

- а- цинковое покрытие полученное в смеси № 3;
- б- цинковое покрытие полученное в смеси № 2;
- в- цинковое покрытие полученное в смеси № 4;
- г- цинковое покрытие полученное в смеси № 1

Рис 1-Образцы болтов с полученным цинковым покрытием в различных по составу порошковых смесях

Таким образом, проведенные эксперименты позволили установить, что гартцинк можно использовать для цинкования термодиффузионным методом. Дальнейшая разработка технологий нанесения цинкового покрытия на базе смесей, содержащих гартцинк, позволит не только расширить применение этого метода, но и обеспечить рециклинг цинка в промышленный оборот.

УДК 621.793

Модифицирование микротвердости поверхности сталей марок Ст3, 45, 40Х ионноассистированным нанесением металлосодержащих (Ti) покрытий

Студент гр. 10 Понятовский М.Д.

Научный руководитель – Бобрович О.Г.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является изучение микротвердости поверхности сталей Ст3, 45, 40Х, модифицированных ионно-ассистированным нанесением металлосодержащих (Ti) покрытий в различных технологических условиях.

Эксперименты по ионно-ассистированному осаждению металлосодержащих покрытий проводились с использованием вакуумного резонансного плазменно-дугового источника, который одновременно генерирует как нейтральный поток частиц, так и поток положительных ионов. Образцы для нанесения покрытий методом ионно-ассистированного осаждения изготавливались из сталей марок Ст3, 45 и 40Х в виде цилиндров толщиной 5 мм и диаметром 10 мм, которые шлифовались на наждачном круге разной зернистости, а затем подвергались полированию с применением окиси хрома и алмазных паст. Перед ионно-ассистированным нанесением покрытий поверхность очищалась, используя методику ионно-плазменного распыления в атмосфере аргона. Затем на подготовленные образцы-подложки наносились металлосодержащие покрытия титана при интегральных потоках ассистирующих ионов от $1,8 \times 10^{16}$ до $3,1 \times 10^{16}$ см⁻², энергия которых составляла 15 кэВ. Вакуум в мишенной камере при нанесении покрытий составлял $\sim 10^{-2}$ Па. Рассчитанные скорости осаждения тонких металлосодержащих покрытий составляли от 0,3 до 0,9 нм/мин.

Измерение микротвердости поверхности сталей, модифицированных и исходных, проводилось на приборе ПМТ-3 методом Виккерса. Нагрузка на алмазную пирамиду составляла 100 гс. Проводили 15 измерений диагонали отпечатка алмазной пирамиды на одном образце, по которым рассчитывали среднее значение микротвердости \bar{H}_μ и погрешность измерения $\Delta H_{\mu сл.}$. Чтобы исключить влияние масштабного эффекта, относительное изменение микротвердости модифицированных образцов определялось для одинаковых глубин проникновения индентора.

Сравнительные данные об изменении микротвердости сталей разного состава, модифицированных ионами титана различными интегральными потоками, приведены в таблице.

Приведенные в таблице результаты свидетельствуют о том, что при нанесении металлосодержащих (Ti) покрытий в условиях ассистирования ионами Ti⁺ на стали разных марок, достигается увеличение относительного изменения твердости по мере усиления ее легирования углеродом и далее хромом (рис.). Отчасти данный эффект можно связать с наличием в исходных образцах легирующей примеси, которая совместно, наряду с имплантированным титаном, способствует закреплению дислокаций, образующихся в процессе

испытаний образцов на твердость. Анализируя числа микротвердости для исходных и модифицированных образцов, необходимо отметить, что в пределах одного образца микротвердость отдельных фаз и зерен может изменяться на ~70 процентов. Это свидетельствует о неоднородности модифицированной поверхности, наличии на ней различных фаз (например, силицидов или карбидов) с различной микротвердостью.

