

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Національний університет «Запорізька політехніка»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторної роботи №10

«Дослідження методів, стандартних і спеціальних випробувань матеріалів, на опір безударному абразивному зношуванню та проведення порівняльного аналізу схем та конструкцій приладів та установок створених для випробувань» з дисципліни «Історія технологій та основи наукової діяльності» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 10 «Дослідження методів, стандартних і спеціальних випробувань матеріалів, на опір безударному абразивному зношуванню та проведення порівняльного аналізу схем та конструкцій приладів та установок створених для випробувань» з дисципліни «Історія технологій та основи наукової діяльності» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.: О.Є. Капустян, Т.О. Акритова. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 26 с.

Укладачі: О.Є. Капустян, канд. техн. наук, доцент  
Т.О. Акритова, магістр, старш. лаб.  
Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент  
Редактор: І.П. Аверченко  
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено  
на засіданні кафедри ІТЗ та МК  
Протокол № 01 від 13.09.2023 р.

Рекомендовано  
до видання НМК ІФФ  
Протокол №6 від 16.01.2024 р.

**ЗМІСТ**

1 МЕТА РОБОТИ .....	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ .....	4
3 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ .....	21
4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ .....	22
5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ .....	22
6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	23
7 ЗМІСТ ЗВІТУ .....	25
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	26

## 1 МЕТА РОБОТИ

Дослідження стандартних та спеціальних методів випробувань матеріалів на опір абразивному зношуванню та проведення порівняльного аналізу схем та конструкцій приладів та установок створених для проведення випробувань.

## 2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Однією з найважливіших складових вирішення проблеми зношування деталей машин є випробування на зносостійкість. Відомо безліч способів і схем випробувань, як в лабораторних, так і в виробничих умовах.

На перший погляд при вирішенні прикладних задач підвищення зносостійкості деталей найбільш достовірними і надійними можуть бути випробування деталей (матеріалів) безпосередньо в виробничих умовах на діючому обладнанні.

Однак, по-перше дуже часто практично неможливо провести випробування в умовах виробничого процесу по ряду причин. Особливо, якщо мова йде не про поодинокі випробування деталей і матеріалів, а стоїть завдання встановлення закономірностей зношування групи матеріалів в різному структурному стані.

По-друге, в виробничих умовах, якщо мова йде про тривалі випробування неминучі коливання параметрів умов зношування (тиску, температури, фракційний склад абразивних мас і ін.). Це неминуче призводить до значних похибок результатів випробувань. Наприклад, при випробуваннях облицювальних пластин прес-форм вогнетривкого виробництва [1] з одного і того ж матеріалу (сталь X12) в одному і тому ж структурному стані на одному і тому ж пресі коливання результатів досягали 70%. Тому нескладні розрахунки показують, що для встановлення закономірностей зношування з точністю 90–95%, треба було б випробувати десятки дослідних деталей одного виду і понести великі матеріальні та часові витрати. А в тих випадках, коли не виключено, що серед досліджуваних

матеріалів будуть зустрічатися такі, які по зносостійкості нижче, ніж деталі діючого виробництва на даний час, вирішення питання про проведення виробничих випробувань ще більш ускладнюється.

У деяких випадках, якщо мова йде про невеликі деталі з низьким терміном служби, виробничі випробування можуть бути цілком ефективними. Так, наприклад, при пресуванні карбідкремнієвих нагрівачів методом екструзії тривалість роботи деталей оснастки складає всього кілька годин.

У техніці дуже багато прикладів проблем зношування невеликих деталей (деякі види бил молоткових дробарок, різці асфальтно-різальних машин та інші.). Тому до теперішнього часу, якщо мова йде про невеликі деталі багато дослідників проводять випробування у виробничих умовах на діючому обладнанні.

Виробничі випробування можуть бути в ряді випадків спрощені шляхом дослідження зразків, вставлених в натурні деталі, які працюють на діючому обладнанні. Зокрема випробування в ЗНТУ вставних зразків, закріплених в зоні найбільшого зносу облицювальних пластин для пресування будівельної силікатної цегли, дозволили значно прискорити отримання попередніх результатів про механізм, характер зношування і відносну зносостійкість великої групи матеріалів за відносно короткий час. Подібний підхід практикувався і при дослідженні зносостійкості матеріалів в ряді інших умов зношування. Зокрема, при вирішенні проблеми низького терміну служби прес-вальців для брикетування порошкових матеріалів, зубів ковшів екскаваторів і ін. Однак і при випробуванні вставних зразків не виключений помітний розкид результатів випробувань, оскільки неминучий вплив "тіньового ефекту", наявність зазорів між зразками, негативно впливає і масштабний фактор. Тому основний обсяг випробувань на опірність зношування виконується в лабораторних умовах.

Невелика частина з них є стандартними (як, наприклад, випробування на установці Х4Б), а більшість – нестандартні, яких на даний час в багато разів більше, ніж стандартних. Це викликано зрозумілим бажанням дослідників якомога ближче наблизити умови лабораторних випробувань до реальних.

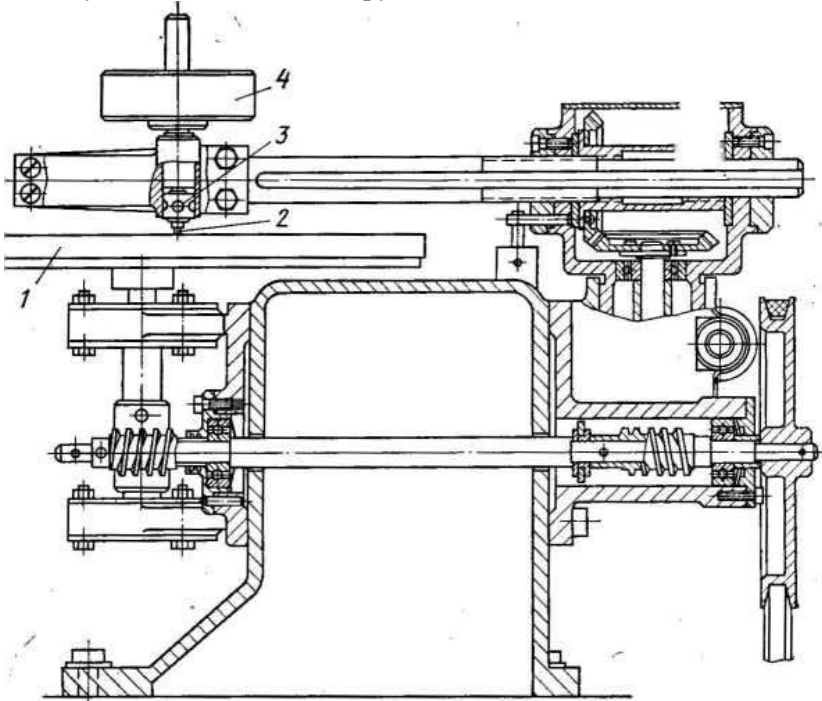
Різноманіття умов зношування і способів випробувань значно ускладнюють вибір найбільш прийнятого методу випробувань. Найчастіше дослідники змушені для вирішення своїх завдань

