

Сибирский государственный индустриальный университет, Россия
Международная высшая школа Цинхуа в Шэньчжэне, Китай
Институт физики прочности и материаловедения
Сибирского отделения Российской академии наук, Россия
Алтайский государственный технический университет
имени И.И. Ползунова, Россия
Национальный исследовательский Томский
государственный университет, Россия
Научно-образовательный центр мирового уровня "Кузбасс", Россия
Университет науки и технологий Пекина, Китай
Хуачжунский университет науки и технологий, Китай
Университет Вэньчжоу, Китай
TGL Technology LTD, Великобритания

**МАТЕРИАЛЫ ВО ВНЕШНИХ ПОЛЯХ
(МВП–2023)**

13 – 14 марта 2023

*Труды
XII МЕЖДУНАРОДНОГО ОНЛАЙН СИМПОЗИУМА*

Новокузнецк, 2023

УДК 669.017:539.2 (06)

ББК 22.9

М 39

Редакционная коллегия:

д-р физ.-мат. наук, профессор В.Е. Громов,

д-р. техн. наук, доцент Д.В. Загуляев,

д-р. техн. наук, доцент С.А. Невский,

аспирант кафедры ЕНД им. проф. В.М. Финкеля А.Н. Гостевская,

аспирант кафедры ЕНД им. проф. В.М. Финкеля А.А. Серебрякова

М 39 Материалы во внешних полях : труды XII Международного онлайн-симпозиума / под ред. В.Е. Громова, Сибирский государственный индустриальный университет. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2023. – 151 с.

Сборник трудов конференции содержит научные доклады в области физики конденсированных сред, основанные на научных достижениях, сгруппированные по разделам: перспективные технологии поверхностной упрочняющей обработки, проблемы прочности, пластичности материалов при внешнем энергетическом воздействии, проблемы эксплуатации материалов в экстремальных условиях, исследования высокоэнтропийных сплавов, методы получения и обработки материалов. В докладах представлены результаты, полученные экспериментальными методами и теоретическим моделированием. Актуальность выбранных направлений обосновывается ежегодно проводимыми международными конференциями, специализированными изданиями, международными проектами, посвященными поднимаемым темам.

Сборник трудов предназначен для специалистов по прочности и пластичности материалов в условиях внешних энергетических воздействий и может быть использован научно-техническими работниками, аспирантами и студентами старших курсов.

УДК 669.017:539.2 (06)

