

doi: 10.32620/oikit.2020.89.03

УДК 621.98.044

Є. А. Фролов¹, Н. К. Резніченко²,
Є. С. Дерябкіна², С. І. Кравченко³,
В. В. Агарков⁴, С. Г. Ясько⁵

Дослідження впливу покриттів і технологічних методів виготовлення напрямних елементів на їх зносостійкість

¹Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», ²Українська інженерно-педагогічна академія,
³Полтавська державна аграрна академія,
⁴Державне підприємство «Харківстандартметрологія»,
⁵ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Подано матеріали експериментальних досліджень впливу покриттів і технологічних методів виготовлення напрямних елементів універсально-збірної переналагоджуваної оснастки на їх зносостійкість. Досліджено покриття із твердосплавного порошку марки ВК15, що наносять методом детонаційного напилення, та покриття на основі нітриду титану, вироблене способом конденсації з іонним бомбардуванням, а також зміцнення поверхні напрямних елементів алмазним вигладжуванням для різних сталей: 20В, 12ХН3А, 40Х, 38ХМЮА-В та ін. При алмазному вигладжуванні шорсткість поліпшується на 2 – 3 класи і змінюється сам характер шорсткості: замість мікронерівностей з гострими вершинами та западинами, які характерні для поверхонь після шліфування, створюється мікрорельєф поверхні з округлими вершинами та впадинами. При цьому багаторазово зростає опорна поверхня зразків, прискорюється їх припрацьовування. За результатами випробувань під навантаженням 50, 75 і 100 кгс побудовано графік залежності зношення від питомого тиску і було встановлено, що зношення зразків після вигладжування зменшується на 25...40 % порівняно зі шліфованими та при навантаженні 20 кгс/см² відповідно становить для сталі 20 ... 2,7 і 1,9 мкм, для сталі 12ХН3А – 2,3 і 1,6 мкм, для сталі 40Х – 1,8 і 1,3 мкм і для сталі 38ХМЮА – 1,4 і 0,8 мкм. З підвищенням навантаження зношення шліфованих зразків різко зростає, а у вигладжувальних цей процес відбувається значно повільніше. За результатами випробувань побудовано графіки інтенсивності зношування від тривалості випробувань і зношування від кількості циклів. За результатами випробувань встановлено, що найменше зношування має сталь 38ХМЮА, що пов'язано з її високою твердістю і незначною схильністю до схоплювання металу. На підставі результатів досліджень встановлено, що різні методи оброблення деталей (попередні) шліфування і діамантове вигладжування мають різне зношування. Встановлено, що діамантове вигладжування є дуже ефективним процесом поверхневого зміцнення. У результаті проведених випробувань встановлено, що найкращі показники при випробуванні на зносостійкість отримані у колонки з покриттям TiN, товщина якого не перевищує 0,1 мкм, що в 5 – 6 разів менше зносостійкості колонок із твердосплавним покриттям. Для системи напряму переналагоджуваних штамів необхідно рекомендувати пару напрямна колонка з детонаційними покриттям ВК15 і обойма (втулка) з покриттям КІБ на основі TiN, оскільки ці покриття показали високі експлуатаційні властивості і практично не мали зносу.

Ключові слова: універсально-збірні переналагоджувані штампи; покриття; детонаційне напилення; конденсація з іонним бомбардуванням; вигладжування; зношування.

Вступ

В умовах багатосерійного виробництва процес холодного штампування забезпечує високу продуктивність і низьку трудомісткість штампованих деталей. Однак при цьому великим недоліком є висока вартість і велика трудомісткість спеціального штампування оснащення, що застосовують для оснащення технологічних операцій.

В умовах багатомноменклатурного дрібносерійного і серійного виробництв, особливо при дискретно-нестабільних програмах випуску продукції для технологічного оснащення операцій листового штампування, успішно експлуатують універсально-збірні переналагоджувані штампи (УЗПШ) [1-3], в системі яких закладено автономну систему напрямку, що дозволяє проводити встановлення напрямних елементів у потрібних місцях базових плит із технологічної та конструктивної точок зору [1-4].

Великий вплив на працездатність і довговічність УЗПШ має зносостійкість напрямних елементів, яка в основному залежить від матеріалу, хіміко-термічної обробки, технологічних методів поверхневого зміцнення і різних нанесених покриттів.

Однак у технічній літературі питанням вибору матеріалу для виготовлення напрямних елементів УЗПШ приділено недостатню увагу. Більшість рекомендацій мають чисто прикладний характер. Особливо це стосується питань підвищення зносостійкості в конструкції при різних технологічних операціях: пробивання-вирубка, згинання, формування тощо.

Мета досліджень – вибір оптимальних параметрів покриттів і технологічних методів підвищення зносостійкості напрямних елементів для УЗПШ.

Основний матеріал

Відомо, що підвищення зносостійкості третьових поверхонь можна здійснювати нанесенням різних покриттів на їх робочі поверхні або зміцненням поверхневим пластичним деформуванням.

У роботі досліджено покриття із твердосплавного порошку марки ВК15, що наносять методом детонаційного напилення [4], покриття на основі нітриду титану, вироблене способом конденсації з іонним бомбардуванням (КІБ), і зміцнення поверхні алмазним вигладжуванням [5].

Значна перевага детонаційного методу – помірне нагрівання поверхневого шару виробів, що не перевищує 250 °С. Тому основа практично не деформується і не піддається іншим фізичним змінам, цим методом можна отримувати покриття, що мають різні експлуатаційні характеристики. Детонаційне покриття використовують для отримання як жаростійких, так і теплостійких покриттів, а також покриттів, що мають високу зносостійкість і корозійну стійкість в агресивних середовищах [6]. Найбільш рекомендованими для захисту від зносу є детонаційні покриття на основі карбиду вольфраму. Як матеріал нанесення використовували механічну суміш порошків WCuCo (BK15) за режимами: швидкострільність – 1 постріл у 2 секунди, дистанція напилення – 150 мм, співвідношення робочих компонентів $O_2(N_2)C_2H_2$ – 30 ... 40 ... 30 %, товщина одержуваних покриттів – 0,25 ... 0,30 мм.

Після шліфування товщина твердосплавного покриття становила 0,10 ... 0,12 мм. Таким чином, нам вдалося отримати робочу напрямну колонку, що являє собою сталевий стрижень, укладений в твердосплавну оболонку. При цьому колонка зберігала всі переваги твердого сплаву й одночасно виключала його недоліки. Крім того, твердосплавне покриття, маючи пористість, здатне утримувати мастило, що підвищує антифрикційні властивості третьової пари.

