



УДК 621.791

NEW TECHNOLOGICAL PROCESSES OF RESTORATION OF PARTS BY FUSION WITH THE USE OF MODIFICATION WITH IMPURITIES OF NATURAL ORIGIN

НОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗВАРЮВАННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДИФІКУВАННЯ ДОМІШКАМИ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Tihonov O.V. / Тіхонов О.В.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., проф.

ORCID: 0000-0001-7209-8375

Rybalko I.M. / Рибалко І.М.

d.t.s., as.prof. / д.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-3663-019X

State Biotechnological University, Kharkiv, Alchevskikh street, 44, 61002

Державний біотехнологічний університет, Харків, вул. Алчевських, 44, 61002

Анотація. У машинобудуванні одним із основних конструкційних матеріалів є сірий чавун, з нього виготовляють дорогі базові деталі дизелів та різних механізмів, від якості ремонту яких залежить довговічність вузла чи агрегату загалом. Основними причинами відмов чавунних деталей є значні статичні та циклічні напруження, корозійно-ерозійний знос, абразивний знос, робота деталей в умовах зношування та циклічних навантажень. Розробка технології відновлення відповідних чавунних деталей зварюванням або наплавленням – одне з актуальних завдань ремонтної практики.

Правильний вибір хімічного складу присадного матеріалу, створення необхідних умов для кристалізації зварювальної ванни та подальшого охолодження з'єднання є важливими факторами в управлінні процесом формування структури наплавленого металу та зон сплавлення та термічного впливу чавуну при заварюванні дефектів.

Ключові слова: чавун, дефекти, тріщини, нанопорошок глини, зварювання, мікротвердість, хімічний склад, розподіл компонентів.

Вступ.

Корпусні деталі із сірого чавуну є базовими виробами у машинобудуванні. Узагальнені вимоги до якості і способу виробництва, які визначають їхню надійну роботу та відносно низьку собівартість.

Основними видами пошкоджуваності деталей з сірого чавуну при експлуатації є тріщини, відколи, викришування, задири, обломи шпильок, зрізи і змінання з'єднань, а також руйнування посадкових місць отворів.

Розробка технології відновлення відповідних чавунних деталей зварюванням або наплавленням – одне з актуальних завдань ремонтної практики. Це завдання в цілому для зварювання і наплавлення не тільки дуже складне, але часто важке за необхідності забезпечення високоякісного зварного з'єднання на рівні міцності основного металу. Чавун має погану технологічну зварюваність, обумовлену тим, що метали як наплавлений, так і навколошовної зони має схильність до утворення гартових непластичних структур і тріщин внаслідок великих швидкостей охолодження, теплових та усадкових напружень. Його низька міцність і практично повна відсутність пластичності сприяють утворенню тріщин при зварюванні та наплавленні як у наплавленому, так і в основному металі [1-8].



Метою роботи – є розробка технології підвищення якості зварювання чавунних деталей з введенням домішок природного походження.

Для вирішення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання: запропонувати технологію подрібнення домішок до нанорозмірного стану; розробити технологію введення домішки у наплавлений матеріал; дослідити розподіл компонентів в наплавленому матеріалі та вплив на зносостійкість; провести апробації.

Основний текст

Глина в природньому стані – це в'язка субстанція завжди з певною вологістю, кольором, та завжди з різним хімічним складом [9-11].

Проба з Куп'янського родовища (рис. 1) представляла собою глину, яка була темно-білого кольору, гігроскопічна, нагадувала крейду. При розтиранні була як добре подрібнений порошок або пудра, не відчувались часточки кварцу. Це були три проби приблизно по 30-40 гр. кожна, взяті з різних шарів гори та поміщені в різні ємкості.

Глина розмілюється до нанорозмірів у кульовому млині, який складається з: барабану, в який засипані кульки діаметром 8мм; електродвигуна; зуборемінної передачі; підставок та з'єднувальної пластини. Барабан складається з: циліндра, заглушки з підшипником та кришки. Оберти барабана склали 125 об/хв.