використовувати кілька лабораторних установок і проводити тривалі випробування.

Різноманіття схем випробувань на абразивне зношування (найбільш часто зустрічається на практиці) можна умовно розбити на наступні групи:

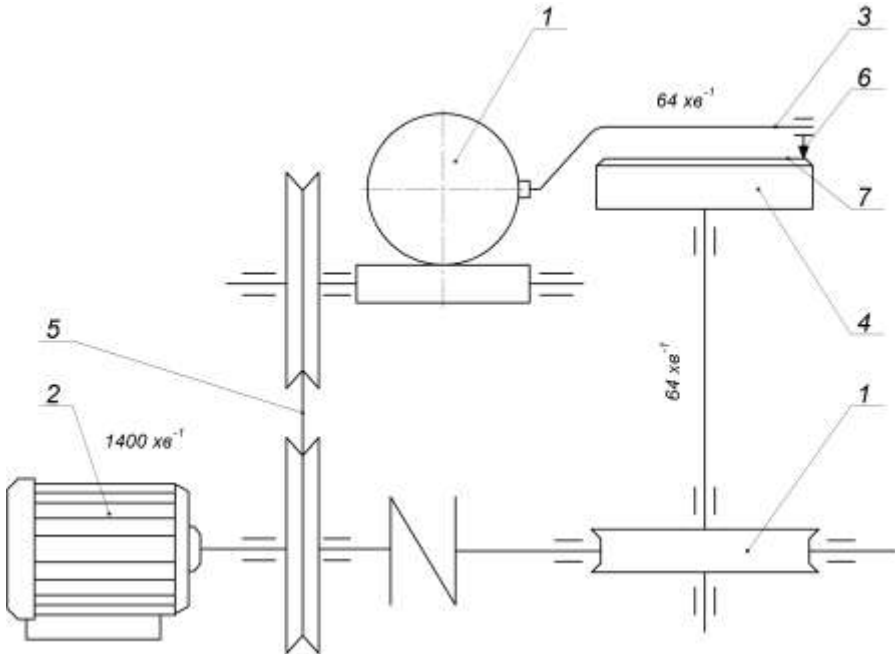
- зношування при терті закріпленим абразивом;
- зношування при терті напівзакріпленими абразивними частинками;
- зношування при терті в абразивній масі.

До найпоширеніших схем випробування на абразивне зношування закріпленим абразивом відносяться дослідження зносостійкості на машині (установці) Х4-Б (рис. 2.1), яка розроблена в Інституті машинознавства Хрущевим М.М., Бабичевим М.А.



1 – диск; 2 – зразок; 3 – цанговий тримач; 4 – вантаж

Рисунок 2.1 - Схематичний розріз машини Х4-Б для випробування на абразивне зношування



1 – черв'ячна передача; 2 – електричний двигун; 3 – зразок; 4 – металевий диск;  
5 – проміжний вал; 6 – зразок; 7 – абразивна шкурка

Рисунок 2.2 – Кінематична схема машини Х4-Б

В даній установці на плоскій стороні металевого диска який обертається, закріплена абразивна шкурка. Циліндричний зразок діаметром 2 мм і довжиною 10-15 мм, закріплений в цанговій державці, знаходиться під навантаженням, треться своїм торцем об шкурку і переміщується при обертанні диска в радіальному напрямку; шлях тертя являє собою спіраль Архімеда. Поверхня шкурки розділена на зони з однаковою довжиною шляху тертя. У цих зонах ведеться випробування досліджуваного і еталонного матеріалів. Знос визначається по зменшенню довжини зразка, або його маси.

Недоліки - це значний вплив масштабного фактору через малі розміри зразка, змінна швидкість ковзання при випробуванні одного зразка через спіралеподібний шлях тертя.

Зношування при терті по абразивному прошарку відбувається тоді, коли між поверхнями двох твердих тіл, які знаходяться у відносному русі, є вільні абразивні частинки, через які від одного тіла до іншого передається навантаження. Прошарок може складатися з

одного, або декількох шарів таких частинок. Абразив може бути різної природи і міцності, мати різну абразивну здатність, зернистість і форму. Навантаження, яке передаються через абразивні зерна, можуть бути неоднакової величини. Характер відносного руху твердих тіл також може бути різним (ковзання, кочення, поєднання ковзання з коченням, зворотно-поступальний рух, зворотно-обертальний рух, ковзання з періодичними роз'єднанням поверхонь і т. д.). Можуть спостерігатися різні співвідношення механічних властивостей трьох тіл (двох твердих тіл і абразивних частинок). Залежно від цих властивостей і умов тертя може відбуватися шаржування абразивом однієї з поверхонь (більш м'якої), тобто міцне впровадження в неї абразивних частинок і їх закріплення. У цьому випадку зношування будуть аналогічними абразивному зношуванню закріпленими абразивними частками. Ступінь закріпленості може бути різною, що залежить від співвідношення твердості і інших властивостей твердих тіл.

Крім випробувань на Х4-Б відомі ще ряд методів і машин для дослідження абразивного зношування. Більше за інших поширені випробування на машині НК (нерухоме кільце) (рис. 2.3) та за схемою Брінелля-Хаворта (рис. 2.4).

