

# **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

1

DOI: 10.17223/9785946217408/96

ВЛИЯНИЕ ХИМИКО–ДЕФОРМАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ 17X18H9 И 01X17H13M3

<sup>1</sup>Мельников Е.В., <sup>1</sup>Астафурова Е.Г., <sup>1</sup>Астафуров С.В.,

<sup>1</sup>Майер Г.Г., <sup>1</sup>Москвина В.А., <sup>1,2</sup>Фортуна А.С.

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

<sup>2</sup>НИ Томский политехнический университет, Томск, Россия

*melnickow-jenya@yandex.ru*

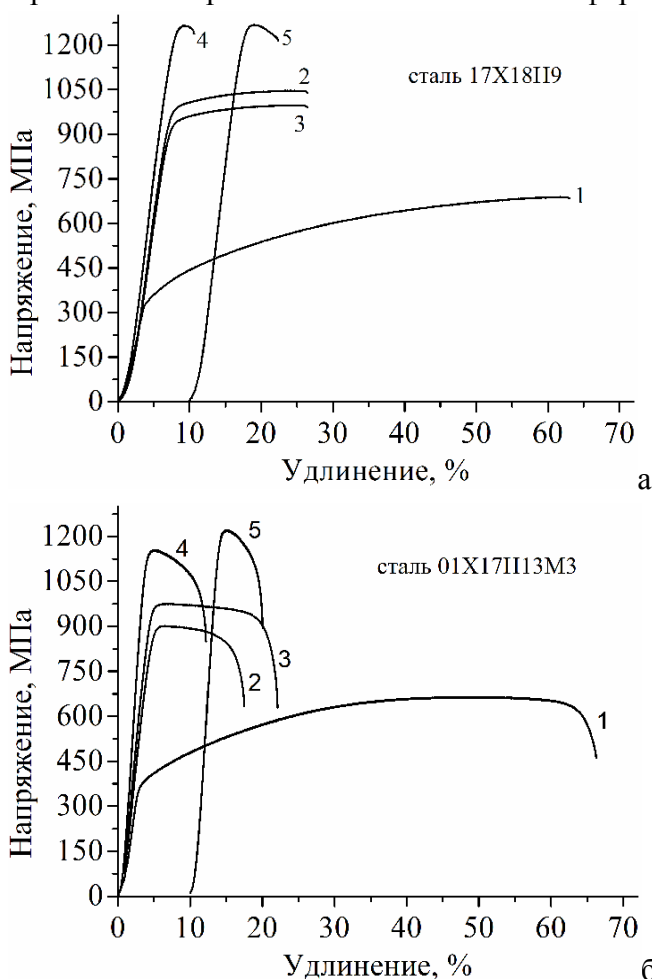
Методами рентгеноструктурного (РСА), рентгенофазового (РФА) и магнитофазового анализа (МФА), микроиндентирования и одноосного статического растяжения изучали влияние химико-деформационной обработки (ХДО), включающей наводороживание и многоходовую прокатку, на механические свойства и структурно-фазовые превращения аустенитных сталей 17X18H9 и 01X17H13M3 (в мас. %) с разной энергией дефекта упаковки (ЭДУ) [1]. Насыщение образцов (пластины 10×30×1 мм) водородом проводили в течение 5 часов при комнатной температуре и плотности тока 10 мА/см<sup>2</sup> в 1N растворе серной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) с добавлением тиомочевины (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>S). Пластическую деформацию осуществляли непосредственно после наводороживания с обжатием на 25 и 50 %. Образцы для растяжения вырезали из прокатанных пластинок в форме двойных лопаток и растягивали их при

комнатной температуре со скоростью  $4.2 \times 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ .

В исходном состоянии стали 17X18H9 и 01X17H13M3 имеют близкие прочностные и пластические свойства: микротвердость (Н<sub>μ</sub>) 2.2 ГПа, предел текучести ( $\sigma_{0.2}$ ) 320 и 350 МПа, предел прочности ( $\sigma_B$ ) 650 и 640 МПа, общее удлинение ( $\delta$ ) 60 и 65 %, соответственно (рис. 1 а, б, кривые 1).

Прокатка стали 17X18H9 сопровождается увеличением микротвердости (3.7 ГПа после  $\epsilon=25$  %, 4.5 ГПа после  $\epsilon=50$  %), предела текучести, предела прочности и уменьшением удлинения до разрушения (рис. 1 а, кривые 2, 4). Введение водорода перед деформацией на  $\epsilon=25$  % способствует снижению предела текучести и предела прочности, при этом удлинение до разрушения не изменяется по сравнению с образцами деформированными без наводороживания (рис. 1 а кривые 2, 3). ХДО с обжатием на 50 % не влияет на прочностные характеристики образцов, но пластичность подрастает (рис. 1 а кривые 4, 5). Значения микротвердости при наводороживании практически не изменяются.

Деформационная обработка стали 01X17H13M3 приводит к росту микротвердости (2.9 ГПа после  $\epsilon=25$  %, 3.7 ГПа после  $\epsilon=50$  %), предела текучести, предела прочности и уменьшением удлинения до разрушения (рис. 1 б, кривые 2, 4). Введение водорода перед деформацией на  $\epsilon=25$  % способствует снижению предела текучести и предела прочности, при этом удлинение до разрушения не изменяется по сравнению с образцами деформированными без наводороживания (рис. 1 б кривые 2, 3). ХДО с обжатием на 50 % не влияет на прочностные характеристики образцов, но пластичность подрастает (рис. 1 б кривые 4, 5). Значения микротвердости при наводороживании практически не изменяются.



