

3. Дефосфорация и десульфурация при предварительной обработке чугуна / Кавасаки Ш., Аоки М., Камимори А. [и др.] // Инжекционная металлургия '86: труды Междунар. конф. – М.: Металлургия, 1990. – С.220-229.
4. Патент № 6699 Україна, С21С1/02. Спосіб попереднього рафінування чавуну /Чернятевич А.Г., Сігарьов Є.М., Кравець А.М., Селищев В.М.; заявник та патентовласник Дніпродзерж. держ. техн. унів-т. – № 20041108939; заявл. 01.11.2004; опубл. 16.05.05, Бюл.№5.
5. Сигарев Е.Н. Комплексная ковшевая обработка чугуна перед кислородно-конвертерной плавкой /Сигарев Е.Н. // Теория и практика производства чугуна: труды Междунар. научно-технической конф. – Кривой Рог: КГТМК «Криворожсталь», 2004. – С.442-446.
6. Ввод в эксплуатацию и освоение установок десульфурации чугуна в конвертерных цехах ОАО «НЛМК» / И.А.Некрасов, А.И.Дагман, В.А.Лавров[и др.] // Труды 9-го конгресса сталеплавателей. – М.: ОАО «Черметинформация». – 2007. – С.562-564.
7. Разработка комплексной технологии ковшевого рафинирования чугуна с вдуванием десульфураторов через две фурмы / Е.Н.Сигарев, А.Г.Чернятевич, К.И.Чубин, А.В.Березина // Теория и практика металлургии. – 2008. – №2. – С.3-8.
8. Охотский В.Б. Химико-термический механизм растворения извести в шлаке / Охотский В.Б. // Новости науки Приднепровья. Инженерные науки. – 2008. – №1. – С.33-34.
9. Магидсон И.А. Поверхностное натяжение и адсорбция высокоизвестковых расплавов $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ / Магидсон И.А., Басов А.В., Смирнов Н.А. // Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов: тр. XIII конф, Екатеринбург, 2011. – Т.3. – С.95-98.
10. Оценка серопоглотительной способности металлургических шлаков / Тогобицкая Д.Н., Пиптюк В.П., Ходотова Н.Е. [и др.] // Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов:тр. XIII конф, Екатеринбург, 2011. – Т.4. –С.106-109.
11. Волосников М.И. Исследование взаимодействия металла с синтетическими шлаками с повышенным содержанием двуокиси кремния: дисс. ... канд.техн.наук / М.И.Волосников. – Свердловск, 1974. – 179с.
12. Эллиот Д.Ф. Термохимия сталеплавленных процессов / Эллиот Д.Ф., Глейзер М., Рамакришна Р. – М.: Металлургия, 1969. – 252с.
13. Свойства жидких доменных шлаков / В.Г.Воскобойников, Н.Е.Дунаев, А.Г.Михалевич [и др.]. – М.: Металлургия, 1975. – 184с.

Поступила в редакцию 25.05.2012.

УДК 612.791

НОСОВ Д.Г., к.т.н., доцент
ПЕРЕМІТЬКО В.В., к.т.н., доцент
ГУСЯТИНСЬКА В.С., магістр

Дніпродзержинський державний технічний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАГНІТНИХ ПОЛІВ
НА КОЕФІЦІЄНТ РОЗПЛАВЛЕННЯ ДРОТУ
ПРИ ЕЛЕКТРОДУГОВОМУ НАПЛАВЛЕННІ ПІД ФЛЮСОМ (ЧАСТИНА II)**

Вступ. Встановлення оптимальних режимів дугового наплавлення під флюсом з використанням зовнішнього електромагнітного впливу для вирішення проблеми підвищення продуктивності розплавлення електродного дроту є актуальною задачею.

Постановка задачі. В роботі [1] нами визначено математичні залежності впливу

індукції магнітного поля на коефіцієнт розплавлення електродного дроту сумісно з такими параметрами наплавлення як струм наплавлення I_n , діаметр d_e та виліт електрода l_e для випадку наплавлення феромагнітним дротом на феромагнітну основу та феромагнітним дротом на немагнітну основу. Метою даної роботи є дослідження впливу зазначених параметрів електродугового наплавлення на коефіцієнт розплавлення для випадку наплавлення немагнітним дротом на феромагнітну основу та немагнітним дротом на немагнітну основу.

