

SCI-CONF.COM.UA

**INNOVATIVE DEVELOPMENT
OF SCIENCE, TECHNOLOGY
AND EDUCATION**



**PROCEEDINGS OF IV INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
JANUARY 18-20, 2024**

**VANCOUVER
2024**

INNOVATIVE DEVELOPMENT OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND EDUCATION

Proceedings of IV International Scientific and Practical Conference

Vancouver, Canada

18-20 January 2024

Vancouver, Canada

2024

UDC 001.1

The 4th International scientific and practical conference “Innovative development of science, technology and education” (January 18-20, 2024) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2024. 700 p.

ISBN 978-1-4879-3792-8

The recommended citation for this publication is:

Ivanov I. Analysis of the phaunistic composition of Ukraine // Innovative development of science, technology and education. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2024. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/iv-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-innovative-development-of-science-technology-and-education-18-20-01-2024-vankuver-kanada-arhiv/>.

Editor

Komarytsky M.L.

Ph.D. in Economics, Associate Professor

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighbouring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

e-mail: vancouver@sci-conf.com.ua

homepage: <https://sci-conf.com.ua/>

©2024 Scientific Publishing Center “Sci-conf.com.ua” ®

©2024 Perfect Publishing ®

©2024 Authors of the articles

TABLE OF CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

1. *Hryhoriv Ya., Dmytrash T.* 14
PROSPECTS OF USING PERENNIAL SIDA AS A RENEWABLE BIOFUEL SOURCE
2. *Liubchenko I. O., Liubchenko A. I.* 18
ANALYSIS OF GENOMIC CHANGES IN CALLUS TISSUE OF CAMELINA SATIVA AND OBTAINED PLANT STRUCTURES
3. *Nahorni S., Chalyi O., Chalaya O., Sklyarenko O.* 22
RESISTANCE OF YOUNG SOWS DURING LACTATION
4. *Sokolovska I. M.* 27
TRIALS OF POTATO VARIETIES OF DIFFERENT MATURITY GROUPS IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE
5. *Карбівська У. М., Дутчак О. В.* 35
ВПЛИВ ОРГАНІЧНОГО ДОБРИВА-БІОСТИМУЛЯТОРА НА УРОЖАЙНІСТЬ ГРЕЧКИ В ОРГАНІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

MEDICAL SCIENCES

6. *Zablotska O. S., Nikolaieva I. M., Stepanchuk I. M.* 40
NUTRITION CONCEPTS AND THEIR IMPORTANCE FOR THE TREATMENT AND PREVENTION OF NON-COMMUNICABLE DISEASES
7. *Гайдай О. С., Уваєв Б. С., Мервінський Т. С., Мервінська Ю. В.* 45
МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНА ЗАЛЕЖНІСТЬ РОЗМІРІВ ШЛУНКУ ВІД БУДОВИ ТІЛА ЗА ДОПОМОГОЮ РІЗНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ
8. *Гончарова Н. М., Тіварі Д. С.* 47
СУЧАСНІ МЕТОДИ ДРЕНУВАННЯ ЧЕРЕВНОЇ ПОРОЖНИНИ
9. *Клименко О. С.* 51
ВПЛИВ COVID-19 НА ВИНИКНЕННЯ ІНСУЛЬТУ
10. *Малик Н. В., Аконова М. Х.* 57
ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕБІГУ ГЕРПЕСВІРУСНОЇ ІНФЕКЦІЇ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ
11. *Мамедов Азер Гейдар огли, Веснін В. В., Гаркуша М. А.* 59
ІНФІКОВАНІ НЕЗРОЩЕНІ ПЕРЕЛОМИ ТА ХИБНІ СУГЛОБИ ГОМІЛКИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)
12. *Маргітіч С. В., Пономарьова В. П., Городецький С. Г., Біла О. О., Баталова Л. І.* 65
ДИНАМІКА ПОКАЗНИКІВ IGI У ПАЦІЄНТІВ ІЗ БРОНХІАЛЬНОЮ АСТМОЮ В СПОЛУЧЕННІ З ГІПЕРТОНІЧНОЮ ХВОРОБОЮ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ВОЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ДИХАННЯМ НА ТЛІ АЛЕРГЕНСПЕЦИФІЧНОЇ ІМУНОТЕРАПІЇ

