

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОДІЛЛЯ
(м. ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ)

На правах рукопису

Гудзь Володимир Іванович

УДК 621.891

**ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ
КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ УДАРНОГО
НАВАНТАЖЕННЯ**

Спеціальність 05.02.04 Тертя та зношування в машинах

Автореферат дисертації на здобуття
наукового ступеня кандидата технічних наук

Хмельницький 1997



00743521 (М)

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Технолігічному університеті Поділля
(м. Хмельницький)Науковий керівник - доктор технічних наук, професор
Каплув Віталій Григорович,
Технолігічний університет Поділля,
проректор з наукової роботи

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, Doktor ingenieur habilitierter, професор
Семенюк Микола Федорович, Технолігічний університет
Поділля, професор кафедри основ конструювання машин,
кандидат технічних наук, доцент Рудик Олександр Юхимович,
Академія прикордонних військ України ім. Б. Хмельницького

Провідна установа:

Інститут проблем міцності НАН України, м. Київ

Захист відбудеться 29 січня 1998р. о 10 годині
на засіданні спеціалізованої Вченої Ради Д70.052.02 при
Технолігічному університеті Поділля за адресою: 280016,
м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11, 3-й учбовий корпусЗ дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці
Технолігічного університету Поділля (вул. Кам'янська, 110/1).Автореферат розісланий 20 грудня 1997 р.Вчений секретар
спеціалізованої Вченої Ради
кандидат технічних наук, доцент

Калда Г.С.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Підвищення надійності і довговічності машин є важливим завданням машинобудування.

Однією з основних причин виходу з ладу машин є зношування деталей і вузлів. Різноманітність умов експлуатації машин і механізмів вимагає створення матеріалів з різними фізико-механічними властивостями. Найбільш економічно вигідним шляхом підвищення зносостійкості вузлів машин є зміцнення поверхонь тертя і покращання їх трибологічних характеристик.

В сучасних машинах багато вузлів та деталей працюють в умовах тертя із значними динамічними і ударними навантаженнями. Для забезпечення максимальної зносостійкості пар тертя необхідно знати особливості руйнування та зношування поверхонь тертя в даних умовах, а також уміти управляти цими процесами. В даний час недостатньо вивчені закономірності зношування пар тертя з ударними навантаженнями та шляхи підвищення довговічності деталей машин та інструментів в таких умовах експлуатації. Тому дослідження в цьому напрямку є актуальними.

Існує багато технологій для зміцнення і модифікації поверхні металів, серед яких найбільш поширені методи хіміко-термічної обробки (ХТО). Практика показує, що серед існуючих методів ХТО найбільшу зносостійкість поверхонь тертя в умовах корозійно-механічного зношування забезпечує азотування. Проте традиційні методи азотування характеризуються великою енергоємністю та протяжністю технологічного процесу і викликають водневу крихкість металів.

Перспективною технологією в цьому відношенні є іонне азотування в безводневому середовищі, яка виключає водневе окрихчення металів, забезпечує високу економічність процесу, широкий діапазон зміни фізико-

механічних характеристик поверхневого шару. Дослідження доцільності застосування даної технології зміцнення поверхні металів для умов тертя з ударним навантаженням є актуальним.

Мета роботи та основні завдання наукового дослідження.

Метою даної роботи є пошук шляхів підвищення зносостійкості пар тертя в умовах ударного навантаження.

Для досягнення поставленої мети необхідно було розв'язати наступні задачі:

- створити експериментальні стенди, які імітують роботу вузлів тертя і працюють в стаціонарному режимі при зворотно-поступальному русі і ударному навантаженні;
- провести теоретичні дослідження впливу динамічного навантаження на роботу вузла тертя;
- провести дослідження зносостійкості пар тертя в умовах ударного навантаження;
- вивчити фізико-механічні і структурні зміни в поверхнях тертя при різних видах поверхневого зміцнення (після термічної обробки та іонного азотування сталей);
- оптимізувати режими іонного азотування за критерієм зносостійкості при ударному навантаженні;
- експериментально підтвердити одержані теоретичні закономірності;
- розробити рекомендації по підвищенню зносостійкості пар тертя при ударному навантаженні.

Наукова новизна.

1. На основі теоретичних досліджень взаємодії індентора з гладкою площиною в умовах пружно-пластичної деформації одержані залежності для розрахунку основних характеристик контакту при зворотно-поступальному русі і ударному навантаженні.

2. Розроблена методика і конструкція машини для дослідження зносостійкості пар тертя в умовах ударного навантаження.

3. Проведена оптимізація технології іонного азотування в безводневому середовищі конструктивних елементів, що працюють при ударному навантаженні.

4. Одержані аналітичні залежності між технологічними параметрами процесу іонного азотування і зносостійкості.

5. Встановлено механізм руйнування при терті в процесі зворотно-поступального руху та ударного навантаження.

