

ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ



Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины
Е. О. Патона НАН Украины
А. В. Звягинцева (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины) защитила 5 октября 2016 г. докторскую диссертацию на тему «Влияние легирования ниобием и молибденом на образование трещин в сварных соединениях стабильно аустенитных сплавов Ni–Cr–Fe».

Диссертация посвящена изучению механизма образования и закономерностей распространения горячих трещин на микроуровне в температурном интервале падения пластичности 600...1000 °С в многослойных швах со стабильноаустенитной структурой. Были исследованы многопроходные сварные соединения, выполненные на сплаве Inconel 690 часто используемой в промышленности сварочной проволокой Inconel 52 системы легирования Ni–Cr–Fe. Для исследований также была выбрана присадочная проволока In 52 MSS системы легирования Ni–Cr–Fe–Nb–Mo.

В работе рассмотрены структурные изменения в условиях сварочного цикла. Исследование механизма образования и распространения трещин в пределах нескольких зерен, приводящего к разрушению материала в результате термосилового воздействия в материалах с ГЦК-решеткой, проводилось в рамках отдельных подсистем многоуровневой модели деформируемого твердого тела. Были рассмотрены подсистемы: кристаллическая решетка, подсистема дефектов кристаллической решетки, границы зерен, фазовые особенности, их функциональные взаимосвязи и закономерности их самосогласованного изменения в полях внешних воздействий.

Установлено, что при определенных термодеформационных условиях, а именно, при достижении локализованной на границе зерна деформации 40 %, в температурном интервале $0,6...0,8T_s$ трещины возникают и распространяются по большеугловым границам зерен. Швы системы легирования Ni–Cr–Fe имеют высокую чувствительность к образованию трещин провала пластичности в зоне термического влияния многопроходного шва. Изменение системы легирования путем дополнительного введения Nb и Mo приводит к изменениям в распределении фаз и локальных структурных характеристик, а именно,

плотности дислокаций ρ , уровня локализованной деформации $\epsilon_{л}$, локальных внутренних напряжений $\tau_{л/вн}$. Установлено, что тонкая структура шва Ni–Cr–Fe характеризуется высокой плотностью дислокаций, особенно у границ зерен (порядка до $\rho \sim 10^{11}...2,2 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$); высоким уровнем локализованной деформации (до $\epsilon_{л} = 30...40 \%$) и значительными локальными внутренними напряжениями у границ зерен. В шве Ni–Cr–Fe–Nb–Mo имеет место равномерное (без градиентов) распределение плотности дислокаций, низкий и равномерный уровень локализованной деформации (до $\epsilon_{л} = 6 \%$) и локальных внутренних напряжений.

Исследования показали, что пониженные значения энергии дефекта упаковки (до $\gamma_{зду} = 0,19 \text{ Дж/м}^2$) в случае дополнительного легирования Nb и Mo характеризует стойкость к образованию трещин провала пластичности в сварных соединениях сталей и сплавов с ГЦК структурой, поскольку низкая энергия дефекта упаковки препятствует созданию градиента деформаций в пределах граница зерна/тело зерна.

Одной из определяющих причин образования трещин провала пластичности (ТПП) являются сегрегационные процессы. Образующиеся на поверхностях раздела, в том числе на участках большеугловых границ, ограниченных температурным интервалом провала пластичности и зафиксированные ОЖЕ спектрометром, монослои серы толщиной 0,5...1,0 нм и кислорода, толщиной 0,5...1,0 нм, усиленные локализованной деформацией, могут являться причиной возникновения горячих трещин.

Использование комплекса экспериментальных исследований, реализуемых в сканирующем растровом электронном микроскопе «Zeiss» EVO-50 с применением CCD-детектора, и методов цифровой обработки изображений, в том числе двухмерного прямого дискретного Фурье-преобразования картин Кикучи, позволило определить границы, склонные к образованию ТПП (имеющие разориентацию 45...60°), и деформации кристаллической решетки в локальных участках зерен, примыкающих к трещинам.

Выполненные исследования открывают возможность прогнозирования физических принципов поведения изучаемых сплавов в процессе сварки и увеличения вероятности получения сварных соединений без дефектов.



А. А. Максименко (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины) защитил 19 октября 2016 г. кандидатскую диссертацию на тему «Свариваемость микролегированных сталей с $\sigma_T = 350...460$ МПа и упрочнение сварных соединений с накопленными усталостными повреждениями».

