УДК 621.930

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЧАВУННИХ КРИШОК І ПОРШНІВ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ

О. І. Стальніченко, О. В. Шамов, Є. М. Козішкурт
Одеський національний морський університет

Анотація: *Розробка та застосування сучасних технологій та обладнання для відновлення чавунних деталей суднових дизелів є актуальним напрямом в судноремонті. Чавунні кришки циліндрів і поршнів мають широкий спектр дефектів, що виникають внаслідок експлуатації. З метою відновлення зазначених відповідальних деталей було визначено способи холодного і гарячого зварювання чавуну, а також розроблено для реалізації цієї технології нагрівального пристрою. Була розроблена та виготовлена електрична піч, необхідна для запобігання появи тріщин при гарячому зваренню чавунних деталей. Приведені експерименти дослідження та розробка обладнання дозволили розробити технологічні процеси відновлення чавунних кришок циліндрів і поршнів суднових дизелів.*

Ключові слова: *відновлення деталей, чавун, зварювання, суднові дизелі, нагрівальні пристрої.*

EXPERIMENTAL RESEARCH AND DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR THE RESTORATION OF CAST IRON COVERS AND PISTONS OF MARINE DIESEL ENGINES

O. Stalnichenko, O. Shamov, Ye. Kozishkurt
Odessa National Maritime University

Abstract: *The development and application of modern technologies and equipment for the restoration of cast-iron parts of marine diesel engines is a relevant direction in ship repair. Cast iron cylinder and piston covers have a wide range of defects that occur due to operation. In order to restore these critical parts, methods of cold and hot welding of cast iron were identified, and a heating device was developed for the implementation of this technology. An electric furnace was developed and manufactured, which is necessary to prevent the appearance of cracks during the hot welding of cast iron parts. The conducted experiments of research and development of equipment made it possible to develop technological processes for restoring cast-iron cylinder covers and pistons of marine diesel engines.*

Keywords*: restoration of details, cast iron, welding, marine diesels, heating devices.*

Аналіз матеріалів обстеження чавунних кришок циліндрів і поршнів показав наявність широкого спектру дефектів. Для відновлення зазначених відповідальних деталей необхідно визначити різні способи холодного і гарячого зварювання чавуну, а також необхідність розробки для реалізації цієї проблеми нагрівальних пристроїв. При експериментальних роботах по ремонту вказаних суднових деталей виявлено необхідність розробки нагрівального пристрою (печі) для попереднього і супутнього їх підігріву.

Такий елемент в технології відновлення необхідно використовувати для запобігання появи тріщин при гарячому зваренню чавунних деталей.

Електричні печі забезпечують високу точність та рівномірність нагріву шляхом раціонального розміщення джерел виділення тепла, а також високу продуктивність нагріву.

Була розроблена та виготовлена електрична піч [1], яка призначена для нагріву чавунних кришок суднових дизелів МАН (рис. 1).