6. Розроблені рекомендації по підвищенню зносостійкості пар тертя при ударному навантаженні.

Рівень реалізації, практична цінність розробок .

Методи розрахунку контактних параметрів доведені до інженерних методик і можуть бути використані при розрахунках окремих параметрів зносостійкості пар тертя реальних механізмів в залежності від тривалості експлуатації або величини профілю зносу. Результати роботи впроваджені на Хмельницькій трикотажній фабриці, Хмельницькій взуттєвій фабриці "Взутекс", виробничому автотранспортному об'єднанні Хмельницької облспоживспілки, Хмельницькому заводі ковальсько-пресового устаткування.

Це дозволило обґрунтовано врахувати вплив методів зміцнюючих технологій на зносостійкість нормальної роботи виробу, знизити матеріалоемкість і збільшити довговічність, скоротити час і підвищити точність лабораторних випробувань матеріалу на тертя і знос.

Апробація

Основні положення роботи та її окремі результати доповідались і обговорювались на всесоюзних науково-технічних конференціях "Новые материалы и упрочняющие технологии на основе прогрессивных методов термической и химико-термической обработки в автостроении" (Тольятти, 1986 р.); "Повышение надежности и долговеч-

ности машин на основе новых методов термической и химико-термической обработки” (Хмельницький, 1988); “Структурная самоорганизация и оптимизация технологических характеристик конструкционных и инструментальных материалов” (Тернопіль, 1990 р.); “Новые материалы и ресурсосберегающие технологии термической и химико-термической обработки в машиностроении” (Новокузнецк, 1991); на міжреспубліканських науково-технічних конференціях “Качество и надежность узлов трения” (Хмельницький, 1992 р.); “Термодинамика технологических систем” (Краматорськ, 1993 р.); на міжнародній науково-технічній конференції “Применение колебаний и технологий” (Вінниця, 1994 р.); на науково-практичній конференції “Технологічний університет в системі реформування освітньої та наукової діяльності Подільського регіону” (Хмельницький, 1995 р.).

Публікації: За матеріалами дисертації опубліковано 17 робіт і одержано авторське посвідчення.

Структура та обсяг роботи.

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури та додатка.

Робота виконана на 137 сторінках машинописного тексту, містить 38 рисунків, 14 таблиць, 113 бібліографічних джерел.

Декларація конкретного особистого внеску дисертанта у розробку наукових результатів, що виносяться на захи. Дисертація має тільки ті наукові результати, які отримані дисертантом особисто.

Характеристика методології.

При проведенні досліджень використовувались методи математичного моделювання.

Дослідження структури та властивостей покриття ґрунтувалось на металографічному та рентгеноструктурному аналізі, проводились визначення мікротвердості на приладі ПМТ-3.

Зміст роботи.

Вступ містить обґрунтування актуальності теми та коротку анотацію змісту дисертації.

В розділі 1 проводиться літературний аналіз сучасного уявлення про знос та методи підвищення зносостійкості деталей машин. Останнім часом в роботах розвивається новий напрямок в зносі — знос при ударі.

Проведено аналіз методів підвищення зносостійкості, а також способів управління поверхневою міцністю деталей вузлів тертя. Встановлено, що на довговічність машини в цілому суттєвий вплив чинить зносостійкість пар тертя.

Актуальною стає проблема підвищення зносостійкості в умовах дії на контактуючі пари динамічних навантажень, особливо ударних. Виникнення цієї проблеми обумовлено тим, що традиційні конструкційні матеріали не забезпечують вимог, які пред'являються практикою до працездатності умов тертя сучасних машин. При цьому слід відмітити, що середній термін служби деталей, які працюють в умовах ударного навантаження, надто незначний, тому підвищення їх довговічності є актуальною науково-технічною проблемою.

В зв'язку з цим з'явилось багато досліджень, які направлені на розробку методів підвищення якості поверхневих шарів шляхом нанесення захисних покриттів, застосуванням хіміко-термічної обробки та фізико-хімічної дії.

Одним із сучасних методів зміцнення поверхневого шару деталей є метод іонного азотування в безводневому середовищі. Застосування цього методу дає помітне підвищення твердості, зносостійкості, задиростійкості поверхневих шарів.

В даний час виявлено ряд характерних особливостей процесів, які проходять при ударі. Вивчено енергетичний баланс процесу, вияснено основні механізми, які призводять до руйнування матеріалу в контактній зоні. В роботі Виноградова В.М. наведено результати та аналіз процесів, які мають місце під час абразивного зношування. Проб-

леми, пов'язані зі зношуванням при втомі, розглянуті в роботах Енгеля П.А., Колеснікова Ю.В., Виноградова В.М., Дрозда М.С., Тавора: В них досліджено кінетику зносу.

Проте моделей, які адекватно описують руйнування поверхонь при ударі, в даний час не створено. Проведений літературний пошук показує, що методи розрахунку зношування при ударі — в процесі розвитку.

