

SCI-CONF.COM.UA

CURRENT CHALLENGES OF SCIENCE AND EDUCATION



**PROCEEDINGS OF IX INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
MAY 6-8, 2024**

**BERLIN
2024**

CURRENT CHALLENGES OF SCIENCE AND EDUCATION

Proceedings of IX International Scientific and Practical Conference

Berlin, Germany

6-8 May 2024

Berlin, Germany

2024

UDC 001.1

The 9th International scientific and practical conference “Current challenges of science and education” (May 6-8, 2024) MDPC Publishing, Berlin, Germany. 2024. 485 p.

ISBN 978-3-954753-05-5

The recommended citation for this publication is:

Ivanov I. Analysis of the phaunistic composition of Ukraine // Current challenges of science and education. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Berlin, Germany. 2024. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/ix-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-current-challenges-of-science-and-education-6-8-05-2024-berlin-nimechchina-arhiv/>.

Editor

Komarytskyy 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: berlin@sci-conf.com.ua

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

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

©2024 MDPC Publishing ®

©2024 Authors of the articles

TABLE OF CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

1. *Божко Т. В., Денисюк О. М.* 12
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ШВИДКОСТІ
ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ТА ВОДИ, РІЗНОЇ ЗА ХІМІЧНИМ
СКЛАДОМ
2. *Калинка А. К., Корх І. В., Шпак Л. В.* 18
ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ М'ЯСНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ
РІЗНИХ СТВОРЕНИХ ГЕНОТИПІВ БУГАЙЦІВ НОВОЇ
ПОПУЛЯЦІЇ М'ЯСНИХ КОМОЛИХ СИМЕНТАЛІВ ЖУЙНИХ В
РЕГІОНІ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ
3. *Лесик О. Б.* 27
ГЕНЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ
ПЛАНОВИХ РІЗНИХ ПОРІД ОВЕЦЬ В РЕГІОНІ БУКОВИНИ
4. *Микуляк І. С., Лінська М. І., Карп Т. Я., Козак Г. В.* 35
РЕАКЦІЯ НА РІЗНУ ГУСТОТУ ПЕРСПЕКТИВНИХ
ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ,
АДАПТОВАНИХ ДО УМОВ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ
УКРАЇНИ

VETERINARY SCIENCES

5. *Топорівські А. О., Дубова О. А.* 41
ГЕЛЬМІНТОЗИ ЦУЦЕНЯТ: ЕПІЗООТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

BIOLOGICAL SCIENCES

6. *Molodan Yu. O.* 45
COMPARATIVE EVALUATION OF THE BIOFLAVONOID
QUERCETIN AND DICLOFENAC SODIUM EFFECTS ON
INFLAMMATION IN RATS
7. *Кисляк С. В., Єсипенко Р. В.* 50
IN SILICO МОДЕЛІ ОЦІНКИ ГЕНОТОКСИЧНОСТІ ФАКТОРІВ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
8. *Ткачук Д. П., Максименко Ю. В.* 54
ВИДОВЕ РІЗНОМАНІТТЯ І ЕКОЛОГІЯ ПТАХІВ
ЛІСОПАРКОВИХ ЗОН М. ЖИТОМИРА

MEDICAL SCIENCES

9. *Abgaryan A. A., Tregub T. V.* 59
PHARMACOTHERAPY OF TENSION HEADACHE IN POST-
COVID PATIENTS WITH LIVER DAMAGE
10. *Andrusovych I. V.* 62
LESIONS IN THE FUNCTIONAL STATE OF THE
CARDIOVASCULAR SYSTEM OF PATIENTS WITH COVID-19
INFECTION

46. *Кривчик Л. С., Дейнеко Л. М., Пінчук В. Л., Серебрянський Г. О.* 231
 ВИКОРИСТАННЯ АМОΡФНИХ СПЛАВІВ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ
 ТРУБНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
 КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ ТРУБ
47. *Перехода А. А., Крайнюк О. В.* 248
 БЕЗПЕКА ВИКОНАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ У
 БУДІВЕЛЬНІЙ СФЕРІ
48. *Романенко В. В.* 254
 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ
 ПРОЦЕСІВ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА
49. *Сорочинський Я. З., Босак А. В.* 260
 ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ:
 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
 АКУМУЛЯТОРОМ
50. *Стіренко С. Г., Марченко О. О.* 264
 ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОШУКУ ПО ДЕРЕВУ
 МЕТОДОМ MCTS ДЛЯ ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ ЙОГО
 МОДИФІКАЦІЙ
51. *Ялова А., Деркач М.* 268
 ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛА
 ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ

GEOGRAPHICAL SCIENCES

52. *Бондаренко Е. Л., Руренко Ю. О.* 274
 КАРТОГРАФУВАННЯ МІГРАЦІЙ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ У
 ПЕРІОД ПОВНОМАСШТАБНОЇ РОСІЙСЬКОЇ ВІЙСЬКОВОЇ
 АГРЕСІЇ

ARCHITECTURE

53. *Ковальська Г. Л., Кантаурова Н. А., Гримальська Ю. Є.* 282
 ПРИЙОМИ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ
 МУЗЕЙНО-ВИСТАВКОВИХ КОМПЛЕКСІВ
54. *Олейніченко О. С., Хараборська Ю. О., Аконнік С. В.* 285
 ВПЛИВ СТАТИЧНОЇ ТА ДИНАМІЧНОЇ АДАПТАЦІЇ НА
 ПРОЕКТУВАННЯ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ

PEDAGOGICAL SCIENCES

55. *Maksymenko I. Y., Maksymenko A. V.* 291
 METHODOLOGICAL APPROACHES TO DEFINING THE HIGHER
 EDUCATION SYSTEM
56. *Rybalchenko M., Makarenko N.* 296
 CURRENT CHALLENGES OF SCIENCE AND EDUCATION

**ВИКОРИСТАННЯ АМОΡФНИХ СПЛАВІВ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ
ТРУБНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ ТРУБ**

Кривчик Лілія Сергіївна,
доктор філософії з матеріалознавства
Дейнеко Леонід Миколайович,
доктор технічних наук, професор,
завідуючий кафедрою матеріалознавства
і термічної обробки металів
Пінчук Вікторія Леонідівна,
здобувач кафедри
матеріалознавства і термічної обробки металів,
викладач-методист
Серебрянський Григорій Олександрович,
кандидат технічних наук,
старший викладач
Український державний університет науки і технологій

Анотація Велику роль у розвитку паливно-енергетичного, машинобудівного і агропромислового комплексів відіграють сталі труби, їх використання безперервно зростає, що потребує значного збільшення їх випуску, підвищення їх експлуатаційних характеристик і довговічності, зниження металоємкості. Особливо велику роль мають труби з високолегованих корозійностійких сталей, які широко використовуються в авіації, машинобудуванні, атомній енергетиці, ракетобудівництві, хімічній промисловості внаслідок високої корозійної стійкості, в'язкості, міцності, експлуатаційної стійкості. При виробництві корозійностійких труб методами гарячої і холодної деформації має місце низька стійкість трубного інструменту, що приводить до постійних переналадок обладнання, зниження продуктивності пресів і прокатних станів, підвищення собівартості виготовлення труб. Тому, важливою задачею при виробництві корозійностійких труб є створення високопродуктивних і стійких в експлуатації інструментів з використанням

сучасних шляхів їх зміцнення.

В ході роботи проведено дослідження механічних властивостей інструменту для виробництва корозійностійких труб (матричних кілець складних матриць для пресування труб, роликів, опорних планок станів ХПТР для холодної роликової прокатки труб) після зміцнення інструменту сучасними засобами термозміцнення – термічної обробки, нанесення наноструктурних покриттів сучасних аморфних сплавів. Встановлено вплив механічних властивостей на експлуатаційну стійкість інструменту і якість внутрішньої поверхні корозійностійких труб.

Ключові слова: Трубопрофільний прес, холодна прокатка, матричне кільце, ролик, опорна планка, термозміцнення, плазма, покриття.

Метою даної роботи є проведення реальних досліджень і випробувань трубного інструменту для отримання високої експлуатаційної стійкості і ресурсу роботи при виробництві корозійностійких труб.

