

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОДІЛЛЯ
(м. Хмельницький)

На правах рукопису

УДК 621.891: 620.178: 621.767: 679.852

Красильников Сергій Романович

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
ІЗ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ ТА МЕТОДИ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

Спеціальність 05.02.04 - *Тертя і зношування у машинах*

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Хмельницький - 1997



00743367 (U)

Дисертацією є рукопис.
Робота виконана в Т
Поділля (м. Хмельницький)

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Кондратюк Віктор Іванович,
Технологічний університет Поділля,
доцент кафедри опору матеріалів

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, Doktor ingenieur habilitierter, професор
Семенюк Микола Федорович, Технологічний університет Поділля,
професор кафедри основ конструювання машин;

доктор технічних наук, професор Бакка Микола
Терентійович, Житомирський інженерно-технологічний інститут,
завідувач кафедри геотехнології та обробки каменю.

Провідна установа:

Державна Гірнична Академія України (м. Дніпропетровськ),
кафедра гірничих машин, Міністерство освіти.

Захист відбудеться "29" січня 1998 р. о 14 годині
на засіданні спеціалізованої вченої Ради Д70.052.02 при
Технологічному університеті Поділля за адресою: 280016,
м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11, 3-й учбовий корпус.

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці
Технологічного університету Поділля (вул. Кам'янецька, 110/1).

Автореферат розісланий "20" грудня 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, доцент

Г.С. Калда

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Деталі із природного каменю таких гірських порід як граніти, гранодіорити, сієніти, базальти, діабазы використовуються у машинах та технологічному обладнанні хімічної, паперової, харчової промисловостей, а також знаходять застосування в метрологічному устаткуванні і виробих прецизійного верстатобудування. Це пов'язано із наявністю у каменю цілого комплексу специфічних властивостей, які не характерні для традиційних конструкційних матеріалів. Основними із них є: низьке значення коефіцієнта лінійного розширення, пасивність до дії електромагнітних полів та агресивних середовищ, високі показники твердості та міцності на стиск, наявність відкритої поруватості поверхні.

Використання природного каменю у парах тертя замість металів призводить до збільшення їх зносостійкості у декілька разів. Так, заміна сталевих та бронзових гарнітур на базальтові у ролах та конічних млинах для розмелу паперової маси призводить до збільшення терміну служби у 4 - 6 разів, а при заміні нержавіючої зносостійкої сталі - у 1,5 - 1,8 разів.

Наявність в Україні великої кількості родовищ та запасів природного каменю, особливо твердих порід, сприяє подальшому розширенню його використання у машинобудуванні і відповідає існуючій тенденції підвищення екологічності матеріального виробництва із створенням сумісних із навколишнім середовищем машин і технологічного устаткування, при виготовленні яких використовуються деталі із матеріалів, що не потребують значних витрат ресурсів.

Інтенсифікація виробничих процесів спричиняє збільшення зносу деталей та скорочення строку їх служби. Наприклад, збільшення робочої швидкості гранітних пресових валів з 5 до 10 м/с призводить до зменшення нормативного часу напрацювання валів на відмову внаслідок зносу поверхні з 3870 до 1650 годин, хоча реальні цифри мають ще менші значення.

Традиційний підхід до природного каменю як будівельного матеріалу призвів до того, що у триботехніці не надавали належного значення вивченню його триботехнічних властивостей та закономірностей зношування. У теперішній час практично відсутні технології та обладнання підвищення міцності та зносостійкості деталей із твердих гірських порід.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота проводилася у відповідності з перспективним планом науково-дослідної роботи викладачів Технологічного університету Поділля (м. Хмельницький) на 1995-2000 роки за пріоритетним напрямком розвитку науки і техніки "Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології", наведеним у Постанові Верховної Ради України №2705 від 16.10.92 із подальшими доповненнями. Дослідження виконувалися на замовлення заводу Дніпроважпапермаш ім. Артема (м. Дніпропетровськ) та НВО "Ротор" (м. Черкаси) у рамках госпдоговірних робіт "Удосконалення технології виробництва гранітних валів", "Розробка ефективної технології обробки глибоких отворів у гранітних валах", "Підвищення ефективності виробництва деталей прецизійного обладнання із природного каменю" (держ. реєстраційні номери: 01.85.0076871, 01.88.0018962, 02.88.0018979).

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи є встановлення закономірностей процесу зношування природного каменю та розробка методів підвищення зносостійкості деталей машин, які з нього виготовляють.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- експериментально виявити закономірності зношування природного каменю при терті ковзання;
- розглянути вплив найбільш характерних агресивних середовищ на зносостійкість природного каменю;
- визначити взаємозв'язок зносостійкості природного каменю із межею міцності на стиск, мікротвердістю, густиною, водопоглинанням та коефіцієнтом зниження міцності при водопоглинанні;
- розробити технологію та обладнання підвищення зносостійкості виробів із природного каменю шляхом насичення їх поверхневого шару полімерними композиціями.

Наукова новизна одержаних результатів.

