

ЗМІЦНЕННЯ ТРУБНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ ТРУБ З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ЙОГО МЕХАНІЧНИХ І ТРИБОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

*Аспірант¹, викладач² Л.С. Кривчик,
керівник, проф.¹, канд. техн. наук Т.С. Хохлова
зав. кафедрою¹, проф., докт. техн. наук Л.М. Дейнеко
викладач-методист² В.Л. Пінчук*

¹Кафедра матеріалознавства і термічної обробки металів

²Нікопольський фаховий коледж УДУНТ

***Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)
м. Дніпро, Україна***

Нач. лабораторії³ В.О. Столбовий

³Лабораторія плазмових технологій

***Інститут фізики твердого тіла, матеріалознавства і технологій ННЦ
«Харківський фізико-технічний інститут» НАН України
м. Харків, Україна***

Корозійностійкі труби знаходять широке використання в авіації, ракетобудівництві, атомній енергетиці, суднобудівництві та інших відповідальних галузях промисловості. В процесі виробництва корозійностійких труб використовують велику кількість трубного інструменту, вартість якого становить до 25% від вартості переробки всього трубопрокатного цеху.

Створення високопродуктивних і стійких в експлуатації інструментів зв'язане, у першу чергу, із проблемою одержання й обробки таких матеріалів, які могли б протистояти жорстким умовам роботи. Високі механічні властивості інструмента і його теплостійкість (червоностійкість) досягаються спеціальним легуванням і термічною обробкою, але ці методи не завжди дають бажаний результат. Тому певний інтерес представляє розробка й коректування методів термічної обробки і нанесення спеціальних покриттів для підвищення зносостійкості інструменту. Корозійностійкі труби в основному виготовляють методом пресування на трубопрофільних пресах і холодної прокатки на станах ХПТ і ХПТР.

Якість труб, отриманих пресуванням і прокаткою, визначається значною мірою стійкістю інструмента.

Робочий інструмент працює в умовах високих температур, інтенсивних швидкостей ковзання і значного питомого тиску, що зумовлює необхідність використання високолегованих теплостійких інструментальних сталей, які мають підвищену в'язкість і міцність [1].

Умови роботи пресового інструменту характеризуються значними тепловими та силовими навантаженнями на інструмент. При гарячому пресуванні температура нагріву заготовок з різних матеріалів становить від

400 до 1600°C, а робочі шари інструменту можуть нагріватися до 800°C і вище. Тиск на гравюру матриць досягає 1000 МПа [2].

З урахуванням умов експлуатації до матеріалу ставляться такі вимоги: висока теплостійкість; в'язкість; висока розгаростійкість; зносостійкість; жаростійкість; висока теплопровідність [3].

Пресовані труби характеризуються мінімальною, в порівнянні з іншими способами гарячої деформації, кількістю зовнішніх і внутрішніх дефектів завдяки найбільш сприятливій схемі напруженого стану металу у середовищі деформації (всебічне нерівномірне стиснення), перешкоджаючій виникненню дефектів, а також виникаючому при деформації високому питомому тиску, сприяючому ліквідації невеликих дефектів трубної заготовки. Рівномірність структури і, як наслідок, механічні властивості труб по довжині забезпечується високою швидкістю процесу, завдяки чому температурний режим деформації знаходиться у вузькому інтервалі [3].

Найбільш навантаженим пресовим інструментом, який має низьку стікостість при пресуванні корозійностійких сталей, є матричні кільця складних матриць.

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.

Динамічне навантаження матриць забезпечує появу тріщин в місці концентрації напружень і температурних градієнтів, а також наступні хрупкі руйнування. В результаті дії температурних і структурних напружень на робочих поверхнях матриць з'являються сітки розгарних тріщин, які поступово розширюються і заповнюються пресованим металом, що в подальшому призводить до руйнування матриць (Рис.1)

