

УПРОЧНЕНИЕ ЭЛЕКТРООСАЖДЕННЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Ni-P-W С ЭКВИАТОМНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ФОСФОРА И ВОЛЬФРАМА В СПЛАВЕ

Покрyтия системы «никель-фосфор» используется в многих отраслях промышленности, таких как машиностроение и судостроение, благодаря своей коррозионной стойкости и твердости [1]. Термообработка покрытия системы Ni-P приводит к его разложению и выделению соединений Ni_3P , а также к увеличению микротвердости до 7 – 8 ГПа [2]. Однако этого часто бывает недостаточно для эффективной защиты деталей от износа. Для дальнейшего упрочнения покрытий необходимо вводить легирующие элементы и оптимизировать процесс термической обработки. В этом аспекте весьма выгодно легирование вольфрамом, поскольку в количествах до 11,8 ат.% он образует твердый раствор в никеле, что позволяет повысить микротвердость синтезированного покрытия.

В литературе информация о процессах формирования интерметаллидов в покрытии при термической обработке ограничивается кристаллизацией Ni_3P в покрытиях с большей либо меньшей концентрацией фосфора относительно содержания вольфрама, однако сведений о фазовом составе и свойствах термоборотанных покрытий с эквивалентным содержанием вольфрама и фосфора нет. В связи с этим, представляет интерес исследовать формирование упрочняющих фаз при равном соотношении фосфора и вольфрама в сплаве системы Ni-P-W, в частности формирование Ni_3P и Ni_4W , которые предположительно могут кристаллизоваться благодаря значительной концентрации вольфрама [3], что потенциально позволит сохранить коррозионную стойкость покрытия при повышенной микротвердости.

Целью данной работы является исследование фазового состава покрытия системы Ni-P-W с эквивалентным содержанием фосфора и вольфрама в сплаве в зависимости от режима термической обработки и его влияние на микротвердость покрытия.

Для синтеза нанокomпозиционного покрытия подобран состав электролита (Таблица 1), позволяющий легировать систему «никель-фосфор» вольфрамом. Известно, что этот процесс затруднен из-за ингибирования процесса восстановления вольфрама атомарным фосфором, который является продуктом восстановления гипофосфита натрия [2], из-за чего сложно получить высокое содержание вольфрама при относительно высоком содержании фосфора.

Таблица 1 – Состав электролита

Соль	NiSO ₄	Na ₃ Cit	Na ₂ WO ₄	NaH ₂ PO ₂	NH ₄ Cl
Концентрация, моль/л	0,1	0,8	0,4	0,01-0,04	0,5

Исследование влияния концентрации гипофосфита в растворе при осаждении из оптимизированного электролита в течение 20 минут на выбранной плотности тока позволило получить равное атомное соотношение фосфора и вольфрама в сплаве (P 9,15 ат.%, W 9,21 ат.%, Ni - остальное) при концентрации 0,01 моль/л гипофосфита натрия в электролите, микротвердость при котором несколько выше (6,34 ГПа) покрытий с другими концентрациями NaH₂PO₂ (рис. 1).

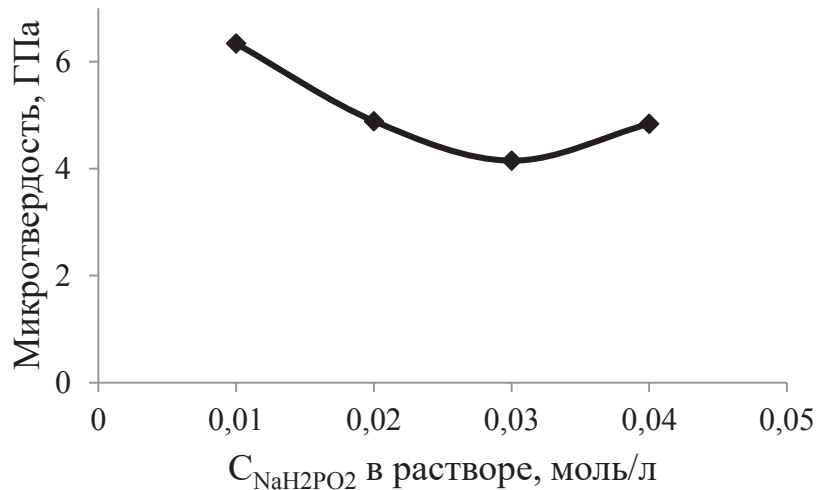


Рисунок 1 - Зависимость микротвердости покрытия системы Ni-P-W до термообработки от концентрации гипофосфита натрия в растворе при осаждении 20 минут, плотности тока 10 А/дм².

Осаждение в течение часа позволяет получить покрытие толщиной 35 мкм, увеличение времени осаждения не влияет на соотношение элементов фосфора и вольфрама в покрытии. С помощью дифференциальной сканирующей калориметрии и рентгеноструктурного анализа изучены фазовый состав сплава. Полученное нетермообработанное покрытие характеризуется аморфной структурой и представляет собой твердый раствор вольфрама и фосфора в никеле.

Последующая термообработка при 350°C положительно сказывается на микротвердости покрытия (после часа отжига 10,5 ГПа), однако фазовый состав не меняется вне зависимости от продолжительности выдержки в печи от 1 до 7,5 часов (рис. 2). С увеличением продолжительности термообработки с часа до 2,5 часов при температуре 350°C микротвердость покрытия возрастает с 10,5 ГПа до 11,6 ГПа,

снижаясь при последующем увеличении выдержки. Вероятно, упрочнение обуславливается формированием наноразмерных кристаллитов твердого раствора. Это характерно для всех исследованных температур.

