

28 04 2024 802

ВІДЗИВ

офіційного опонента к.т.н., доц. Сливінського О. А.
на дисертаційну роботу Дученко Анни Миколаївни
«Флюси з низьким вмістом шкідливих домішок та обмеженою
окислювальною здатністю для зварювання і наплавлення
низьколегованих сталей»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.03.06 – Зварювання та спорідненні процеси і технології

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів та висновків.
Загальний обсяг роботи становить 206 сторінок, включаючи 45 рисунків та 39
таблиць, список посилань зі 108 найменувань на 11 сторінках та 4 додатки.

Актуальність обраної теми дисертації.

Тенденції розвитку сучасних конструкційних, трубних та будівельних сталей підвищеної міцності обумовлюють їх мікролегування спеціальними карбідоутворювачами (Nb, V, Ti) та бором, із одночасним зменшенням вмісту вуглецю, а також застосуванням технологій термо-механічного зміцнення прокату. Крім того, впровадження ефективних технологій позапічної обробки та рафінування при виплавці зазначених сталей дозволяє мінімізувати вміст у них шкідливих домішок та газів.

Зважаючи на це існує нагальна потреба у розробці нових флюсів для зварювання та наплавлення, що забезпечували б відповідну основному металу чистоту зварних швів та наплавлених шарів стосовно вмісту шкідливих домішок – сірки, фосфору, а також газів – азоту й водню. Крім того, для попередження вигорання в процесі зварювання легувальних і мікролегувальних елементів ці зварювальні матеріали повинні мати низьку окиснювальну дію на метал зварювальної ванни і забезпечувати вміст кисню в зварному шві 0,02...0,04 %. Одночасно із цим існує проблема погіршення стану сировини, застосовуваної у вітчизняному виробництві флюсів, через її забрудненість шкідливими домішками.

Отже, наведений в дисертаційній роботі Дученко А. М., комплекс досліджень пірометалургійних процесів в промислових флюсоплавильних печах, спрямований на зниження вмісту сірки, фосфору, водню та кисню в окисидно-фторидних шлакових розплавах та створення нових флюсів для

зварювання і наплавлення мікролегованих сталей підвищеної міцності є **свочасним, актуальним** та представляє суттєвий **науковий та практичний інтерес**.

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до планів фундаментальних досліджень у рамках таких тем: 15/16 «Розробити енергоефективні, ресурсозаощадливі технології виробництва плавлених та агломерованих флюсів з використанням відходів промислових підприємств України» (№ 0106U000936, 2006-2008 р.р.), 15/1 «Створення оксидних шлакових систем з регульованою окислювальною здатністю та розробка на їх основі нового покоління малотоксичних флюсів для зварювання низьколегованих високоміцних сталей» (№ 0109U004059, 2009-2011 р.р.), 15/8 «Розробка принципів керування структурнозалежними властивостями солеоксидних шлакових розплавів і створення нових матеріалів для дугових та електрошлакових процесів» (№ 0112U001515, 2012-2014 р.р.), 15/2 «Високотемпературні дослідження будови і фізико-хімічних властивостей оксидно-галогенідних шлакових систем і розробка малоактивних флюсів для зварювання низьколегованих високоміцних сталей та електрошлакового переплаву сталей і сплавів, що містять легкоокислювані елементи» (№ 0115U003129, 2015-2017 р.р.), 15/4 «Дослідження високотемпературних фізико-хімічних властивостей гетерогенних шлакових розплавів і створення новітніх матеріалів і процесів автоматизованого електродугового зварювання об'єктів транспортної інфраструктури» (№ 0118U000188, 2018-2020 р.р.); теми цільової програми НАН України «Фундаментальні проблеми створення матеріалів з наперед заданими властивостями, методів їх з'єднання й обробки» 15/28 «Дослідження фізико-хімічних процесів міжфазової взаємодії металу, шлаку та газу в нерівноважних умовах існування зварювальної ванни з метою створення нових матеріалів з прогнозованими металургійними і структурнозалежними властивостями» (№ 0107U002790, 2007-2011 р.р.), що підтверджує її **актуальність**.