Результати роботи. При проведенні експериментів використовували повний факторний експеримент 2^4 . Наплавлення виконували на установці УД-209 від джерела живлення ВДУ-506 на сталеві пластини товщиною 10 мм дротами 3 та 5 мм наступних складів: сталь СтЗсп (ГОСТ 380), Сталь 08Х18Н10 (ГОСТ 7350) дротом Св-04Х19Н9 (ГОСТ 2246) під флюсом АН-26С (ГОСТ 9087).

Магнітне поле утворювали спеціальною насадкою – соленоїдом [2], навантаження на якому встановлювали у необхідних межах за допомогою лабораторного трансформатора ЛАТР-4.

Умови наплавлення, за виключенням режимів, що варіювали згідно з планом експерименту, залишали постійними та незмінними. Наплавлення виконували групами в наступній послідовності:

- 1) наплавлення феромагнітним дротом на немагнітну основу;
- 2) наплавлення немагнітним дротом на немагнітну основу.

Для зручності виконання аналізу умовне позначення коефіцієнта розплавлення α_p приймаємо з індексами, прийнятими в роботі [1]. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою математичного пакета STATISTIKA 6.0.

Розглянемо вплив індукції магнітного поля на коефіцієнт розплавлення електродного дроту та інших параметрів режиму наплавлення при поєднанні вказаних основного та присадного матеріалів.

1. Наплавлення немагнітним дротом на феромагнітну основу. При наплавленні немагнітним дротом на феромагнітну основу спостерігали лінійне збільшення коефіцієнта розплавлення у всьому діапазоні індукції магнітного поля B (рис.1, а, в, д). Однак ефект приросту коефіцієнта розплавлення менш значний, ніж був отриманий при наплавленні феромагнітними дротами на феромагнітну основу [1]. Відносний приріст α_p склав 17%. Можна зробити припущення, що при електродуговому наплавленні з впливом стороннього магнітного поля важливим, з точки зору збільшення інтенсивності розплавлення та підвищення ефективності використання теплової потужності дуги, є наявність в осередку магнітного поля, яке утворює соленоїд (електромагніт), тіла (стрижня, електрода), яке має виражені феромагнітні властивості. Причому, чим більша феромааса зосереджується у центральній частині соленоїду, тим більший ефект можна отримати від додаткового спрямованого магнітного поля.

Нахил ліній залежності коефіцієнта розплавлення електродного дроту від його діаметра при наплавленні немагнітним дротом на феромагнітну основу (рис.1, а) вказує на зворотну залежність. Тобто, збільшення діаметра електродного дроту не покращує умови розплавлення присадного феромагнітного металу, а, навпаки, незначно, але зменшує показник α_p на 0,8...2,8%. Тому наплавлення немагнітним дротом на феромагнітну основу з дією стороннього магнітного поля для отримання кращого результату бажано виконувати електродами меншого діаметру.

Математично залежність коефіцієнта розплавлення від індукції магнітного поля та діаметра електрода при наплавленні немагнітним дротом на феромагнітну основу можна виразити через наступне рівняння:

$$\alpha_{p3} = 15 + 0,0452 \cdot B - 0,0563 \cdot d_e. \quad (1)$$

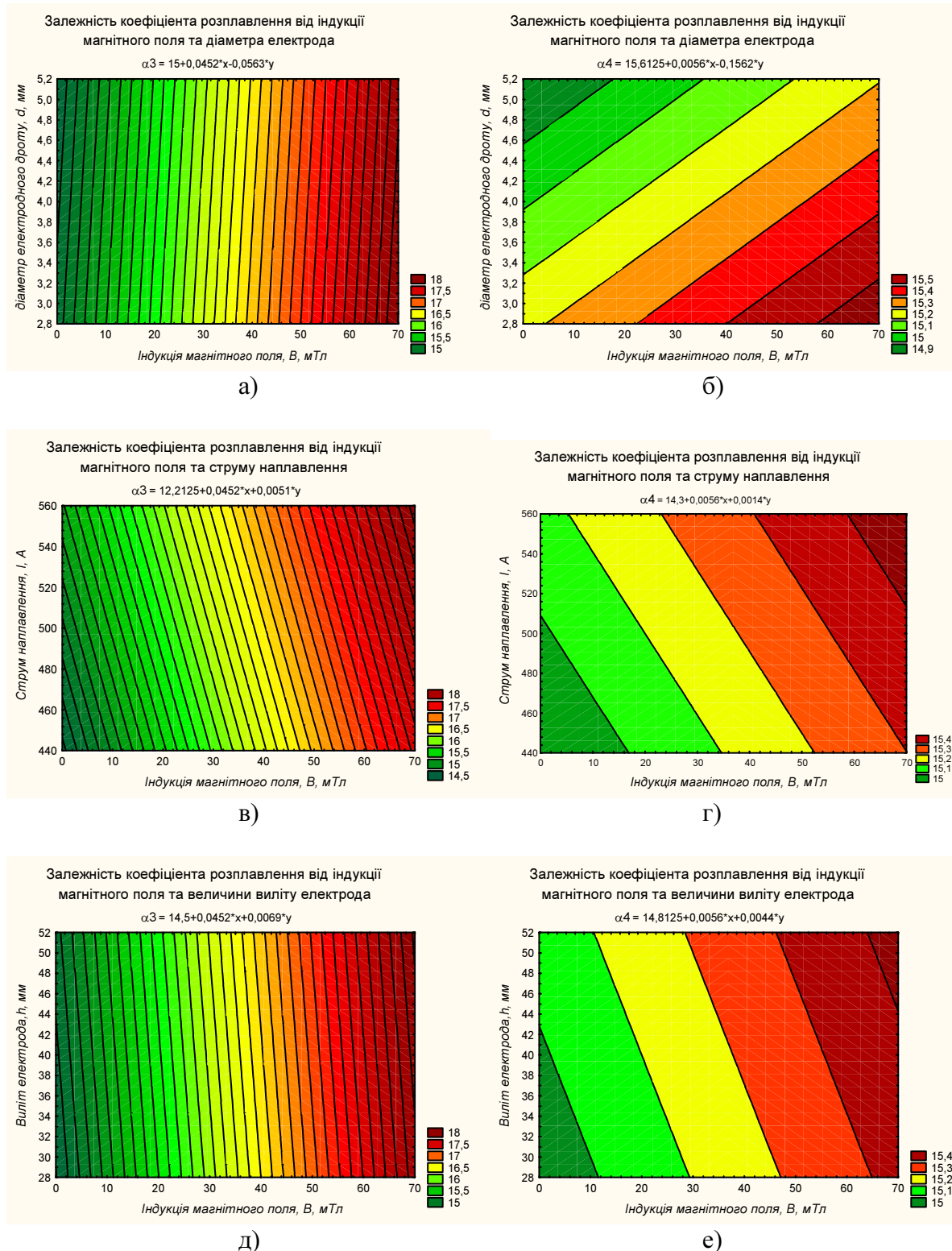


Рисунок 1 – Вплив зовнішніх магнітних полів та режимів наплавлення на коефіцієнт розплавлення при напавленні немагнітним дротом на феромагнітну основу (а, в, д) та немагнітним дротом на немагнітну основу (б, г, е)

Аналіз графіків (рис.1, в) залежності коефіцієнта розплавлення від індукції магнітного поля та струму наплавлення також вказує на лінійність цієї моделі. Вплив струму наплавлення у випадку електродугового наплавлення немагнітними дротами на феромагнітну основу більш значний, ніж вплив діаметра електродного дроту, тому збіль-

шення величини струму призводить до збільшення коефіцієнта розплавлення α_p . Однак, за інших рівних умов при наплавленні феромагнітним дротом на феромагнітну основу величини коефіцієнта розплавлення α_p залишають за собою перші місця. Тобто, якщо привести абсолютні значення коефіцієнтів розплавлення α_p при наплавленні феромагнітними та немагнітним дротами на феромагнітну основу, то отримаємо наступні показники: в першому випадку коефіцієнт розплавлення $\alpha_p = 22,8$ г/(А·год), в другому – 18,3 г/(А·год) [1].

Тобто, наявність немагнітного дроту зменшує величину приросту коефіцієнта розплавлення на 16...20%. Це може бути пов'язано із зменшенням впливу стороннього магнітного поля як на електричну дугу, так і на магнітні сили (сила Лоренца), що її рухають навколо осі електрода.