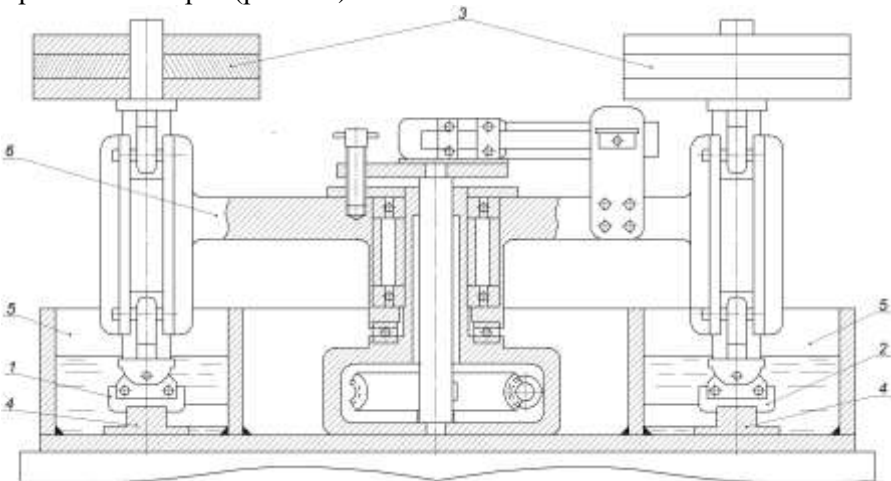


Рисунок 2.3 – Схема машини НК

Випробувальна машина НК сконструйована Інститутом машинознавства на базі лабораторних бігунів для розмелювання.

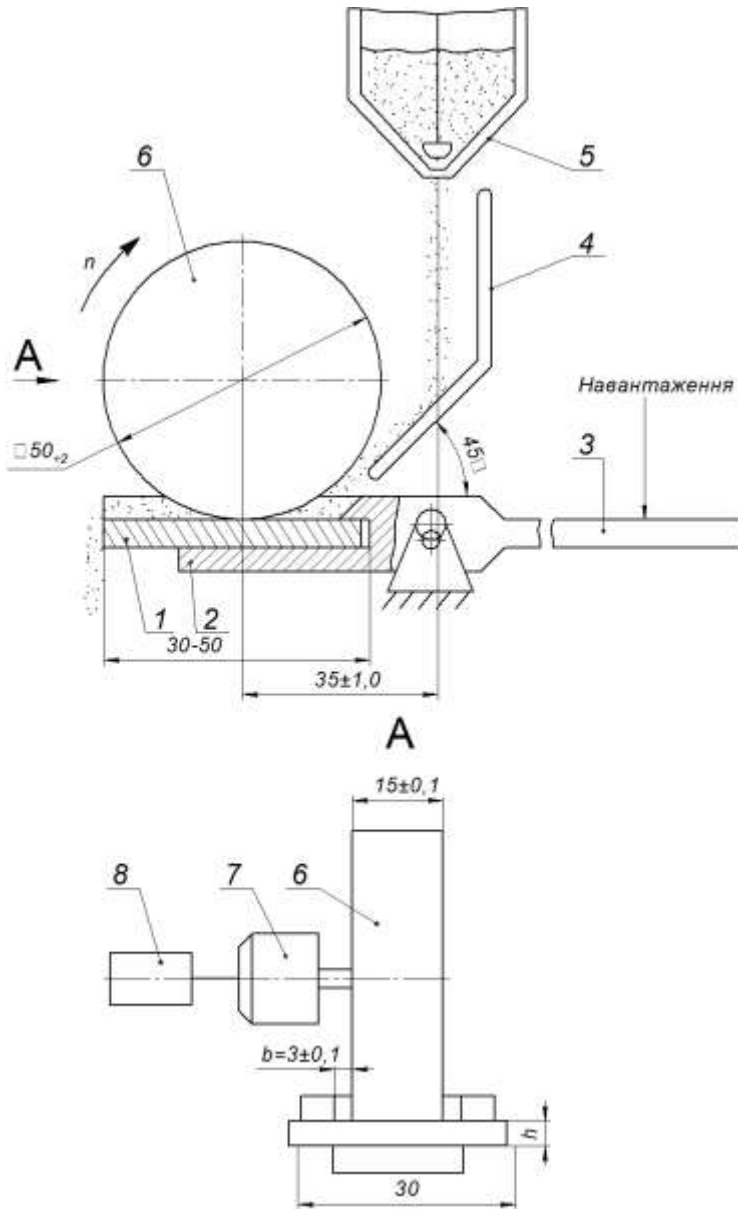


Рисунок 2.4 – Схема машини випробуванні за схемою Бринелля-Хаворта

Одночасно випробовуються два однакових зразки 1 і 2 - перший з випробуваного, другий з еталонного матеріалу. Вони ковзають під навантаженням 3 по плоскій поверхні кільцевого диску з червоної міді 4, на дні кільцевої ємності 5, в якій знаходяться вода і пісок. Пісок попадає на поверхню тертя (за допомогою скребків, що рухаються перед зразками) викликаючи зношування. Державки зразків рухаються на кулькових опорах у вертикальних напрямних, закріплених на кінцях поперечини 6, яка обертається. Знос визначається за втратою маси зразків. Результат випробування виражається у вигляді відносної зносостійкості, рівною відношенню зносу еталона до зносу випробуваного матеріалу. Випробування за схемою Бринелля-Хаворта (рис. 2.4) проводять на установці, що містить привод 7, що забезпечує обертання навколо горизонтальної осі гумового ролика 6, тримач зразків 2, важіль 3, притискає зразок 1 до ролика, пристрій 5, що дозує подачу абразивних частинок в зону тертя по направляючому лотку 4, пристрій 8 для контролю сумарної кількості обертів ролика в процесі випробувань. Знос визначається за втратою маси зразка при певній кількості поданого абразиву. В таких же умовах випробовується еталонний матеріал. Відносна зносостійкість визначається, як відношення зносу еталонного і випробуваного матеріалів. Зазвичай при виборі схеми і умов випробування виходять з необхідності з більшим чи меншим наближенням відтворити експлуатаційні умови зношування. Зручною ознакою для класифікації методів випробування на зношування в абразивній масі є інтенсивність зношування, яка залежить від навантажувального режиму і співвідношення властивостей випробуваного металу і абразиву.

