



УДК 621.791.923

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АНТИФРИКЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СПЛАВА СИСТЕМЫ Sn-Sb-Cu ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

PROMISING ANTIFRICTION COATINGS MADE OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON THE Sn-Sb-Cu ALLOY SYSTEM FOR FRICTION UNITS OF OIL AND GAS INDUSTRY EQUIPMENT

Михеев Роман Сергеевич

доктор технических наук, профессор,
МГТУ им. Н.Э. Баумана
mikheev.roman@mail.ru

Калашников Игорь Евгеньевич

доктор технических наук,
ведущий научный сотрудник, ИМЕТ РАН
kalash2605@mail.ru

Быков Павел Андреевич

научный сотрудник, ИМЕТ РАН
pavel_imet@mail.ru

Кобелева Любовь Ивановна

кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник, ИМЕТ РАН
likob@mail.ru

Аннотация. Для формирования антифрикционных покрытий на подложках из низкоуглеродистой качественной стали в настоящей работе применяли процесс аргонодуговой наплавки неплавящимся электродом. Проводили исследования структуры, механических и триботехнические характеристик сформированных покрытий в широком диапазоне нагрузок.

Ключевые слова: сплав баббита, наноразмерные частицы, износостойкость.

Mikheev Roman Sergeevic

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Bauman Moscow State Technical University
mikheev.roman@mail.ru

Kalashnikov Igor Evgenevich

Doctor of Technical Sciences,
Leading Researcher,
Baikov Institute of Metallurgy and
Material Science RAS
kalash2605@mail.ru

Bykov Pavel Andreevich

Researcher,
Baikov Institute of Metallurgy and
Material Science RAS
pavel_imet@mail.ru

Kobeleva Lubov Ivanovna

PhD, Leading Researcher,
Baikov Institute of Metallurgy and
Material Science RAS
likob@mail.ru

Annotation. For the formation of antifricion coatings on substrates made of low-carbon high-quality steel, the argon-arc surfacing process with a non-consumable electrode was used in this work. The structure, mechanical and tribotechnical characteristics of the formed coatings were studied in a wide range of loads.

Keywords: babbitt alloy, nano-sized particles, wear resistance.

Антифрикционные сплавы на оловянной основе называют баббитами и применяют преимущественно в подшипниках скольжения машин и механизмов ответственного назначения, к которым относятся: паровые и газовые турбины, распределительные валы двигателей и компрессоров, а также другие тяжелонагруженные изделия топливно-энергетического комплекса [1]. Лучшими антифрикционными свойствами среди баббитов характеризуются сплавы системы Sn-Sb-Cu, к числу которых относится сплав марки Б83. Однако, олово (Sn), являющееся основным компонентом в составе баббитов марки Б83, является дорогим с экономической точки зрения исходным материалом, что обуславливает высокую стоимость сплавов подобного состава. Поэтому для уменьшения расхода дефицитного олова во многих случаях баббиты применяют в виде рабочих слоев толщиной до 6 мм сформированных на твердой, прочной основе. Кроме того, избыточная гетерогенность сплава Б83, и, особенно, присутствие в мягкой матрице (α -твердый раствор сурьмы в олове) слабо связанных с ней интерметаллидных соединений, представляющих собой крупные (до 200 мкм) кристаллы твердого раствора на основе химического соединения SnSb (β -фаза) и игольчатые частицы Cu_3Sn (γ -фаза), обуславливают его относительно невысокую износостойкость и усталостную прочность [2]. Улучшение свойств данного сплава может быть достигнуто за счет применения модифицирующих добавок и армирующих частиц, обеспечивающих измельчение и равномерное распределение указанных структурных составляющих в матрице [3–4].

Для формирования антифрикционных покрытий на подложках из низкоуглеродистой качественной стали в настоящей работе применяли процесс аргонодуговой наплавки неплавящимся электро-



дом. В качестве присадочного материала использовали разработанные и изготовленные методом горячей экструзии наплавочные прутки из сплава Б83 системы Sn-Sb-Cu, содержащие субмикронные частицы бора (В) и карбида бора (B_4C), а также частицы карбида кремния (SiC) микронного размера [5]. Проводили исследования структуры, механических и триботехнические характеристик сформированных покрытий в широком диапазоне нагрузок.

