

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НАНОПОРОШКА ОКСИДА
АЛЮМИНИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И
СВОЙСТВА ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ**

**Скобло Т.С. д.т.н. проф., Плугатарёв А.В. аспирант,
Мальцев Т.В. студент.**

*Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства имени П. Василенка*

Рассмотрена возможность повышения эксплуатационных свойств хромированных покрытий путем введения в хромовый электролит нанопорошка оксида алюминия.

Электролитическое осаждение хромовых покрытий является одним из важнейших гальванических процессов и широко применяется в машиностроении для упрочнения и восстановления деталей, придания их поверхности деталей высоких антифрикционных свойств и защиты от коррозии. Хромовые электролитические покрытия нашли так же широкое применение в авиационной технике для повышения износостойкости высоконагруженных деталей и узлов трения, в том числе штоков, цилиндров шасси и других гидравлических и пневматических агрегатов [2].

Наряду с положительными свойствами, традиционные хромированные покрытия обладают рядом существенных недостатков: малый выход хрома по току, наличие пористости, недостаточная эксплуатационная, износо- и коррозионная стойкость и увеличение шероховатости покрытия с ростом толщины, что приводит к необходимости его шлифования.

Существует несколько путей решения этих проблем и наиболее перспективным направлением для решения многих из указанных выше является разработка хромовых покрытий, получаемых в электролитах, содержащих наночастицы различных порошков.

Целью работы является анализ способа упрочнения хромового покрытия с использованием нанопорошка оксида алюминия.

В Ульяновском научно-технологическом центре Всероссийского института авиационных материалов Е.В. Тюриковым, В.В. Семенычевым и В.А. Ильиным [3], были проведены и представлены исследования по влиянию наночастиц оксида алюминия на седиментационную устойчивость и рН электролита хромирования, на выход хрома по току, его пористость, шероховатость, а также определена функциональная роль наночастиц в электролите хромирования.

Рисунок 1 иллюстрирует седиментационную устойчивость электролитов хромирования, содержащих нанопорошок оксида алюминия в зависимости от времени. Из приведенного графика видно, что с увеличением концентрации нанопорошка с 5 г/л до 10 г/л седиментационная устойчивость системы повышается из-за того, что увеличивает вязкость дисперсионной среды и по этому, скорость осаждения частиц соответственно снижается. За 8 ч. коэффициент светопропускания достигает 50 %, что свидетельствует о хорошей устойчивости нанопорошка в электролите. Через 37 ч. коэффициент светопропускания достигает постоянной величины 108 %. Это указывает на то, что происходит осветление электролита хромирования. Окрашенные анионы хрома, образующиеся при растворении хромового ангидрида, адсорбируются на частицах оксида алюминия, что способствует осветлению электролита в процессе осаждения нанопорошка (оксида алюминия) во времени.

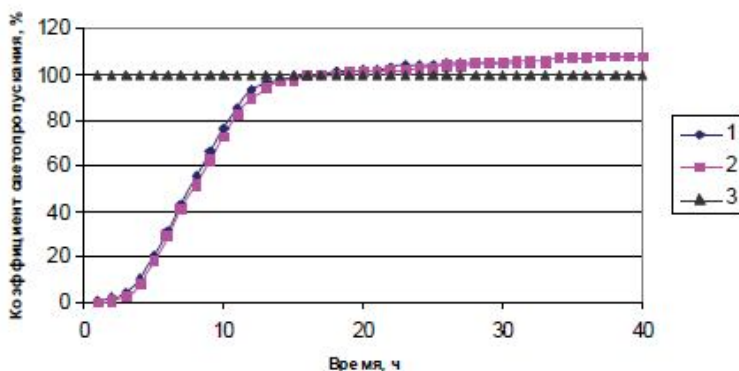


Рис.1. Зависимость коэффициента светопропускания в электролите хромирования от времени: 1 – Al₂O₃ 5 г/л – обработка ацетоном и ультразвуком; 2 - Al₂O₃ 10 г/л – ацетоном и ультразвуком; 3 - электролит без нанопорошка.