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень і висновків, сформульованих здобувачем підтверджені результатами чисельних методів експериментальних досліджень, використаних у роботі. Термічну десорбцію водню із сировинних матеріалів і флюсів визначали хроматографічним методом. Високотемпературні експериментальні дослідження термодинамічних

властивостей шлакових розплавів виконували методом електрорушійної сили. В'язкість шлаків вимірювали ротаційним віскозиметром. Вміст газів у металі зварних швів визначали методом відновлювального плавлення в потоці інертного газу. Крім того, в роботі застосовані стандартні лабораторні методики оцінки схильності флюсів до сорбування вологи та визначення хімічного складу, мікроструктури та механічних властивостей зварних швів

Достовірність рекомендацій, положень та висновків роботи підтверджується результатами **апробації та впровадженням** результатів науково-дослідної роботи. На заміну флюсу АН-348А створено плавлений флюс АН-69 (ТУУ 24.6-05416923-096:2008), впроваджений на ДП МОУ «Київський механічний завод» при відновлювальному наплавленні зношених валів з гладкими та шліцевими шийками екскаваторів на гусеничному ході Е255, Е302, Е351, Е652, Е801 та Е10011. На основі розроблених рекомендацій ведення процесу плавлення зварювальних флюсів методом дуплекс-процесу на ПрАТ «Запоріжсклофлюс» розроблена і затверджена зміна № 4 до ТУ 05416923.049-99 «Флюси зварювальні плавлені».

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше визначено термодинамічну ймовірність перебігу хімічних реакцій в промислових печах по виготовленню зварювальних флюсів із врахуванням теплосмості вихідних речовин і продуктів реакцій. Встановлено, що роздільне введення компонентів шихти, зокрема оксиду кремнію, окремо від іншої маси шихти, запобігає утворенню комплексних сполук у шлаковому розплаві, що перешкоджають видаленню фосфору.

Вперше створено термодинамічні моделі десульфурзації і дефосфорації шлакового розплаву стосовно процесів виготовлення зварювальних флюсів в промислових печах. Отримана залежність парціального тиску діоксиду сірки, коефіцієнти якої визначаються початковими мольними концентраціями компонентів шихти. Збільшення парціального тиску діоксиду сірки в шлаковому розплаві відповідає зменшенню вмісту сірки у флюсі і, відповідно, в наплавленому металі при його застосуванні при зварюванні.

Вперше встановлено, що при зварюванні під флюсами, виготовленими методом дуплекс-процесу, вміст дифузійного водню в наплавленому металі нижче приблизно на 30% у порівнянні із флюсами, виготовленими в

газополуменевій печі. Термічна десорбція водню із флюсів, виготовлених методом дуплекс-процесу, відбувається переважно при температурах до 600 °С. На основі розробленої методики вперше встановлено, що при багатодуговому зварюванні вміст дифузійного водню в наплавленому металі вище приблизно на 40 % у порівнянні із однодуговим процесом.

Досліджено зміну термодинамічної активності іонів кисню в шлакових розплавах при введенні в них розкислювачів. Вперше встановлено, що в залежності від типу розкислювача і складу шлакового розплаву тривалість часу, при якій термодинамічна активність іонів кисню в розплаві знаходиться на мінімумі, змінюється від 10 до 160 с. При цьому присутність феросиліцію в розплаві забезпечує найбільш тривалу за часом дію мінімізацію активності іонів кисню.

Практичне значення дисертаційної роботи.

Експериментальні й теоретичні дослідження перебігу пірометалургійних реакцій в промислових флюсоплавильних печах, термодинамічної активності компонентів шлакових розплавів, а також процесів термічної десорбції з них водню на основі запропонованих в дисертаційній роботі методик дозволяють істотно знизити кількість складних металургійних експериментів, скоротити час і витрати на розробку нових флюсів для зварювання.

Розроблено рекомендації щодо рафінування шлакового розплаву від шкідливих домішок в процесі плавлення у флюсоплавильних печах. При цьому вміст сірки знижується до 4 разів, фосфору до 2,6 разів. Це дозволяє знизити залежність флюсового виробництва від якості сировинної бази, використовувати у виробництві флюсів низькосортні руди та відходи промислових підприємств України, що значно знижує собівартість виробництва флюсу при забезпеченні його високої якості.

Розроблені рекомендації стосовно режимів плавки методом дуплекс-процесу, при яких досягається обмежений вміст водню у плавлених флюсах.

Запропоновано технологію виготовлення плавлених і агломерованих флюсів, при застосуванні яких досягається вміст в металі швів сірки – до 0,005 %, фосфору – до 0,05 %, кисню – до 0,026% та дифузійного водню – до 2,6 см³/100 г.

Крім наведених вище впроваджень результатів роботи у виробництво розроблено агломерований флюс марки АНК-43, призначений для зварювання конструкцій із вуглецевих і низьколегованих сталей категорії міцності до Х80 включно, в тому числі для багатодугового зварювання труб. Також розроблено агломерований флюс марки АНКС-28А, який у поєднанні із дротом Св-10НМА рекомендовано до застосування при виготовленні мостових конструкцій зі сталі 06ГБД при температурі експлуатації до -40 °С.