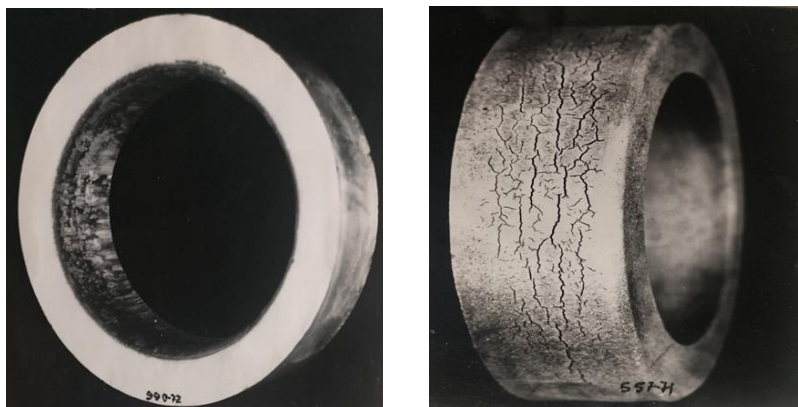


Рисунок 1 - Дефекти матричних кілець

Для виготовлення матричних кілець збірних матриць горизонтальних трубопрофільних пресів використовують вториннотвердіючі сталі 5ХЗВЗМФС і 4Х5МФ1С, які піддають термічній обробці [4]. Таким чином, певний інтерес представляє розробка й коректування методів термічної

обробки і нанесення спеціальних покриттів для підвищення зносостійкості інструменту.

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.2)



Рисунок 2 - Інструмент стану ХПТР

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

При експлуатації інструменту одним з основних видів руйнування є знос (зношування). Встановлено, що 85...90% інструменту, що використовується в процесах деформування, виходить з ладу в результаті зносу і тільки 10...15% з інших причин [5-6].

Знос – процес руйнування і відділення матеріалу з поверхні інструменту і (або) накопичення його залишкової деформації при терті, який проявляється у поступовому змінненні розмірів і (або) форми інструменту (ГОСТ 23002-78).

Знос пов'язаний з ковзанням заготовки, яка деформується, по поверхні інструменту при наявності тертя між ними. Як показує практика, стиранню сприяють нормальні і дотичні напруження, що діють спільно або роздільно. При зносі поверхня інструменту набуває нерегулярного поглиблення, що переходить в наступній стадії в сітку тріщин. Дотичні напруження є причиною утворення канавок, що тягнуться вздовж напрямку течії деформованого металу [7-8].

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. [9].

В поліпшенні експлуатаційних властивостей високонавантажених деталей і вузлів тертя прокатного і трубопрокатного обладнання не знайшли широкого застосування використання зносостійких покриттів. Тому проблема використання зносостійких покриттів для зміцнення трубного інструменту є недостатньо вивченою, хоча і має широкі перспективи використання і значні переваги [12].

Тому пошук раціональних шляхів зміцнення і підвищення трибологічних характеристик трубного інструменту являє собою актуальну задачу в виробництві труб з високолегованих сталей.

Традиційна технологія термозміцнення інструменту з штампових сталей 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.[6]

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.3).

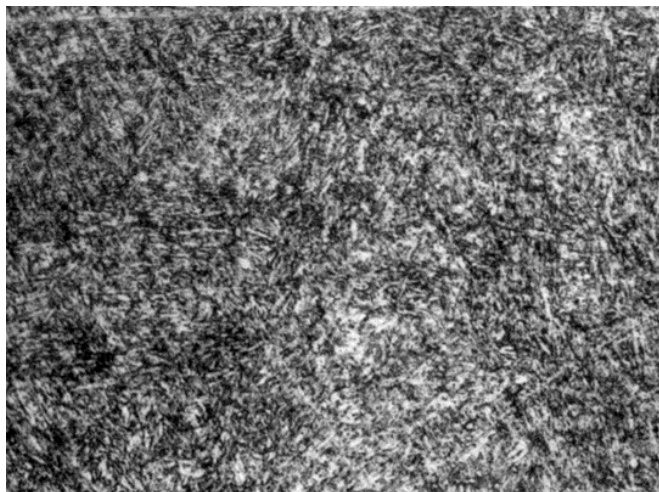


Рисунок 3 – Мікроструктура сталі 4Х5МФ1С після загартування від 1070°С і відпущеної при 550 – 570°С (1 відпуск), 530 – 550°С (2 відпуск) (троостит відпуску), * 500

Нанесення керамічних покриттів на попередньо азотовані сталі є типовим прикладом комбінованої обробки виробів.

Вакуумно-дуговий розряд використовується в промислових технологіях модифікування поверхні для отримання унікальних характеристик

осаджуємих покриттів. Розряд в парах матеріалу катода (метал, сплав, кремній, графіт і ін.) створює потоки плазми з початковою енергією іонів в десятки і сотні (для тугоплавких металів) електронвольт. В потоках плазми також містяться краплі розплавленого матеріалу катода або його тверді осколки [10-11].