На рис. 2. представлена зависимость изменения pH от концентрации Al₂O₃ и влияния перемешивания или отстаивания электролита. Из приведенных данных видно, что для электролитов при непрерывном их перемешивании и после их отстаивания и декантации с ростом концентрации нанопорошка pH возрастает. Для электролитов отстаивавшихся 48 ч. pH выше, чем в электролите при перемешивании.

Вместе с тем при отстаивании нанопорошка не обеспечивается его однородное распределение, как в электролите, так и затем в покрытии. Существенное влияние на осаждение порошка при хромировании оказывает способ подготовки поверхности детали. Так, наличие царапин после

шлифования или притирки приводит к оседанию на них нанопорошка оксида алюминия и формированию неоднородной структурной композиции.

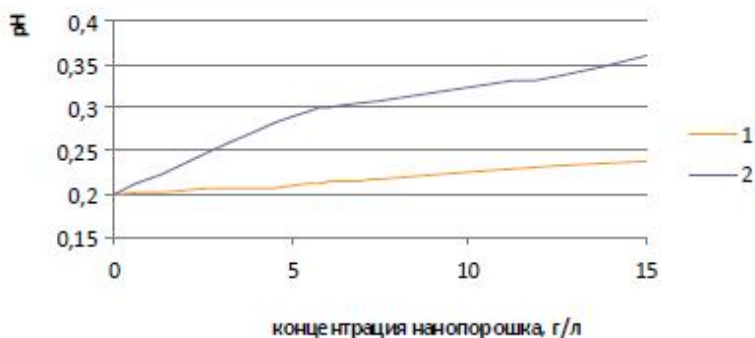


Рис.2. Зависимость изменения pH от концентрации Al_2O_3 при температуре $60^{\circ}C$: 1 – при непрерывном перемешивании; 2 – отстаивание и декантация.

На рис.3. представлены зависимости влияния температуры электролита и плотности тока на выход хрома по току при концентрации нанопорошка оксида алюминия 10 г/л .

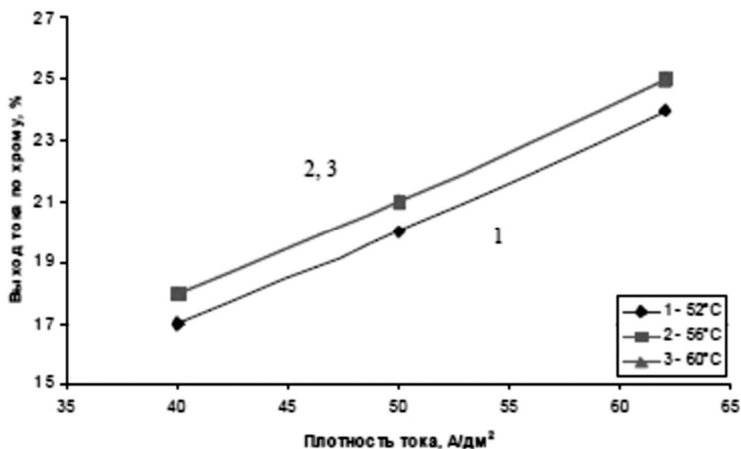


Рис.3. Влияние плотности тока и температуры электролита на выход хрома по току при концентрации нанопорошка оксида алюминия 10 г/л и температуре электролита: 1 – $52^{\circ}C$; 2 – $56^{\circ}C$; 3 – $60^{\circ}C$.

Плотность – это отношение силы тока, проходящей через электро-

лит, к площади наращиваемой поверхности.

