

## **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

### **INTERNATIONAL WORKSHOP**

**«Multiscale Biomechanics and Tribology  
of Inorganic and Organic Systems»**

### **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«Перспективные материалы с иерархической структурой  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,  
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ  
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

**«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»**

DOI: 10.17223/9785946218412/35

## АВТОВОЛНЫ ЛОКАЛИЗОВАННОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ В УСЛОВИЯХ СВЕРХЭЛАСТИЧНОСТИ

Данилов В.И., Орлова Д.В., Горбатенко В.В., Данилова Л.В.

*Институт физики прочности материаловедения СО РАН, Томск*

В работе исследована эволюция полей деформации в образцах никелида титана в условиях одноосного растяжения. Образцы состава 55,76 мас. % Ni + 44,24 мас. % Ti были закалены от температуры 1073 К в воде. При комнатной температуре они находились в состоянии R-фазы и обладали сверхэластичностью. В процессе растяжения производилась визуализация очагов локализации макродеформации методом цифровой корреляции спекл-изображений (DIC). Метастабильная R-фаза при деформировании претерпевала фазовый переход в состояние B19'. На деформационной кривой (рис. 1) этот процесс был представлен площадкой текучести с хорошо оформленным зубом текучести. В ряде случаев после первого спада напряжения наблюдался еще один. После окончания площадки текучести производилась принудительная разгрузка образца с такой же скоростью, как и при нагружении.

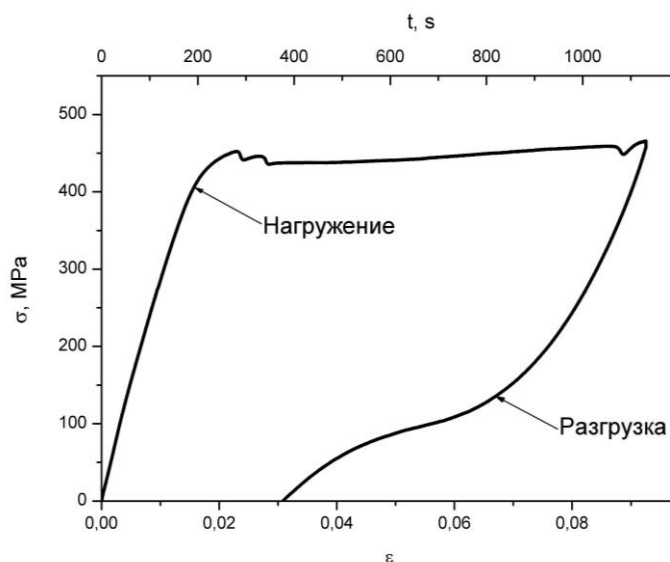


Рис. 1. Диаграмма деформирования образца никелида титана

Установлено, что деформационно-индуцированное фазовое превращение осуществляется посредством формирования у захватов испытательной машины двух полос превращения, подвижные границы которых представляют собой фронты локализованной пластической деформации (рис. 2). При этом сбросы напряжения соответствуют моментам прорастания полос сквозь поперечное сечение образца.

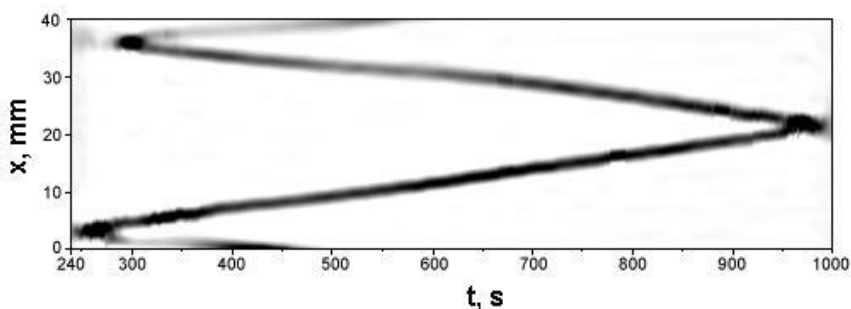


Рис. 2. Хронограмма фронтов фазового превращения при нагружении

Фронты движутся навстречу друг другу и аннигилируют при встрече. Скорости фронтов взаимно обусловлены. Сумма их модулей остается постоянной. Величины скоростей

