

Висновок

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Кривчик Лілії Сергієвни

за темою «Розробка параметрів зміцнюючих технологій трубного інструмента для виробництва гарячепресованих і холоднодеформованих труб»,

поданої на здобуття наукового ступеню доктора філософії
за спеціальністю 132 - «Матеріалознавство»

Дисертаційна робота Кривчик Лілії Сергієвни присвячена створенню високопродуктивних і стійких в експлуатації інструментів для виробництва гарячопресованих і холоднодеформованих корозійностійких труб. Умови роботи цього інструменту складаються з знакозмінних навантажень, високих температур, значного тертя, інтенсивних динамічних навантажень. Проблема якості і підвищення зносостійкості трубного інструменту полягає у закономірності формування структури і властивостей на основі розробки і використання раціональних режимів термічної та хіміко-термічної обробки; нанесення зносостійких нанопокриттів і покриттів аморфних сплавів.

Актуальність роботи

Дисертаційна робота Кривчик Л.С. є актуальною, оскільки присвячена удосконаленню існуючих технологій термічної та хіміко-термічної обробки та розробці рекомендацій раціональних режимів термічної та хіміко-термічної обробки для зміцнення трубного інструменту.

Одним із основних напрямків сучасного матеріалознавства та термічної обробки є створення інструментальних матеріалів з більш високим комплексом властивостей та розробка нових зміцнювальних покриттів для ефективного застосування їх для виготовлення інструментів.

Тому розробка нових методів вже існуючих зміцнювальних технологій, що підвищують міцність, зносостійкість, в'язкість, опір крихкому

руйнуванню, витривалість та інші механічні та експлуатаційні характеристики матеріалів, безумовно, потрібна та актуальна.

Дана робота спрямована на розробку параметрів зміцнюючих технологій трубного інструменту для пресування і холодної прокатки високолегованих корозійностійких сталей, з метою покращення експлуатаційних характеристик інструменту і якості поверхні труб.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Виконання дисертаційної роботи пов'язано з тематичними планами наукових досліджень кафедри «Матеріалознавства і термічної обробки металів» Українського державного університету науки і технологій. Дослідження виконані згідно пріоритетного напрямку розвитку «Зміцнення інструменту» відповідно до Закону України №2519-17 від 12.10.2010 р. і укладених договорів (№1/К-20 від 10.05.2020 р.) між Національною металургійною академією України, підприємством ТОВ «Карбаз» (м. Суми), підприємством ТОВ «Метінсервіс Груп» (м. Нікополь) та підприємством ТОВ «ВО Оскар» (м. Нікополь і м. Дніпро), № 2/К-20 від 10.05. 2020 р. між Національною металургійною академією України, підприємством ТОВ «Метінсервіс Груп» (м. Нікополь), підприємством ТОВ «ВО Оскар» та Інститутом фізики твердого тіла, матеріалознавства і технологій ННЦ ХФТІ НАН України. , № 3/К-20 від 12.05.2020 р. між Національною металургійною академією України, підприємством ТОВ «Метінсервіс Груп» (м. Нікополь), підприємством ТОВ «ВО Оскар» та Інститутом фізики твердого тіла, матеріалознавства і технологій ННЦ ХФТІ НАН України). Автор була виконавцем вказаних робіт.

Наукова новизна отриманих результатів

Положення наукової новизни дисертації полягають у наступному:

1. Вперше для інструментальної сталі 4Х5МФ1С—встановлені особливості структуроутворення з формуванням в поверхневому шарі багат шарових мікро- і субструктурних покриттів з мікротвердістю до 23000-25000 МПа TiN, TiZrN, NbN, TiZrN/NbN, TiN/CrN після комбінованої

термічної обробки – об'ємного загартування з подвійним відпуском на вторинну твердість та поєднанням третього відпуску з іонним азотуванням у вакуумно-дуговому розряді і нанесенням багат шарових зносостійких покриттів.

Раніше такі дані для сталі 4X5MФ1С були не відомі. Це дозволило підвищити ресурс роботи трубного інструменту в 1,5-2,5 рази, у порівнянні з існуючими технологіями його виробництва.