Умовно випробування за величиною питомого навантаження на поверхню тертя можна розділити на три групи: випробування при малих, середніх і великих питомих навантаженнях.

При дуже малих питомих навантаженнях зношування може проходити з надзвичайно малою інтенсивністю, з тенденцією переходу до окислювального характеру зношування.

При дуже великих питомих навантаженнях може інтенсивно руйнуватися сам абразив. Найменша інтенсивність навантаження зношування металевого зразка спостерігається при його ковзанні по поверхні ущільненої сипучої абразивної маси 5 під малим навантаженням. Серед машин для випробування на зношування цього

типу найбільш відома машина типу «чаша, яка обертається» (рис. 2.5). У машині є два конічні катки 1, які ущільнюють і вирівнюють шар абразивної маси. Чаша 2 обертається навколо вертикальної осі з частотою  $60 \text{ хв}^{-1}$ .

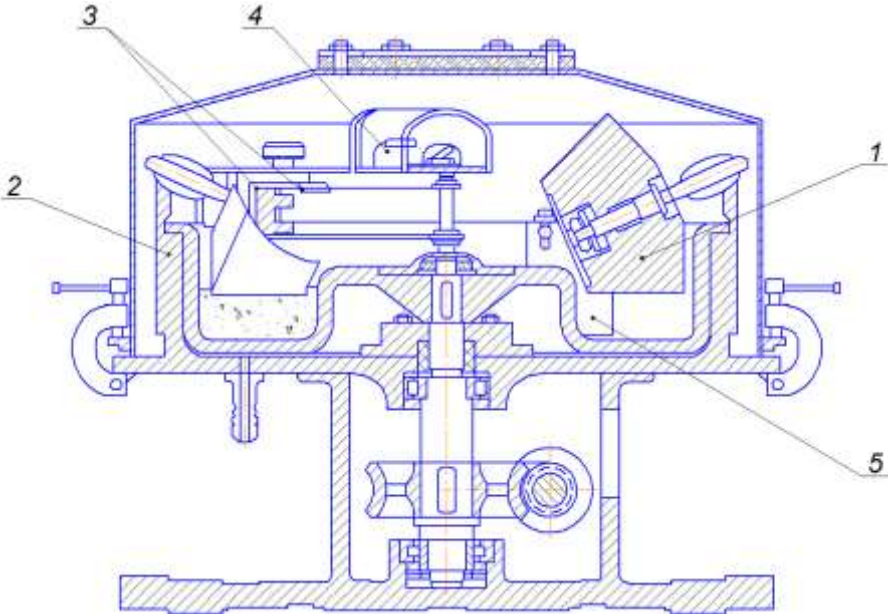
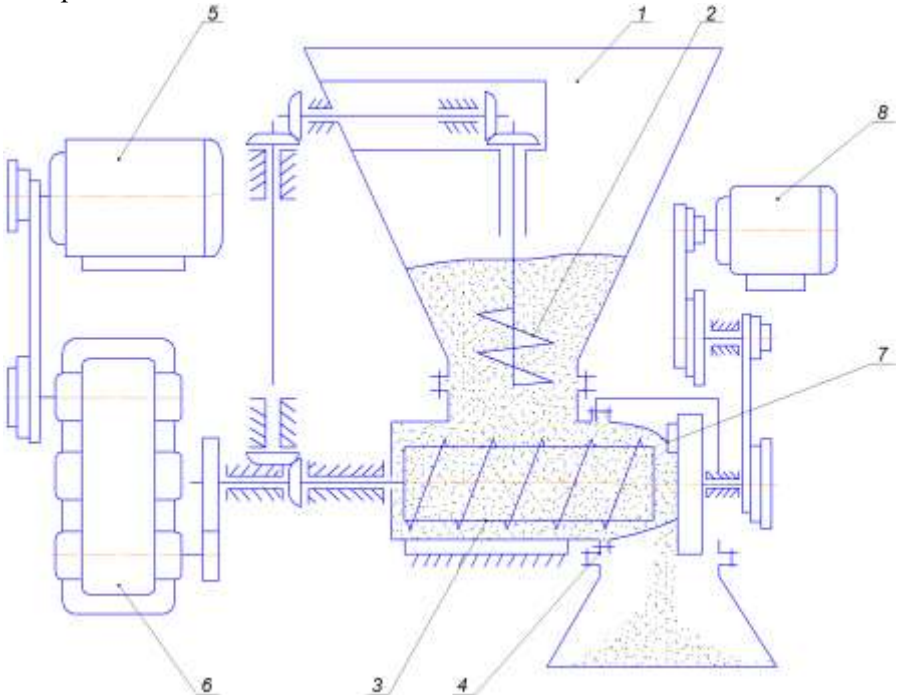


Рисунок 2.5 - Схема машини типу «чаша, яка обертається»

Дві державки зразка 3 утримують його на відстані 150 мм від осі обертання чаші. Число обертів фіксується лічильником 4. Для отримання свіжої абразивної поверхні служать розпушувачі. Товщина шару абразивної маси дорівнює 40 мм.

Цікавою є шнекова машина розроблена В. Н. Ткачевим (рис. 2.6). При випробуванні на цій машині різець з випробуваного матеріалу ріже безперервно ущільнену абразивну масу, що підводиться до нього. Цим випробуванням в лабораторних умовах відтворюється зношування леза різця, аналогічне зношування лез ґрунтообробних машин. Конструкція машини передбачає можливість змінювати щільність абразивної маси, яка подається до різця, в широких межах. Абразивна маса певного складу і вологості, засипана в бункер, подається обертовим вертикальним шнеком в нижню частину машини, де за допомогою іншого обертового вертикального

шнека ущільнюється до заданого ступеня щільності і потім витискається через кільцеву горловину. Зразок у вигляді різця спеціальної форми, закріплений в диску обертається навколо осі, яка співпадає з віссю кільцевої горловини. При цьому він ріже витиснену з горловини абразивну масу і поступово зношується. Показником зносу служить зміна довжини зразка. Ця схема, як і попередня не передбачає кількісного регулювання тиску абразивної маси на поверхню.



