

УДК 539.3

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДИСЛОКАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ДВОЙНИКОВАНИЯ В ТИТАНЕ VT1-0, ПРОШЕДШЕГО ЗАКАЛКУ ОТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

© Н.В. Камышанченко¹⁾, И.С. Никулин¹⁾, Д.П. Кузнецов¹⁾,
М.С. Кунгурцев¹⁾, И.М. Неклюдов²⁾, О.И. Волчок²⁾

¹⁾ Белгородский государственный университет, г. Белгород, Россия

²⁾ ННЦ «Харьковский физико-технический институт», г. Харьков, Украина, e-mail: nikulin@bsu.edu.ru

Ключевые слова: титан; закалка; дефекты; двойникование; скольжение; дислокации; структура; механические свойства.

В работе исследуется процесс двойникования в закаленном титане VT1-0. Анализируется влияние закалочных дефектов на развитие двойников и изменение прочностных характеристик исследуемого титана.

Несмотря на несомненный прогресс в понимании механизмов чистого двойникования, в области объяснения деформационного двойникования металлов имеется целый ряд нерешенных проблем, связанных, прежде всего, с взаимодействием двойникующих дислокаций с дефектами структуры [1, 2].

Титан в состоянии поставки прокатывался при 500 °С до $\epsilon = 75\%$ и отжигался в вакууме при 700 °С. Вырезанные из заготовок электроэрозионным способом образцы составили первую партию.

Прокатанные образцы с остаточной деформацией

$\epsilon = 75\%$ и нагретые в вакууме до 1100 °С с последующим охлаждением в воде при 20 °С составили вторую партию.

Рентгеноструктурный анализ показал, что титан VT1-0 в состоянии поставки, после горячей прокатки при 500 °С до $\epsilon = 75\%$ и закалки от 1100 °С в воду при 20 °С, представляет собой стабильную α -модификацию, имеющую ГПУ-решетку. Микроструктура закаленного титана отличается неоднородной структурой по мере уменьшения скорости закалки с проникновением вглубь образца (рис. 1).

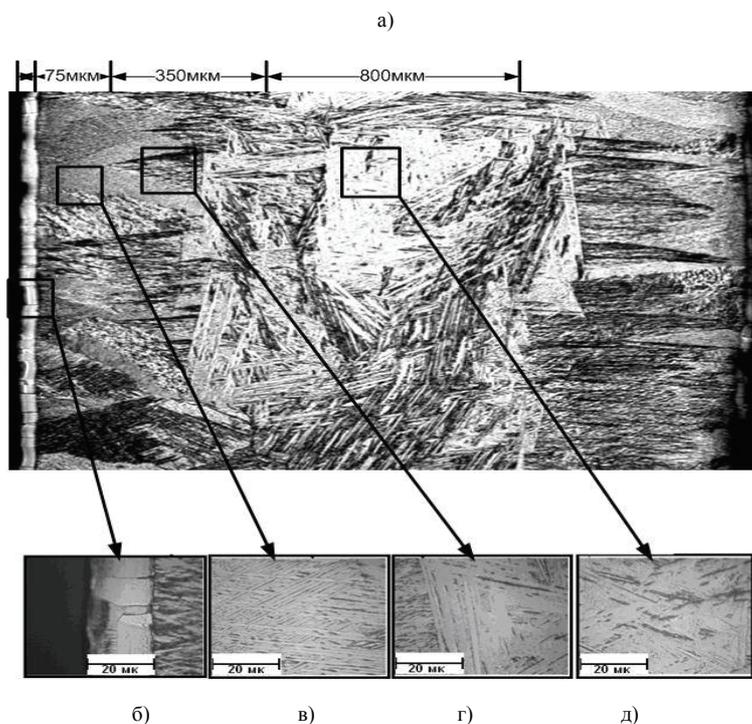


Рис. 1. Микроструктура титана, закаленного от 1100°С в воду а) – общий вид; б, в, г, д – микроструктура выделенных мест из общего вида