23.	<i>Mikayilov A. E., Khudatova A. F.</i>	124
	BIG DATA'S IMPACT ON IMPROVING WATER POLLUTION SURVEILLANCE	
24.	<i>Nikolaienko D. S.</i>	129
	METHODS AND MEANS OF ANALYSIS OF SPECTRAL DATA OF ASTRONOMICAL OBJECTS	
25.	<i>Prokofiev T., Ostrovska K.</i>	132
	APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR PREDICTION FINANCIAL TIME SERIES	
26.	<i>Voskoboinick V., Voskobiinyk A., Voskoboinyk O., Romanenko P., Polosukhina O.</i>	139
	BOUNDARY LAYER AND SEPARATION FLOW CONTROL BY DIMPLE VORTEX GENERATORS	
27.	<i>Артеменко А. В.</i>	149
	ЗВ'ЯЗОК МІЖ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ ТА КІБЕРБЕЗПЕКОЮ: ТЕНДЕНЦІЇ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	
28.	<i>Безсонова А. О.</i>	153
	ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ РІЗНИХ ГАЛУЗЕЙ	
29.	<i>Гуда А. І., Кришталь С. В.</i>	156
	СУЧАСНА КОНЦЕПЦІЯ РОЗРОБКИ ТА ПІДТРИМКИ ВЕБ ДОДАТКІВ	
30.	<i>Костікова М. В., Неронов С. М., Плехова Г. А.</i>	167
	ДОСВІД ПРОВЕДЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В ВИЩОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ ПІД ЧАС КРИТИЧНОЇ СИТУАЦІЇ	
31.	<i>Кривчик Л. С., Дейнеко Л. М., Хохлова Т. С., Пінчук В. Л.</i>	173
	ШЛЯХИ ЗМІЦНЕННЯ ТРУБНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ ТРУБ ГАРЯЧОЮ І ХОЛОДНОЮ ДЕФОРМАЦІЄЮ	
32.	<i>Кузло І. І., Узун Д. Д.</i>	190
	ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ SELF-HOSTED OPEN-SOURCE IOT ПЛАТФОРМ ДЛЯ МАЛИХ ТА СЕРЕДНІХ ПІДПРИЄМСТВ	
33.	<i>Лимаренко О. М., Качанов Ю. В., Чумак А. Ф., Томкевич А. Ю., Тер-Григор'ян Л.</i>	196
	ДОСЛІДЖЕННЯ КУТА АККЕРМАНА ДЛЯ ГОНОЧНОГО АВТОМОБІЛЯ	
34.	<i>Мельник Б. К., Козут М. П., Строцький Я. Б.</i>	201
	РОЗРОБКА ПРЕДСТАВНИЦЬКОГО САЙТУ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА	
35.	<i>Новічонок М. С., Маиталір С. В.</i>	209
	ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ КОНТЕКСТНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ВІДЕО У БІЗНЕС-АНАЛІЗІ ТА В РЕІНЖИНІРИНГУ	

**ШЛЯХИ ЗМІЦНЕННЯ ТРУБНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ
ВИРОБНИЦТВА КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ ТРУБ ГАРЯЧОЮ І
ХОЛОДНОЮ ДЕФОРМАЦІЄЮ**

Кривчик Лілія Сергіївна,
доктор філософії з матеріалознавства
Дейнеко Леонід Миколайович,
доктор технічних наук, професор,
і термічної обробки металів
Хохлова Тетяна Станіславівна,
кандидат технічних наук, доцент
Пінчук Вікторія Леонідівна,
здобувач кафедри матеріалознавства
і термічної обробки металів, викладач-методист
Український державний університет науки і технологій

Анотація Труби з корозійностійких високолегованих сталей широко використовуються в усіх галузях промисловості: авіація, ракетобудівництво, машинобудування, хімічна, харчова промисловість, промисловість будівельних матеріалів внаслідок своїх унікальних властивостей – висока корозійна стійкість, порівняльно низька питома вага, в'язкість, міцність, експлуатаційна стійкість. Їх виготовляють, в основному, методом гарячого пресування і холодної прокатки на станах ХПТ і ХПТР. В процесі виробництва таких труб використовують велику кількість трубного інструменту, вартість якого становить до 25% від вартості всього технологічного процесу в трубних цехах. При виробництві труб із корозійностійких сталей на трубопрокатних і трубопресових установках актуальною проблемою є низька стійкість трубного інструменту. Тому, створення високопродуктивних і стійких в експлуатації інструментів зв'язане, у першу чергу, з одержанням й обробкою таких матеріалів, які могли б протистояти жорстким умовам роботи. [1-3]

В ході роботи проведено дослідження механічних властивостей інструменту для виробництва корозійностійких труб (матричних кілець і

голок-оправок для пресування труб, роликів, опорних планок станів ХПТР для холодної роликової оправки труб) після зміцнення інструменту сучасними засобами термозміцнення – термічної, хіміко-термічної обробки, нанесення наноструктурних зносостійких покриттів. Встановлено вплив механічних властивостей на експлуатаційну стійкість інструменту і якість внутрішньої поверхні корозійностійких труб. [4-5]

Ключові слова: Пресування, прокатка, матричне кільце, ролик, опорна планка, термозміцнення, хіміко-термічна обробка, зносостійке покриття.

Метою даної роботи є проведення реальних досліджень і випробувань інструменту для отримання високих показників поверхневої твердості, зносостійкості для підвищення стійкості і ресурсу роботи при виробництві корозійностійких труб.

Методи дослідження: металографічні, механічні, рентгеноструктурні.

Для досягнення поставленої задачі необхідно було вирішити питання:

- Проаналізувати причини низької стійкості трубного інструменту для виробництва корозійностійких труб.
- Обґрунтувати і вибрати інструментальні сталі для виготовлення інструменту.
- Провести виготовлення експериментальних зразків інструменту і зразків-свідків для металографічних досліджень.
- Здійснити сучасні зміцнюючі технології інструменту (термічну, хіміко-термічну, комбіновану з нанесенням наноструктурних покриттів).
- Провести металографічні, механічні, рентгеноструктурні дослідження інструменту для визначення впливу поверхневої твердості і зносостійкості на експлуатаційні властивості і ресурс роботи.

Пресування найбільш доцільно при виробництві труб з високолегованих, малопластичних сталей і сплавів, виробів біметалічних і зі складною конфігурацією перетину. Матриця є найбільш важливим інструментом, в якому змінюється форма заготовки, тому вона - найбільш зношена частина пресового

інструменту. Основні причини руйнування матриць: втрата форми і розмірів каналу, крихке руйнування і розгарні тріщини [6-8] (Рис.1)

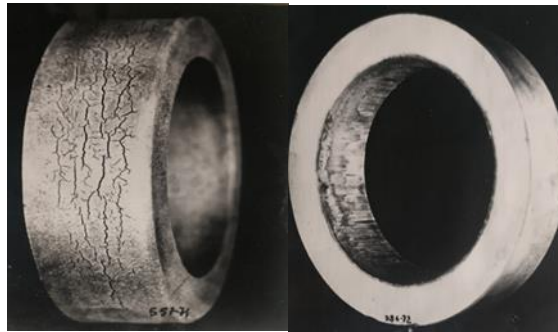


Рис.1 Дефекти матричних кілець

Пресові голки, або трубні оправки, – це інструмент, який утворює внутрішню порожнину труби (Рис. 2). Під час пресування голки працюють в найбільш важких умовах, тому що піддаються розтягуючим та здавлюючим напругам при підвищеній температурі поверхневого шару внаслідок тертя металу і теплового ефекту деформації.