Для визначення впливу технологічних методів оброблення на надійність і довговічність конструкції зразки (напрямна колонка і рухома обойма) були виготовлені двома методами (рисунок 1):

- із застосуванням шліфування і доведення [7];
- із застосуванням поверхневого пластичного деформування методом алмазного вигладжування [5].

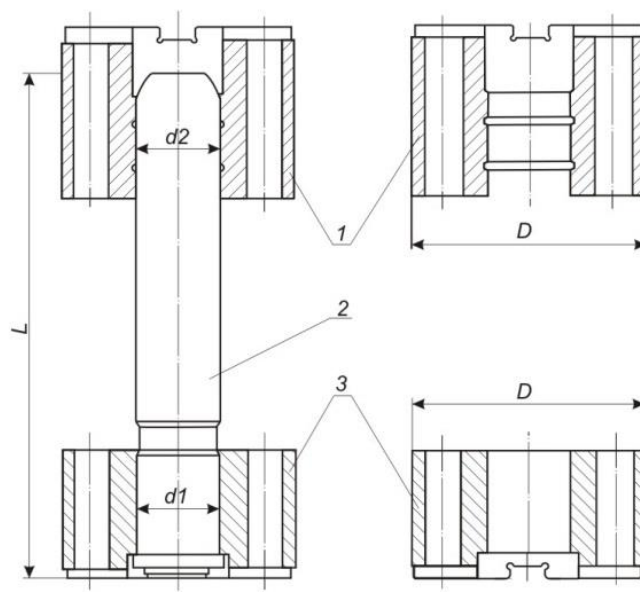


Рис.1. Система напрямку:

1 – верхня рухома обойма; 2 – напрямна колонка; 3 – нижня нерухома обойма

Відомо, що процес вигладжування є пластичне деформування вихідного мікропрофілю. При певному зусиллі підтискання алмазу до вигладжувальної поверхні контактний тиск дорівнює величині межі текучості вигладжувального матеріалу, в результаті чого відбувається пластична деформація в зоні контакту.

Алмазне вигладжування здійснювали на зразках зі сталі 20 і 12ХНЗА після цементації, а також зі сталі 40Х і 38ХМЮА після азотування.

Пластична деформація твердого поверхневого шару є можливою завдяки наявності як у цементованих, так і в азотованих зразках в'язкої матриці, яка має деякий запас пластичності.

Для вигладжування зразків і напрямних елементів нами були розроблені та виготовлені два пристосування (рисунок 2) для вигладжування зовнішніх циліндричних поверхонь (а) і отворів (б), призначених для роботи на токарних верстатах.

На основі попередніх лабораторних випробувань встановлено, що мікроструктура детонаційного покриття ВК15 має зерна карбідної фази WC , що пов'язані між собою твердим розчином на основі кобальту. Глибина шару дорівнює 0,35 мм. Твердість детонаційного покриття, що забезпечується за рахунок зерен карбіду вольфраму, становить 1300 Нм. Твердість за глибиною шару не змінюється і різко знижується при переході до термічно необробленої основи.

Після випробування на машині МІ-1М зношення зразків з покриттям ВК15 становила 0,1 мкм. Висока зносостійкість твёрдосплавних покриттів пов'язана як з природою компонентів, так і зі структурою покриттів. Тверда складова

покриттів (карбід вольфраму) вкраплена в м'яку матрицю. У покритті та в матеріалі такого типу навантаження сприймає головним чином тверда складова, зменшуючи тим самим глибину деформування. М'яка матриця перешкоджає крихкому руйнуванню зерен карбиду вольфраму, тобто структура твердого сплаву має вигляд класичної структури антифрикційного матеріалу.

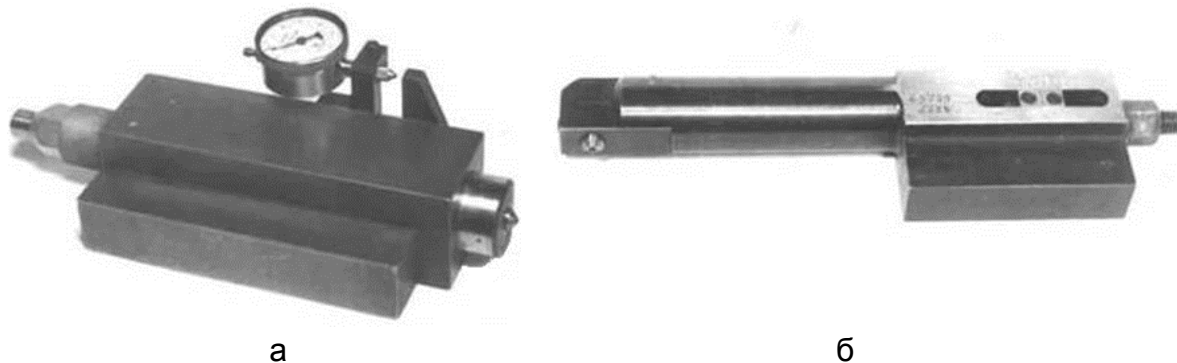


Рис. 2. Пристосування для алмазного вигладжування:
а – для зовнішніх поверхонь; б – для внутрішніх поверхонь

Мікроструктура зразків із покриттям з TiN є мікроструктурою підкладки, оскільки товщина покриття становить 3 ... 5 мкм. Твердість покриття з нітриду титану становить 2200 ... 2400 нм і фіксується при товщині плівки не менше 12...15 мкм. У нашому випадку твердість покриття, зареєстрована приладом, –1100 нм, тому що при малій товщині плівки (3...5 мкм) відбулося її змінання і поглиблення у верхні шари м'якої матриці підкладки.

Зношення зразків із покриттям зі TiN не виявлено. Це можна пояснити тим, що на процес тертя сильно впливає існування вторинних структур у контактній поверхні. Наявність тонких окисних плівок значно знижує зношення пар.

Покриття із TiN має високу твердість. Однак відносна зносостійкість матеріалу залежить не тільки від його твердості. Висока твердість у поєднанні з малою хімічною активністю призводить до ослаблення контактних зв'язків, значною мірою знижується схильність до адгезійного схоплювання у вузлі тертя.

Мікроструктури та графіки зміни мікротвердості зразків, які зазнали зміцнення алмазним вигладжуванням, показані на рисунках 3 і 4.

Мікроструктурні зміни при пластичній деформації відбуваються в тонкому поверхневому шарі. Тому структура зразків є такою ж як у шліфованих зразків.

