

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИЯВЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАНОМОДИФІКУВАННЯ ЧАВУНУ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ

Захаров А.В., аспірант,

Рибалко І.М., д.т.н., доц.,

Тіхонов О.В., к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

В роботі розглянуто можливості модифікування чавуну з добавками наноматеріалів, що мають вуглецеві наноструктури. З огляду на нові уявлення про будову розплаву чавуну можливе якісне наномодифікування, де головним є управління структурним станом розплаву і на цій основі управління процесом утворення додаткових центрів кристалізації. Продукція з чавуну, сталі та феросплавів знаходить застосування практично в усіх галузях промисловості. Будучи базою для розвитку машинобудування, металообробки та сільського господарства. Для забезпечення якості цих виробів необхідне структурне управління розплавами чавуну, яке може здійснюватися різними способами. Одним із найпоширеніших способів керувати процесом структуроутворення для забезпечення необхідних властивостей є процес електрошлакового наплавлення [1].

В останні десятиліття актуальними стають дослідження процесів структуроутворення та зміни властивостей чавунів при введенні наномодифікуючих добавок. Як ефективні нанодобавки підвищений інтерес викликають вуглецеві наноструктури, внаслідок унікальності їхніх властивостей і відповідної можливості ефективного використання на практиці. Наноструктурні вуглецеві добавки в якості модифікаторів чавуну цікаві ще й тим, що з'явилися нові уявлення про будову чавуну, де розплав розглядають із вмістом вуглецевих наноконкомплексів, фулереноподібних структур. Згідно зі структурною ієрархією вуглецевих структур [2], процес кристалізації пластинчастого і кулястого графіту чавунів супроводжується утворенням фулеренів, кластерів, ендоедралів, наночастинок, фрактальних агрегатів, кристалів графіту. Грунтуючись на цьому, в роботі дається опис про можливість застосування нових видів модифікування з добавками нановуглецевих структур.

Нанотехнології активно впроваджуються в усі галузі промисловості та науки, і застосування наноструктур у відновлювальному виробництві не виняток. У роботі [3] показано вплив наноструктурних добавок з підвищеною хімічною активністю вуглецю і кремнію на фазоутворення під час затвердіння сірого чавуну за допомогою загартування з рідкого стану. Проведено дослідження ультрадисперсного модифікатора з високим вмістом вуглецю і кремнію, отримані з відходів металургійного виробництва. Результати цих досліджень щодо графітизуючої здатності модифікатора з наноструктурами показали, що його введення в розплав сірого чавуну дає змогу знизити виділення вільного фериту в мікроструктурі чавуну до 5-8% за незмінної твердості 207-217НВ, а також сприяє отриманню найсприятливішої морфології графіту (зростання більш крупних пластинок графіту однакового розміру) та рівномірнішому його розподілу за об'ємом металевої матриці. Встановлено наявність включень кулястого графіту. Збільшується вміст перліту в матриці, і показано, що введення нанодобавок впливає на морфологію графіту в чавуні.

Таке наномодифікування призвело до утворення структури графіту змішаної форми, що пояснює високий комплекс механічних властивостей після модифікування нанодобавками завдяки формуванню графіту глобулярної форми в об'ємі злитка. У роботі [4] наведено результати спектральних досліджень будови різних наноструктурованих форм вуглецю (графену, вуглецевих нанотрубок, фулеренової черні), що вводилися до складу комплексного модифікатора з метою одержання якісних чавунних виливків зі сприятливою структурою графіту та металевої матриці. Застосування таких вуглецевих наноструктур зумовлене тим, що

вуглець є найсильнішим графітизатором, який входить до складу багатьох перспективних комплексних модифікаторів. Якість таких модифікаторів пов'язують з їхньою будовою, дисперсністю, вмістом шкідливих домішок. Застосування наноструктурних матеріалів при модифікуванні (наномодифікуванні) є досить перспективним напрямком досліджень, оскільки являється доволі ефективним способом управління структурою, що набув широкого поширення внаслідок розвитку нанотехнологій. Наномодифікування є більш точним модифікуванням [4], тому що наномодифікування управляє тільки процесами зародження і зростання центрів кристалізації (графітизації) і модифікатори не беруть участі в процесах легування, розкислення, дегазації, десульфурації.