На основі критичного аналізу проблеми автором дано обґрунтування способів оцінки та шляхів підвищення зносостійкості та довговічності конструктивних елементів при ударному навантаженні. **В розділі 2** дано теоретичні обґрунтування розрахунку характеристик контакту з врахуванням зносу спряжень, що є основною проблемою сучасної трибології, що потребує розгляду цілого ряду проміжних задач. До них належать дослідження закономірностей формування контакту під дією нормальної сили і оцінки характеру контактних деформацій, оцінка впливу швидкості прикладання контактних навантажень і характеру їх дії, оцінка зносу в спряженні і його впливу на характеристики контакту.

Аналіз існуючих досліджень процесу зношування показує, що існує велика кількість відпрацьованих методик, які дозволяють оцінити знос при дії статичних навантажень. Процес зношування при ударному навантаженні має ряд особливостей, які не дозволяють використовувати відомі методики для його дослідження.

До таких особливостей належать:

1. Високі значення контактного тиску, які здібні досягти величини твердості матеріалу під індентором, в результаті чого поверхневі нерівності деформуються переважно пластично. Розвинута пластична деформація при одночасному зміщенні приводить до практичного вирівнювання нерівностей і площа фактичного контакту не дорівнює номінальній тільки в силу ефекту взаємного впливу.

2. Методи розрахунку характеристик контакту з врахуванням взаємного впливу мікровиступів на теперішній час не розроблені.

3. В процесі руху під навантаженням є лише частина поверхневих нерівностей і номінальна площа контакту виявляється набагато меншою від поверхні тертя.

4. В результаті накопичення пластичної деформації в процесі відносного зміщення поверхонь і при подальшому зношуванні відбувається збільшення ширини дожки тертя.

З літератури відома незначна кількість методик досліджень зношування пар тертя ковзання з використанням індентора і взагалі відсутні такі методики при зворотньо-поступальному русі індентора з врахуванням поверхневого зміцнення. Тому за оцінку зносу нами прийнята площа поперечного перерізу сліду від зносу дії статичного навантаження F_s в площині, перпендикулярній напрямку руху (рис. 1).

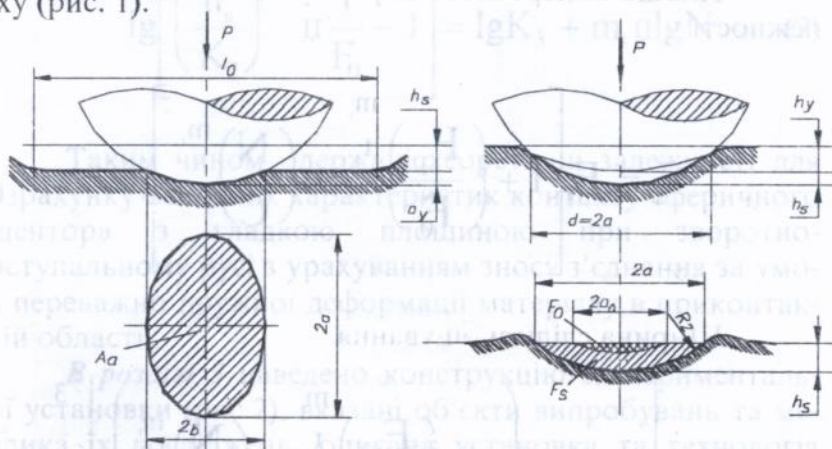


Рис. 1 Схема контакту сферичного індентора з ямкою зносу

Площа профілю поперечного перерізу сліду від зносу

$$F_{II} = F_s - F_0 \quad (1)$$

де F_0 — площа поперечного перерізу ямки від статичного навантаження.

Число циклів до руйнування матеріалу при терті з ударним навантаженням визначається за формулою:

$$N_p = C_1 \left(\frac{F_0}{F_{кр}} \right)^{1/t_1} \quad (2)$$

де C_1, t_1 — коефіцієнти, значення яких визначається в результаті попередніх експериментів.

$$F_{кр} = 4/3 h_{кр} \cdot \rho_{кр},$$

де $h_{кр}$ і $\rho_{кр}$ — відповідно критичні значення пластичної складової проникнення та радіуса площі контакту відповідних переходу від переважно пружного до переважно пластичного.

