

ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ6 МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО НАУГЛЕРОЖИВАНИЯ С ОКСИДОМ ЦИРКОНИЯ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ

С.В. Райков, Т.Ю. Кобзарева, Е.С. Ващук,

Е.А. Будовских, В.Е. Громов

Сибирский государственный индустриальный университет,
654007, ул. Кирова, 42, Новокузнецк, Россия, тел. 8-3843-46-22-77,
e-mail: vaschuk@bk.ru

Методами сканирующей микроскопии изучена структура поверхностных слоев титанового сплава ВТ6 после электровзрывного науглероживания совместно с оксидом циркония и последующей электронно-пучковой обработки. Показано, что формируется субмикро- и микрокристаллическая структура.

Введение

Одним из новых методов упрочнения является электровзрывное легирование (ЭВЛ) [1], заключающееся в модификации структуры и свойств металлов и сплавов путем формирования при электрическом взрыве проводников многофазной плазменной струи, оплавлении ею упрочняемой поверхности и насыщении расплава продуктами взрыва с последующей самозакалкой. Результаты ЭВЛ определяются совместным влиянием на упрочняемую поверхность теплового, силового и химического факторов обработки. Источником легирующих элементов при ЭВЛ является многофазная струя продуктов взрыва, а также порошковые частицы различных веществ, вводимые в область взрыва. Дополнительное улучшение свойств поверхности после ЭВЛ возможно при последующей электронно-пучковой обработке (ЭПО) [2], вызывающей импульсно-периодическое переплавление поверхности легирования. Вместе с тем, процессы формирования структуры и свойств поверхностных слоев металлов и сплавов при ЭВЛ и последующей ЭПО изучены недостаточно.

Целью настоящей работы является изучение поверхностных слоев титанового сплава ВТ6 методом электровзрывного науглероживания с оксидом циркония и последующей электронно-пучковой обработки.

ЭВЛ проводили на лабораторной установке ЭВУ 60/10. В качестве взрывающего проводника использовали углеграфитовое волокно, закрепляемое на электродах плазменного ускорителя коаксиально-торцевого типа. В область взрыва вводили порошковую навеску оксида циркония. Режимы обработки обеспечивали поглощаемую плотность мощности q_p , равную $6,5 \text{ ГВт/м}^2$. Взрываемые углеграфитовые волокна имели массу, равную 140 мг. В области взрыва размещали порошок оксида циркония массой 50 мг. Последующую ЭПО поверхности легирования осуществляли на установке Института силовоточной электроники СО РАН «Соло». Плотность энергии E_s составляла 45 и 60 Дж/см^2 , длительность импульсов $\tau = 100$; частота их следования $f = 0,3 \text{ Гц}$; число импульсов $N = 10$ имп. Обработку осуществляли в среде аргона рабочей камеры при давлении $0,02 \text{ Па}$. ЭВЛ и ЭПО имеют сопоставимые

значения поглощаемой плотности мощности, глубины и диаметра зоны воздействия на облучаемую поверхность.

Исследования структуры упрочненных слоев проводили с использованием электронной сканирующей микроскопии (LEO EVO 50).

Основная часть

Исследования поверхности облучения показали, что обработка образца электронным пучком приводит к формированию поликристаллической структуры, размер зерен которой существенно зависит от плотности энергии пучка электронов. Облучение электронным пучком при плотности энергии пучка электронов 45 Дж/см^2 сопровождается формированием структуры, размер зерен которой изменяется в весьма широких пределах, а именно, от 3 мкм до 60 мкм (рис. 1, а). После облучения электронным пучком при плотности энергии пучка электронов 60 Дж/см^2 в поверхностном слое формируется мелкозернистая структура, размер зерен которой изменяется в пределах от 1 мкм до 6 мкм (рис. 1, б).

Как правило, зерна близкого размерного уровня группируются в области: при плотности энергии пучка электронов 45 Дж/см^2 группы мелких зерен размерами 3...5 мкм располагаются в стыках более крупных (40...60 мкм) зерен (рис. 1, а); при плотности энергии пучка электронов 60 Дж/см^2 группы крупных зерен (4...6 мкм) располагаются в объеме зерен малого размера (1...2 мкм) (рис. 1, в). Можно предположить, что при первом режиме облучения в поверхностном слое титана реализуются условия, способствующие протеканию процесса динамической рекристаллизации (зарождение мелких зерен в стыках границ крупных зерен). Увеличение плотности энергии пучка электронов до 60 Дж/см^2 при равных остальных параметрах пучка электронов приводит к протеканию процесса, подобного процессу собирательной рекристаллизации. В объеме зерен, независимо от плотности энергии пучка электронов, выявляется субструктура, характерный размер элементов которой изменяется в пределах от 0,35 мкм до 0,45 мкм (рис. 1, г, д).