Определено, что вследствие высоких скоростей кристаллизации, малой длительностью существования сварочной ванны, а также присутствия в составе покрытий наполнителей разной природы и размера в процессе наплавки происходит измельчение интерметаллидных фаз. Тугоплавкие частицы SiC микронного размера являются термическими стопорами, препятствующими развитию химических реакций роста интерметаллидных фаз, тогда как субмикронные частицы (В, B_4C) оказывают модифицирующее воздействие на структуру матрицы, являясь центрами зарождения интерметаллидных фаз при кристаллизации расплава на поверхности стальной основы. Результатом этого, является повышение твердости сформированных покрытий с 25,3 до 45,8 НВ.

Установлено, что наибольший эффект от присутствия субмикронных керамических частиц (например, В, B_4C) в покрытиях на основе сплава системы Sn-Sb-Cu, полученных на стальной подложке процессом аргодуговой наплавки неплавящимся электродом, достигается при малых удельных давлениях (до 0,33 МПа), в котором наблюдается снижение до 60 % значения коэффициента трения и стабилизация процесса трения вследствие формирования из продуктов износа КМ и контртела мелкодисперсных промежуточных слоев, содержащих в ряде случаев углеродные структуры. Влияние частиц микронного размера (например, SiC) проявляется при удельных давлениях свыше 0,46 МПа, где они выполняют роль воспринимающих нагрузку на поверхность трения опор, ограничивающих пластическую деформацию и препятствующих механическому уносу материала матрицы в процессе сухого трения скольжения, что позволяет расширить диапазон трибонагружения (увеличить нагрузочную способность, скорости скольжения) и уменьшить с $2,73 \times 10^{-5}$ до $1,85 \times 10^{-5}$ г/м интенсивность изнашивания. Анализ изменений значений коэффициентов трения, интенсивности изнашивания и коэффициентов стабильности изготовленных образцов в зависимости от удельного давления показывает целесообразность для достижения оптимального сочетания триботехнических характеристик (снижение интенсивности изнашивания и коэффициента трения на 38 % и в 2 раза соответственно) не только модифицирования структуры сформированных процессом дуговой наплавки покрытий из сплавов на основе сплава системы Sn-Sb-Cu субмикронными керамическими частицами, но и введения крупных высокопрочных армирующих частиц, препятствующих разрушению интерметаллидов под действием высоких удельных давлений за счет снижения на них нагрузки.

Литература:

1. Ремонт подшипников скольжения компрессоров с применением газопламенного напыления / Р.Р. Газиев [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2012. – № 5. – С. 236–245.
2. Барыкин Н.П., Фазлыахметов Р.Ф., Валеева А.Х. Влияние структуры баббита Б83 на интенсивность износа трибосопряжений // Металловедение и термическая обработка. – 2006. – № 2. – С. 44–46.
3. Трибологические свойства композиционных материалов на основе баббита Б83, полученных методом порошковой металлургии / И.Е. Калашников [и др.] // Металлы. – 2016. – № 4. – С. 101–107.
4. Development and testing of Al-SiC and Al-TiC composite materials for application in friction units of oil-production equipment / T.A. Chernyshova [et al.] // Inorganic Materials: Applied Research. – 2011. – Vol. 2. – № 3. – P. 282–289.
5. Получение наплавочных прутков из антифрикционного композиционного материала на основе баббита Б83 методом экструзии / И.Е. Калашников [и др.] // Перспективные материалы. – 2016. – № 9. – С. 70–77.

References:

1. Repair of compressor sliding bearings using gas flame spraying / R.R. Gaziev [et al.] // Oil and Gas Business. – 2012. – № 5. – P. 236–245.
2. Barykin N.P., Fazliakhmetov R.F., Valeeva A.Kh. Influence of structure of babbitt B83 on intensity of wear of tribocouplings // Metal science and heat treatment. – 2006. – № 2. – P. 44–46.
3. Tribological properties of composite materials based on babbitt B83, obtained by powder metallurgy / I.E. Kalashnikov [et al.] // Metals. – 2016. – № 4. – P. 101–107.
4. Development and testing of Al-SiC and Al-TiC composite materials for application in friction units of oil-production equipment / T.A. Chernyshova [et al.] // Inorganic Materials: Applied Research. – 2011. – Vol. 2. – № 3. – P. 282–289.
5. Preparation of cladding rods from antifriction composite material based on babbitt B83 by extrusion / I.E. Kalashnikov [et al.] // Perspective materials. – 2016. – № 9. – P. 70–77.