Подрібнений порошок глини розмішували з клеєм марки ПВА у пропорції 2 грама порошку та 2 грама клею та ретельно перемішували. Після чого, отриману емульсію зразу наносили тонким шаром на електроди. На 1 електрод приблизно витрачалося 1,6 грамів емульсії.



Рисунок 1 - Глина з Куп'янського родовища

Перед нанесенням на електроди підготовленого порошку з подрібненої глини, електроди попередньо були поміщені в піч з температурою 180°C на 1,5 години, після чого висушували на повітрі протягом 24 годин. Після нанесення емульсії порошку глини й клею на електрод його висушували на повітрі протягом 24 годин, а потім в печі при температурі 180°C 4 години.

Зварювання проводили за допомогою ручного електродугового апарату марки ПАТОН ВДИ-200 Р з такими параметрами зварювання: напруга 20 В; сила струму 90 А.

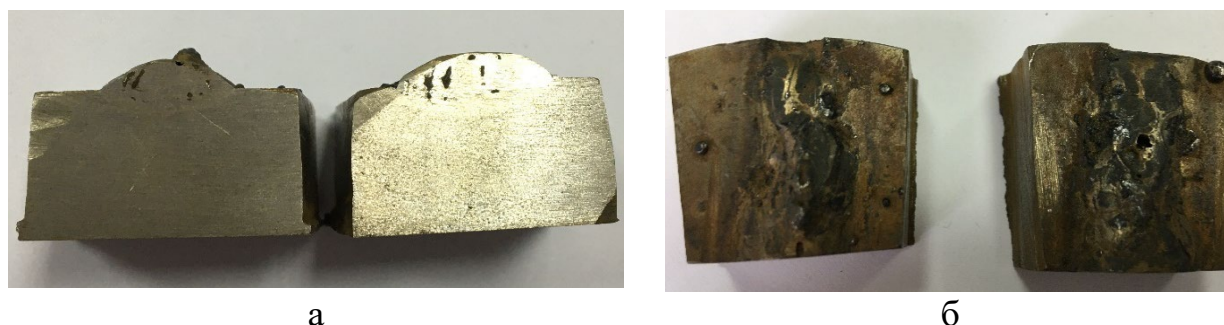
Електрод марка ЦЧ-4 ТМ МОНОЛИТ, має такий хімічний склад: Mn 0,50-2,5 %, Si 0,1-0,8%, С не більше 0,25 %, Р не більше 0,07 %, S не більше 0,04 %, ...



V 8,5-10,5%

Зварювальні валики виконані у вигляді смуг шириною 12-15 мм, та довжиною приблизно 30-35 мм., матеріал, на який виконували зварювання – чавун СЧ18-36 рис. 2.

За результатами аналізу хімічного складу видно, що в глині з Куп'янського родовища (табл. 1) присутня висока концентрація кальцію – 56,455%. Тому глина з даного родовища має високу гігроскопічність, а також схильність до формування грудочок. Заварку дефектів проводили електродом ЦЧ-4 Ø3,0мм з накладенням коротких валиків довжиною 20-30 мм. Рекомендовано проводити охолодження кожного валика до 60°C та проковуванням зони наприкінці відновлення легким деформуванням молотком при $t = 400^{\circ}\text{C}$.



а

б

Рисунок 2 – Зразки чавуну з наплавленими валиками.

а – перетин зварного валика; б – від с верху. Ліворуч – наплавлення електродом. Праворуч – наплавлення електродом з обмазкою глиною

Таблиця 1– Хімічний склад глини з Куп'янського родовища, %

Загальний склад глини	Na	Mg	Al	K	Ca	Fe	Si	P	S	Cl
	5,225	1,129	6,551	0,623	56,455	0,341	19,2	8,5	1,0-1,5	7,0
Частка модифікатора, що вводитьься, 6%	0,31	0,07	0,39	0,04	3,39	0,21	1,15	0,51	0,09	0,42

Проведено мікрорентгеноспектральний аналіз наплавлених зразків електродом та з додатковим введенням подрібненого порошку глини Куп'янського родовища у вигляді обмазки. На рис. 3 та 4 представлена мікроструктура наплавлення та перехідної зони з термоелектронною емісією з розподілом основних компонентів в покритті.

