

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ОБРАБОТКА (УЗПО) РЕАКТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

СООБЩЕНИЕ 2. УЗПО СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В.М. Нетесов, П.А. Березняк, Л.С. Ожигов, В.В. Хандак

*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,
г. Харьков, Украина*

Проведено исследование влияния УЗПО на сварные соединения реакторных сталей X18H10T и 15X2HMФА. Показано, что после такого воздействия в поверхностном слое сварного шва формируется структурное состояние с более равномерным уровнем внутренних напряжений. Это позитивным образом влияет на прочностные характеристики поверхности сварного шва.

В ранее приведенных сообщениях [1,2] было показано, что УЗПО приводит к улучшению эксплуатационных характеристик конструкционных материалов. Причем роль такого воздействия в значительной мере зависит от структурного состояния обрабатываемого объекта и может сопровождаться как процессами деформационного упрочнения, связанными с увеличением степени искаженности структуры, так и реализацией релаксационных процессов, приводящих к разупрочнению. Исходя из вышесказанного, большой практический интерес для дальнейших исследований влияния данного вида воздействия представляют собой металлические объекты, в которых в силу ряда технологических причин, после их изготовления формируются различные структурные состояния и прочностные свойства. Наиболее наглядно это заметно в местах сварных швов. В сварном соединении основной металл, металл сварного шва и околошовной зоны, существенно отличаются по своей структуре и механическим свойствам. Как известно [3] многие металлоконструкции крупных ядерных энергетических установок монтируют без термической обработки. Это делает остаточные сварочные напряжения очень важным фактором, определяющим прочность установки в целом. Одним из видов их повреждения являются так называемые локальные разрушения околошовной зоны. Внешне они проявляются в образовании трещин на линии сплавления. Трещины образуются на поверхности и растут в глубь металла. Исходя из этого, перед настоящей работой была поставлена цель – рассмотреть влияние УЗПО на прочностные характеристики сварных швов некоторых реакторных сталей.

Исследовались сварные швы сталей X18H10T и 15X2HMФА. Заготовками для образцов из стали X18H10T служили две сварные пластины листового металла. Причем одна пластина представляла собой сталь обычного промышленного состава, а вторая была дополнительно микролегирована скандием (Sc). В случае стали 15X2HMФА, заготовкой

служила часть корпуса реактора, вырезанная в месте сварного соединения. Из этого металла изготавливали пластины. В дальнейшем часть пластин обеих партий подвергалась двухсторонней УЗПО на описанной ранее установке [1]. После обработки из этих пластин на электроискровом станке вырезали плоские образцы (рис. 1). Вырезка образцов из стали X18H10T проводилась таким образом, чтобы сварной шов находился в центральной части образца (а).

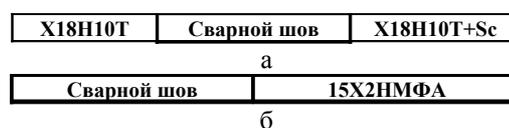


Рис.1. Схема вырезки микрообразцов для УЗПО

Рабочая часть образца из стали 15X2HMФА состояла из сварного шва и основного металла (б)

Обычно прочность сварного соединения определяется прочностью сварных металлов, технологией сварки, прочностью сварного шва либо прочностью наиболее слабой «зоны» [3].

Как было установлено в нашем случае, прочность сварного соединения образцов стали X18H10T определяется микролегированной сталью. При растяжении таких образцов пластическая деформация локализуется в части образца стали X18H10T со скандием. Разрушение происходит в околошовной зоне.

После УЗПО характер разрушения образцов не изменяется, прочностные характеристики увеличиваются (таблица).

Механические свойства образцов стали X18H10T (числитель) и стали 15X2HMФА (знаменатель)

Состояние образцов	Механические характеристики			
	$\sigma_{0.2}$, мПа	σ_B , мПа	δ -равномерное, %	δ -общее, %
исходное	420/550	590/670	9/3	20/11

Прочность образцов стали 15Х2НМФА определяется основным металлом. Значительных изменений прочностных характеристик этих образцов после УЗПО не обнаружено, и они остаются на уровне исходных значений. Следует отметить, что для обеих партий образцов после УЗПО, характерно увеличение области равномерной деформации.

Проведенные металлографические исследования показали, что сварное соединение имеет очень сложное структурное состояние (рис. 2), которое условно можно разделить на несколько «зон», имеющих свои структурные особенности: 1 – основной металл – сталь Х18Н10Т характеризуется крупнозернистой структурой; 2 – ярко выраженная граница стыка сварного шва, имеющая со стороны стали Х18Н10Т мелкозернистую структуру; 3 – сварной шов с размерами и формой зерен характерных для литого металла; 4 – размытая граница стыка со стороны стали Х18Н10Т + Sc, имеющая смешанную мелко- и крупнозернистую структуру; 5 – основной металл стали Х18Н10Т + Sc с мелкозернистой структурой.