Наукова новизна винесених на захист результатів полягає у наступному:

- встановлено, що зношування природного каменю відбувається у відповідності з моделлю фрикційної втоми; методами планування експерименту визначені параметри математичної моделі зношування природного каменю: питома сила тертя при якій швид-

кість зношування зневажливо мала, сталі пари тертя та показник міцності на зсув;

- отримані регресійні залежності інтенсивності зношування гранітів при зношуванні поверхні сталевим стрижнем та нахиленою пластиною від тиску, швидкості тертя та кута нахилу пластини, отримані показники зносостійких властивостей граніту при терті із металами та полімерними матеріалами, визначено вплив найбільш характерних агресивних середовищ на зносостійкість гранітів;

- встановлено кореляційний зв'язок між інтенсивністю зношування та міцністю на стиск, мікротвердістю, густиною та водопоглинанням, природного каменю;

- зафіксовано зростання міцності при стиску, зносостійкості, корозійної стійкості та зменшення водопоглинання граніту при насиченні його поверхні фенолформальдегідною композицією; насичення не викликає внутрішніх напружень у поверхні, не призводить до змін коефіцієнта лінійного розширення та налипання паперової пульпи на поверхню каменю.

Практичне значення отриманих результатів.

Результати дослідження зносостійких властивостей природного каменю можуть бути використані при проектуванні пар тертя з природним каменем, а також для визначення ресурсу його роботи.

Вдосконалено методики для визначення характеристик зношування і тертя природного каменю та визначення міцності на зсув поверхневого шару граніту, розроблено пристрій для визначення зносостійких властивостей пари тертя граніт - сталева пластина.

Розроблено технологію та устаткування для обробки деталей машин різної форми із природного каменю насиченням їх поверхні полімерними композиціями. Результати роботи можуть бути використані: у паперовій промисловості для підвищення зносостійкості гранітних пресових валів; у прецизійному верстатобудуванні для підвищення точності роботи аеродинамічних направляючих; у будівництві та архітектурі при захисті каменю від дії атмосферної вологи, для підвищення зносостійкості тротуарних та облицювальних плит, для підвищення естетичного вигляду виробів із каменю.

Результати досліджень пройшли виробничі випробування у Цюрюпінському ЦПК (м. Херсон), НВО "Ротор" (м. Черкаси), Дніпроважпапермаш ім. Артема (м. Дніпропетровськ). Економічний ефект від впровадження становив 58 тисяч гривень.

Особистий внесок здобувача.

1. Виконано всі трибологічні дослідження, пов'язані із природним каменем, отримано кореляційні залежності інтенсивності зношування від факторів, що впливають на зносостійкість, запропоновано механізм зношування природного каменю при терті ковзані.

2. Розроблено пристрій для визначення зносостійких властивостей пари тертя граніт - сталева пластина.

3. Визначено вплив найбільш характерних агресивних середовищ на зносостійкість гранітів.

4. Визначено вплив насичення граніту фенолформальдегідною композицією на інтенсивність зношування та його основні фізико-механічні властивості.

5. Розроблено технологію та конструкції пристроїв для поверхневої обробки природного каменю фенолформальдегідною композицією.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення роботи і її окремі результати доповідалися і обговорювалися на наступних науково-технічних конференціях та семінарах: на технічних нарадах заводу Дніпроважпапермаш ім. Артема (м. Дніпропетровськ, 1988 р.) і НВО "Ротор" (м. Черкаси, 1991р.); на науково-технічній конференції "Каменеобробка в Україні" (м. Київ, ВДНГ, 1990 р.); міжреспубліканській науково-технічній конференції "Якість та надійність вузлів тертя" (м. Хмельницький, 1992 р.); науково-технічній конференції "Вдосконалення обладнання легкої промисловості та складної побутової техніки" (м. Хмельницький, 1993 р.); науково-практичній конференції з нагоди презентації Технологічного університету Поділля "Наукові основи сучасних прогресивних технологій" (м. Хмельницький, 1994 р.); III-ій науково-технічній конференції "Вимірювальна та обчислювальна техніка у технологічних процесах і конверсії виробництва" (м. Хмельницький, 1995 р.); науково-практичній конференції "Технологічний університет у системі реформування освітньої та наукової діяльності Подільського регіону" (м. Хмельницький, 1995 р.); Українській конференції "Моделювання та дослідження сталих систем" (м. Київ, Київський національний університет ім. Т.Шевченка, 1996 р.); міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми трибології" (м. Хмельницький, 1996 р.); засіданні наукового семінару кафедри геотехнології та обробки каменю Житомирського інженерно-технологічного

інституту (м. Житомир, 1997 р.); засіданні кафедри гірничих машин Державної Гірничої Академії України (м. Дніпропетровськ, 1997 р.)

Публікації. За результатами роботи отримано одне авторське свідоцтво на винахід, опубліковано 5 статей та 8 тез.

Структура та обсяг дисертацій. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків та списку літератури.

