

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СО РАН

ФИЗИЧЕСКАЯ МЕЗОМЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ.  
ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ  
СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЗМЫ НЕЛИНЕЙНОГО ПОВЕДЕНИЯ

Международная конференция

5–8 сентября 2022 г.  
Томск, Россия

Тезисы докладов

Новосибирск  
2022

**ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СПЛАВОВ FeMnCrNiCo(N)**

<sup>1</sup>Астафурова Е.Г., <sup>1</sup>Астафуров С.В., <sup>1</sup>Мельников Е.В., <sup>1</sup>Панченко М.Ю., <sup>1</sup>Реунова К.А.,  
<sup>1</sup>Загибалова Е.А., <sup>1</sup>Нифонтов А.С., <sup>2</sup>Гуртова Д.Ю., <sup>2</sup>Астапов Д.О.

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

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск

Среди семейства многокомпонентных сплавов большое внимание исследователей привлекает высокоэнтропийный сплав Кантора FeMnCrNiCo, обладающий сильной температурной зависимостью прочностных свойств, нетипичной для бинарных твердых растворов с ГЦК кристаллической решеткой, сильным зернограницным упрочнением и значительной низкотемпературной пластичностью. Сплав Кантора представляет собой концентрированный твердый раствор по типу замещения (эквивалентный), поэтому его прочностные свойства и деформационное упрочнение могут быть дополнительно повышены за счет легирования атомами внедрения. В настоящей работе с использованием методов просвечивающей и растровой электронной микроскопии, одноосного статического растяжения исследовали влияние легирования азотом с атомными концентрациями 0,8, 1,4 и 1,6 % на температурную зависимость (диапазон температур от 77 до 473 К) микроструктуры, механических свойств и микромеханизмов разрушения сплава FeMnCrNiCo. После гомогенизации (холодная прокатка и отжиг при температуре 1473 К) все исследуемые сплавы обладают однофазной аустенитной структурой без признаков нитридообразования. Все сплавы имеют крупнозернистую структуру со средним размером зерна  $\approx 200$  мкм.

Экспериментально показано, что легирование азотом способствует расширению кристаллической решетки. Увеличение параметра решетки аустенита с содержанием азота в интервале концентраций от 0 до 1,6 ат. % подчиняется линейной зависимости с коэффициентом  $\Delta a/\Delta C_N = 0,625$  пм/ат.%. Соответствующее упругое несоответствие размеров атомов  $\epsilon_{el} = 1/a \, da/dC_N = 0,0017$  1/ат.% близко к показателям для легированных углеродом и азотом аустенитных сталей. Твердорастворное упрочнение аустенитной фазы также описывается линейной функцией, а величина  $\Delta\sigma_{0,2}/\Delta C_N$  для сплавов FeMnNiCoCr(N) изменяется от 97 МПа/ат.% при комнатной температуре до 146 МПа/ат.% при 77К.

Азотсодержащие сплавы FeMnCrNiCo(N) обладают более сильной температурной зависимостью предела текучести по сравнению со сплавом Кантора, и азот способствует увеличению как атермической, так и термически-активируемой компонент напряжения. Во всем диапазоне температур деформации основным механизмом деформации сплавов, легированных азотом, является дислокационное скольжение. Снижение температуры испытаний и легирование азотом усиливают склонность сплава Кантора к планарному скольжению и способствуют деформационному упрочнению. Несмотря на слабое влияние азота на энергию дефекта упаковки сплава Кантора и высокие деформирующие напряжения в сплавах FeMnCrNiCoN, азотсодержащие сплавы не проявляют склонности к развитию механического двойникования, а увеличение деформационного упрочнения в них (относительно сплава Кантора) вызвано формированием мультиполей и плотных дислокационных стенок, сформированных из плоских скоплений дислокаций на близко расположенных плоскостях скольжения.

Обнаружено противоположное влияние легирования азотом на удлинение сплава Кантора при разных режимах деформации: увеличение пластичности азотистых сплавов при  $T > 250$  К вызвано усилением планарности скольжения, а при  $T < 250$  К появление вязкохрупкого перехода в сплавах FeMnCrNiCoN связано с хрупким межкристаллитным разрушением образцов, легированных азотом  $C_N \geq 1,4$  ат. %.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 20-19-00261). Исследования проведены с использованием оборудования ЦКП «Нанотех» (ИФПМ СО РАН, Томск).*