Наплавлення з дією стороннього магнітного поля немагнітним дротом на феромагнітну основу для отримання кращого результату бажано виконувати на більших з рекомендованих (або розрахованих) значеннях струму наплавлення.

Математично залежність коефіцієнта розплавлення від індукції магнітного поля та струму наплавлення при наплавленні немагнітним дротом на феромагнітну основу можна виразити через наступне рівняння:

$$\alpha_{pз} = 12,2125 + 0,0452 \cdot B + 0,0051 \cdot I_n. \quad (2)$$

Аналіз графіків (рис.1, д) залежності коефіцієнта розплавлення від індукції магнітного поля та величини вильоту електрода при наплавленні немагнітним дротом на феромагнітну основу дає підстави стверджувати, що при збільшенні індукції МП та вильоту електрода коефіцієнт розплавлення α_p збільшується. Тобто, в цьому випадку для отримання кращого результату бажано призначати режими наплавлення, в яких враховано збільшений виліт електродного дроту.

Математично залежність коефіцієнта розплавлення від індукції магнітного поля та вильоту електродного дроту при наплавленні немагнітним дротом на феромагнітну основу можна виразити через наступне рівняння:

$$\alpha_{pз} = 14,5 + 0,0452 \cdot B + 0,0069 \cdot l_e. \quad (3)$$

Таким чином, при наплавленні немагнітним дротом на феромагнітну основу спостерігали збільшення коефіцієнта розплавлення у всьому діапазоні індукції магнітного поля B . Відносний приріст α_p при цьому склав 17%. Для отримання кращого результату наплавлення бажано виконувати на максимальному струмі, який забезпечує якісне формування валика, при збільшеному вильоті електродного дроту меншого діаметра.

Оптимальними за таких умов режимами наплавлення можна вважати наступні: струм наплавлення $I_n = 450...550$ А, діаметр електрода $d_e = 3$ мм, виліт електрода $l_e = 45...55$ мм при індукції магнітного поля $B = 50...75$ мТл.

2. Наплавлення немагнітним дротом на немагнітну основу. Найменше на коефіцієнт наплавлення впливає магнітне поле при наплавленні немагнітним дротом на немагнітну основу. При цьому також відслідковується лінійне збільшення коефіцієнта розплавлення у всьому діапазоні індукції магнітного поля B . Ефект отриманого приросту коефіцієнта розплавлення α_p склав у середньому 6,6%. Можна зробити припущення, що при електродуговому наплавленні з впливом стороннього магнітного поля не є доцільним використовувати немагнітні матеріали. Або, перефразувавши висловлення, є недоцільним використання додаткових технологій створення зовнішнього магнітного поля при електродуговому наплавленні немагнітними матеріалами на немагнітну основу.

Однак, слід зазначити, що негативного впливу зовнішніх магнітних полів при наплавленні з використанням немагнітних матеріалів також не спостерігалось. А збільшення α_p з 14,8 до 15,8 г/(А·год) є позитивним.

Нахил ліній залежності коефіцієнта розплавлення електродного дроту від його діаметра при наплавленні немагнітним дротом на немагнітну основу (рис.1, б) вказує на зворотну залежність, як і у випадку наплавлення немагнітним дротом на феромагнітну основу. Тобто, збільшення діаметра електродного дроту не покращує умови розплавлення присадного металу, а, навпаки, зменшує показник α_p у середньому на 5%. Тому при наплавленні немагнітним дротом на немагнітну основу з дією стороннього магнітного поля для отримання кращого результату наплавлення бажано виконувати електродами меншого діаметра.

Враховуючи останнє, можна припустити, що зовнішнє магнітне поле в цьому випадку у більшому ступені впливає на електричну дугу, а збільшення коефіцієнта наплавлення можливе лише при наплавленні постійним струмом. Проте, визначення математичних залежностей фізичних процесів, які протікають при наплавленні немагнітним дротом на немагнітну основу, також є актуальним. Залежність коефіцієнта розплавлення від індукції магнітного поля та діаметра електрода в цьому випадку можна виразити через наступне рівняння:

$$\alpha_{p4} = 15,6125 + 0,0056 \cdot B - 0,1562 \cdot d_e. \quad (4)$$

Аналіз графіків (рис.1, г) залежності коефіцієнта розплавлення від індукції магнітного поля та струму наплавлення також вказує на лінійність цієї моделі. Вплив струму наплавлення у випадку електродугового наплавлення немагнітними дротами на немагнітну основу незначний.