Однак мікротвердість зразків із поверхневим пластичним деформуванням трохи вище, ніж у шліфованих зразків (рисунок 5).

Так твердість сталі 20-B і 12ХН3А-B підвищилася на 45 ... 50, 40Х-B – на 35 і 38ХМЮА-B – на 100 нм. Це пояснюється поліпшенням фізико-механічних властивостей металу внаслідок подрібнення зерен інших структурних перетворень, формуванням у поверхневому шарі сприятливих залишкових напружень стиску. Після випробування на зносостійкість мікротвердість вигладжувальних зразків знизилася на 20...50 Нм, а глибина шару зменшилася на 3 ... 4 мкм, тобто ці зміни менше, ніж у шліфованих зразків.

За результатами випробувань побудовані графіки інтенсивності зношення від тривалості випробувань і зношення від кількості циклів (рисунок 5), а також графіки коефіцієнта тертя від шляху тертя (рисунок 6). Із рисунка видно, що

період припрацювання у зразків, виготовлених із застосуванням пластичного деформування, в 1,6 – 2 рази менше, ніж у шліфованих зразків, а лінійне зношення зразків виготовлених зі сталі 38ХМЮА, в 1,85 рази нижче, ніж у шліфованих зразків з цієї ж сталі. Інтенсивність зношення цих зразків у 3,7 рази нижче, ніж у зразків зі сталі 20; в 3,1 рази нижче, ніж зі сталі 12ХН3А; у 2,6 рази нижче, ніж зі сталі 40Х.

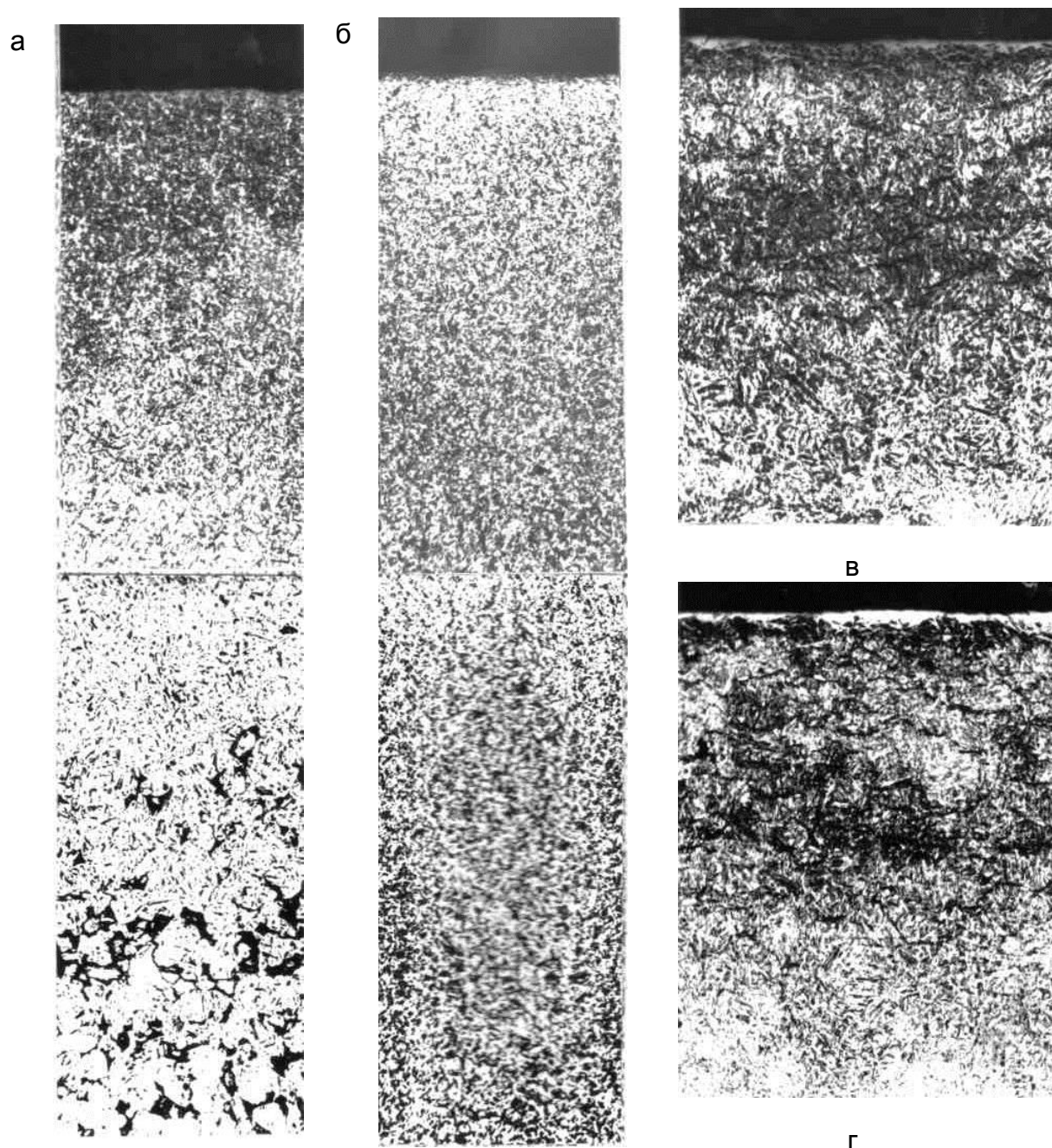


Рис. 3. Мікроструктура цементованих сталей:
а – сталь 20-В; б – сталь 12ХН3А-В; в – сталь 40Х-В;
г – сталь 38ХМЮА-В – після випробування на зношення

