ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.
Томск, Россия

Томск – 2021
Издательство ТГУ

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-006

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ8 ПОСЛЕ ПОПЕРЕЧНО-ВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ И ЗАКАЛКИ

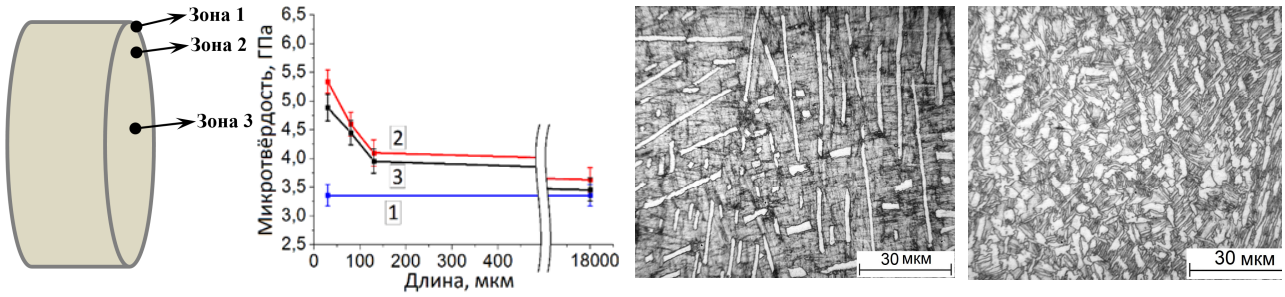
[1]Гоморова Ю.Ф., [1]Власов И.В., [2]Яковлев А.В.
[1]Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск
[2]Томский политехнический университет, Томск

Титановые сплавы являются одними из передовых конструкционных материалов, что подтверждается их использованием в авиации и космонавтике, где предъявляются повышенные требования к прочности и качеству материалов. Свойства этих сплавов зависят от системы легирования, термической обработки, температуры и скорости деформации. В связи с этим активно ведутся исследования влияния термомеханической обработки на структуру и механические свойства титанового сплава.

Целью настоящего исследования было выявить влияние закалки в воде и на воздухе после поперечно-винтовой прокатки (ПВП) на структурно-фазовое состояние и механические свойства титанового сплава ВТ8.

В работе исследовался сплав ВТ8 в состоянии поставки и после двух режимов обработки. Режим I заключался в нагреве прутка до 1000 °С, затем ПВП и закалка в воду. Режим II включал в себя нагрев заготовки до 1000 °С, ПВП, охлаждение на воздухе в течение 1 мин. и закалка в воду. Высокотемпературную прокатку в один проход проводили на министане РСП 14-40. Изучение структуры и фазового состава сплава проводили с помощью оптической микроскопии и рентгеноструктурного анализа (Axiovert 25 и ДРОН-4). Механические характеристики сплава на растяжение определяли на испытательной машине Instron 5582 со скоростью 0,6 мм/мин.

Металлографические исследования позволили выявить структурные различия по поперечному сечению прутка в следствие неоднородности развития деформационного упрочнения при ПВП. Дополнительный вклад в структурную трансформацию вносит разница в скорости охлаждения заготовки в закалочных средах (скорость охлаждения в воде ~11 °С/сек, на воздухе ~1.5 °С/сек). Градиентную структуру образцов после обработки оценивали в пределах трёх областей: вблизи поверхности прутка располагалась зона 1, затем зона 2 и зона 3 соответствовала материалу сердцевины (рис. 1а). Подобное разделение по зонам является условным, поскольку изменение микротвердости по поперечному сечению имело плавный характер (рис. 1б). Отметим, что образцы на статическое растяжение вырезали из зоны 2 и 3.



а б в г

Рис. 1. Схематичное изображение зон прутка (а); микротвердость сплава ВТ8 в состоянии поставки (1), после обработки по режиму I (2) и режиму II (3) (б); микроструктура центральной части (зона 3) прутка для режима I (в) и режима II (г)

Зона 1, как для режима I, так и для режима II, представляет собой ламеллярную структуру α-Ti с толщиной пластин ~ 1мкм и с прослойками β-фазы. В процессе прокатки зона 1 испытала максимальную степень деформации, что привело к поверхностному упрочнению. Глубина упрочненного слоя для обоих режимов обработки совпадает и составляет 150 мкм (рис. 1б).

На глубине более 500 мкм (зона 2) слоистая структура $\alpha + \beta$ становиться менее упорядоченной по сравнению с зоной 1. Помимо повышения твердости увеличивается и предел прочности материала в этой зоне на 300 МПа (режим I) и на 180 МПа (режим II) по сравнению с состоянием поставки (табл. 1). Особенно отметим значительное повышение пластичности образцов, обработанных по второму режиму. Дополнительное охлаждение на воздухе образцов после ПВП перед закалкой в воду привело к повышению относительного удлинения на 6% (табл. 1) по отношению к состоянию поставки. Образцы по первому режиму показывают небольшое снижение пластичности.

Таблица 1. Механические свойства сплава в различных состояниях

Сплав ВТ8	Место вырезки образца из прутка	σ_B, МПа	ε, %	HV
Состояние поставки	-	981±10	22±2	361±22
Режим I	край прутка (зона 2)	1288±11	17±1	396±47
	центр прутка (зона 3)	1093±11	19±2	350±21
Режим II	край прутка (зона 2)	1165±12	28±2	380±21
	центр прутка (зона 3)	1089±10	24±2	340±36

Ближе к центру прутка (зона 3) на глубине более 4мм для обоих режимов обработки формируется бинарная структура, состоящая из частиц α-фазы в среде $\alpha + \beta$ раствора (рис. 1в и 1г). Однако для второго режима обработки характерна более однородная микроструктура с равномерным распределением округлых α-частиц, тогда как после режима I формируются вытянутые ламели α-фазы. Предел прочности образцов, вырезанных из зоны 3, меньше по сравнению с зоной 2 (табл. 1), но остается выше значений для образцов в состоянии поставки.

По мнению авторов, одним из факторов, влияющих на относительное удлинение сплава ВТ8, является количество пластичной β-фазы. По данным рентгеноструктурных исследований, содержание β-фазы в образцах в состоянии поставки составляет 8%. Образцы после ПВП и термообработки (I и II режим) показывают неоднородное содержание β-фазы по сечению прутка: ближе к поверхности ее количество доходит до 12-13%, а в центральной части – 3-4%. Такая неоднородность объясняется тем, что в процессе поперечно-винтовой прокатки под действием сжимающих напряжений в поверхностном слое прутка происходит перераспределение β-стабилизирующего элемента – молибдена, в то время как в центре прутка происходит классическое превращение высокотемпературной β-фазы при закалке.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект FWRW 2021.