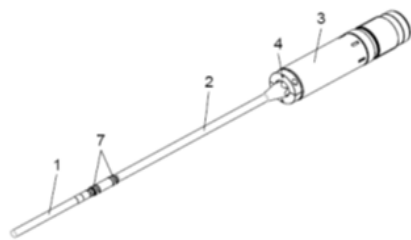


Рис.2 Голка – оправка для пресування труб

Вивчення умов роботи і причин виходу роликів, оправок і опорних планок станів холодної прокатки корозійностійких особливотонкостінних труб показало, що умовою нормального процесу пластичної деформації на роликівих станах є безперервне перекочування ролика по поверхні планки під дією сил тертя котіння. Робоча поверхня планки спеціально опрофільована, відповідно заданому характеру зміни деформації по довжині ходу роликів. В процесі прокатки ролик стає затисненим між опорною поверхністю планки і робочим конусом заготівлі, при цьому деформація металу супроводжується розвитком значних питомих тисків на поверхні контакту цапф ролика з опорною планкою (Рис.3)



Рис.3 Інструмент стану ХПТР

Тому пошук раціональних шляхів зміцнення і підвищення триботехнічних характеристик трубного інструменту являє собою актуальну задачу в виробництві труб з високолегованих сталей [9-11]. Для рішення цієї задачі в даній роботі проведені реальні дослідження і випробування на діючих підприємствах, розроблені параметри сучасних зміцнюючих технологій і запропоновані методи оптимізації режимів термічної і хіміко-термічної обробки, нанесення зносостійких покриттів. Для виготовлення голок-оправок для пресування труб та матричних кілець, найчастіше використовують вториннотвердіючу штампову сталь 4Х5МФ1С, яку піддають термічній обробці. Традиційна технологія термозміцнення інструменту з штампових сталей уявляє собою загартування з наступним відпуском. Загартування проводиться для розчинення значної частини карбідів і одержання високолегованого мартенситу [12-13].

Наступний відпуск викликає додаткове зміцнення внаслідок дисперсійного твердіння. Для підвищення в'язкості його виконують найчастіше при більш високих температурах на більш низьку твердість: 45 – 52 HRC і трооститну структуру (Рис. 4).

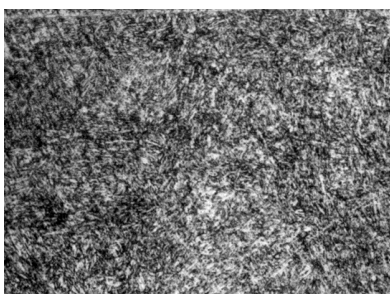


Рис. 4 - Мікроструктура сталі 4Х5МФ1С після загартування від 1070°С і відпущеної при 550 – 570°С (1 відпуск), 530 –550°С (2 відпуск) (троостит відпуску), * 500

Ефективним способом зміни складу поверхневого шару штампового інструмента, що забезпечують необхідний комплекс властивостей його робочої поверхні, є хіміко-термічна обробка. У результаті змінюються структура й властивості поверхневого шару, підвищуються міцність, зносо- і теплостійкість сталі шляхом утворення стійких у процесі нагрівання карбідів, нітридів, боридів і т.п. Для трубного інструменту найчастіше проводять азотування (газове, іонне в плазмі ДВДР, в плазмі тліючого розряду, карбонітрацію в розплавах солів ціанатів і карбонатів).[14-16]

Іонне азотування (в порівнянні з пічним) має наступні переваги: прискорює дифузійні процеси в 1,5 – 2 рази; дозволяє отримати дифузійний шар регульованого складу і будови; характеризується незначними деформаціями виробів і високим класом чистоти поверхні [17-19].

Після проведення азотування азотований шар на поверхні складається з нітридної зони $Fe_{2-3}N$ (ϵ -фаза) і Fe_4N (γ' -фаза) і подслою азотистого ферита (α -фаза), в якому при охолодженні виділяються нітриди хрому, молібдену, алюмінія (рис. 5).

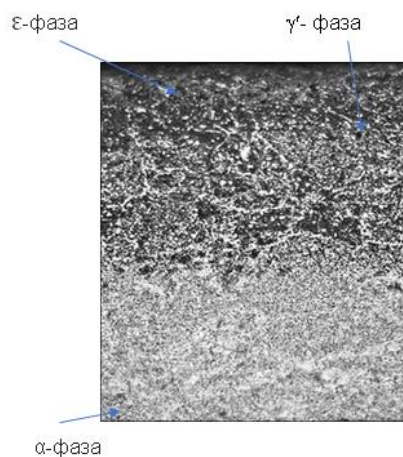


Рис.5 Мікроструктура зміцненого шару сталі 4X5MФ1С після іонного азотування, х 200

Альтернативою газовому азотуванню, коли в поверхневому шарі утворюються карбонітридні фази, більш пластичні і менш крихкі, чим при азотуванні, є карбонітрація трубопресового інструменту. Процес має неоспоримі переваги в порівнянні і з іншими процесами зміцнення