Наноструктурним модифікаторам (наномодифікаторам) привласнюються властивості поверхнево-активних елементів (ПАЕ) [5]. Так, у роботі [6] обґрунтовано доцільність застосування наноструктурованих вуглецевих матеріалів (графену та фулерену) в якості ефективної добавки як модифікатора чавунів. Експериментальні результати з отримання якісних чавунних виливків з нановуглецевими добавками в присутності комплексного модифікатора підтверджують поліпшення структурних і триботехнічних характеристик чавуну. Показано перспективність використання фулерену, як порівняно дешевого побічного продукту фулеренової нанотехнології, що має поліпшені трибологічні властивості. Механізм графітизації модифікованого фулереновими добавками сірого чавуну розкривається на основі наявних та отриманих результатів досліджень в галузі наномодифікування. Багато досліджень вітчизняних та закордонних учених показують, що за допомогою наномодифікування можна розв'язувати такі задачі, як модифікування різних чавунів під час виготовлення виливків, одержання дешевого шихтового матеріалу та поліметалевого феросплаву, а також створення малоенергомісткої технології виплавки ковкого чавуну [7].

Тому, сучасні тенденції розвитку способів модифікування чавунів повинні бути пов'язані з розробкою ефективних раціональних складів модифікаторів, які могли б забезпечити оптимальні структури виливків, а також технологічність обробки, яка передбачає простоту введення модифікатора в розплав, безпеку й економічність процесу модифікування.

Донедавна було відомо, що вуглець у чавуні міститься у вільному стані, у вигляді хімічної сполуки (карбіду), і в твердому розчині. Однак дослідження багатьох учених показують, що вуглець може перебувати в різних модифікаціях, зокрема й у рідкому розплаві чавуну [9-10]. Останні досягнення в галузі вуглецевих сполук пов'язують із тим, що в залізовуглецевих сплавах можливе утворення вільного вуглецю у вигляді фулеренів, і глобул.

У дослідженнях різних учених і практиків різноманіття вуглецевих форм об'єднується їхньою фулереновою будовою. Виходячи із сучасних уявлень про фулеренову природу чавунів, по-новому оцінюється вплив модифікування на структуроутворення в графітизованих чавунах. З огляду на присутність наноструктур у розплаві, можна сказати, що вуглецеві наночастинки виступають концентрованими джерелами атомів вуглецю, що являють собою гомогенні центри кристалізації графіту, а також адсорбуючись на поверхні неметалевих включень під час кристалізації, роблять ці включення активними гетерогенними центрами графітизації. Вплив на структуру розплаву фулеренів у процесі модифікування призводить до утворення ендоедральних наносполук, що змінюють характер кристалізації. Таке модифікування відносять до наномодифікування.

Існування фулеренів у структурі чавунів і сталей дає по-новому уявлення про роль вуглецю в формуванні залізовуглецевих сплавів. Наноструктурний вуглець структури має істотний вплив на фізико-механічні властивості сталі та чавунів, за рахунок своєї участі в структурних і фазових перетвореннях. Водночас присутні в розплаві фулерени можуть бути центрами кристалізації графіту в чавунах на молекулярному рівні. В рамках термодинамічної моделі квазірівноважних систем було висловлено припущення, що ними мають бути поліедальні ідеальні структури, що нагадують фулерени [9-10]. З вищевикладеного випливає, що методи модифікування чавунів з використанням принципово нових підходів, що враховують наявність фулеренів у залізовуглецевих розплавах, досить активно розвиваються. На відміну від традиційного модифікування, в основі якого лежить створення додаткових

центрів кристалізації, у наномодифікуванні головним є управління структурним станом розплаву і на цій основі управління процесом утворення додаткових центрів кристалізації.

Тому, можна сказати, що наномодифікування чавуну з добавками вуглецевих наноструктур відбувається за рахунок вибіркового впливу на фулеренові комплекси і вуглецеві наночастинки, що містяться в залізювуглецевому розплаві. При цьому зберігається традиційна технологія введення модифікатора, що застосовується в ливарному виробництві. І вуглецеві наноструктури (у вигляді графену, вуглецевих нанотрубок, фулеренів, фулеренового чорнила і сажі), які використовуються як добавки під час модифікування, можуть стати привабливими для промислового освоєння, бо забезпечують поліпшення властивостей, не потребуючи водночас зміни технологічної лінії під час відновлення виробів.

