

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Физическая мезомеханика.
Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

**в рамках
Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЗЕРЕН И ОБЪЕМНОЙ ДОЛИ δ -ФЕРРИТА НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОДОРОДНОГО ОХРУПЧИВАНИЯ ВЫСОКОАЗОТИСТОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ

¹Панченко М.Ю., ¹Астафурова Е.Г., ¹Майер Г.Г., ¹Мельников Е.В., ¹Москвина В.А.,
¹Астафуров С.В., ¹Реунова К.А., ^{1,2}Михно А.С.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск
²НИ Томский политехнический университет, Томск

В работе исследовали влияние размера зерен и объемной доли δ -феррита на водородное охрупчивание высокоазотистой аустенитной стали. Для исследования была выбрана высокоазотистая хромомарганцевая аустенитная сталь с химическим составом Fe-23Cr-17Mn-0,1C-0,6N (мас. %) (ВАС). Для формирования разного размера зерна и фазового состава после горячего прессования стальные заготовки выдерживали при температурах $T_{06} = 1050^\circ\text{C}$, 1100°C , 1150°C и 1200°C в течение 0,5 часа и закаливали в воду. Образцы подвергали электролитическому наводороживанию в водном растворе поваренной соли (3 % раствор с добавлением аммония роданистого, продолжительность 100 ч, плотность тока 100 mA/cm^2). Благодаря разным режимам термообработок были достигнуты различные величины объемной доли δ -феррита и размеров зерен. При $T_{06} = 1050^\circ\text{C}$ наблюдается минимальная объемная доля δ -феррита (14–18 %), а также минимальный средний размер зерен: $9,7 \pm 5,1 \text{ мкм}$ (аустенит) и $4,9 \pm 2,8 \text{ мкм}$ (δ -феррит). При увеличении T_{06} объемная доля δ -феррита и размеры зерен обеих фаз увеличиваются, что способствует уменьшению плотности межфазных (аустенит/феррит) и межзеренных границ. Так, при $T_{06} = 1200^\circ\text{C}$ объемная доля δ -феррита возрастает до 18–23 %, а средний размер зерен увеличивается до $25,7 \pm 13,3 \text{ мкм}$ (аустенит) и $9,5 \pm 5,2 \text{ мкм}$ (δ -феррит).

Предел текучести $\sigma_{0,2}$ ВАС зависит от температуры T_{06} : максимальное значение $\sigma_{0,2} = 630 \text{ МПа}$ соответствует обработке при 1050°C , а с увеличением T_{06} происходит плавное снижение $\sigma_{0,2}$, что вызвано, прежде всего, увеличением размера зерна. Образцы до наводороживания разрушаются транскристаллитно вязко с образованием большого количества ямок излома на поверхностях разрушения. Независимо от температуры исходной термообработки, насыщение водородом приводит к повышению предела текучести (твердорастворное упрочнение атомами водорода) и уменьшению пластичности образцов ВАС. Образцы с максимальной плотностью межфазных и межзеренных границ (с наименьшим размером зерна и долей феррита в структуре) демонстрируют минимальный коэффициент водородного охрупчивания $k_H = 10 \%$ ($T_{06} = 1050^\circ\text{C}$). При увеличении T_{06} величина k_H возрастает: до 15 % при $T_{06} = 1100^\circ\text{C}$, до 23 % при $T_{06} = 1150^\circ\text{C}$ и до 32 % при $T_{06} = 1200^\circ\text{C}$. На поверхностях разрушения наводороженных образцов при всех термообработках наблюдали хрупкий поверхностный слой, его толщина зависит от T_{06} . После отжига при температуре 1050°C она составляет $22 \pm 5 \text{ мкм}$, а при температуре 1200°C толщина слоя достигает $45 \pm 5 \text{ мкм}$. Также наблюдаются различия в микромеханизме разрушения хрупких наводороженных слоев в образцах ВАС в зависимости от T_{06} . После обработки при $T_{06} = 1200^\circ\text{C}$, что соответствует состоянию с минимальной плотностью границ, разрушение хрупкого наводороженного слоя происходит преимущественно транскристаллитно по механизму квазискола, с увеличением T_{06} в хрупком поверхностном слое возрастает вклад от интеркристаллитного разрушения.

Таким образом, увеличение плотности межфазных (аустенит/феррит) и межзеренных границ, а также объемной доли δ -феррита приводит к уменьшению эффектов водородного охрупчивания и увеличению вклада интеркристаллитного разрушения в наводороженных слоях.

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