Площа поперечного перерізу F_s визначається із залежності

$$F_s = F_0 \left[1 + \left(\frac{F_{кр}}{F_0} \right)^{m_1/t_1} \zeta \left(\frac{N}{C} \right)^{m_1} \right] \quad (3)$$

Ширина сліду зношування

$$d = 2 \left[1,8 F_0 R \left(1 + \left(\frac{F_{кр}}{F_0} \right)^{m_1/t_1} \zeta \left(\frac{N}{C} \right)^{m_1} \right) \right]^{1/3} \quad (4)$$

Глибина ямки зношування

$$h_s = K_2 \text{ ц } F_0^{2/3} \left[1 + \left(\frac{F_{кр}}{F_0} \right)^{m_t} \text{ ц } \left(\frac{N}{c} \right)^{m_t} \right]^{2/3} \quad (5)$$

де

$$K_2 = \frac{3}{4} \text{ ц } \frac{1}{(1,8 \text{ ц } R)^{1/3}} \quad (6)$$

Залежність параметрів зносу від кількості циклів зворотно-поступального руху з ударним навантаженням можна подати у вигляді:

$$\lg \left[\left(\frac{h_s}{K_2} \right)^{3/2} \text{ ц } \frac{1}{F_0} - 1 \right] = \lg K_3 + m_t \text{ ц } \lg N \quad (7)$$

Таким чином одержані теоретичні залежності для розрахунку основних характеристик контакту сферичного індентора з гладкою площиною при зворотно-поступальному русі з урахуванням зносу з'єднання за умови переважно пружної деформації матеріалу в приконтактній області.

В розділі 3 наведено конструкцію експериментальної установки (рис.2), вказані об'єкти випробувань та методика їх досліджень, описана установка та технологія іонного азотування.

Конструкція машин тертя дозволяє одночасно проводити випробування двох пар тертя і після кожного циклу навантажень проводити заміри ваги та інші дослідження.

Машина тертя працює так: на столі закріплюють в зразкоутримувач 8 один з елементів пари тертя, другий —

індентор в утримувач 3. За допомогою механізму підйому стола 9 елементи пари тертя приводяться в контакт.

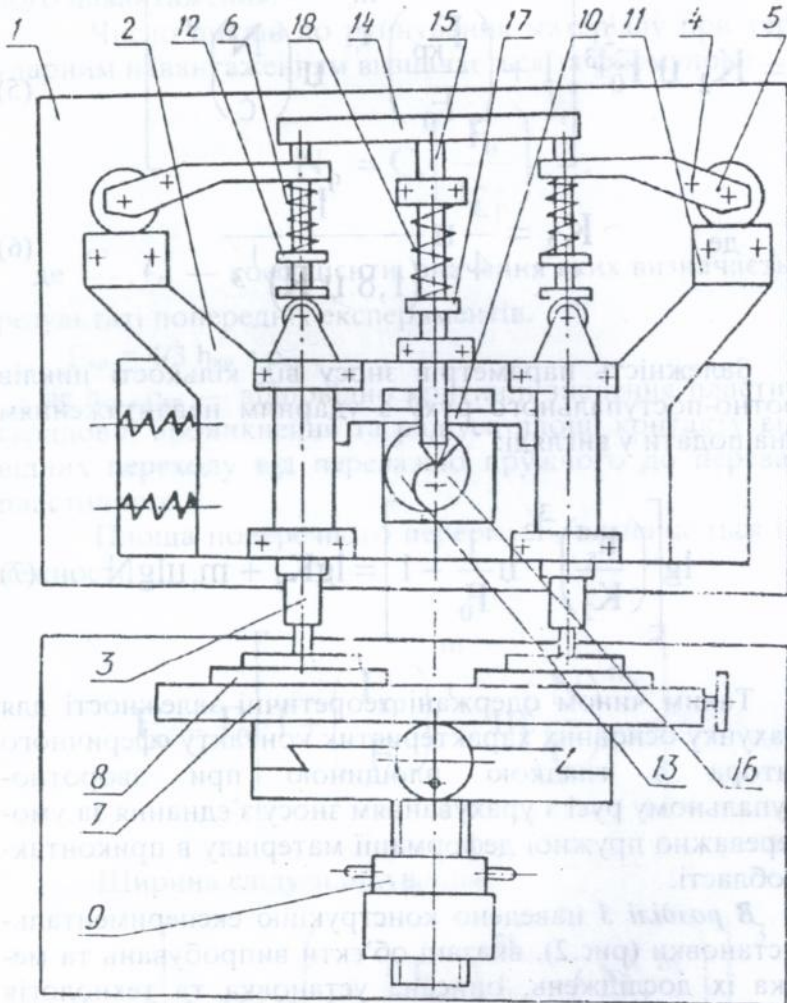


Рис. 2. Схема установки

Регулюючою гайкою 12 встановлюється потрібне навантаження. При включенні приводу ексцентрик 13 впирається в каретку 2 і приводить її в рух в горизонтальному

напрямку. Кулачок 16, обертаючись, приводить в рух у вертикальному напрямі направляючий шток 15, який передає ударне навантаження через коромисло 14 на утримувач індентора 3. За допомогою гайки 17 і пружини 18 встановлюється потрібне ударне навантаження.

