

УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО НАГРЕВА

**Нисс В.С.¹, Алексеев Ю.Г.¹, Королёв А.Ю.¹, Калиниченко А.С.²,
Будницкий А.С.¹, Сенченко Г.М.¹**

- 1). Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
- 2). Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

В качестве альтернативы существующим методам упрочнения поверхности титана и титановых сплавов предложен метод электрохимико-термической обработки – электролитно-плазменный нагрев в азот- или углеродсодержащем электролите с последующей закалкой путем отключения рабочего напряжения. При подаче напряжения в диапазоне 100–300 В на электрохимическую ячейку, вокруг заготовки происходит локальное вскипание жидкости за счет выделения джоулева тепла. В этих условиях электролит вблизи поверхности заготовки разогревается до температуры кипения и обрабатываемая заготовка, оказываясь отделенной от основной массы электролита, разогревается до температур 400–1100 °С. Высокие температуры заготовки позволят проводить насыщение поверхности атомами легких элементов, содержащихся в веществах-донорах, растворенных в электролите. Наличие в электролите углеродсодержащих и азотсодержащих компонентов обуславливает определенный углеродный или азотный потенциал парогазовой оболочки, в результате чего становится возможной химико-термическая обработка. В условиях электролитно-плазменного нагрева интенсифицируются диффузионные процессы, что позволит значительно сократить время химико-термической обработки до 5–10 мин.

Преимуществами такого метода перед другими существующими методами термической обработки является высокая скорость нагрева заготовки (до 250 °С/с), а также высокая скорость диффузионного насыщения (до 100 мкм/мин). Кроме того, применение электролитно-плазменного нагрева позволяет сформировать на поверхности защитный оксидный слой, обеспечивающий дополнительное повышение коррозионной стойкости.

В работе установлены закономерности формирования микроструктуры поверхностного слоя титана при цементации с применением электролитно-плазменного нагрева. Для исследований использовались цилиндрические образцы из титана ВТ1 диаметром 2 мм длиной 40 мм. В качестве основного компонента электролита, обеспечивающего его электропроводность, использовался раствор хлорида аммония концентрацией 10 %. В качестве донора углерода в электролит

добавлялся глицерин (5–10%). Температура электролита поддерживалась в пределах 20 ± 3 °С. Напряжение обработки составляло 150, 175 и 200 В. Продолжительность обработки образцов – 10 мин.

На рисунке 1 представлены зависимости, характеризующие распределение микротвердости $HV_{0,1}$ в поверхностном слое образцов после цементации при различных значениях рабочего напряжения. При напряжении 150–175 В происходит незначительное увеличение микротвердости (на 30–100 HV). При напряжении 200 В увеличение микротвердости является более существенным. Так, при концентрации глицерина 10 % микротвердость на глубине 50 мкм от поверхности составила 512 HV. Причем упрочнение наблюдается по всей исследуемой глубине поверхностного слоя (до 500 мкм).

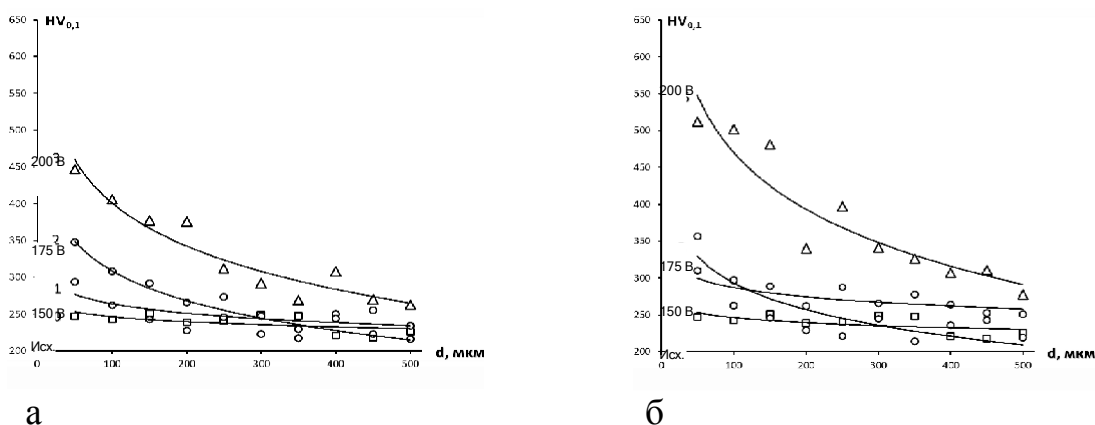


Рисунок 1 – Распределение микротвердости в поверхностном слое после цементации при концентрации глицерина 5% (а) и 10% (б)

На рисунке 2 представлены фотографии микроструктуры поверхностного слоя после цементации в электролите с содержанием глицерина 10 %. Электролитная-плазменная модификация при напряжении 150–175 В приводит к формированию равноосной структуры, состоящей из α -фазы. В поверхностном слое, наиболее насыщенном углеродом (толщиной около 50 мкм), наблюдается увеличение зёрен в 2–3 раза относительно основы. Увеличение напряжения до 200 В ведёт к формированию пластинчатой структуры, представляющей собой α' -фазу – мартенсит, полученный после быстрого охлаждения титана VT1 с температуры, превышающей температуру полиморфного превращения.

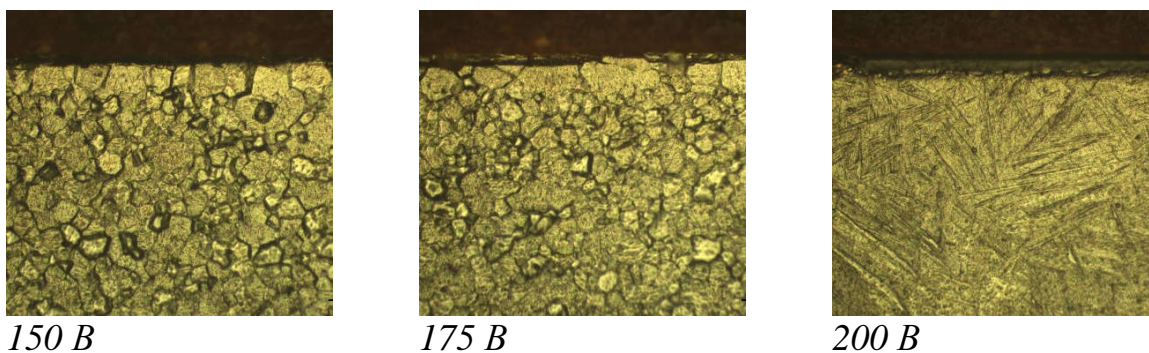


Рисунок 2 – Микроструктура образцов после цементации