ББК 22.9

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2023

Содержание

Секция 1. Передовые технологии упрочняющей поверхностной обработки.....	7
Структурно-фазовые состояния поверхности титана после электровзрывного науглероживания совместно с оксидом циркония и электронно-пучковой обработки А.В. Ионина, Е.С. Вашук, Е.А. Будовских, В.Е. Громов, Ю.Ф. Иванов.....	9
Электронно-ионно-плазменный комплексный многоцикловый метод модификации поверхностного слоя высоколегированной стали аустенитного класса Ю.Ф. Иванов, В.В. Шугуров, Е.А. Петрикова, А.Д. Тересов, И.В. Лопатин.....	11
Макроскопическая локализация пластической деформации трехслойного композита С.А. Баранникова, Ю.В. Ли.....	13
Упрочнение и выглаживание аддитивных поверхностей титанового сплава ВТ6 электроискровой обработкой многокомпонентными электродами С.К. Муканов, П.А. Логинов, М.И. Петржик, А.Е. Кудряшов, Е.А. Левашов.....	15
Изменение механических свойств аморфно-нанокристаллического металлического сплава воздействием лазерного излучения И.С. Сафронов, А.А. Неплюева.....	17
Crystal filling geometry of coordination spheres in the d0 ₃ superstructure M.D. Starostenkov, Z. Yang, G. Dong.....	19
Анализ влияния режимов комбинированного упрочнения титановых сплавов на усталостную долговечность и износостойкость М.Д. Романенко, В.В. Баринов, К.А. Бадиков, К.И. Сенцов.....	21
Исследование развития точечных дефектов в кристалле гранецентрированной кубической решётке М.Д. Старостенков, А.С. Кочкин, К.А. Теников, А.Ю. Варавина ³ , Р.Е. Сальникова.....	23
Моделирование локального проплавления в поверхностном слое металлического сплава А.И. Ушаков, И.С. Сафронов.....	25
Микроструктурные и трибологические исследования новых износостойких покрытий для горношахтного оборудования В.К. Дробышев, А.Р. Михно, А. Н. Гостевская.....	26
Секция 2. Проблемы прочности, пластичности материалов при внешних энергетических воздействиях.....	29
Ostwald ripening accelerated by electropulsing Sh. Xia, W. Jie, Q. Li.....	31
Структура и свойства заэвтектического силумина, подвергнутого комплексной обработке Ю.А. Шлярова, В.В. Шляров, Д.В. Загуляев, А.А. Серебрякова, Ю.Ф. Иванов, В.Е. Громов.....	35
Modelling of processes during heat treatment of rails V.D. Sarychev, A.D. Filyakov, I.I. Chumachkov, S.V. Konovalov.....	36
Молекулярно-динамическое моделирование влияния лазерной абляции на строение металла А.Н. Гостевская, А.В. Маркидонов, В.К. Дробышев, И.А. Панченко.....	40
Влияние параметров получения электронно-лучевой аддитивной технологией образцов интерметаллидов титан-алюминий на микротвердость Л. Юаньсюнь, Ж.Г. Ковалевская.....	42
Анализ причин ускорения насыщения поверхности металлов при электролитно-плазменной и иных видах электро-химико-термической обработки Д.Е. Капуткин, В.Н. Дураджи, Н.А. Капуткина.....	44
Критерий коробления при термической обработке при симметричном распределении температур Д.Е. Капуткин.....	46
Высокопрочные криогенные аустенитные cr-ni-mn стали, легированные азотом Л.М. Капуткина, И.В. Смарикина.....	48
Mechanical characteristics and fracture surface of lead grade 2 destructed in a constant magnetic field A.A. Serebryakova, V.V. Shlyarov, D.V. Zaguliaev.....	50
Влияние вибрации на процессы усталости конструкционных материалов и элементов О.Б. Скворцов.....	51

