

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-298

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АЗОТА НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЗАВИСИМОСТЬ
МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЗМОВ ДЕФОРМАЦИИ В
ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОМ СПЛАВЕ FeMnCrNiCo**

Реунова К.А., Астафурова Е.Г., Астафуров С.В., Мельников Е.В., Панченко М.Ю.,
Москвина В.А., Семейкина Д.Д.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

В настоящей работе представлены результаты по исследованию влияния азота на температурную зависимость микроструктуры, механических свойств, механизмов пластической деформации и механизмов разрушения высокоэнтропийных сплавов $\text{Fe}_{20,0}\text{Mn}_{20,0}\text{Cr}_{20,0}\text{Ni}_{20,0}\text{Co}_{20,0}$ (ат. %, 0N-ВЭС) и $\text{Fe}_{20,0}\text{Mn}_{19,6}\text{Cr}_{18,5}\text{Ni}_{21,0}\text{Co}_{19,4}\text{N}_{1,5}$ (ат. %, 1,5N-ВЭС). Исследуемые сплавы были подвергнуты термомеханической обработке, заключающейся в отжиге при температуре 1200 °С в течение 2 ч, холодной прокатке (осадки 80 %) и повторном отжиге при 1200 °С в течение 2 ч. Исследование температурной зависимости механических свойств проводилось в широком температурном интервале от 77 К до 473 К при испытаниях на одноосное статическое растяжение образцов, имеющих форму двойных лопаток с размерами рабочей части 12×2,6×1,4 мм. В исходном состоянии сплавы имели разориентированную крупнозернистую структуру со средним размером зерна $d \approx 220$ мкм. Исследование фазового состава, выполненное методом рентгенофазового анализа, показало, что исследуемые сплавы имеют однофазную аустенитную структуру. Легирование атомами внедрения приводит к увеличению параметра кристаллической решетки аустенитной фазы от 3,598 Å в случае 0N-ВЭС образцов до 3,607 Å для сплава 1,5N-ВЭС.

Исследование температурной зависимости механических свойств показало, что сплавы 0N-ВЭС и 1,5N-ВЭС обладают сильной температурной зависимостью величин условного предела текучести, предела прочности и пластичности. Сплав 0N-ВЭС обладает максимальным значением предела текучести $\sigma_{0,2}$ и удлинением до разрушения δ при температуре жидкого азота (415 МПа и 100 %, соответственно). Методом просвечивающей электронной микроскопии было обнаружено, что основным механизмом деформации этого сплава при температуре 77 К является дислокационное скольжение, а механическое двойникование активируется в процессе пластического течения на поздних стадиях деформации. С увеличением температуры испытания происходит уменьшение прочности и пластичности сплава, так при комнатной температуре предел текучести и удлинение составили $\sigma_{0,2} = 180$ МПа и 65 %, а при $T = 473$ К предел прочности уменьшился до 130 МПа, а $\delta = 53$ %. Анализ изображений поверхности разрушения, полученных методом сканирующей электронной микроскопии, показывает, что исходный сплав обладает вязким характером разрушения во всем исследуемом температурном интервале.

Легирование азотом приводит к увеличению предела текучести и прочности сплава 1,5N-ВЭС во всем исследуемом интервале температур, а также способствует росту коэффициента деформационного упрочнения относительно сплава 0N-ВЭС. При температуре 77 К, величина предела текучести составляет $\sigma_{0,2} = 630$ МПа, при этом азотистый сплав обладает небольшим в сравнении с 0N-ВЭС удлинением ($\delta = 50$ %). Пластическое течение при температуре 77 К развивается с возрастающим коэффициентом деформационного упрочнения из-за развития планарной дислокационной структуры и двойникования. С ростом температуры испытания от до 473 К наблюдается тенденция к снижению прочностных характеристик сплава 1,5N-ВЭС. Так, при температуре деформации 296 К предел текучести в сплаве, легированном азотом составил $\sigma_{0,2} = 300$ МПа ($\delta = 70$ %), при этом механизм деформации двойникованием оказывается подавлен. Характер разрушения азотистого сплава является преимущественно вязким даже при криогенных температурах испытания, но наблюдается наличие небольшого количества хрупких трещин, характерных для сплавов с планарной дислокационной структурой.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 20-19-00261).