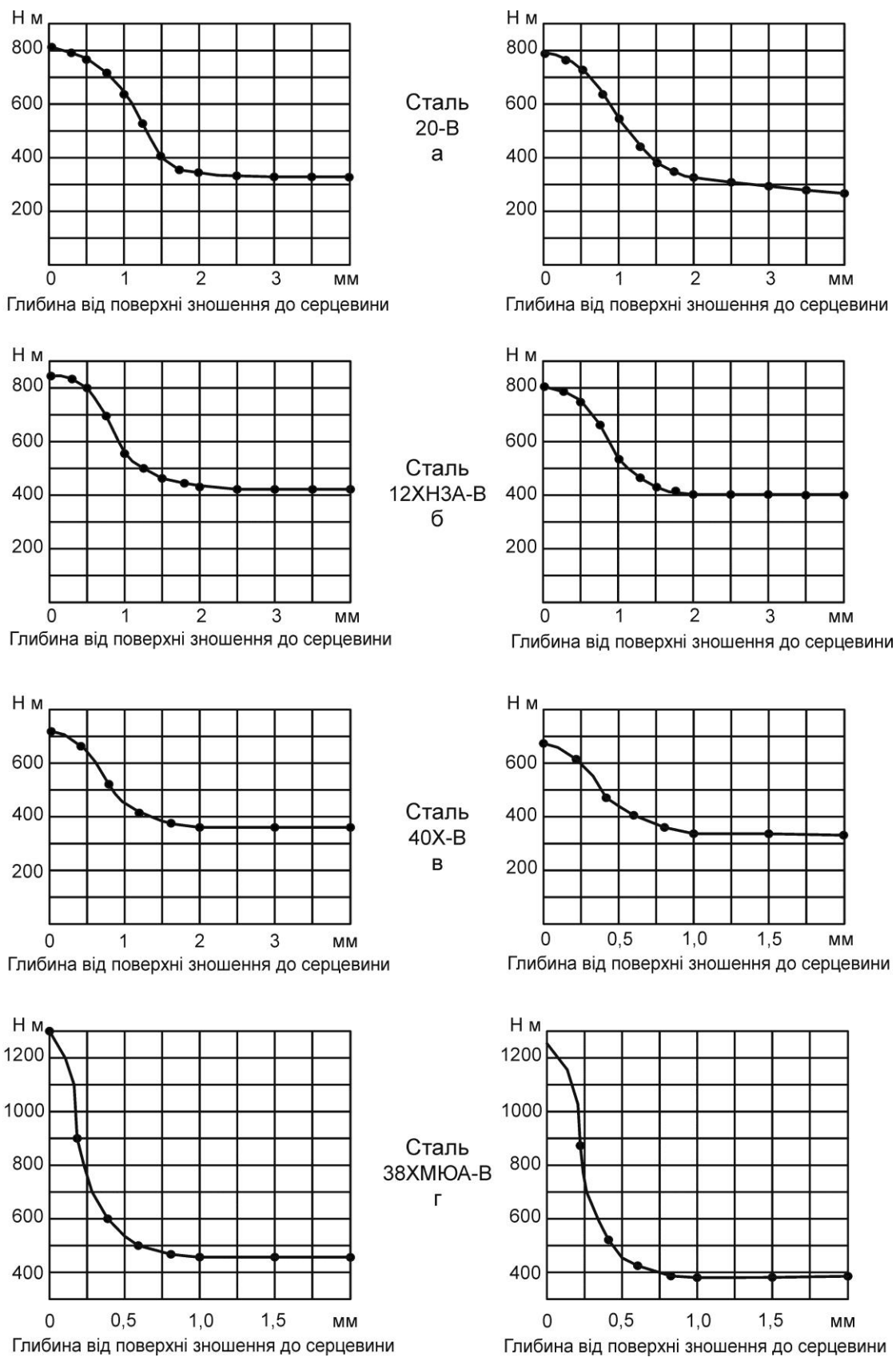


Рис. 4. Графіки зміни мікротвердості:
 1 – до випробування; 2 – після випробування на зношення

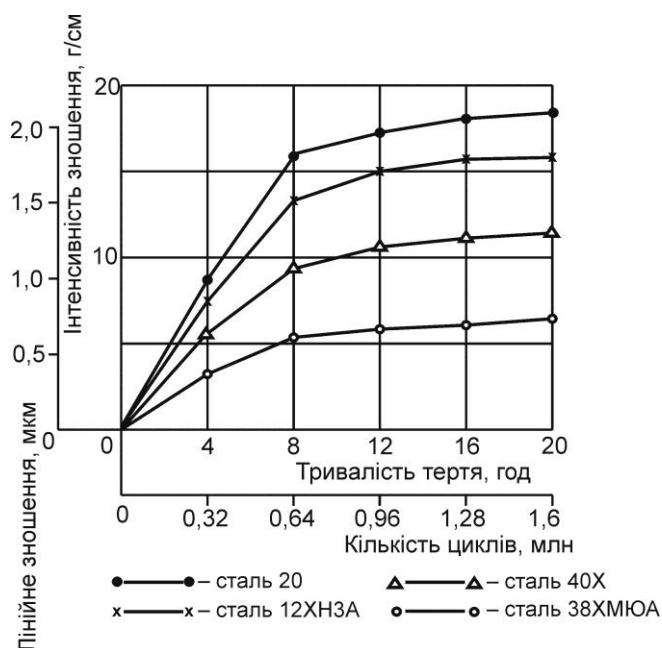


Рис. 5. Залежність інтенсивності зношення зразків, поверхнево зміцнених алмазним вигладжуванням, від тривалості випробувань

Із рис. 6 видно, що коефіцієнт тертя у зразків вигладжувальних значно нижче, ніж у зразків шліфованих. При алмазному вигладжуванні шорсткість поліпшується на 2 – 3 класи і змінюється сам характер шорсткості: замість мікронерівностей з гострими вершинами та западинами, які характерні для поверхонь після шліфування, створюється мікрорельєф поверхні з округлими вершинами та впадинами. При цьому багаторазово зростає опорна поверхня зразків, прискорюється їх припрацьовування.

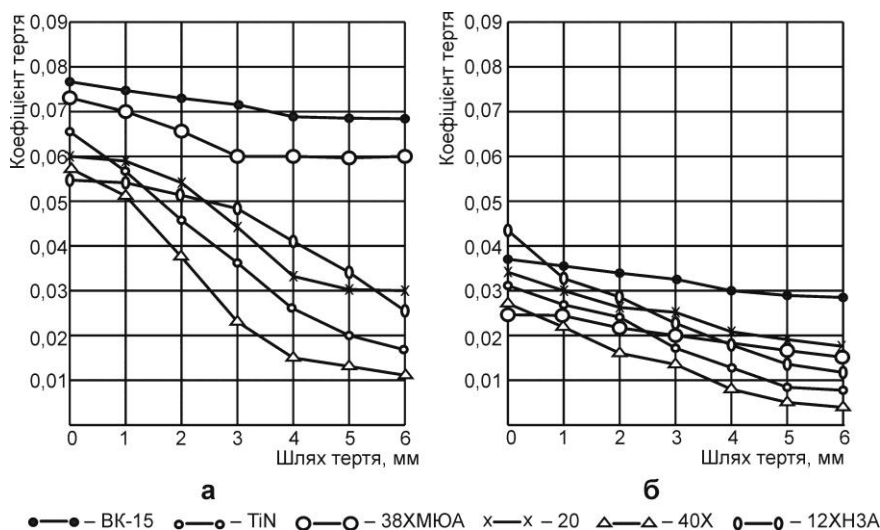


Рис. 6. Залежність коефіцієнта тертя від шляху тертя: а – зразки шліфовані; б – зразки вигладжувальні