Для електрошлакового наплавлення також необхідне використання флюсу з високим вмістом флюоритів кальцію (CaF), що забезпечують хорошу провідність флюсу за високих температур. Продуктивність процесу ЕШН істотно вища, ніж у дугового наплавлення, і досягає при використанні стрічки перетином 0,5x70 мм до 30 кг/год, а частка участі основного металу в наплавленому шарі становить 7...10%. Під час електрошлакового наплавлення одинарним стрічковим електродом перетином 0,5x70 мм і більше застосовується зовнішнє магнітне керування. Це покращує якість формування зовнішньої поверхні відновлюваної деталі, унеможливує появу підрізів, подрібнює структуру металу, що наплавляється, завдяки активнішому, ніж під час дугового наплавлення, перемішуванню рідкої ванни і, тим самим, зміні умов її кристалізації.

Додатково слід зазначити, що більш повільне охолодження наплавленого металу під час електрошлакового процесу покращує дегазацію і збільшує опір пороутворенню. Оксиди легше залишають ванну розплаву і переходять у шлак. Зовнішній плакований шар виходить чистіший з металургійної точки зору і менш чутливий до утворення гарячих тріщин і корозії.

Таким чином, застосування електрошлакового наплавлення дає змогу істотно зменшити трудовитрати завдяки підвищенню продуктивності процесу в 1,5-2,5 рази та знизити витрату дорогих зварювальних матеріалів у 2 рази без зниження експлуатаційної надійності виробів, що наплавляються.

Список використаних джерел.

1. Кусков Ю., Лебедєв В., Жданов В. Удосконалення електрошлакового наплавлення хромистих чавунів. Технічні науки та технології. 2022. №2 (28). С. 16-21.
2. Кусков Ю.М. Вплив розміру наплавочного дробу та технологічних параметрів електрошлакового наплавлення на структуроутворення наплавленого високохромистого чавуну. Електromеталургія. – 2021. – №7. – С. 12-18.
3. Кондратьєв В.В., Мехнін О.О., Іванов М.О. Дослідження і розробка рецептури наномодифікованого чавуну для ніпелів анодів алюмінієвих електролізерів // Металург. - 2012 - №1. - С. 65-67.
4. Ускенбаєва А.М., Шамельханова Н.А., Волочко О.Т. Спектральні дослідження вуглецевих наноструктур, що використовуються в якості модифікаторів чавунів. // Комплексне використання мінеральної сировини. Алмати. 2016. – №1. – С. 54-57.
5. Шамельханова Н.А., Ускенбаєва А.М., Волочко А.Т., Королєв С.П. Вивчення ролі добавки фулеренового чорнила під час модифікації ковкого чавуну. // Форум матеріалознавства. Швейцарія. 2017. - Vol. 891. – Р. 227-230.
6. Ускенбаєва А.М., Волочко А.Т., Шамельханова Н.А., Корольов С.П., Шегідевич А.А. Вплив нановуглецевих добавок на графітизацію і трибологічні властивості сірого чавуну. // Металург. - 2016. - №2. - С. 59- 61.
7. Жуков А.А. Про форми існування вуглецю в чавунах // МіТОМ. - 1992.
8. Кімстач Г.М., Уртаєв А.А., Молодцова Т.Д. Про існування карбиду в структурі аустенітного чавуну // МіТОМ. 1991.- №2 С. 17-18. Закирнична М.М. Фулеренна модель структури залізо-вуглецевих сплавів. - № 11. - С. 32.
9. Avdeev M. V. Structural features of molecular-colloidal solutions of C60 fullerenes in

water by smallangle neutron scattering / M. V. Avdeev, A. A. Khokhryakov, T. V. Tropin // *Langmuir*. – 2004. – Vol. 20. – P. 4363-4368.

10. Weiner H. L. A shift from adaptive to innate immunity: A potential mechanism of disease progression in multiple sclerosis // *J. Neurology*. – 2008. – Vol. 255, Suppl. 1. – P. 3-11