З катодних плям, в яких щільність струму складає близько 10^6 А/см² і температура до 5000 ° С, випускаються потоки плазми з частинок матеріалу катода зі ступенем їх іонізації, яка досягає 100%, що дозволяє за допомогою магнітних полів керувати напрямком і щільністю цих потоків [12].

Кількість іонів, кратність їх заряду і енергія мають тенденцію до збільшення з ростом температури плавлення матеріалу катода. При осадженні в високому вакуумі на підкладці утворюється шар катодного матеріалу, товщина якого пропорційна часу і щільності плазмового потоку.

В 80-і роки Науково-навчальний центр «Харківський фізико-технічний інститут» (м. Харків) призначається головним підприємством в програмі створення та впровадження нової технології і обладнання для іонного азотування і нанесення високотвердих зносостійких покриттів на інструменти і деталі машин. Створюється нова модель вакуумно-дугової установки – «Булат-3» [84].

Розроблено новий високоефективний спосіб іонного модифікування поверхонь інструментальних і конструкційних сталей і сплавів, а також покриттів в плазмі двоступеневого дугового розряду низького тиску [13].

Азотування в плазмі двоступеневого дугового розряду має ряд переваг і недоліків. Одне з важливих переваг полягає в тому, що процес відбувається при тисках азоту 0,01 – 0,1 Па, тобто при значеннях азотного потенціалу значно нижче порогового. При цьому ймовірність утворення нітридних фаз, і особливо тендітної s-фази, значно знижується [14-15].

Можливість азотування в газовій частині двоступеневого вакуумно-дугового розряду при негативному або позитивному потенціалі, доданому до зразка, вказує на істотну відмінність від способу іонного азотування в тліючому розряді. Ключова роль тут, мабуть, належить робочому газу азоту, який знаходиться в збудженому стані.

Головною перевагою азотування при позитивному потенціалі на підложці є збереження вихідної чистоти її поверхні (оскільки електрони не розпилюють поверхню), в той час як при негативному потенціалі шорсткість поверхні істотно збільшується через її розпилення іонним бомбардуванням. Тому після іонного азотування потрібна додаткова механічна обробка робочих поверхонь інструментів і деталей машин. При електронному азотуванні шорсткість поверхонь не змінюється, що, наприклад, дає можливість наносити потім зміцнюючі покриття в цій же вакуумній установці в єдиному технологічному процесі (Рис.4) [16-17].

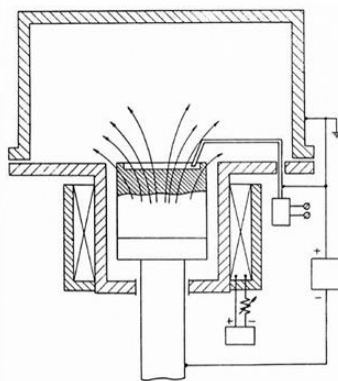


Рисунок 4 – Схема вакуумно-дугового випаровувача установок серій «Булат-6»

Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є удосконалення методів зміцнення основного трубного інструменту – матричних кілець складних матриць горизонтальних трубопрофільних пресів для пресування важкодеформуємих корозійностійких труб і інструменту для холодної роликової прокатки труб шляхом нанесення зносостійких покриттів з метою підвищення їхньої стійкості в експлуатації в порівнянні з традиційними засобами зміцнення – термічною і хіміко-термічною обробкою.

Матеріали та методика досліджень

Для проведення досліджень були виготовлені 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. Кільця виготовлені на ТОВ «Метінсервіс Груп» (м. Нікополь) і піддані зміцнюючій термічній обробці (ступеневе загартування з 1080 – 1100°C та двократному відпуску при 550 – 570°C (1 відпуск) та 530 – 550°C (2 відпуск).

Оправки стану ХПТР «15-30» в кількості 6 (шести) штук: діаметром 17,9 мм і довжиною 350 мм (довжина робочої частини 310 мм) 3 штуки і діаметром 21,6 мм і довжиною 350 мм (довжина робочої частини 310 мм) 3 штуки зі сталі 4Х5МФ1С були виготовлені на ТОВ «ВО Оскар» (м. Нікополь) і піддані зміцнюючій термічній обробці (ступеневе загартування з 1080 – 1100°C та двократному відпуску при 550 – 570°C (1 відпуск) та 530 – 550°C (2 відпуск).