Об'єктами досліджень були матеріали тертя — експериментальні зразки, виготовлені із сталей ШХ15 і 40Х. Дослідження проводились за схемою контакту сферичний індентор (радіус сфери 5 мм) — плоский зразок розміром 10x5x5 мм в режимі напівсухого тертя при зворотно-поступальному русі індентора. Індентор виготовлений із загартованої сталі Х12Ф1. Змазкою служило індустріальне мастило И-20. Хід індентора -6 мм, постійне навантаження — 98Н, ударне — 490Н при 200 ударах на хвилину. Тривалість досліджень — 5 годин, причому дослідження для виявлення фізики процесу руйнування проводилось через кожну годину. Ваговий знос заміряли на лабораторній рівноплечій вазі ВРЛ-200 з точністю заміру 0,25 мг. Ширину ямки зносу — на приладі МПБ-2, а лінійний знос — профілографом-профілометром моделі 201 з точністю заміру 0,1 мкм.

Для вирішення задач, які поставлені в роботі, використовувалась комплексна методика експериментальних досліджень, що складається з обробки експериментальних зразків способом іонного азотування і зносостійких досліджень.

При дослідженні поверхневих і підповерхневих шарів використовувався фотометричний, металографічний та рентгеноструктурний аналіз.

Для вивчення процесу іонного азотування і раціонального проведення дослідів застосовувався метод планування експерименту — план другого порядку Хартлі. Для обробки результатів експериментів складена і застосовувалась програма розрахунку на ЕОМ.

В розділі дано опис спеціальної установки азотування в безводневому середовищі, а також опис технологічного процесу іонного азотування.

В розділі 4 проводились дослідження будови азотованого шару. В процесі дослідження використовувались методи металографії, рентгено-структурного і хімічного аналізів для визначення наступних характеристик азотованого шару:

- структури та глибини із застосуванням мікроскопів ММР-2Р і "Neophot-21";

- мікротвердості з використанням мікротвердоміра ПМТ-3;

- фазового складу із застосуванням рентгенівського апарату ДРОН-3 в СК_α -випромінюванні з автоматичним записом дифектором.

Наведені залежності зміни глибини азотованого шару від температури азотування, з яких видно, що із збільшенням температури збільшується товщина як зони внутрішнього азотування, так і нітридного шару. Наведені залежності зміни мікротвердості поверхні від температури іонного азотування при постійних інших технологічних факторах. Оптимальне значення температури, при яких досягається максимальна твердість сталі 40Х — 530 °С. Суттєвий вплив на мікротвердість поверхні азотованого шару чинить тиск і склад насичуючого середовища. Для сталі ШХ15 оптимальним є склад аргону в азотованій суміші 38...40 об.%, оптимальний тиск складає 200...240Па, температура азотування 560...570 °С. Мікротвердість сталі ШХ15, азотованої за режимом 3, має максимальну твердість на поверхні, що зв'язана з наявністю нітридного шару, і максимальний градієнт зміни мікротвердості по глибині азотованого шару. При іонному азотуванні за режимом 5 мікротвердість на поверхні і градієнт її зміни по глибині шару мінімальні.. Причиною цього стало зменшення тривалості азотування з 185 до 75 хвилин, що зумовило утворення тільки зони внутрішнього азотування і відсутності нітридної зони.

Наведені результати дослідження фазового складу сталі 40Х, азотованої за різними режимами, з яких видно,

що в поверхневому шарі нітридної зони присутні три фази ϵ , γ' і α -Fe.

З підвищенням температури азотування з 520 °C до 600 °C знизилась кількість ϵ -фази з 63% до 41%, але при цьому збільшилась кількість γ' -фази з 30% до 38% і різко збільшився склад α -Fe[N] з 7% до 21%. Такі фазові зміни призвели до зменшення концентрації азоту в поверхневому шарі ϵ -фази і збільшення γ' -фази.

Зміна тиску насичуючого середовища з 80 Па до 450 Па не викликало великих змін у фазовому складі сталі 40X.

Пошаровий хімічний аналіз сталей показав, що концентрація азоту в азотованому шарі різна для різних сталей і залежить як від хімічного складу сталі, так і від технологічного параметру іонного азотування. Концентрація азоту на поверхні сталі ШХ15 складає 5,18%. При зміні режиму іонного азотування сталі 40X концентрація азоту в поверхневому шарі змінилась з 5,7% до 9,2% за рахунок зміни фазового складу.

Дослідження кінетики процесу іонного азотування показали, що, змінюючи технологічні параметри процесу дифузійного насичення (склад середовища, тиск, температуру і тривалість процесу), можна змінювати в широких межах глибину, твердість на поверхні та за глибиною, структуру, фазовий склад азотованого шару і концентрацію азоту в ньому.

Відсутність азоту і наявність аргону в насичуючому середовищі впливає на кінетику і характеристики азотованого шару.