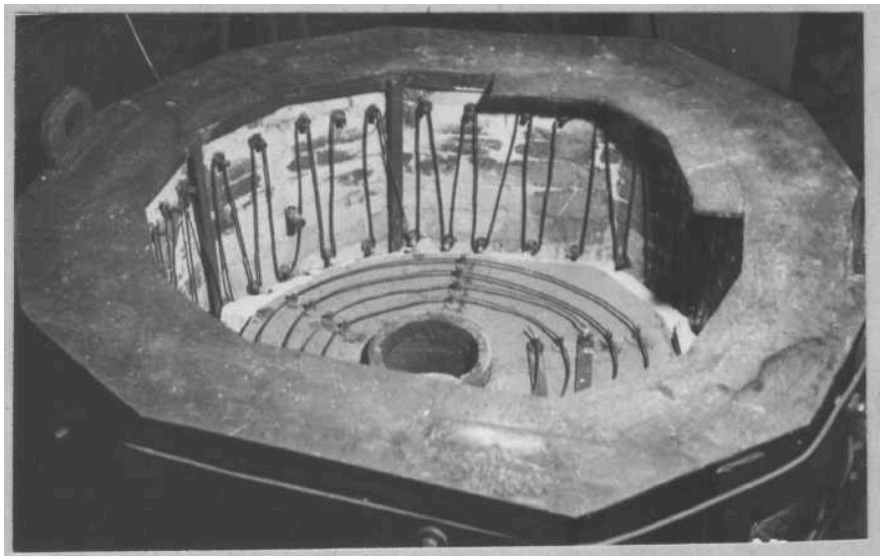


Рисунок 1 – Електрична нагрівальна піч
для кришок дизелів МАН K6Z57/80F (кришка знята)

Після проведення досліджень зварюваності сірого і високоміцного чавунів на пластинах були проведені експериментальні дослідження з метою розробки технологій відновлення реальних чавунних деталей суднових дизелів.

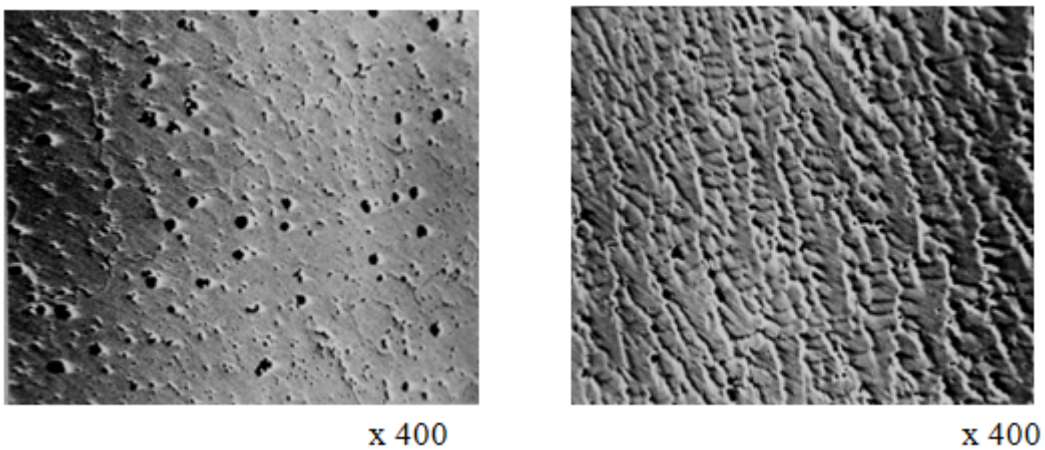
Були відібрані кришки дизелів 6Ч18-22 і 6Ч26-34 з сірого чавуну і кришки дизеля K6Z57/80F з високоміцного чавуну.

Технологічні дослідження проводились на поверхні кришки дизеля 6Ч18-22 (товщина стінки – 12 мм), на який вулканітовим кругом робилась не наскрізна U-подібна розробка глибиною 10 мм. Зварювання проводили на холодно дротом ПАНЧ-11 Ø1,2 мм на режимах $I_{зв}$ = 180–200 А, U = 18–20 В. Заповнення розробки виконували за чотири проходи. Вирізані зразки підверглись металографічним дослідженням.

На рис. 2 приведені структури наплавленого металу першого і другого шарів. Видно, що з кожним наступним швом структура покращується, зменшується кількість карбідів, неметалічних включень, що переходять у шов з основного металу.