За результатами випробувань під навантаженням 50, 75 і 100 кгс побудовано графік залежності зношення від питомого тиску і було встановлено, що зношення зразків після вигладжування зменшується на 25...40% порівняно зі

шліфованими та при навантаженні 20 кг/см² відповідно становить для сталі 20 – 2,7 і 1,9 мкм, для сталі 12ХН3А – 2,3 і 1,6 мкм, для сталі 40Х – 1,8 і 1,3 мкм і для сталі 38ХМЮА – 1,4 і 0,8 мкм. З підвищенням навантаження зно зношення шліфованих зразків різко зростає, а у вигладжувальних цей процес відбувається значно повільніше. Найменше зно зношення має сталь 38ХМЮА. Висока зносостійкість сталі 38ХМЮА визначається її високою поверхневою твердістю і незначною схильністю до схоплювання.

Одним із чинників, що визначають якість спряжених поверхонь деталей, є мікрогеометрія поверхні. У процесі тертя і зно зношення мікрогеометрія вихідної поверхні значно змінюється, утворюючи так званий оптимальний мікрорельєф для даних умов тертя, що знаходиться в прямому зв'язку зі структурним станом поверхневих шарів металів.

Характер мікрогеометрії зумовлений особливостями руйнування поверхонь тертя, що, в свою чергу, залежить від фізико-хімічних і механічних процесів, що виникають і розвиваються при терті та зношуванні. В окремих випадках вихідна мікрогеометрія поверхонь тертя робить помітний вплив на виникнення і розвиток процесів тертя і зно зношення, особливо в період припрацювання.

Стан поверхні (її мікрогеометрії) вимірювали і оцінювали на профілографі моделі 201, який дає цифрову оцінку – профілограму. Результати вимірювання шорсткості та вплив її на лінійне зно зношення і коефіцієнт тертя наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати вимірювання шорсткості

Матеріал і вид зміцнення поверхонь тертя	МЕТОДИ ОБРОБЛЕННЯ					
	ШЛІФУВАННЯ			АЛМАЗНЕ ВИГЛАДЖУВАННЯ		
	Висота мікронерівностей, мкм	Лінійне зно зношення, мкм	Коефіцієнт тертя	Висота мікронерівностей, мкм	Лінійне зно зношення, мкм	Коефіцієнт тертя
20 – цементация	6,6	2,6	0,04	2,2	1,9	0,02
12ХН3А – цементация	9,2	2,2	0,04	2,0	1,7	0,02
40Х – азотування	7,2	1,8	0,03	2,0	1,3	0,02
38ХМЮА – азотування	3,3	1,3	0,06	0,6	0,7	0,015

На основі результатів, наведених в таблиці 1, побудовані діаграми лінійного зно зношення, залежно від технологічних методів оброблення (рисунок 7).

Аналіз діаграм показує, що для різних марок сталей і методів їх оброблення зно зношення знаходиться в значних межах. Максимальне зно зношення 2,6 мкм має сталь 20 шліфована, мінімальне – 0,7 мкм – сталь 38ХМЮА вигладжувальна. Зно зношення зразків, поверхнево зміцнених алмазним вигладжуванням, зі сталі 40Х однаковий зі зно зношенням шліфованих зразків зі сталі 38ХМЮА, а зно зношення вигладжувальних зразків зі сталі 20 – на 0,3 мкм, або на 12% менше, ніж у шліфованих зразків зі сталі 12ХН3А.

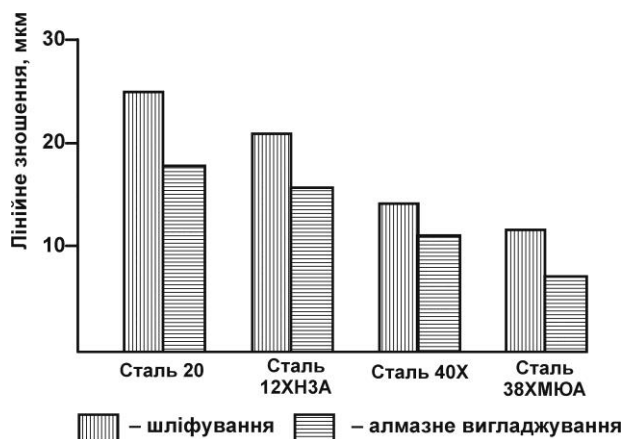


Рис. 7. Залежність лінійного зношення зразків від технологічних методів оброблення

Алмазне вигладжування є досить ефективним процесом поверхневого зміцнення деталей.

Моделювання процесу зношення напрямних елементів при зворотно-поступальному русі проводилося на установці, виконаній на базі токарного верстата типу 1К-62. Схема установки показана на рисунку 8.

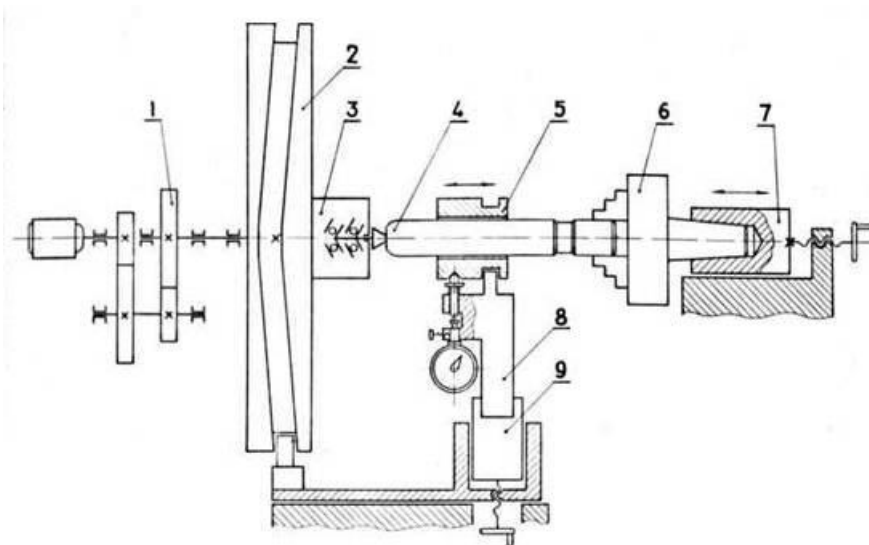


Рис. 8. Схема установки для випробування на зношення

Навантажувальне пристосування (рисунок 9) служить для створення радіального навантаження на колонку. Складається з корпусу 1, до якого за допомогою гвинтів 3 і штифтів 4 кріплять державку 2. Навантаження передається через шток 6 за допомогою тарувальної пружини 5 поперечним переміщенням супорта. Величина навантаження контролюється індикатором 8, встановленим у корпусі 1 за допомогою гвинта 7. Навантажувальне пристосування кріплять у супорті верстата.

