

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

**ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И
ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО
ДЕФОРМАЦИОННОГО СТАРЕНИЯ СТАЛЕЙ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ
АТОМОВ ВНЕДРЕНИЯ C+N=(1,2-1,9) масс. %**

Астафуров С.В., Астафурова Е.Г., Майер Г.Г., Мельников Е.В.,
Москвина В.А., Панченко М.Ю., Реунова К.А., Тумбусова И.А., Гальченко Н.К.
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

В работе изучена температурная зависимость механических свойств и эффектов статического и динамического деформационного старения для двух ванадийсодержащих аустенитных сталей с высоким содержанием примесей внедрения (азота и углерода, C+N>1,2 масс. %). Для исследования были выбраны стали следующего химического состава: Fe-22Cr-26Mn-1,3V-0,2Ni-0,7C-1,2N (масс. %, C+N=1,9 %) и Fe-19Cr-22Mn-1,6V-0,4C-0,8N (масс. %, C+N=1,2 %). Из исходных (горячекатаных) заготовок вырезали плоские образцы для проведения механических испытаний и подвергали их отжигу при температуре 1200°C (1 час) с закалкой в воду. Механические испытания на одноосное растяжения проводили в интервале температур от -60°C до +60°C с начальной скоростью деформации $1 \times 10^{-4} \text{ с}^{-1}$.

В исследуемом температурном интервале характер кривых течения, коэффициент деформационного упрочнения и общее удлинение образцов обеих сталей не изменяется. Образцы сталей демонстрируют сильную температурную зависимость предела текучести, типичную для аустенитных сталей с твердорастворным упрочнением азотом или углеродом. Снижение температуры механических испытаний от +60 до -60°C сопровождается существенным ростом условного предела текучести (от 610 до 820 МПа для стали C+N=1,2 и от 710 до 1010 МПа для стали C+N=1,9). Анализ микроструктуры сталей с использованием методов просвечивающей электронной микроскопии показывает, что во всем исследуемом интервале температур пластическое течение сталей обусловлено скольжением дислокаций, механическое двойникование выступает дополнительным механизмом упрочнения. Понижение температуры растяжения усиливает планарность дислокационной структуры и активность механического двойниковогоания. Несмотря на изменение микроструктуры при понижении температуры, основной микромеханизм излома обеих сталей остается вязким транскристаллитным. То есть обе стали не проявляют склонности к хрупкому разрушению в исследуемом температурном интервале, а высокая концентрация атомов внедрения способствует формированию высоких прочностных свойств.

При испытаниях на статическое деформационное старение (растяжение до $\epsilon=5\%$, разгрузка, выдержка в интервале температур 25-300°C) установлено, что при комнатной температуре выдержки увеличение напряжения течения за счет статического деформационного старения ($\Delta\sigma$) для обеих сталей составляет 9-10 МПа, а при больших температурах выдержки возрастает до 54 МПа (в стали с C+N=1,9) и 43 МПа (для стали C+N=1,2). Величина напряжений $\Delta\sigma$, необходимых для отрыва дислокаций от атмосфер из атомов примеси, определяется не только температурой и продолжительностью старения, но и концентрацией атомов внедрения и замещения (прежде всего, марганца и углерода) в исследуемых сталях. Для обеих сталей динамическое деформационное старение проявляется в интервале температур от 200 до 300°C. В рассматриваемом температурном интервале динамическое деформационное старение проявляется в виде «скачков» на диаграммах «напряжение-деформация», отрицательной скоростной зависимости напряжений течения и увеличения скорости деформационного упрочнения на стадии дислокационного скольжения. При этом в стали C+N=1,2 динамическое деформационное старение выражено сильнее, что согласуется с известными данными о подавлении этого эффекта в высокоазотистых сталях.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Томской области (проект № 18-48-700042 р_а). Исследования проведены с использованием оборудования ЦКП «Нанотех» ИФПМ СО РАН.