

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ДЕФОРМАЦИИ В ТИТАНЕ VT 1-0 ПОСЛЕ
ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО НАВОДОРОЖИВАНИЯ**

Н.А. ИONOBA¹

Научный руководитель: м.н.с., к.т.н. М.В. Надежкин^{2,3}

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,

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

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: mvn@ispms.ru

**INVESTIGATION OF STRAIN LOCALIZATION IN TITANIUM VT 1-0 AFTER
ELECTROLYTIC HYDROGENATION**

N.A. Ionova¹

Scientific Supervisor: M.V. Nadezhkin^{2,3}

¹Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

²Institute of Strength Physics and Materials Science, Russia, Tomsk, Akademicheskaya str., 2/4, 634021

³Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: mvn@ispms.ru

Annotation: *The behavior of the plastic flow localization zones of stressed titanium alloy specimens VT1-0 that were hydrogenated in electrochemical cell under constant potential was considered. The dependence of the extent of the strain hardening parabolic stage on the time of hydrogenation was defined. The spatial period of the local strain distribution of investigated alloy was experimentally determined.*

В последние годы все большее внимание привлекает проблема водородной обработки титана и его сплавов [1], которая включает в себя водородное пластифицирование и термоводородную обработку. В настоящее время титановые сплавы рассматриваются как наиболее перспективные конструкционные материалы для медицины, авиа-космической и химической техники вследствие их низкой плотности, хорошей биосовместимости и высокой коррозионной стойкости. В то же время следует отметить, что экспериментальные исследования механических свойств на участке пластичности деформирования металлов и сплавов доказали существование макроскопической локализации деформации на всех стадиях пластического течения, начиная от предела текучести и вплоть до разрушения, причем каждая из стадий характеризуется определенной картиной распределения очагов локализации [2]. Однако экспериментальные исследования влияния электролитического наводороживания на локализацию пластической деформации титановых сплавов к настоящему времени отсутствуют.

В настоящей работе проведены исследования влияния водорода на картины локализации деформации на различных стадиях пластического течения при одноосном растяжении поликристаллических образцов титана марки VT1-0, со средним размером зерна 12,5 мкм. Образцы были изготовлены в форме двухсторонней лопатки с размерами рабочей части 40x10x2 мм. Наводороживание образцов

осуществляли в трехэлектродной электрохимической ячейке при постоянном контролируемом катодном потенциале, задаваемом относительно хлорсеребряного электрода сравнения, в 1N растворе серной кислоты с добавлением тиомочевины при температуре 323 К в течение времени от 8 до 24 часов. Данная методика, по сравнению с традиционной двухэлектродной схемой, обеспечивает более равномерное распределение водорода по объему образца [3].

Результаты механических испытаний на растяжение при комнатной температуре образцов ВТ 1-0 показали, что в исходном состоянии и после электролитического насыщения водородом в течение 8 часов наблюдается самая высокая пластичность и прочность (рис. 1). С увеличением длительности наводороживания до 24 часов происходит уменьшение прочности и пластичности материала.

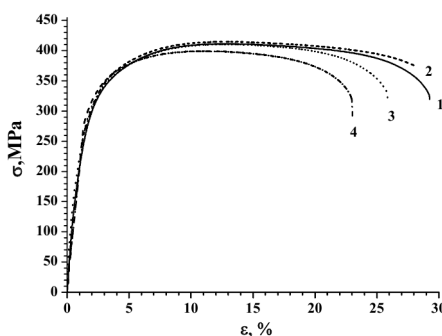


Рис. 1. Деформационные кривые исследованных образцов ВТ 1-0.
1- исходный, 2-4 – наводороженный 8ч, 16ч и 24ч соответственно.

Для исследований макроскопической локализации пластического течения использовалась методика двухэкспозиционной спекл-фотографии. [4]. Кинетика процесса эволюции картин макролокализации, для режима активного нагружения, определялась по зависимости положений зон локальных деформаций в образце X от деформации или времени.

Ранее установлено [5], что характер распределения очагов пластической деформации зависит от стадии деформационного упрочнения. Так на параболической стадии с коэффициентом деформационного упрочнения $\approx 0,5$ наблюдается стационарная картина очагов локализованной деформации. Обработка деформационных кривых образцов ВТ 1-0 показала, что протяженность параболической стадии для ненаводороженного сплава составляет 3,3% общей деформации. Наводороживание в течение 8 часов увеличивает пластичность материала и протяженность параболической стадии до 3,8% общей деформации. При увеличении времени наводороживания пластичность материала понижается, одновременно происходит и укорочение параболической стадии пластического течения. Так после наводороживания в течение 16 24 часов протяженность параболической стадии составила 3,1%, 2,8% соответственно.