2. Вперше встановлено для вториннотвердіючих штампових сталей 4X5MФ1С, 5X3В3МФС утворення структурно-фазового складу поверхневого шару, який включає нітридну зону з послідовно розташованими ділянками нітридів $Fe_{2-3}N$ (ϵ -фаза) і Fe_4N (γ' -фаза), під яким знаходиться підшар насиченого азотом мартенситу відпуску (α -фаза), при охолодженні якого виділяються нітриди хрому, молібдену, ванадію, вольфраму і який повільно переходить у вихідну структуру мартенситу відпуску з карбідами легуючих елементів, при проведенні комбінованої термічної обробки - об'ємного загартування з подвійним відпуском на вторинну твердість та іонного азотування при температурі 540-570⁰С у вакуумно-дуговому розряді на глибину 50-70 мкм.

Раніше ці закономірності для сталей 4X5MФ1С, 5X3В3МФС були не відомі. Це дозволило при проведенні комбінованої термічної обробки, підвищити твердість поверхневого шару інструменту до рівня 8000 – 12000 МПа та експлуатаційну стійкість інструменту у 1,5-1,7 рази.

3. Вперше для вториннотвердіючих штампових сталей 4X5MФ1С, 5X3В3МФС встановлено, що при використанні термічної обробки, яка включає об'ємне загартування з подвійним відпуском на вторинну твердість та карбонітрацію в розплаві солей ціанатів і карбонатів лужних металів та подальшого оксидування в лужному розплаві, реалізуються закономірності структуроутворення зміцненого шару, структурно-фазовий склад якого включає поверхневий карбонітридний шар ϵ - карбонітриду типу $Fe_3(NC)$, під яким послідовно розташовується зона γ^1 -фази типу $Fe_4(NC)$, що переходить у

дифузійну зону (гетерофазний шар) з α -фази (насичений азотом мартенсит відпуску) і нітридів та карбонітридів легуючих елементів, який повільно переходить до мартенситу відпуску з карбідами W, Mo, V і Cr.

Раніше такі закономірності для сталей 4X5MФ1С, 5X3В3МФС були не відомі. Це дозволило підвищити мікротвердість поверхневого шару зазначених матеріалів до рівня 9500 – 11000 МПа і забезпечило підвищення ресурсу роботи трубопресового інструменту в 1,5-2 рази.

4. Вперше для вториннотвердіючих штампових сталей 4X5MФ1С, 5X3В3МФС при використанні комбінованої термічної обробки, яка включає об'ємне загартування з подвійним відпуском на вторинну твердість та подальше нанесення плазмовим способом поверхневого шару сплаву системи Fe-Si-B, додатково легованого Ni, Cr, Mo, Co, P і C, отримано структурний стан аморфно-кристалевого шару товщиною 100-150 мкм на поверхні інструменту.

Раніше такі закономірності для сталей 4X5MФ1С, 5X3В3МФС були не відомі. Це дозволило забезпечити високу твердість поверхні інструменту ($HV_{0,1}980-1150$) та збільшити його експлуатаційну стійкість на 25-30%.

Практичне значення роботи

1. На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень запропоновано нові способи і технології комбінованих обробок з поверхневим зміцненням трубопресового інструменту та інструменту для холодної роликової прокатки корозійностійких труб з використанням сталей марок 4X5MФ1С і 5X3В3МФС і покриттів (Пат. № 143032, опубл. 10.07.2020 р., Пат. № 146692, опубл. 11.03.2021 р., Пат. № 148695, опубл. 19.02.2021 р., Пат. № 151611, опубл. 18.08.2022 р.).

2. Результати роботи пройшли дослідно-промислово апробацію на ТОВ «ВО ОСКАР» (м.Дніпро і м.Нікополь) (Акти додаються). Результати роботи впроваджені на трубних підприємствах України (ТОВ «ВО ОСКАР» і ПрАТ «Сентравіс Продакшн Юкрейн») (Акти додаються). Впровадження

запропонованих в роботі комбінованих технологій термічного зміцнення, газового і іонного азотування, карбонітрації, нанесення субструктурних зносостійких покриттів і покриттів аморфних сплавів на робочі поверхні матричних кілець, роликів, голок-оправок, опорних планок значно підвищує експлуатаційну стійкість інструменту в 1,5-2,5 рази і покращує якість внутрішньої поверхні корозійностійких труб, а також знижує собівартість виготовлення труб.