Робота виконана на 150 сторінках машинописного тексту, містить 56 малюнків, 27 таблиць, 7 додатків та список використаних літературних джерел з 120 найменувань. Загальний об'єм дисертації 189 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розглядаються питання про актуальність теми досліджень, обґрунтовується мета роботи і її практична цінність, вказується наукова новизна отриманих результатів.

В першому розділі дається аналіз використання природного каменю як матеріалу деталей машин. За функціональною ознакою виділено сім груп деталей машин із природного каменю і проаналізовані фактори, що впливають на надійність їх роботи у вузлах тертя. Проаналізовано існуючі теорії і моделі зношування, показники і методики визначення зносостійких властивостей природного каменю у традиційних сферах його використання. Дається короткий огляд існуючих методів підвищення зносостійких та основних фізико-механічних властивостей гірських порід та вуглеграфітів. Робиться висновок про недостатню вивченість зносостійких властивостей природного каменю та визначаються напрямки подальших досліджень підвищення зносостійкості природного каменю.

У другому розділі досліджуються закономірності зношування природного каменю при терті ковзання. Наведено методики визначення масового зносу, інтенсивності зношування, коефіцієнту тертя та визначення міцності на зсув природного каменю.

Міцність на зсув поверхневого шару граніту визначається при руйнуванні клейового з'єднання за схемою показаною. Для досягнення когезійного руйнування поверхневого шару граніту вибрано епоксидну композицію. Міцність клейового з'єднання регулювалася температурою твердіння композиції. Отримано, що для гранітів із границею міцності на стиск 120 МПа міцність на зсув поверхневого шару становить 8-12 % границі міцності на стиск. Ці значення співпадають із результатами визначення міцності на зсув при крученні і с

на 50 - 70 % меншими по відношенню до значень, отриманих в умовах косоного зрізу.

Проведено попередні дослідження сумісного впливу питомого навантаження та швидкості ковзання на інтенсивність зношування та коефіцієнт тертя пари граніт - сталь У8А при малих швидкостях ковзання із використанням ортогонального плану другого порядку. Визначено, що номінальний тиск має переважний вплив на процес зношування. Коефіцієнт тертя названої пари не залежить від швидкості ковзання і лінійно залежить від номінального тиску. Збільшення тиску у 6,8 разів призводить до зменшення коефіцієнта тертя на 37 %.

Будується математична модель зношування граніту у вигляді:

$$I = \left\{ A \left[\left(\frac{\tau_B - \tau_0}{\tau - \tau_0} \right)^m - 1 \right] \right\}^{-1} \quad (1)$$

де I - інтенсивність зношування; τ - поточне значення питомої сили тертя; τ_B - міцність на зсув граніту; τ_0 - значення питомої сили тертя, при якій швидкість зношування зневажливо мала; A, m - характеристики матеріалів пари тертя.

Характеристики моделі зношування (1) визначаються методом найменших квадратів із використанням ЕОМ. Результати визначення характеристик тертя для пари граніт - сталь У8А показали, що при зміні швидкості ковзання від 0,24 до 0,52 м/с найкращий опис залежності інтенсивності зношування від питомої сили тертя досягається при значенні $m=1$. Значення питомої сили тертя τ_0 залишається незмінним при змінному значенні характеристики A . Закономірність зміни характеристики A має лінійну залежність від швидкості ковзання. Залежність інтенсивності зношування граніту від питомої сили тертя показана на рис.1.

Далі досліджувалися зносостійкі властивості гранітів при терті із металами та полімерними матеріалами та композиціями різного механізму утворення. Виявлена руйнівна дія металів на гранітну поверхню, яка виражається у появі відколів, подряпин і збільшенні мікротріщин. Особливо це характерно для сухого тертя.

Використання води при терті призводить до зменшення і локалізації зон руйнування поверхні і, як наслідок, зменшення інтенсивності зношування елементів пари у 2-6 разів. Виключенням є пара тертя граніт - алюміній, яка має при зменшенні інтенсивності зно-

шування граніту у воді в 3 рази збільшення інтенсивності зношування алюмінію у 6 разів за рахунок корозії поверхні.

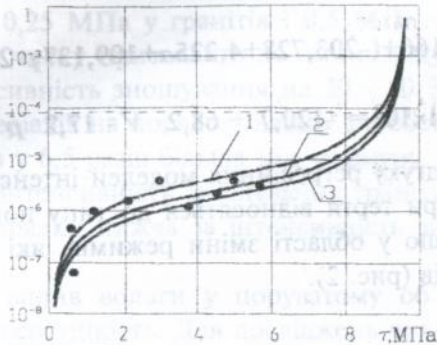


Рис. 1 Залежність інтенсивності зношування граніту від питомої сили тертя при швидкості ковзання: 1 - 0,24 м/с; 2 - 0,38 м/с; 3 - 0,52 м/с.

