широко распространены в машиностроении. Эти покрытия решают задачу быстрой изнашиваемости основных материалов. Именно поэтому порой не так важен основной материал детали, как покрытие, сформированное на ее поверхности [5]. В частности, материалом антифрикционного покрытия ответственных подшипников скольжения является сплав системы Sn–Sb (баббит). Баббит Б83 широко применяется в подшипниках электродвигателей, центробежных насосов, паровых турбин и других важных и ответственных конструкциях. Материал хорош при спокойной нагрузке ( $p \cdot v > 150$  кгм/см<sup>2</sup>). Б83 считается одним из самых дорогих антифрикционных материалов. Коэффициент трения его без смазки достаточно низок. Этот сплав имеет также хорошую, не выкрашивающуюся со временем вязкость и прирабатываемость [4]. Однако относительно низкие показатели усталостной прочности и износостойкости, вследствие присутствия в микроструктуре крупных кристаллов SnSb, ограничивают применение подобных материалов [1].

В последние годы для решения этой задачи находят применение композиционные материалы на основе баббита. Композиционные материалы создаются из порошков. Наличие в составе баббита интерметаллидных армирующих частиц обеспечивает модифицирующий эффект [2].

Процессом дуговой наплавки с погонной энергией 312 кДж/мм получали композиционные покрытия на стальной подложке (сталь 20, ГОСТ 1050). Чаще всего происходит именно нанесение дорогого материала на более простой и дешевый материал. Присадочным материалом служили композиционные прутки родственного состава Б83 – 3 масс. % (Al–Bi) с добавкой порошка «алюминий – висмут», изготовленные по технологии порошковой металлургии процессом экструзии [3]. Порошковая металлургия позволяет получать абсолютно любые сплавы, т. к. можно самому создать такой порошок, свойства которого компенсируют уже в виде наплавки, свойства более выгодного финансово материала, такого как сталь 20.

Если взглянуть на диаграмму состояния «алюминий – висмут», то она характеризуется широкой областью несмешиваемости в жидком состоянии и отсутствием промежуточных фаз. Положение максимума на кривой, ограничивающей область расслаивания, соответствует 1050 °С содержанию 18 % атомной массы

висмута. Получается, что существуют дополнительные центры кристаллизации, и количество крупных интерметаллидов должно уменьшаться.

Были проведены исследования структурно-фазового состава наплавленных композиционных покрытий. В частности, средствами оптической микроскопии в сочетании с системой трехмерного проектирования КОМПАС-3D v.18.1 определяли размер и площадь частиц SnSb и сопоставляли с таковыми для литого покрытия из матричного сплава Б83. Как упоминалось ранее, именно размер интерметаллидов SnSb определяет прочность, вязкость, а также сопротивление покрытия на основе сплава Б83 сжатию и растяжению.

Предположения подтвердились. Согласно полученным результатам, в композиционном покрытии средний размер интерметаллидов SnSb уменьшается на 14 % по сравнению с покрытием из матричного сплава (95,21 мкм против 108,37 мкм). Кроме того, растет доля интерметаллидов SnSb, площадь поперечного сечения которых не превышает 5000 мкм<sup>2</sup> (табл. 1).

Табл. 1. Характеристики кристаллов SnSb в полученных покрытиях

| Состав покрытия, масс. % | Доля интерметаллидов SnSb, %, в зависимости от их площади, мкм <sup>2</sup> |             |             |              |         |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|--------------|---------|
|                          | 500...1000                                                                  | 1000...2000 | 2000...5000 | 5000...10000 | > 10000 |
| Б83                      | –                                                                           | 6,41        | 18,9        | 55,82        | 18,87   |
| Б83–3 (Al–Bi)            | 0,87                                                                        | 3,76        | 42,31       | 46,47        | 14,05   |

Таким образом, показано, что композиционные покрытия состава Б83–(Al–Bi), сформированные процессом дуговой наплавки с погонной энергией 312 кДж/мм, характеризуются меньшим средним размером интерметаллидов SnSb по сравнению с покрытиями из матричного сплава Б83, что позволит повысить значения их усталостной прочности и износостойкости. Увеличение доли наполнителя в композиционных материалах приводит к уменьшению интенсивности и коэффициенту изнашиваемости [6]. Чем больше армирующих частиц в композиционных материалах, тем меньше доля матрицы в поверхности трения, а также ниже нагрузки на каждую частицу в отдельности при выполнении ими роли поддерживающих элементов на контактной поверхности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Leszczynska-Madej, B.** Effect of chemical composition on the microstructure and tribological properties of Sn-based alloys / B. Leszczynska-Madej, M. Madej, J. Hrabia-Wisnios // *The Journal of Materials Engineering and Performance*. – 2019. – Vol. 28. – P. 4065–4073.
2. Effect of microcrystalline boron particles on structure and tribological properties of welded B83 babbitt layers / L. I. Kobeleva [et al.] // *Inorganic Materials: Applied Research*. – 2020. – № 1. – P. 1–6.
3. Technological parameters of production and properties of babbitt-based composite surfacing rods and deposited antifriction coatings / I. E. Kalashnikov [et al.] // *Inorganic materials: Applied Research*. – 2019. – Vol. 10, № 3. – P. 635–641.
4. **Альшиц, И. Я.** Опоры скольжения / И. Я. Альшиц, Н. Ф. Вержбицкий, Э. Ф. Зоммер. – Киев; Москва, 1958. – С. 196.
5. **Пенкин, Н. С.** Основы трибологии и триботехники / Н. С. Пенкин, А. Н. Пенкин, В. М. Сербин. – Москва: Машиностроение, 2008. – С. 208.
6. **Михеев, Р. С.** Алюмоматричные композиционные материалы с карбидным упрочнением для решения задач новой техники / Р. С. Михеев, Т. А. Чернышова. – Москва: Маска, 2013. – С. 356.