Управление свойствами полупроводниковых гетероструктур и мдп-наноструктур с помощью внешних полей Н. Е. Капуткина.....	53
Влияние внешних и собственных электромагнитных полей на пластические свойства металлических проводников В.И. Стащенко, О.Б. Скворцов.....	55
Создание макетных образцов композиционной балки. подготовка образцов к серии предварительных механических испытаний Д.А. Дурасова.....	56
Features of the fracture surface of the AK5M2 alloy modified with Ti and irradiated by an electron beam A. A. Serebryakova, Yu. A. Shliarova, D.V. Zaguliaev, Yu.F. Ivanov.....	58
Влияние температуры на неоднородность пластической деформации Fe-Cr-Ni сплава С.А. Баранникова, П.В. Исакова.....	59
Моделирование консервативного движения дислокационных порогов для оценки интенсивности генерации точечных дефектов Д.Н. Черепанов.....	61
Влияние свойств элемента деформационной среды на формирование различных типов полос суперлокализации пластической деформации Я.Д. Липатникова, Ю.В. Соловьева, И.Г. Вовнова, Л.А. Валуйская, Н.Н.Белов.....	63
Изменение элементного и фазового состава, дефектной субструктуры образцов системы «пленка (титан) / (AK5M2) подложка», подвергнутых облучению электронным пучком В.В. Шляров, Д. В. Загуляев, Ю.А. Шлярова, А.А. Серебрякова, Ю.Ф. Иванов, В.Е. Громов.....	65
Ориентационная зависимость характеристик поверхностных упрочненных слоев в монокристаллах аустенитной нержавеющей стали после ионно-плазменного насыщения Е.А. Загibalова, А.С. Нифонтов, Е.Г. Астафурова.....	67
Многоцикловая усталость технически чистого титана в условиях магнито-полевых воздействий В.В. Шляров, К.В. Аксенова, А.А. Серебрякова, Д.В. Загуляев.....	74
Исследование микроструктуры и микротвердости Al-Zn-Mg-Cu сплава, полученного аддитивным способом В.К. Дробышев, Д.Н. Лабунский, И.А. Панченко, С.В. Коновалов.....	76
Секция 3. Проблемы эксплуатации материалов в экстремальных условиях.....	79
Собственные акустические колебания как возможный фактор стресс-коррозии на магистральном газопроводе А.Б. Арабей, И.В. Ряховских, Т.Ю. Истомина, Д.Е. Капуткин, Д.И. Преферансов, С.И. Погуляев, В.А. Степанова.....	83
Механизмы упрочнения рельсовой стали при сжатии К.В. Аксёнова, Е.С. Ващук, В.Е. Громов, Ю.Ф.Иванов.....	85
Взаимное влияние грунтового электролита и углеродистой стали в процессе биологической коррозии при воздействии ультразвуковых колебаний Д. Е. Капуткин, Т. Ю. Истомина, В.А. Степанова, Д.И. Преферансов.....	88
Внутренние напряжения и их источники в рельсовых сталях Н.А. Попова, В.Е. Громов, М.А. Порфирьев, Р.Е. Крюков, В.В. Шляров, А.А. Юрьев.....	89
Динамические механические нагрузки на проводящие элементы электромеханического оборудования, связанные с воздействием электрических и магнитных полей О.Б. Скворцов, В.И. Стащенко.....	90
Сопrotивление ползучести модифицированного сплава TNM-B1 с глобулярной и ламеллярной структурой, полученного методом порошковой металлургии Г.М. Марков, П.А. Логинов, Е.А. Левашов.....	92
Структурно-фазовое состояние и свойства тонких пленок на основе in-sn-o, напыленных на кварцевые стекла методом магнетронного распыления металлической мишени из сплава индия и олова Р.Б. Турсунханова, В.П. Сергеев, М.П. Калашников, О.В. Сергеев, В.В. Нейфельд.....	93
Deformation of different ribbon amorphous alloys under cyclic loading and uniform heating A.D. Berezner, V.A. Fedorov.....	97
Прочностные, трибологические свойства и структурно-фазовые состояния рельсовых сталей М.А. Порфирьев, В.Е. Громов, Ю.Ф. Иванов, Ю.А. Шлярова, Р.Е. Крюков,	