Проаналізувавши результати розподілу компонентів по перерізу наплавлення (табл. 2, рис. 5), можна відмітити наступне. Збільшується концентрація кисню в наплавленому шарі до 5,83% при модифікуванні з 3,14% в порівнянні без додаткового введення глини [11]. З'являються сліди кальцію, концентрація по перетину становить 0,04-0,05%. В перехідній зоні збільшується вміст алюмінію в 2 рази в порівнянні з простим нанесенням покриття електродом. Виявлено підвищення вмісту кремнію в наплавленні, концентрація становить 1,85% в порівнянні без введення глини – 1,37%. Також підвищується вміст марганцю, з 0,66-0,81% до 0,97-0,99% при модифікуванні.

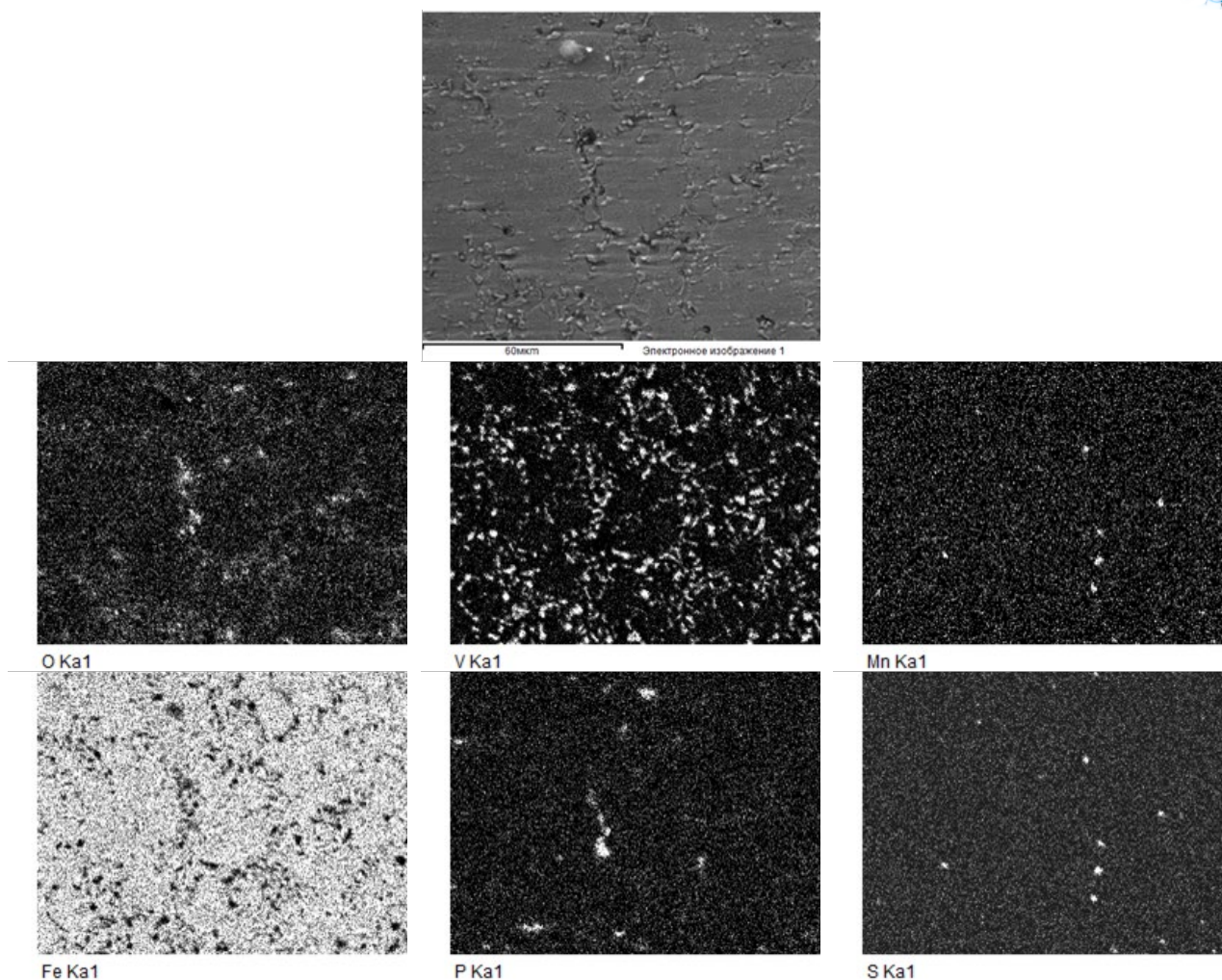


Рисунок 3 – Середина поверхні наплавлення електродом з додатковим модифікуванням глиною