Інструмент і експериментальні зразки з розмірами 20×20×3 мм попередньо промивали лужним розчином в ультразвуковій ванні, а потім нефрасом С2-80/120. Зразки завантажували в модернізовану установку типу «БУЛАТ-6». На інструменти подавали позитивну напругу перемикачем 10, регулюючи величину струму в джерелі 8 в межах декількох десятків ампер з

метою підтримки температури інструментів на рівні 450 ... 500 ° С. Електронне бомбардування забезпечувало нагрів і азотування інструментів. Азотування при позитивному потенціалі дозволяє істотно зменшити ймовірність виникнення на інструментах мікродуг і уникнути іонного розтруювання їх поверхні. Після досягнення необхідної товщини азотованого шару (~ 30 мкм) на інструмент подавали негативну напругу. При триваючому азотуванні одночасно відбувалася очистка поверхні іонами азоту [17].

Після процесу азотування (відразу на гарячу деталь) проводиться осадження наноструктурного покриття TiN в єдиному технологічному циклі. Струм дугового розряду на катоді Ti 100 А. Відстань від катода до деталей 500 мм. Осадження покриттів здійснювалося при негативному потенціалі - 200 В (9) при безперервному обертанні поворотного механізму. Час напилення покриття 90 хв [17]

Нітриди титану мають золотистий колір, відтінки якого змінюються в залежності від вмісту в них азоту. Покриття, отримані при малих тисках азоту, мають світло-жовтий колір. При підвищенні тиску їх колір стає темно-жовтим з червонуватим відливом.[16]

Інструмент і експериментальні зразки з розмірами 20×20×3 мм попередньо промивали лужним розчином в ультразвуковій ванні, а потім нефрасом С2-80/120. Зразки завантажували в модернізовану установку типу «БУЛАТ-6». Вакуумну камеру 1 відкачували до тиску $P = 1,3 \cdot 10^{-3}$ Па.

Іонна очистка з активацією поверхні підкладок проводилась прискореними іонами азоту в газовій плазмі дугового розряду при тиску $P_N = 0,66$ Па. Для створення газового розряду в робочому об'ємі камери необхідно включити випарник 2 і при цьому створюється газо-металева плазма, яка через екран (3) буде є емітером електронів для газового розряду в об'ємі робочої камери (1). При подачі на корпус вакуумно-дугового випарника 7 позитивного потенціалу перемикачем 9 від джерела живлення дуги в присутності азоту при тиску 0,05...0,5 Па в робочому об'ємі камери виникає газовий дуговий розряд. При подачі на підкладку (4), а отже і на зразки (6) високого негативного потенціалу -1000 ... -1300 В відбувається її розігрів за рахунок бомбардування іонами азоту до температури 480...540°C, що забезпечує процеси азотування на поверхні зразків. Температура підкладок надалі підтримується зміною величини негативного потенціалу (10). Тривалість процесу азотування була 1 година.

Після процесу азотування проводиться осадження багат шарових покриттів TiZrN/NbN. Струм дугового розряду на катоді TiZr = 100 А (8), струм дуги катода Nb = 125 А (13). Відстань від катодів до зразків 500 мм. Командоконтролером (11) регулюється тривалість нанесення кожного шару, зокрема, в роботі обертання здійснювалось безперервно. Осадження покриттів здійснювалося при негативному потенціалі – 270 В (10) при тиску азоту $P_N = 0,66$ Па.

Час осадження був 1 година. Тобто в попередній проміжок часу відбувалось азотування на глибину 50-60 мкм за одну годину, а зверху наносилось наноструктурне вакуумно-дугове покриття TiZrN/NbN товщиною ~ 5-7 мкм (1 година) (Рис.5)

