

4. Корсаков В.С. Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1985. – 304 с.
5. Ройс У. Управление проектами по созданию программного обеспечения: – М.: Изд-во ЛОРИ, 2007.
6. Соснин Ф.Р. Радиационный контроль: справочник. – М: Машиностроение, 2008.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ТИТАНА НА ЕГО УСТАЛОСТНУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И МЕХАНИЗМЫ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ

*М.Ю. Грошева¹, студент гр.4БМ31,
Т.Ф. Елсукова¹, д.ф.-м.н., вед.н.с.,
Ю.Ф. Попкова², м.н.с.*

¹*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина, 30,*

²*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,*

634021, г.Томск, пр. Академический 2/4

тел. (3822)-531-569

E-mail: vip.january@mail.ru

Введение. Одной из основных задач современного материаловедения является изучение природы усталостного разрушения, так как от сопротивления усталости во многом зависит рабочий потенциал конструкций и изделий в машиностроении. В связи с этим проблема усталостного разрушения является исключительно актуальной. С точки зрения ее решения наиболее важными и сложными являются вопросы, связанные с механизмами процессов, происходящих в твердом теле при циклическом нагружении.

В новом перспективном подходе физической мезомеханики в деформируемом твердом теле необходимо рассматривать две самостоятельные подсистемы: 3D-кристаллическую и 2D-планарную (поверхностные слои и все внутренние границы раздела) [1]. Причем ведущую функциональную роль в пластической деформации играет планарная подсистема, т.к. с ней связаны первичные пластические сдвиги и генерация всех деформационных дефектов. Поэтому для решения проблемы усталостной долговечности твердых тел необходимо, прежде всего, анализировать процессы, происходящие в их планарной подсистеме.

В этой связи настоящая работа посвящена исследованию влияния состояния поверхностного слоя титана на его циклическую долговечность при знакопеременном изгибе.

2. Материалы и методы исследования. В качестве материала исследования использовали технический титан марки ВТ1-0 с разным состоянием поверхностного слоя: исходный, наводороженный и обработанный ультразвуком. Вследствие полиморфности титана при высоких прочностных характеристиках объема в его поверхностных слоях при нагружении можно ожидать облегченное развитие процессов структурных перестроений из одной кристаллической решетки в другую.

Испытания на усталость проводили знакопеременным изгибом при комнатной температуре в режиме многоциклового усталости. Трехмерную поверхностную

картину мезоскопической субструктуры получали с использованием микроскопа Axiovert 25CA, снабженного устройством DIC для получения дифференциально – интерференционного контраста. Для трехмерного анализа структуры поверхности использовали сканирующий интерференционный микроскоп New View 6200.

3. Результаты исследования. На рисунке 1 *a* показано, что раскрытие магистральной усталостной трещины MN при циклическом нагружении титана сопровождается развитием аккомодационных поворотных мод деформации в прилегающем материале. На поверхности видны три зерна А, В и С. Все они испытали аккомодационные повороты в виде сложного гофрирования (рис. 1 *b*, *в*).

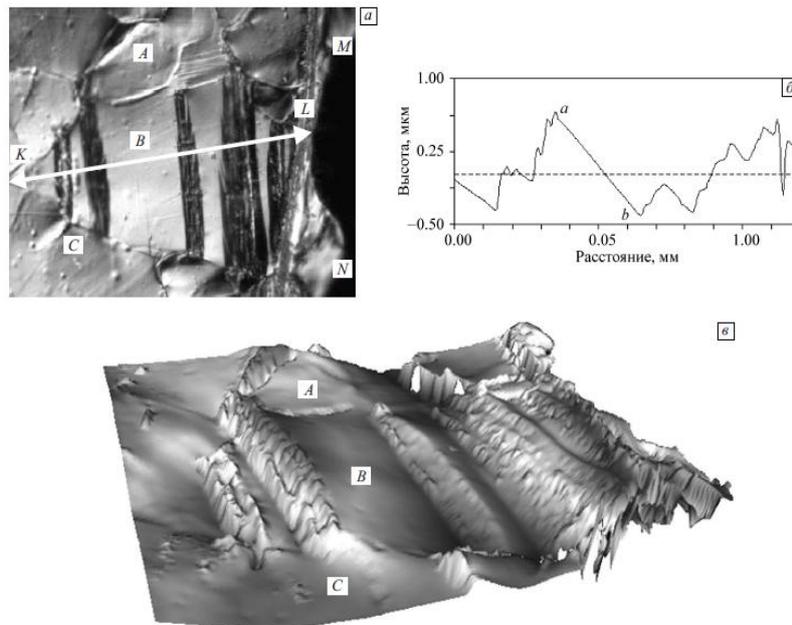


Рис. 1. Ti VT1-0. Характер гофрирования зерна В поверхностного слоя при раскрытии магистральной трещины MN: оптическое изображение $\times 700$ (*a*), профиль гофрирования вдоль KL (*b*), объемное изображение гофрированного зерна В $\times 1300$ (*в*), New View.

