

СТРУКТУРА И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЯ ИЗ СПЛАВА ZN-AL

Орда Д.В., Сосновский И.А., Комаров А.И., Курилёнок А.А.

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

В Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси разработана технология нанесения покрытий на внутреннюю поверхность стальных деталей методом центробежного формования шихты в условиях индукционного нагрева [1-3]. В процессе наплавки происходит полное расплавление шихтового материала с образованием единого расплава, что позволяет наносить сплав необходимого состава и (или) проводить его модифицирование непосредственно в процессе наплавки, при этом структура покрытия формируется под действием центробежных сил.

Металлографический анализ образцов покрытия из сплава ЦАМ10-2, модифицированного нанонаполнителем TiC-Al₂O₃, показал, что наплавленный слой имеет композиционное строение (рисунок 1): цинк-алюминиевый сплав армированный железосодержащими интерметаллидными включениями. У стальной основы находится сплав, насыщенный цинком, состав которого изменяется к поверхности, увеличивается доля алюминия. Железосодержащие включения (Al₁₃Fe₄) имеют глобулярную форму диаметром до 30 мкм.



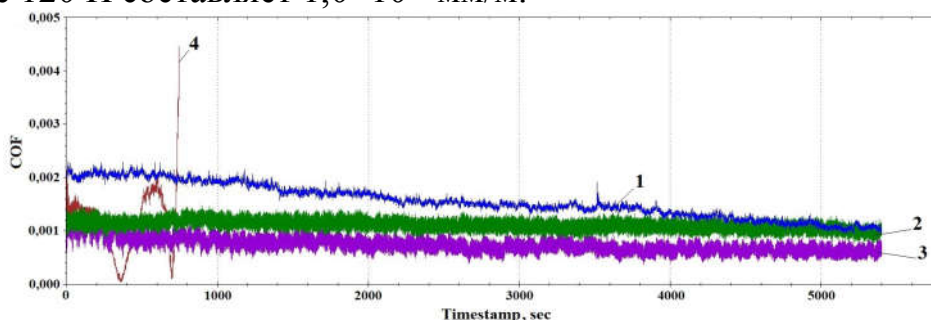
Рисунок 1 – Структура покрытия из сплава ЦАМ10-2 модифицированного нанонаполнителем TiC-Al₂O₃

На поверхности стальной втулки формируется диффузионный цинковый слой толщина которого местами достигает 300 мкм. Структура слоя представляет гетерогенное строение: у стальной основы до 10 мкм прослойка, содержащая 20-25 масс.% Zn; 10-50 мкм зона столбчатых зерен Fe - Zn (23-26%), между которыми располагаются зерна Fe (27-34%) - Zn; по мере смещения структура представлена фазой Zn (75-80 масс.%)-Fe с округлыми включениями Fe-Zn (25-30 масс.%). Следует отметить, что формирование структуры покрытия из сплава ЦАМ10-2 модифицированного нанонаполнителем TiC-Al₂O₃ проходит по ранее установленным закономерностям [1, 2].

Триботехнические испытания образцов втулок проводились после механической обработки поверхностного слоя с учетом ранее проведенных исследований по изучению изменения коэффициента трения по глубине цинковых покрытий [3]. Анализ триботехнических испытаний показал, что

при нагрузках до 120 Н коэффициент трения (COF) покрытия из модифицированного сплава ЦАМ10-2 находится на уровне 0,001. Испытания при высокой нагрузке 150 Н показали, что коэффициент трения начинает экстремально возрастать, что указывает на наступление критической стадии изнашивания (рисунок 2).

Массовую интенсивность изнашивания в этом случае зафиксировать не получилось ввиду малого изменения массы после испытаний. Тогда как значение линейной интенсивности изнашивания после испытаний при нагрузке 120 Н составляет $1,0 \times 10^{-6}$ мм/м.



1 – 30 Н; 2 – 60 Н; 3 – 120 Н; 4 – 150 Н

Рисунок 2 – График изменения коэффициента трения покрытия из сплава ЦАМ10-2 модифицированного нанонаполнителем $TiC-Al_2O_3$ в процессе испытаний при различной нагрузке

Из полученных результатов можно установить, что модифицирование сплава ЦАМ10-2 нанонаполнителем $TiC-Al_2O_3$ не только способствует снижению коэффициента трения, но и повышению нагрузочной способности материала. При этом эффект модифицирования сохраняется и после формирования покрытия методом центробежной индукционной наплавки, позволяя использовать данные покрытия как альтернатива бронзовым.

1. Структура и свойства легированных покрытий из сплава ZnAl30, полученных методом центробежной индукционной наплавки / А.И. Комаров и [др.] // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 11. – С. 299–305.

2. Анализ структуры и триботехнических свойств легированных покрытий на основе сплава системы Zn-Al, полученных методом центробежной индукционной наплавки / А.И. Комаров и [др.] // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. – Минск, 2023. – Вып. 12. – С. 340–345.

3. Структура и трибомеханические свойства градиентного покрытия ZnAl30 / А.И. Комаров и [др.] // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. – Минск, 2024. – Вып. 13. – С. 275–281.