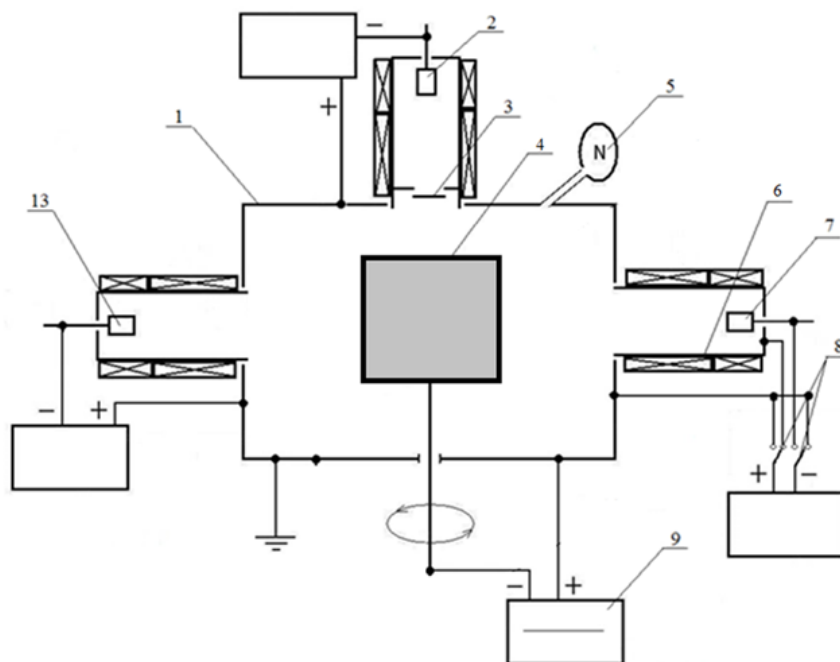


Рисунок 5 - Принципова схема вакуумно-дугової установки типу «БУЛАТ-6» для нанесення наноструктурних покриттів і азотування сталей:

1 - вакуумна камера; 2 - вакуумно-дуговий випарник; 3 - металевий екран; 4 - екран тримач зразків; 5 - регулятор тиску азоту; 6 - зразки; 7 - корпус вакуумно-дугового випарника - анод для газового розряду; 8 - катод Nb; 9 - реле перемикання; 10 - джерело постійної напруги; 11 - командоконтролер; 13 - катод TiZr.

Мікроструктури зразків сталей наведені на рис.6

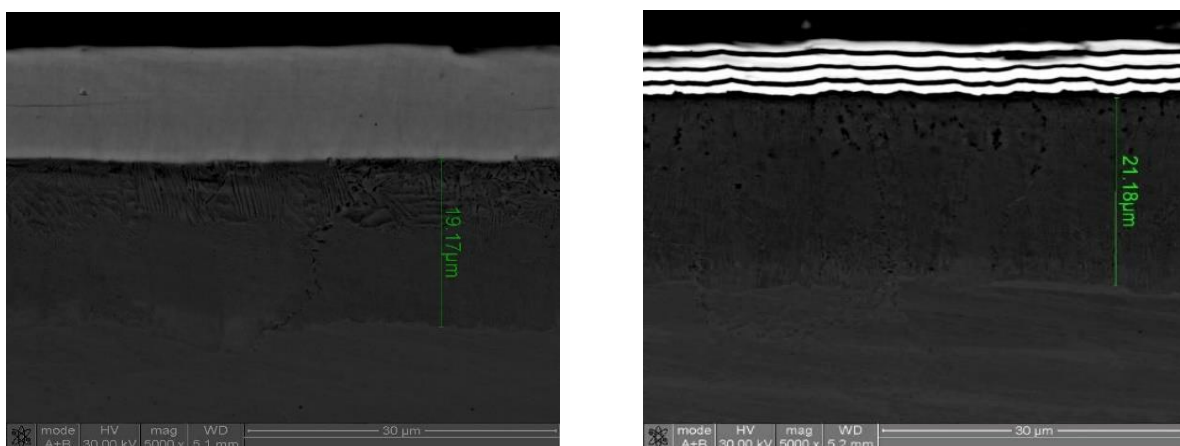


Рисунок 6 - Структури експериментальних зразків штампових сталей після іонного азотування і нанесення одно- і багатошарового покриття при електронному дослідженні

Результати досліджень

Випробування матричних кілець після зміцнюючої обробки і нанесення покриття виконано на трубопрофільному пресі м. Дніпро (ТОВ «ВО ОСКАР») (Рис.7)



Рисунок 7 - Випробування трубопресового інструменту на ТОВ «ВО ОСКАР» (м.Дніпро)

Найбільш надійну оцінку результатів термічної і хіміко-термічної обробки дають металографічні дослідження, які дають відомості про товщину і будову шару з'єднань і дифузійного шару. 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. Замір твердості поверхні зразків після ХТО був виконаний за допомогою мікротвердоміра (мікроскопа) - типу ПМТ-3 при навантаженні 100гс $HV_{0,1}$. [14]

Результати заміру мікротвердості на приборі ПМТ-3 зразків сталі 4Х5МФ1С після іонного азотування і нанесення покриття TiN наведені в таблиці 1, а зміна твердості інструментальної сталі після іонного азотування і нанесення покриття TiN в залежності від глибини визначення твердості на рис.8.

