ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

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

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/79

**ВЛИЯНИЕ НАВОДОРОЖИВАНИЯ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И
МИКРОТВЕРДОСТЬ ВЫСОКОАЗОТИСТОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ
КРУЧЕНИЯ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ**

¹Майер Г.Г., ¹Астафурова Е.Г., ¹Москвина В.А., ¹Мельников Е.В., ¹Астафуров С.В.,
^{1,2}Фортуна А.С., ¹Гальченко Н.К.

¹ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

²НИ Томский политехнический университет, Томск, Россия

galinazg@yandex.ru

Проведены исследования влияния электролитического наводороживания на структуру и фазовый состав высокоазотистой аустенитной стали Fe-19Cr-21Mn-1.3V-0.8N-0.3C (мас.%), подвергнутой холодному кручению под высоким давлением (КВД). Исходно закаленные образцы стали (выдержка при $T=1200^{\circ}\text{C}$, 1 ч, закалка в воду) имели структуру преимущественно аустенита с карбонитридами хрома и ванадия. Параметр решетки исходной аустенитной фазы составлял 0,363 нм, что свидетельствовало о высокой концентрации атомов внедрения в твердом растворе. КВД стальных дисков осуществляли при комнатной температуре, при давлении 6 ГПа на $N=1$ оборот. После КВД образцы электролитически насыщали водородом в 3%-ном водном растворе NaCl с добавлением NH_4SCN при комнатной температуре и плотности тока 10 mA/cm^2 в течение 15 ч.

Методами рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа показано, что КВД стали вызывает уменьшение интенсивности, уширение и смещение рентгеновских линий. После КВД, на рентгенограммах наблюдали отражения, соответствующие аустениту, а также карбонитридам (Cr,V)(C,N). Значения микродеформации кристаллической решетки ($\Delta d/d$) составляют $4,0 \times 10^{-4}$ в исходном закаленном состоянии и возрастают на порядок до $5,0 \times 10^{-3}$ после КВД. Размеры областей когерентного рассеяния, напротив, уменьшаются от $\sim 80 \text{ нм}$ в исходном состоянии до $\sim 20 \text{ нм}$ после КВД.

Электролитическое насыщение деформированных методом КВД образцов водородом сопровождается снижением интенсивности (в 2 раза) и уширением рентгеновских линий, что свидетельствует о росте внутренних напряжений в структуре стали. После наводороживания значения $\Delta d/d$ возрастают до $6,6 \times 10^{-3}$. На рентгенограммах деформированных и наводороженных образцов наблюдали линии, соответствующие γ -фазе, карбонитридам ванадия и ε -фазе. Легирование водородом сопровождается смещением (111) γ рентгеновских линий в область меньших углов по сравнению с состоянием после КВД, что указывает на рост концентрации дефектов упаковки и увеличение остаточных напряжений в структуре стали.

Методом ПЭМ обнаружено, что после КВД структура исследуемой стали разориентированная, рефлексы от аустенитной фазы на микродифракционных картинах сильно размыты и располагаются по окружности. Помимо отражений от аустенита в стали наблюдали рефлексы от крупных ($>100 \text{ нм}$) и мелкоразмерных частиц ($<5 \text{ нм}$), также в структуре стали обнаружена небольшая доля ε -мартенсита. После наводороживания характер микроструктуры не изменился, однако, появился сложный дифракционный контраст на изображениях, указывающий на рост внутренних напряжений. На микродифракционных картинах идентифицированы рефлексы от аустенита, карбонитридов и ε -фазы. Таким образом, наводороживание способствует активации $\gamma \rightarrow \varepsilon$ мартенситного превращения в образцах, деформированных методом КВД, то есть вызывает фазовый наклеп.

Наводороживание приводит к повышению микротвердости стали (H_v) от 6,5 ГПа (после КВД) до 6,8 ГПа (после наводороживания) (значения соответствуют середине радиуса дисков). Повышение H_v образцов после наводороживания обусловлено фазовым наклепом за счет реализации $\gamma \rightarrow \varepsilon$ мартенситного превращения, а также ростом внутренних напряжений.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ (СП-160.2016.1).