

УДК 621.326

І.П. Лентюгов, к.т.н, ст. дослідник; В.В. Осін, к.т.н.; А.Ю. Северин к.т.н. ст. дослідник

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, Україна

ОЦІНКА ЯКОСТІ НАПЛАВЛЕНОГО ШАРУ З ВИСОКОМІЦНОЇ СТАЛІ ВИКОНАНОГО ЗА ДОПОМОГОЮ ДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ

Виконано якісно-технологічну оцінку можливості застосування розробленого порошкового дроту ПП-Нп-50Х2МНСТФ для здійснення дугової наплавки високоміцної сталі типу 50Х2МНСТФ на підкладку зі сталі Ст3.

Ключові слова: високоміцна сталь, дугове наплавлення, порошковий дріт, твердість, структура.

Ph.D, Sr. Res. I. Lentugov, Ph.D V. Osin, Ph.D, Sr. Res. A. Severyn

Paton Electric Welding Institut of National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

QUALITY ASSESSMENT OF HIGH-STRENGTH STEEL SURFACED LAYER PRODUCED BY ARC SURFACING

A qualitative and technological assessment of the feasibility of using the developed flux-cored wire PP-Np-50Kh2MNSGF for arc surfacing of high-strength steel of the 50Kh2MNSTF type onto a substrate made of St3 steel has been carried out.

Keywords: high-strength steel, arc surfacing, flux-cored wire, hardness, microstructure.

В умовах триваючих бойових дій та підвищеного навантаження на оборонно-промисловий комплекс України питання відновлення та продовження ресурсу високоміцних сталевих конструкцій набуває особливої важливості. Такі високоміцні сталі використовуються як броньова сталь корпусів таких сучасних бронетранспортерів як Patria AMV (Фінляндія), Pandur II (Австрія), FNSS Pars (Туреччина), українських «Дозор-Б» і «Козак», а також в бронекатерах, десантних човнах - CB90 H, Combatboat (Швеція), українські катери типу «Гюрза-М». При цьому вони також знаходять застосування як захист стін та інших елементів будівель поліцейських дільниць, банків, держструктур та інших споруд, у виробництві броньованих фургонів та легкових автомобілів, вантажних контейнерів, кар'єрних самоскидах, ковшах екскаваторів та багатьох інших виробів. Основними видами ремонту цього класу сталей є зварювання плавленням та наплавлення дротом, тобто відновлення зношених або зруйнованих ділянок шляхом нанесення шарів присадного металу. Одним із перспективних напрямів ремонту є застосування технологій наплавлення порошковим дротом (ПД). Використання наплавлення як методу ремонту забезпечує локальне відновлення зношених або пошкоджених поверхонь деталей різноманітної техніки без необхідності повної заміни елементів корпусу чи вузлів. Застосування порошкових дрових наплавних матеріалів дає змогу відновлювати твердість відновлюваних деталей до рівня близько 55 HRC, зносостійкість і опір втомі які наближені до характеристик основного металу.

Метою даної роботи є дослідження якості металу наплавленого шару високоміцної сталі методами дугового наплавлення та вивчення можливості їх застосування при ремонті техніки.

Дослідні партії порошкових дротів для наплавлення виготовлялися на лабораторному волочильному стані ОБ-840. Для проведення процесу наплавки використанням наплавочну установку У-653, а у якості джерела живлення

універсальний зварювальний випрямляч ВДУ-506. Все обладнання розташоване в ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАН України. В якості основного металу використовували пластини зі сталі Ст3 завтовшки 10 мм. Наплавка здійснювалася розробленою в інституті порошковою проволокою ПД-Нп-50Х2МНСТФ діаметром 2,4 мм з коефіцієнтом заповнення 25% під шаром флюсу АН-26П.