Найбільш універсальною характеристикою механічних властивостей покриттів є їх твердість. На рис.9 показані дані по твердості (Н) і модуль пружності (Е) багатошарових покриттів TiN/ZrN в залежності від кількості шарів (нанесених за один й той же проміжок часу).

Міжшарові границі перешкоджають зсуву дислокацій і знижують пластичну деформацію. Таким чином збільшується твердість і міцність матеріалу.

Таблиця 1 - Результати заміру мікротвердості на приборі ПМТ-3 зразків сталі 4X5MΦ1C після іонного азотування і нанесення покриття TiN (значення мікротвердості на поверхні покриття 23000 – 25000 МПа)

№ зразку	Зона	Діаметр відбитка	Середній діаметр відбитка, мкм	Навантаження, Г	Значення мікротвердості МПа	Середнє значення мікротвердості, МПа	Середнє значення мікротвердості, Кг/мм ²
1	30	12	12,87	100	11200		
2	30	13	13,45	100	11400		
3	30	12	12,78	100	11600		
4	30	12	12,184	100	11340	11350	1135
5	50	13	13,024	100	10560		
6	50	14	14,872	100	10500		
7	50	14	14,332	100	10340		
8	50	14	14,64	100	10350	10350	1035
9	150	15	15,096	100	8790		
10	150	15	15,764	100	8700		
11	150	15	15,764	100	8600		
12	150	15	15,182	100	8400	8500	850
13	250	16	16,96	100	7344		
14	250	16	16,96	100	7344		
15	250	16	16,86	100	7348		
16	250	16	16,717	100	7365	7300	730
17	центр	18	18,196	100	5983		
18	центр	18	18,712	100	5664		
19	центр	19	19,176	100	5519		
20	центр	20	20,196	100	4994	5040	504

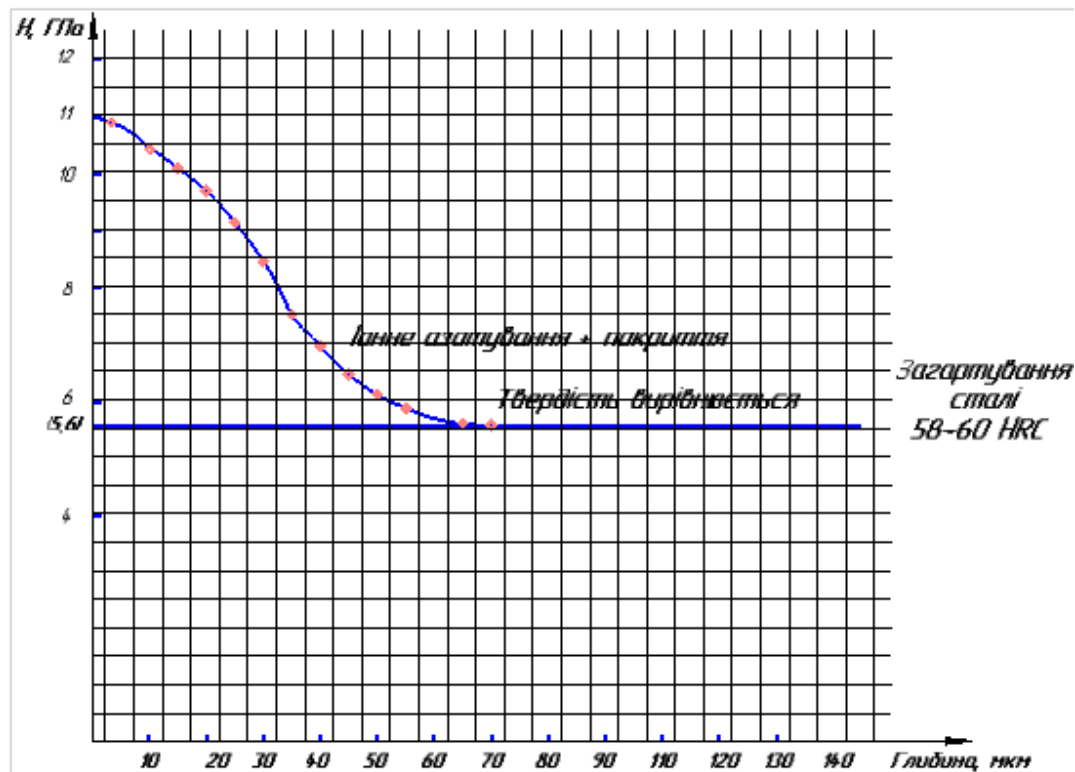


Рисунок 8 - Зміна твердості інструментальної сталі після іонного азотування і нанесення зносостійкого покриття в залежності від глибини визначення твердості