Г.И. Черепанова.....	103
Эволюция структурно-фазового состояния и качеств рельсов из заэвтектоидной стали при долговременной эксплуатации М.А. Порфирьев, В.Е. Громов*, Р.Е. Крюков, А.А. Юрьев, Г.И. Черепанова.....	105
Секция 4. Материалы на основе высоко- и среднеэнтропийных сплавов, высоколегированные сплавы, методы их получения, структура, механические и функциональные свойства, механизмы деформации.....	107
Температурная зависимость механических свойств и деформационное поведение образцов, полученных методом электронно-лучевого аддитивного производства с использованием проволоки из аустенитной нержавеющей стали Е.Г. Астафурова, Е.В. Мельников, С.В. Астафуров, М.Ю. Панченко, К.А. Реунова, А.В. Лучин, Е.А. Колубаев.....	109
The mechanical properties of WAAM-CMT Al-5Si alloy С. Su, S. Kononov.....	110
Структурно-фазовое состояние высокоэнтропийного сплава кантора после испытаний на разрушение А.Н. Гостевская, В.К. Дробышев, И.А. Панченко, С.В. Коновалов.....	112
Температурная зависимость механических свойств многокомпонентных сплавов системы FeMnCrNiCo(N) Д.О. Астапов, К.А. Реунова, Д.Ю. Гуртова, Е.Г. Астафурова.....	114
Изменение микротвердости покрытий из высокоэнтропийных сплавов В.Е. Громов, М.О. Ефимов, Ю.А. Шлярова, И.А. Панченко, С.В. Коновалов.....	115
Теплостойкие сплавы повышенной твердости, сформированные плазмой в азоте Н.Н. Малущин, В.Е. Громов, Л.П. Бащенко.....	116
Влияние легирования водородом на механизмы деформации аустенитной стали при холодной прокатке Е.В. Мельников, Е.Г. Астафурова.....	118
Механизмы формирования структур в материалах при воздействии плазменных потоков электрического взрыва проводника С.А. Невский, В.Д. Сарычев, А.Ю. Грановский, Л.П. Бащенко, В.Е. Громов, Д.В. Шамситдинов.....	120
Испытания на разрыв композиционных материалов на основе аморфных металлических сплавов марки 82K3XCP и полимеров А.Д. Ошоров, И.В. Ушаков.....	122
Влияние старения на водородное охрупчивание высокоэнтропийных сплавов Fe ₂₀ Cr ₂₀ Ni ₂₀ Mn ₂₀ Co _{20-x} N _x Д.Ю. Гуртова, М.Ю. Панченко, Д.О. Астапов, Е.Г. Астафурова...	124
Эволюция дислокационных субструктур от деформации в медно-марганцевых сплавах Л.И. Тришкина, А. А. Клопотов, Т.В. Черкасова, В.И. Бородин, А.И. Потеев, Д.А. Иванова.....	126
Структурные исследования влияния легирования переходными металлами Cr, V и смесью на основе тугоплавких металлов на структурно-фазовое состояние в стали гадфильда Н.А. Попова, А. А. Клопотов, Е.Л. Никоненко, В.И. Бородин, А.И. Потеев.....	128
Влияние пластической деформации на структурно-фазовое состояние длительно эксплуатируемой стали 12X1МФ Н.А. Попова, Е.Л. Никоненко, Н.В. Абабков, А.Н. Смирнов, В.И. Данилов.....	130
Структура и свойства покрытий из высокоэнтропийных сплавов FeCoCrNiMn и FeCoCrNiAl В.Е. Громов, С.В. Коновалов, Ю.Ф. Иванов, М.О. Ефимов, Ю.А. Шлярова, И.А. Панченко, Г.И. Черепанова.....	132
Секция 5 Методы получения и обработки металлических и неметаллических материалов конструкционного и функционального применения.....	135
Research of argon arc surfacing parameters influence on the babbitt intermediate layer structure in the manufacture of functionally organized layered compositions V.Y. Plyukhina, R.S. Mikheev..	137
Получение двухкомпонентных металлических покрытий различной морфологии методом электроосаждения А.Г. Денисова, В.А. Данилов.....	139
Модификация структуры и механических свойств оксидной керамики ионной обработкой С.А. Гынгазов, В.А. Болтуева.....	141
Получение композиционных материалов на основе Ti-Al «Гидридной технологией» Н.И. Каракчиева, В.И. Сачков, И.А. Курзина.....	143

Влияние дозы имплантации ионами Al на упрочнение сплава BT1-0 в мелкозернистом состоянии А.В. Никоненко, Н.А. Попова, Е.Л. Никоненко.....	144
Ultrasonic welding of peek plates with cf fabric reinforcement. the process optimization by the neural network simulation S.V. Panin, V. O. Alexenko, D. Yu. Stepanov, A. V. Byakov, A.A. Bogdanov, D. G. Buslovich, D. Tian.....	146
Исследование процесса уплотнения порошков на основе диоксида циркония при спекании в присутствии малых добавок в виде легкоплавких оксидов в условиях термического нагрева и при нагреве пучком электронов С.А. Гынгазов, И.П.Васильев.....	148

components: a review of recent research developments. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 111(1), 149-198 (2020).

2. J. Norrish, J. Polden, I. Richardson, A review of wire arc additive manufacturing: development, principles, process physics, implementation and current status. J. Phys. D. Appl. Phys. 54(47), 473001 (2021).

3. Y. Guo, Q. Han, J. Hu, X. Yang, P. Mao, J. Wang, C. Liu, Comparative Study on Wire-Arc Additive Manufacturing and Conventional Casting of Al–Si Alloys: Porosity, Microstructure and Mechanical Property. Acta. Metall. Sin (English Letters). 35(3), 475-485 (2022).

УДК 536.425

СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА КАНТОРА ПОСЛЕ ИСПЫТАНИЙ НА РАЗРУШЕНИЕ

А.Н. Гостевская, В.К. Дробышев, И.А. Панченко, С.В. Коновалов

*Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия,
e-mail: lokon1296@mail.ru*

Аннотация. Изучение поведения структуры и свойств высокоэнтروпийных сплавов (ВЭС) является одной из наиболее актуальных тем современного материаловедения. В работе методами сканирующей электронной микроскопии проведено исследование структуры, разрыва высокоэнтропийного сплава CoCrFeMnNi.