Диссертация направлена на получение знаний о структурных изменениях, которые происходят на участке перегрева металла ЗТВ высокопрочных низкоуглеродистых микролегированных ванадием и ниобием сталях класса прочности С350-С460 в процессе сварки и в процессе внешнего циклического нагружения изгибом, и установлении их влияния на физико-механические свойства и циклическую долговечность сварных соединений сталей S355J2 и 10Г2ФБ.

Исследованиями показано, что в результате воздействия на металл ТЦС, структура стали S355J2 и 10Г2ФБ меняется соответственно от ферритно-бейнитной и бейнитной при $w_{6/5} = 3,0$ °С/с до бейнитной и бейнитно-мартенситной при 50 °С/с. Показатели прочности металла ЗТВ стали S355J2 по отношению к основному металлу растут, а пластичность уменьшается. Пластические свойства металла ЗТВ стали 10Г2ФБ, независимо от $w_{6/5}$,

выше исходных. При $w_{6/5} \leq 10$ °С/с наблюдается разупрочнение металла ЗТВ стали 10Г2ФБ. Показано, что при малых $[H]_{\text{диф}} \leq 5,0$ мл/100 г в наплавленном металле склонность металла ЗТВ сварных соединений сталей 10Г2ФБ и S355J2 к замедленному разрушению не проявляется.

Экспериментально установлено, что при росте количества циклов нагружения от $0,45 N_{Fr}$ к N_{Fr} параметры структуры уменьшаются по сравнению с исходным состоянием, а плотность дислокаций увеличивается. За счет этого показатели предела текучести металла увеличиваются на 20...22 %, а сопротивляемость хрупкому разрушению уменьшается в 1,6 раза. Доказано, что как в модельных образцах, так и в сварных соединениях, уже на стадии накопления повреждений наблюдается рост показателей градиента напряженности магнитного поля. Непосредственно перед разрушением их величина по отношению к исходному состоянию увеличивается в 5...6 раз.

Показано, что в тавровых сварных соединениях с накопленными повреждениями после упрочнения наплавкой и высокочастотной механической проковкой возможно достичь долговечности соединений на уровне после первичной сварки. На основании выполненных исследований разработаны обобщенные рекомендации относительно технологических процессов сварки сталей класса прочности С350-С460.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ



С 3 по 5 октября 2016 г. в городе Таллинн (Эстония) состоялась 15-я Балтийская конференция по электронике (BEC 2016). Организатором конференции выступил Таллиннский технологический университет (ТТУ), который выступает постоянным организатором уже 14 таких конференций начиная с 1987 г.

Конференция традиционно посвящена результатам новейших исследований и разработок в области электроники, микро- и нанотехнологий, встраиваемых систем, надежной вычислительной техники, обработки сигналов. Международным комитетом конференции было отобрано 48 работ, представленных научно-исследовательскими организациями и университетами из Эстонии, Латвии, Литвы, Венгрии, Финляндии, Швеции, Чехии, Словацкой Республики, Словении, Германии, России, Португалии, Украины, Польши, США, Франции, Италии, Испании, Индии. Темы представленных на конференции докладов включали вопросы анализа, проектирования, моделирования, оптимизации процессов в компонентах и системах электронного оборудования. Все материалы, представленные авторами, прошли экспертизу с привлечением международных экспертов, а принятые документы будут размещены в базе данных IEEE Xplore.

Институтом электросварки (ИЭС) им. Е. О. Патона НАН Украины, Национальным техническим университетом Украины (КПИ) совместно с Таллиннским технологическим университетом на конференции был представлен совместный доклад: «Влияние скин-эффекта на прохождение тока через электроды электрохирургических инструментов и биологическую ткань», авторы: Владимир Сидорец (ИЭС), Андрей Дубко (ИЭС, КПИ), Олександр Бондаренко (КПИ), Роман Косенко (ТТУ) (докладчик — Андрей Дубко). Работа была посвящена анализу распределения плотности тока в медном электроде и биологической ткани, что является основой для разработки новых эффективных электрохирургических инструментов. Прошедший форум способствовал обсуждению широкого круга междисциплинарных вопросов, установлению деловых контактов, касающихся, в том числе, аспектов, связанных с усовершенствованием медицинской техники.

А. Г. Дубко