Одержано, що найнижчі показники інтенсивності зношування (у 2-5 разів менші за інтенсивність зношування міді та бронзи) і стабільність показників, як при сухому так і мокрому терті, мають пари тертя граніт - вуглеграфітовий композит на основі фенолформальдегідної смоли. При терті по граніту композит намащується на поверхню і виконує роль мастила, запобігаючи руйнуванню поверхні. Отриманий результат вказує на те, що названий композит можна використовувати при виготовленні додаткових шаберів, які встановлюються у пресовій частині папероробних машин.

В третьому розділі описано конструкцію пристрою для проведення досліджень по вивченню впливу кута нахилу пластини до поверхні природного каменю, швидкості та номінального тиску на масовий знос, інтенсивність, зношування та коефіцієнт тертя за умов зношування у воді та без неї.

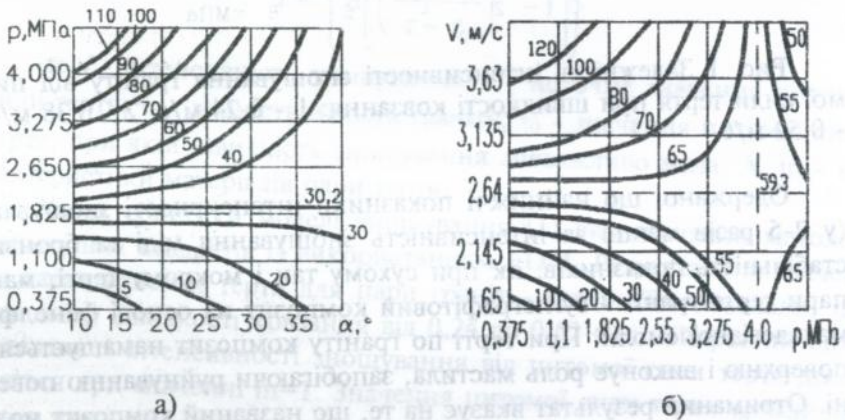
Для математичного опису об'єктів дослідження використано математичне планування експерименту із використанням ротатабельного плану Бокса другого порядку із використанням ЕОМ. Після статистичного аналізу результатів експериментів отримано адекватні математичні моделі для визначення масового зносу та інтенсивності зношування елементів пари тертя граніт - сталева пластина при зношуванні у воді.

У натуральних значеннях (при $15^\circ \leq \alpha \leq 35^\circ$; $1,1 \text{ МПа} \leq p \leq 4,0 \text{ МПа}$; $1,65 \text{ м/с} \leq V \leq 3,63 \text{ м/с}$) рівняння для визначення інтенсивності зношування граніту та пластини із сталі Ст 3 мають наступний вигляд:

$$I \times 10^9 = 38,166 + (-203,728 + 4,225\alpha + 109,137 \cdot p - 2,518 \cdot \alpha p) / V \quad (2)$$

$$I \times 10^8 = -120,7 + 68,2 \cdot V - 17,2 \cdot p \cdot V \quad (3)$$

Поверхні відгуку регресійних моделей інтенсивності зношування елементів пари тертя відносяться до типу поверхонь мінімаксу, які показують, що у області зміни режимів, які розглядаються, не існує екстремумів (рис. 2).



зносостійких властивостей природного каменю із традиційними машинобудівними матеріалами, представленими зразками сталі 45 та ХВГ. Отримані залежності інтенсивності зношування від тиску показують, що максимального значення інтенсивність зношування досягає при тиску 0,25 МПа у гранітів і 0,5 МПа у мармурів. Подальше збільшення тиску призводить до зміни виду зношування із зменшенням інтенсивності зношування на 30 - 50 % Серед розглянутих крихких матеріалів на порядок більшу зносостійкість має граніт, твердість якого у 6,5 разів більша ніж мармуру. При збільшенні тиску до 0,5 МПа інтенсивність зношування гранітів на порядок, а мармурів на два порядки нижча за інтенсивність зношування сталі 45 та ХВГ.

Розглядається вплив вологи у поруватому об'ємі природного каменю на його зносостійкість. Для досліджень використано зразки граніту та мармуру, які були примусово насичені водою під вакуумом. Отримано, що при номінальному тиску 0,06 МПа, зносостійкість гранітів та мармурів зменшується у середньому на 40 %, по відношенню до сухих зразків. Зменшення питомих навантажень призводить до зменшення зносостійкості насичених вологою зразків. Так, при 0,012 МПа у мармурів зафіксовано зменшення зносостійкості вже на 60 %.

Далі вивчався вплив найбільш характерних агресивних середовищ, що використовуються при виробництві спеціального технологічного обладнання та окремих технологічних процесах, на зносостійкість мілкозернистих гранітів з межею міцності на стиск 120 МПа. На першому етапі робіт визначалися корозійна стійкість зразків при температурі 50 °С на протязі 1440 годин у трьох середовищах: гідроксиду натрію, сірчаної кислоти та розчину із хлориду міді, аміаку, хлористого амонію та йодиду калію. Результати досліджень показали, що швидкість корозії у кислому середовищі у 17,2 разів вища ніж у лужному. У розчині із декількох компонентів мало місце збільшення маси зразків на 0,03 %. Іспити на міцність показали зменшення міцності гранітних зразків у кислому середовищі на 20 %, у лужному на - 13 %, у середовищі солей на 12 %.