3. Сумарний економічний ефект від впровадження запропонованих технологій становить 424,5 тис. грн. Результати дисертаційної роботи впроваджені в освітній процес дисциплін « Основи теорії і практики термічної обробки металів», «Особливості технологічних процесів термічної обробки металів», «Інженерія поверхні металовиробів» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» ННІ ІПБТ УДУНТ.

Повнота викладу результатів роботи в наукових фахових виданнях

Основні результати досліджень викладено в дисертації і опубліковано у 33 роботах, які включають 1 статтю, що входить до міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS, 6 статей в наукових фахових виданнях України, 26 наукових праць в збірниках матеріалів міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Перелік робіт, в яких опубліковано основні результати дисертації

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Ivanov I.V., Mohylenets M.V., Dumenko K.A., Kryvchuk L., Khokhlova T.S., Pinchuk V.L. (2020). Article title. Journal of Engineering Sciences, Vol. 7(1), pp. E1–E5, doi:10.21272/jes.2020.7(1). e1. Публікація в журналі «Інженерних наук» (м. Суми, Технічний університет) «THE CARBONITRATION OF THE TOOL FOR THE STAINLESS STEEL PIPES PRESSING»; т.7, №2; грудень 2020 р.

2. Столбовий В.О., Могиленець М.В., Думенко К.О., Кривчик Л.С.,

Хохлова Т.С., Пінчук В.Л. Використання хіміко-термічної обробки з метою зміцнення трубного інструменту для виробництва нержавіючих труб, МГП №4, 2020. С. 52-71.

3. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Пінчук В.Л., Головачов А.М., Сребрянський Г.О., Носенко В.К., Загородній О.Б. Зміцнення трубного інструменту для холодної роликової прокатки корозійностійких труб нанесенням покриттів аморфних сплавів, Науково-технічний журнал «Вопросы атомной науки и техники» ХФТІ, №5. С. 131-138 (SCOPUS)

4. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Пінчук В.Л., Столбовий В.О., Сребрянський Г.О. Зміцнення інструменту для холодної роликової прокатки корозійностійких труб за допомогою сучасних видів хіміко-термічної обробки, Науково-технічний журнал «Металознавство та обробка металів», вип. №4, 2022 р., стор.40-47

5. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Пінчук В.Л., Дейнеко Л.М., Столбовий В.О. Зміцнення трубопресового інструменту для виробництва корозійностійких труб шляхом нанесення зносостійких нанопокриттів. Збірник наукових праць «Наносистеми, нанотехнології і наноматеріали», Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України (вип. №3, т.20, 2022 р., С.693-714)

6. Столбовий В.О., Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Пінчук В.Л., Дейнеко Л.М. Дослідження структури і властивостей штампових сталей для виготовлення трубного інструменту після проведення зміцнюючої термічної і хіміко-термічної обробки і нанесення зносостійких покриттів, МГП №2, 2021. С. 71-88.

7. Романова Н.С., Кривчик Л.С. Зміцнення трубопресового інструменту для виробництва корозійностійких труб за допомогою хіміко-термічної обробки. Побудова математичної моделі розподілу мікротвердості дифузійної зони в поверхневих шарах інструменту після різних видів хіміко-термічної обробки, Науково-технічний журнал «Металознавство та термічна обробка металів», Придніпровська державна Академія будівництва і

Матеріали, що засвідчують апробацію дисертації

1. Хохлова Т.С., Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., Карпова Т.П. Інструмент для пресування нержавіючих труб і технологія його термічної обробки // Матеріали III Міжнародної конференції «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід» (12-14 листопада 2019 р., м. Амстердам, Нідерланди). С. 252-258.

2. Хохлова Т.С., Кривчик Л.С. Використання хіміко-термічної обробки для покращення експлуатаційних властивостей трубопресового інструменту // Матеріали Всеукраїнської конференції «Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку» (18 грудня 2019 р., Національна металургійна академія України, м. Дніпро). С. 72-76

3. Хохлова Т.С., Кривчик Л.С., Сребрянський Г.О. Методи підвищення зносостійкості і експлуатаційних характеристик трубопресового інструменту // Матеріали XI Міжнародної конференції «Молоді вчені 2020 – від теорії до практики» (12 березня 2020 р., Національна металургійна академія України, м. Дніпро). С. 65-73

4. Хохлова Т.С., Кривчик Л.С., Пінчук В.Л. Шляхи термозміцнення трубопресового інструменту для виробництва нержавіючих труб // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів і молодих вчених “Молода академія 2020” (м. Дніпро, 21-22 травня 2020 р.). – Т. 1. – Дніпро, НМетАУ, 2020.

5. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., студенти НТ НМетАУ Подгібалов О., Юрков М. Методи зміцнення трубопресового інструменту // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції для творчої молоді України 26 квітня 2020 р. (м. Маріуполь)

6. Пінчук В.Л., Кривчик Л.С., Хохлова Т.С. Вибір зміцнюючої технології трубопресового інструмента для виробництва нержавіючих труб // VIII Міжнародна науково-практична конференція «Modern problems in science», Прага, Чехія, 9-12 листопада 2020 р., С. 699-707

7. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С. Використання хіміко-термічної обробки з метою покращення експлуатаційних властивостей інструмента для пресування нержавіючих труб // XI Міжнародна науково-практична інтернет конференція «Сучасний рух науки» 8-9 жовтня 2020 р., м. Дніпро. С. 347-353

8. Пінчук В.Л., Кривчик Л.С., Хохлова Т.С. Зміцнення трубопресового інструмента карбонітрацією. Переваги процесу в порівнянні з газовим азотуванням // II Всеукраїнська конференція «Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку», 18 грудня 2020 р. С. 88-97

9. Пінчук В.Л., Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Сребрянський Г.О. Зміцнення матричних кілець горизонтального трубопрофільного пресу для виробництва нержавіючих труб шляхом нанесення нанопокриттів аморфних сплавів // XII-й міжнародній конференції «Молоді вчені 2021 – від теорії до практики» (25 березня 2021 р., Національна металургійна академія України, м. Дніпро). С. 65-73

10. Пінчук В.Л., Кривчик Л.С., Хохлова Т.С. Зміцнення трубного інструменту для холодної роликової прокатки тонкостінних корозійностійких труб // XVIII Міжнародна науково-практична конференція «Research and development results », Афіни, Греція, 6-9 квітня 2021 р. С. 186-192

11. Пінчук В.Л., Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Столбовий В.О. Зміцнення інструменту для холодної роликової прокатки корозійностійких труб шляхом проведення хіміко-термічної обробки і нанесення зносостійких покриттів // XVI-а міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості і освіті» (31 травня – 03 червня 2021 р., Технічний університет м. Варна, Болгарія). С. 88-95

12. Пінчук В.Л., Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Столбовий В.О., Дейнеко Л.М. «Зміцнення трубного інструменту шляхом проведення комбінованої обробки – іонного азотування з нанесенням зносостійких покриттів» // IV Міжнародній конференції «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід» (Листопад 2021 р., м. Гельсінкі, Фінляндія)

13. Пінчук В.Л., Кривчик Л.С., Хохлова Т.С. «Шляхи зміцнення трубопресового інструменту для виробництва корозійностійких труб з метою покращення його експлуатаційних характеристик» // V Международная научно- практическая конференция THEORY AND PRACTICE OF SCIENCE: KEY ASPECTS 7-8 ноября, 2021, Рим, Италия. С. 349-371

14. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С. «Комбінована обробка трубопресового інструменту для виробництва корозійностійких труб» // I Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Механізми розвитку науково-технічного потенціалу» 11-12 листопада 2021 р., м.Дніпро. С. 144-150

15. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Дейнеко Л.М., Пінчук В.Л. «Хіміко-термічна обробка трубопресового інструменту для виробництва корозійностійких труб – ефективний сучасний засіб термозміцнення з метою покращення експлуатаційних властивостей інструменту» // IX International Scientific and Practical Conference INTERNATIONAL FORUM: PROBLEMS AND SCIENTIFIC SOLUTIONS held on February 6-8, 2022 in Melbourne, Australia. С. 583-597

16. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Дейнеко Л.М., Пінчук В.Л., Сребрянський Г.О. «Зміцнення трубопресового інструменту для виробництва корозійностійких труб шляхом нанесення покриттів зносостійких аморфних сплавів» XIII International Scientific and Practical Conference «Multidisciplinary academic research, innovation and results», 05-08 April 2022, Prague, Czech Republic. С. 736-748

17. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., Родін Д., Акчурін О., Сахно Д. «Удосконалення технології термозміцнення трубного інструменту для виробництва корозійностійких труб з метою покращення його експлуатаційних характеристик» // Всеукраїнська науково-практична конференція «Інтеграція науки, суспільства, виробництва та промисловості: проблеми та перспективи розвитку» серед педагогічних працівників та здобувачів освіти закладів фахової передвищої освіти», м. Кривий Ріг, 17-18 лютого 2022 р.