Підвищення концентрації хімічних елементів пов'язано з додатковим введенням глини. З хімічного складу глини видно, що більший вміст у ній алюмінію, кальцію та кремнію. Так як вводилося до 6% глини від об'єму електрода, то зміна вмісту компонентів збільшується несуттєво. Також по перетину наплавлення з введенням глини виявлено білі зерна розміром до 1мкм з підвищеним вмістом вуглецю 24,06%, титану 0,65% та ванадію 56,26%.

Для визначення впливу введення глини через обмазку було проведено вимірювання мікротвердості зразків (табл. 3, рис. 6).

З отриманих результатів видно, що мікротвердість наплавленої поверхні з додатковим введенням глини збільшується на 50 одиниць до Н-50-693,10, а перехідної зони зменшується на 180 до Н-50-425,55 в порівнянні з наплавленням тільки електродом. Це свідчить про вплив глини навіть в невеликій кількості при введенні у наплавлення. Зменшення мікротвердості перехідної зони може впливати позитивно на покриття, так як виникаючі напруження в зоні сплавлення будуть меншими та це буде сприяти зменшенню появи дефектів.

Експлуатаційні дослідження проводились по відновленню чавунних корпусів КЗП автомобілів [12]. На цей час коробки пропрацювали 7 місяців та



працюють надалі, що вказує на придатність розробленого способу заварювання дефектів корпусів та може бути рекомендована для впровадження у виробництво.