**Рис. 1.** Инженерные кривые течения для сталей 17X18H9 (а) и 01X17H13M3 (б) в исходном состоянии (1) и после химико-деформационной обработки: прокатка 25 % (2); наводороживание и прокатка 25 % (3); прокатка 50 % (4); наводороживание и прокатка 50 % (5)

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

4.5 ГПа после  $\epsilon=50\%$ ), предела текучести, предела прочности и к уменьшению удлинения до разрушения (рис. 1 б кривые 2, 4). Предварительное наводороживание стали 01X17H13M3, в отличие от стали 17X18H9, напротив, способствует увеличению микротвердости, пределов текучести и прочности, а также пластичности (рис. 1 б кривые 2, 3) по сравнению со значениями после деформации без наводороживания. После ХДО с обжатием на 50 % прочностные характеристики образцов подрастают, но при этом пластичность немного уменьшается (рис. 1 б кривые 4, 5).

РСА показал, что в исходном состоянии, после закалки, исследуемые стали были аустенитными с параметром решетки  $a=3.60\div 3.61$  Å. При этом, МФА показал наличие небольшой доли  $\alpha'$ -фазы в исходной структуре стали 17X18H9 (табл. 1).

Таблица 1. Значения параметров решетки ( $a$ ), областей когерентного рассеяния (ОКР), микродеформации кристаллической решетки ( $\Delta d/d$ ) (РСА) и объемной доли  $\alpha'$ -фазы ( $V_{\alpha'}$ ) (МФА) в исследуемых сталях в исходном состоянии и после химико-деформационной обработки.

Обработка	$a$ , Å	ОКР, нм	$\Delta d/d$	$V_{\alpha'}$ , %
сталь 17X18H9				
закалка	3.61	59	$2.0 \cdot 10^{-4}$	0.5
прокатка 25 % / наводороживание + прокатка 25 %	3.59/3.61	24/25	$0.7 \cdot 10^{-7}$ $^3/0.4 \cdot 10^{-3}$	0.6/0.7
прокатка 50 % / наводороживание + прокатка 50 %	3.59/3.60	20/21	$1.1 \cdot 10^{-7}$ $^3/0.9 \cdot 10^{-3}$	1.2/1.3
сталь 01X17H13M3				
закалка	3.60	>200	$7.3 \cdot 10^{-4}$	–
прокатка 25 % / наводороживание + прокатка 25 %	3.59/3.59	10/16	$2.2 \cdot 10^{-7}$ $^3/4.6 \cdot 10^{-3}$	–/–
прокатка 50 % / наводороживание + прокатка 50 %	3.60/3.59	7/8	$3.5 \cdot 10^{-7}$ $^3/3.7 \cdot 10^{-3}$	–/–

ХДО стали 17X18H9 по данным РФА не способствует появлению заметного количества  $\alpha'$ -мартенсита. Но по результаты МФА наблюдали тенденцию к его росту при наводороживании и увеличении степени деформации (табл. 1). Размеры областей когерентного рассеяния (ОКР) с ростом степени пластической деформации становятся меньше, а микродеформация кристаллической решетки ( $\Delta d/d$ ) возрастает на порядок по сравнению с исходным состоянием. Наводороживание способствует незначительному уменьшению размеров ОКР и микродеформации кристаллической решетки (табл. 1).

ХДО стали 01X17H13M3 не приводит к реализации фазовых превращений – ни РФА, ни МФА не обнаружили наличия  $\alpha'$ -мартенсита в структуре стали (табл. 1). Это связано с более высокой ЭДУ стали по сравнению со сталью 17X18H9 [1]. Размеры ОКР с ростом деформации стали 01X17H13M3 уменьшаются, а  $\Delta d/d$  возрастает. Наводороживание способствует небольшому увеличению размеров ОКР и  $\Delta d/d$  (табл. 1).

Различия в прочностных и пластических свойствах стали 01X17H13M3 по сравнению со сталью 17X18H9 связаны с различной склонностью сталей к развитию  $\gamma \rightarrow \alpha'$ -фазовых превращений и развитию деформации механическим двойникованием при ХДО [2].

Таким образом, деформация исследуемых сталей приводит к увеличению прочностных свойств и уменьшению пластичности с ростом степени обжатия при прокатке. Электролитическое насыщение водородом не оказывает значительного влияния на прочностные свойства стали 17X18H9 и приводит к их увеличению в стали 01X17H13M3.

### Литература

1. Padilha A.F., Plaut R.L., Rios P.R. Annaling of Cold-worked Austenitic Stainless Steels // ISIJ International. 2003. Vol. 43. No. 2. P. 135-143.
2. Melnikov E., Kozlova T., Maier G., Vinokurov V., Astafurova E. Influence of Rolling Temperature on Structure, Phase Composition and Mechanical Properties of Austenitic Steel Fe–17Cr–13Ni–3Mo // AIP Conf. Proc.: Advanced Materials with Hierarchical Structure for New Technologies and Reliable Structures. 2015. Vol. 1683. 020149-1–020149-5; doi: 10.1063/1.4932839.