18. Кривчик Л.С. «Зміцнення трубопресового інструменту для виробництва корозійностійких труб шляхом нанесення зносостійких покриттів» // Конференція «Інформаційні технології в галузі», м. Кривий Ріг, 17.03.2022 р., ВСП «КТФК УДУНТ».

19. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Дейнеко Л.М., Пінчук В.Л. «Сучасні шляхи зміцнення трубного інструменту для виробництва корозійностійких труб» Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference SCIENTIFIC RESEARCH IN XXI CENTURY OTTAWA, CANADA 16-18.07.2022. С. 368-380

20. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Дейнеко Л.М., Пінчук В.Л., Столбовий В.О. «Зміцнення трубного інструменту для виробництва корозійностійких труб з метою покращення його механічних і трибологічних властивостей», V-а міжнародна конференція «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід» (29 листопада 2022 р.)

21. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., студенти гр. ОТ-19 ВСП «Нікопольський фаховий коледж УДУНТ» Бушева А.П., Пендюков П.Д., Харченко К.В. Науково-дослідна робота «Зміцнення трубного інструменту для виробництва гарячопресованих і холоднодеформованих корозійностійких труб» (секція – «експериментальні технології»), обласний конкурс науково-пошукових робіт здобувачів освіти «STEM - підхід до прогресивних технологій» на базі ВСП «Криворізький технічний фаховий коледж УДУНТ» (грудень 2022 р.)

22. Кривчик Л.С. « Карбонітрація – засіб зміцнення трубопресового інструменту для виробництва корозійностійких труб з метою покращення його експлуатаційних характеристик», обласна науково-методична онлайн-конференція « Інноваційні технології в галузі» на базі ВСП «Криворізький технічний фаховий коледж УДУНТ» (26 січня 2023 р.)

23. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Цеханський Д.Н., Пінчук В.Л. «Особливості виробництва труб пресуванням. Шляхи підвищення стійкості трубопресового інструменту», XIII-а Всеукраїнська конференція «Молоді

вчені 2023 – від теорії до практики» (23 березня 2023 р., м. Дніпро)

24. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., Андрусенко Л.С., студенти гр. ОТ-20 ВСП «Нікопольський фаховий коледж УДУНТ» Запаснюк В., Шевченко Р. Науково-дослідна робота «Удосконалення технології термічної обробки голки трубопрофільного преса зусиллям 44 МН для пресування корозійностійких труб в умовах «ПрАТ Сентравіс Продакшн Юкрейн», Міжрегіональна науково – творча очно-заочна конференція «Україна єдина – творчість молодих» (16 березня 2023 р.)

25. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., Хохлова Т.С., Очеретько Л.В. «Особливості виробництва труб холодною роликвою прокаткою. Шляхи підвищення стійкості трубного інструменту», XVII-а міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості і освіті» (5-8 червня 2023 р., м. Варна, Болгарія)

Виходячи з аналізу вищенаведених робіт, можна зробити висновок про успішне виконання встановлених вимог щодо необхідної кількості наукових публікацій перед представленням дисертаційної роботи Кривчик Л.С. до захисту, а також про достатню повноту висвітлення наукових та практичних результатів в опублікованих матеріалах.

Розглянута дисертація Кривчик Лілії Сергіївни за темою «Розробка параметрів зміцнюючих технологій трубного інструмента для виробництва гарячепресованих і холоднодеформованих труб», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 «Матеріалознавство», є завершеним науковим дослідженням і відповідає вимогам, викладеним у постанові КМУ від 12 січня 2022 р. № 44 «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії». Робота містить нові науково обгрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які мають певне науково-практичне значення в галузі матеріалознавства, вона базується на достатній кількості наукових публікацій, не містить текстових запозичень без

посилання на джерело (плагіату), і може бути прийнята до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

Головуючий на засіданні наукового
семінару в.о. завідувача кафедри МТОМ
д.т.н., професор



Леонід ДЕЙНЕКО

Вчений секретар семінару
к.т.н., доцент



Тетяна КОТОВА