Ключевые слова: Высокоэнтропийный сплав (ВЭС) CoCrFeMnNi, структура, излом.

Исследование высокоэнтропийных сплавов, формирующих структуру, состоящую из нескольких фаз с большой объемной долей, является актуальной темой исследований. Одним из сплавов, имеющих однофазную структуру неупорядоченного твердого раствора замещения (на основе ГЦК (гранецентрированной кубической решетки)), является высокоэнтропийный сплав CoCrFeMnNi [1].

Высокоэнтропийные сплавы, активно изучаемые в последние годы, представляют интерес не только для различных технических приложений [2, 3], но и с точки зрения установления особенностей их структурообразования и механизмов протекания различных физических процессов, в частности процессы пластической деформации. Типичным представителем высокоэнтропийных сплавов (ВЭС) является эквивалентный сплав CoCrFeMnNi (сплав Кантора), представляющий собой твердый раствор с ГЦК-решеткой. Имеется ряд работ, в которых исследуются механические свойства этого сплава, но мнения о механизмах пластической деформации сильно различаются. Например, после деформации прокаткой при комнатной температуре наличие двойников обнаружено при степени деформации более 20 %, тогда как после деформации растяжением двойники наблюдались только при самых больших деформациях (около разрушения). Известно, что как вид нагружения, так и некоторые «внутренние» особенности сплава (в частности, энергия дефекта упаковки) существенно влияют на механизм деформации

Исследования проводились в лабораторных условиях. Для проведения исследований использовались образцы высокоэнтропийных сплавов системы CoCrFeMnNi. Морфологию структурно-фазового состояния высокоэнтропийных сплавов системы CoCrFeMnNi после испытаний на разрыв проводилось методами сканирующей электронной микроскопии на микроскопе KYKY-EM6900.

Анализ поверхности разрушения осуществляли методом сканирующей электронной микроскопии. В структуре сплава после испытаний на разрыв отчетливо видно, что в изломе высокоэнтропийного сплава $\text{Co}_{20}\text{Cr}_{20}\text{Fe}_{10}\text{Mn}_{30}\text{Ni}_{20}$ присутствуют области материала, разрушенные по вязкому механизму. Следует отметить, что наблюдаемая структура характерна для вязкого излома с образованными ямками. Подробный анализ, ямок разрушения возможно провести при большем увеличении. Отчетливо видно, что излом сформирован в результате вязкого разрушения сплава. Характерными элементами вязкого разрушения

являются ямки вязкого излома. Ямки на поверхности вязкого излома являются результатом образования, роста и слияния множества микропор, имеющих место в процессе разрушения материала. Размеры и глубину ямок можно связать с размером частиц и расстоянием между ними, а также с вязкостью разрушения материала. Наличие множества ямок разного диаметра вокруг плоских фасеток свидетельствует о вязком разрушении высокоэнтропийного сплава $\text{Co}_{20}\text{Cr}_{20}\text{Fe}_{10}\text{Mn}_{30}\text{Ni}_{20}$.

На краю образца было обнаружено, что структура вязкого излома имеет глобулярную структуру, образование ямок наблюдается в центральной части излома ВЭС. Следует отметить важную особенность поверхности разрушения $\text{Co}_{20}\text{Cr}_{20}\text{Fe}_{10}\text{Mn}_{30}\text{Ni}_{20}$, а именно, формирование микротрещин, приводящих к последующему разрушению образцов, который протекает в первую очередь в подповерхностном слое, расположенном на границе раздела. Исследование поверхности разрушения образцов ВЭС позволило оценить толщину расплавленного слоя.