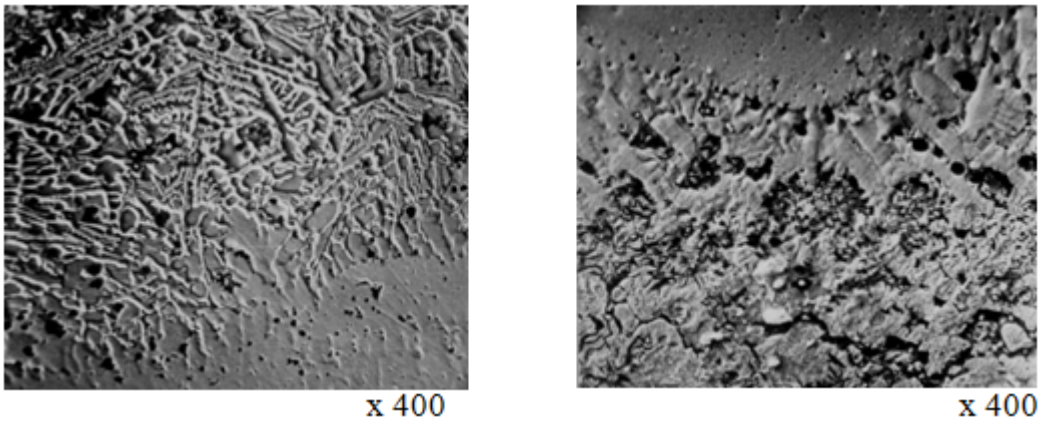
Дослідження показали наявність тріщин і загартованих структур мартенситу і ледебуриту (рис. 3, а) в зоні термічного впливу, а також тріщин (рис. 3, б) проміж шарами.

Так як спосіб зварювання дротом ПАНЧ-11 на даний момент не дав задовільних результатів, подальші дослідження проводились з використанням порошкового дроту ПАНЧ-2. У зв’язку з відсутністю кришок з тріщинами було підготовлено під наплавлення кришка 6Ч25-34 з сірого чавуну з імітатором-тріщиною.



а б

Рисунок 2 – Структура наплавленого металу зразка із кришки 6Ч18-22: а – перший наплавлений шар; б – другий наплавлений шар



а б

Рисунок 3 – Загартовані структури і тріщини в зоні термічного впливу зразка із кришки 6Ч18-22: а – ледебурит; б – тріщина в зоні термічного впливу

Розробка (причому наскрізна) виконувалась фрезою, схема розробки приведена на рис. 4. Зварювання проводили в такій послідовності: кришку встановили на одну електричну піч і зверху накрили другою піччю, температура нагріву кришки контролювалась хромонікелевою термопарою [2]. При досягненні температури 573 К верхню піч відключили і проводили заварювання розробки в три проходи на режимах $I_{зв}$ = 350–370 А, U = 34–36 В.

Після зварювання кришка остигала на включеній нижній пічці. Температура підігріву знижувалась плавно.

Візуальним оглядом були зафіксовані поздовжні тріщини у шві і кратери. Очевидно, попередній нагрів кришки до 573 К недостатній і подальше дослідження по започаткуванню для ремонту кришок з сірого чавуну треба проводити при підвищенні температури попереднього підігріву до 873 К. Крім того, подальше дослідження необхідно проводити на кришках з тріщинами, а не на імітаторах зі наскрізною щілиною, так як має місце різні умови кристалізації зварювальної ванни в імітаторі і в реальній кришці з тріщиною.

Зовнішній вид кришки 6Ч25/34 зі зварним швом показаний на рис. 5.