При этом отдельные зоны зерна В (*a b* на рис. 1 *b*) сохранили исходный плоский характер и испытали поворот по часовой стрелке. А смежные зоны сильной кривизны подверглись фрагментации и испытали поворот против часовой стрелки. Зерно В получило зигзагообразный профиль (рис. 1 *b*).

На рисунке 2 приведена фрактограмма усталостного разрушения титана. Видно, что при разрушении распространялась магистральная трещина поперечных сдвигов, которые в отдельных зонах (указаны стрелками) сопровождалась локальным расслоением материала. При усталостном разрушении титана с наводороженным поверхностным слоем также распространяется трещина поперечных сдвигов (рис. 3). Однако эффекты расслоения материала в зонах поперечных сдвигов выражены значительно сильнее, чем в исходном титане. Расслоение материала на ламели сопровождается их фрагментацией.

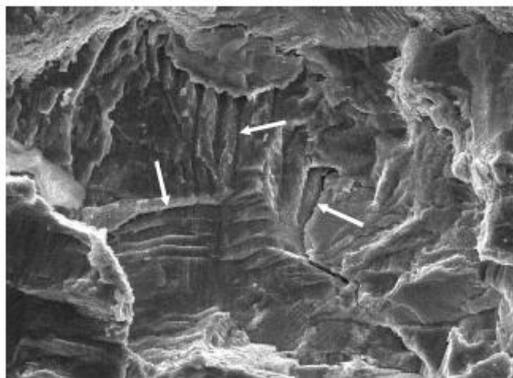


Рис. 2. Ti VT1-0. Фрактограмма усталостного разрушения при распространении магистральной трещины поперечных сдвигов, РЭМ, $\times 1300$.

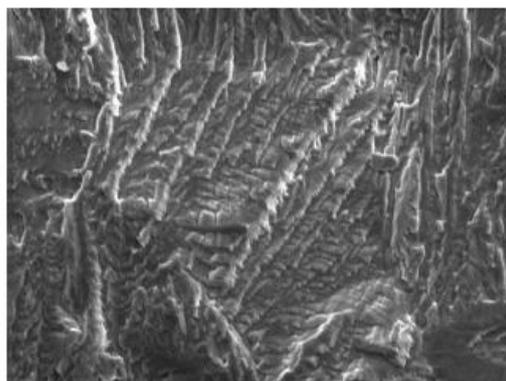


Рис. 3. Ti-H₂. Фрактограмма усталостного разрушения, РЭМ, $\times 800$.

Аккомодационные повороты в наводороженном поверхностном слое титана, обусловленные распространением магистральной трещины, проявляются в виде сильного гофрирования и локального расслоения материала (рис. 4). Плоские участки поверхности исходных зерен в приграничной с трещиной зоне не наблюдаются.

Наводороживание поверхностных слоев титана приводит к существенному снижению его усталостной долговечности (табл. 1).

Таблица 1. Усталостная долговечность титана при различном структурном состоянии поверхностного слоя.

Состояние поверхностного слоя	Исходное	Наводороженное	Ударная обработка ультразвуком
Число циклов до разрушения	$4,4 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	19×10^5

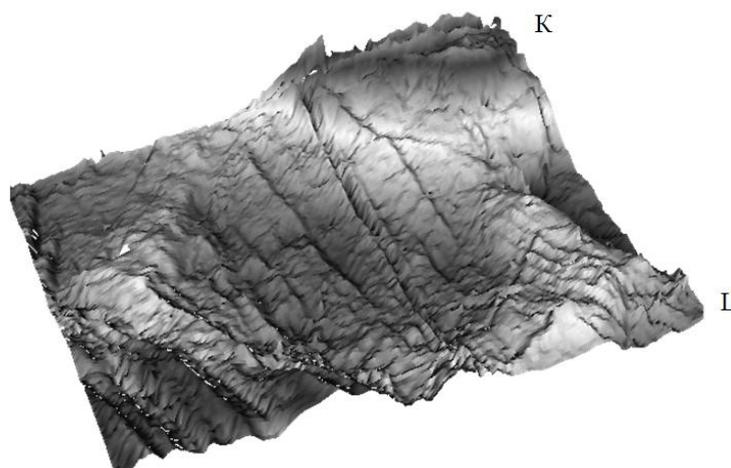


Рис.4. Ti-H₂. Объемное изображение поверхностного слоя вблизи магистральной трещины KL, New View, $\times 1300$.

На рисунке 5 показана гофрированная ударной обработкой ультразвуком поверхность титана после его усталостного разрушения. Никаких следов пластической деформации на этой поверхности не обнаруживается, хотя образец испытал $N=2 \times 10^6$ циклов знакопеременного изгиба. В отличие от исходного и наводороженного титана разрушение происходило при распространении трещины нормального отрыва, а поверхность разрушения представляет собой типичный ямочный излом (рис. 6). Локальное расслоение материала не наблюдается. Обработка титана ультразвуком проявилась в существенном повышении его твердости. При этом его усталостная долговечность возросла в четыре раза (табл. 1).