Таблица – Числа микротвердости H_{μ} исходных образцов сталей и сталей, модифицированных нанесением металлосодержащего покрытия в условиях ассистирования ионами Ti^{+}

Марка стали	Ст3		45		40X		
Образец	исходный образец	доза $1,8 \cdot 10^{16}$ см ⁻²	исходный образец	доза $1,8 \cdot 10^{16}$ см ⁻²	исходный образец	облучен. $1,8 \cdot 10^{16}$ см ⁻²	доза $3,1 \cdot 10^{16}$ см ⁻²
\bar{H}_{μ} , МПа	1494	1682	1969	2638	2709	3923	5222
ΔH_{μ} сл., МПа	97	95	97	139	151	284	511
ε , %	7	6	5	5	6	7	10
$\frac{\bar{H}_{\mu}^{obl} - \bar{H}_{\mu}^{исх}}{\bar{H}_{\mu}^{исх}}$, %	—	13	—	34	—	45	93

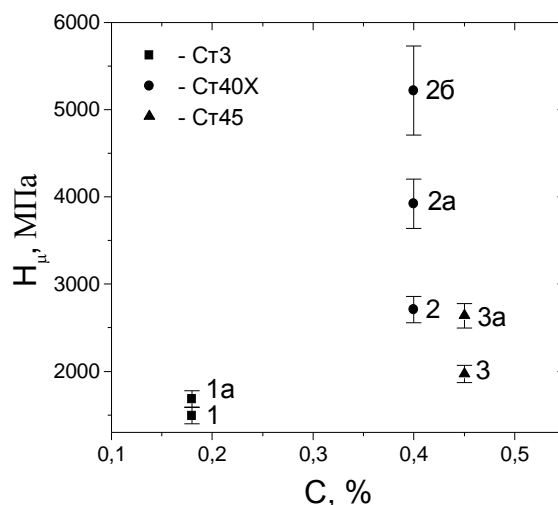


Рисунок – Зависимость микротвердости от содержания углерода в стали разных марок, модифицированных нанесением металлосодержащего покрытия в условиях ассистирования ионами Ti^{+} при различных интегральных потоках (а – $1,8 \cdot 10^{16}$ см⁻², б – $3,1 \cdot 10^{16}$ см⁻²). Исходные образцы: 1 – сталь Ст3, 2 – сталь 40X, 3 – сталь 45.

Облученные образцы: 1а – сталь Ст3, 2а и 2б – сталь 40X, 3а – сталь 45.

Из анализа приведенных в таблице и на рисунке данных следует, что при сравнимых интегральных потоках ассистирующих ионов титана относительное изменение твердости больше у стали марки 40X (~45 %), в то время, как для стали марки 45 увеличение твердости составляет ~30 %, а в Ст3 всего ~10 %. Результаты, полученные при изучении прочностных характеристик модифицированных сталей, отражают существенное увеличение микротвердости стали при различных интегральных потоках ассистирующих ионов титана. Так увеличение интегрального потока ассистирующих ионов Ti^{+} до $3,1 \cdot 10^{16}$ см⁻² для стали 40X относительное изменение микротвердости составляет уже ~90 %. Мы объясняем это тем, что с возрастанием интегрального потока ассистирующих ионов, увеличивается время осаждения покрытий, а следовательно и толщина нанесенного покрытия. Поэтому происходит возрастание объемной доли упрочняющих фаз в покрытии, что приводит к возрастанию микротвердости модифицированной поверхности стали.

Для определения оптимальных условий модифицирования стали разных марок для увеличения микротвердости их поверхности необходимы дальнейшие исследования, в том числе определение микротвердости при меньших нагрузках на алмазную пирамиду, анализ зависимости микротвердости образца от глу-

бины проникновения индентора, дальнейший анализ влияния дозы облучения на микротвердость образца, а также изучение элементного состава покрытий и глубинного распределения элементов, как в покрытии, так и в подложке.

