

УДК 629.12.084

ТЕХНОЛОГИЯ
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ УДАРНОЙ ОБРАБОТКИ СВАРНЫХ ШВОВ
И ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ В СУДОРЕМОНТЕ

О.И. Стальниченко

к.т.н., профессор, зав.кафедрой «Технология материалов»

Одесский национальный морской университет

А. Опарин

к.т.н., доцент, начальник морского колледжа

Национальный университет «Одесская морская академия»

***Аннотация.** Рассмотрена возможность применения ультразвуковой ударной обработки для сварных швов.*

Приведена разработанная технология упрочнения сварных швов с помощью УУО.

Приведены примеры практического применения в судоремонте.

***Ключевые слова:** ультразвуковая ударная обработка, пластическое деформирование, сварной шов, усталостные трещины, испытания на усталость, зона термического влияния, напыление, наплавка.*

УДК 629.12.084

ТЕХНОЛОГИЯ
УЛЬТРАЗВУКОВОЇ УДАРНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ЗВАРНИХ ШВІВ
ТА ПРИКЛАДИ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ У СУДНОРЕМОНТІ

О.І. Стальніченко

к.т.н., професор, зав.кафедри «Технологія матеріалів»

Одеський національний морський університет

А. Опарін

к.т.н., доцент, начальник морського коледжу

Національний університет «Одеська морська академія»

***Анотація.** Розглянуто можливість застосування ультразвукової ударної обробки для зварних швів.*

Наведено розроблену технологію зміцнення зварних швів за допомогою УУО.

Наведені приклади практичного застосування в судноремонті.

© Стальниченко О.И., Опарин А., 2019

Ключові слова: *ультразвукова ударна обробка, пластичне деформування, зварений шов, втомні тріщини, випробування на втому, зона термічного впливу, напилення, наплавлення.*

UDC 629.12.084

TECHNOLOGY
ULTRASONIC IMPACT WELDING AND EXAMPLES
OF PRACTICAL APPLICATION IN SHIP REPAIR

Stalnichenko O.I.

PhD., professor, head of the department «Technology of materials

Odessa national maritime university

Oparin A.

PhD, Docent, chief of maritime college

NU «Odessa Maritime Academy»

Abstract. *The possibility of using ultrasonic shock treatment for welded seams is considered.*

The developed technology of hardening welded joints with the help of UUU is given.

Examples of practical application in ship repair are given.

Keywords: *ultrasonic shock treatment, plastic deformation, weld seam, fatigue cracks, fatigue tests, heat affected zone, spraying, surfacing.*

Одним из перспективных направлений развития ультразвуковой технологии является применение ультразвука для повышения несущей способности сварных конструкций.

Для упрочнения сварных изделий, а также различных деталей машин и механизмов все более широко применяют ультразвуковую деформационную обработку.

Известно, что при ультразвуковой ударной обработке (УУО) динамические силы во много раз превышают статические нагрузки, они по величине достаточны для преодоления дислокациями потенциальных барьеров и более раннего пластического течения металла. Воздействие ультразвука активизирует движение дислокаций, способствует зарождению новых, облегчает процесс пластической деформации.

О природе сил, вызывающих повышение несущей способности изделий, при УУО высказано две гипотезы.

Согласно первой гипотезе, упрочнение происходит за счет пластической деформации поверхностного слоя металла.

Согласно второй гипотезе, в процессе обработки в обрабатываемой детали возбуждаются упругие ультразвуковые колебания, которые воздействуют не только на упрочненный слой, но и на более удаленные слои металла [1].

Высокочастотные упругие колебания релаксируют остаточные сварочные напряжения и повышают работоспособность сварной конструкции.

При поверхностном пластическом деформировании используются два способа передачи ультразвуковых колебаний в обрабатываемое изделие.

При первом способе упрочнения деформирующий элемент жестко связан с торцом волновода и акустический контакт создается прижимом всей акустической системы к обрабатываемому изделию с определенным усилием.

При втором способе деформирующий элемент свободно присоединен к торцу волновода и не имеет с ним связи [2].

Второй способ считается наиболее эффективным, т.к. он позволяет получить большую толщину упрочненного слоя.