1 - бункер; 2 - вертикальний шнек; 3 - горизонтальний шнек; 4 - пружинне кріплення горловини; 5 - електродвигун, що приводить шнеки; 6 - редуктор; 7 - зразок, закріплений в обертовому диску; 8 - електродвигун, що приводить в рух диск із зразками

Рисунок 2.6 - Схема шнекової машини для випробувань на абразивне зношування

В деяких випадках абразивна маса працює в сполученні з вологою агресивною складовою. Для цих випадків в Запорізькому національному технічному університеті створена лабораторна установка (рис. 2.7) для визначення зносостійкості матеріалів в

умовах, які відтворюють реальні процеси зношування шнеків стрічкових пресів для виготовлення вогнетривів, або будівельних виробів методом пластичного пресування. В даному випадку крім дії абразиву, значний вплив на опір робочих поверхонь деталей зношуванню може надавати корозійний фактор, оскільки абразивна маса при пластичному пресуванні значно зволожена. Проектування установки проводилося з урахуванням наступних вимог:

- максимальне наближення кінематики процесу зношування шнеків до виробничих умов;
- можливість проведення дослідів в більш широкому діапазоні режимів, в порівнянні з виробничими умовами;
- відтворюваність результатів дослідів;
- простота і мала трудомісткість дослідів при достатній надійності їх результатів із застосуванням простих зразків і невеликої кількості абразивної маси.

Установка (рис. 2.7) складається з двозаходового шнеку 1, обойми 2, жорстко закріплених на вертикальному валу 3 конічного редуктора 4, який приводиться до обертання від електродвигуна 5 потужністю 2 кВт, через черв'ячний редуктор 6. Шнек з обоймою обертаються в камері 7, яка вставляється у виточку кришки (бункера) 8 і закріплюється болтами. Зразки 15 розміром 10 мм × 10 мм × 15 мм в кількості 12 штук затискаються гайкою 16 між нижнім і верхнім дисками обойми за схемою, наведеній на рис. 2.8. Абразивна маса 9 вологістю 18% при знятому поршні 11 завантажується в бункер 10, і потім подається до шнеку вставленим на місце поршнем під дією вантажу 12, який може ступенево змінюватись. Далі маса ущільнюється і витискається через отвір 13 зразками, які обертаються і по похилому жолобу надходить до ємності 14. Таким чином, зразки постійно зношуються свіжою абразивною масою, як і у виробничих умовах. Одинарне завантаження маси в кількості 5 кг забезпечує безперервність випробувань протягом двох годин.

Одним із загальних недоліків, наведених вище схем випробування, є незначні розміри зразків. Це збільшує негативний вплив масштабного фактора на рівень відповідності результатів лабораторних випробувань рівню зносостійкості натурних деталей. Тому в ЗНТУ був створений стенд для моделювання процесів зношування деталей оснастки для пресування вогнетривких та будівельних виробів (рис. 2.9), на якому випробовувались зразки

розмірами 90 мм × 30 мм × 10 мм (рис. 2.10). Вони за товщиною практично такі ж, як і пластини прес-форм для виготовлення силікатної цегли.

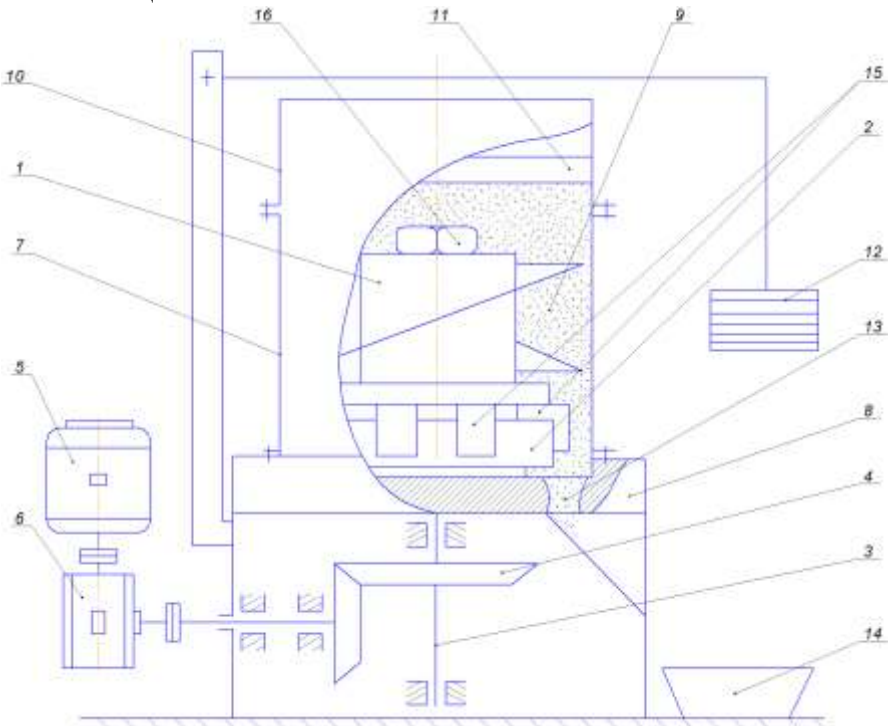


Рисунок 2.7 - Схема лабораторної установки для випробування зразків відповідно до умов експлуатації шнеків стрічкових пресів

