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

DOI: 10.17223/9785946219242/201

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ ВАНАДИЕМ НА МЕХАНИЗМЫ УПРОЧНЕНИЯ СТАЛЕЙ С ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ АТОМОВ ВНЕДРЕНИЯ ПРИ КРУЧЕНИИ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

Майер Г.Г., Москвина В.А., Астафурова Е.Г.
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

В работе изучали влияние легирования ванадием на механизмы упрочнения высокоазотистых сталей Fe-23Cr-19Mn-0,2C-0,5N (мас.%) (0V-сталь), Fe-19Cr-21Mn-1,3V-0,3C-0,5N (1,3V-сталь) и Fe-18Cr-23Mn-2,6V-0,3C-0,5N (2,6V-сталь) (мас.%) при исследовании микроструктуры и микротвердости после кручения под высоким давлением (КВД). Исходное состояние сталей получали закалкой в воду после выдержки при T=1200°C в течение 1 часа. После закалки стали имели структуру преимущественно аустенита, 0V- и 2,6V- стали содержали небольшую долю феррита (≈ 4 %). Стали, легированные ванадием, также содержали карбонитриды хрома и ванадия. Параметр решетки исходной аустенитной фазы составлял 0,3635 нм (0V-сталь); 0,3633 нм (1,3V-сталь) и 0,3626 нм (2,6V-сталь). КВД стальных дисков осуществляли при комнатной температуре, давлении 6 ГПа на N=0 (осадка), N=1/4, N=1/2, 1 оборот.

Деформация КВД сопровождается развитием скольжения, механического двойникования и образованием полос локализованной деформации в структуре исследуемых сталей. В 0V-стали после КВД осадкой наблюдали формирование плотной двойниковой сетки, которая сохранялась до деформации на один оборот. При легировании стали ванадием склонность к образованию полос локализованной деформации усиливалась. В результате этого в 1,3V- и 2,6V-сталях формирование разориентированной субзеренной микроструктуры происходило при меньшей степени деформации в сравнении с 0V-сталью, азимутальное размытие рефлексов на микродифракционной картине наблюдали после КВД при N=1/4 для 1,3V- и 2,6V- сталей и N=1/2 для 0V-стали. Эти данные полностью коррелируют с оценкой значений концентрации дефектов упаковки, рассчитанных на основе данных рентгеноструктурного анализа: легирование стали ванадием снижает склонность к образованию дефектов упаковки (11,0% в 0V-стали, 8,0% в 1,3V-стали и 7,0% в 2,6V-стали после N=1).

После деформации на один полный оборот исследуемые стали обладали высокими значениями микротвердости: 6,0 ГПа (0V-сталь), 6,5 ГПа (1,3V-сталь) и 6,1 ГПа (2,6V-сталь) по сравнению с исходными значениями: 3,0 ГПа (0V-сталь), 3,9 ГПа (1,3V-сталь) и 4,1 ГПа (2,6V-сталь). Легирование ванадием вызывает рост значений микротвердости сталей в сравнении со сталью без ванадия как в исходном состоянии, так и в состояниях после КВД. Высокие значения микротвердости закаленных сталей обусловлены, в первую очередь, твердорастворным упрочнением. Оценка концентрации азота в твердом растворе на основе данных о параметре решетки аустенита в исследуемых сталях и химическом составе сталей показала, что после закалки стали обладают разным уровнем твердорастворного упрочнения: концентрация азота в твердом растворе аустенита составляет 0,53 мас.% в 0V-стали; 0,47 мас.% в 1.3V-стали и 0,36 мас.% в 2,6V-стали. После закалки ванадийсодержащих сталей в результате образования частиц (V,Cr)(N,C) дополнительный вклад в упрочнение вносит дисперсионное твердение. При этом в 2,6V-стали с высоким содержанием ванадия вклад от дисперсионного твердения возрастает ввиду большей объемной доли частиц (V,Cr)(N,C). После деформации КВД деформационное упрочнение способствует росту микротвердости. На основе данных микроструктурных исследований легирование ванадием снижает склонность сталей к развитию механического двойникования и уровень деформационного упрочнения в сталях уменьшается в следующей последовательности 0V-сталь→1,3V-сталь→2,6V-сталь.

Анализ полученных данных показал, что несмотря на то, что легирование ванадием приводит к обеднению твердого раствора по атомам внедрения за счет образования

дисперсных частиц и снижает уровень деформационного упрочнения при КВД, аддитивный эффект дисперсионного, твердорастворного и деформационного упрочнения в ванадийсодержащих сталях обеспечивает наилучший уровень прочностных характеристик (микротвердость) в сравнении со сталью без ванадия.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ (МК-2086.2019.8) на 2019-2020 гг.