З метою перевірки якості наплавленого шару з високоміцної сталі на підкладку зі сталі Ст3, була виконана двопробна наплавка дуговим способом порошковим дротом ПД-Нп-50Х2МНСТФ, який був додатково мікролегован бором у кількості 0,005%, що сприяє утворенню тонкої структури і запобігає утворенню фериту по межах зерен. Проведений спектральний хімічний аналіз встановив склад наплавленого шару, який наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Хімічний склад наплавленого шару з високоміцної сталі, отриманих способом дугової наплавки

Спосіб наплавки	Масова доля у відсотках, %							
	C	Si	Mn	Cr	Ni	V	Mo	B
ДН	0,50	1,25	0,75	2,1	1,9	0,50	0,73	0,003

Fe
основа.

Проведений хімічний аналіз вказує на високолеговану сталь типу 50Х2МНСТФ, яка застосовується для виготовлення особливо відповідальних деталей, що працюють в умовах високих навантажень таких як штампи, пуансони, різальний інструмент, а також у військовій техніці.

На рисунку 1 представлено виготовлений поперечний макрошліф наплавленого шару та його мікроструктура. Загальна товщина підкладки та наплавленого шару склала 21 мм. Візуальний аналіз макрошліфа показав, що в структурі та на межі лінії сплавлення візуально не спостерігаються внутрішні дефекти у вигляді пор, тріщин, несплавлень та включень (рисунк 1 а). Дослідження мікроструктури зразка встановило, що структура наплавленого металу по всій товщині має стовпчастий вид дендритного характеру, яка орієнтована у напрямку відведення тепла і є типовою для загартованого мартенситу з домішками нижнього бейніту, після швидкого охолодження при наплавленні (рисунк 1 б). Ширина зерен становить 30...120 мкм. Дослідження лінії сплавлення показало, що вона є досить чіткою і з боку наплавленого металу має більш дрібніші зерна ніж у металі наплавки в верхній і центральній ділянках - 20...50 мкм (рисунк 1 в). З боку основного металу у лінії сплавлення виявлена перехідна зона шириною 1100...2100 мкм з дрібною структурою розміром 5...30 мкм. Вимірювання твердості отриманого біметалу встановило, що у верхній ділянці наплавленого шару твердість становить 56 HRC, а у центральній зоні наплавленого шару 55 HRC. Твердість в ділянці поблизу лінії сплавлення зі сторони наплавки, має незначне зниження до 53 HRC.

Для оцінки якості наплавленого шару було проведено гарячу обробку тиском отриманого біметалу на прокатному стані при температурі 1150 °С (рисунк 2 а). Деформування біметалу – це завжди пошук компромісу, так як ми маємо класичну «конфліктну» пару - пластична сталь Ст3 та високолегована, схильна до тріщиноутворення сталь 50Х2МНСТФ. Температуру закінчення прокатки контролювали на рівні не нижче 900°C з подальшими підігрівками. Сумарний обтиск заготівлі склав 57%, а кінцева товщина пластини склала 9 мм.

Просвіт деформованого зразка жорстким рентгенівським випромінюванням показав відсутність будь яких дефектів, розміри яких становлять не менше 2% від товщини металу як на лінії сплавлення, так і в основному металі.

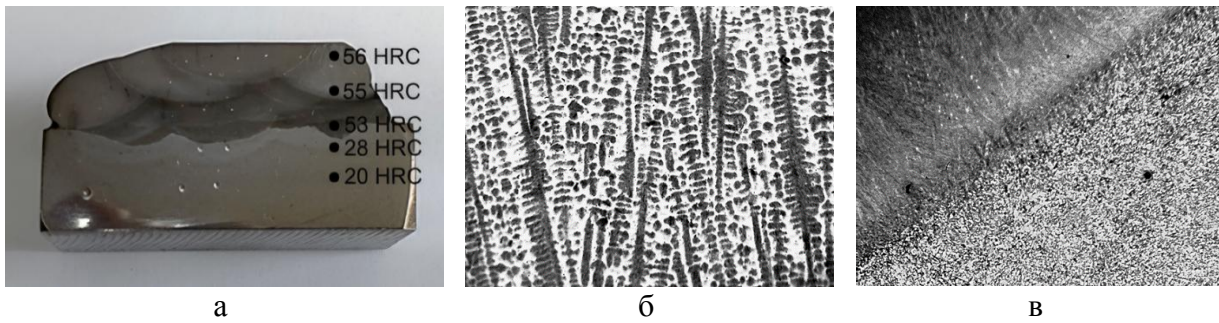


Рисунок 1 Поперечний макроріз зоготовлі, наплавленою порошковим дротом ПД-Нп-50Х2МНСТФ на Сталь 3 (а), мікроструктура (х75) наплавленого шару зі сталі 50Х2МНСТФ (б) та мікроструктура (х150) лінії сплавлення (в).