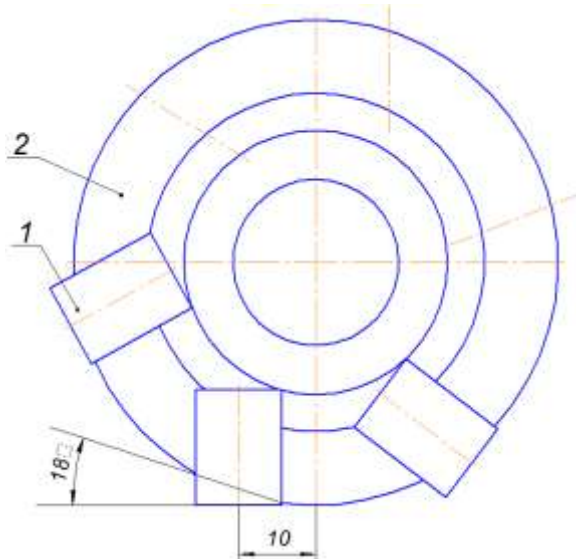
Принцип роботи лабораторного стенду відповідно його схеми (рис. 2.10) полягає в наступному. Зношування зразка 2, що здійснює зворотно-поступальний рух, виконується стовпом стиснутої пуансоном 6 абразивної маси 5, що знаходиться в нерухомій обоймі 8, яка армована твердим сплавом. Зусилля на пуансон від вантажу 10 передається через важільну систему 9. З кожним ходом зразка шар абразиву, що безпосередньо контактує з поверхнею тертя, автоматично віддалявся з обойми через проміжок між її торцем і зразком.

В загальному вигляді основними критеріями відтворюваності процесів, що протікають в поверхневому шарі дослідних зразків і

натурних деталей, були:

- характер мікрорельєфу зношеної поверхні;
- повнота перетворень в поверхневому шарі;
- міра самозміцнення поверхні тертя;
- порівнянність рядів зносостійкості випробовуваних матеріалів

і натурних деталей.



1 – зразок; 2 - кільце

Рисунок 2.8 - Схема розміщення зразків в обоймі

Основні параметри режиму випробувань це:

- тип і фракційний склад абразиву;
- число ходів зразка на одну засипку абразивної маси;
- ступінь оновленості абразивної маси (регулюється величиною зазору між обоймою і зразком);
- висота стовпа стиснутої абразивної маси;
- температура поверхні тертя;
- швидкість тертя;
- тиск.

Тиск, що виникає при дії абразиву на робочу кромку, визначити складно. Проте, судячи з характеру зношеної поверхні робочої кромки (риски, подряпини), можна припустити, що діючого тиску цілком достатньо для створення напруження в місці контакту

одиночного зерна з поверхнею, що перевищує межу плинності і в деяких випадках межу міцності металу.



Рисунок 2.9 – Лабораторний стенд для проведення випробувань на зносостійкість.

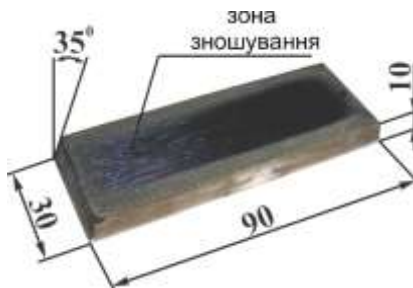
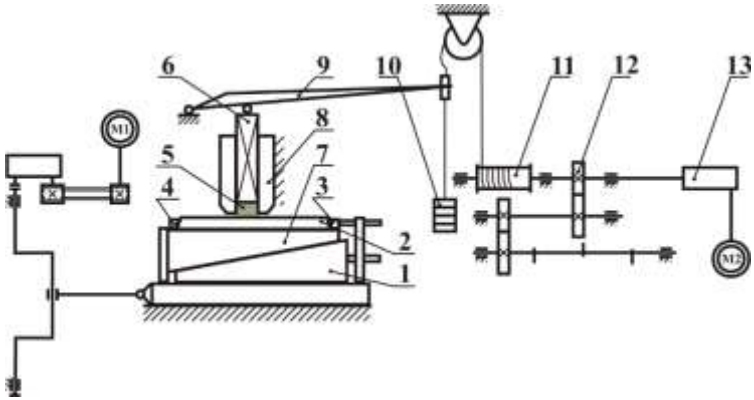


Рисунок 2.10 – Зразок для випробувань на лабораторному стенді

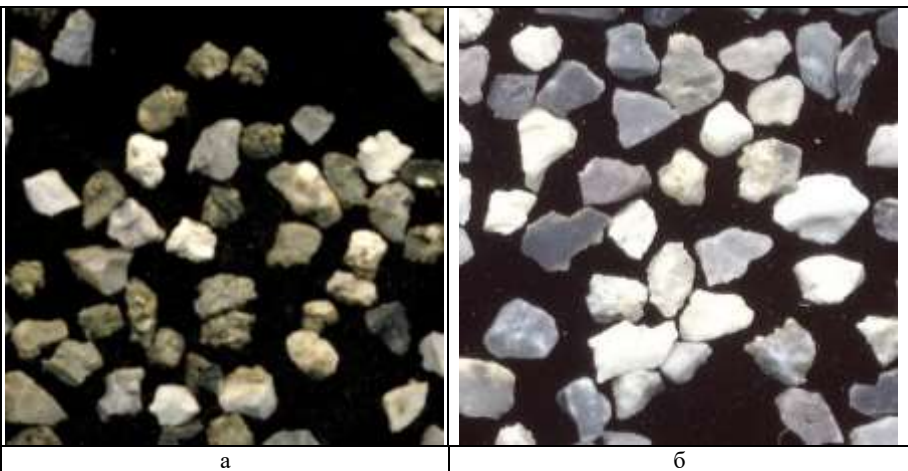


- 1 – нижній клин; 2 – зразок; 3 – рухомий упор; 4 – нерухомий упор;  
 5 – абразивна маса; 6 – пуансон; 7 – верхній клин; 8 – обойма; 9 – важільна система;  
 10 – вантаж; 11 – барабан; 12 – блок шестерень; 13 – редуктор

Рисунок 2.11 – Схема лабораторного стану

Дуже важливою складовою умов випробувань являється тип абразиву. Його зерна характеризуються мікротвердістю, формою і розміром зерен (рис. 2.12).

Головним чинником впливу на інтенсивність зношування являється мікротвердість зерен. Наприклад, при збільшенні мікротвердості від 13 ГПа (шамот) до 32 ГПа (карборунд) інтенсивність зношування сталі 140X12 в переважно аустенітному стані збільшується більше чим в 100 разів.