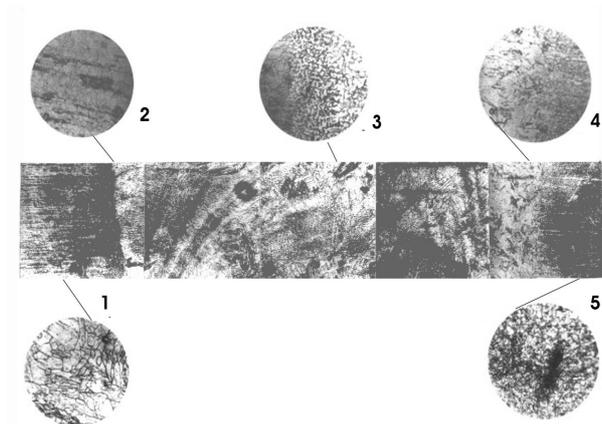


Рис.2. Структура поверхности сварного соединения. Цифрами пронумерованы характерные структурные состояния различных «зон»

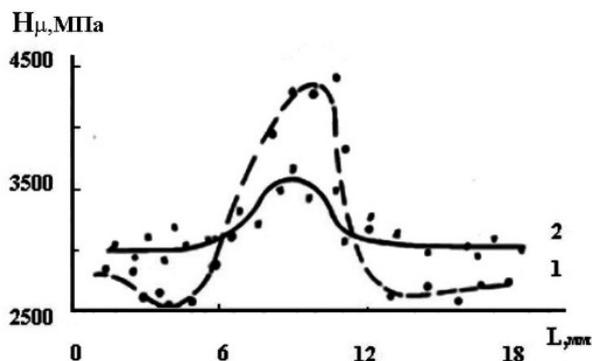
При дальнейших исследованиях было установлено, что каждой структурной зоне сварного соединения соответствует определенный уровень микротвердости.

На рис. 3 показано изменение микротвердости по длине рабочей части образцов, представляющих собой сварное соединение (а). Как видно, это изменение характеризуется наличием провалов H_{μ} , которые находятся в зоне стыков основного металла со сварным швом и ярко выраженным максимумом, проявляющимся в «зоне» сварного шва (кривая 1). УЗПО повышает микротвердость основных металлов, границ сплавления и снижает ее значение в зоне сварного шва (кривая 2).

После поверхностной обработки в зоне сварного соединения происходит выравнивание значений микротвердости поверхности образцов. Наиболее наглядно это видно на сварном соединении стали

15Х2НМФА (б). В этом случае после УЗПО происходит практически полное выравнивание внутренних нарушений в поверхностном слое образца, обеспечивающих равномерный уровень значений микротвердости (кривая 2).

Х18Н10Т	Сварной шов	Х18Н10Т+Sc
---------	-------------	------------



Сварной шов	15Х2НМФА
-------------	----------

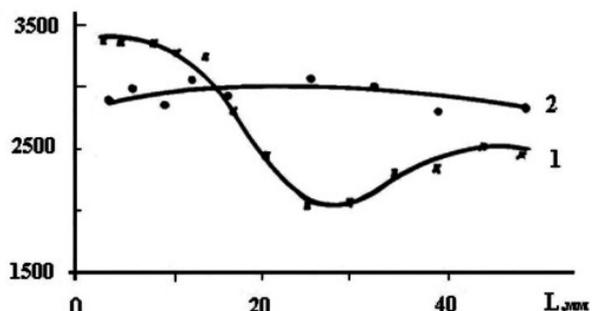


Рис.3. Изменение микротвердости по длине рабочей части образцов стали Х18Н10Т (а) и 15Х2НМФА (б): 1 – до обработки; 2 – после УЗПО

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать заключение о том, что УЗПО способствует формированию в поверхностном слое сварного соединения структурных состояний с более равномерным уровнем внутренних напряжений. Это позитивным образом влияет на характер распределения микротвердости в зоне сварного соединения и на пластичность сварного шва.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.К. Аксенов, П.А. Данилов, А.В. Мац, В.М. Нетесов, А.А. Яес. *Ультразвуковая поверхностная обработка стали Х18Н10Т с различным структурным состоянием // Проблемы прочности.* 1989, № 9, с.111–114.
2. И.А. Гиндин, В.М. Нетесов, Л.С. Ожигов, А.А. Яес. *Ультразвуковая поверхностная обработка реакторных материалов. Сообщение 1. Влияние ультразвуковой поверхностной обработки на*

ударную вязкость стали 15Х2НМФА // Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение». 1989, вып.1(4), 2(5), с.110–113.

З.Ю.Ф. Баландин, И.А. Горин, Ю.И. Звездин, В.Г. Марков. Конструкционные материалы АЭС. М: «Энергоатомиздат», 1984, с. 278.

УЛЬТРАЗВУКОВА ПОВЕРХНЕВА ОБРОБКА (УЗПО) РЕАКТОРНИХ МАТЕРІАЛІВ ПОВІДОМЛЕННЯ 1. УЗПО ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

В.М. Нетьосов, П.О. Березняк, Л.С. Ожигов, В.В. Хандак

Проведено дослідження впливу УЗПО на зварні з'єднання реакторних сталей Х18Н10Т та 15Х2НМФА. Доведено, що після такого впливу, в поверхневому шарі зварного шву формується структурний стан з більш рівномірним рівнем внутрішніх напружень. Це позитивним чином впливає на характеристики міцності поверхні зварного шву.

ULTRASONIC SUPERFICIAL PROCESSING (USP) REACTOR MATERIALS. REPORT 1. USP OF WELDED CONNECTIONS

V.N. Netesov, P.A. Bereznyak, L.S. Ozhigov, V.V. Handak

The research of influence USP on welded connections reactor steels 18Cr10NiTi and 15Cr2NiMoV is carried out. It is showed, that after such influence in a superficial layer of a welded joint the structural connection with more uniform level of internal pressure is formed. It is of positive on the effect on the strength characteristic of welded joint.