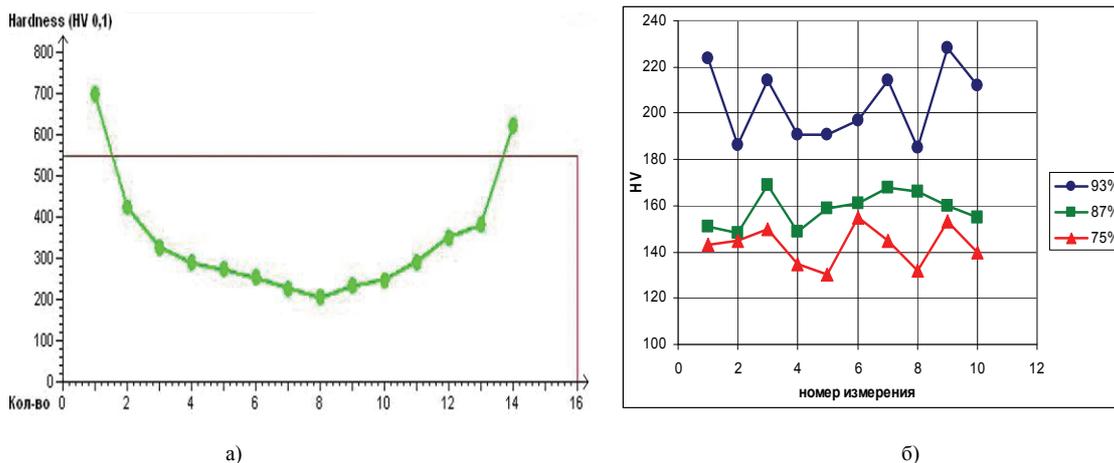


Рис. 2. Микротвердость титана после закалки (а) и после горячей прокатки и неполного отжига (б)

Если в образцах, прошедших горячую прокатку, микротвердость, в основном, зависит от степени деформации и последующего отжига, то в закаленном образце микротвердость зависит от удаления от поверхности образца (рис. 2), т. е. от скорости закалки.

Образованные концентрированной нагрузкой механические двойники в образцах, деформированных прокаткой и закаленных от высоких температур, отличаются друг от друга не только геометрическими размерами, но и конфигурацией двойниковой границы.

Состояние поверхности титана в зоне двойникования после травления отожженных и закаленных образцов существенно отличается: на границе двойника и базисной прослойки за двойником в отожженном образце имеется глубоко протравленная область, в то время как в закаленном образце наблюдается более равномерная протравленность в материнской плоскости, соприкасающаяся с полосами сброса.

Дислокации, осуществляющие скольжение, останавливаются на границе двойнивающей прослойки и параллельных плоскостей (0001), вызывая изменение рельефа за границей двойниковой прослойки. Именно в этой материнской области происходит сильное растворивание, что говорит о наличии здесь повышенного внутреннего напряжения [3].

Увеличение плотности дефектов в объеме кристалла закалкой от высоких температур приводит к свободному выходу двойнивающих дислокаций на поверхность кристалла и не создает значительных внутренних концентрированных напряжений на границе двойниковой прослойки.

В результате таких процессов состояние материнской области на границе механического двойника и в материнской области за двойнивающей плоскостью имеет более равномерную и не глубокую протравленность, что позволяет утверждать о релаксирующем

действии закалочных дефектов в области образования двойника. Однако в местах сброса соприкасающаяся плоскость подвержена искажению, что приводит к образованию внутренних напряжений, где и наблюдается протравленность титана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаврентьев Ф.Ф., Владимиров В.А. О роли дислокаций леса в пластической деформации монокристаллов цинка // ФММ. 1970. Т. 29. С. 150-156.
2. Лаврентьев Ф.Ф. Взаимодействие дислокаций в цинке, висмуте и сурьме при двойниковании // ФММ. 1964. Т. 18. Вып. 3. С. 428-436.
3. Лаврентьев Ф.Ф., Старцев В.И. О структуре области аккомодации в монокристаллах цинка и висмута // ФММ. 1962. Т. 13. № 3. С. 441-450.

БЛАГОДАРНОСТИ: Работа выполнена в центре коллективного пользования БелГУ (при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. государственный контракт № П2275 от 13 ноября 2009 г.) и в ННЦ ХФТИ АН, Украина в соответствии с договором между БелГУ и ННЦ ХФТИ.

Поступила в редакцию 15 апреля 2010 г.

Kamyshanchenko N.V., Nikulin I.S., Kuznetsov D.P., Kungurtsev M.S., Neklyudov I.M., Volchok O.I. The interaction of dislocations in the process of twinning in titanium VT1-0, after hardening by high temperatures.

This work shows the process of twinning in titanium VT1-0 after hardening by high temperatures. Also it is analyzed influence of hardening defects on twins' development and changes in strength characteristics of investigated material.

Key words: titanium; hardening; defects; twinning; slip; dislocations; structure; mechanical properties.