Особенностью структуры поверхности электровзрывного легирования, формирующейся после электронно-пучковой обработки при плотно-

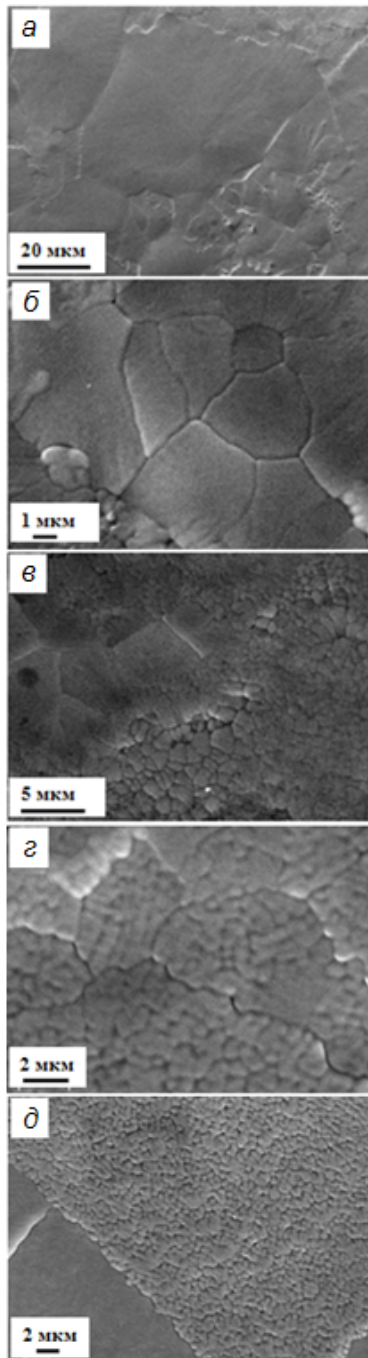


Рис. 1. Структура поверхности сплава ВТ6 после электровзрывного науглероживания совместно с оксидом циркония и последующей электронно-пучковой обработки при E_s , равной 45 Дж/см² (а, г, д) и 60 Дж/см² (б, в)

сти энергии пучка электронов 45 Дж/см², является присутствие островков с глобулярной структурой.

FORMATION OF SURFACE LAYERS OF TITANIUM ALLOY BT6 BY ELECTROEXPLOSIVE CARBURIZING WITH OKSIDOM ZIRCONIUM AND THE SUBSEQUENT ELECTRON-BEAM TREATMENT

S.V. Raykov, T. Kobzareva, E.S. Vaschuk, E.A. Budovsky, V.E. Gromov
Siberian State Industrial University, 654007, ul. Kirov, 42, Novokuznetsk, e-mail: vaschuk@bk.ru

By scanning microscopy to study the structure of the surface layers of titanium alloy BT6 electroexplosive after carburizing with zirconium oxide and subsequent electron-beam processing. It is shown that formed submicro- and microcrystalline structure.

Размеры глобул изменяются в пределах от 0,35 мкм до 1,5 мкм (рис. 2, а). В обратно отраженных электронах данные глобулы имеют более светлый контраст, по отношению к окружающему материалу (рис. 2, б). Это позволяет заключить, что данные глобулы обогащены цирконием и могут являться частицами порошка окиси циркония, используемого при электровзрывном легировании. Увеличение плотности энергии пучка электронов до 60 Дж/см² приводит к формированию структуры, в которой подобные глобулы не обнаруживаются. Следовательно, увеличение плотности энергии пучка электронов способствует повышению однородности распределения циркония в поверхностном слое.

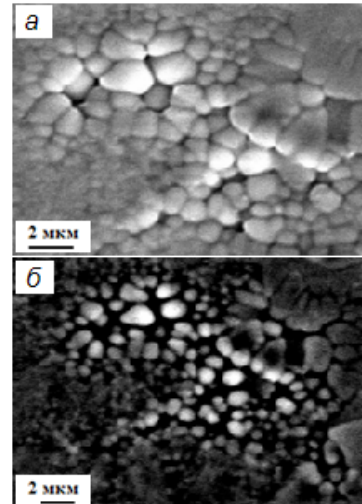


Рис. 2. Структура поверхности сплава ВТ6 после электровзрывного науглероживания совместно с оксидом циркония и последующей электронно-пучковой обработки при $E_s=45$ Дж/см²; изображение (б) получено в обратно отраженных электронах

Заключение

Таким образом, электровзрывное легирование и последующая электронно-пучковая обработка титанового сплава ВТ6 приводят к формированию плотных, с зеркальным блеском поверхностных слоев, обладающих субмикро- и наноразмерной кристаллической структурой.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (проекты № 11-02-91150-ГФЕН-а, № 11-02-12091-офим-2011) и госзадания Минобрнауки №2.4807.2011.

Список литературы

1. Багаутдинов А.Я., Будовских Е.А., Юванов Ю.Ф., Громов В.Е. Физические основы электровзрывного легирования металлов и сплавов. – Новокузнецк: СибГИУ, 2007. – 301 с.