

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Дергач Тетяни Олександрівни
“ТЕОРЕТИЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ КЕРУВАННЯ
СТРУКТУРОЮ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ТРУБ З
НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ І ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ”,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство

Актуальність теми дисертації.

Експлуатація металоконструкцій та обладнання в нафтогазовидобувній, хімічній, переробній та інших галузях промисловості пов'язана з використанням високоагресивних середовищ, що приводить до пришвидшеного виходу їх з ладу внаслідок корозії та корозійно-механічного руйнування. Це веде до значних економічних збитків та дуже часто до екологічних катастроф. До основних напрямків запобігання корозії відносяться нанесення захисних покриттів і розроблення марок сталей з підвищеною корозійною тривкістю. Одним із перспективних шляхів підвищення якості продукції зі сталей і сплавів є знаходження взаємозв'язку між будовою границь зерен та фізико-хімічними властивостями металів. Розвиток теорії процесів структуроутворення із використанням концепції ґраток співпадаючих вузлів, принципу зернограничного конструювання із врахуванням впливу енергії границь зерен на опірність сталей до локальної корозії та розроблення сучасної технології виготовлення труб та інших видів металопродукату, які експлуатуються в агресивних середовищах, є важливим науково технічним завданням. Отже, дисертаційна робота Дергач Т.О., яка полягає у вирішенні науково-практичної проблеми підвищення корозійної тривкості та експлуатаційної надійності виробів з низьколегованих і високолегованих сталей шляхом вдосконалення структури при деформаційних і температурних обробках є актуальною і відповідає пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки України до 2020 р. в частині нові речовини і матеріали.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертацію виконано на кафедрі матеріалознавства та обробки металів державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», згідно з тематичними планами наукових досліджень в рамках держбюджетних НДР Міністерства освіти і науки України: «Теоретичні основи отримання наноструктурованих елементів та їх вплив на комплекс властивостей будівельних сталей», 2013-2015 рр. (№ ДР 0113U000127) і «Теоретично-експериментальне дослідження механізмів впливу нанорозмірних

Вас. № 37 - 05/08
1. 03. 2018

параметрів структури на закономірності руйнування низьковуглецевих мікролегованих сталей, 2016-2018 рр. (№ ДР 0116U000219), а також в рамках держбюджетних науково-дослідних тем Міністерства промислової політики України: «Розроблення нових матеріалів та інноваційних технологій виробництва труб підвищеної корозійної стійкості й експлуатаційної надійності для паливно-енергетичного комплексу», 2010-2012 рр. (№ ДР 0108U009910) і «Розроблення технології термічного оброблення труб з корозійностійких сталей для підвищення їх експлуатаційної надійності», 2011-2012 р. (№ ДР 0111U008712) та низки госпдоговірних науково-дослідних робіт.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації та їх достовірність.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень дисертаційної роботи Дергач Т.О. забезпечується великим обсягом експериментального матеріалу та глибоким і багатостороннім аналізом літературних джерел, які охоплюють сучасні уявлення про будову границь зерен, а також позитивними експлуатаційними випробуваннями виготовлених за розробленими технологіями дослідних партій труб.

Це підтверджується також різноплановими підходами до досягнення мети та використанням адекватних методів для вирішення поставлених завдань: металографії, електронної мікроскопії і дифракції зворотно розсіяних електронів. Корозійні та корозійно-механічні дослідження охоплювали електрохімічні та гравіметричні випробування, визначення тріщиностійкості, опірності сірководневому корозійному розтріскуванню під напруженням та воднем ініційованого розтріскуванню, що дало можливість всесторонньо оцінити роботоздатність продукції з цієї сталі.

Одержані в роботі результати узгоджуються з відомими висновками інших дослідників та теоретичними основами матеріалознавства і обговорені на авторитетних наукових конференціях.

Наукова новизна отриманих в роботі результатів.

Розвинуто теорію ґраток співпадаючих вузлів для низько- та високолегованих сталей з різними структурними станами і розроблено нові та вдосконалено існуючі електроннодифракційну та металографічні методики ідентифікації та оцінювання енергетичного рівня спеціальних міжзеренних та міжфазних границь у сталях з α , γ і $\alpha+\gamma$ структурними станами. Використовуючи ці методи вперше виявлено низькоенергетичні спеціальні границі $\Sigma 3$, $\Sigma 9$ і $\Sigma 27$ в аустенітній сталі 03X17H14M3 і встановлено енергетичний рівень умовних міжфазних границь $\alpha-\gamma$ в ферито-перлітних сталях та наявність і еволюцію

границь α - α і міжфазних границь α - γ з пониженою поверхневою енергією у високолегованих феритно-аустенітних сталях.