На наступному етапі досліджень визначалася інтенсивність зношування гранітів при значеннях водневого показника від 0 до 10 та номінального тиску від 2,2 до 9,7 МПа. Отримані результати показали, що збільшення питомого тиску у 4,4 рази призводить до зменшення зносостійкості граніту у кислому середовищі у 29 разів,

у нейтральному середовищі у 9,7 та у лужному середовищі у межах від 3,3 до 15,5 разів. Найбільш сприятливий вплив із розглянутих середовищ на зносостійкість природного каменю показує середовище, що містить олеат натрію.

Далі більш детально досліджувався вплив соляної, азотної та сірчаної кислот на корозійно-механічне зношування граніту. В цілому, при збільшенні водневого показника зносостійкість гранітів збільшується. Ця закономірність має, однак, деякі винятки. У середовищі концентрованої сірчаної кислоти, за рахунок виявлення ефекту пасивації, зносостійкість граніту на порядок вища, ніж у нейтральному середовищі. Найбільш агресивну дію на граніт показує соляна кислота при рН 1, агресивна дія сірчаної кислоти більше проявляється при рН 3, а при значенні рН 5 всі розглянуті кислоти показують приблизно однакову дію. Відношення максимального показника інтенсивності зношування до мінімального при дії на граніт для азотної кислоти становить 1,2, для соляної - 3,3, для сірчаної 10,6. Для сталі У8А ці відношення відповідно становлять: 1,18, 2,6 та 3,5.

Також проводився пошук кореляційних зв'язків між інтенсивністю зношування та показниками фізико-механічних властивостей: міцністю, густиною, водопоглинанням, коефіцієнтом зниження міцності та відбивною здатністю для родовищ гранітів Українського кришталевого щита, що мають великий вихід великогабаритних блоків від 3 до 8 м³, які використовуються для виготовлення деталей машин.

Отримані результати вказують на можливі шляхи підвищення зносостійкості гранітів за рахунок збільшення їх межі міцності при стиску і зменшенні поруватості та водопоглинання поверхні.

В п'ятому розділі розглядається шлях підвищення зносостійкості деталей із природного каменю, що містять у поверхневому шарі пори і мікротріщини природного та технологічного походження розкриттям до 1 мм, за рахунок насичення поверхні полімерними композиціями. Сформульовані такі вимоги до базової композиції для насичення: висока адгезійна міцність до поверхні каменю; можливість у широких межах змінювати в'язкість композиції без суттєвої зміни показників міцності; температура полімеризації композиції не повинна перевищувати 105 °С; водостійкість, нейтральність до дії агресивних середовищ; полімеризація композиції повинна

протікати із значною усадкою і не викликати значних внутрішніх напружень.

Показано, що найбільш повно вказаним вимогам відповідає розчин густиною 0,834 - 0,842 г/см³ фенолформальдегідного резольного олігомеру (1 мас. ч.), поєднаного із полівінілбутиралем (1 мас. ч.) у етиловому спирті. Досліджено вплив температури та часу полімеризації на мікротвердість та адгезійну міцність до поверхні граніту вибраної фенолформальдегідної композиції. Визначено, що оптимальним режимом полімеризації композиції є двогодинна витримка при температурі 105 °С.

Визначена масова та об'ємна усадка фенолформальдегідної композиції. Показано, що, за реальних умов, зменшення об'єму відкритого поруватого простору у два рази більше розрахункових значень, отриманих із умови повного заповнення композицією тріщин та пор із наступною полімеризацією їх у витоках утворення. Зроблено висновок про особливий характер заповнення фенолформальдегідною композицією поруватого простору.

На наступному етапі досліджень, із використанням швидкісної фотозйомки, на скляних плоских капілярах розкриттям 20-50 мкм вивчалася кінетика та характер заповнення композицією поруватого простору. Отримані фотограми процесу заповнення довгого та короткого капілярів краплею полімеру. Визначені горизонтальна та вертикальна складові швидкості проникнення у капіляр. Показано, що за рахунок перевищення горизонтальної складової швидкості над вертикальною знижується ефективність заповнення капіляра полімером, що особливо помітно при малій довжині капіляра, коли він перекривається швидше, ніж полімер почне проникати в глибину капіляра. Повітряна подушка, яка утворюється в цьому випадку, зупиняє процес насичення капіляра. Зроблено висновок про необхідність використання вакуумування поверхні з метою підвищення ефективності процесу заповнення полімером мікротріщин та капілярів.

Наведено фотограми результатів полімеризації фенолформальдегідної композиції у плоских капілярах. Показано, що композиція полімеризується у каналі із значною усадкою не у вигляді моноліту, а у формі перегородок, що з'єднують стінки каналу із утворенням сітки більш мілких каналів. При цьому початок всіх каналів перекрито плівкою полімеризованої композиції. Плівка, що утворюється

на поверхні капіляра, гідрофобна і перешкоджає проникненню води у початок капіляра.

