

Таким образом, структура образовавшегося сплава представляет собой композиционный материал, состоящий из  $\theta$ -фазы с включениями Si-, Sn- и Fe-содержащих частиц. Формируемый сплав характеризуется термическим расширением близким к стали, что обеспечивает адгезионные свойства покрытия со стальной основой. Однако, следует отметить отсутствие как такового подслоя из медного сплава, поэтому для создания многослойной втулки с подобными материалами следует применять многостадийный процесс послойной наплавки.

1. Влияние олова в материале подслоя на структуру Al-Si сплава, наплавляемого центробежно индукционным методом / Комаров А.И., Сосновский И.А., Орда Д.В., Куриленок А.А., Искандарова Д.О. // Механика машин, механизмов и материалов, 2019. – №3(48). – С.77–84.

**УДК 621.793**

## **ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛИ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ПУТЕВЫХ МАШИН ЦЕНТРОБЕЖНЫМ ИНДУКЦИОННЫМ МЕТОДОМ**

**Белявин К.Е.<sup>1</sup>, Белоцерковский М.А.<sup>2</sup>, Сосновский И.А.<sup>2</sup>, Курилёнок А.А.<sup>2</sup>**

- 1) Белорусский национальный технический университет
- 2) Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси  
Минск, Республика Беларусь

На предприятиях железнодорожного транспорта РБ используется широкая номенклатура деталей машин и устройств, которые содержат в своем исполнении узлы трения триботехнического назначения, работающие в режиме интенсивного абразивного изнашивания. К таким узлам трения относятся, например, детали ходовых соприжений рабочих органов путевых машин высшего класса сложности, предназначенных для выправки, подбивки, отделки пути и очистки щебня (втулки подбивочных блоков и гайки подъема электромагнитов машин типа ВПР и ВПО, виброплиты балластировочных машин и др.).

Задачей исследований, проведенных в данной работе, является повышение работоспособности и срока службы антифрикционных изделий ходовых соприжений рабочих органов путевых машин. Решение этой задачи осуществлялось путем разработки новой высокоэффективной технологии индукционной наплавки порошковых покрытий с использованием результатов теоретических исследований процесса проплавления порошковых слоев при индукционном нагреве.

Применение композиционных антифрикционных покрытий из модифицированных медных сплавов для создания двухслойных

антифрикционных изделий позволяет значительно сократить расход цветных сплавов и обеспечить повышение качества и надежности машин в целом. Одним из эффективных способов формования порошковых покрытий в холодном и горячем состоянии непосредственно во внутренней полости стальной заготовки-матрицы является центробежная индукционная наплавка. Для промышленной реализации этого метода разработаны технологии, оборудование и сопутствующая оснастка.

Известно, что в основе индукционной центробежной наплавки порошковых слоев лежит технологическая схема, позволяющая реализовать следующую последовательность нанесения слоев порошковых покрытий. Сначала, с помощью индукционных токов, происходит разогрев вращающейся стальной цилиндрической заготовки до температур возможного фазового перехода из твердого в жидкое состояние материала частиц порошка. Затем, в результате изотермической выдержки и теплообмена между разогретой внутренней поверхностью стальной цилиндрической заготовки и прижимаемого к ней центробежными силами порошка происходит послойное его расплавление с образованием после кристаллизации и охлаждения порошковых покрытий. Такая последовательность процесса нанесения порошковых слоев позволяет полагать, что технологические режимы индукционной центробежной наплавки определяются такими технологическими параметрами, как длительность процесса, мощность и частота электромагнитного излучения индуктора, а также линейными размерами стальной цилиндрической заготовки, мощностью создаваемого на ее поверхности теплового источника, удельным сопротивлением, плотностью и теплопроводностью стали. Эти технологические параметры индукционной центробежной наплавки определяют температурный режим нанесения слоев порошковых покрытий.

На основании теоретических исследований процесса проплавления порошковых слоев при индукционном нагреве получена модель, устанавливающая связь между технологическими параметрами индукционного нагрева и динамикой перехода из твердого состояния в жидкофазное состояние порошкового слоя на основании модельных допущений Лейбензона и Лыкова.

Проведенные исследования легли в основу разработки технологического процесса и оборудования (рисунок 1) для изготовления двухслойных антифрикционных изделий (биметаллических втулок подбивочных блоков, гаек подъема электромагнитов путевых машин ВПР и ВПО) центробежным индукционным методом с использованием составов антифрикционных композиционных порошковых смесей, содержащих сплав на медной основе, что позволило повысить твердость наплавленных слоев деталей ходовых сопряжений рабочих органов путевых машин, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания, в 1,3–1,4 раза и относительную износостойкость в сравнении с серийно выпускаемыми деталями в 1,4–1,6 раза при увеличении производительности процесса изготовления на 30–35%.

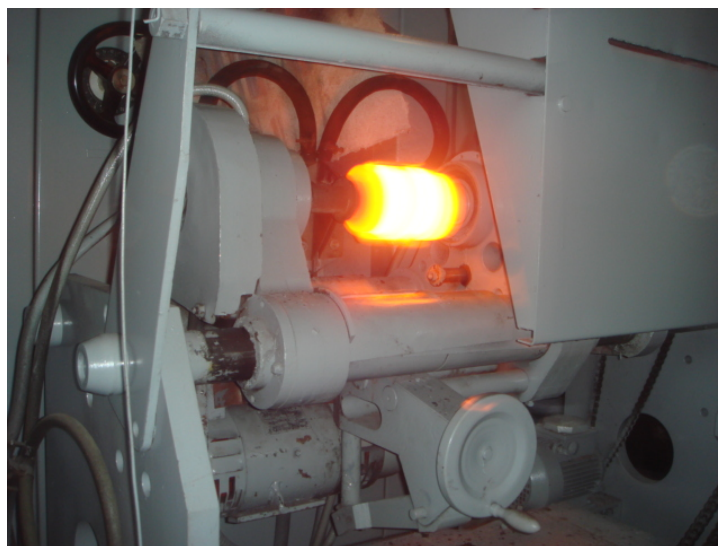


Рисунок 1 – Процесс изготовления двухслойного антифрикционного изделия (биметаллической втулки подбивочного блока выправочно-подбивочно-рихтовочной машины ВПР)

УДК 621.762

## ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАБОТЫ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ

Белявин К.Е., Минько Д.В., Шелег В.К., Белый А.Н.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Металлофторопластовые материалы широко применяются в подшипниках скольжения и других узлах трения, работающих в условиях отсутствия смазочного материала. Чаще всего металлофторопластовые материалы представляют собой основу из малоуглеродистой стали, на которую через тонкий переходный слой меди методами порошковой металлургии нанесен пористый слой сферических частиц оловянистой бронзы толщиной 0,3-0,4 мм. Внутри сообщающихся пор порошкового слоя находится фторопласт, формирующий при работе тонкий поверхностный слой, покрывающий сферические частицы бронзы [1]. Полученный композиционный материал изготавливается в виде ленты толщиной 1,0-2,5 мм, обладает повышенной механической прочностью, износостойкостью и несущей способностью.

Подшипники скольжения, в виде цилиндрических втулок, свернутых из композиционной металлофторопластовой ленты, обладают высокими антифрикционными свойствами в диапазоне температур от  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$ , обеспечивают надежную непрерывную работу в вакууме и в жидких средах, не обладающих смазочными свойствами, позволяют заменить более сложные и дорогие подшипники качения, диаметр которых в два раза, а масса на порядок