ЭДС-анализ показал, что в зоне вязкого излома высокоэнтропийного сплава $\text{Co}_{20}\text{Cr}_{20}\text{Fe}_{10}\text{Mn}_{30}\text{Ni}_{20}$ выявленное содержание элементов соответствует данному сплаву. Как видно из рисунка 1 б-е в $\text{Co}_{20}\text{Cr}_{20}\text{Fe}_{10}\text{Mn}_{30}\text{Ni}_{20}$ содержание железа преобладает в исследуемом участке и составляет 28,14 атом. %. Проведенный анализ ЭДС показал, что в структуре вязкого излома соотношение элементов в материале сохраняется.

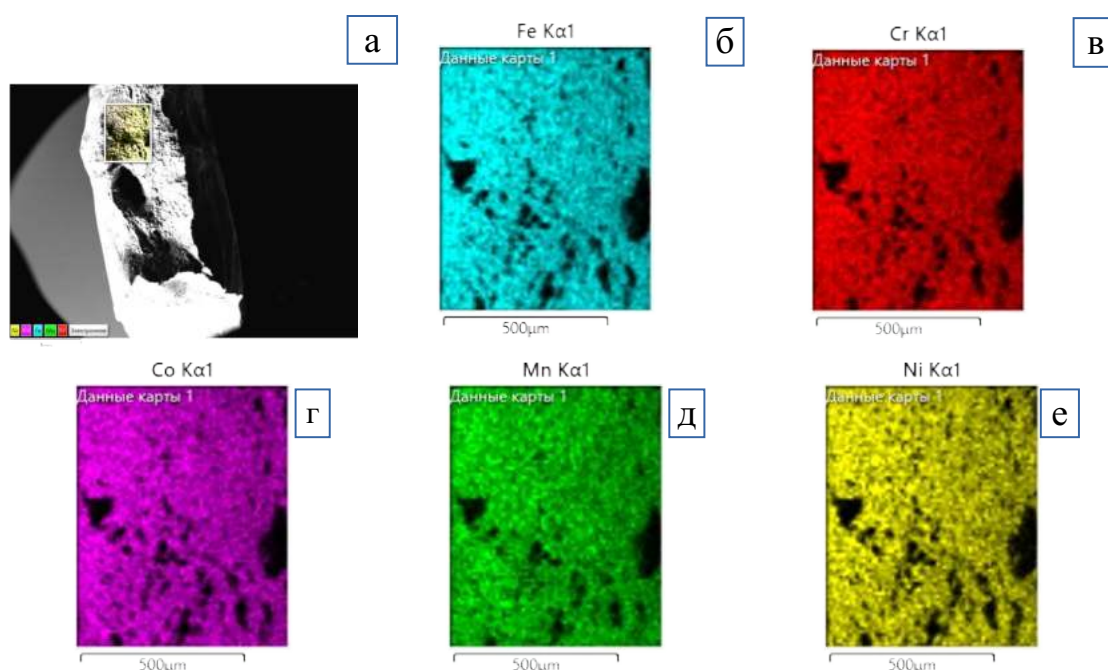


Рисунок 1 – Электронно-микроскопическое изображение структуры

Проведенные исследования показали, что ВЭС после испытаний на разрыв усеет структуру вязкого излома глобулярной формы. Анализ результатов показывает, что в структуре излома явно выявлен поверхностный слой, а также можно отметить, что в материале присутствуют микропоры и пустоты.

Работа выполнена в рамках государственного задания 0809-2021-0013.

Библиографический список

1. Yeh, J.W., Chen, S.K., Lin, S.J., Gan, J.Y., Tsau, T.S. and Chang, S.Y. Nanostructured High-Entropy Alloys with Multiple Principal Elements: Novel Alloy Design Concepts and Outcomes. *Advanced Engineering. // Materials*. 2009. V.11, № 8. Pp. 641-644.
2. Otto F., Dlouhy A., Somsen Ch., Bei H., Eggeler G., George E.P. The influence of temperature and microstructure on the tensile properties of a CoCrFeMnNi high-entropy alloy // *Acta Materialia*. 2013. V. 61. Pp. 5743 – 5755.