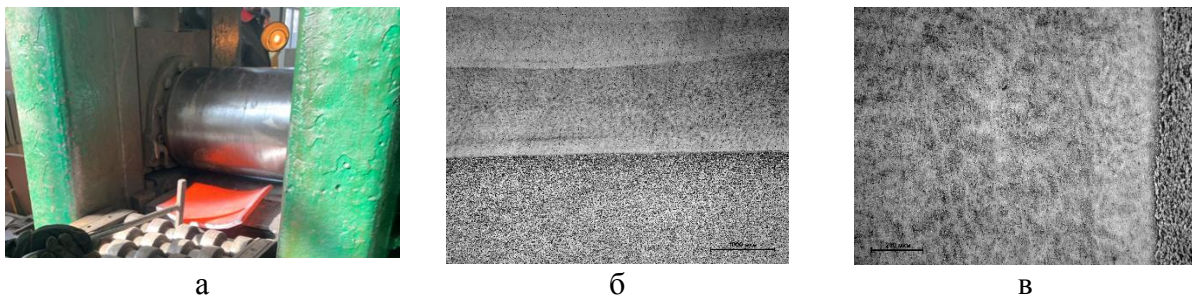


Рисунок 2 Гаряча деформаційна обробка наплавленого полуфабрикату з високоміцної сталі типу 50Х2МНСТФ (а) та мікроструктура продеформованого металу після відпалу (б, в).

Для зняття залишкових напружень у прокатаних біметалічних пластинах зі сталі Ст3 з наплавленим шаром зі сталі 50Х2МНСТФ застосовували термічну обробку при температурі 550 °С з витримкою 2 години з подальшим повільним охолодженням разом із піччю. Такий режим забезпечує ефективне релаксаційне розвантаження без суттєвого зниження твердості та збереження експлуатаційних властивостей наплавленого шару.

Після прокатки та подальшого відпуску у мікроструктурі наплавленого шару відбулися суттєві морфологічні зміни. Прокатка призвела до руйнування вихідної дендритної литої будови, характерної для металу після наплавлення, та формування деформованої структури (рисунок 2 б). Початкові мартенситно-бейнітні складові зазнають інтенсивної фрагментації, що супроводжується подрібненням структурних елементів. Подальший відпуск забезпечує перехід мартенситу та нижнього бейніту у відпущений стан з виділенням дисперсних карбідів легувальних елементів (Cr, Mo, V), що сприяє структурній стабілізації та зниженню внутрішніх напружень. У перехідній зоні, поблизу лінії сплавлення, внаслідок розбавлення основним металом і меншого вмісту вуглецю та легувальних компонентів формується дрібнодисперсна ферито-перлітно-бейнітна структура, яка характеризується поступовим переходом властивостей від високоміцного наплавленого шару до більш пластичного основного металу (рисунок 2 в). Така градієнтна перебудова структури забезпечує поєднання високої поверхневої твердості та підвищеної тріщиностійкості з'єднання. Профіль мікротвердості демонструє градієнт: від 559 HV (53 HRC) - верх наплавки до 519 HV (51 HRC) нижня частина наплавки, 341 HV (35 HRC) - зона сплавлення та 232 HV (20 HRC) – основний метал Ст3, що зумовлено розбавленням і відмінностями фазових перетворень. Таким чином, прокат руйнує дендритну будову та формує деформовану та більш дрібну структуру наплавленого шару, а відпуск забезпечує її стабілізацію. Отримано функціонально-градієнтний матеріал із поєднанням високої зносостійкості поверхні та підвищеної тріщиностійкості з'єднання.