Корозійностійкі труби отримують найчастіше пресуванням на горизонтальних трубопрофільних пресах і подальшою холодною прокаткою на станах ХПТ і ХПТР. Пресування найбільш доцільно при виробництві труб з високолегованих, малопластичних сталей і сплавів, виробів біметалічних і зі складною конфігурацією перетину, що пов'язане з особливою схемою напруженого стану при пресуванні – трьохстороннім рівномірним стисканням і, як наслідок, високою пластичністю сплавів. Найбільш важливим інструментом при пресуванні корозійностійких труб є матричні кільця складних матриць, які мають стійкість всього 5-7 пресовок, а потім подальша заміна при зупинці преса. Вони працюють при високих температурах, значному зносі, високому питомому тиску, що приводить до втрати форми і розмірів, крихкого руйнування і утворення розгарних тріщин по всій поверхні кілець. [1-3]

Вивчення умов роботи і причин виходу роликів, оправок і опорних планок станів холодної прокатки корозійностійких особливотонкостінних труб показало, що важкі умови роботи цього інструменту (значний знос, високі

ударні навантаження, дія корозійних середовищ) приводять до значного осповидного зносу інструменту і його частих поломок. Осповидний знос – це процес інтенсивного руйнування поверхонь при терті котіння, обумовлений пластичною деформацією, з внутрішніми напругами, особливими явищами втоми металів. який супроводжується утворенням мікротріщин. тріщин, одиночних і групових впадин на поверхні тертя. [5-7]

Тому пошук нових матеріалів, раціональних шляхів зміцнення і підвищення триботехнічних характеристик трубного інструменту являє собою актуальну задачу в виробництві труб з високолегованих сталей [8].

Для рішення цієї задачі в даній роботі проведені реальні дослідження і випробування на діючих підприємствах, розроблені параметри сучасних зміцнюючих технологій термічної обробки, нанесення зносостійких покриттів з використанням нанотехнологій.

Матричні кільця горизонтальних пресів найчастіше виготовляють з штампової вториннотвердіючої сталі мартенситного класу 4X5МФ1С, яка легована хромом, молібденом, ванадієм, кремнієм. Традиційна технологія термозміцнення кілець уявляє собою загартування з наступним відпуском. Загартування проводиться для розчинення значної частини карбідів і одержання високолегованого мартенситу.

Тому температури загартування – підвищені й обмежуються лише необхідністю зберегти дрібне зерно й достатню в'язкість [9-10].

Наступний відпуск викликає додаткове зміцнення внаслідок дисперсійного твердіння. Нагрівання до 1080–1100°C створює досить повне насичення аустеніту (мартенситу) і високі властивості міцності. Більше нагрівання не потрібне; воно уже мало поліпшує теплостійкість, але викликає значний ріст зерна в сталях до бала 8 (при 1150°C) і сильно погіршує в'язкість, пластичність і розгаростійкість. [11-13] При загартуванні важливим завданням є захист від обезвуглецювання; оскільки температури загартування – високі. Обов'язкове застосування заходів захисту; найбільш доцільне нагрівання в соляних ваннах [14].

Після загартування дані сталі рекомендується підстужувати на повітрі до 950 – 900°C, а потім прохолоджувати в маслі або полімерних середовищах.

Операцію відпуску виконують негайно після загартування з метою попередження тріщин. Як правило, відпуск роблять на твердість 45 – 52 HRC . Оскільки при нагріванні для відпуску в структурі зберігається багато аустеніту, доцільне проведення дворазового відпуску. Температура другого відпуску може бути на 10 – 20°C нижче, а його тривалість на 20 – 25% менше, чим першого відпуску. Охолодження після відпуску проводиться на повітрі. (Рис. 1 і 2) [15-18]