УДК 621.35.035.22

Композиционные электроды на основе углеродных материалов для химических источников тока

Студентка 5 курса 12 группы ХТиТ Валуй А.А., студентка 4 курса 11 группы Мороз Е.М.
Научные руководители – Иванова Н.П., Жилинский В.В.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

В настоящее время наиболее перспективными источниками тока для электронной техники, автомобильного и железнодорожного транспорта являются кислородно-водородные или воздушно-водородные топливные элементы (ТЭ). По сравнению с другими кислородно(воздушно)-водородные ТЭ обладают более высокими удельными характеристиками, длительным ресурсом эксплуатации. Принципиальные улучшения характеристик вышеперечисленных источников тока осуществляются путем применения новейших достижений нанотехнологии в области синтеза нанокатализаторов для электродных материалов.

Целью научной работы является исследование композиционных электродов на основе углеродных материалов для кислородно- или воздушно-водородных ТЭ. В качестве возможных материалов для водородного электрода исследовали гладкий графит МПГ, никель с пористостью 15, 20, 45 %, спеченный губчатый никель, электрод из стальной сетки X18H10T, электроды на основе стальной сетки с электрохимически нанесенными никелевыми покрытиями, содержащими углеродные наноматериалы (УНМ). Электрохимическое осаждение композиционного покрытия никель-УНМ на стальной сетке осуществляли в электролите никелирования состава (г/л): $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 320; $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 55; H_3BO_3 – 40; RADO 2 – 2–3 $\text{см}^3/\text{дм}^3$; RADO 057M – 3–6 $\text{см}^3/\text{дм}^3$; УНМ – 0,5. Параметры электролиза соответствуют ГОСТу для осаждения композиционных покрытий. Габаритная плотность тока составляла 4 $\text{А}/\text{дм}^2$, время электролиза 2,5 ч.

Электрохимические исследования электродных материалов проводили при помощи потенциостата ПИ 50-1.1 с программатором напряжений Пр-8. Для автоматической регистрации зависимости $i = f(E)$, использовался двухкоординатный графопостроитель, показания которого оцифровывали при помощи ЭВМ. Исследования проводили в 40% NaOH при площади электродов 1,5–4 см^2 . В качестве противоиэлектрода использовали электрод, изготовленный из стальной сетки X18H10T. I, E-кривые для исследуемых материалов получены в потенциодинамическом режиме без зарядки при скоростях развертки потенциала $v = 100$ мВ/с, $v = 50$ мВ/с, $v = 20$ мВ/с. Измерения потенциалов проводили с помощью хлорсеребряного насыщенного электрода сравнения при комнатной температуре. В последующем все значения потенциалов пересчитывали относительно нормального водородного электрода. Циклические вольт-амперные кривые для электрода сталь X18H10T(сетка)–Ni(85%)–УНМ (15%) показаны на рисунке 1, данные занесены в таблицу 1.

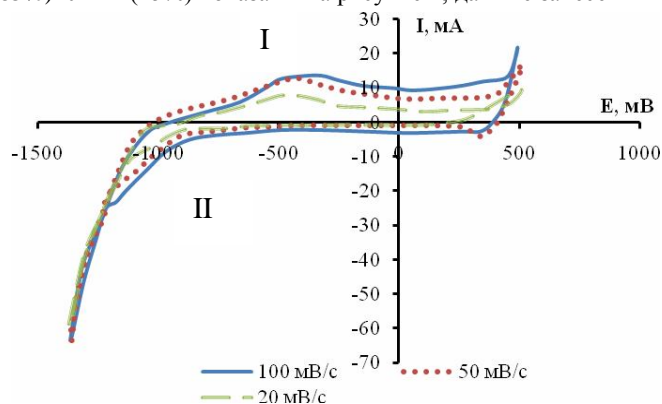


Рисунок 1 – I, E кривые для электрода – сталь X18H10T(сетка)–Ni(85%)–УНМ (15 %) в 40 % NaOH при разных скоростях развертки потенциала