Далі вивчено вплив насичення гранітів фенолформальдегідною композицією на інтенсивність зношування, міцність на стиск, густину, водопоглинання, мікротвердість, швидкість та глибину проникнення корозії, температурний коефіцієнт лінійного розширення. Визначено, що обробка композицією призводить до зростання міцності у 1,3 - 1,8 разів, зростання зносостійкості у 1,2 - 1,4 рази, корозійної стійкості у 1,2 - 1,4 рази, зменшення відкритої поруватості та водопоглинання у 1,2 - 2,5 рази. Обробка граніту вказаною композицією не викликає напружень у його поверхневих шарах, не призводить до змін коефіцієнта лінійного розширення та налипання паперової пульпи на поверхню каменю.

Розроблена технологія обробки виробів із природного каменю полімерними композиціями. Вона містить у собі наступні операції: очищення та знежирення поверхні, сушка, вакуумне насичення поверхні та полімеризація. Для обробки гранітних валів розроблено спосіб безперервного локального вакуумування із використанням пристрою, схема якого наведена на рис. 3.

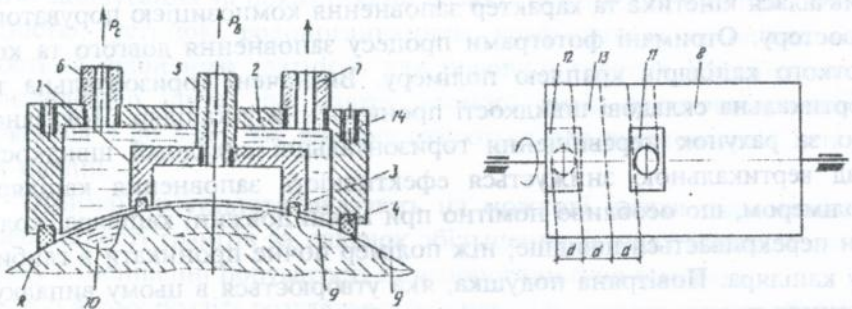


Рис. 3 Спосіб обробки поверхні деталей із природного каменю насиченням полімерною композицією: 1 - вакуумна камера; 2 - камера для композиції; 3, 4 - ущільнювальні елементи; 5, 6, 7 - штуцери; 8 - виріб, що оброблюється; 9 - тріщина, що заповнена повітрям; 10 - тріщина, що заповнена композицією; 11 - зона вакуумування; 12 - зона насичення; 13 - оброблена зона.

Пристрій із вакуумною камерою та камерою для полімерної композиції, які мають осьовий ексцентриситет ϵ , притискається до поверхні деталі, що обробляється. За рахунок в'язких властивостей

полімеру пристрій може вільно пересуватися по поверхні. Швидкість переміщення пристрою V визначається із залежності:

$$V = \frac{l + 2\varepsilon - d}{2K_3 \cdot h} \cdot V_k, \quad (2)$$

де d - розмір зони вакуумування; l - розмір зони подачі полімерної композиції; ε - ексцентриситет зон вакуумування та подачі полімерної композиції, K_3 - необхідний ступінь заповнення тріщин композицією; h - середня глибина тріщин; V_k - швидкість руху полімерної композиції у тріщині.

Ексцентриситет зон вакуумування та подачі композиції визначають із залежності:

$$\varepsilon = \frac{(kL - \Delta)}{2}, \quad (3)$$

де k - безрозмірний коефіцієнт, $k = 1...2,5$; L - граничний розмір тріщини; Δ - мінімальний зазор між вакуумною камерою та камерою подачі композиції у напрямку руху пристрою.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

1. Виходячи із сучасних уявлень про кінетику зношування конструкційних матеріалів при терті ковзані як процесу фрикційної втоми, побудована модель зношування природного каменю. Для цього було вдосконалено методики визначення характеристик тертя, зносу та міцності на зсув природного каменю і на основі методів планування експерименту отримані регресійні залежності для визначення коефіцієнту тертя, масового зносу та інтенсивності зношування елементів пар тертя граніт - сталевий стрижень, та граніт - нахилена сталева пластина при зміні номінального тиску, швидкості та кута нахилу пластини.

2. Встановлено, що для крихких матеріалів типу гранітів при малих швидкостях ковзання границя питомої сили тертя, за якою швидкість зношування зневажливо мала, не залежить від швидкості і на порядок менше значень, отриманих для металів.

3. Отримані закономірності зміни коефіцієнта тертя та інтенсивності зношування при терті граніту із металами та полімерними матеріалами. Одержано, що найнижчі показники інтенсивності зношування (у 2-5 разів менші за інтенсивність зношування міді та бронзи) і стабільність показників, як при сухому так і мокрому тер-

ті, мають пари тертя граніт - вуглеграфітовий композит на основі фенолформальдегідної смоли. Отриманий результат вказує на можливість виготовлення із названого композита додаткових шаберів, які встановлюються у пресовій частині папероробних машин.