Анализ картин локализации пластической деформации показал, что как и для ранее исследованных материалов [5], наблюдаются картины локальных распределений деформаций (рис. 2). Пространственный период наблюдаемых очагов составил $\lambda = 5.0 \pm 2$ мм. Особенностью деформирования титанового сплава ВТ1-0 явилось сохранение стационарной картины положений очагов пластической деформации после окончания параболической стадии ($\epsilon_{tot} = 7 \pm 1\%$), вплоть до образования шейки и разрушения образца. После наступления предела прочности ($\epsilon_{tot} = 13 \pm 1\%$), наблюдается последовательное уменьшение количества активных очагов деформации до одного, в котором происходит формирование

шейки разрушения (рис.3).

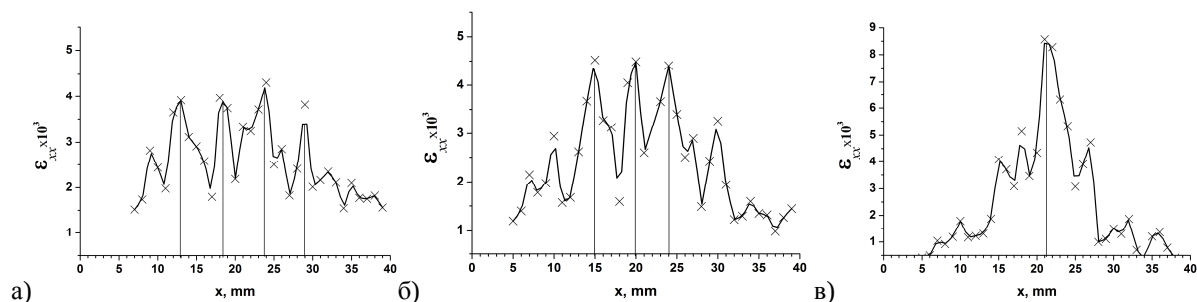


Рис. 2. Распределение компоненты ϵ_{xx} тензора дисторсии по длине образца BT1-0 наводороженного в течение 8 часов при общей деформации $\epsilon_{tot}=7,8\%$ (а), $\epsilon_{tot}=11,1\%$ (б), $\epsilon_{tot}=16,6\%$ (в).

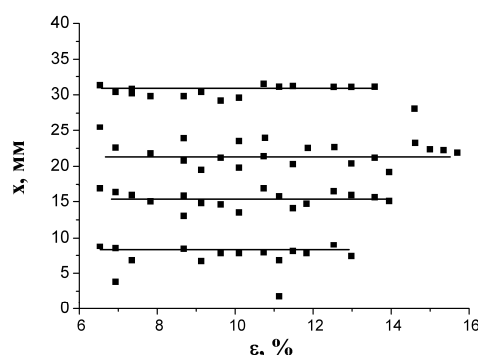


Рис. 3. Положение очагов локализации пластической деформации по длине образца BT1-0 наводороженного в течение 8 часов в зависимости от деформации.

Несмотря на короткую параболическую стадию деформационного упрочнения, распределение очагов локализации деформации, на всем участке пластического деформирования, начиная от предела текучести до разрушения, соответствует поведению, характерному для очагов на параболической стадии. А именно стационарному эквидистантному расположению, с шагом локальных распределений $\lambda=5.0\pm 2$ мм. Установлено, что водород усиливает локализацию на макромасштабном уровне, что проявляется в уменьшении протяженности параболической стадии и снижении пластичности при наводороживании в течение 16 и 24 часов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Взаимодействие водорода с металлами / Агеев В.Н. и др. - М.: Наука, 1987. - 296 с.
2. Зуев Л.Б., Баранникова С.А., Данилов В.И. Автоволновая модель пластичности кристаллических твердых тел: макро- и микродефекты // Кристаллография. – 2009. – Т. 54. – № 6. – С. 1040–1050.
3. Hydrogen Solubility and Diffusion in Austenitic Stainless Steels Studied with Thermal Desorption Spectroscopy / Y. Yagodzinsky, O. Todoshchenko, S. Papula, and H. Hanninen // Steel research int. – 2011. – №1. – P. 20-25.
4. Данилов В.И., Зуев Л.Б., Горбатенко В.В., Гончиков К.В., Павличев К.В. Использование спеклинтерферометрии для исследования локализации пластической деформации // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2006. – Т. 72. – № 12. – С. 40–45.
5. Зуев, Л.Б. Физика макролокализации пластического течения / Зуев Л.Б., Данилов В.И., Баранникова С.А. - Новосибирск: Наука, 2008. - 327 с.