

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

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ, СФОРМИРОВАННЫХ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ В АУСТЕНИТНОЙ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ С РАЗНЫМ РАЗМЕРОМ ЗЕРНА

¹Москвина В.А., ¹Астафурова Е.Г., ²Рамазанов К.Н., ³Загибалова Е.А.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

²Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа

³НИ Томский политехнический университет, Томск

В настоящей работе экспериментально исследовано влияние размера зерна (плотности межзеренных границ) в аустенитной нержавеющей стали Fe-17Cr-13Ni-1,7Mn-2,7Mo-0,5Si-0,01C масс. % (АНС) на микроструктуру, морфологию и фазовый состав упрочненных слоев, сформированных при ионно-плазменном насыщении поверхности атомами внедрения. Три партии исходных гомогенизированных заготовок АНС были подвергнуты термомеханической обработке (ТМО) с использованием различных схем для получения аустенитной структуры с разным размером зерна: с мелкокристаллической – $d=3,7\pm 2,4$ мкм (МС-1) и $d=5,9\pm 3,9$ мкм (МС-2) – и крупнокристаллической структурой $d=54,7\pm 31,2$ мкм (КС-3). После ТМО из каждой партии заготовок были вырезаны образцы для испытаний на растяжение и микроструктурных исследований методами рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа (РСА и РФА) и световой оптической микроскопии (ОМ). Образцы с разным размером зерна были подвергнуты ионно-плазменной обработке (ИПО) при 540°C (12 ч) и давлении газа 300 Па в насыщающей смеси газов, состоящей из азота (25 %, N₂), ацетилена (5 %, C₂H₂) и аргона (70 %, Ar).

ИПО приводит к образованию поверхностных упрочненных слоев независимо от размера зерна в стали. Для ИПО-образцов РФА свидетельствовал о фазовых превращениях, происходящих в поверхностном слое – об образовании гетерофазного композиционного слоя, состоящего из легированного азотом и углеродом аустенита, небольшой доли феррита, нитридов и карбонитридов различного состава Cr(N,C), Fe₄(N,C). Поверхностные слои образцов с разным размером зерна имеют одинаковый набор фаз, однако содержание Cr(N,C) и Fe₄(N,C) в них различное. Учитывая тот факт, что границы зерен являются предпочтительными местами для зарождения вторичных фаз, в МС-1 образцах наблюдали наибольшую интегральную интенсивность отражений от Cr(N,C). По мере увеличения среднего размера зерна в МС-1→МС-2→КС-3 образцах интенсивность отражений от Cr(N,C) уменьшается, при этом возрастает интенсивность отражений от Fe₄(N,C) фазы, образование которой обычно происходит из пересыщенного азотом и/или углеродом аустенита при продолжительном нагреве или длительной выдержке при ИПО.

Анализ результатов ОМ выявил двухслойную микроструктуру, состоящую из внешнего (поверхностного) и внутреннего (подповерхностного) слоя в ИПО-образцах с разным размером зерна. Для образцов с мелкокристаллической структурой (МС-1 и МС-2) внешний слой имеет повышенную травимость по границам зерен из-за присутствия нитридов и карбонитридов вдоль границ, а внутри протравленных зерен отчетливо виден рисунок травления, морфологически схожий со следами деформации в аустенитных зернах. Внешний слой в КС-3 образцах, обладает более слабой травимостью границ зерен, но внутри зерен также видны следы травления. Внутренний «диффузионный» слой, более однородный по сравнению с внешним и обладает слабой травимостью независимо от размера зерна в ИПО-образцах. По-видимому, слабая травимость диффузионного слоя связана с локальным повышением коррозионной стойкости аустенитной фазы из-за твердорастворного упрочнения аустенита азотом и углеродом, без образования вторичных фаз.

Ионно-плазменная обработка в смеси газов обеспечивает диффузионное насыщение поверхности АНС азотом и углеродом, а при достижении предельной концентрации азота и/или углерода в твердом растворе аустенита происходит распад этой фазы с образованием Cr(N,C)+α-Fe и Fe₄(N,C) фаз. При этом наличие в исходной структуре высокой плотности

Секция 4. Научные основы разработки материалов с многофазной иерархически организованной структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

межзеренных границ (мелкокристаллические структуры) способствует зернограничному выделению фазы $\text{Cr}(\text{N},\text{C})$ наряду с твердорастворным упрочнением аустенита, а при уменьшении плотности межзеренных границ (крупнокристаллическая структура) сильное твердорастворное упрочнение аустенита сопровождается выделением преимущественно фазы $\text{Fe}_4(\text{N},\text{C})$. В подповерхностных слоях со слабой травимостью, соответствующих диффузионной зоне, концентрация атомов внедрения в твердом растворе не так велика, как в композиционных слоях, и выделения вторичных нитридных и карбонитридных фаз не происходит.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ (СП-14.2019.1).