С ростом плотности тока выход хрома увеличивается. Температура в пределах 56-62°C не оказывает влияния на выход хрома по току. В данном диапазоне температур нанопорошок оксида алюминия оказывает наибольшее влияние на выход хрома по току. Это объясняется тем, что скорость процесса депассивации поверхности катода за счет абразивного действия частиц, очищающих поверхности анода и катода от пассивных пленок, оксидов, газов и транспортного действия наночастиц оксида алюминия по доставке анионов хрома к катоду выше скорости процесса экранирования поверхности катода наночастицами.

На рис. 4. переставлены результаты определения скорости осаждения хромового покрытия в зависимости от плотности тока и концентрации нанопорошка. Приведенные зависимости показывают, что на скорость осаждения хрома значительное влияние оказывают плотность тока и нанопорошок оксида алюминия. С ростом плотности тока и долей введенного оксида алюминия скорость осаждения увеличивается. Это объясняется тем, что нанопорошок оксида алюминия является дополнительным транспортным средством по доставке анионов хрома к катоду, приводящее к увеличению скорости осаждения хромового покрытия.

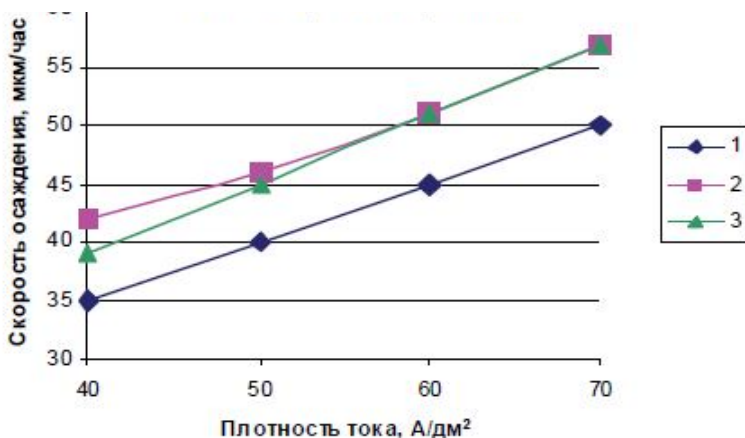


Рис.4. Влияние плотности тока и концентрации Al_2O_3 на скорость осаждения хромового покрытия: 1 – без нанопорошка; 2 – 5 г/л Al_2O_3 , 3 – 10 г/л Al_2O_3 .

На рис. 5. представлена зависимость изменения количества пор от концентрации нанопорошка оксида алюминия и толщины хромового покрытия. Из представленных графиков видно, что с ростом толщины покрытия пористость снижается. Присутствие нанопорошка оксида алюми-

ния в электролите резко снижает пористость по сравнению с электролитом без нанопорошка при одинаковой толщине покрытия, причем наибольшее снижение пористости при концентрации Al_2O_3 5-10 г/л. При толщинах более 45 мкм пористость покрытия отсутствует, как в электролитах без нанопорошка, так и с ним. В связи с тем, что при кластерном хромировании покрытие полностью копирует рельеф покрываемой поверхности и, наночастицы благодаря их высокой физико-химической активности обеспечивают массовую кристаллизацию хрома, образуется сверхвысокодисперсная (мелкокристаллическая) структура покрытия, образование пор в которой затруднено.

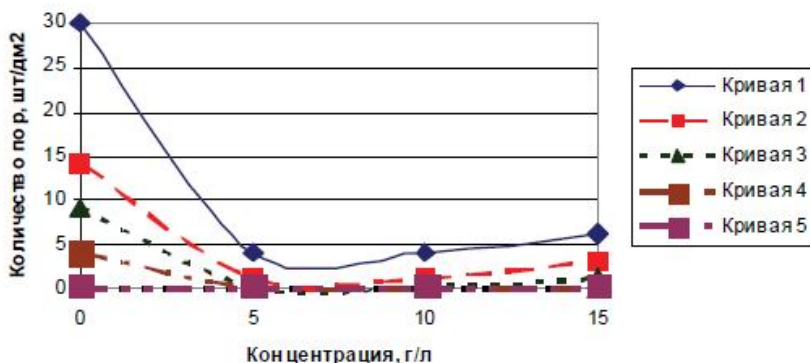


Рис.5. Зависимость количества пор от концентрации Al_2O_3 и толщины покрытия: 1 – толщина 7 мкм; 2 – толщина 12 мкм; 3 – толщина 18 мкм; 4 – толщина 30 мкм; 5 – толщина 45 мкм.