поверхні - поверхневим загартуванням струмами високої частоти, іонним азотуванням, цементацією, ціануванням, нітроцементацією, гальванохромуванням, фосфатуванням та ін. Перевагою даної технології є висока швидкість насичення, рівномірність нагріву і насичення в розплаві, збільшення зносостійкості і корозійної стійкості поверхні, зниження коефіцієнту тертя в 1,5 – 5 раз, екологічність і нетоксичність ціанатних солів. Процес ведуть при температурі 540-600°C, час витримки 4-6 годин, товщина шару 0,12-0,3 мм [20-22]. Основними перевагами карбонітрації є: зміцнення деталей з будь-яких марок сталі і чавуну; висока швидкість насичення. За 1-4 години на поверхні формується зміцнений шар, по глибині і твердості аналогічний або більший, що одержаний за 10-60 годин традиційного азотування; рівномірність нагріву і насичення. Відсутнє викривлення, забезпечується висока точність; зміцненню піддаються остаточно механічно оброблені деталі; не потрібно наявності додаткового припуску; підвищення втомної міцності на 50-80%. Після карбонітрації на поверхні інструменту формується зміцнений шар, що складається з декількох зон (верхній шар являє собою ϵ - карбонітрид типу $Fe_3(NC)$, під яким розташовується зона ζ^1 - фази типу $Fe_4(NC)$, під якою знаходиться дифузійна зона (гетерофазний шар), яка складається з твердого розчину вуглецю і азоту в залізі з включеннями карбонітридних фаз, твердість якої значно вища твердості серцевини [21] (Рис.6) .

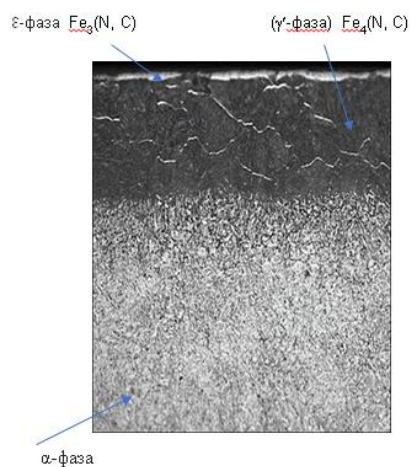


Рис. 6 Мікроструктура зміцненого шару сталі 4X5MΦ1C після карбонітрації, х 200

Послідовність операцій при карбонітрації: попередня підготовка - очищення, промивання, знежирення; підігрів деталей до температури 350-400 ° С; потім проводять карбонітрацію в розплаві солів ціанатів і карбонатів лужних металів, підстужування на повітрі до 350-400°С, оксидування в лужному розплаві при 350-400°С протягом 0,5 год, і послідує охолодження на повітрі до кімнатної температури [20]

Одним з перспективних напрямків підвищення стійкості інструменту є його зміцнення зносостійкими покриттями. Нанесення покриттів проводиться методом конденсації речовини з катодно-іонним бомбардуванням (метод КІБ) на установках «Булат» і «Пуск», а також методом осадження з газової фази. Методом КІБ наносяться різні за складом покриття. Найбільшого поширення набули покриття з нітриду і карбіду титану, рідше застосовуються покриття з нітриду і карбіду молібдену, цирконію, ванадію, ніобію і ін. [23-24].

Теорія та аналіз отриманих результатів

Комбінована обробка матричних кілець, що включає азотування з наступним осадженням керамічних покриттів в єдиному технологічному процесі, була проведена з використанням ДВДР в вакуумно-дугових установках типу «Булат» (ННЦ ХФТІ) (м. Харків)

В роботі 3(три) кільця з сталі 5Х3В3МФС діаметром 73,5 мм і 71,5 мм і 2 (два) кільця з сталі 4Х5МФ1С діаметром 73,5 мм були піддані іонному азотуванню в плазмі двоступеневого дугового розряду в модифікованій установці «Булат-6» в лабораторії плазмотехнологій Інституту фізики твердого тіла ННЦ ХФТІ (м. Харків) (Рис.7).

Найбільш надійну оцінку результатів хіміко-термічної обробки дають металографічні дослідження, які дають відомості про товщину і будову шару з'єднань і дифузійного шару. Зазвичай для металографічного дослідження шліфи труїли ніталем - 2 - 4% -ним спиртовим розчином азотної кислоти. Для судження про фазовий склад шару використовували методи кольорового і електролітичного травлення в розчині їдкого натру. Також були проведені електронні дослідження металографічних шліфів (вихідні шліфи були порізані

на тонкі зразки по 5 мм), приготовлені і піддані вивченню на растровому електронному мікроскопі (РЕМ), висока дозволена здатність (до 60 А) і виняткова глибина різкості якого роблять його майже незамінним для металографічних досліджень [25-26]. Забір твердості поверхні зразків після

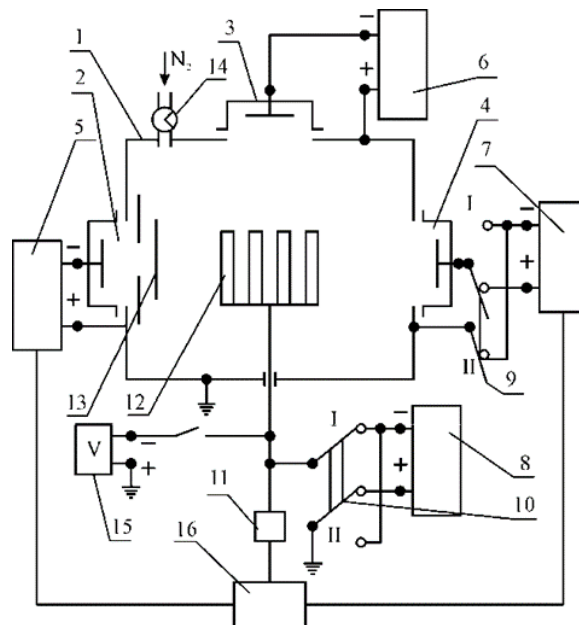


Рис.7 Схема вакуумно-дугової установки для іонного азотування:

1 - корпус вакуумної камери; 2, 3, 4 – вакуумно- дугові випарники; 5, 6, 7 - джерела живлення випарників;

8 - джерело живлення підкладки; 9, 10 - перемикачі;

11 - поворотний пристрій; 12 - інструменти для оброблення;

13 - екран, прозорий для газу і електронів; 14 - система автоматичної підтримки тиску газу; 15 - генератор високовольтних імпульсів; 16 - блок автоматичного управління осадженням багат шарових покриттів.

ХТО був виконаний за допомогою мікротвердоміра (мікроскопа) - типу ПМТ-3 при навантаженні 100гс $HV_{0,1}$ [27-28].

В роботі проведено рентгеноструктурний аналіз досліджуваних зразків сталі 4Х5МФ1С. Дифрактометричні дослідження проводилися на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-2.0 в кобальтовому Со-К α випромінюванні із застосуванням Fe селективно поглинаючого фільтра. Дифраговане випромінювання реєструвалося сцинтиляційним детектором [9]

(Рис.8).

1. Карбонітрація голок-оправок і матричних кілець для пресування корозійностійких труб була проведена на «ТОВ КАРБАЗ» м.Суми. Голки-оправки трубопрофільного пресу зусиллям 16 МН у кількості 3 (трьох) штук зі сталі 4Х5МФ1С діаметром 50 мм і довжиною 1300 мм виготовлені на ТОВ «Метінсервіс Груп» (м. Нікополь) і піддані зміцнюючій термічній обробці (ступеневе загартування з 1050 – 1070°C та двократному відпуску при 550 - 570°C (1 відпуск) та 530 – 550°C (2 відпуск) [10-11].

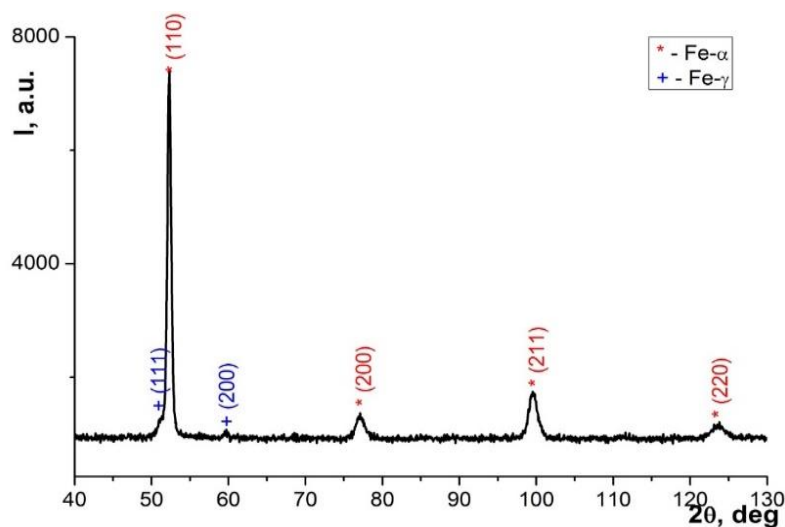


Рис. 8 Діфрактограма зразку після іонного азотування

2. Матричні кільця трубопрофільного пресу у кількості 8 (восьми) штук: зі сталі 5Х3В3МФС (ДИ-23) 6 (шість) штук (1 штука діаметром 63,5 мм, 2 штуки діаметром 73,5 мм, 3 штуки діаметром 71,5 мм); зі сталі 4Х5МФ1С 2 (дві) штуки діаметром 71,5 мм і 73,5 мм виготовлені на ТОВ «Метінсервіс Груп» (м. Нікополь) і піддані зміцнюючій термічній обробці (ступеневе загартування з 1070 – 1080°C та двократному відпуску при 550 – 570°C (1 відпуск) та 530 – 550°C (2 відпуск). Діфрактограма зразку після карбонітрації показана на рис.9

Результати заміру мікротвердості поверхні зразків після іонного азотування, карбонітрації, комбінованої обробки з нанесенням покриттів TiN, TiZrN, TiN-CrN наведені на рис.10 (а,б,в)

Результати визначення мікротвердості свідчать про отримання високих показників поверхневої твердості інструменту (10-12 ГПа), а твердість покриття товщиною 6-7 мкм сягає 20-25 ГПа [16,17].