## Секция 2. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

определяются продолжительностью площадки текучести и возрастают с ростом скорости перемещения подвижного захвата испытательной машины.

$$\sum_{i=1}^N |V_f^i| = \frac{l_0}{\delta t} + V_{mach},$$

где  $|V_f^{(i)}|$  – модуль скорости движения  $i$ -ого фронта,  $N$  – число одновременно движущихся фронтов,  $l_0$  – первоначальная длина рабочей части образца,  $\delta t$  – продолжительность площадки текучести,  $V_{mach}$  – скорость захвата. В этом отношении поведение фронтов фазового перехода полностью аналогично кинетике фронтов полос Чернова – Людерса (ПЧЛ) в низкоуглеродистой стали и может быть представлено в виде автоволны переключения локализованной деформации [1]. Основное различие между этими явлениями состоит в том, что степень локализации деформации на фронте фазового превращения на порядок меньше, чем на фронте ПЧЛ, что, не позволило использовать технику цифровой статистической спекл-фотографии, имеющую гораздо более высокое пространственное разрешение [2]. Поэтому, в частности, не удалось описать процесс зарождения полос деформационного фазового превращения. Кроме того, было обнаружено, что фронт фазового превращения имеет более сложную структуру, чем фронт ПЧЛ. На нем происходят изменения всех трех компонент тензора дисторсии: локальное удлинение, локальный сдвиг и локальный поворот.

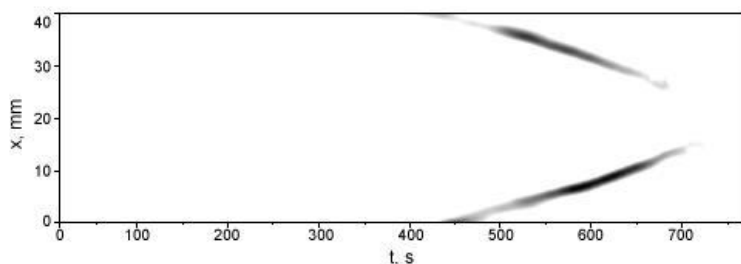


Рис. 3. Хронограмма фронтов фазового превращения при разгрузке

Важные результаты получены в процессе разгрузки образца (рис. 1). Хотя полного восстановления размеров и формы образца не происходит, и горизонтальная полка на кривой разгрузки не наблюдается, образуются подвижные фронты обратного превращения  $B19' \rightarrow B2$  (рис.3). Они также зарождаются на границах рабочей части образца, движутся навстречу друг другу, то есть представляют собой автоволну переключения. Скорости фронтов обратного превращения больше скоростей фронтов прямого превращения, а сами фронты сильно размытые и характеризуются более низкими амплитудами. Следует отметить, что аннигиляция фронтов обратного превращения не происходит, поэтому часть образца в промежутке 19 – 25 мм остается в мартенситном состоянии, и как следствие, размеры и форма полностью не восстанавливаются.

Таким образом, и прямое, и обратное деформационное превращение в сверхэластичном никелиде титана реализуются путем формирования и распространения автоволн переключения локализованной пластической деформации.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, направление III.23.1.2

1. Gorbatenko V.V., Danilov V.I., Zuev L.B. Plastic flow instability: Chernov–Lüders bands and the Portevin—Le Chatelier effect // Technical Physics. 2017. Vol. 62, Issue 3. P. 395-400.
2. Zuev L.B., Gorbatenko V.V., Pavlichev K.V. Elaboration of speckle photography techniques for plastic flow analyses // Measur. Sci. Technol. 2010. Vol. 21. 054014.