

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Физическая мезомеханика.
Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

**в рамках
Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА FeMnCrNiCo, ЛЕГИРОВАННОГО
АТОМАМИ АЗОТА**

¹Реунова К.А., ¹Астафурова Е.Г., ¹Мельников Е.В., ¹Панченко М.Ю., ¹Майер Г.Г.,
¹Москвина В.А., ¹Астафуров С.В., ^{1,2}Тумбусова И.А.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*
²*НИ Томский политехнический университет, Томск*

Методами оптической, просвечивающей и растровой электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа была исследована микроструктура и фазовый состав литых сплавов (ВЭС) FeMnCrNiCo с ГЦК кристаллической структурой, легированных атомами азота с концентрацией 1 и 3 ат. %. Слитки химического состава 20Fe-20Mn-20Cr-20Ni-20Co (ат. %) (ВЭС-0N), 20Fe-20Mn-20Cr-20Ni-19Co-1N (ВЭС-1N) и 20Fe-20Mn-20Cr-20Ni-17Co-3N (ВЭС-3N) были выплавлены в вакуумной индукционной печи в атмосфере аргона. Механические испытания на растяжение для всех сплавов были проведены при комнатной температуре.

Методом рентгеноструктурного анализа был исследован фазовый состав исходного сплава ВЭС-0N и сплавов с азотом в литом состоянии. Установлено, что все исследуемые сплавы имеют однофазную ГЦК структуру. Легирование азотом способствует увеличению параметра кристаллической решетки аустенитной фазы и эта величина зависит от концентрации азота: $a=3,593$ нм в ВЭС-0N, $a=3,608$ нм в ВЭС-1N и $a=3,609$ нм в ВЭС-3N. Полученные результаты свидетельствуют о формировании твердого раствора внедрения (азота) в аустенитной фазе и находятся в полном соответствии с данными микроструктурного анализа, которые не указывают на формирование заметного количества вторичных фаз в исследуемых сплавах. Для всех сплавов в литом состоянии характерна дендритная микроструктура. Согласно данным энергодисперсионного микроанализа для всех исследуемых сплавов элементный состав дендритов оказался близким: структура обогащена по Fe, Cr и Co и обеднена по Mn и Ni. В составе междендритных прослоек для всех исследуемых сплавов наблюдалось повышенное содержание Mn и Ni относительно состава основной дендритной составляющей. Исследование протравленной поверхности образцов показало, что в сплаве ВЭС-3N наблюдается повышенная травимость границ зерен, однако методами электронной микроскопии не было выявлено образование нитридов в сплавах, легированных азотом с концентрацией 1 и 3 ат. %.

Легирование азотом с концентрацией 1 и 3 ат. % приводит к увеличению прочностных свойств исходного сплава ВЭС-0N: легирование азотом с концентрацией 1 ат. % повышает предел текучести $\sigma_{0,2}$ от 170 МПа до 300 МПа, а увеличение концентрации легирующего элемента до 3 ат. % сопровождается дальнейшим ростом $\sigma_{0,2}$ до 365 МПа. Так же легирование азотом приводит к росту предела прочности σ_B : для ВЭС-0N он составляет $\sigma_B=710$ МПа, в то время как для ВЭС-1N и ВЭС-3N он увеличивается до 1075 МПа и 1190 МПа, соответственно. Независимо от концентрации азота величина удлинения δ высокоэнтропийного сплава немного возрастает при легировании азотом: $\delta=52$ % для ВЭС-0N, $\delta=65$ % для ВЭС-1N и $\delta=65$ % для ВЭС-3N. Легирование атомами азота способствует увеличению микротвердости высокоэнтропийного сплава: от 1,78 ГПа в сплаве ВЭС-0N до 2,48 ГПа и 2,60 ГПа в сплавах с 1 и 3 ат. % азота, соответственно.

Таким образом, легирование высокоэнтропийного сплава FeMnCrNiCo атомами азота с разной атомной концентрацией способствует формированию однофазного твердого раствора с ГЦК структурой, улучшает прочностные характеристики исходного сплава, сохраняя высокий уровень пластичности.

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