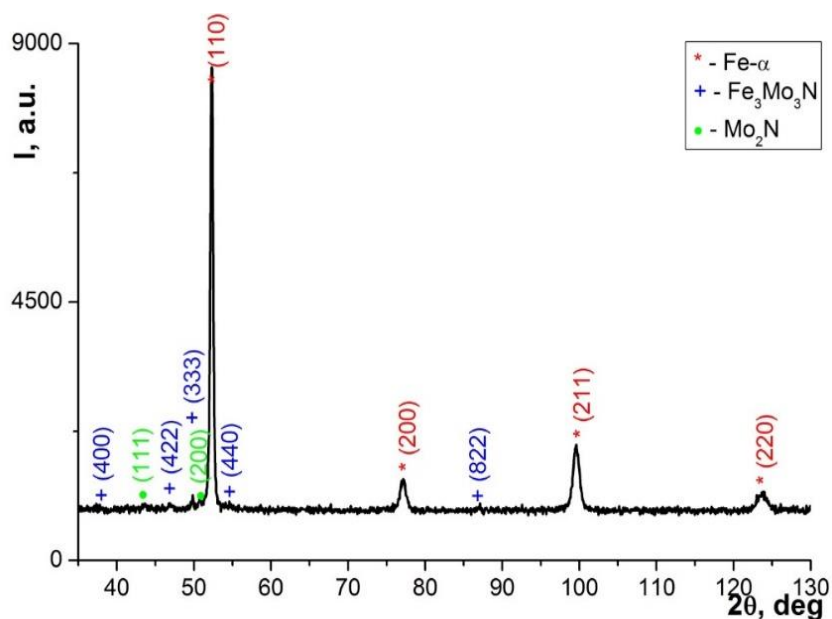


Рис.9 Діфрактограма зразку після карбонітрації

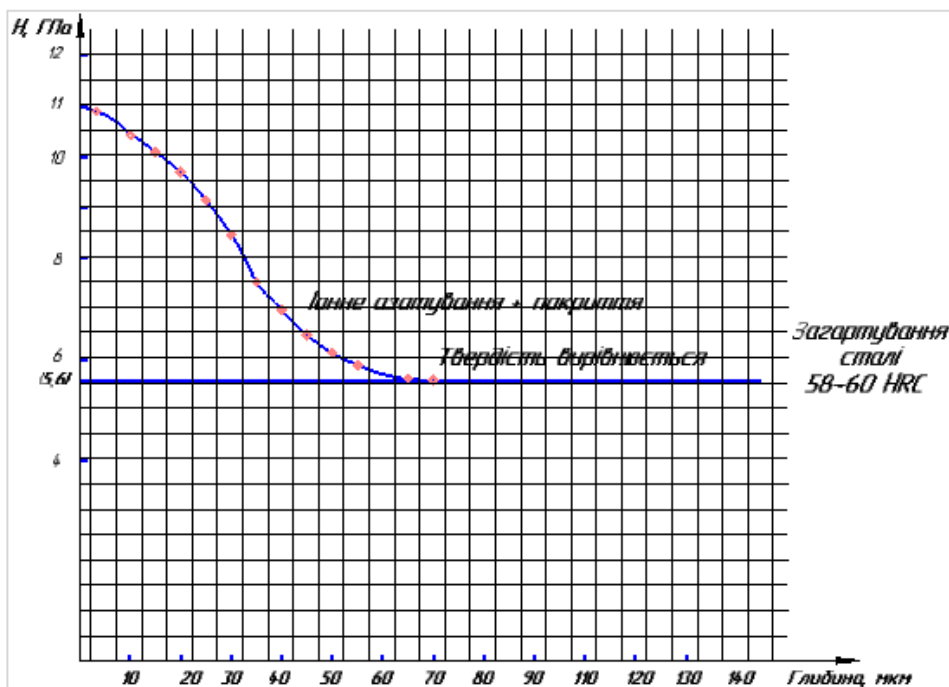


Рис. 10а Зміна твердості інструментальної сталі після іонного азотування і нанесення зносостійкого покриття в залежності від глибини визначення твердості

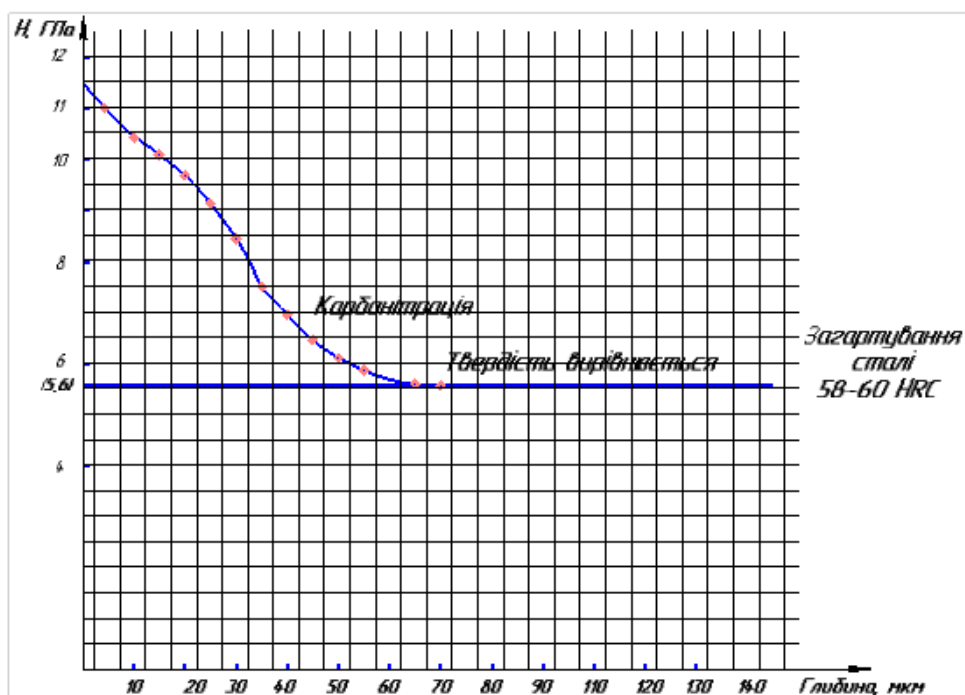


Рис. 10б Зміна твердості інструментальної сталі після карбонітрації в залежності від глибини визначення твердості