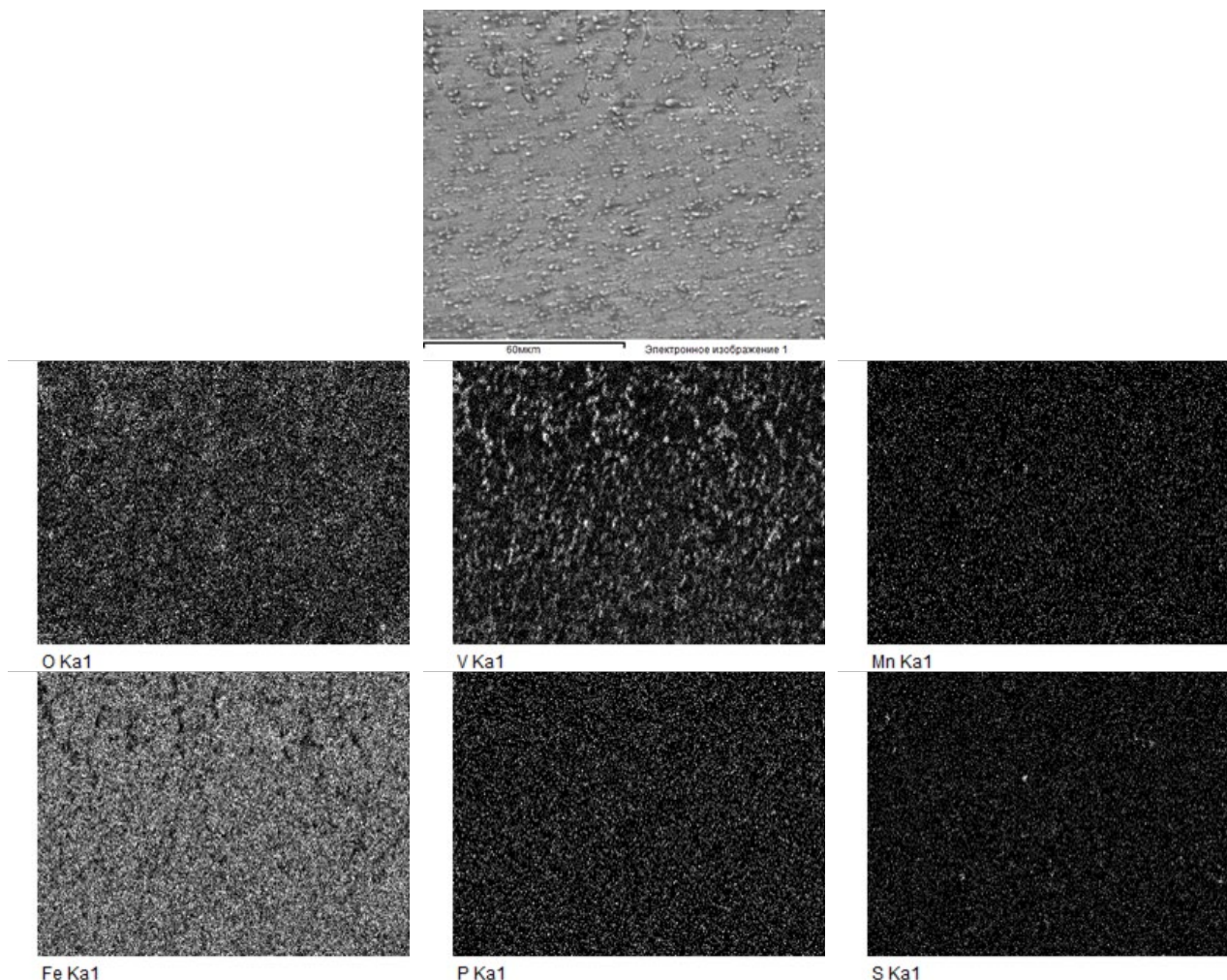


Рисунок 4 – Перехідна зона наплавлення електродом з додатковим модифікуванням глиною

Таблица 2 – Мікрорентгеноспектральний аналіз

Наплавлення електродом

	C	O	Al	Si	P	S	Ti	V	Mn	Fe
Середина наплавлення	17,57	3,14	0,10	1,37	0,18	0,06	0,10	9,18	0,75	67,54
Перехідна зона	16,68	2,72	0,08	1,70	0,21	0,04	0,08	7,57	0,81	70,06
Перехідна зона	18,99	3,82	0,08	2,18	0,22	0,08	0,06	3,99	0,66	69,90

Наплавлення електродом з додатковим модифікуванням глиною

	C	O	Al	Si	P	S	Ca	V	Mn	Fe
Середина наплавлення	-	5,83	0,06	1,85	0,26	0,12	0,04	9,52	0,99	81,31
Перехідна зона	-	3,54	0,13	2,09	0,18	0,08	0,05	9,30	0,97	83,65
Біле зерно 1мкм	24,06	5,39	-	0,31	-	-	Ti 0,65	56,26	0,29	13,05
Чавун	19,76	3,01	-	2,85	0,45	0,07	-	-	0,56	73,30

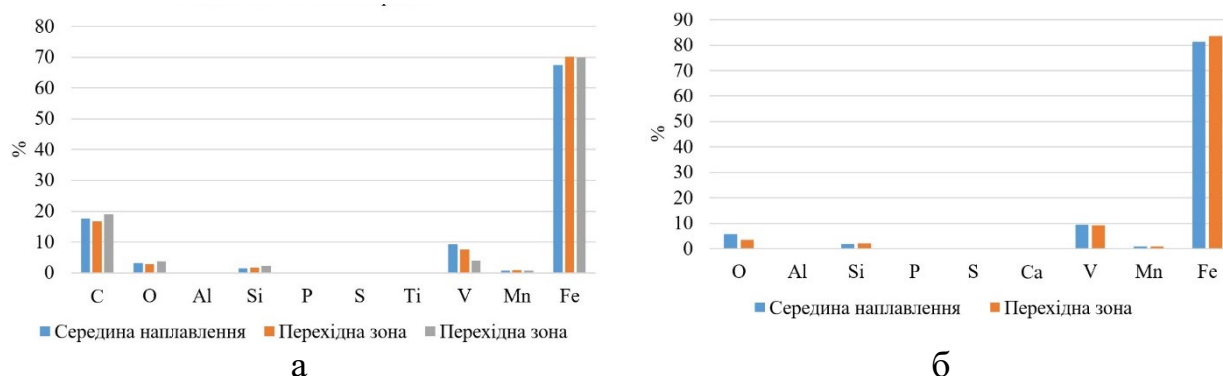


Рисунок 5 – Хімічний склад покриття наплавленого електродом (а) та з додатковим введенням глини у вигляді обмазки (б)