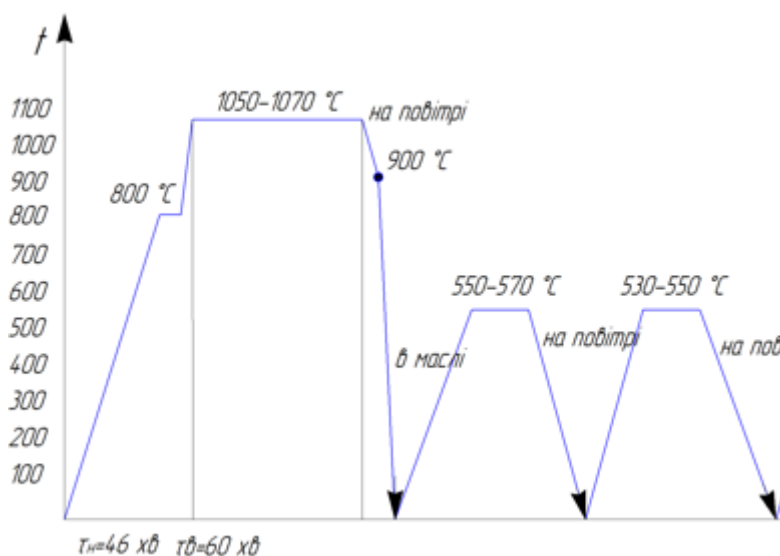


Рис. 1 Графік термічної обробки інструменту з сталі 4X5MФ1С

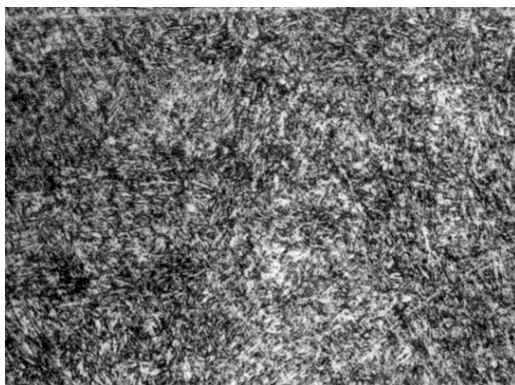


Рис. 2 Мікроструктура сталі 4X5MФ1С після загартування від 1070°C і відпущеної при 550 – 570°C (1 відпуск), 530 – 550°C (2 відпуск) (троостит відпуску), x 500

Для виготовлення важконавантаженого трубного інструменту (роликів і опорних планок станів ХПТР) найчастіше в цехових умовах використовують пружинну сталь 60С2ХФА, яку піддають загартуванню з низьким відпуском для отримання твердості поверхні 50-56 HRC. [35] Але інструмент з цієї сталі має недостатню контактну виносливість і зносостійкість. В даній роботі запропоновано і впроваджено у виробництво на трубних підприємствах (ТОВ «ВО ОСКАР», ПрАТ «Сентравіс Продакшн Юкрейн») для виготовлення трубного інструменту станів «ХПТР» використання вториннотвердіючої напівтеплостійкої сталі мартенситного класу 4Х5МФ1С, яку піддають термічній обробці (загартуванню з відпуском).

Одним з сучасних шляхів зміцнення трубного інструменту є використання нанотехнологій. Нанотехнології — це технології, що оперують величинами, порядку нанометра. Це мізерно мала величина, співмірна з розмірами атомів.

Нанопокриття — тонкий шар (< 100 нм), яким покривають поверхні, щоб покращити їх властивості або надати їм нових властивостей. Нанопокриття використовують для того, щоб подолати проблеми притаманні звичайним покриттям: погану адгезію, погану гручкість, погану довготривалість, погану стійкість до подряпин тощо. [19-20]

Нанокристалічні матеріали включають в свій склад кластери, розмір яких порядку 10 нм. При цьому, чим менше розмір кластера, тим яскравіше виражені специфічні властивості матеріалу, наприклад, температура плавлення, питомий опір, твердість, міцність. Аморфні метали та сплави - це один із видів нових конструкційних матеріалів. Їх отримують у разі дуже швидкого охолодження розплавів. Швидкість охолодження в основному становить 10^3 до 10^{10} °C/с. Таких великих швидкостей охолодження досягають у розплавах, товщина шарів яких не перевищує десятки мікрометрів. [21-23]

Аморфні металеві сплави отримують швидким загартуванням розплавів при швидкостях охолодження рідкого металу 10^4 - 10^6 град / с і за умови, що сплав містить достатню кількість елементів-аморфізаторов. [24] Аморфізаторами є

неметали: бор, фосфор, кремній, вуглець і метали. Аморфна структура характеризується відсутністю далекого порядку в розташуванні атомів, завдяки чому в ній немає кристалічної анізотропії, відсутні границі блоків зерен і інші дефекти структури, типові для полікристалічних сплавів. [25]

Наслідком такої аморфної структури є незвичайні магнітні, механічні, електричні властивості і корозійна стійкість аморфних металевих сплавів. Найбільш ефективними способами промислового виробництва аморфної стрічки є охолодження струменя рідкого металу на зовнішній (гартування на диску) або внутрішній (відцентрове гартування) поверхнях обертових барабанів або плющення розплаву між холодними валками, виготовленими з матеріалів з високою теплопровідністю.