УДК 538.9

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ FeMnCrNiCo(N)

Д.О. Астапов^{1,2}, К.А. Реунова², Д.Ю. Гуртова^{1,2}, Е.Г. Астафурова²

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, г.Томск, Россия

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: denis.0612@mail.ru

Аннотация. В работе изучена температурная зависимость механических свойств и механизмов разрушения сплавов системы FeMnCrNiCo(N). Показано, что азотистый сплав Fe_{20,4}Mn_{20,4}Cr_{20,3}Ni_{20,3}Co₁₇N_{1,6} имеет более высокие значения прочностных и пластических характеристик при температуре испытания $T > 250$ К, чем сплав FeMnCrNiCo (сплав Кантора), однако при температуре испытания $T < 250$ К удлинение до разрушения азотистого сплава резко снижается. Легирование азотом сплава Кантора усиливает деформационное упрочнение и повышает тенденцию к планарному скольжению. Азотосодержащий сплав разрушается транскристаллитно вязко при комнатной температуре испытания и интеркристаллитно хрупко при низкотемпературной деформации.

Ключевые слова: высокоэнтропийный сплав, легирование азотом, фазовый состав, микроструктура, механические свойства, разрушение.

В исследовании методами сканирующей (СЭМ) и просвечивающей (ПЭМ) электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа, одноосного статического растяжения в интервале температур 77-473 К были изучены микроструктура, фазовый состав, механические свойства, механизмы деформации и разрушения многокомпонентных сплавов системы FeMnCrNiCo(N). Для исследования были выбраны высокоэнтропийные сплавы (ВЭСы), имеющие следующий состав: Fe₂₀Mn₂₀Cr₂₀Ni₂₀Co₂₀ (ат. %) (сплав Кантора, ВЭС-0N) и Fe_{20,4}Mn_{20,4}Cr_{20,3}Ni_{20,3}Co₁₇N_{1,6} (ВЭС-1,6N). Слитки исследуемых сплавов были выплавлены в вакуумной индукционной печи в атмосфере аргона. Образцы сплавов были подвержены термомеханической обработке (ТМО): отжиг при температуре 1200°C в течение 2 ч, холодная прокатка до 80 % и повторный отжиг при 1200°C в течение 2 ч.

Методом СЭМ было показано, что образцы ВЭС-0N и ВЭС-1,6N характеризуются однородной по элементному составу крупнокристаллической структурой: у сплава Кантора средний размер зерна составляет 215 мкм, а у азотосодержащего – 190 мкм. С использованием рентгеноструктурного анализа было показано, что оба изучаемых сплава имеют аустенитную структуру с ГЦК-кристаллической решеткой и находятся в однофазном состоянии. Легирование атомами азота сплава Кантора приводит к смещению линий рентгеновской дифракции в сторону меньших углов, то есть способствует искажению кристаллической решетки и увеличению её параметра (a): от $a = 3,598$ Å в случае исходного сплава ВЭС-0N до $a = 3,608$ Å для сплава ВЭС-1,6N.

Анализ механических свойств, полученных после испытаний на одноосное статическое растяжение, свидетельствует о сильной температурной зависимости механических свойств исследуемых сплавов. Независимо от состава сплава было показано, что с понижением температуры испытания увеличивается как предел текучести $\sigma_{0,2}$, так и предел прочности σ_B . Легирование азотом сплава Кантора вызывает рост $\sigma_{0,2}$ во всем интервале температур: самые высокие значения предела текучести соответствуют сплаву ВЭС-1,6N при низкотемпературном режиме деформирования и составляют 610 МПа (при температуре испытания $T = 77$ К у сплава Кантора $\sigma_{0,2} = 385$ МПа). Установлено, что удлинение до разрушения при $T > 250$ К после легирования атомами азота сплава Кантора увеличивается, а при $T < 250$ К – уменьшается.

Научное издание

Материалы во внешних полях (МВП–2023)

13 – 14 марта 2023

Труды
XII МЕЖДУНАРОДНОГО ОНЛАЙН СИМПОЗИУМА

Под общей редакцией
Компьютерная верстка
Технический редактор

В.Е. Громов
А.Н. Гостевская
А.А. Серебрякова

Подписано в печать 13.04.2023

Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 9,00. Уч.-изд. л. 9,56. Тираж 500 экз. Заказ № 68

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк,
ул. Кирова, зд. 42, Издательский центр СибГИУ