Таблиця 3 – Мікротвердість зразків

Покриття	Мікротвердість, Н-50, МПа		
	Max	Min	Середнє значення
Наплавлення електродом з обмазкою глиною			
Основа	149,7	91,6	123,05
Перехідна зона	647,0	208,1	425,55
Наплавка	808,2	583,9	693,10
Наплавлення електродом			
Основа	175,3	129,3	154,3
Перехідна зона	720,9	482,6	607,5
Наплавка	720,9	555,8	640,25

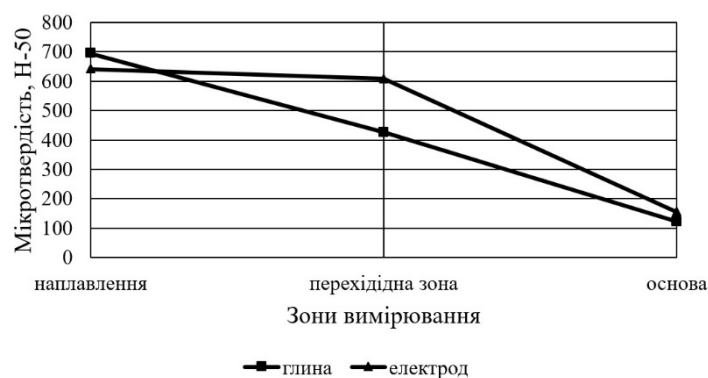


Рисунок 6 – Середні значення мікротвердості при наплавленні електродом та з додатковим введенням глини у вигляді обмазки

Висновки.

Чавун відноситься до групи металів, що погано зварюються. Пояснюється це високим вмістом у ньому вуглецю понад 2%, кремнію 1,6-2,0%, марганцю 0,5-1,2%, сірки до 0,12%, фосфору до 0,8% та швидкою швидкістю охолодження. Тому ремонт дефектних корпусних деталей автомобіля є складним технологічним завданням. Технологія, що застосовується в даний час на підприємствах автосервісу, характеризується великою витратою енергоносіїв, що обумовлено високою температурою нагріву, і високою трудомісткістю.



Розроблена технологія нанесення подрібнення та нанесення порошку на електрод марка ЦЧ-4 ТМ МОНОЛИТ. Подрібнений порошок глини розмішували з клеєм марки ПВА у пропорції 2 грама порошку та 2 грама клею та ретельно перемішували. Після чого, отриману емульсію зразу наносили тонким шаром на електроди. На 1 електрод приблизно витрачалося 1,6 грамів емульсії. Зварювання проводили за допомогою ручного електродугового апарату марки ПАТОН ВДИ-200 Р з наступними параметрами при зварюванні: напруга 20 В; сила струму 90 А.

Підвищення концентрації хімічних елементів пов'язано з додатковим введенням глини. З хімічного складу глини видно, що більший вміст у ній алюмінію, кальцію та кремнію. Так як вводилося до 6% глини від об'єму електрода, то зміна вмісту компонентів збільшується несуттєво. Також по перетину наплавлення з введенням глини виявлено білі зерна розміром до 1мкм з підвищеним вмістом вуглецю 24,06%, титану 0,65% та ванадію 56,26%.

Мікротвердість наплавленої поверхні з додатковим введенням глини збільшується на 50 одиниць до Н-50-693,10, а перехідної зони зменшується на 180 до Н-50-425,55 в порівнянні з наплавленням тільки електродом. Це свідчить про вплив глини навіть в невеликій кількості при введенні у наплавлення. Зменшення мікротвердості перехідної зони може впливати позитивно на покриття, так як виникаючі напруження в зоні сплавлення будуть меншими та це буде сприяти зменшенню появи дефектів.