Колонки були виготовлені з указаних вище чотирьох марок сталі з відповідною хіміко-термічною обробкою і були випробувані колонки з покриттям TiN методом КІВ і ВК15. Напрямні втулки були виготовлені зі сталі 38ХМЮА. Після азотування вони мали твердість 60 ... 62 од.

Величина зношення визначалася шляхом вимірювання лінійних розмірів по 11 перетинах колонки та 7 втулками на приладі "ТАЛЕРУНД" з точністю до 0,1 мкм.

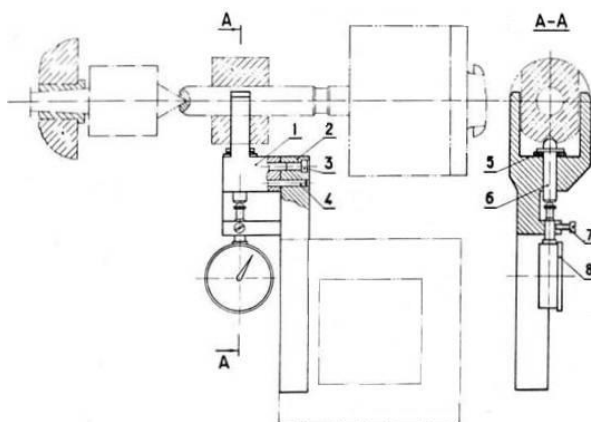


Рис. 9. Навантажувальне пристосування

До випробування через кожні 50 тис. циклів і після закінчення випробувань були записані круглограми. Кожна пара тертя була випробувана при кількості циклів 200 тис. і при постійному навантаженні 50 кгс. Змащення проводили один раз за 8 годин роботи пари шляхом набивання її в мастильні канавки напрямної втулки.

Аналіз отриманих графіків зношення колонки та втулки показує, що максимальне зношення колонок відбувалося по перетинах 5 – 9, тобто в зоні постійного контакту з втулкою. Зношення колонок по перетину 6 становило: для сталі 20 – 2,4 мкм; для сталі 12ХН3А – 1,9 мкм; для сталі 40Х – 1,3 мкм; для сталі 38ХМЮА – 0,7 мкм. Найменше зношення мали зразки з покриттями з BK15 TiN.

Характер зношення напрямних обойм має протилежну картину – максимальне зношення втулки мають по крайніх перетинах 1–2 і 6–7. Це можна пояснити наявністю люфтів при переході з поступального руху на зворотний.

Випробування напрямних елементів були проведені у виробничих умовах на кривошипному пресі зусиллям 40 тс, оснащеному лічильником подвійних ходів.

Для цього було зібрано компонування універсально-збирного штампа на трьох колонках для вирубки деталі типу наконечника. При складанні штампа були використані колонки з покриттям з TiN, які були ретельно виставлені та закріплені клейовим методом.

Відхилення від перпендикулярності по осі X і Y на довжині 200 мм не перевищувало 0,01 мм. Подальша поведінка колонок (відхилення від перпендикулярності по осі X і Y) контролювалася після кожних 50-70 тис. циклів робочих ходів преса.

У результаті випробувань напрямні колонки показали високу зносостійкість. Зношення найбільш навантаженої колонки не перевищувало 1,8 мкм.

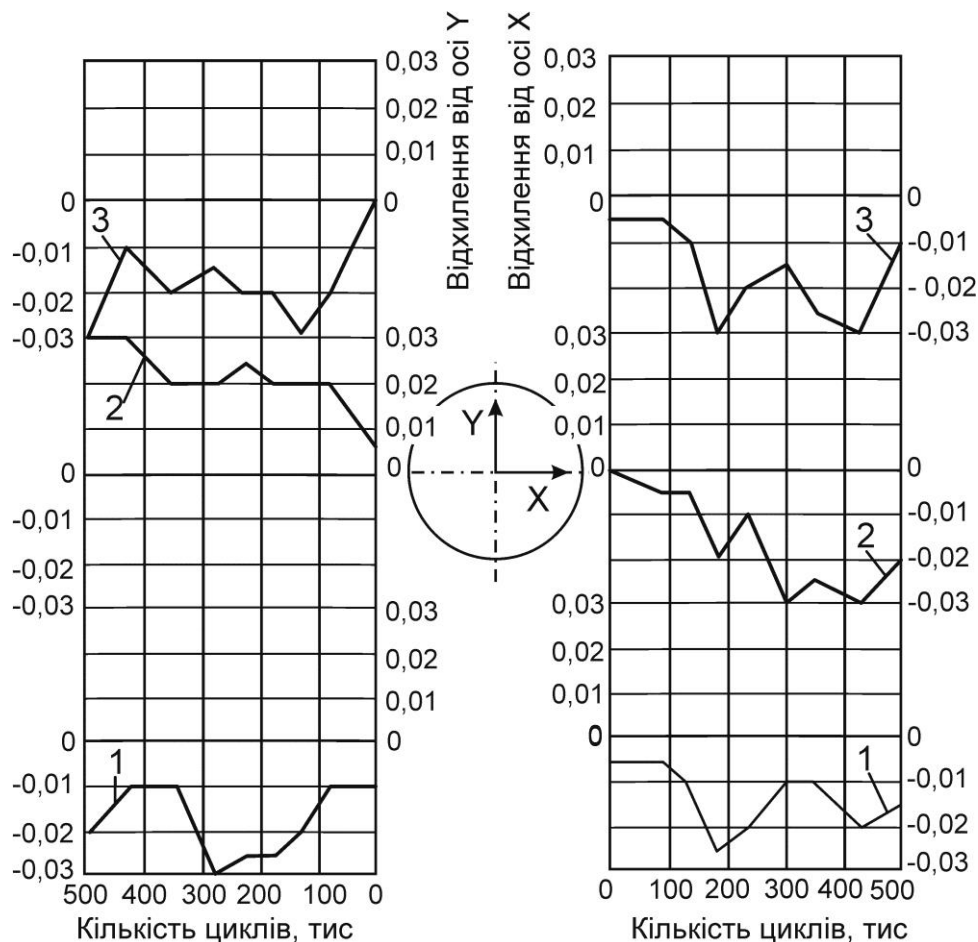
Основною метою промислових випробувань було дослідження поведінки напрямних колонок (їх відхилення від перпендикулярності) і міцності клейового з'єднання і в процесі тривалої експлуатації штампа. Результати випробувань зведені в таблицю 2, на підставі якої побудовано циклограму (рисунок 10).