Збільшення величини струму призводить до збільшення коефіцієнта розплавлення α_p з 15,0 до 15,4 г/(А·год), що підтверджує припущення про більший вплив магнітного поля на дугу, ніж на об'єкт наплавлення та дріт.

Математично залежність коефіцієнта розплавлення від індукції магнітного поля та струму наплавлення при наплавленні немагнітними матеріалами можна виразити через наступне рівняння:

$$\alpha_{p4} = 14,3 + 0,0056 \cdot B + 0,0014 \cdot I_n. \quad (5)$$

Аналіз графіків (рис.1, е) залежності коефіцієнта розплавлення від індукції магнітного поля та величини вильоту електрода при наплавленні немагнітним дротом на немагнітну основу дає підстави стверджувати, що при збільшенні вильоту електрода коефіцієнт розплавлення α_p майже не збільшується. Позитивні зміни α_p фіксуються лише при збільшенні індукції МП. Тобто, в цьому випадку для отримання кращого результату бажано призначати режими наплавлення, в яких враховано більше з допустимих значень індукції магнітного поля.

Математично залежність коефіцієнта розплавлення від індукції магнітного поля та вильоту електродного дроту при наплавленні немагнітним дротом на немагнітну основу можна виразити через наступне рівняння:

$$\alpha_{p4} = 14,8125 + 0,0056 \cdot B + 0,0044 \cdot l_e. \quad (6)$$

Таким чином, при наплавленні немагнітним дротом на немагнітну основу спостерігали збільшення коефіцієнта розплавлення у всьому діапазоні індукції магнітного поля B . Максимальний відносний приріст α_p при цьому склав 5%. Для отримання кращого результату наплавлення бажано виконувати електродами меншого діаметра (або порошковим дротом) на нормальному вильоті та струмі наплавлення, який забезпечує якісне формування валика.

Оптимальними за таких умов режимами наплавлення можна вважати наступні: струм наплавлення $I_n = 430...540$ А, діаметр електрода $d_e = 3$ мм, виліт електрода $l_e = 35...40$ мм при індукції магнітного поля $B = 50...75$ мТл.

Висновки. Наплавлення з дією стороннього магнітного поля немагнітним дротом на феромагнітну основу для підвищення ефективності розплавлення електродного дроту бажано виконувати:

- електродами меншого діаметра;
- на більших з рекомендованих (або розрахованих) значеннях струму наплавлення;
- при збільшеному вильоті електродного дроту.

Наплавлення немагнітним дротом на немагнітну основу з дією стороннього магнітного поля для отримання кращого результату бажано виконувати:

- електродами меншого діаметра;
- на нормальному вильоті та струмі наплавлення, який забезпечує якісне формування валика.

Встановлено, що при напавленні немагнітним дротом на немагнітну основу при збільшенні вильоту електрода коефіцієнт розплавлення α_p майже не збільшується.

Отримані нами експериментальним шляхом дані не суперечать науково-теоретичним здобуткам видатних дослідників магнітних полів в галузі зварювання професорів А.Д.Размишляєва, Р.М.Рижова, В.Д.Кузнецова.

ЛІТЕРАТУРА

1. Носов Д.Г. Дослідження впливу магнітних полів на коефіцієнт розплавлення дроту при електродуговому напавленні під флюсом (частина I) / Д.Г.Носов, В.В.Перемітько // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету: (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2012. – С.40-45.
2. Носов Д.Г. Про використання магнітних полів для керування формоутворенням валиків при дуговому зварюванні та напавленні / Д.Г.Носов, В.В.Перемітько // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету: (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2006. – С.60-63.
3. Размышляев А.Д. Магнитное управление валиков и швов при дуговой наплавке и сврке / Размышляев А.Д. – Мариуполь: Изд-во ПГТУ, 2009. – 242с.
4. Рыжов Р.М. Выбор оптимальных параметров внешнего электромагнитного воздействия при дуговых способах сварки / Р.М.Рыжов, В.Д.Кузнецов // Автоматическая сварка. – 2005. – №6. – С.59-61.

Надійшла до редколегії 04.06.2012.