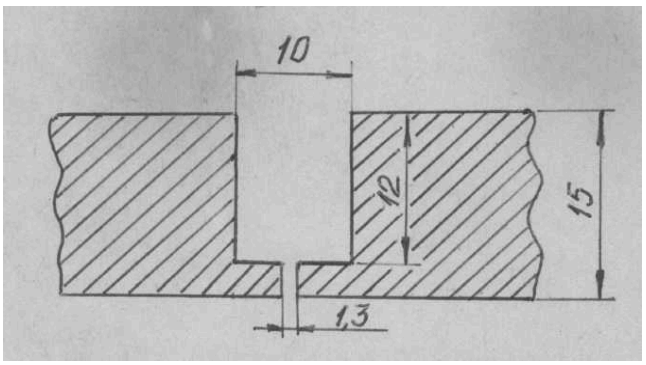


Рисунок 4 – Схема розробки під зварювання кришки 6Ч25-34

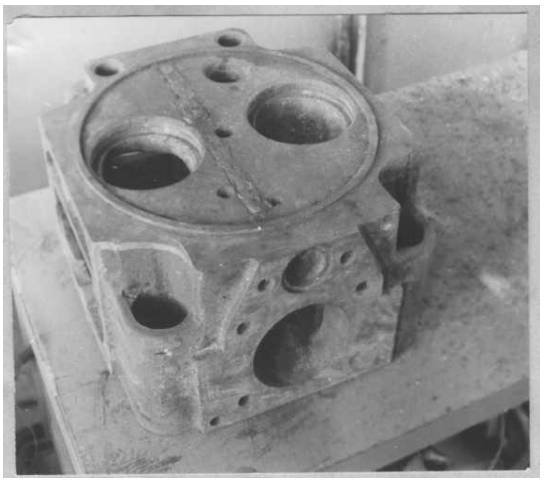


Рисунок 5 – Кришка 6Ч25-34 з зварним швом

Відомо, високоміцний чавун має свої особливості в порівнянні з сірим чавуном, що обумовлює і різність у зварюваності. Тому перед тим, як приступити до розробки технології зварювання кришки на пластину з високоміцного чавуну марки ВЧ42-12 (ідентичний хімічному складу кришки МАН) наплавили валик дротом ПАНЧ-11 Ø1,2 мм. Візуальний огляд показав відсутність пор, тріщин, підрізів і інших видних дефектів. Мікроструктура наплавленого металу задовільна (рис. 6).

При розробці технології холодного зварювання кришки МАН з високоміцного чавуну великих товщин виявився ряд труднощів. Вони пов’язані в першу чергу з тим, що зварювання виконується в декілька проходів. Одержані таким чином багатопрохідні аустенітні шви схильні до започаткуванню гарячих тріщин.

Окрім того, при зварюванні чавуну великої товщини значно зростає вплив зварювальних деформацій, посилений ще і тим, що кришка після холодного зварювання не підпорядковувалась термообробці.

Для виявлення тріщин перед зварюванням була проведена кольорова дефектоскопія робочої поверхні кришки зі сторони вогневої порожнини.

Виявились тріщини довжиною від 50 до 30 мм. Були точно насвердлені початок і кінець кожної тріщини. Вулканітовим колом проведена розробка тріщини до її повного зникнення (тріщині не наскрізні). Глибина розробки склала порядку 15–17 мм. Кришка поміщується у спеціальну електричну піч, де вона нагрівається до температури 453–473 К (рис. 7). Зварювання виконується напівавтоматом дротом ПАНЧ-11 Ø1,2 мм при режимі $I_{зв}$ = 180–200 А, U = 19–21 В.

Наплавлення виконується окремими валиками довжиною 100 мм з обов’язковою їх проковкою з метою часткового зняття зварювальних напруг. Зовнішній огляд показав задовільне формування валиків без пор, тріщин, підрізів і інших дефектів.

Відновлені кришки підверглись гідравлічному випробуванню на протязі 5 хвилин на спеціальному стенді. Випробувальний тиск зі стороні порожнини водяного охолодження складав 10 атм. Течії не зафіксовано.