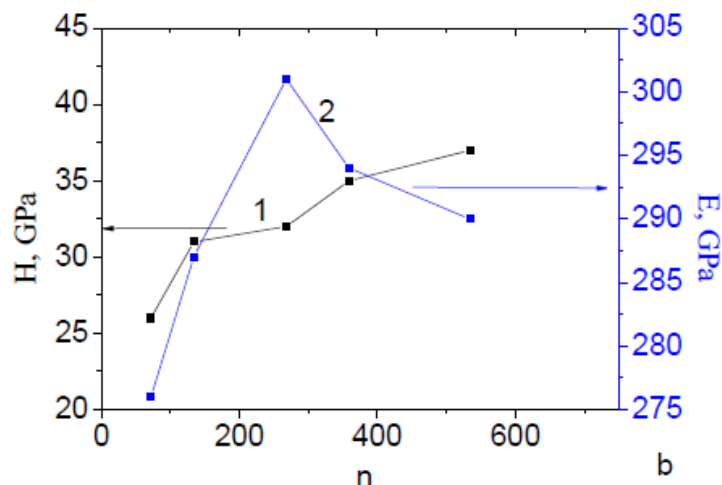


Рисунок 9 - Графік залежності твердості (1) і модуля пружності (2) від числа шарів в покриттях ZrN/TiN осаджених при – 200 В.

Залежність зміни коефіцієнта тертя f і глибини впровадження індентора h від відношення H/E показана на рис. 10. Видно, що зі збільшенням відношення H/E (тобто при зменшенні пластичності матеріалу і збільшенні відносної твердості) відбувається зменшення проникнення глибини індентора і при цьому зменшення коефіцієнт тертя [16].

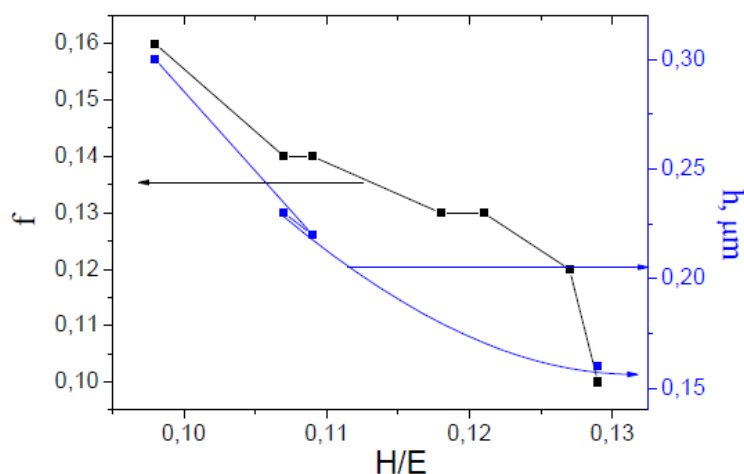


Рисунок 10 - Залежність зміни коефіцієнта тертя f і глибини проникнення індентора h від відношення H/E в покритті ZrN/TiN

Висновки

1. У зв'язку з низькою стійкістю трубного інструменту (інструменту для гарячого пресування корозійностійких труб і інструменту станів ХПТР) 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 комбінованої обробки матричних кілець і інструменту станів ХПТР, яка включає азотування з наступним осадженням керамічних

покривів в єдиному технологічному процесі з використанням ДВДР в вакуумно-дугових установках типу «Булат» (ННЦ ХФТІ) значно підвищує стійкість інструменту внаслідок високих показників поверхневої твердості.

3. Проведення хіміко-термічної обробки після загартування з відпуском інструментальної сталі 4X5MФ1С (іонного азотування в плазмі ДВДР), а також нанесення зносостійких покриттів TiN, TiZrN, NbN, TiZrN/NbN, TiN/CrN 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.

