

## АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Zn-Al-Si-Cu ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ

**Комаров А.И., Орда Д.В., Сосновский И.А., Куриленок А.А.**

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

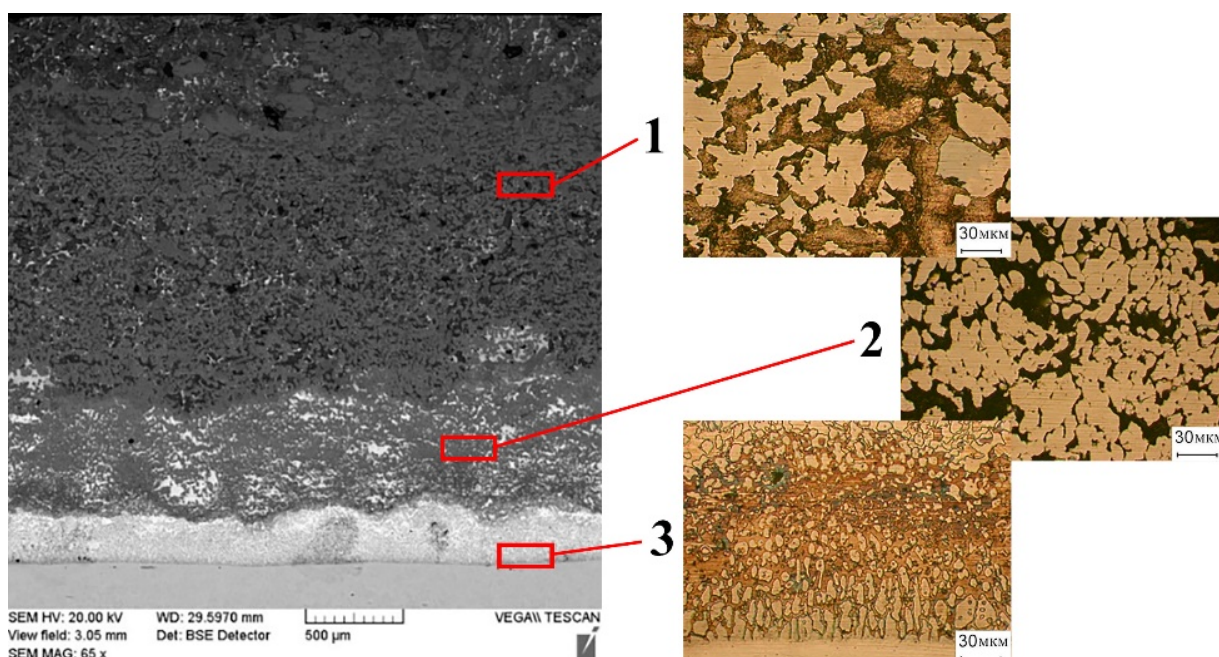
В работе представлены результаты исследования структуры покрытия сплава  $ZnAl_{33}Si_4Cu_3$ , полученного центробежной индукционной наплавкой за один технологический прием на стальную основу. При выборе состава сплава основывались на результатах применения сплава марки ЦА30М5 в качестве материала вкладыша подшипника скольжения. Согласно полученным ранее данным, введение в состав 30% Al обеспечивает повышение прочностных свойств материала, а дополнительное легирование обеспечивает хорошие триботехнические свойства. Таким образом, изготовленные подшипники скольжения по эксплуатационным свойствам не уступают бронзовым.

В настоящей работе в качестве шихтового материала использовали цинковый сплав марки ЦАМ4-1, алюминий-кремниевый сплав АК12 и медь. Формирование покрытия на внутренней поверхности стальной заготовки из стали 20 (ГОСТ 1050-88), проводилось совмещением методов центробежного формования предварительно подготовленной шихты с нагревом токами высокой частоты до температуры 740–760 °С, с последующей изотермической выдержкой при данной температуре в течение 5 мин. Частота вращения заготовки составляла 1250 мин<sup>-1</sup> [1].

Металлографический анализ покрытия показал, что структура имеет градиентное строение с оттеснением цинка и растворенного в процессе наплавки железа к стальной основе, а алюминия и кремния к поверхности. Согласно результатам сканирующей электронной микроскопии, у стальной основы находится более плотный слой на основе цинка, затем следует переходная зона и непосредственно слой покрытия (рисунок 1). Толщина верхнего слоя составляет 60...70% толщины наплавляемого покрытия.

Согласно полученным данным, у границы со сталью формируется диффузионный цинковый слой толщиной до 400 мкм, содержащий до 50 масс.% железа (зона 3, таблица 1). Структура слоя представлена зернами двух типов: столбчатыми зернами с повышенным содержанием Fe (70-80%), между которыми располагаются зерна цинкового сплава, содержащего 27-34% Fe.

За цинковым слоем следует переходная зона (600-700 мкм), состоящая из зерен тройной системы Fe-Al-Zn, между которыми располагаются зерна Zn-Al сплава. Следует отметить, что переходный слой имеет неравномерное распределение цинка по его структуре (зона 2, рисунок 1).



1 – основное покрытие; 2 – переходный слой; 3 – диффузионный цинковый слой  
Рисунок 1 – Структура покрытия из сплава ZnAl33Si4Cu3

Таблица 1 – Химический состав основных зон наплавленного покрытия

Зона	O	Al	Si	Fe	Cu	Zn
1	5.27	47.22	7.84	14.22	1.97	23.48
2	5.40	39.21	1.72	23.17	1.63	28.88
3	4.73	2.65	0.01	44.08	0.83	47.70

**Выводы.** Анализ структуры покрытия показал, что в процессе наплавки Zn-Al сплавов идет активное растворение стальной втулки, что приводит к насыщению расплава железом. Диффузия железа в расплав приводит к формированию интерметаллидных включений на основе систем Al-Fe и Al-Fe-Zn, которые выступают в качестве основной армирующей составляющей.

Цинк, под действием центробежных сил, ликвирует к стальной основе, формируя диффузионный слой с высоким содержанием цинка 50-60%. Формирование такой композиционной слоистой структуры с диффузионными переходами обеспечивает компенсацию линейного термического расширения сплава покрытия и стальной основы, что обеспечивает приемлемый уровень адгезии, а наличие твердых включений в мягкой матрице реализует принцип Шарпи, что повышает триботехнические характеристики.

1. Способ нанесения двухслойного покрытия на внутреннюю поверхность детали: пат. ВУ №23365 / М.А. Белоцерковский, А.И. Комаров, И.А. Сосновский, Д.В. Орда, А.А. Куриленок, Д.О. Искандарова. – Оpubл. 30.04.2021г.