Приведені дослідження характеру зносу і руйнування зразків із сталей 40X і ШХ15 з різними властивостями поверхневого шару: без термічної обробки, загартованих та загартованих з послідувачим азотуванням за різними режимами. Дослідження показали, що не зміцнені зразки без термічної обробки з самого початку випробувань підлягали пластичній деформації з утворенням наклепу, після певної кількості циклів пластична деформація

припинялась, а після досягнення 14000 циклів навантаження сталі 40X і 20000 циклів для сталі ШХ15 почався катастрофічний знос, зчеплення та відшарування частинок металу (рис.3). В азотованих зразках цих металів після 20000 циклів навантаження пластичної деформації і руйнування не виявлено.

При дослідженні загартованих зразків після 17600 циклів навантаження для сталі 40X і 26000 циклів навантаження для сталі ШХ15 спостерігається зчеплення. В цих зразках слідів пластичної деформації не виявлено. Проте має місце крихке руйнування поверхневих шарів, яке супроводжується відколенням окремих частин (рис.4). Загартовані зразки мали вищу зносостійкість порівняно із зразками без термічної обробки.

Зношування азотованого шару після 60000 циклів ударного навантаження відбувається в результаті утворення мікротріщин їх скупчення і росту, що в кінцевому результаті призводить до відшарування окремих частинок в різних зонах (рис.5).

В умовах тертя з ударним навантаженням великий вплив на зносостійкість чинить співвідношення між твердістю і пластичністю поверхневого шару, яке визначається його структурою і фазовим складом. Дифузійний шар нанесений методом іонного азотування, перешкоджає швидкому росту мікротріщин за рахунок залишкових напружень стиску, що виникають в азотованому шарі та зміни мікроструктури азотованого шару за рахунок утворення різних нітридних фаз. При чому залишкові напруження і фазовий склад азотованого шару можна змінювати в значних межах і при оптимальних їх значеннях досягається максимальна зносостійкість.

На основі проведених експериментальних досліджень встановлено механізм зношування пар тертя при ударному навантаженні, який полягає в наступному: на початку процесу зношування в сталях без термічної обробки виникає пластична деформація, зміцнення за рахунок наклепу утворюються мікротріщини за механізмом

малоциклової втоми, а після зміцнення за рахунок наклепу йде розвиток тріщин за механізмом багатоциклової втоми і в кінцевому рахунку відшарування частинок.

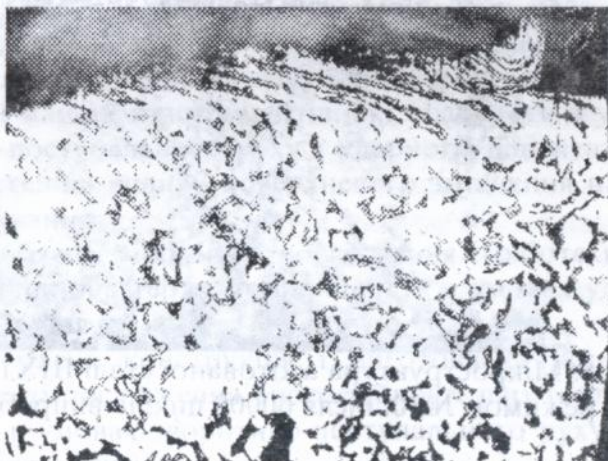


Рис.3. Мікроструктура сталі 40X x2000 після 14000 циклів навантаження

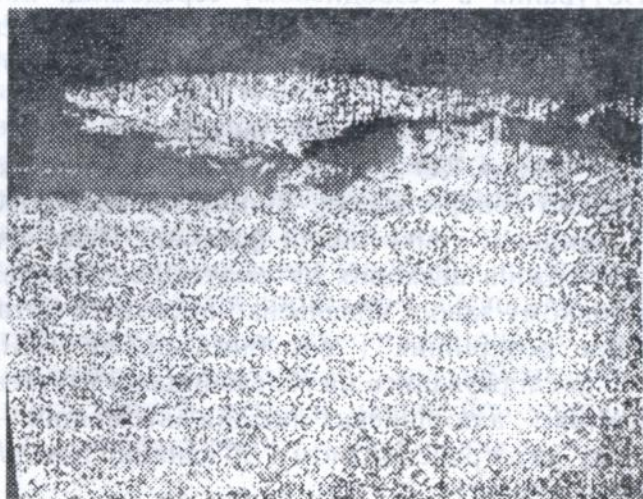


Рис.4. Мікроструктура загартованого зразка з сталі 40Xx200 в зоні удару після 17600 циклів випробувань



Рис.5. Мікроструктура азотованої сталі ШХ15 х800 за режимом №10, після 60000 циклів випробувань

В п'ятому розділі подані результати експлуатаційних випробувань зносостійкості зміцнених методом іонного азотування в безводневому середовищі поверхонь деталей вузлів, які працюють в умовах ударного навантаження, і розглянуті питання практичного використання результатів досліджень.