При выполнении исследований и разработке технологии УУО использован второй способ упрочнения, который является более эффективным и перспективным.

Для упрочнения сварных швов использовалась акустическая система, отличающаяся от известных [2] тем, что упрочняемая поверхность обрабатывалась иглами-ударниками, которые свободно перемещаются с ультразвуковой частотой между выходным торцом волновода и обрабатываемой поверхностью. Вся акустическая система совершает низкочастотные колебания (100-150 Гц). Подвижность игольчатых ударников позволяет во много раз увеличить силу удара за счет кинетической энергии массы иглы. Поэтому, чем больше масса иглы, тем большую глубину наклепа можно получить при обработке детали.

Применение стержневых ударников позволяет концентрировать мощность удара на меньшей площади и обеспечить более глубокое пластическое деформирование металла.

Обработка сварных швов позволяет получить равнопрочные сварные конструкции с основным металлом.

Проведенные исследования эффективности УУО для сварных швов позволили разработать технологию ее применения.

При ультразвуковой ударной обработке оптимальная скорость перемещения ультразвукового инструмента на обрабатываемой поверхности составляет 0,8-1,5 см/с. Усилие прижатия инструмента к обрабатываемому изделию 50-80 Н.

Воздействию игл-ударников должна подвергаться околошовная зона сварных соединений на ширину не менее 2,5 мм от кромки сварного шва.

Ультразвуковая обработка сварных швов производится с двух сторон места. Обработку околошовной зоны сварных швов стаканов, скоб, шпилек и других судовых деталей можно выполнить только со стороны их приварки, однако, ширина упрочняемой зоны при этом должна быть не менее 25 мм.

Околошовная зона приварки ребер жесткости, переборок, стрингеров, флор и других деталей корпуса судна обрабатывается как со стороны их приварки к полотну, так и с противоположной стороны.

Ширина зоны ультразвуковой ударной обработки угловых и тавровых сварных соединений со стороны сварного шва должно быть не менее 25 мм от кромки сварного шва.

Обработка угловых сварных швов в зоне приварки набора корпуса ведется со стороны сварных швов полосой, параллельно кромке шва, шириной, не менее 25 мм.

Допускается обработка околошовной зоны и с противоположной стороны, однако, ширина такой упрочненной зоны должна быть не менее 90 мм.

Для повышения эффективности упрочнения целесообразно применить температурную ультразвуковую ударную обработку, которая существенно повышает упрочнение.

Для стыковых сварных соединений она может производиться только с одной стороны листа с предварительным нагревом околошовной зоны шириной 20 мм от кромки сварного шва. Общая ширина полосы, измеренная от кромки сварного шва, подвергавшаяся ультразвуковой ударной обработке, должна быть не менее 45 мм.

Температурная ультразвуковая обработка участков приварки к обшивке тавровых профилей должна быть односторонней.

Нагрев полосы околошовной зоны должен производиться газовым пламенем до температуры 600° С, ширина полосы не менее 25 мм.

Необходимо производить контроль температуры подогрева.

Нагрев подлежащей упрочнению полосы производится участками длиной 200-300 мм в зависимости от толщины металла и вида сварного соединения.

Обработка околошовной зоны начинается с наиболее нагретого участка и заканчивается при температуре 100 ° С нагрева металла.

Упрочнение каждого последующего участка следует производить с перекрытием на 30-40 мм.

Нагрев с перекрытием производить нельзя, т.к. ранее упрочненная зона может разупрочняться.

Ультразвуковая ударная обработка должна производиться до полного насыщения обрабатываемой поверхности отпечатками игл-ударников.

Качество обработки контролируется путем сравнения обработанной поверхности с эталонным образцом, представляющим собой пластину 100x100 мм с наплавленным валиком или сварным швом, околшовая зона которых насыщена следами обработки.

Применение технологии УУО сварных швов может найти широкое применение в судоремонте. Однако практика показывает, что промышленное использование ультразвуковой технологии в судоремонте неизмеримо мало по сравнению с ее потенциальными возможностями по повышению несущей способности судовых деталей, восстановленных напылением и наплавкой, и судовых сварных конструкций.