Для визначення міцності клейового з'єднання були виготовлені зразки – нерухомі супутники напрямних колонок, які були залиті в обойми епоксидним компаундом Ек-340 за тим же технологічним режимом, що й основні робочі колонки.

Таблиця 2

Дослідження поведінки напрямних колонок

Відхилення від перпендикулярності напрямних колонок							
Кількість циклів, тис.	По осі X			Кількість циклів, тис.	По осі Y		
	Номери колонок				Номери колонок		
	№1	№2	№3		№1	№2	№3
0	-0,005	0	0,005	0	-0,01	+0,005	0
90	-0,005	-0,05	-0,005	90	-0,01	+0,02	-0,02
130	-0,01	-0,05	-0,01	130	-0,02	+0,02	-0,03
180	-0,025	-0,02	-0,03	180	-0,025	+0,025	-0,02
230	-0,02	-0,01	-0,02	230	-0,025	+0,02	-0,02
280	-0,01	-0,03	-0,015	280	-0,03	+0,02	-0,015
350	-0,01	-0,025	-0,025	350	-0,01	+0,02	-0,02
430	-0,02	-0,03	-0,03	430	-0,01	+0,03	-0,01
500	-0,015	-0,02	-0,01	500	-0,02	+0,03	-0,03



1 – колонка №1 2 – колонка №2 3 – колонка №3

Рис. 10. Циклограма

Після випробування штампа колонки і їх супутники були випресовувані з блока з реєстрацією зусиль. Зусилля випресовування для колонок № 1, № 2 та № 3 відповідно становило 9850 кгс, 7600 кгс і 10200 кгс до випробування і 9200 кгс, 5800 кгс і 8500 кгс після випробувань.

У результаті проведених випробувань можна зробити такі висновки.

Детонаційні покриття, отримані з суміші порошку карбиду вольфраму і кобальту і покриття на основі нітриду титану, при лабораторних випробуваннях зношення не виявили, тому що ваговий показник зношення коливається в межах похибки вимірювання аналітичної ваги 0,0001 ... 0,0005 г.

Зношення натурних зразків з покриттями ВК15 при випробуванні на спеціальній установці становило 0,2...0,3 мкм, що в 3 – 4 рази менше зношення колонок зі сталі 38ХМЮА і в 12 – 15 разів менше зношення колонок, виконаних зі сталі 20.

Найкращі показники при випробуванні на зносостійкість отримані на колонках з покриттям з TiN. Зношення виявлено на трьох перетинах з одинадцяти та не перевищувало 0,1 мкм, що в 5 – 6 разів менше зношення колонок із твердосплавним покриттям.

Технологічні методи оброблення дуже впливають на зносостійкість зразків і самих напрямних елементів. Деталі, які можуть поверхнево пластично деформуватися, мають зношення в 1,5 – 2 рази менше, ніж шліфовані.

При алмазному вигладжуванні відбувається поліпшення якості поверхні: значно зменшується висота нерівностей, і вони стають більш плавними, збільшується площа фактичного контакту між поверхнями сполученої пари та полегшуються умови припрацювання деталей. В процесі поверхневого пластичного деформування, крім того, відбувається загладжування, завальцьовування мікроскопічних надривів і тріщин, що є концентраторами напружень.

Таким чином, зміцнення поверхневих шарів при алмазному вигладжуванні відбувається з двох причин:

- поліпшення фізико-механічних властивостей металу внаслідок різних структурних перетворень, подрібнення зерен та ін.;
- формування в поверхневому шарі залишкових напружень стиску, що виникають внаслідок розвитку явищ зсуву в кристалічній решітці.

Висновки

На підставі проведених випробувань для системи напряму переналагоджуваних штамів необхідно рекомендувати пару – напрямна колонка з детонаційним покриттям ВК15 і втулка (обойма) з покриттям КІБ на основі TiN, тому що ці покриття показали високі експлуатаційні властивості та практично не мали зносу.

Технологічні методи оброблення дуже впливають на зносостійкість зразків і самих напрямних елементів. Деталі, які можуть поверхнево пластично деформуватися, мають знос в 1,5 – 2 рази менше, ніж шліфовані.

Список літератури

1. Мовшович, А. Я. Система универсально-сборных штампов для листовой штамповки / А. Я. Мовшович. – М.: Машиностроение, 1977. – 176 с.

2. Мовшович, А. Я. Переналаживаемые штампы на основе композиционных материалов для разделительных операций листовой штамповки : монография / А. Я. Мовшович, Н. К. Резниченко, М. М. Буденный. – Харьков, УИПА, 2013. – 135 с.
3. Мовшович, А. Я. Исследование работоспособности системы направления универсально-сборных штампов для листовой штамповки / А. Я. Мовшович, Г. Г. Жолткевич, В. И. Денисов // Кузнечно-штамповое производство. – № 9. – 1978. – С. 14 – 16.
4. Денисов, В. И. Повышение износостойкости направляющих элементов универсально-сборных штампов / В. И. Денисов, А. Я. Мовшович // Технология и организация производства. – Киев, 1980. – № 1. – С. 28 – 30.
5. Жолткевич, Н. Д. Вакуумно-плазменное нанесение покрытий / Н. Д. Жолткевич, А. А. Этигант, В. Г. Сергеев, В. М. Горелик. – М.: ЦНИИинформ., – 1984. – 40 с.
6. Верещака, А. С. Исследование режущих свойств инструментальных материалов с покрытием / А. С. Верещака // Перспективы развития режущего инструмента и повышение его эффективности в машиностроении. – М.: Mashprom, 1978. – С. 96 – 101.
7. Богуслаев, В. А. Повышение ресурса модулей двигателей технологическими методами / В. А. Богуслаев, А. И. Долматов, А. Я. Мовшович. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2003. – 269 с.