Об'єктами досліджень вибрали клини кругло-в'язальних машин КО-2, знос робочої поверхні яких найбільш зручно контролювати. Випробування проводились на Хмельницькій трикотажній фабриці. Ножі для різки круглих стержнів цвяхових автоматів досліджувались на Хмельницькому заводі ковальсько-пресового устаткування. Різаки розкрійних і вирубних пресів ПВГ-18-2-0, ПОТГ-40 досліджувались на Хмельницькій взуттєвій фабриці "Взутекс", а поршневі пальці автомашин — на виробничому автотранспортному об'єднанні Хмельницької облспоживспілки.

Виробничі дослідження підтвердили правильність вибраних режимів зміцнення, показали, що раціональне поєднання технологічних та конструктивних методів забез-

печує не тільки високу зносостійкість деталей, яка підвищилась в 2,4...2,6 разів, але і дозволяє одержати значний економічний народно-господарський ефект.

Основні висновки.

1. На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень знайдено шляхи підвищення довговічності деталей машин і інструментів, які працюють в умовах зворотньо-поступального руху і ударного навантаження, виявлено ступінь впливу поверхневого зміцнення на процеси зношування.

2. Розроблена методика дослідження тріботехнічних характеристик пар тертя, які працюють в умовах ударного навантаження.

3. Розроблена конструкція і виготовлена установка комплексного дослідження зносостійкості пар тертя, які працюють в умовах зворотньо-поступального руху і ударного навантаження.

4. На основі експериментальних досліджень встановлено:

- механізм руйнування поверхні тертя;
- вплив термічної і хіміко-термічної обробки (азотування) на процеси зношування;
- проведена оптимізація властивостей азотованого шару за критерієм зносостійкості при терті з ударним навантаженням, що дозволило збільшити термін служби деталей машин і інструментів в 2,4...2,8 рази.

5. Результати промислових випробувань підтвердили правильність результатів проведених досліджень. Це дало можливість рекомендувати технологію іонного азотування в безводневому середовищі, яка забезпечує максимальну зносостійкість деталей машин при ударному навантаженні, для практичного користування.

Основні положення дисертації викладені у наступних роботах:

1. Горбаневский В.Е., Каплун В.Г., Гудзь В.И. Азотирование в тлеющем разряде деталей топливной аппаратуры // Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции.- Тольятти, 1986.- С.99.

2. А.с. №1439469 СССР, Машина трения /Бершадский Л.И., Каплун В.Г., Горбаневский В.Е., Гудзь В.И., Тюльченко А.М./ заявка №4255201 опубл. 22.07.88. Бюл. № 43.

3. Рудышин В.Д., Каплун В.Г., Дедков А.К., Гудзь В.И., . Ионное оксидирование стальных поверхностей и его влияние на его износостойкость // Тезисы докл. Всес. Науч.-техн. конф. "Повышение надежности и долговечности машин на основе новых методов термической и химико-термической обработки". Хмельницкий, 1988.- С. 104.

4. Гудзь В.И., Рудышин В.Д. Влияние различных способов упрочнения поверхности на износостойкость стали ШХ15 // Сборник научных трудов. Киев УМК ВО, 1990.- С. 105-113.

5. Рудышин В.Д., Овчинников А.А., Гудзь В.И., Орлов Ю.Н. Получение самоорганизующихся вторичных структур на режущем инструменте в плазме тлеющего разряда// Тезисы докладов научно-технической конференции "Структурная самоорганизация и оптимизация технических характеристик конструкционных и инструментальных материалов".- Тернополь, 1990.- С. 53.

6. Каплун В.Г., Горбаневский В.Е., Гудзь В.И., Паршенко А.В. Упрочнение в тлеющем разряде деталей топливной аппаратуры. Надежность и долговечность машин и сооружений. — 1990 — №18, — С. 86-89.

7. Рудышин В.Д., Гудзь В.И., Овчинников А.А. Износостойкость стали ШХ15, оксидированной в тлеющем разряде. //Проблемы трения и изнашивания — 1992.- Вып. №41.- С.32-35.

8. Овчинников А.А., Гудзь В.И., Рудышин В.Д. Влияние микротвердости азотированного слоя стали Х12Ф1 на износостойкость. Тезисы докл. межресп. науч.-техн. конф. "Качество и надежность узлов трения".- Хмельницкий, 1992.- С. 87-88.

9. Каплун В.Г., Рудышин В.Д., Гудзь В.И., Гладкова В.Н., Овчинников А.А. Влияние ударного нагружения и возвратно-поступательного движения на износостойкость упрочненной стали ШХ15 // Тезисы докл. межресп. науч.-техн. конф. "Качество и надежность узлов трения". - Хмельницкий, 1992.- С. 91-92.

10. Гудзь В.И., Рудышин В.Д., Баран Б.А. Влияние азотного потенциала газовой среды на выбор оптимального режима ионного азотирования стали ШХ15, работающей на износ при ударном нагружении // Тезисы докл. межресп. науч.-техн. конф. "Термодинамика технологических систем". - Краматорск, 1993.- С.15.

