

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРОЛИТА НА ТВЕРДОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА ПРИ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОМ УПРОЧНЕНИИ

Иванов А.И., Королёв А.Ю.

Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

Минск, Республика Беларусь

В работе выполнялись исследования влияния температуры электролита на твердость и коэффициент трения поверхности образцов после электролитно-плазменной нитроцементации (ЭПНЦ). Для экспериментов в качестве образцов использовались пластины из технически чистого титана VT1 размерами 10×20×1 мм. В качестве электролита был выбран водный раствор хлорида аммония (10 %), аммиака водного (5 %) и глицерина (10 %). В процессе экспериментов температура электролита устанавливалась равной 20, 30 и 40 °С. Заданный уровень температуры поддерживался системой охлаждения рабочей установки, включающей чиллер, теплообменник и барботер. Величина рабочего напряжения выбиралась таким образом, чтобы обеспечить нагрев образцов до температуры 900–950 °С. После окончания процесса ЭПНЦ образцы не извлекаясь из электролита охлаждались в нем.

Следует отметить, что после ЭПНЦ на поверхности обрабатываемых образцов формируется оксидный слой, а в их поверхностном слое формируется диффузионный слой, который состоит из двух выраженных зон – карбонитридного слоя и расположенного под ним упрочненного подслоя. По этой причине для оценки результатов нитроцементации оксидный слой предварительно удалялся с поверхности образцов.

Микротвердость поверхности измерялась при помощи микротвердомера AFFRI MVDM8. В качестве индентора использовалась алмазная пирамида, нагрузка составляла 200 г, а время под нагрузкой – 15 с. Исследование износостойкости поверхности выполнялось на трибометре FT-3 фрактологическим методом исследования дорожки износа. Для этого образец фиксировался в держателе трибометра таким образом, чтобы обеспечить его плотное и стабильное размещение в рабочей зоне. Контрольный образец (шар из нитрида кремния), контактирующий с тестируемым образцом, устанавливается на подвижной элемент устройства. Испытания проводились при следующих параметрах:

- нагрузка – 220 г;
- скорость прохода – 2900 мм/мин;
- длина дорожки – 6 мм;
- расстояние – 200 м.

В ходе испытаний регистрировались значения силы трения и изменения нагрузки, на основании которых определялся коэффициент трения. Результаты проведенных измерений представлены на рисунке 1.

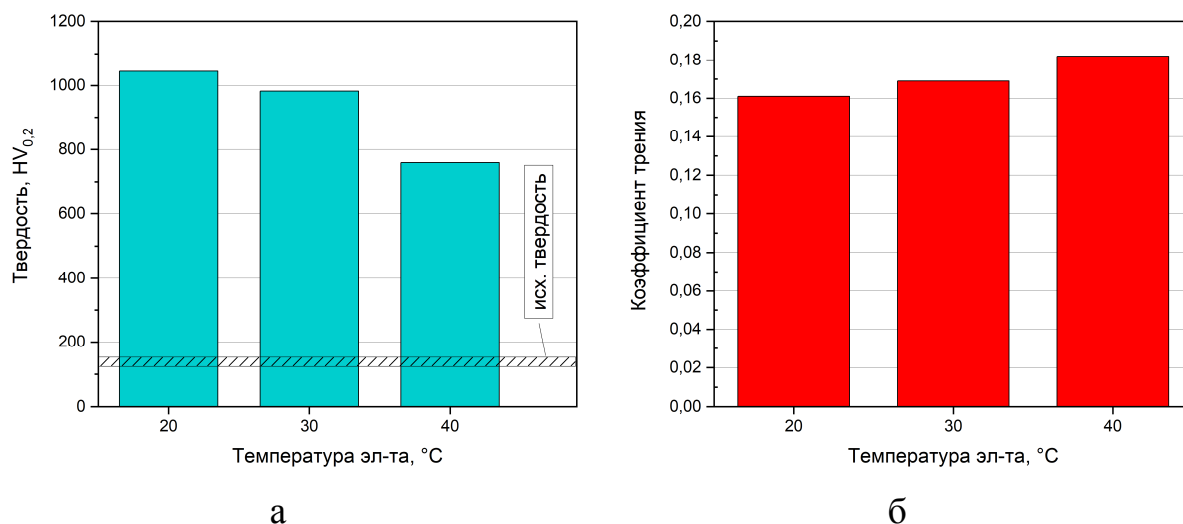


Рис. 1 – Твердость (а) и значение коэффициента трения (б) поверхности образцов после ЭПНЦ при различной температуре электролита

Было установлено, что после ЭПНЦ твердость поверхности существенно возрастает. Так, твердость упрочненной поверхности увеличивается в 5–7 раз по сравнению с исходным состоянием (с 140–165 HV до 759–1045 HV). Максимальные значения твердости зафиксированы при температуре электролита 20 °С, тогда как минимальные – при 40 (различие составляет 27 %). Обработка при 30 °С обеспечивает результаты, сопоставимые с упрочнением при 20 °С. В этом случае твердость достигает 982 HV, что лишь на 6 % ниже значения, получаемого при 20 °С. Схожие результаты получены при анализе изменения коэффициента трения. Проведение ЭПНЦ приводит к его снижению в 3–3,5 раза по сравнению с исходным значением. При температуре электролита 20 °С его значение равно 0,161, при 30 °С – 0,169, при 40 °С – 0,182. Разница между получаемыми значениями менее выражена по сравнению с изменением твердости поверхности и составляет 7,5 % между 20 и 40 °С и 5 % – между 20 и 30 °С.

Таким образом, по результатам анализа полученных данных можно сделать вывод, что оптимальная температура электролита для осуществления процесса ЭПНЦ находится в диапазоне 20–30 °С. Превышение указанного интервала температур приводит к снижению скорости и интенсивности диффузии атомов углерода и азота в поверхностные слои титана и, тем самым, снижает максимально достижимое значение твердости. Что касается коэффициента трения, температура электролита не оказывает столь выраженного влияния на его величину как в случае твердости. Тем не менее, при выходе за пределы температуры 20–30 °С достигаемые значения коэффициента трения оказываются несколько выше по сравнению с результатами, полученными в указанном интервале температур.