

ВПЛИВ ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ ФЕРОМАГНІТНОЇ ШИХТИ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ НА ТВЕРДІСТЬ НАПЛАВЛЕНОГО ШАРУ

С.Ф. Посонський, канд. техн. наук, доц.,
Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна

В останній час широкого розповсюдження знайшов спосіб електродугового наплавлення із застосуванням феромагнітної шихти [1]. Феромагнітна шихта для дугового наплавлення деталей машин, виготовлених з залізовуглецевих сплавів, може бути використана при автоматичному зварюванні і наплавленні. Наплавлення ведуть з безперервною подачею електродного дроту, на який подається магнітна шихта, і під дією власного магнітного поля зварювального кола притягається до неї, утворюючи покриття, аналогічне електродному [1]. Для забезпечення притягнення шихти до електродного дроту до складу шихти вводяться феромагнітні компоненти.

Шихта дозволяє отримати бездефектний наплавлений шар, який відповідає необхідним експлуатаційним вимогам без подальших технологічних заходів при відновленні деталей машинобудування, виготовлених з легованих сталей і чавуну.

З метою підвищення механічних і триботехнічних властивостей наплавленого металу до складу шихти додатково додають мідь і ферованадій. Для забезпечення стійкого горіння дуги на малих струмах і поліпшення магнітних властивостей шихти магнітні і немагнітні компоненти шихти замішуються на рідкому натрієвому склі. Для більш повного протікання металургійних процесів в зварювальній ванні застосовується певний гранулометричний склад компонентів шихти. Отримання бездефектного наплавленого шару, що відповідає необхідним експлуатаційним вимогам без додаткових технологічних заходів, досягається певним відсотковим співвідношенням компонентів шихти. При цьому феромагнітна шихта забезпечує стабільне горіння зварювальної дуги при малих значеннях зварювального струму, що знижує тепловкладення і дозволяє знизити рівень зварювальних деформацій і напружень в у відновлюваному виробі.

Склад феромагнітної шихти підбирається виходячи з наступних умов [2]:

1. Надання шихті магнітних властивостей з метою забезпечення її притягання до електродного дроту під дією електромагнітних сил.
2. Забезпечення стабільного горіння дуги при малих струмах наплавлення в діапазоні від 140 до 170 А, що сприяє зниженню зварювальних деформацій і напружень.
3. Отримання бездефектного наплавленого шару без пір, тріщин, шлакових включень.
4. Забезпечення необхідних властивостей наплавленого шару без додаткових наступних технологічних заходів, таких як термічна обробка, зміцнення поверхневого шару, тощо.
5. Використання при виготовленні шихти дешевих і доступних матеріалів.
6. Забезпечення необхідних триботехнічних властивостей сполучених деталей.

До складу шихти входять рудомінеральні матеріали, феросплави, чисті метали, хімічні продукти, силікати, графіт. Компоненти $FeCr$, $FeTi$, FeV і вуглець C в сукупності дозволяють отримати наплавлений метал підвищеної міцності і зносостійкості без наступної термообробки в результаті утворення структури мартенситу з карбідами хрому, ванадію, титану, що володіють більш високою, у порівнянні з карбідами заліза, твердістю. Рідке натрієве скло виконує функцію сполучного компонента при виготовленні шихти, забезпечуючи спікання магнітних і немагнітних компонентів і притягання їх до електродної дроті під дією електромагнітних сил, а також сприяє стабільному горінню дуги на малих струмах.

Виготовлення феромагнітної шихти для дугового наплавлення можливо на будь-якому машинобудівному або ремонтно-механічному заводі. Дану шихту можна готувати в будь-якій кількості в залежності від серійності відновлення деталей машин, причому можливо гнучке варіювання складом шихти при відновленні деталей різного хімічного складу і призначення, забезпечуючи необхідні експлуатаційні характеристики.

Для відновлення деталей машин, виготовлених з легуваних сталей, використовується шихта наступного складу при співвідношенні компонентів: вуглець (0-3 %), феротитан (5-15 %), ферохром (1-20 %), ферованадій (0,5-25 %), мармур електродний (12-15 %), плавиковий шпат (12-15 %), силікокальцій (5-12 %), порошок мідний (2-4 %), залізний порошок (залишок) [2].

Пропонований склад феромагнітної шихти дозволяє забезпечити твердість в діапазоні від *HV* 140 до *HV* 650, стабільне горіння дуги на малих струмах в діапазоні від 140 до 150 А, а також отримати бездефектний наплавлений шар, який відповідає необхідним експлуатаційним вимогам без застосування додаткових технологічних заходів.

Даною шихтою можна відновлювати сталеві колінчаті вали, валки прокатних станів, кранові колеса, розподільні вали, кулаки тролейбусів, колеса і бандажі трамваїв і метрополітену, гальмівні вали автобусів.

В даній роботі ставиться мета дослідити вплив хімічного складу основних компонентів феромагнітної шихти (співвідношення концентрацій феротитану (*FeTi*) та мармуру електродного (*CaCO₃*), на твердість наплавленого шару.

Знаходження функцій, що задають зв'язок між факторами (вміст у відсотках (*FeTi*) і (*CaCO₃*) та твердістю (*HRC*)) зручно описувати виразом у вигляді полінома. Факторний план одночасно варіює всі фактори таким чином, що ефект кожного фактора оцінюється за всією сукупністю дослідів.