Посилання

1. Каргин В.Р., Каргин Б.В. Теория и технология прессования, прокатки и волочения / В.Р.Каргин. – Самара: СГАУ, 2014. – 72 с.
2. Куцова В.З., Леговані сталі та сплави з особливими властивостями: Підручник / В.З. Куцова. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2008. – 250 с.
3. Шерба В.Н., Райтбарг Л.Х., Технология прессования металлов / В.Н. Шерба. – М.: Металлургия, 1995. – 153 с.
4. Мохорт А.В., Термічна обробка металів: Навч.посібник / А.В.Мохорт. – К.: Либідь, 2002. – 512 с.
5. Лезинская Е.Я., Бильдин К.М. и др., Сборник лекций по технологии производства нержавеющей труб / Е.Я. Лезинская. – Нікополь: Сентравис, 2019.
6. Большаков В.И., Оборудование термических цехов, технологии термической и комбинированной обработки металлопродукции / В.И. Большаков. – Днепропетровск: РИА Днепр- Vah, 2010. – 619 с.
8. Таран Ю.М., Калінушкін Є.П., Куцова В.З. та ін., Металознавство і термічна обробка металів і сплавів із застосуванням комп'ютерних технологій навчання, ч. 2: Підручник / Ю.М. Таран. – К.: Дніпрокнига, 2002. – 360 с.
9. Александров В.А., Богданов К.В. Азотирование инструмента из высокохромистых и быстрорежущих сталей / В.А. Александров // Упрочняющие технологии и покрытия, 2005. – № 5. – 14-20 с.
10. А.А. Андреев, С.Н. Григорьев. Износостойкие вакуумноплазменные покрытия на основе титана в инструментальном производстве // Станки и инструмент. 2006, № 2, с. 19 - 24.
11. А.А. Андреев, Л.П. Саблев, В.М. Шулаев, С.Н. Григорьев. Вакуумно-дуговые устройства и покрытия. Харьков: ННЦ ХФТИ, 2005, 236 с.
12. И.И. Аксёнов, А.А. Андреев, В.Г. Брень, и др. Покрывта, полученные конденсацией плазменных потоков в вакууме (способ конденсации с ионной бомбардировкой) // Украинский физический журнал. 1979, т. 24, № 4, с. 515-525.
13. Герасимов С.А., Жихарев А.В., Березина Е.В. и др. Новые идеи о механизме образования структуры азотированных сталей / С.А. Герасимов // МиТОМ, 2004. – №1. – 13-17с.

14. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н., Химико-термическая обработка металлов / Ю.М. Лахтин, – М.:Металлургия, 1985. –256 с.
15. Лахтин Ю.М. Диффузионные основы процесса азотирования / Ю.М. Лахтин // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1995. – №7. – С. 14–17.
16. Н.С. Ломино, В.Д. Овчаренко, Г.Н. Полякова, А.А. Андреев, В.М. Шулаев. Межэлектродная плазма вакуумной дуги в атмосфере азота // Сб. докл. 3-й Межд. конф. «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов». Харьков, 2002, с. 202-222.
17. Александров В.А..Азотирование инструмента из высокохромистых и быстрорежущих сталей / В.А.Александров, К.В.Богданов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2005. – № 5. – С. 14-20.

ВПЛИВ МОРФОЛОГІЇ ЕВТЕКТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ В ШВИДКОРІЗАЛЬНІЙ СТАЛІ НА ЇЇ ЗНОСОСТІЙКІСТЬ

*Наук. співроб., канд. техн. наук О.В. Мовчан,
доц., канд. техн. наук К.О. Чорноіваненко*

Український державний університет науки і технологій, Дніпро, Україна

Вступ. Працездатність інструменту визначається умовами обробки та оброблюваними матеріалами, а також властивостями інструментального матеріалу, які значною мірою залежать від стану структури та тонкої структури швидкорізальних сталей, що застосовуються для виготовлення різального інструменту. Широко поширені швидкорізальні сталі Р18, Р6М5, Р6М5К5, Р9К5 та інші, незважаючи на високі показники твердості та теплостійкості, не завжди здатні забезпечити необхідну продуктивність і зносостійкість, особливо при обробці матеріалів, що важко обробляються. Тому, актуальним завданням є підвищення експлуатаційних властивостей швидкорізальних сталей за рахунок зміни їх структури та розробка на цій основі різальних інструментів з підвищеною зносостійкістю та продуктивністю.

Треба зазначити позитивні якості ванадія, як основного легуючого елементу швидкорізальних сталей. Ванадій відноситься до групи елементів, які утворюють в сталях тверді тугоплавкі монокарбіди. Мікротвердість карбіду VC становить близько 24000 Н_м [1], у зв'язку з цим сталі, леговані ванадієм, мають високу твердість і зносостійкість [2...3]. Крім того, карбід VC досить добре розчиняється в аустеніті при високих температурах. Таким чином, сталі з високою концентрацією ванадію і вуглецю при відповідній