11. Гудзь В.И., Каплун В.Г., Рудышин В.Д. Стенд для дослідження процесів тертя та зношення матеріалів під час зворотньо-поступального руху та ударного навантаження.-ТУП, 1994.- бс.-Ден. в ДНТБ України 15.05.94, №984 — УК94.

12. Каплун В.Г., Гудзь В.И., Рудышин В.Д. Зносостійкість дифузійних покриттів при ударному навантаженні // Тези доповідей наук.-практ. конф. "Наукові основи сучасних прогресивних технологій" (3 наради президії технологічного університету Поділля) — Хмельницький, 1994.- С. 152.

13. Гудзь В.И., Каплун В.Г., Рудышин В.Д. Процесс разрушения поверхностного слоя стали 40X при возвратно-поступательном движении // Тезисы докл. междунар. науч.-техн. конф. "Применение колебаний в технологии. Расчет и проектирование машин для реализации технологий". - Винница: ВСХИ, 1994.-С.162.

14. Гудзь В.И., Каплун В.Г., Рудышин В.Д., Гладкова В.Н. Процесс разрушения поверхностного слоя стали ШХ15 при возвратно-поступательном движении и ударном нагружении // Тезисы докл. междунар. науч.-техн. конф. "Применение колебаний в технологии. Расчет и проектирование машин для реализации технологий". — Винница: ВСХИ, 1994.- С. 163.

15. Каплун В.Г., Гудзь В.І., Рудишин В.Д. Технологія зносостійкості азотованих сталей ШХ15 та 40Х при ударному навантаженні // Тези доп. наук.-практ. конф. "Технологічний університет в системі реформування освітньої та наукової діяльності Подільського регіону". Хмельницький, 1995.- С. 126.
16. Каплун В.Г., Гудзь В.І., Алексеев В.М. Исследование контактного взаимодействия сферического индентора с плоским контртелом //Проблеми сучасного машинобудування: Хм.: ТУП, 1996.- С. 90-91.
17. Каплун В.Г., Гудзь В.І., Алексеев В.М. Расчет характеристик контакта сферического индентора с плоскостью при ударном нагружении // Актуальні проблеми техніки та суспільства: Зб. статей викладачів та наукових співробітників ТУП.-Хм.,1996.- №2.- С. 36-41.
18. Гудзь В.І. Вплив зносу на характеристики контакту при зворотно-поступальному русі // Вісник Технологічного університету Поділля.- Хм., 1997.- №1.- С.39-42.

АНОТАЦІЇ

Гудзь В.І. Підвищення зносостійкості елементів конструкцій в умовах ударного навантаження .- Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.04 — тертя та зношування в машинах, Технологічний університет Поділля, Хмельницький, 1997.

Захищається 18 публікацій, які містять теоретичні дослідження і результати експериментальних досліджень зносостійкості пар тертя в умовах зворотно-поступального руху і ударного навантаження. Сконструйована установка і проведені дослідження, які підтверджують відповідність розрахункових результатів з експериментальними даними. Запропонована технологія іонного азо-

тування дозволяє підвишити зносостійкість пар тертя в 2,6 рази.

Ключові слова: знос, удар, тертя, твердість, покриття, довговічність.

Гудзь В.И. Повышение износостойкости элементов конструкций в условиях ударного нагружения. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 - трение и износ в машинах, Технологический университет Подолья, Хмельницкий, 1997.

Защищается 18 публикаций, которые содержат теоретические исследования и результаты экспериментальных исследований износостойкости пар трения в условиях возвратно-поступательного движения и ударного нагружения. Сконструирована установка и проведены исследования, которые подтвердили соответствие расчетных результатов с экспериментальными данными. Предложенная технология ионного азотирования позволяет повысить износостойкость пар трения в 2,6 раза.

Ключевые слова: износ, удар, трение, твердость, покрытие, долговечность.

Goudz' V.I. Increase of elements reliability of constructions under shock loading conditions. - Manuscript

Disertation for a candidate of technical sciences degree in specialty 05.02.04 - friction and wear in machines, Technological University of Podollye, Khmel'nitsky, 1997.

18 publications are defended which contain theoretical research and results of experimental research of wear and tear resistance of friction couples in the conditions of backward-forward motion and shock loading. The methods of have been developed which are brought up to the engineer level. A plant has been designed and research has been carried out which confirmed good correspondence of calculation results with experimental data. The proposed technology of ion nitrogening allows to increase the wear and tear resistance of friction couples 2.6 times.

Key-words: wearing, shock, friction, hardness, surface, reliability.

431409

Ав 39-169

Ав 39.169

Підписано до друку 17.12.97
1.0 друк. арк. 1,2 ум. друк. арк.
Наклад 100 прим. Зам.1846
Друкарня заводу "Нева"
м. Хмельницький