

**Исследование циклической прочности наплавленных деталей,
упрочненных ультразвуковой ударной обработкой**

О.И. Стальниченко

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

Одесский национальный морской университет

Аннотация. Исследованы возможности применения ультразвуковой ударной обработки для упрочнения деталей, восстановленных наплавкой.

Приведены результаты исследования циклической долговечности на образцах из стали 35 Ø 27 и 70 мм. Упрочнение приведено УУО, что позволяет повысить предел выносливости до уровня основного металла.

Ключевые слова. ультразвуковая ударная обработка (УУО), циклическая долговечность, упрочнение, наплавка, усталостная прочность.

**Дослідження циклічної довговічності наплавлених деталей,
зміцнених ультразвуковою ударною обробкою**

О.І. Стальніченко

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

Одеський національний морський університет

Анотація. Досліджено можливості застосування ультразвукової ударної обробки для зміцнення деталей, відновлених наплавленням.

Наведено результати дослідження циклічної довговічності на зразках зі сталі 35 Ø 27 і 70 мм. Зміцнення приведено УУО, що дозволяє підвищити межу витривалості до рівня основного металу.

Ключові слова. ультразвукова ударна обробка (УУО), циклічна довговічність, зміцнення, наплавлення, втомна міцність.

**Investigation of the cyclic strength of deposited parts,
hardened by ultrasonic shock processing**

O.I. Stalnichenko

Ph.D., professor, head of the department «Technology of materials»

Odessa National Maritime University

Abstract. The possibilities of application of ultrasonic shock treatment for hardening of parts restored by surfacing are investigated.

The results of a study of cyclic durability on samples of steel 35 Ø 27 and 70 mm. Strengthening is given by UUU, which makes it possible to increase the endurance limit to the level of the parent metal.

Keywords. *Ultrasonic shock treatment (UUU), cyclic durability, hardening, surfacing, fatigue strength.*

В статье приводятся данные о технической возможности использования ультразвуковой технологии в судоремонте.

В основу исследований принят способ ультразвуковой ударной обработки, когда ударные элементы не имеют жесткой связи с волноводом и могут свободно перемещаться в зазоре между торцом волновода и обрабатываемой деталью.

Определены оптимальные технологические параметры упрочнения, обеспечивающие пластическое деформирование аустенитного металла на глубину более 3 мм.

Были проведены исследования циклической долговечности на образцах из стали 35 диаметром 27 и 70 мм, наплавленных аустенитной и аустенитно-ферритной сталью. Образцы диаметром 27 мм наплавлились электродной проволокой марки Св-08Х20Н9С2БТЮ в углекислом газе на режиме наплавки, приведенном в табл. 1 (серия 1).

Таблица 1

Режимы наплавки образцов для испытания на усталость

Номер серии	Марка электродного материала	Режимы наплавки				Шаг наплавки, мм	Толщина наплавки, мм
		I, А	U, В	V _h , см/с	V _{под} , м/час		
1, 2	Св-08Х20Н9С2БТЮ	95-105	28-29	0,55-0,60	188	4	2,0
3	Св-08Х19Н11Ф2С2	140-150	28-29	0,4	112	14	3,0
4	Св-05Х20Н9ФБС	140-250	22-24	0,6	142	6	3,0
5	08кп	190-200	28-29	0,4	98	26	4,0

Упрочнение выполнено иглами-ударниками диаметром 1,6 мм на режиме: усиление прижима ультразвукового ударного инструмента к образцу 100 Н, линейная скорость вращения образца – 0,27 мм/с, частота колебания игл-ударников 27 кГц, амплитуда колебаний ударных элементов 25 мкм, за два прохода.

Образцы диаметром 70 мм наплавлились электродной проволокой Св-08Х20Н9С2БТЮ в углекислом газе по подслою из стали 08 кп на режиме, приведенном в табл. 2 (серия 3).

Упрочнение образцов диаметром 70 мм производилось иглами-ударниками диаметром 2 мм на режиме: частота колебаний игл-ударников 27 кГц, усиление прижима инструмента к обрабатываемой

поверхности $P = 200$ Н, линейная скорость вращения образца $0,27$ мм/с. Упрочнение выполнялось за один проход по винтовой траектории постоянного шага, равного 15 мм. Ширина упрочняемой за один проход полосы 15 мм. Ширина упрочняемой за один проход полосы 25 мм.

Таблица 2

Режимы наплавки образцов для испытания на усталость

Номер серии	Марка электродного материала	Режимы наплавки				Шаг наплавки, мм	Толщина наплавки, мм
		I, A	U, B	V_h , см/с	$V_{под}$, м/час		
1	Св-8X20H9C2БТЮ	95-100	28-29	0,55-0,60	112	12	3,0
2	08кп	200-210	28-29	0,55-0,60	88	32	2,0
3	Св-8X20H9C2БТЮ	150-160	28-29	0,55-0,60	298	5	3,0

Ультразвуковая обработка образцов диаметром 27 мм повысила предел выносливости на 60% по сравнению с образцами, испытанными в состоянии после наплавки без упрочнения (рис. 1)