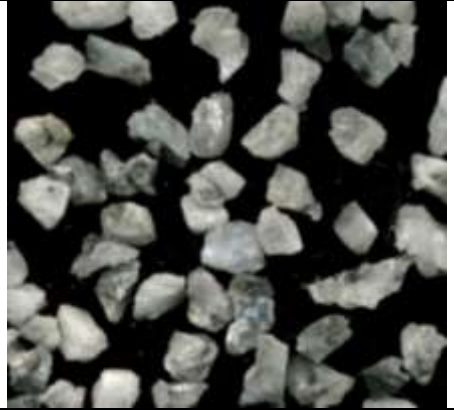


а

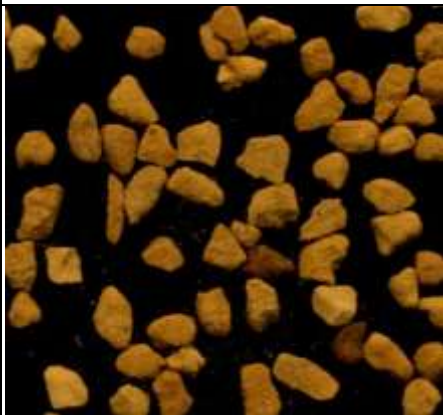
б



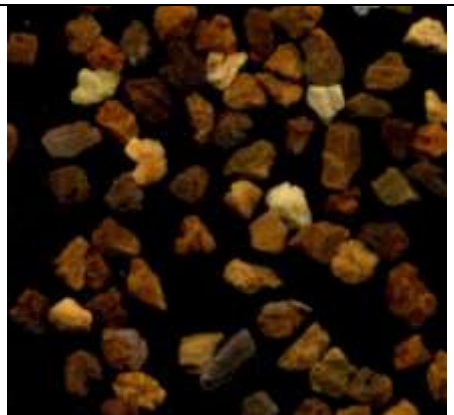
В



Г



Д



е



а – шамот Семілуки; б - шамот Запорізький; в - периклаз Японія; г – периклаз;  
 д – магнезит; е - магнезит відпалений; ж – граніт; з – карборунд; и - пісок кварцевий;  
 к - клінкер

Рисунок 2.12 - Зерна абразивних мас

При випробуваннях дослідних матеріалів в різних структурних станах раніше було встановлено, що для усіх кривих зношування характерні дві ділянки – початкового (до двохсот ходів) процесу (рис. 2.13), і сталого процесу.

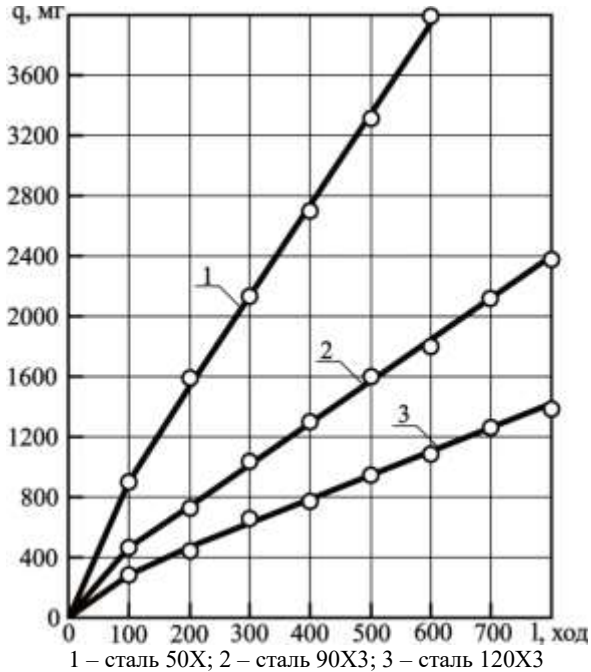


Рисунок 2.13 – Абсолютний знос ( $q$ ) досліджуваних зразків загартованих від температури  $1100^{\circ}\text{C}$

Відносна зносостійкість визначалася відношенням середніх значень втрати маси зразків еталонного ( $\Delta q_{yo}$ ) і випробовуваного матеріалів ( $\Delta q_{ei}$ ):

$$\varepsilon = \frac{\Delta q_{yo}}{\Delta q_{ei}} \quad (2.1)$$

де  $\Delta q_{yo}$ ,  $\Delta q_{ei}$  - середні значення втрат маси при випробуваннях еталонних зразків і зразків досліджуваного матеріалу, г.

### **3 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ**

3.1 Які переваги і недоліки випробувань матеріалів в виробничих умовах?

3.2 Яким чином можна спростити та прискорити випробування матеріалів у виробничих умовах?

3.3 Які випробування відносять до стандартизованих?

3.4 Як можна класифікувати схеми випробувань на абразивне зношування?

3.5 Переваги і недоліки випробувань на машині Х4-Б.

3.6 Спосіб закріплення зразка на машині Х4-Б.

3.7 Який шлях тертя зразка при випробуваннях на машині Х4-Б?

3.8 Яким може бути характер відносного руху твердих тіл (зразків) та абразиву при випробуваннях?

3.9 За якою схемою проводяться випробування на машині НК (нерухоме кільце)?

3.10 Приведіть схему випробувань Брінеля-Хаворта.

3.11 За яким принципом працює машина типу «чаша, яка обертається»?

3.12 Як влаштована машина розроблена В. Н. Ткачевим?

3.13 Назвіть основні вузли установки ЗНТУ для випробувань абразивною масою в сполученні з вологою агресивною складовою.

3.14 Які переваги лабораторного стенду, розробленого в ЗНТУ перед машиною Х4-Б?

3.15 Основні вузли лабораторного стенду, розробленого в ЗНТУ.

3.16 Як закріплюється зразок на лабораторному стенді?

3.17 Які основні критерії відтворюваності процесів, що протікають в поверхневому шарі при випробуванні дослідних зразків і на лабораторному стенді відносно натурних деталей?

3.18 Основні параметри режиму проведення випробувань дослідних зразків і на лабораторному стенді.

3.19 Якими параметрами характеризуються зерна абразивних мас?

3.20 Порядок проведення випробувань зразків на лабораторному стенді.