4. Для умов зношування природного каменю не жорстко закріпленим абразивом, отримано залежність інтенсивності зношування природного каменю від номінального тиску. При номінальному тиску 0,25 МПа для гранітів і 0,5 МПа для мармурів має місце зміна механізму зношування. Подальше збільшення номінального тиску призводить до зменшення інтенсивності зношування на 30 - 50 %.

5. Виявлено вплив вологи та найбільш характерних агресивних середовищ на зносостійкість гранітів. Показано, що при малих значеннях номінального тиску, коли вода не відіграє роль охолоджуючого середовища, зносостійкість водонасичених гранітів та мармурів зменшується у середньому на 40 % по відношенню до сухих зразків. Використання води як охолоджуючого середовища призводить до зменшення інтенсивності зношування граніту на порядок у порівнянні із сухим тертям та значно зменшує зони руйнування, які не виходять за межі доріжок тертя. Отримано, що при існуючій тенденції збільшення зносостійкості гранітів при збільшенні водневого показника від 1 до 10 найбільш агресивну дію на граніт показує соляна кислота при рН1, сірчана кислота при рН3, а при значенні рН5 азотна, сірчана та соляна кислоти показують рівнозначну дію.

6. На основі методів математичної статистики знайдені залежності між показниками міцності, мікротвердості, густини та показником інтенсивності зношування гранітів, які вказують на можливі шляхи підвищення зносостійкості гранітів за рахунок збільшення їх межі міцності при стиску і зменшенні поруватості та водопоглинання поверхні.

7. Показано, що одним із шляхів підвищення зносостійкості гранітів та мармурів є насичення їх поверхні композиціями, що твердіють. Розроблено методику вивчення властивостей композицій та досліджено процес заповнення ними плоских тупикових капілярів. Визначено, що найбільш повно матеріалознавчим та експлуатаційним вимогам деталей машин із природного каменю відповідають композиції на основі фенолформальдегідних смол густиною від 0,834 до 0,842 г/см³.

8. Отримано, що насичення гранітів фенолформальдегідною композицією в залежності від кількості насичень призводить до

зростання міцності у 1,3 - 1,8 разів, зростання зносостійкості у 1,2 - 1,4 рази, корозійної стійкості у 1,2 - 1,4 рази, зменшення відкритої поруватості та водопоглинання у 1,2 - 2,5 рази. Насичення не викликає внутрішніх напружень у поверхні, не призводить до змін коефіцієнта лінійного розширення та налипання паперової пульпи на поверхню каменю.

9. Розроблено технологію та обладнання для обробки деталей машин із природного каменю фенолформальдегідною композицією. Економічний ефект від впровадження технологій становить 58 тисяч гривень.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ЗДОБУВАЧЕМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Красильников С. Р., Баннов Г. М. Совершенствование методики определения износа природного камня // Вопросы технического и экономического совершенствования бытового обслуживания: Сб. науч. трудов. - К.: УМК ВО, 1988. - С. 76 - 77.

2. Кондратюк В. И., Новикова В. В., Красильников С. Р. Влияние упрочнения на некоторые эксплуатационные свойства деталей машин из природного камня // Управление триботехническими и прочностными свойствами механических систем: Сборник научных трудов. - К.: УМК ВО, 1990. - С. 35 - 38.

3. Красильников С. Р. Оценка износостойкости природного камня // Сб. тр. молодых учен. ХТИ. - Хмельницкий, 1993. - С. 123 - 125.

4. Красильников С. Р. Особенности изнашивания деталей машин из природного камня стальной пластиной // Проблемы современного машинобудування. Збірник наукових праць. - Хмельницький, 1996. - С. 139-141.

5. Красильников С. Р., Кондратюк В. И. Коррозионно-механическое изнашивание природного камня // Проблемы трибологии. - 1996. - №1. - С. 88-90.

6. А. с. 1763432 СССР. МКИ⁴ С 04 В 41/45. Способ обработки изделий из природного камня и устройство для его осуществления / С. Р. Красильников (СССР) и др. - 4 с.

7. Кондратюк В. И., Красильников С. Р., Баннов Г. М. Технология и оборудование для упрочнения гранитных прессовых валов // Совершенствование методики преподавания и научные работы по теоретической и прикладной механике в условиях перестройки

высшей школы: Тез. докл. XIV межвуз. научно-метод. семинара 9 - 11 июня 1988 г. - Хмельницкий, 1988. - С. 79 - 80.

8. Красильников С. Р. Влияние нагрева на изгибную прочность образцов гранита // Пути повышения качества подготовки студентов по механике: Тез. докл. XV межвуз. научно-метод. семинара 1-3 ноября 1990 г. - Хмельницкий, 1990. - С. 49.

9. Ковалевский В. В., Красильников С. Р. Исследование характера заполнения порового пространства гранитной трибоповерхности твердеющей композицией // Качество и надежность узлов трения: Тез. докл. межресп. научно-технич. конф. - Хмельницкий, 1992. - С. 114 - 115.