Література:

1. Корпусні деталі з чавунів та їх якісні показники: Монографія / Т.С. Скобло, О.І. Сідашенко, О.В. Сайчук. Під ред. д.т.н. проф. Скобло Т.С. – Х: Діса плюс, 2019. – 282 с.
2. Гарост А.И. Улучшение состава, структуры и механических характеристик чугуна при графитизирующем модифицировании. / А.И. Гарост // Литье и металлургия. – 2008. – №2 (46). – С. 15-22.
3. Основні дефекти чавунних деталей / Н.В. Каплієнко, О.В. Тіхонов // ХІХ-й Міжнародний форум молоді «МОЛОДЬ І ІНДУСТРІЯ 4.0 В ХХІ СТОЛІТТІ». Збірка матеріалів форуму. – Харків: ДБТУ, 2023. – С. 116.
4. Маткова А.В. Особливості зварювання сірих чавунів методом напівавтоматичного зварювання / А.В. Маткова, М.В. Дмитріюк, Н.М. Поліщук // Наукові нотатки. – 2011. – Вип. 32. – С. 224-227.
5. Сварка ответственных деталей из серого чугуна / Л.Б. Леонтьев, А.В. Погодаев, С.П. Кобыляков, Е.Д. Доценников // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2015. – № 4 (25). – С. 51-61.
6. Иванов Б.Г. Сварка и резка чугуна / Б.Г. Иванов, Ю.И. Журавицкий, В.И. Левченков – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.
7. Калін М.А. Спосіб зварювання чавуну / М.А. Калін, А.О. Емдін // Вісник НТУ «ХП». – 2013. – №26(999). – С. 3-7.
8. Калін М.А. Спосіб холодного зварювання чавуну / М.А. Калін, К.О. Ізотова // Матеріали Всеукраїнської науково – практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу», випуск 2. – Херсон: ХНТУ (факультет



машинобудування), 2015. – С. 141-143.

9. Application of clay as a modifier in repair production / T.S. Skoblo, A.I. Sidashenko, A.V. Tihonov A.V., I.N. Rybalko, B.S. Siryak // Scientific and practical journal “Agricultural technology and energy supply” – 2019. – No. 4 (25). – P. 138-154.

10. Скобло Т.С. Використання дисперсних домішок вторинної сировини при відновленні деталей машин / Т.С. Скобло, О.В. Тіхонов, І.М. Рибалко // Информационно-аналитический международный технический журнал «Промышленность в фокусе». – Харьков, 2019. – №12 (84). – С. 55-57.

11. Каплієнко Н.В. Використання глини в якості модифікатора при наплавленні сірого чавуну / О.В. Тіхонов, І.М. Рибалко, Н.В. Каплієнко // IX Міжнародної науково-технічної онлайн конференції «Крамаровські читання» з нагоди 115-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН КРАМАРОВА Володимира Савовича (1906 - 1987) та 90-річчя кафедри надійності техніки НУБіП України – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2022. – С. 329-331.

12. Каплієнко Н.В. Характеристика матеріалу корпусу коробки зміни передач ЗИЛ-130 та існуючі способи ремонту тріщин / О.В. Тіхонов, Н.В. Каплієнко // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв» 24-25 листопада 2022 року м. Харків. – С. 359-362.

Abstract. *In mechanical engineering, one of the main structural materials is gray cast iron, it is used to make expensive basic parts of diesel engines and various mechanisms, the durability of the unit or unit in general depends on the quality of their repair. The main reasons for failure of cast iron parts are significant static and cyclic stresses, corrosive and erosive wear, abrasive wear, operation of parts under conditions of wear and cyclic loads. The development of the technology of restoration of the relevant cast iron parts by welding or surfacing is one of the urgent tasks of repair practice.*

The correct choice of the chemical composition of the filler material, the creation of the necessary conditions for the crystallization of the weld pool and subsequent cooling of the joint are important factors in managing the process of forming the structure of the deposited metal and fusion zones and the thermal effect of cast iron during welding of defects.

Key words: *cast iron, defects, cracks, clay nanopowder, welding, microhardness, chemical composition, distribution of components.*

Стаття надіслана: 01.02.2024 р.

© Тіхонов О.В., Рибалко І.М.