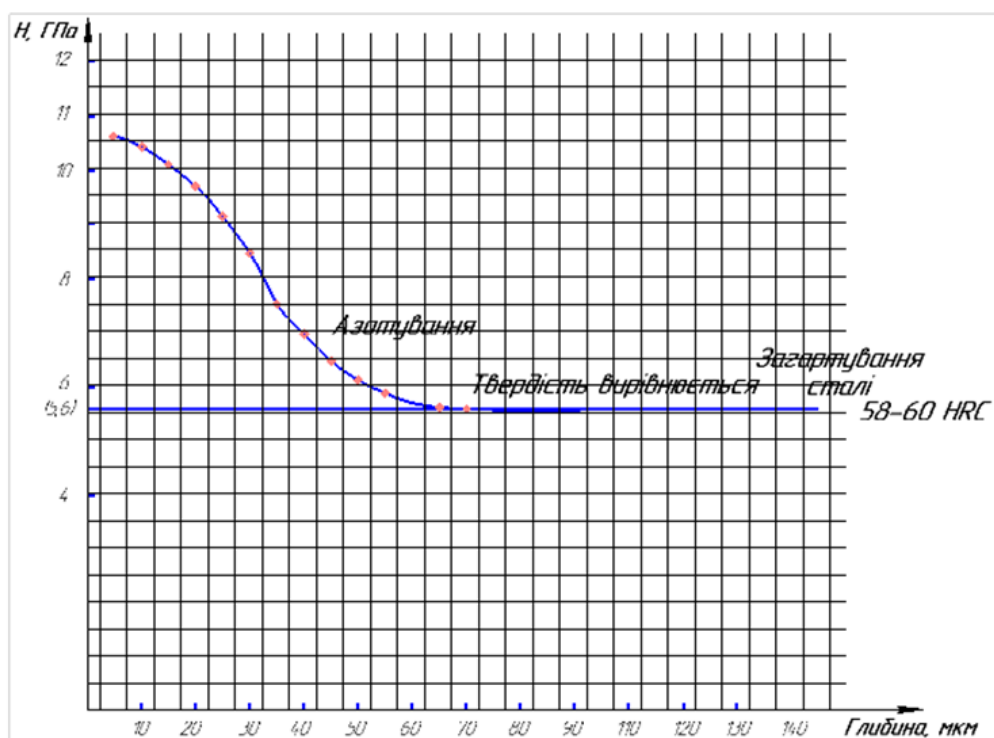


Рис. 10в Зміна твердості інструментальної сталі після іонного азотування в залежності від глибини визначення твердості

Випробування трубопресового інструменту були проведені на пресовій дільниці підприємства «ТОВ ВО Оскар» (м. Дніпро), а роликів і опорних

планок на стані «ХПТР 15-30» «ТОВ ВО Оскар» (м.Нікополь) (Рис.11)

3. Якщо стійкість голок-оправок після звичайного термозміцнення складає 50–80 пресовок, то голки, додатково піддані хіміко-термічній обробці (карбонітрації) показали стійкість 100-130 пресовок внаслідок більш високої твердості, зносостійкості, теплостійкості, утворення особливої структури на поверхні внаслідок проведення карбонітрації в розплавах солів ціанатів і карбонатів. Якщо стійкість матричних кілець після звичайного термозміцнення складає 4 – 6 пресовок, то кільця, додатково піддані хіміко-термічній обробці (карбонітрації) показали стійкість 7 – 9 пресовок внаслідок більш високої твердості, теплостійкості [18,19].

4. Проведення комбінованої обробки матричних кілець, яка включає азотування з наступним осадженням керамічних покриттів в єдиному технологічному процесі з використанням ДВДР в вакуумно-дугових установках типу «Булат» (ННЦ ХФТІ) значно підвищує стійкість інструменту внаслідок високих показників поверхневої твердості. Якщо стійкість матричних кілець зі сталі 5Х3В3МФС (ДИ-23) після звичайного термозміцнення складає 4 – 6 пресовок, то кільця з більш економнолегованої безвольфрамкової сталі 4Х5МФ1С, додатково піддані хіміко-термічній обробці (іонному азотуванню в плазмі ДВДР) і послідуєчим нанесенням зносостійких покриттів показали стійкість 12 – 13 пресовок внаслідок більш високої твердості, теплостійкості, утворення особливої структури на поверхні внаслідок проведення іонного азотування і нанесення зносостійкого покриття TiN, TiZrN та ін.

Якщо стійкість роликів стану «ХПТР 15-30» з сталі 60С2ХФА після звичайного термозміцнення (загартування з низьким відпуском) складає 1023-1030 м/комплект, то інструмент з сталі 4Х5МФ1С, після загартування з високим відпуском, додатково підданий хіміко-термічній обробці (іонному азотуванню в плазмі дугового розряду) і подальшому нанесенню зносостійкого покриття TiN, показав стійкість 1860-2030 м/комплект, тобто в 1,7 раз вище, внаслідок більш високої поверхневої твердості, зносостійкості, утворення особливої структури на поверхні [20].



**Рис.11 Випробування інструменту на стані ХПТР
«15-30» і пресі зусиллям 16 МН**

Висновки

1. У зв'язку з низькою стійкістю трубного інструменту виникла необхідність в удосконаленні зміцнюючих технологій трубного інструменту, оптимізації режимів таких технологій, розробці нових методів зміцнення з використанням нових матеріалів, покриттів і нанотехнологій.