Оскільки необхідно оцінити два фактори, виникає задача проведення двофакторного експерименту. Модель процесу двофакторного експерименту другого порядку має вигляд:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2 + b_4x_1^2 + b_5x_2^2. \quad (1)$$

До рівнів факторів з ПФЕ додаються ще два значення, таблиця 1. Проводяться додаткові досліді при основному рівні (0) та зіркових точках (+1,41; -1,41) [3].

Згідно матриці планування, що складається зі стовпців x_1, x_2 якими безпосередньо визначаються умови дослідів [3], виконано вимірювання твердості зразків зі сталі 65Г шихтою змінного складу. Результати випробувань наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Матриця планування експерименту та результати випробувань

№	x_1 (<i>FeTi</i>), %		x_2 (<i>CaCO₃</i>), %		<i>HRC</i>
1	-1,00000	6	-1,00000	10	42
2	-1,00000	6	1,00000	14	38
3	1,00000	7	-1,00000	10	50
4	1,00000	7	1,00000	14	46
5	-1,41421	5,8	0,00000	12	34
6	1,41421	7,2	0,00000	12	50
7	0,00000	6,5	-1,41421	7,18	32
8	0,00000	6,5	1,41421	16,82	29
9	0,00000	6,5	0,00000	12	41
10	0,00000	6,5	0,00000	12	41

Обробку даних експерименту та пошук оптимальних значень виконано в демо версії додатку Statistica 6.0. В результаті обробки розраховані коефіцієнти регресії та визначене рівняння регресії для твердості наплавленого шару.

$$HRC = 82,25 - 41,48(FeTi) + 3,94(FeTi)^2 + 11,08(CaCO_3) - 0,48(CaCO_3)^2 + 0,00(FeTi)(CaCO_3). \quad (2)$$

Враховуючи діаграму значимості коефіцієнтів (рис. 1) відкидаємо не значимі коефіцієнти. З рахуванням не значимих коефіцієнтів отримуємо рівняння залежності твердості наплавленого шару від компонентів шихти:

$$HRC = 82,25 - 41,48(FeTi) - 0,48(CaCO_3)^2. \quad (3)$$

За допомогою модуля "Design Analysis of Experiments" (експериментальний проект) даної програми визначено вплив кожного з факторів на твердість наплавленого шару рис. 2, та отримані оптимальні значення факторів.

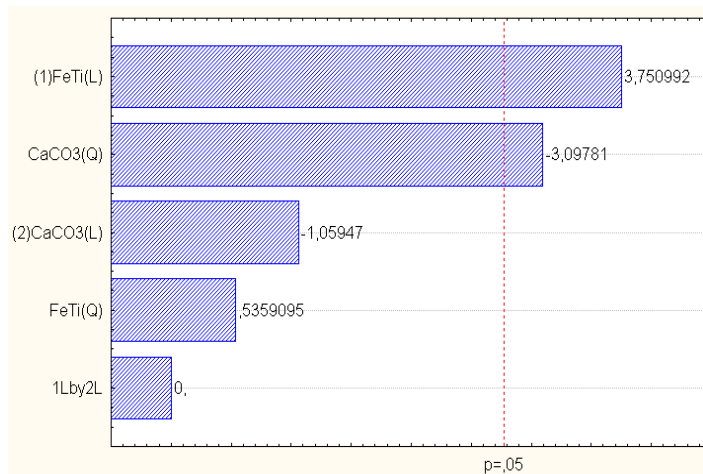


Рисунок 1 – Діаграма значимості коефіцієнтів

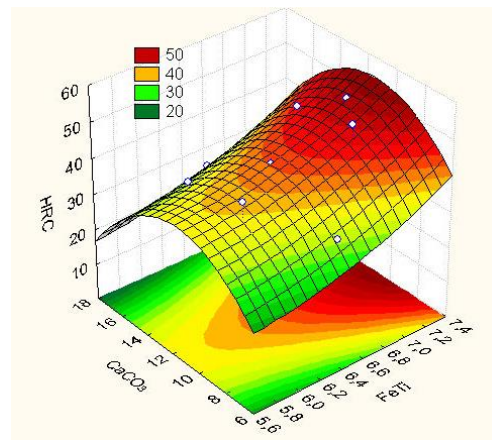


Рисунок 2 – Поверхневий графік залежності твердості наплавленого шару від компонентів шихти

Аналізуючи графік залежності твердості від співвідношення концентрацій феротитану та мармуру електродного в феромагнітній шихті приходимо до висновку, що керуванням співвідношенням концентрацій можливо досягнути різного значення твердості наплавленого шару.

Список літератури

1. Глазунов С.Н. Технология восстановления стальных и чугунных деталей транспортных машин методом электродуговой наплавки с применением ферромагнитной шихты / С.Н. Глазунов, В.С. Гаврилюк, В.Г. Вялков, А.В. Свешников // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2002. – № 6. С.3-5.
2. Ферромагнитная шихта для дуговой наплавки деталей машин, изготовленных из железоуглеродистых сплавов: пат. 2448823 Российская Федерация: МПК В23К 35/36 / Глазунов С.Н. и др.; заявитель и патентообладатель Апраксин Д.В. – № 2010104100/02; заявл. 09.02.2010; опубл. 27.04.2012, Бюл. № 12. – 7 с.
3. Фаддев М.А. Элементарная обработка результатов эксперимента / М. А.Фаддев. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. – 122 с.