Поряд з високою міцністю аморфні матеріали мають високу твердість HV, що досягає в ряді випадків значень близько 1000. В залежності від виду деформації - одноосьовий розтяг, стиск, вигин, прокатка-проявляється різна ступінь макроскопічної пластичності аморфних матеріалів.

У разі одноосної деформації величина повної деформації до руйнування зазвичай становить 1-2%. [26-28]

Високошвидкісне загартування здійснюють подачею розплаву на поверхню обертового барабана-кристалізатора, отримуючи в залежності від конструкції обладнання стрічку або волокно товщиною від 15 до 100 мкм (Рис. 3). [29]

Для підвищення ефективності процесу розмелювання стрічку і волокно піддають структурній релаксації шляхом низькотемпературного відпалу без порушення аморфного стану, що забезпечує дисперсність частинок 30 -50 мкм.

Технологія газо-термічного напилення полягає в наступному: матеріал, який наноситься на поверхню інструменту, пластифікують нагріванням, розганяють потоком газу і транспортують до поверхні деталі.

При ударі об шорстку поверхню деталі частки розплавленого матеріалу впроваджуються в поверхневий шар, утворюючи покриття. [30-32]

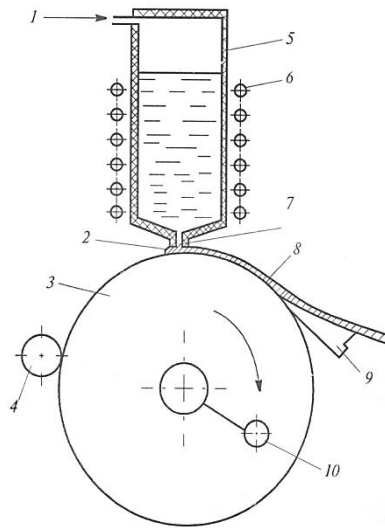


Рис. 3 Схема отримання аморфної стрічки:

1 – інертний газ; 2 – розплав; 3 – барабан-холодильник; 4 – пристрій відновлення поверхні барабана; 5 – тигель; 6 – індукційний нагрівач; 7 – сопло; 8 – стрічка; 9 – пристрій знімання стрічки; 10 – приводний барабан з контролем оборотів [33]

Теорія та аналіз отриманих результатів

Стрічку в аморфному стані товщиною від 15 до 100 мкм в роботі отримано подачею розплаву на поверхню обертового барабана-кристалізатора в Інституті фізики металів АН України (м. Київ). При такому способі скорочується загальна поверхня (у порівнянні із порошком такої самої маси), внаслідок чого практично відсутнє окислення, але швидкість охолодження за рахунок підвищення теплопровідності значно вище, і однакова по всій довжині стрічки.

Ефективність розмелювання стрічки забезпечуються низькотемпературним відпалом ($180 \div 200$ °С), в процесі якого відбувається так звана структурна релаксація, коли аморфний стан зберігається, але стрічка стає крихкою і легко перемелюється у порошок. [34]

Плазмове нанесення порошкового покриття товщиною $100 \div 150$ мкм на робочі поверхні матричних кілець, роликів і опорних планок станів ХПТР зі сталі 4Х5МФ1С і експериментальних зразків вказаних марок сталей виконано

на установці УПУ-3Д лабораторії плазмових технологій. [36]

В газоплазмовій промисловій установці (Рис. 4) порошок 8, що напилюють, транспортується газом 2, подається перпендикулярно в плазмовий потік 3 і далі через сопло 9 на поверхню інструменту 11, що обробляється. Нагріті стінки насадки 4 з конічною порожниною, яка захищає частки, які напилюються від кисню, що міститься в навколишньому середовищі, підвищують швидкість нагрівання частинок, які напилюються. Компенсатор 5 на торці сопла 9 усуває тепловий вплив плазмового потоку 3 на покриття 6 і інструмент. [37]

