

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-025

**ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И
МЕХАНИЗМОВ РАЗРУШЕНИЯ АУСТЕНИТНОЙ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ,
ПОДВЕРГНУТОЙ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКЕ**

¹Майер Г.Г., ¹Москвина В.А., ¹Астафуров С.В., ¹Мельников Е.В., ¹Панченко М.Ю.,
¹Реунова К.А., ¹Загибалова Е.А., ²Рамазанов К.Н., ²Есипов Р.С., ¹Астафурова Е.Г.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

²*Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа*

В работе исследовали температурную зависимость механических свойств и механизмов разрушения образцов аустенитной нержавеющей стали Fe-17Cr-13Ni-1,7Mn-2,7Mo-0,5Si-0,01C (АНС AISI 316L, масс. %), подвергнутых диффузионной ионно-плазменной обработке (ИПО). Для ИПО использовали образцы с аустенитной структурой с размером зерна $d=55$ мкм. Ионно-плазменную обработку проводили в смеси газов азота (25%), ацетилена (5%) и аргона (70%) при температуре 540 ± 10 °С в течение 12 часов. Температурную зависимость механических свойств и механизмов разрушения исходных и поверхностно-упрочнённых образцов АНС изучали при одноосном растяжении в интервале температур от 77К до 400К.

При ИПО в образцах образуется поверхностно-упрочненная область глубиной до $\approx 50-55$ мкм, состоящая из композиционного слоя толщиной $\approx 10-13$ мкм и подповерхностного диффузионного слоя толщиной $\approx 35-40$ мкм. Согласно данным рентгенофазового анализа, полученным в симметричном и асимметричных режимах съемок, поверхностный композиционный слой состоит из легированного азотом и углеродом аустенита Fe- $\gamma_{N,C}$, фаз Fe₄(N,C), Cr(N,C) и Fe- α . С увеличением угла падения рентгеновского первичного пучка при асимметричной съемке (при увеличении толщины анализируемого слоя) на рентгенограммах интенсивность рентгеновских линий для всех фаз возрастает, но для фаз Fe- $\gamma_{N,C}$ и Fe₄(N,C) это выражено наиболее сильно. Подповерхностный слой (на глубине >15 мкм от поверхности) состоит преимущественно из легированного азотом и углеродом аустенита Fe- $\gamma_{N,C}$.

При растяжении АНС в интервале температур (77-400)К исходные образцы демонстрируют сильную температурную зависимость условного предела текучести $\sigma_{0,2}$. Для высокотемпературного интервала (область атермического скольжения, $T>300$ К) характерна более слабая температурная зависимость напряжений $\sigma_{0,2}$, пропорциональная зависимости модуля сдвига от температуры $G(T)$. Деформация при $T<300$ К соответствует термически-активируемой области скольжения, с понижением температуры деформации от 300К до 77К значение $\sigma_{0,2}$ возрастает в 2,3 раза (до $\sigma_{0,2}=650$ МПа при 77К). Во всем температурном интервале испытаний АНС демонстрирует высокую пластичность $\delta=50\div 70\%$ и разрушается вязко транскристаллитно с образованием ямочного излома на поверхностях разрушения.

Формирование упрочненных поверхностных слоев в образцах АНС способствует росту значений $\sigma_{0,2}$ на $55\div 150$ МПа и снижению пластичности образцов при всех температурах испытания. В термически-активируемой и атермической частях температурной зависимости наблюдается различное увеличение значений предела текучести: $\Delta\sigma_{0,2}=105$ МПа при 300К, $\Delta\sigma_{0,2}=55$ МПа при 77К. Более высокие напряжений $\sigma_{0,2}$ для образцов после ИПО вызваны твердорастворным упрочнением аустенита атомами внедрения (Fe- $\gamma_{N,C}$ фаза) и дисперсионным твердением (за счет образования Fe₄(N,C) и Cr(N,C) фаз) в поверхностно-упрочненной области. Коэффициент охрупчивания, характеризующий потерю пластичности образцов при ИПО, слабо зависит от температуры деформации и составляет $k_{\delta}=30-37\%$. Во всем температурном интервале поверхностно-упрочненная область разрушается хрупко транскристаллитно с образованием фасеток квазисколов, но при низкотемпературной деформации при $T < 300$ К хрупкие фасетки и гребни наблюдаются на большей глубине из-за склонности легированного атомами внедрения аустенита к проявлению вязко-хрупкого перехода при криогенных температурах испытания.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-70031.