10. Красильников С. Р. Разработка режимов отверждения фенолформальдегидной композиции, используемой при обработке гранитных трибоповерхностей // Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції "Вдосконалення обладнання легкої промисловості та складної побутової техніки". - Хмельницький, 1993. - С. 76 - 77.

11. Красильников С. Р. Вплив агресивних середовищ на зносостійкість деталей машин з природного каменю // Наукові основи сучасних прогресивних технологій: Тези допов. наук.-практ. конф. з нагоди презентації ТУП. - Хмельницький, 1994. - С. 144.

12. Красильников С. Р. Визначення мікротвердості природного каменю // Тези науково-практичної конференції "Технологічний університет у системі реформування освітньої та наукової діяльності подільського регіону". - Хмельницький, 1995. - С. 329.

13. Красильников С. Р., Никитин А. А. Разработка методики контроля износа деталей машин из природного камня // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах і конверсії виробництва: 36. матер. конференції 23 - 25 травня 1995. - Хмельницький, 1995. - С. 70.

14. Красильников С. Р. Моделирование изнашивания природного камня // Моделирование и исследование устойчивости систем: Тез. докл. украинской научной конференции. 20-24 мая 1996 г. - К., 1996. - С. 79.

АНОТАЦІЇ

Красильников С. Р. Зносостійкість деталей машин із природного каменю та методи її підвищення. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.02.04 - Тертя та зношування у машинах, Технологічний університет Поділля, Хмельницький, 1997.

Захищаються 14 публікацій, що містять експериментальні і теоретичні дослідження зношування деталей машин із природного каменю і методи підвищення їхньої зносостійкості. Вивчено закономірності гранітів зношування у різноманітних середовищах в умовах тертя ковзання і зношування не жорстко закріпленим абразивом. Отримано залежності між показниками зносостійкості і чинниками, що впливають на знос поверхні каменю при зношуванні сталевим стрижнем і похилою пластиною. Вивчено вплив обробки поверхонь гранітів фенолформальдегідною композицією на зносостійкість, корозійну стійкість, міцність, твердість, густину, водопоглинання і температурний коефіцієнт лінійного розширення. Розроблено технологію й устрій обробки поверхонь деталей машин із природного каменю фенолформальдегідною композицією з метою підвищення їхньої зносостійкості й основних експлуатаційних властивостей.

Ключові слова: тертя, знос, зносостійкість, корозійна стійкість, інтенсивність зношування, природний камінь, граніт, коефіцієнт тертя, фенолформальдегідна композиція.

Красильников С. Р. Износостойкость деталей машин из природного камня и методы ее повышения. - Рукопись.

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

Защищаются 14 публикаций, которые содержат экспериментальные и теоретические исследования изнашивания деталей машин из природного камня и методы повышения их износостойкости. Изучены закономерности изнашивания гранитов в различных средах в условиях трения скольжения и изнашивания нежестко закрепленным абразивом. Получены зависимости между показателя-

ми износостойкости и факторами, влияющими на износ поверхности камня при истирании стальным стержнем и наклонной пластиной. Изучено влияние обработки поверхностей гранитов фенолформальдегидной композицией на износостойкость, коррозионную стойкость, прочность, твердость, плотность, водопоглощение и температурный коэффициент линейного расширения. Разработаны технология и устройства обработки поверхностей деталей машин из природного камня фенолформальдегидной композицией с целью повышения их износостойкости и основных эксплуатационных свойств.

Ключевые слова: трение, износ, износостойкость, коррозионная стойкость, интенсивность изнашивания, природный камень, гранит, коэффициент трения, фенолформальдегидная композиция.

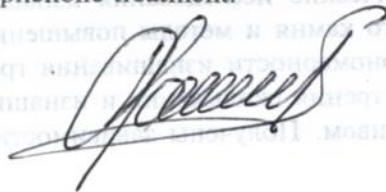
Krasilnikov S. R. Durability of machinery from natural stones and method of increasing it. - Manuscript.

The thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences in speciality 05.02.04 - Friction and wear in machines, Technological University of Podillia, Khmelnytsky, 1997.

Fourteen publications are being submitted. They contain experimental and theoretical investigations of deterioration of natural stones. Regularities in deterioration of granites in different mediums of machinery from under friction of slide and deterioration free abradant were studied. Analytical equations (formulas), between measures of durabilities and factors, which weight on the wear of a stone's surface under deterioration by steel rod and inclined plate, were acquired. Influence of rosin-modified phenolic treatment of surface of granites on durability, hardness, density, absorbing capacity, and temperature coefficient of linear extension have been studied.

Technology and appliances for treatment of surfaces of machinery from natural stones increase durability and basic service life have been worked out to.

Key words: deterioration, durability, friction, coefficient of friction, natural stone, granite, phenolic treatment.



Підписано до друку 17.12.97
1,0 друк. арк. 1,25 ум. друк.арк.
Наклад 100 прим. Зам. №275

Редакційно-видавничий центр ТУП
280016, м. Хмельницький, вул. Інститутська 7/1

434481

AB 39.168