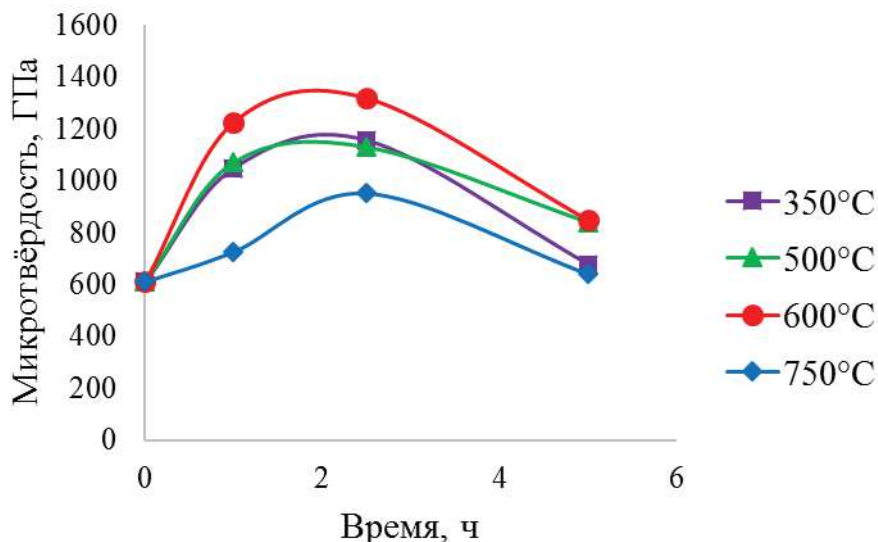


Рисунок 2 - Зависимость микротвердости покрытия системы Ni-P-W с равным атомным соотношением фосфора и вольфрама в сплаве от продолжительности термообработки при различных температурах.

Повышение температуры термической обработки до 500°C и более сопровождается повышением микротвердости исследуемых сплавов Ni-P-W, достигая максимального значения при 600°C (12,28 ГПа за час), за счет кристаллизации упрочняющей фазы Ni₃P. Однако дальнейшее увеличение температуры до 750°C при всех исследованных продолжительностях выдержки снижает микротвердость покрытия (рис. 2), предположительно из-за роста зерна матрицы. После термической обработки при 500°C-750°C в течение 1-5 часов фазовый состав покрытий представлен только твердым раствором фосфора и вольфрама в никеле и Ni₃P. Помимо Ni₃P упрочняющих фаз после термообработки на всех исследованных режимах не наблюдается. Наибольшая микротвердость достигается при режиме термообработки - 600°C в течение 2,5 часов и составляет 13,2 ГПа. По-видимому, весь вольфрам остается в форме твердого раствора в никеле и наблюдаемое упрочнение покрытия обусловлено формированием композита из Ni₃P и твердого раствора вольфрама в никеле.

Проведенные исследования показывают, что электрохимические покрытия системы Ni-P-W с эквивалентным содержанием фосфора и вольфрама в сплаве обладают повышенной микротвердостью после термической обработки. Достигнутая микротвердостью сплава значи-

тельно превосходит покрытия системы Ni-P, а также покрытия типа “хром твердый”, что делает их перспективными для использования в судостроении, например, в парах трения или для комплексной защиты деталей машин от коррозии и износа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковенский И.М. Отжиг электроосаждённых металлов и сплавов. Тюмень: ТюмГНГУ, 1995. – 92 с.
2. Красиков А.В. Влияние концентрации гипофосфита натрия в пирофосфатном электролите на состав и свойства электроосажденных покрытий Ni-P // Вопр. материаловедения. – 2017. – №1(89). – С. 123–129.
3. Лякишев Н.П. [и др.] Диаграммы состояния двойных металлических систем: справочник: в 3 т.: Т. 3. Кн. 1 / под ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение. – 2001. – 872 с.

УДК 620+665

Ш.Р. Алиева, Г.А. Кодирова,
С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов
Институт химии им В.Н. Никитина НАНТ,
г. Душанбе, Республика Таджикистан

ЭМУЛЬСИОННЫЕ НАНО- И МИКРОКАПСУЛЫ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ЛАКТОГЛОБУЛИНОМ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ И ЯБЛОЧНЫМ ПЕКТИНОМ

Растет интерес к использованию биоактивных компонентов, выделенных из растительных источников, в функциональных пищевых продуктах, и фармацевтических препаратах [1-3]. Утверждается, что многие из этих биоактивных фитохимических веществ способствуют улучшению здоровья и благополучию человека, повышая физическую и/или умственную работоспособность. Кроме того, они хорошо известны своим широким спектром полезных действий, включая антиоксидантное, противовоспалительное, антимикробное, противораковое, противовирусное и ранозаживляющее действия, что могут стать функциональными пищевыми добавками [1-4]. Некоторые другие биоактивные фитохимические вещества, например, проявляют многообещающую противораковую фармакологическую активность [1].

Однако многие БАВ нерастворимы в воде и очень чувствительны к стрессам окружающей среды во время обработки и хранения, таким как тепло, свет и кислород воздуха, что ограничивает их применение в