

## **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: 10.17223/9785946218412/248

**ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
НА ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ВЫСОКОАЗОТИСТОЙ  
АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ**

<sup>1</sup>Салова Ю.С., <sup>1,2</sup>Литовченко И.Ю., <sup>1,2</sup>Аккузин С.А., <sup>1,2</sup>Тюменцев А.Н., <sup>2</sup>Наркевич Н.А.

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск*

<sup>2</sup>*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

Высокоазотистые аустенитные стали на хромомарганцевой основе были предложены как альтернатива дорогостоящим хромоникелевым сталям. Эти стали в закаленном состоянии имеют более высокие прочностные свойства по сравнению с традиционными хромоникелевыми аналогами за счет наличия азота в твердом растворе. В условиях холодной пластической деформации, благодаря низкой энергии дефекта упаковки, в них развивается интенсивное механическое двойникование с формированием высокой плотности микродвойников, что обеспечивает высокие прочностные свойства и значительное снижение пластичности. Возможности применения термомеханических обработок для измельчения структуры, повышения прочности с сохранением достаточного запаса пластичности на высокоазотистых аустенитных сталях изучены недостаточно.

В настоящей работе методами просвечивающей электронной микроскопии исследованы особенности структурно-фазовых состояний высокоазотистой аустенитной стали X17AG18Ф2 (Fe – 18,25 Cr – 17,5 Mn – 0,17 Ni – 1,4 V – 0,6 N – 0,1 C, вес %) после высокотемпературной термомеханической обработки. Изучены механические свойства в процессе испытаний на растяжение при комнатной температуре.

Высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО) стали состояла из горячей пластической деформации при 1100 °С ( $\epsilon \approx 35\%$ ) и последующей теплой деформации при 600 °С ( $\epsilon \approx 25\%$ ). Пластическую деформацию осуществляли прокаткой с предварительным нагревом и выдержкой в печи при указанных температурах  $\approx 10$  минут.

В исходном (закаленном) состоянии сталь имеет достаточно высокие значения предела текучести  $\approx 500$  МПа при относительном удлинении  $\approx 30\%$ . В исходной структуре наблюдается некоторая доля  $\delta$ -феррита (5 - 20%) и относительно крупные (до нескольких мкм) частицы VN.

Электронно-микроскопические исследования показали, что после горячей деформации с нагревом до 1100 °С пластическая деформация развивается неоднородно в локализованных участках и формируется фрагментированная структура с мало- и высокоугловыми границами разориентации. Крупные частицы VN являются концентраторами напряжений, способствуя локализации деформации. В зернах  $\delta$ -феррита фрагментация развивается интенсивнее, чем в зернах аустенита. Помимо фрагментированной структуры, в аустените наблюдаются отдельные области, содержащие деформационные микродвойники. Предполагается, что микродвойники могли образоваться при комнатной температуре в процессе релаксации локальных внутренних напряжений, сформированных в результате ВТМО. Последующая теплая деформация при 600 °С способствует дополнительной фрагментации микроструктуры стали.

В процессе испытаний на растяжение показано, что полученные в результате ВТМО структурные состояния обеспечивают повышение прочностных свойств стали. При этом значение предела текучести возрастает на  $\approx 300$  МПа по сравнению с исходным и сохраняется хорошее значение относительного удлинения – 9,7 %. В условиях рассмотренных ВТМО не формируется высокая плотность микродвойников деформации и не обнаруживаются нитридные частицы  $Cr_2N$ , охрупчивающие материал. Это позволило повысить прочность высокоазотистой аустенитной стали X17AG18Ф2, при сохранении достаточного запаса пластичности.