

УПРОЧНЕНИЕ ТИТАНА ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫМ БОРОАЛИТИРОВАНИЕМ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКОЙ

Карпий С. В., Будовских Е. А., Иванов Ю. Ф., Громов В. Е.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия
budovskih_ea@physics.sibsiu.ru

Электровзрывное легирование (ЭВЛ) состоит в изменении структурно-фазовых состояний и свойств металлов и сплавов путем оплавления и насыщения поверхности импульсной плазменной струей, сформированной из продуктов электрического взрыва проводников. Обладая рядом достоинств, плазменные способы поверхностного легирования, и в частности ЭВЛ, приводят к формированию резких градиентов по глубине зоны легирования и на границе с зоной термического влияния, сопровождаются незавершенностью структурно-фазовых превращений. В случае ЭВЛ ограничения области его возможного практического использования связаны также с формированием высококоразвитого рельефа поверхности. Анализ состояния проблемы показывает, что ее решение в случае ЭВЛ возможно при использовании дополнительной электронно-пучковой обработки (ЭПО) поверхности обработки. Вместе с тем, работы, выполненные в настоящее время по изучению результатов совместного использования ЭВЛ и ЭПО, еще не позволяют выработать развитые модельные представления о процессах и механизмах упрочнения. Целью настоящей работы было установление закономерностей влияния ЭПО на рельеф поверхности, строение и структурно-фазовые состояния и свойства зоны ЭВЛ технического титана после электровзрывного бороалитирования.

В результате выполнения работы показано, что ЭПО поверхности электровзрывного бороалитирования приводит к сглаживанию рельефа, образованного вследствие оплавления поверхности, конвективного перемешивания расплава под давлением плазменной струи, конденсации на поверхности из тыла струи капельного компонента продуктов взрыва алюминиевой фольги и частиц порошка аморфного бора, вводимого в струю при обработке. Происходит залечивание микротрещин и микропор. Сканирующая электронная микроскопия поперечных шлифов показала, что по глубине зоны комбинированного воздействия располагаются три слоя, закономерно связанные друг с другом: приповерхностный слой, граница которого определяется глубиной ЭПО; промежуточный слой с измененным фазовым составом, вызванным ЭВЛ; слой термического влияния, в котором упрочнение достигается вследствие структурно-фазовых изменений основы сплава. Общая глубина зоны воздействия при электровзрывном бороалитировании и последующей ЭПО составляет 60 мкм. При этом тонкий нанокompозитный слой вблизи поверхности обработки и тонкий наноструктурный слой на границе с основой, характерные для ЭВЛ, не обнаружены. Установлено, что упрочнение достигается вследствие формирования многофазной структуры, содержащей нано- и микрокристаллические частицы интерметаллидов системы титан–алюминий, а также бориды алюминия и титана различной морфологии. Исследования позволили определить режимы комбинированной обработки технически чистого титана, приводящие к кратному повышению функциональных свойств. После электровзрывного бороалитирования и последующей ЭПО микротвердость поверхности возрастает в пять, а износостойкость в условиях сухого трения скольжения в семь раз по сравнению с исходным состоянием.

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (гос. контракт № П332), Аналитической ВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» на 2009–2010 гг. (проект 2.1.2/546).