Отримані автором результати корисно та доцільно використовувати у навчальному процесі ЗВО при викладанні курсів «Теорія процесів зварювання», «Технології та устаткування зварювання плавленням», «Зварювальні матеріали», «Зварювання високоміцних сталей».

Повнота викладу основних результатів роботи в наукових фахових виданнях. За темою дисертаційної роботи опубліковано 24 наукові праці, у тому числі 10 статей у фахових виданнях, що рецензуються, з яких 2 роботи оприлюднені в періодичних наукових виданнях держав, які входять до Організації економічного співробітництва та розвитку та/або Європейського Союзу та у виданнях України, що внесені до реєстру міжнародних наукометричних баз даних, 14 в інших журналах, збірниках наукових праць і матеріалах міжнародних конференцій.

Висновки дисертації відображають найважливіші наукові та практичні результати роботи. Їх сформульовано коректно та логічно, відповідно до змісту дисертації. **Зміст дисертації і автореферату ідентичний.** Автореферат дисертації достатньо повно висвітлює результати, наведені в самій дисертаційній роботі.

У цілому дисертацію оформлено ретельно і грамотно, побудовано логічно і зрозуміло, але є деякі зауваження і коментарі.

Зауваження та коментарі по дисертації

1. В структурі дисертаційної роботи бракує розділу «Методика та матеріали». Частина дослідних методик описано безпосередньо в тексті окремих розділів, а методики вимірювання активності кисню та в'язкості розплавлених флюсів винесено в Додаток 3. Це дещо ускладнює сприйняття інформації.

2. Представлені на рис. 2.8 (стор. 54) температурні залежності приростів ізобарного потенціалу охоплюють реакції утворення комплексних оксидних сполук. Варто було б навести посилання на джерело даних про характеристичні термодинамічні функції продуктів цих реакцій в стандартних термодинамічних умовах, які були застосовані для розрахунків за методом Уліха.
3. На стор. 67 стверджується, що «одним із шляхів зменшення вмісту сірки та фосфору у флюсі може бути заміна оксиду кальцію на оксид магнію». Однак за даними табл. 2.1, 2.3 (стор. 64) та рис. 2.12 (стор. 65) впливає зворотне. А наведений в табл. 2.5 (стор. 68) хімічний склад партій флюсу АН-69 вказує на наявність в ньому карбонатів кальцію та магнію, а не оксидів.
4. Там же, на стор. 67 зазначено, що «заміна оксиду кремнію на оксид титану... повинна знизити комплексоутворення і... покращити умови для видалення із шлакового розплаву фосфору». Не зрозуміло, на яких саме дослідях базується це твердження.
5. У висновках до розділу 2 (стор. 70) зазначено, що необхідне для десульфатції шлакового розплаву створювання окислювальних умов досягається «введенням вищих оксидів змінної валентності». Не зрозуміло, які саме оксиди, окрім запропонованого в роботі оксиду MnO_2 , маються на увазі.
6. У висновках до розд. 5, на стор. 146 стверджується, що «розроблено методику відбору проб для аналізу вмісту дифузійного водню в металі шва при багатодуговому зварюванні під флюсом». В роботі варто було б навести більш детальний опис новоствореної методики із зазначенням її принципових особливостей.
7. Твердження про те, що «при 4-х або 5-ти дуговому процесі ... зменшується час для видалення водню із зварювальної ванни» носить декларативний характер. Адже в роботі порівняно лише 1- та 3-х дугове зварювання і досліджень часу існування зварювальної ванни для різних варіантів багатодугових процесів не проводилось.

Однак відзначені недоліки та зауваження не зменшують загального високого рівня роботи та цінності отриманих результатів.

Дисертація відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів МОН України. Назва та зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.03.06 – Зварювання та споріднені процеси і технології, як за формулою спеціальності, так і за напрямками досліджень.

Дисертація Дученко Анни Миколаївни «Флюси з низьким вмістом шкідливих домішок та обмеженою окислювальною здатністю для зварювання і наплавлення низьколегованих сталей» являє собою закінчену науково-дослідну роботу, яка містить нове рішення актуальної науково-технічної задачі зі створення нових флюсів для зварювання і наплавлення, що забезпечують підвищення якості металу зварних швів зі сталей підвищеної міцності за рахунок обмеження вмісту шкідливих домішок, водню та кисню й, за актуальністю теми, науковою та практичною цінністю, відповідає вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» щодо кандидатських дисертацій, а її авторка, Дученко А. М., заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – «Зварювання та споріднені процеси і технології».

Офіційний опонент,
доцент кафедри зварювального виробництва
КПІ ім. Ігоря Сікорського,
канд. техн. наук, доц.

О.А. Сливінський

Підпис
Сливінського О. А. засвідчую:
Вчений секретар
КПІ ім. Ігоря Сікорського



В. В. Холявко