

# **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»**

Томск  
Издательский Дом ТГУ  
2019

DOI: 10.17223/9785946218412/225

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЗМА ДИСПЕРСИОННОГО ТВЕРЖДЕНИЯ НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОДОРОДНОГО ОХРУПЧИВАНИЯ ВЫСОКОАЗОТИСТОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ, ЛЕГИРОВАННОЙ ВАНАДИЕМ**

<sup>1</sup>Панченко М.Ю., <sup>1</sup>Астафурова Е.Г., <sup>1</sup>Майер Г.Г., <sup>1</sup>Мельников Е.В., <sup>1</sup>Москвина В.А.,  
<sup>1</sup>Астафуров С.В., <sup>1,2</sup>Михно А. С., <sup>1,2</sup>Тумбусова И. А.

<sup>1</sup>*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Национальном исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия*

В работе исследовали закономерности водородного охрупчивания высокоазотистой аустенитной стали Fe-19Cr-22Mn-1,5V-0,15Ni-0,3C-0,9N (мас. %), подвергнутой закалке (1200°C, 30 мин.) и дисперсионному твердению при температурах 700 и 800°C (0,5 и 10 ч). Электролитическое наводороживание образцов проводили при 20°C в 3 % водном растворе NaCl, содержащем 3 г/л NH<sub>4</sub>SCN, в течение 100 ч при плотности тока 100 А/м<sup>2</sup>.

После закалки в стали наблюдается аустенитная структура с крупными частицами на основе ванадия (V,Cr)(C,N) (300–500 нм). После старения по режиму 700°C, 0,5 ч наблюдается прерывистый распад аустенита преимущественно по границам зерен с образованием ячеек нитрида хрома Cr<sub>2</sub>N и аустенита, обедненного по атомам внедрения. Увеличение продолжительности и температуры старения (режимы: 700°C, 10 ч и 800°C, 0,5 и 10 ч) приводит к распространению реакции прерывистого распада от границ на все тело зерна (в части зерен), одновременно с этим процессом происходит гомогенное зарождение и рост наноразмерных нитридов ванадия в теле зерен, не претерпевших прерывистый распад, и образование интерметаллидной σ-фазы.

При наводороживании в закаленных образцах формируется поверхностный слой толщиной 10-15 мкм, который разрушается преимущественно интеркристаллитно хрупко. Помимо этого наблюдаются элементы транскристаллитного излома (квазисколов) и ямки от «выкрошенных» крупных частиц (V,Cr)(N,C). Центральная часть образца разрушается транскристаллитно вязко по аналогии с образцами, не насыщенными водородом. Формирование насыщенного атомами водорода поверхностного слоя не приводит к изменению предела текучести и уменьшению пластичности закаленных образцов.

В состаренных образцах наводороживание также не оказывает влияния на величину предела текучести, но значительно снижает их пластичность. С увеличением продолжительности старения склонность к водородному охрупчиванию увеличивается: коэффициент охрупчивания, характеризующий относительное изменение удлинения образцов из-за легирования водородом, составляет 35 % и 66 % для образцов, состаренных по режимам 700°C, 0,5 ч и 800°C, 10 ч, соответственно. После наводороживания образцов, состаренных по режиму 700°C, 0,5 ч, в поверхностном наводороженном слое (5–10 мкм) разрушение реализовывалось исключительно вдоль границ зерен (вдоль ячеек прерывистого распада), а на больших расстояниях от боковой поверхности наблюдали вторичные интеркристаллитные трещины и элементы вязкого разрушения (аналогично разрушению образцов без наводороживания). При увлечении продолжительности старения при 700°C до 10 ч и увеличении температуры старения до 800°C (0,5 и 10 ч) формирование наноразмерных частиц нитрида ванадия и рост пластин Cr<sub>2</sub>(N,C) в аустенитных зернах способствует уменьшению толщины наводороженного слоя (≈5 мкм) по сравнению с закаленными образцами при аналогичном режиме насыщения. Помимо этого, происходит изменение механизма разрушения наводороженного слоя к транскристаллитному по механизму квазискола. Образование квазисколов и уменьшение толщины наводороженного слоя обусловлено формированием высокой плотности межфазных границ внутри зерен, претерпевших распад, которые являются местами преимущественного накопления атомов водорода и препятствуют его диффузии вглубь образца.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 17-19-01197).