

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ОБЖАТИЯ РОТАЦИОННОЙ КОВКОЙ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Zr–Nb СПЛАВА

Рогачев С.О.^{1,2}, Андреев В.А.^{2,3}, Кузнецова А.С.¹, Горшенков М.В.¹,
Тен Д.В.¹, Щербаков А.Б.⁴

¹НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия

²ИМЕТ РАН, г. Москва, Россия

³ООО «Промышленный центр МАТЭК-СПФ», г. Москва, Россия

⁴ООО «ЗД-КОМПОНЕНТ», г. Волгодонск, Россия

rogachev.so@misis.ru

Для улучшения комплекса механических свойств биоинертного циркониевого сплава Zr–2.5% Nb (Э125) использован один из методов большой пластической деформации – ротационная ковка.

Прутки сплава в состоянии поставки перед ротационной ковкой подвергали рекристаллизационному отжигу. Ротационную ковку прутков с начального диаметра 12 мм до конечного диаметра 6.5 мм осуществляли при температуре 200 °С на модернизированной двухбойковой ротационно-ковочной машине В2129.01.

Электронно-микроскопические исследования структуры проводили на тонких фольгах с помощью электронного микроскопа JEM-1400 (JEOL). Испытание на растяжение миниатюрных разрывных образцов с длиной и шириной рабочей части 5 мм и 1.4 мм, соответственно, и толщиной 0.5 мм, вырезанных электроэрозионным методом из прутков до и послековки, проводили при комнатной температуре с помощью машины INSTRON 5966 и специальных переходников.

Показано, что отжиг привел к полной рекристаллизации сплава с формированием равноосных зерен размером 1–4 мкм с малой плотностью дислокаций. В структуре сохраняются строчки частиц β -Nb, существовавшие в структуре сплава в состоянии поставки.

В результате обжатия ротационной ковкой рекристаллизованного прутка с диаметра 12 мм на диаметр 8.5 мм в нем сформировалась сильно неоднородная ультрамелкозернистая структура с высокой плотностью дислокаций и преобладанием малоугловых разориентировок структурных элементов. В структуре выявлены немногочисленные кристаллиты с большеугловой разориентировкой нано- и субмикронных размеров. Дальнейшее обжатие на диаметр 6.5 мм привело к увеличению доли таких кристаллитов, а также к вытягиванию слаборазориентированных структурных элементов, т.е. к ярко выраженной направленности структуры.

Формирование подобной структуры в сплаве Zr–2.5% Nb в результате ротационнойковки привело к существенному повышению его прочностных характеристик при растяжении по сравнению с рекристаллизованным состоянием. Так, условный предел текучести и предел прочности прутка диаметром 8.5 мм выше в 2 и 1.5 раза, соответственно, по сравнению с рекристаллизованным сплавом. При этом относительное удлинение находится на высоком уровне и составляет 16%. Дальнейшая ротационная ковка на диаметр 6.5 мм приводит к еще большему повышению прочности: условный предел текучести и предел прочности сплава выше в 2.1 и 1.6 раза, соответственно, по сравнению с рекристаллизованным сплавом, при относительном удлинении 14%.