## **4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ**

- 4.1. Зразки із досліджуваних сталей у різному структурному стані
- 4.2. Абразив – пісок з фракційним складом в межах 0,6...1,0 мм.
- 4.3. Прилад для розмагнічування зразків (дросель).
- 4.4. Прилад для визначення твердості за шкалою Роквелла.
- 4.5. Аналітичні ваги АДВ-200 з точністю зважування до 0,0001 г.
- 4.6. Оптичний мікроскоп NU 2.
- 4.7. Комп'ютер.
- 4.8. Лабораторний стенд для проведення випробувань на зносостійкість.

## **5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ**

Використовувані при виконанні роботи прилади підключаються до мережі змінного струму напругою 220 В. Тому існує небезпека враження електричним струмом, а також травмування диском верстата, який обертається. Щоб попередити виникнення подібних нещасних випадків, а також пошкодження апаратного забезпечення обладнання, необхідно виконувати певні вимоги безпеки:

1. Приступати до роботи після прослуховування інструктажу по техніці безпеки у керівника роботи і засвоєння матеріалу даних методичних вказівок.
2. Включати пристрої, або стенд за дозволом викладача або лаборанта.
3. Виконувати тільки ту роботу, яка передбачена завданням.
4. Переконаватися в надійності заземлення стенда, електроізоляції кабелю і проводів.
5. Виявляти особливу уважність і акуратність при роботі.
6. Не торкатися рухомих і струмоведучих частин обладнання.
7. Працювати в спецодезії із застібнутими манжетами.

8. Повідомляти викладачеві або лаборанту про виниклі несправності обладнання, не намагатися усунути їх самостійно.

9. Виконувати роботу 'при наявності в лабораторії не менше двох осіб.

10. Після закінчення роботи вимкнути стенд, привести в порядок робоче місце.

## **6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ**

Початкова висота стовпа абразивної маси над зразком 17 мм. Співвідношення розмірів зерен і висоти засипки абразиву дозволяє здійснювати десять ходів зразка при досить повній відновлюваності абразивної маси. Середня швидкість переміщення зразка – 24,8 мм/с. Тиск – 5 МПа. Температура поверхні зразка не перевищує 60 °С. Кількість ходів за один цикл випробувань вибране таким чином, щоб втрата маси складала не менше 0,008 г, що забезпечує при зважуванні похибку не більше 5%. Як правило, для цього достатньо 100 ходів. Інтенсивність зношування зразків визначається по втраті їх маси за один хід –  $q/l$ , г/хід.

Виконується робота в наступній послідовності:

1. Зразок без зважування закріплюється на стенді і виконується 200 – 300 ходів (20 – 30 заповнень обійми) – це приробітка.

2. Перед зважуванням зразки розмагнічувалися в зникаючому магнітному полі промислової частоти, щоб виключити вплив взаємодії магнітного поля зразка і деталей вагів.

3. Здійснюється зважування зразка до зношування, результат заноситься в протокол.

4. Зразок закріплюється на стенді і виконується 100 ходів (один цикл)

5. Здійснюється зважування зразка після зношування, результат заноситься в протокол.

Всього здійснюється 3 - 6 циклів випробувань кожного зразка (залежно від щільності результатів). За показник інтенсивності зношування досліджуваного матеріалу береться середнє значення втрати маси зразка за усі цикли випробувань.

б Проводиться статистична обробка отриманих в наступному порядку:

а) за результатами паралельних дослідів обчислюється середнє значення вимірюваної величини:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} y_i}{n} \quad (6.1)$$

де  $y_i$  - отримані значення при вимірі;

$n$  – кількість дослідів.

б) знаходяться похибки окремих вимірів:

$$\Delta y_i = \bar{y} - y_i \quad (6.2)$$

в) обчислюється середньо квадратична похибка окремих вимірів:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\bar{y} - y_i)^2}{n-1}} \quad (6.3)$$

г) перевіряється наявність промахів. Перевірці піддаються результати одного або двох дослідів, що мають максимальну похибку

$\Delta y_i$ . Результат вважається помилковим, якщо відношення  $\frac{\Delta y_i}{S}$  перевищує критичне значення коефіцієнта Стьюдента при даному рівні значущості і числі степенів свободи  $f = n - 1$ .

$$\frac{\Delta y_i}{S} \geq t_{кр}$$

Досліди, у яких  $\frac{\Delta y_i}{S} \geq t_{кр}$  вважаються промахами і їх результати слід відкинути або замінити новими, отриманими при повторному виконанні дослідів. Після виключення промахів необхідно повторно

визначити  $\bar{y}, \Delta y_i, S$ ;

д) знаходиться абсолютна похибка результату вимірів (довірчий інтервал):

$$\Delta y = \frac{t_{\text{сп}} \cdot S}{\sqrt{n}} \quad (6.4)$$

Якщо величина похибки результату вимірів  $\Delta y$  виявляється порівнянною з величиною похибки  $\delta$  вимірювального приладу, то в якості межі довірчого інтервалу похибки слід узяти величину:

$$\Delta y = \sqrt{\frac{t_{\text{сп}}^2 \cdot S^2}{n} + \frac{4}{9} \cdot \delta^2} \quad (6.5)$$

е) записується остаточний результат виміру у вигляді:

$$y_i = \bar{y} \pm \Delta y \quad (6.6)$$

є) оцінюється відносна похибка результату серії вимірів:

$$\varepsilon = \frac{\Delta y}{\bar{y}} \cdot 100\% \quad (6.7)$$

## 7 ЗМІСТ ЗВІТУ

7.1 Найменування і мета роботи.

7.2 Вкажіть основні види безударного абразивного зношування і типи машин, які використовуються для випробувань в залежності від виду зношування.

7.3 Коротко опишіть конструкцію стенда, на якому проводилась лабораторна, вкажіть на його переваги.

7.4 опишіть порядок проведення роботи.

7.5 Приведіть і поясніть результати досліджень.

7.6 Висновки.

**РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Зносостійкість сплавів, відновлення та зміцнення деталей машин. Навчальний посібник. Під ред.. Попова В.С. - Запоріжжя: ВК ВАТ "Мотор Січ", 2006. – 420 с.