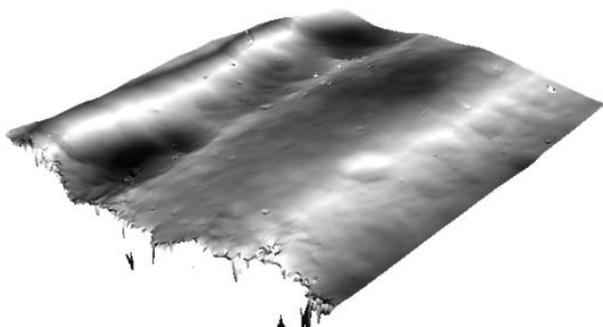


Рис. 5. Фрагмент поверхности титана, предварительно обработанного ультразвуком; New View, $N_p \sim 2 \times 10^6$ циклов, $\times 600$.

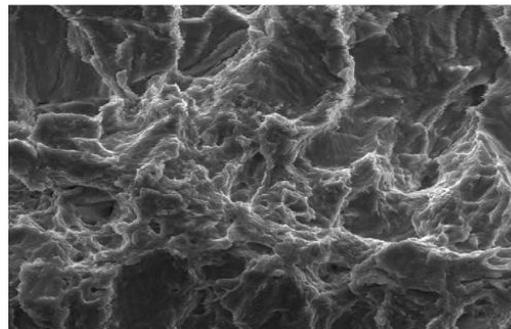


Рис. 6. Фрактограмма усталостного разрушения титана, обработанного ультразвуком, $N_p \sim 2 \times 10^6$ ц., $\times 1300$.

Заключение. Проведенный в настоящей работе анализ показал, что раскрытие магистральной усталостной трещины, как поворотной моды деформации, происходит в условиях развития аккомодационных поворотных мод пластической деформации в прилегающих к ней зонах материала. Циклическая долговечность материала определяется характером и степенью механизма аккомодационной деформации.

При знакопеременном изгибе исходного титана его усталостное разрушение реализуется механизмом распространения трещины поперечных сдвигов, в которых происходит расслоение материала. При этом в поверхностных слоях развивается зигзагообразное гофрирование: плоские недеформированные участки поверхности испытывают поворот одного знака, они чередуются с пластически деформированными участками, имеющими наклон противоположного знака.

Наводороживание поверхностных слоев титана обуславливает при циклическом нагружении интенсификацию процесса их гофрирования с гораздо более широким спектром масштабов пластических сдвигов. Усталостное разрушение происходит, как и в исходном титане, распространением трещины поперечных сдвигов, но с гораздо более выраженным их расслоением. Усталостная долговечность при этом снижается в 3 раза.

Обработка ультразвуком поверхностных слоев титана фактически блокирует их пластическую деформацию при циклическом нагружении, усталостное разрушение происходит уже распространением трещины нормального отрыва без следов расслоения материала. Усталостная долговечность титана при этом увеличивается в 4 раза.

Список литературы:

1. Панин В.Е., Панин А.В., Елсукова Т.Ф., Попкова Ю.Ф. Фундаментальная роль кривизны кристаллической структуры в пластичности и прочности твердых тел. // Физическая мезомеханика. – 2014. – Т. 17. – № 6. – С. 7–18.

ПРОБЛЕМЫ ДИНАМИКИ ЛАЗЕРНЫХ СТАНКОВ

А.В. Жуков, студент гр. 8НМ41

А.С. Базаров, студент гр. 8НМ41

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

тел.(3822)-444-555

E-mail: aviguk@tpu.ru

Высокая точность, многофункциональность, производительность, экономичность. Все эти свойства характерны для лазерного оборудования, которое вследствие стремительного развития науки и техники заняло достойное место среди наиболее эффективных образцов технологического оснащения, используемого в промышленности, мелкосерийном производстве и сфере услуг [1].

В данный момент на отечественном рынке можно купить лазерное оборудование нескольких типов. В зависимости от степени производительности, оно классифицируется на несколько больших групп:

Компактные лазерные установки мощностью до 80 Ватт. Они нашли широкое применение в легкой промышленности, достаточно успешно используются предприятиями, выпускающими рекламную продукцию, небольшими мастерскими, оказывающими услуги гравировки.

Лазерное оборудование средней мощности, применяемое для обработки древесины, ткани и прочих материалов. Его мощность варьируется в пределах 80–195 Ватт.

Высокопроизводительные лазерные машины, мощность которых может достигать 5 кВт и более. Основные их потребители крупные промышленные предприятия, выпускающие продукцию большими партиями.

В зависимости от прямого назначения, всё лазерное оборудование можно разделить на две большие группы:

1. Граверы. Такая лазерная установка дает возможность максимально точно наносить изображения на поверхность разнообразных материалов, среди которых стекло, дерево, металл, пластик, пенопласт. Выгравированное изображение практически не подвержено истиранию, отличается долговечностью.

2. Оборудование для лазерной резки. Для устройств этой группы характерна высокая точность реза. Кроме того, благодаря его применению, удается добиться абсолютно гладкой поверхности кромки. Данный факт обусловлен тем, что использование оборудования для лазерной резки не предполагает механического воздействия на заготовку. Обработка материалов происходит быстро и с минимальными затратами.