На основі науково обґрунтованого мікрولةгування та впливу режимів температурно-деформаційної обробки на структуру і властивості гарячекатаних труб розроблено склад низьковуглецевої низьколегованої сталі 06X1-Y з регламентованим вмістом і співвідношенням легувальних компонентів, яка характеризується дрібнозернистою ферито-перлітною структурою з підвищеним вмістом спеціальних низькоенергетичних міжзеренних границь, що забезпечує її високі механічні властивості, корозійну тривкість та опір корозійному розтріскуванню в сірководневих середовищах. Показано, що в хлоридно-ацетатному розчині швидкість корозії цієї сталі може з часом знижуватися, що пов'язано з формуванням щільнішої плівки з продуктів корозії з підвищеним вмістом хрому.

Вперше ідентифіковано спеціальні границі зерен з пониженою поверхневою енергією в аустенітній, феритній фазах та між ними у аустенітних та феритно-аустенітних сталях, встановлено їх перетворення за деформаційних та температурних обробок. Розвинуто теоретичні основи технологій виробництва труб з цих сталей, які включають підвищення ступеню холодної деформації заготовок і наступний високотемпературний відпал з пришвидшеним охолодженням та додатковий відпал з гартуванням, що приводить до збільшення вмісту спеціальних границь типу $\Sigma 3^n$ на міжзеренних та між фазних межах та забезпечує відсутність надлишкових фаз на них і відповідно сприяє підвищенню опірності до міжкристалітної та пітингової корозії, корозійного розтріскування в киплячому магнію хлориді та сірководневому розчині NACE.

Розвинуто теоретичне підґрунтя впливу легуючих елементів – вуглецю, бору та азоту, що схильні до сегрегації на границях зерен у вигляді різних сполук. Показано, що утворення карбідів та боридів на основі хрому та молібдену спостерігається переважно на великокутових границях зерен і відсутність їх на когерентних спеціальних границях. Обґрунтовано гранично допустимий вміст цих легуючих елементів в нержавких сталях з врахуванням синергізму, який забезпечує їх високу стійкість до міжкристалітної корозії. Встановлено, що за випробування хромонікелевих та хромонікельмолібденових сталей міжкристалітна корозія в сильноокиснювальних середовищах протікає внаслідок розчинення карбідів хрому і молібдену по границях зерен, а в слабоокиснювальних – по приграничних ділянках зерна, що контактують з ними. Розвинуто теоретичні основи технології виготовлення труб з високолегованих аустенітних сталей з домішками бору, яка включає інтенсивну холодну деформацію при прокатці труб на готовий розмір і відпали з

гартуваннями та забезпечує утворення структури з високим вмістом спеціальних границь (~70%) і відсутністю виділень боридів та карбоборидів на межах зерен, що забезпечує низьку їх схильність до локальної корозії.

Практична цінність отриманих результатів

Розроблено інноваційну енергозберігаючу технологію виробництва нафтогазопровідних труб зі сталі 06X1-У підвищеної корозійної тривкості та експлуатаційної надійності, яку впроваджено на ЗАТ “Нікопольський завод сталевих труб “ЮТіСТ”. Розроблено промислові ТУ на трубну заготовку та на нафтогазопровідні труби зі сталі 06X1-У. Труби зі сталі 06X1-У пройшли дослідно-промислово перевірку на підприємствах ВАТ “Укрнафта”.

Розроблені інноваційні технології виробництва труб з високолегованих аустенітних і феритно-аустенітних сталей, які забезпечують високу стійкість до локальних видів корозії, впроваджено на ПрАТ “СЕНТРАВІС ПРОДАКШН ЮКРЕЙН”.

Розроблено і впроваджено в Україні ДСТУ EN ISO 3651-1:2005 і ДСТУ EN ISO 3651-2:2005 «Сталі та сплави корозійнотривкі. Визначення тривкості до міжкристалітної корозії», гармонізовані з зарубіжними і міжнародними стандартами, що сприяє адаптації вітчизняної продукції на світовому ринку.

Впровадження результатів, одержаних при виконанні дисертаційної роботи, підтверджується відповідними документами, що представлені у 13 додатках.

Повнота викладення результатів роботи у наукових працях.

Основний зміст дисертації Дергач Т.О. викладено в 47 наукових працях, в тому числі 1 монографія, 4 статті у зарубіжних виданнях, 14 статей в журналах, включених до міжнародних наукомеричних баз даних, 16 у фахових виданнях, що відповідають переліку ДАК МОН України, 5 статей і тез доповідей науково-практичних конференцій, 7 патентів. Опубліковані роботи повністю відображають зміст дисертації.