Показано, что в хромовом покрытии, полученном в электролите без нанопорошка (рис. 6,а), поры могут доходить до поверхности основы, а в кластерном покрытии (см. рис. 6,б) поры перекрываются и не доходят до поверхности основы.

На рис.7. представлена зависимость изменения шероховатости от толщины хромового покрытия, полученного из саморегулирующегося электролита хромирования без нанопорошка и содержащего 10 г/л оксида алюминия (температура электролита 62°C , плотность тока 50 А/дм^2), где $\text{DRa} = \text{Ra}_{\text{покр}} - \text{Ra}_{\text{исх}}$. Из рисунка видно, что шероховатость хромового покрытия, полученного в электролите, содержащем нанопорошок, уменьшается, проходя через минимум при толщине покрытия 30 мкм, с дальнейшим ростом толщины покрытия его шероховатость увеличивается незначительно. При толщине покрытия до 70 мкм шероховатость кластерного хромового покрытия ниже или соответствует шероховатости исходного материала. Шероховатость покрытия, полученного в электро-

лите без нанопорошка, монотонно растет и ухудшается на 1-2 класса в зависимости от толщины покрытия.

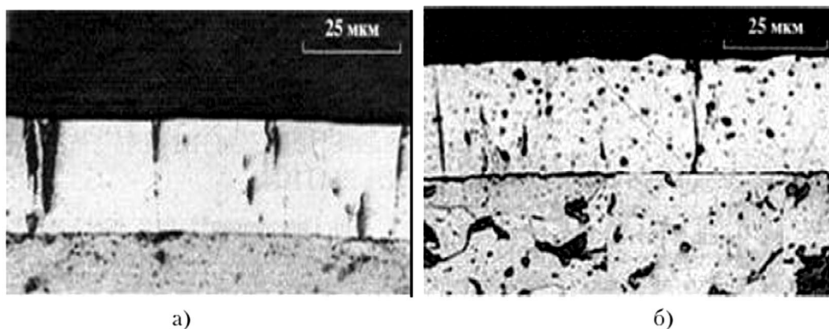


Рис. 6 – Микрофотографии шлифов хромовых покрытий: а – без нанопорошка, б – с нанопорошком Al_2O_3 .

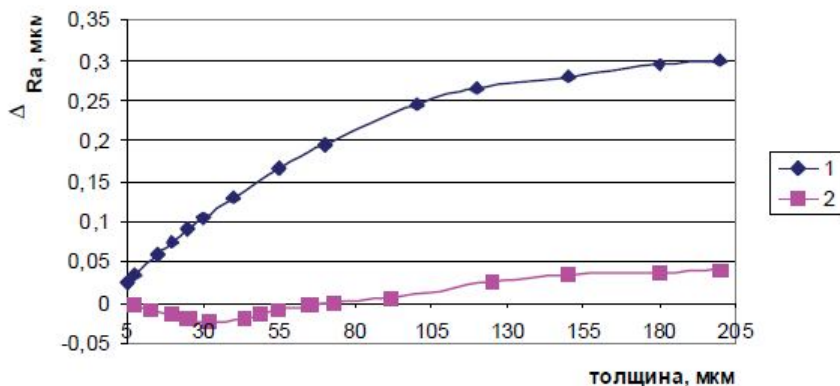


Рис.7. Изменение шероховатости в зависимости от толщины покрытия и наличия нанопорошка оксида алюминия: 1 – электролит без нанопорошка, 2 – электролит с нанопорошком.