Технологія газоплазмового напилення полягає в наступному: матеріал, що наноситься на поверхню інструменту, пластифікують нагріванням, розганяють потоком газу і транспортують до поверхні інструменту. При ударі шорсткої поверхні інструменту, частки розплавленого матеріалу дифундують в поверхневий шар, утворюючи покриття [50]. Внаслідок розплавлення матеріалу, утворюються на поверхні інструменту субдрібні наночастки розміром менше 1 мкм. [37]

Контроль якості напиленого покриття проводять візуально за наявністю відшарувань та сколів. Технологічні розміри контролювали за допомогою засобів вимірювання. [34] Мікротвердість зразків вимірювали на приладі ПМТ-3 на підготовленій поверхні покриття. Для вивчення структурного стану, комплексу фізико-механічних властивостей, фазового складу, стану поверхневого шару інструменту і зразків використовують такі методи дослідження і випробувань:

- металографічний аналіз виробів і зразків з використанням оптичного металографічного мікроскопу «Axiovert 200 MAT Zeiss»;
- метод електронної мікроскопії з застосуванням растрового електронного мікроскопу «РЕМ-106И» (прискорювальна напруга 100 кВ). [33]

Технологія плазмового напилення включає наступні операції: підготовку порошків, попередню підготовку поверхні інструменту під напилення, напилення вибраного матеріалу [34].

Для плазмового напилення на поверхню інструменту використовують порошок фракцією 50 – 150 мкм.

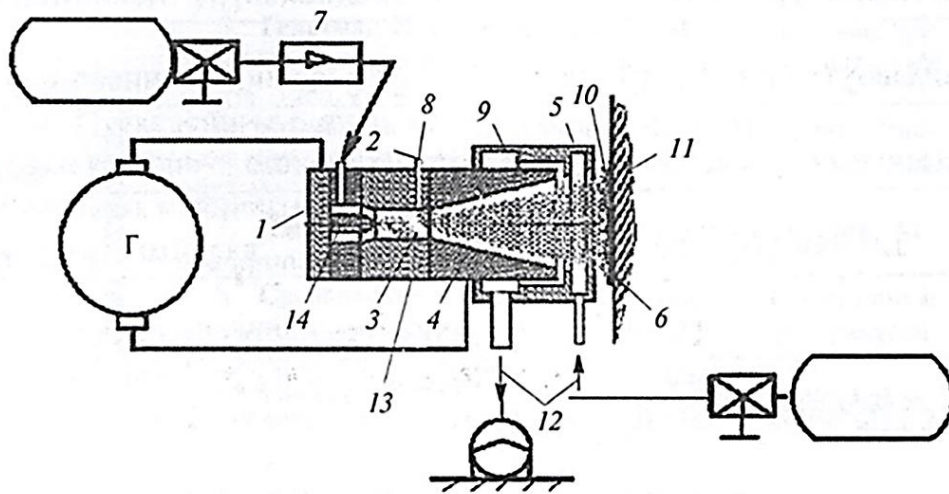


Рис. 4 Схема газоплазмової промислової установки, [36]

1- плазмотрон; 2 – газ; 3 – плазмовий потік; 4 – насадка; 5 – компенсатор;
6 – поверхня інструменту; 7 – подача газу; 8 – порошок; 9 – сопло;
10 - покриття; 11 – інструмент; 12 – вакуумні насоси; 13- анод; 14 – катод

При напиленні використовують плазмотрон ПП-25, призначений для нанесення покриттів на поверхні деталей методом плазмового напилення дрібнодисперсних порошкових матеріалів для надання цим поверхням корозійностійких, зносостійких, фрикційних та інших спеціальних властивостей (Рис.5) [37]



Рис. 5 Плазмотрон ПП-25

Склад аморфної стрічки представлений в таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад (вагова доля, %) порошку на основі Ni и Fe

Елементи	Ni	Cr	Si	B	C	Fe	Mo	Co	P
Вагова доля, %	9,49	2,1	1,14	1,09	1,46	Ост.	7,75	7,15	5,63