Мова та стиль дисертації

Дисертація написана державною мовою, загалом грамотно, легко сприймається. Виклад матеріалу в роботі має логічну послідовність, науково грамотний, розділи взаємопов'язані та цілком розкривають поставлену мету. Тема і зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство.

Недоліки та зауваження до дисертації:

1. У другому розділі не розкрито методику колориметричних досліджень

продуктів корозії на сталі 06X1-У, а у четвертому розділі не пояснено причину зростання в них вмісту хрому.

2. При описі методики пришвидшеного оцінювання стійкості сталей проти міжкристалітної корозії не достатньо обґрунтовано режими і критерії потенціостатичних випробувань: $E \approx +0,35 \text{ В}$, $t = 30 \text{ хв.}$ та $\lg I_a \leq 1 \cdot 10^{-4} \text{ А/см}^2$.

3. Згідно стандарту NACE TM 0177 розчин NACE повинен мати рН на початку випробувань 2,6...2,8 і не перевищувати 4,0, а в дисертації вказано рН 4,8.

4. На стор. 112 дисертації вказано, що у якості критерію стійкості проти пітингової корозії прийнято температурну границю пітингостійкості з посиланням на ГОСТ 9.912-89, в якому цей критерій не зазначено. Згідно цього ГОСТу хімічний метод визначення пітингостійкості сталей проводять за $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$, а не як зазначено за $20 \dots 70^\circ\text{C}$.

5. На стор. 113 зазначено, що на ПрАт "СПЮ" впроваджено розроблену методику стійкості проти корозійного розтріскування на С-подібних зразках. Не вказано чим ця методика відрізняється від методу С згідно NACE TM 0177.

6. Твердження про схильність сталі 06X1-У до пасивації у високомінералізованій пластовій воді не підтверджене відповідними електрохімічними дослідженнями і не цілком точне, тому що пасивація легованих сталей має місце лише при досягненні при легуванні хромом $\sim 12,5\%$. Тут можна говорити лише про зниження швидкості корозії внаслідок зміни щільності продуктів корозії.

7. Розчин сульфатної кислоти з тіосечовиною використовують для інтенсифікації наводнювання сталей за катодної поляризації, а не для пришвидшення випробувань на опірність до сірководневого корозійного розтріскування під напруженням. За катодної поляризації не проходять процеси потенціостатичного травлення (стор. 163).

8. Не зазначено, як готували зразки з експлуатованої сталі для електрохімічних досліджень (стор. 163).

9. При обговоренні рис. 4.11 проводиться порівняння анодних струмів поляризації за однакових потенціалів, однак коректно це треба робити за однакової перенапруги.

10. За досліджень на сірководневе корозійне розтріскування визначають прогове напруження, а не критичне напруження (стор. 231).

11. $K_{\text{сcc}}$ пороговий коефіцієнт інтенсивності напружень, а не критичний; K_0 початковий коефіцієнт інтенсивності напружень, а не критичний, як зазначено в дисертації (стор. 232).

12. Замість термінів "корозійна стійкість" та "корозійне середовище" слід використовувати "корозійна тривкість" та "корозивне середовище" згідно

ДСТУ 3830-90. "Корозія металів і сплавів. Терміни та визначення основних понять".

13. До залежності швидкості корозії від часу експозиції (наприклад рис. 4.10) вживається термін "...кінетика корозії...", однак кінетику цього процесу в роботі не вивчали. Це значно ширше поняття.


14. В дисертації зустрічаються технічні помилки та деякі неточності: кальки слів з російської мови (окислювальне середовище замість окиснювальне та інші).

Дані зауваження не знижують загальної позитивної оцінки та значення дисертаційної роботи і рівня достовірності основних її результатів.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам:

Дисертаційна робота Дергач Тетяни Олександрівни "Теоретичні та технологічні основи керування структурою для підвищення корозійної стійкості труб з низьколегованих і високолегованих сталей" є завершеною науковою роботою, що виконана на належному науковому і методичному рівнях та в якій представлено нові наукові результати, які в сукупності вирішують важливу науково-практичну проблему підвищення корозійної стійкості та експлуатаційної надійності виробів з низьколегованих і високолегованих сталей, які експлуатуються в пріоритетних галузях промисловості. Автореферат повністю відображає основні положення дисертації. За актуальністю, новизною отриманих результатів, їх достовірністю та практичною значимістю робота відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами, затвердженими постановою Кабінету міністрів України від 19 серпня 2015 року № 656, а її автор Дергач Т.О. заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство.

Офіційний опонент
доктор технічних наук, професор,
завідувач відділу корозійного розтріскування металів
Фізико-механічного інституту
ім. Г. В. Карпенка НАН України


М.С. Хома