Одним из примеров практического применения метода УУО является обработка сварных швов бронзовых облицовок. Известно, что при сварке стыков облицовок очень часто образуются в сварных швах трещины. Иногда эти трещины образуются непосредственно в процессе сварки стыков облицовок, а иногда они проявляются в процессе эксплуатации гребного вала с насаженными бронзовыми облицовками. Причиной этому являются остаточные напряжения, возникающие при сварке.

Одним из способов снижения уровня остаточных напряжений в сварных швах бронзовых облицовок является совмещение процесса сварки и УУО. Ультразвуковой ударный инструмент размещается непосредственно у сварочной ванны, сам процесс снятия напряжения легко механизуется путем закрепления магнитострикционного преобразователя в суппорте токарного станка. В момент возбуждения сварочной дуги включается в работу магнитостриктор. Высокочастотные ультразвуковые колебания способствуют снижению уровня остаточных напряжений, возникающих в процессе кристаллизации сварочной ванны.

Эффективным является применение УУО для снятия остаточных напряжений в сварных швах лопастей гребных винтов.

Одним из часто повторяющихся видов ремонта гребных винтов является замена части лопасти. Такая замена сопряжена со сваркой, после чего требуется термообработка.

Так как процесс термообработки гребных винтов является трудоемкой операцией, более технологичным является применение УУО.

Ультразвуковая обработка сварных швов лопастей винтов производится по зоне термического влияния. Эффективность такой обработки нами подтверждена исследованиями циклической прочности при малоциклового усталости на плоских образцах. Использование УУО позволяет значительно снизить уровень остаточных напряжений и повысить циклическую прочность лопасти гребного винта.

В настоящее время все более широкое применение находит метод напыления для восстановления деталей, работающих при циклических нагрузках [3].

Перед нанесением покрытий любым способом (плазменным, электродуговым и др.) поверхность под напыление должна иметь большую шероховатость для лучшего сцепления напыленного слоя с основным металлом.

В отдельных случаях поверхность обрабатывают в виде «рваной резьбы», которую упрочняют специальной обкаткой с тем, чтобы сгладить пики напряжения в наиболее опасной зоне, где зарождается усталостная трещина. Такой процесс подготовки детали под напыление является весьма трудоемким. В большинстве случаев упрочнение не производится, и процесс напыления производится на шероховатую поверхность, имеющую множество концентраторов, являющихся потенциальными очагами зарождения усталостных трещин. Исследования изломов образцов, испытанных на усталость, показали, что усталостная трещина зарождается под напыленным слоем, и очагом зарождения трещины является микротрещина на поверхности образца.

Эта проблема легко решается применением для этой цели УУО.

Обработка поверхности образца высокочастотными ударами иглами-ударниками, прежде всего, создает наклеп поверхностного слоя, а также формирует в поверхностном слое остаточные напряжения сжатия. Оба эти фактора способствуют повышению сопротивления усталости.

Проведенные исследования показали, что наклеп поверхностного слоя и формирование в нем остаточных напряжений сжатия повышает сопротивление усталости напыленных образцов до уровня основного металла, т.е. то сжатие сопротивления усталости, вызванное процессом напыления, компенсируется за счет наклепа и формирования остаточных напряжений сжатия.

Перечень возможных вариантов применения УУО в судоремонте не ограничивается приведенными примерами [4]. Область применения может быть значительно расширена при ремонте судов.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Казанцев В.Ф. и др. *Ультразвуковая ударная обработка сварных соединений: Сборник докладов 9-й Всесоюзной акустической конференции.* – М., 1977. – С. 25-28.
2. Бадалян В.Г. и др. *Механизм ультразвуковой ударной обработки сварных соединений // Вестник машиностроения.* – 1979. – № 8. – С. 56-58.

3. *Стальниченко О.И., Кравцов Т.Г. Перспективы использования напыления для восстановления и упрочнения судовых деталей: Учебное пособие. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1984. – С. 32.*
4. *Стальниченко О.И., Иоргачев Д.В., Иоргачев В.Д. Восстановление деталей судов: Монография. – К., 2014. – 324 с.*

Стаття надійшла до редакції 25.12.2018

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, проректор з навчально-організаційної роботи Одеського національного морського університету
А.В. Шахов

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Машинознавство» Одеського національного морського університету
А.В. Конопльов