Эффект выравнивания и даже уменьшения шероховатости объясняется двумя одновременно происходящими процессами при кластерном хромировании. Экранирование выступов поверхности катода наночастицами, которое тем больше, чем выше электропроводность наночастиц. Максимальное изменение шероховатости ДРа с использованием нанопорошка оксида алюминия составляет 0,025 мкм при электропроводности нанопорошка оксида алюминия 10-5 Ом/м.

Увеличение концентрации нанопорошка над впадинами покрывае-

мой поверхности в результате броуновского движения наночастиц приводит к увеличению количества их ударов о покрываемую поверхность во впадинах и, соответственно, увеличиваются транспортные функции нанопорошка по доставке к покрываемой поверхности ионов хрома, что также увеличивает скорость осаждения покрытия (рис. 8).

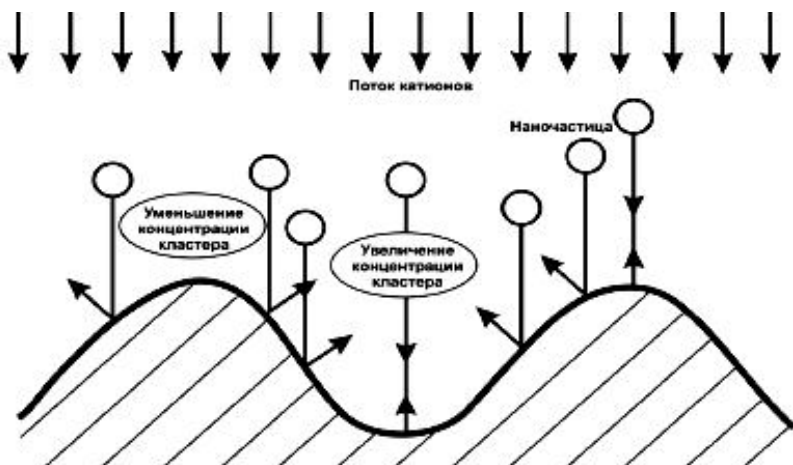


Рис.8. Схема выравнивания шероховатости поверхности при кластерном хромировании.

В результате анализа установлено, что введение нанопорошка оксида алюминия в электролит при хромировании снижает пористость, уменьшает шероховатость покрытия, а также влияет на параметры технологического процесса.

Список использованных источников

1. Богорад Л.Я. Хромирование / Л.Я. Богорад // – Ленинград; Машиностроение, 1984. – 150с.
2. Бейлин Л.А., Назаров Ю.В., Железняк И.И. Ремонт самолетов, вертолетов и авиационных двигателей / Л.А.Бейлин, Ю.В.Назаров, И.И.Железняк // Москва; Транспорт, 1979. – 264с.
3. Тюриков Е.В. Свойства хромовых покрытий, полученных в электролитах, содержащих нанопорошок оксида алюминия. / Е.В. Тюриков, В.В. Семенычев, В.А. Ильин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, Самара 2012, №4 – с.802 – 807.

Анотація

ВПЛИВ ДОБАВОК НАНОПОРОШКА ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ НА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС І ВЛАСТИВОСТІ ХРОМОВОГО ПОКРИТТЯ

Скобло Т.С., Плугатарьов А.В., Мальцев Т.В.

Розглянуто можливість підвищення експлуатаційних властивостей хромованих покриттів шляхом введення в хромовий електроліт нанопорошка оксиду алюмінію.

Abstract

EFFECT OF ALUMINUM OXIDE NANOPOWDER ON THE TECHNOLOGICAL PROCESS AND PROPERTIES OF CHROMIUM COATINGS

T.S. Skoblo, A.V. Plugatarev, T.V. Maltsev.

The possibility of increasing the operational properties of chromium coatings by introducing aluminum oxide nanopowder into chromium electrolyte is considered.