2. Проведення хіміко-термічної обробки після загартування з відпуском інструментальної сталі 4Х5МФ1С (іонного азотування в плазмі ДВДР, карбонітрації), а також нанесення зносостійких покриттів TiN, TiZrN та ін. на робочі поверхні інструменту значно на 30-40% збільшує експлуатаційні властивості інструменту і термін його експлуатації, а також якість його поверхні, що значно збільшує якість внутрішньої поверхні корозійностійких труб.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мельник В.С., Сабол С.Ф., Бородій Ю.П., Кліско А.В. Інструмент для пресування труб. Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування», 2010. С. 51-52.

2. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Пінчук В.Л., Дейнеко Л.М., Столбовий В.О. Дослідження структури і властивостей штампових сталей для

виготовлення трубного інструменту після проведення зміцнюючої термічної і хіміко-термічної обробки і нанесення зносостійких покриттів, *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2021. №2, С. 71-88.

3. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Пінчук В.Л., Столбовий В.О., Могиленець М.В., Думенко К.О. Використання хіміко-термічної обробки з метою зміцнення трубного інструменту для виробництва нержавіючих труб, *Металургійна і гірничорудна промисловість*. 2020. №4, С. 52-71.

4. Дряян В. М., Гуляєв Ю.Г., Чукмасов С.О. Теорія та технологія трубного виробництва: підручник. Дніпро: VAL, 2000. 587 с.

5. Кузьмич В. О., Косенко В.М., Бузенко Л.В. Технологія виробництва сталевих труб методом гарячого пресування: підручник. Київ : НТУУ «КПІ», 2011. 224 с.

6. 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» м. Дніпро 23 березня 2023 р.

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

8. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., 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. Рим. Італія. 7-8 ноября, 2021, С. 349-371

9. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., 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» м. Гельсінкі, Фінляндія. Листопад 2021 р.

10. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., 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» Болгарія Технічний університет м. Варна, 31 травня – 03 червня 2021 р С. 88-95

11. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., 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

12. Кривчик Л.С., Хохлова Т.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» Нідерланди, м. Амстердам, 12-14 листопада 2019 р., С. 252-258.

13. Ломино С., Овчаренко В.Д., Полякова Г.Н., Андреев А.А., Шулаев А.М. Межэлектродная плазма вакуумной дуги в атмосфере азота. Сб. докл. 5-го Межд. симпозиума «Вакуумные технологии и системы», ISVTE-5. Харьков, 2002. С. 202-222.

14. Brading H.J., Morton P.H, Earweaker G. Plasma-nitriding with nitrogen, hydrogen and argon gasmixtures: Structure and composition of coating // Surf. Eng. 1992. v.8. №3. P 206-211.

15. Лахтин Ю.М., Крымский Ю.Н Физические процессы при ионном азотировании. Защитные покрытия на металлах. 1968. в. 2., С. 225-229.

16. Andrea Szilagyine Biro. Trends of nitriding processes. Production Processes and Systems. 2013. vol. 6., №1. P. 57-66.

17. Axinte Mihai, Nejneru Carmen, Perju Manuela Cristina, Cimpoeșu Nicanor, Hopulele Ion, Research on hollow cathode effect and edge effect avoidance in plasma nitriding treatment. Tehnomus New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies, no.18, Suceava, 2011, P.181-184.

18. S.H. Yao. Evaluation of TiN/AlN nano-multilayer coatings on drills used for micro-drilling // Surface and Coatings Technology. 2005, v. 197, P. 351-357.

19. Саблев Л.П., Ломино Н.С., Ступак Р.И., Андреев А.А., Чикрыжов А.А. Двухступенчатый вакуумно-дуговой разряд: характеристики и методы создания. Сб. докл. 6-й Межд. конф. «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов». Харьков, 2005, ч. 2, С. 159 – 169.

20 С.Г.Цих, В.И.Гришин, А.В.Супов, В.Н.Лисицкий, Ю.А.Глебова Развитие процесса карбонитрации/ С.Г.Цих // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2010. – №9. – С. 7–12.

21. Chatterjee - Fisher R. (1990) Nitriding and carbonitriding: textbook. Per. with him. / R. Chatterjee – Fisher, F. Ayzell, edited by A.V. Supova.– М.: Metallurgy

22. Спосіб хіміко-термічної обробки трубопресового інструменту з інструментальної сталі: пат. на корисну модель № 146692 М.В.Могиленець, Л.С.Кривчик, К.О.Думенко, В.Л.Пінчук, Т.С.Хохлова – 10.03.2021 р.

23. Картмазов Г.Н., Андреев А.А. Формирование нанослойных TiNx-CrNx- покрытие методом вакуумно-дугового осаждения. Сб. докл. Харьковской нанотехнологической ассамблеи «Нанотехнологии-2008». Харьков: ННЦ ХФТИ, 2008, С.226-238.

24. Столбовий В.О. Фізико-технологічні основи формування багат шарових наноструктурних вакуумно-дугових покриттів на основі нітридів тугоплавких металів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра тех. наук: 01.04.07. Харків, 2021, 36 с.

25. 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. 2022. №3, т.20., С.693-714.

26. Куликов І. В. Вплив технологічних факторів на якість труб, отриманих методом гарячого пресування : дис. ... канд. техн. наук : 05.16.01. Харківський національний технічний університет сільського господарства імені

Петра Василенка. Х., 2011. 197 с.

27. Фролов В.Ф. Данченко В.Н., Фролов Я.В. Холодная прокатка труб: монография. Днепропетровск: Пороги, 2005. 255 с.

28. Спосіб термічної обробки виробів з легованих інструментальних сталей: пат. 151611 Україна: МПК С21D 9/22, С23С 8/24; заяв. 14.04.2022 р., опубл. 18.08.2022 р. Л.С.Кривчик, В.Л.Пінчук, Л.М.Дейнеко, Г.І.Перчун