References

1. Movshovich, A. Ya. System of universal-assembled stamps for sheet stamping. Moscow, Mechanical Engineering, 1977. 176 p.
2. Movshovich, A.Ya., Reznichenko, N. K., Budyonny, M.M. Changeable stamps based on composite materials for separation operations of sheet stamping. [Monograph]- Kharcov. UIPA, 2013. 135 p.
3. Movshovich, A.Ya., Zholtkevich, G.G, Denisov, V.I. Investigation of the operability of the system of directing universal-prefabricated stamps for sheet stamping. Forging and stamping production, No. 9. 1978. p.p. 14-16.
4. Denisov, V.I., Movshovich, A.Ya. Increase in wear resistance of guiding elements of universal-assembled stamps. Technology and organization of production. no 1. Kiev, 1980.p.p. 28-30.
5. Zholtkevich N.D. Etigant, A.A., Sergeev, V.G., Gorelik V.M. Vacuum-plasma coating. M.: TsNIIinform. 1984. 40 p.
6. Vereshchak, A.S. Research of cutting properties of coated tool materials. Prospects for the development of cutting tools and increasing its efficiency in mechanical engineering. Moscow, Mashprom, 1978. p.p. 96 -101.
7. Boguslaev, V.A., Dolmatov, A.I., Movshovich, A. Ya. Increasing the resource of engine modules by technological methods. Zaporozhye: Motor Sich OJSC. 2003. 269 p.

Поступила в редакцию 21.10.2020, рассмотрена на редколлегии 22.10.2020.

Investigation of the effect of coatings and production methods used in manufacture of guide elements on their wear resistance

The matter of the experimental studies of the effect of coatings and technological methods of manufacturing guide elements of universal prefabricated readjustable tooling on their wear resistance are presented. The coatings investigated were made of VK15 carbide powder, which were applied by detonation spraying, and a titanium nitride-based coating produced by condensation with ion bombardment, as well as the surface hardening of guide elements by diamond burnishing for various steels: 20V, 12KhN3A, 40Kh, 38KhMYuA-B and others.

During the process of diamond smoothing the roughness improves by 2 - 3 classes and the very nature of the roughness changes: a surface microrelief is created with rounded peaks and valleys instead of microroughness with sharp peaks and valleys, which are characteristic of surfaces after grinding. In this case the bearing surface of the samples increases essentially, and their running-in is accelerated. According to the results of tests under a load of 50, 75 and 100 kgf, a graph of the dependence of wear on the specific pressure was built and it was found that the wear of samples after burnishing decreases by 25 ... 40% compared to polished and at a load of 20 kgf/cm, respectively, is for steel 20 ... 2.7 and 1.9 μm , for steel 12XN3A – 2.3 and 1.6 μm , for steel 40X – 1.8 and 1.3 μm and for steel 38XMYUA – 1.4 and 0.8 μm .

With increasing the load the wear of the ground specimens increases sharply, and for the flattened specimens this process is much slower. Based on the test results, graphs of the wear rate were plotted depending on the test duration, as well as for wear in relation to the number of cycles. According to the test results, it was found that steel 38KhMYuA has less wear, which is associated with its high hardness and insignificant tendency to metal seizure. Based on the research results, it was found that different methods of processing parts (previous) grinding and diamond burnishing have different wear. It has been found that diamond burnishing is a very effective surface hardening process.

As a result of the tests carried out, it was found that the best performance in testing for wear resistance obtained for a column with TiN coating, the thickness of which does not exceed 0.1 μm , is 5 - 6 times less than the wear resistance of columns with a hard-alloy coating. For the system of directly changeable dies, a pair is recommended, which includes a guide column with a detonation coating VK15 and a holder (sleeve) with a CIB coating based on TiN, since these coatings showed high performance properties and had practically no wear.

Key words: universal prefabricated readjustable dies; coatings; detonation spraying; condensation with ion bombardment; ironing; wear.

Відомості про авторів:

Фролов Євген Андрійович – доктор технічних наук, професор, кафедра будівельних машин та обладнання, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м Полтава, Україна; e-mail: frolov.polntu@gmail.com; ORCID:0000-0002-2691-5386

Резніченко Микола Кирилович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри машинобудування, транспорту і зварювання, Українська інженерно-педагогічна академія, м Харків, Україна; e-mail: rezlynik@ukr.net; ORCID:0000-0002-6989-0270

Дерябкіна Євгенія Станіславівна – канд. техн. наук, доцент, доцент каф. машинобудування, транспорту і зварювання, Українська інженерно-

педагогічна академія, 61003 Україна, м. Харків; e-mail: 216464 g @ gmail.com; ORCID 0000-0002-5531-0124,

Агарков Віктор Васильович – канд. техн. наук, заст. директор-нач. лабораторії, Державне підприємство "Харківстандартметрологія", м.Харків; e-mail:290@mti.kharkov.ua; ORCID 0000-0001-9883-0480

Кравченко Сергій Іванович – канд. техн. наук, доцент, доцент каф. галузевого машинобудування Полтавської державної аграрної академії, м Полтава; e-mail:050Ser09@i.ua; ORCID 0000-0002-8163 - 8027

Ясько Стас Георгійович – старший викладач каф. обробки металів тиском, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м Маріуполь, Україна; e-mail: s.g.yasko@gmail.com; ORCID:0000-0001-6228-705X

About the authors:

Frolov Evgeniy Andreevych, Doctor of Technical Sciences, Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine; e-mail: frolov.polntu@gmail.com; ORCID:0000-0002-2691-5386.

Reznichenko Nikolay Kirilovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Mechanical Engineering, Transport and Welding, Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy, Kharkov, Ukraine; e-mail:rezlynik@ukr.net; ORCID:0000-0002-6989-0270

Deryabkina Evgeniya Stanislavovna, Ph.D., Associate Professor. Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy assistant professor of integrated technologies in mechanical engineering and welding engineering, m. Kharkiv, Ukraine. e-mail:216464 g @ gmail.com; ORCID 0000-0002-5531-0124

Agarkov Viktor Vasilovich - Cand. tech. sciences, zast. Director of Laboratory, Derzhavne pidpriemstvo "Kharkivstandartmetrologiya", m. Kharkiv, Ukraine; e-mail: 290@mti.kharkov.ua; ORCID 0000-0001-9883-0480

Kravchenko Sergey Ivanovich - Cand. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department. industrial engineering of the Poltava State Agrarian Academy, Poltava; e-mail: 050Ser09@i.ua; ORCID 0000-0002-8163 - 8027

Yasko Stas Georgievich – Senior lecturer of the Department of Metal Pressure Processing, State Technical University «PSTU», Mariupol, Ukraine; e-mail: s.g.yasko@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6228-705X