

## О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЛАВА СИСТЕМЫ Zn-Al В КАЧЕСТВЕ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ

Орда Д.В., Комаров А.И., Сосновский И.А., Курилёнок А.А.  
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,  
г. Минск, Беларусь

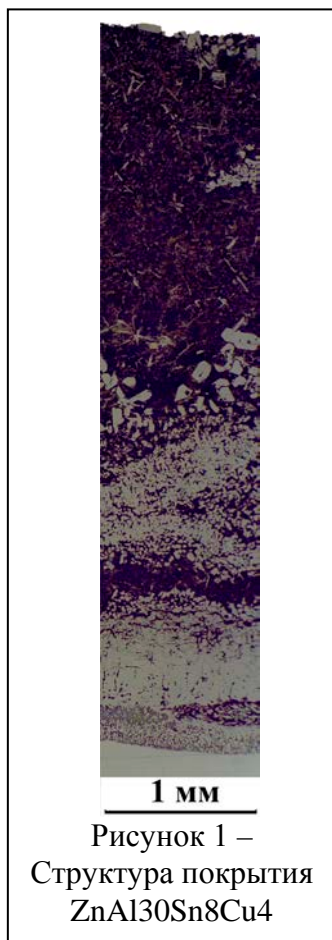


Рисунок 1 –  
Структура покрытия  
ZnAl30Sn8Cu4

Цинк является широко используемым цветным металлом, а возможности его применения в машиностроении обширны. В настоящее время около половины производимого цинка используется в качестве защитных покрытий, а также в качестве легирующих добавок. Цинк и его сплавы широко используются не только в качестве конструкционных материалов, но и для изготовления деталей триботехнического назначения [1-3]. Известна группа сплавов системы Zn-Al-Cu, обладающих антифрикционными свойствами при нагрузках до 25МПа и скоростях скольжения до 15 м/с.

В работе представлены результаты исследования структуры и свойств покрытий из сплава ZnAl30, сформированных на внутренней поверхности стальной втулки методом центробежного формования в условиях индукционного нагрева.

Анализ структуры покрытий показал, что в процессе наплавки сплавов Zn-Al на стальную втулку идет активное растворение внутренней поверхности, что приводит к насыщению расплава железом. Диффузия железа в расплав приводит к формированию интерметаллидных включений  $Al_{13}Fe_4$ , которые выступают в качестве основной армирующей составляющей [1, 2].

Локализация включений  $Al_{13}Fe_4$  в цинковом подслое за диффузионным слоем обеспечивает высокий уровень адгезии покрытия с основой. В случае формирования цинкового подслоя, обедненного включениями  $Al_{13}Fe_4$ , в диффузионном слое образуются трещины. При этом легирование основного сплава не оказывает воздействия на процессы образования трещин [3].

Кристаллизация в условиях центробежного вращения приводит к формированию диффузионного цинкового слоя и градиентной структуры наплавленного слоя: более тяжелые включения железа и цинк оттесняются к границе со сталью, тогда как алюминий диффундирует в поверхностный слой покрытия и составляет до 60 масс. %.

Легирование сплава покрытия такими элементами как Si и Cu, приводит к образованию в структуре покрытия соответственно частиц Si и CuZn<sub>5</sub>, наличие которых способствует стабилизации термофизических параметров сплава, вследствие чего при кристаллизации на границе раздела фаз покрытие-основа отсутствуют дефекты (трещины). Отмечено, что введение Cu и Sn способствует улучшению триботехнических свойств покрытий (рисунок 1). Так при нагрузках до 12 МПа коэффициент трения снижается в 1,6 раз, при этом наиболее стабильные значения показывает покрытие из сплава ZnAl30Cu3 (таблица 1) [1].

Таблица 1 – Значения коэффициентов трения цинковых покрытий

Образец	Коэффициент трения			
	6 МПа	12 МПа	20 МПа	24 МПа
ZnAl30CuSi	0,025-0,028	0,043-0,044	0,044-0,060	0,044-0,060
ZnAl30Sn9	0,015-0,017	0,028-0,035	0,030-0,036	-
ZnAl30Cu3	0,015-0,017	0,030-0,032	0,027-0,028	-
ZnAl30Si3	0,039-0,045	0,043-0,044	0,037-0,042	-
ZnAl30Sn8Cu4	0,013-0,014	0,015-0,016	-	0,019-0,021
ZnAl30Sn8Si4	0,013-0,014	0,020-0,021	-	0,030-0,032
ZnAl30Si4Cu4	0,025-0,028	0,011-0,012	-	0,030-0,032

Двухкомпонентное легирование сплава ZnAl30CuSi приводит к изменению структуры покрытия, что обеспечивает качественное воздействие на триботехнические свойства материала. Из полученных результатов можно установить, что легирование сплава ZnAl30CuSi не только способствует снижению коэффициента трения, но и повышению нагрузочной способности материала, позволяя использовать данные покрытия в качестве альтернативы бронзовым [3].

1. Структура и свойства легированных покрытий из сплава ZnAl30, полученных методом центробежной индукционной наплавки / А.И. Комаров и [др.] // Актуальные вопросы машиноведения: сб. научн.тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. – 2022. – Вып. 11. – С. 299–305.
2. Структура и свойства покрытий ZnAl30Cu4, полученного методом центробежной индукционной наплавки / Комаров А.И. и [др.] // Инновационные технологии в машиностроении: сб. мат. междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 18–19 апр. 2023 г. / Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой; под. ред. В.К. Шелега; Н.Н. Попок. – Новополоцк: Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2023. – С. 139–141.
3. Анализ структуры и триботехнических свойств легированных покрытий на основе сплава системы Zn-Al, полученных методом центробежной индукционной наплавки / Комаров А.И. и [др.] // Актуальные вопросы машиноведения: сб. научн.тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. – 2023. – Вып. 12. – С. 340–345.