

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-028

ВЛИЯНИЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И МИКРОТВЕРДОСТЬ УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ В СТАЛИ AISI 316L С РАЗНЫМ РАЗМЕРОМ ЗЕРНА

¹Москвина В.А., ¹Астафурова Е.Г., ^{1,2}Загибалова Е.А.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск

В работе изучали фазовый состав и микротвердость упрочненных слоев, сформированных при ионно-плазменном насыщении атомами внедрения образцов аустенитной нержавеющей стали Fe-17Cr-13Ni-1,7Mn-2,7Mo-0,5Si-0,01C (масс. %, АНС AISI 316L) в зависимости от размера зерна. В результате термомеханических обработок по трем режимам были сформированы образцы с аустенитной структурой и разным размером зерна. Два типа образцов с мелкокристаллической структурой с размером зерна $d=3,7\pm 2,4$ мкм (МС-1) и $d=5,9\pm 3,9$ мкм (МС-2) и один с крупнокристаллической структурой с $d=54,7\pm 31,2$ мкм (КС-3). Диффузионную ионно-плазменную обработку (ИПО) образцов проводили в смеси газов азота (25% N₂), ацетилена (5% C₂H₂) и аргона (70% Ar) при температуре 540°C (12 ч) и давлении 300 Па на установке ЭЛУ-5. Рентгеновский фазовый анализ образцов был выполнен на дифрактометре ДРОН-7 в симметричном и асимметричном режимах рентгеновской съемки. Измерение микротвердости по глубине ИПО-слоев проводили на микротвердомере Duramin-5 при нагрузке 245 мН.

По данным рентгенофазового анализа, поверхностно-упрочненная область во всех ИПО-образцах имеет одинаковый набор фаз из легированного азотом и углеродом аустенита Fe- $\gamma_{N,C}$, нитридов и карбонитридов Fe₄(N,C), Cr(N,C) и Fe- α фазы, однако содержание этих фаз в поверхностных слоях образцов с разным размером зерна различно. После ИПО в МС-1 и МС-2 образцах поверхностный композиционный слой состоит из смеси Cr(N,C), Fe- α , Fe₄(N,C) и Fe- $\gamma_{N,C}$ фаз с диффузионным подповерхностным слоем с фазой Fe- $\gamma_{N,C}$. Поверхностный слой КС-3 образцов состоит преимущественно из Fe₄(N,C) и Fe- $\gamma_{N,C}$ фаз с небольшой долей частиц Cr(N,C) и Fe- α . Он постепенно переходит в диффузионный слой, состоящий из Fe- $\gamma_{N,C}$ и Fe₄(N,C) фаз, по мере удаления от поверхности вглубь образца содержание фазы Fe₄(N,C) уменьшается и преобладает легированный азотом и углеродом аустенит.

Независимо от размера зерна в ИПО-образцах микротвердость упрочненного слоя вблизи поверхности достигает 16 ГПа. Это связано с дисперсионным упрочнением аустенита нитридными и карбонитридными фазами Cr(N,C), Fe₄(N,C) и твердорастворным упрочнением аустенита атомами азота и углерода (Fe- $\gamma_{N,C}$ -фаза). На профилях распределения микротвердости по глубине можно выделить три характерные области: внешний (поверхностный) слой, подповерхностный диффузионный слой и исходный материал. Все ИПО-образцы демонстрируют высокие значения микротвердости в упрочненных слоях и постепенное уменьшение микротвердости при достижении глубины $\approx 41-48$ мкм. В МС-1 и МС-2 образцах вблизи поверхности (до ≈ 10 мкм) наблюдается большой разброс значений микротвердости и ее снижение из-за скалывания слоя под нагрузкой при индентировании. Микротвердость в приповерхностных слоях с Fe- $\gamma_{N,C}$ фазой и небольшой долей частиц обладает меньшим разбросом значений, она ниже, чем в поверхностном слое, и постепенно снижается до значений, характерных для исходной аустенитной стали (3,5 ГПа). Для КС-3 образцов характерны наименьший разброс микротвердости в поверхностно-упрочненной области (без отколов вблизи поверхности) и более высокие значения микротвердости в подповерхностном диффузионном слое из-за твердорастворного упрочнения (фаза Fe- $\gamma_{N,C}$) и образования когерентных частиц Fe₄(N,C) в теле аустенитных зерен. То есть, в образцах стали с разным размером зерна, различное содержание нитридных и карбонитридных фаз в поверхностно-упрочненной области (фазовый состав) после ИПО оказывает влияние на распределение микротвердости в слоях.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ (СП-14.2019.1). Авторы благодарны д.т.н. Рамазанову К.Н. за помощь с ионно-плазменной обработкой образцов.