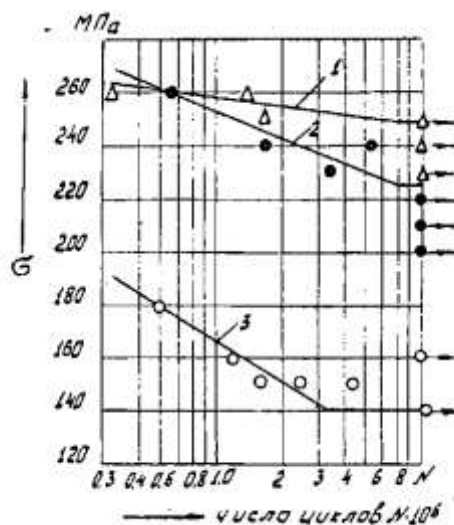


Рис. 1. Кривые усталости образцов диаметром 27 мм, наплавленных проволокой Св-08X20H9C2БТЮ:
1 – основной металл; 2 – упрочненные ультразвуком;
3 – после наплавки без упрочнения

Предел выносливости образцов диаметром 70 мм с толщиной наплавленного слоя 5 мм, а с учетом перемешивания наплавленного металла с основным – 7 мм, после упрочнения ультразвуком повысился на 45 % по сравнению с наплавленными образцами без упрочнения, он только на 5 % ниже предела выносливости основного металла (рис. 2).

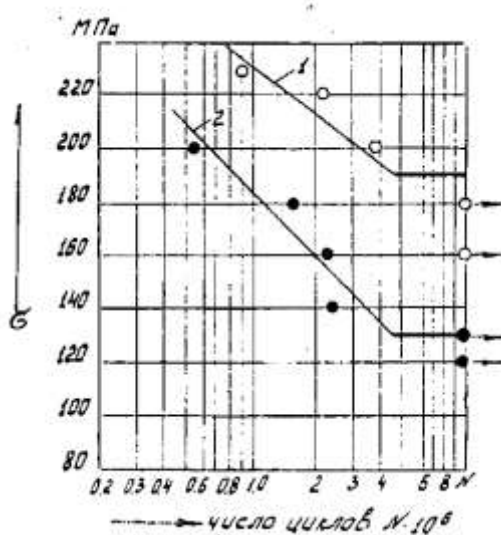


Рис. 2. Кривые усталости образцов диаметром 70 мм, наплавленных по подслою 08 кп электродной проволокой Св-08Х20Н9С2БТЮ: 1 – упрочненные ультразвуком; 2 – без упрочнения

На основании проведенных исследований можно заключить, что использование ультразвуковой ударной обработки позволяет повысить предел выносливости до уровня основного металла [1]. Полученные результаты усталостных испытаний образцов, упрочненных ультразвуком, подтверждают перспективность данного способа упрочнения.

Выводы. Выполненные исследования циклической долговечности позволили сделать следующие выводы:

1. Способ УУО является эффективным и может применяться для повышения циклической долговечности наплавленных цилиндрических судовых деталей [2].

2. Наиболее высокая эффективность способа достигается при малой толщине наплавленного слоя (до 3 мм).

3. Так как способ УУО позволяет повысить сопротивление усталости при малой толщине наплавленного слоя (до 3 мм), то весьма эффективно его применение, когда возникает необходимость в нанесении защитных покрытий на вновь изготавливаемые детали (судовые гребные валы, баллеры и др.)

4. Способ УУО может успешно применяться для подготовки бронзовых облицовок под напыление с целью восстановления их геометрических размеров [3].

5. Способ УУО может применяться для повышения циклической прочности цилиндрических деталей, когда защитный либо восстанавливаемый слой металла наносится методом напыления.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кравцов Т.Г. Упрочнение наплавленных валов ультразвуком. Серия «Судоремонт». – М.: ВО «Мортехинформреклама», 1985. – Вып. 14(543). – 10 с.
2. Кравцов Т.Г., Рыжов Н.Ф., Статников Е.Ш. Повышение сопротивления усталости наплавленных валов ультразвуковой обработкой // Автоматическая сварка. – 1981. – № 10. – С. № 35-38.
3. Иоргачев В.Д. Определение уровня остаточных напряжений в деталях машин при поверхностно-пластическом деформировании // Труды Одесского национального политехнического университета. – 2003. – № 1(19). – С. 18-21.
4. Стальниченко О.И. Применение ультразвуковой ударной обработки в судоремонте // Тезисы докл. III Междунар. научно-техн. семинара «Современные проблемы техносферы и подготовка инженерных кадров». – Тунис: Сус, 2009. – С. 84-88.
5. Оценка технологических способов повышения сопротивления усталости наплавленных валов // Технология судостроения. – 1987. – № 7. – С. 56-60.
6. Стальниченко О.И. Применение ультразвуковой ударной обработки в судоремонте: Труды III Международного семинара «Современные проблемы техносферы и подготовка инженерных кадров»: Сб. трудов. – Тунис: Сус, 2009. – С. 131-133.
7. Стальниченко О.И., Кравцов Т.Г. Перспективы использования напыления для восстановления и упрочнения судовых деталей: Учебное пособие. – М.: ВО «Мортехинформреклама», 1984. – С. 32.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2018 р.