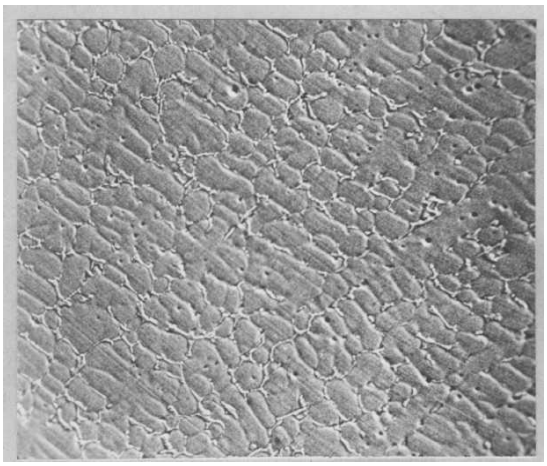


Рисунок 6 – Мікроструктура наплавленого металу на високоміцний чавун

Рисунок 7 – Кришка дизелю МАН, що поміщена в електронагрівальну піч. Зовнішній вигляд відремонтованої кришки

Приведена технологія відновлення кришок дизеля МАН К6Z57/80F з високоміцного чавуну приведеним методом зварювання самозахисним дротом ПАНЧ-11 або іншим з таким хімічним складом може бути рекомендована для ремонту однотипних кришок, які мають не наскрізні тріщини зі сторони камери згоряння глибиною до 16–20 мм і довжиною не більш 500–700 мм.

Чавунні поршні на суднових дизелях типу 6ЧСП18-22 «Букау−Вольф 4DV224», «Зульцер» та деяких інших в процесі експлуатації зношуються у районі кепів. Деякий час чавунні поршні не відновлювались. Якщо проводити аналогію зі сталевими голівками поршнів, то в них дефекти такого же характеру виправляються одним з існуючих способів: 1 – повне знищення перемичок з послідуючим наплавленням на таку ж висоту суцільним шаром і проточкою кепів заново; 2 – часткове зняття металу перемички з послідуючим наплавленням до потрібної товщини.

Оскільки чавунний поршень представляє собою тіло обертання, то проводити відновлення наплавленням зношених частин перемичок по схемі: поршень крутиться – зварювальна головка нерухома. Для вибраної схеми підходить закріплення поршню в патроні токарного верстата. Для цього на базі токарно-гвинторізного верстату виготовлений обертач, до якого входять електродвигун постійного струму, редуктор, блок і пульт управління. Обертання від двигуна через ремінну передачу передається на редуктор, а з редуктора через муфту на вал токарного верстату.

Схема управління (рис. 8) дозволяє плавно регулювати швидкість обертання деталі. Для попереднього підігріву поршнів перед наплавленням виготовлений нагрівальний пристрій – електрична піч опору (рис. 9). В якості нагрівальних елементів використаний ніхромовий дріт Ø4 мм. Піч зроблена таким чином, що захватує поршень з трьох сторін – знизу і з боків. Зверху

залишається доступ до зварювальної горілки. Каркас печі складається з трьох листів сталі товщиною 3 мм, зварених між собою. Всередині піч вимощена шаром азбесту, три ніхромові нагрівачі зигзагоподібної форми закріплюються на болтах і паралельно з'єднуються між собою. Джерелом живлення є ру підігріву поршнів допоміжних

