

## ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

О.В. Шумов

УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк

**Введение.** Для получения антифрикционных покрытий в настоящее время широко применяются материалы на основе меди [1]. Для повышения физико-механических свойств медных покрытий их легируют различными элементами, например, фосфором, кремнием, цинком, оловом и др. [2]. Актуальной проблемой для предприятий является увеличение срока службы таких покрытий, так как решение этой проблемы позволит сэкономить значительные материальные ресурсы.

**Постановка задачи.** С целью повышения срока службы деталей машин была разработана технология получения износостойких гетерогенных безоловянистых покрытий на основе меди. Вместе с тем процессы формирования таких покрытий изучены недостаточно, что не позволяет предложить оптимальные режимы получения покрытий, обеспечивающих максимальные значения износостойкости. Таким образом, задачей работы является исследование процессов формирования износостойких гетерогенных безоловянистых покрытий на основе меди.

**Результаты и их обсуждение.** В работе [3] были изучены процессы формирования гальванических никелевых покрытий с диффузионным легированием цинком и фосфором. Установлено, что образование твердых фаз – твердых растворов и фосфидов легирующих элементов в никелевой основе – происходит при наличии легкоплавких включений в насыщающих фазах.

На основании анализа диаграмм состояния сплавов было сделано предположение, что для гальванических покрытий на основе меди те же легирующие элементы – цинк и фосфор – способны обеспечить формирование твердых или антифрикционных фаз. С медью указанные легирующие элементы позволяют получить фазы, плавящиеся при более низкой температуре, чем с никелем. По этой причине в покрытиях на основе меди будут созданы условия для образования жидкой фазы и увеличения скорости процессов диффузии легирующих элементов при более низких температурах термической обработки. Таким образом, кроме высоких эксплуатационных свойств гальванических покрытий на основе меди следует также ожидать сокращения продолжительности и снижения температурных интервалов термической обработки при получении износостойких покрытий за счет этого упрощения технологии и снижения себестоимости их получения.

Для исследования процессов формирования гальванических покрытий на основе меди на образцы из стали 10 были осаждены покрытия толщиной 50 мкм с мелкодисперсными включениями насыщающих фаз, равномерно распределенных по толщине покрытий. В работе гальванически осаждались покрытия следующих систем: медь – фосфат цинка и медь – фосфат цинка – цинк. Образцы с указанными гальваническими покрытиями были подвергнуты отжигу при температуре 250...550 °С в электрической печи в течение 0,5...1,5 часа. В процессе последующей термической обработки были получены тройные сплавы одинаковой системы (медь – цинк – фосфор), но различной структуры и распределения упрочняющих фаз по толщине покрытий.

Исследования показали, что в процессе отжига гальванических покрытий с мелкодисперсными включениями фосфата цинка твердость по сравнению с твердостью медной основы увеличивается незначительно – на 10...15 %. Микроструктура таких покрытий практически не изменяется: наблюдается лишь некоторое изменение окраски включений фосфата цинка, что вероятно связано с их дегидратацией. Положение включений и их форма при этом не изменяются. Диффузия легирующих элементов из включений происходит на глубину не более 2...3 мкм. Эти результаты с большой долей вероятности позволяют предположить, что гальванические покрытия с включениями фосфата цинка высокой износостойкости в процессе эксплуатации не обеспечат.

После отжига гальванических покрытий с мелкодисперсными включениями цинк – фосфат цинка микроструктура и свойства покрытий существенно изменяются. Анализ микроструктуры показал, что в процессе отжига происходит сначала дробление мелкодисперсных включений, а затем их частичное или полное рассасывание (в зависимости от температуры отжига и его длительности). Диффузия легирующих элементов из включений при этом происходит на глубину 8...10 мкм.

Указанные изменения микроструктуры сопровождаются увеличением твердости данных покрытий. Наиболее значительное повышение твердости (до 520 HV) происходит при максимальной температуре отжига 550 °С. Микроструктура, а также значения твердости позволяют сделать вывод, что при отжиге в гальванических покрытиях с мелкодисперсными включениями цинк – фосфат цинка вероятно происходит образование твердых фаз: твердых растворов фосфора и цинка в меди, а также химических соединений – фосфидов меди и цинка. На основании этих результатов можно прогнозировать, что данные покрытия смогут обеспечить при эксплуатации высокие значения износостойкости.

## **Выводы**

1. Исследованы процессы формирования износостойких гетерогенных безоловянистых покрытий на основе меди. Установлено, что при отжиге гальванических покрытий с включениями фосфата цинка диффузия легирующих элементов в медную основу практически не происходит. Микроструктура и свойства этих покрытий при отжиге также существенно не изменяются.

2. При отжиге гальванических покрытий с включениями цинк – фосфат цинка наблюдается диффузия легирующих элементов в медную основу на значительную глубину, что вызывает изменение микроструктуры покрытий и существенное увеличение их твердости.

## **Литература**

1. Елизаветин, М.А. Повышение надежности машин / М.А. Елизаветин. – М.: Машиностроение, 1973. – 430 с.
2. Поляк, М.С. Технология упрочнения. Технологические методы упрочнения. В 2-х т. Т. 1. / М.С. Поляк. – М.: Машиностроение, 1995. – 531 с.
3. Шумов, О.В. Износостойкие никелевые покрытия для фильер производства стеклянного волокна / О.В. Шумов // Вестник Могилевского техн. ун-та. – 2002. – № 1. – С. 245 – 249.

**УДК 620.3:620.179.112:622.684**

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОПОКРЫТИЙ ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ТРИБОСИСТЕМ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ**

**В.Л. Потеха, А.В. Потеха**

*УО «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы»*

**Введение.** Постоянно повышающиеся требования к трибологической надежности узлов трения автотранспортной техники приводят к частичной или полной замене металлов другими более качественными материалами. Но и в настоящее время металлы продолжают оставаться одними из самых широко используемых материалов триботехнического назначения. Особо ответственными являются прецизионные трибосопрежения, предельный износ которых составляет от долей до нескольких микрометров. При изготовлении прецизионных подшипниковых пар автомобилей используют различные сочетания металлических материалов. Наиболее часто трущиеся сопряжения изготавливают из двух относительно твердых, например, специальных сталей (покры-