Режими термозміцнення роликів станів ХПТР, матричних кілець для пресування і дослідних зразків наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Режими термічної обробки інструменту і дослідних зразків, [1]

Режим обробки	Температура відпуску, °С			Твердість, HV _{0,1}
	I	II	III	
1 – загартування + відпуск	560 – 580	550 – 560	520 – 530	587 – 690
2 – 4Х5МФ1С Загартування + відпуск + покриття	560 – 580	550 – 560	-	950 – 1050

Мікроструктури зразків сталей після нанесення покриття аморфного сплаву (оптичні і електронні дослідження) наведені на рисунку 6. На поверхні зразків – покриття аморфного сплаву (1), а серцевина і перехідний шар-мартенсит відпущений та карбіди хрому, вольфраму, молібдену, ванадію (2).

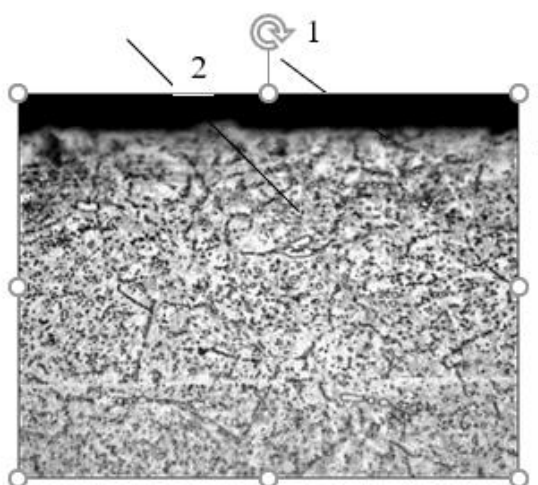


Рис. 6 Мікроструктури роликів і опорних планок після нанесення покриття аморфного сплаву

На рисунках 7 і 8 представлені дані дифрактограми поверхневого шару. Ці дані переконливо підтверджують наявність в поверхні сплаву 4X5MФ1С аморфного шару після плазменого напилення.

Запропонована технологія термозміцнення і додаткового нанесення плазмовим напиленням на робочу поверхню роликів, матричних кілець нанопокриттів з аморфних сплавів товщиною 100 – 150 мкм виключає третій відпуск, змінює структуру і властивості поверхневого шару, підвищує міцність, зносо- і теплостійкість і твердість до $HV_{0,1}$ 860 – 980 для сталі 4X5MФ1С (в порівнянні з HV 587 – 590 за існуючою технологією). В результаті сталь здобуває високу твердість і зносостійкість на поверхні. [1]

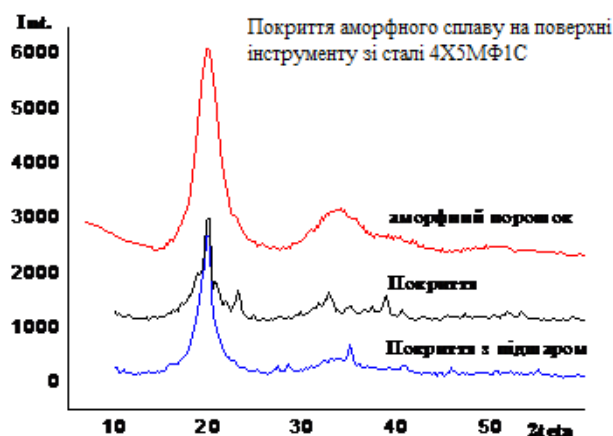


Рис. 7 Рентгенограми ($Mo K_{\alpha}$) покриття аморфного сплаву, напиленого на поверхню інструменту з сталі 4X5MФ1С, [1]

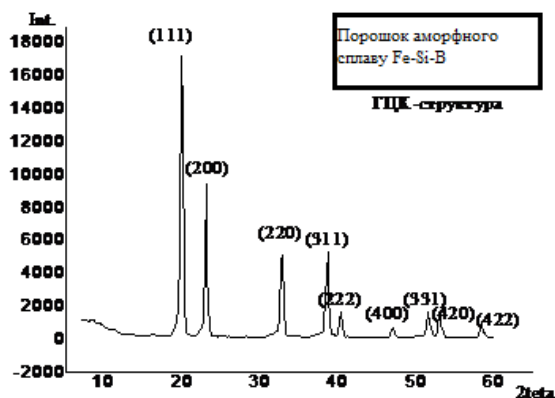


Рис. 8 Рентгенограма ($Mo K_{\alpha}$) вихідного порошку Fe-Si-B, [1]