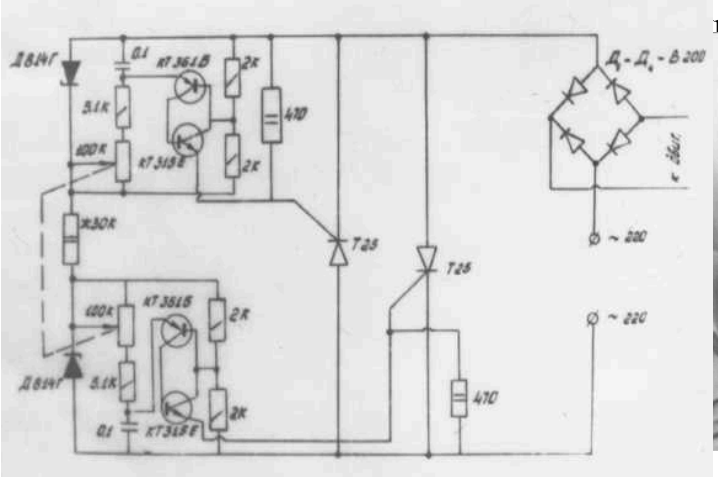


Рисунок 8 – Регулятор обертів електродвигуна постійного струму П-32М

Рисунок 9 – Електрична піч для нагріву чавунних поршневих головок

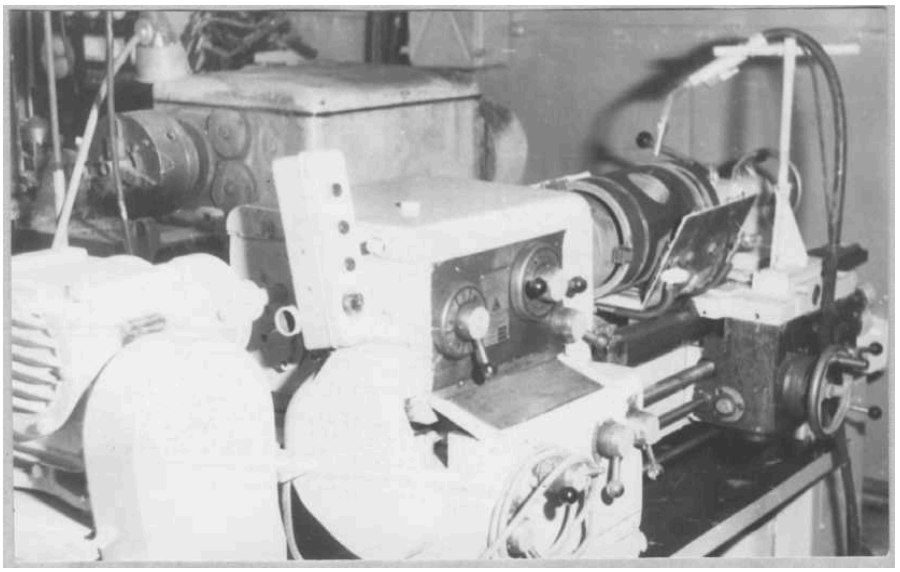


Рисунок 10 – Зовнішній вигляд установки для наплавлення чавунних поршнів

Приведені експерименти дослідження та розробка обладнання дозволили розробити технологічні процеси відновлення чавунних кришок циліндрів і поршнів суднових дизелів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стальниченко О. И. Нагревательные устройства для ремонтной сварки чугунных крышек дизелей. – М.: ВО «Мортехинформреклама», 1988. − Серия: Судоремонт. − № 788.

2. Стальниченко О. И., Крылов С. В., Капустян А. В. Нагревательные устройства для предварительного подогрева чугунных крышек судовых дизелей. – М.: ВО «Мортехинформреклама», 1987. − Серия: Судоремонт. – 3 с.

3. Крылов С. В. Восстановление цилиндровых крышек судовых дизелей из высокопрочного чугуна // Автоматическая сварка. – 1988. − № 1. – 69–79 с.

4. Сытник Н. М., Лиханосов В. Н., Щабаль В. П. Особенности формирования швов при механизированном способе сварки чугуна порошковой проволокой // Автоматическая сварка. – 1981. − № 1. – 45–48 с.

5. Стальніченко О. І. Матеріалознавство і технологія матеріалів. – Одеса: Аудиторія, 2000. – 18 п.л.

6. Гусева А. П., Мешкова З. Д. Опыт ремонта чугунных судовых деталей на СРЗ Минморфлота // Морской транспорт. Серия: «Судоремонт». Экспресс-информация. – Вып. 2 (551). – М., 1984. – 12–15 с.

Стальніченко Олег Іванович *к.т.н., професор, завідувач кафедрою «Технологія матеріалів» Одеського національного морського університету.*

Шамов Олексій Володимирович *к.т.н., доцент кафедри «Технологія матеріалів» Одеського національного морського університету.*

Козішкурт Євген Миколайович *доктор філософії, старший викладач кафедри «Технологія матеріалів» Одеського національного морського університету.*