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.9)



**Рис. 9 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. Матричні кільця (трубопресовий інструмент) і ролики станів ХПТР з сталі 4Х5МФ1С після об'ємного загартування і двократного відпуску рекомендовано піддавати додатковому плазмовому нанесенню на поверхню порошку аморфного сплаву на основі системи «Fe-Si-B» товщиною $100 \div 150$ мкм з тривалістю процесу 1–1,5 год, що дозволяє збільшити експлуатаційну стійкість інструменту на $25 \div 30\%$.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Л. С. Кривчик Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії PhD за спеціальністю 132 - «Матеріалознавство». - Український державний університету науки і технологій. – Дніпро, 2023.

2. 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» м. Дніпро, 11-12 листопада 2021 р., С. 144-150

3. Кривчик Л. С., Пінчук В. Л., 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

4. 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.

5. 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

6. 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.

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

8. Очеретько Л. В. Конспект лекцій з предмету «Технологія інструментального виробництва», 2019.

9. Мацюк О. Т., Сисин В. С. Технологія інструментального виробництва. Навчальний посібник. – Дрогобич: Коло, 2013.

10. Чукмасов С. Ф. Зиньковський А. А., Петриченко І. П. Повышение износостойкости и срока службы машин. Киев: Наукова думка, 1960. С. 110-115.

11. 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.

12. 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

13. 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 Australia. Melbourne, February 6-8, 2022 С.583-597

14. 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.

15. 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.

16. 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

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

18. 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

19. 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.

20. Кривчик Л. С., Хохлова Т. С., Пінчук В. Л. Шляхи термозміцнення трубопресового інструменту для виробництва неіржавіючих 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.

21. Афтанділянц Є. Г., Зазимко Є. В., Лопатько К. Г. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: підручник. Київ: НАУ, 2008р. 234 с.

22. Большаков В. И., Долженков И. Е. Оборудование термических цехов, технологии термической обработки металлопродукции: учебник. Днепропетровск, 2010. 619 с.

23. Таран Ю. М., Калінушкін С. П., Куцова В. З. Металознавство і ТО металів із застосуванням комп'ютерних технологій навчання: ч. II Дніпропетровськ: Дніпрокнига, 2002. 186 с

24. Спосіб термічної обробки інструментальної сталі: пат. 143032 Україна: МПК С21.Д 9/00, С21Д 9/26, С23С 8/24; заяв.26.12.2019 р., опубл. 10.07.2020 р.

25. 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.

26. 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.

27. 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.

28. Сребрянский Г. А., Стовпченко А. П. Новый подход к получению порошковых материалов. *Materialy V Miedzynarodowa Sasja Naukowa Nowe Technologie i osiagniecia w metalurgii inzynierii materialowej*, Польша, Politechnica Czestochowska, Wydawnictwo Wipmifs, 2004. P. 618-621.

29. Сребрянский Г. А., Стародубцев Ю. Н. Основные принципы совершенствования технологии производства аморфной ленты. *Сталь.*, 1991. № 9. С. 73–78.

30. Рахманов С. Р. Некоторые перспективы повышения износостойкости трубопресового инструмента. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2011, №4 (269). С. 97-100.

31. Спосіб зміцнення трубопресового інструменту з інструментальної сталі: пат. 148695 Україна: МПК C21D 1/00, C23C 8/72, C23C 4/134, C21D 9/08; заяв. 09.09.2021 р., опубл. 19.02.2021 р.

32. 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. 2021. №5. С.131-138, (SCOPUS), doi:org/10.46813/ 2021-135-131.

33. 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» Національна металургійна академія України, м. Дніпро. 25 березня 2021 р., С. 65-73

34. 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», Prague, Czech Republic. 05-08 April 2022, С. 736-748

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

36. Кривчик Л. С., Пінчук В. Л., 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

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