

УДК 621.891

**ШЕВЧЕНКО Ірина Артурівна**, доцент, кандидат технічних наук  
**КОБРІН Юрій Григорович**, асистент  
**ОСИПОВА Лариса Юрївна**, старший викладач

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ МАТЕРІАЛУ МОЛОТКІВ ДРОБАРОК В АБРАЗИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

*Запорізька державна інженерна академія*

Розроблено конструкцію експериментальної установки для дослідження зносу матеріалів в абразивному середовищі та виконано порівняльні випробування зносостійкості молотків дробарок, виготовлених зі сталей 35Х2СЛ, 65ХГСЛ, 110Г13Л, 250Х25НТ, 320Х20Н і 27ХГСМДТЛ. Встановлено, що найкращим комплексом необхідних властивостей володіють молотки зі сталі 320Х20Н.

Ключові слова: молоткові дробарки, зносостійкість, матеріал молотка, експериментальна установка, дослідження

*Вступ.* Якість металургійних машин, до яких відносять і молоткові дробарки, визначається їх експлуатаційною надійністю та довговічністю, що є однією з першорядних проблем у боротьбі за підвищення як надійності самого обладнання, так і продуктивності машин, а також зниження собівартості одержаної продукції.

Суттєвим недоліком молоткових дробарок є їх недостатня надійність, яка обумовлена, насамперед, мінімальним ресурсом молотків порівняно з іншими її органами. За різними даними термін служби молотків, залежно від продукту, що подрібнюють, складає від 72 до 300 годин. Ресурс інших робочих органів дробарок є вищим на один-два порядки.

Головна причина, що лімітує безпечність роботи та спричинює втрати працездатності молотків дробарок, є абразивне зношування. За статистикою, більшість молотків (90-95 %) виходять з ладу як результат зносу їх поверхонь. Тому, в першу чергу, необхідно дотримувати особливі вимоги до матеріалу, з якого їх виготовляють.

Підбирання зносостійких матеріалів є одним з ефективних засобів забезпечення потрібного ресурсу молотків, які працюють в умовах абразивного зношування. Для цього необхідно виконати попередні дослідження щодо визначення дійсного характеру навантаження та процесів тертя. Це, в свою чергу, створює передумови для розробки різних пристроїв і установок для досліджень матеріалів на тертя та знос в абразивному середовищі.

*Аналіз досягнень.* Процеси зношування металів під час взаємодії з абразивними середовищами є предметом дослідження багатьох вітчизняних та іноземних вчених.

Суттєвий внесок у вивчення явищ, які відбуваються під час абразивного зношування, внесено І.В. Кригельським, М.М. Хрущовим, Б.І. Костецьким, Г.М. Сорокіним та ін. [1-3].

Дослідники відмічають різноманітність чинників, які визначають той або інший вид зношування та механізм його розвитку. В основі механізму абразивного зношування лежить взаємодія абразивної частинки з матеріалом, що розвивається у два етапи: занурення абразивної частинки у матеріал та поступове переміщення її уздовж поверхні. При цьому формуються поверхневі шари, які обумовлюють механізм руйнування під час абразивного зношування. Дослідження показали, що абразивні частинки, контактуючи з поверхневим шаром, створюють у ньому широкий спектр контактних напружень, характер розподілу яких і верхня межа чисельних значень залежать від властивостей матеріалу, що зношується, а також від твердості, форми, розміру частинок та умов їх впливу на поверхню деталі [4].

Дослідження щодо зношування виконують з метою якісного порівняння матеріалів за зазначеним показником, вивчення механізму та виду зношування, а також визначення параметрів моделей, що описують кількісні закономірності процесу. Методи виконання таких досліджень реалізують на лабораторних установках, названих машинами тертя або трибометрами. Машина тертя є пристроєм, що відтворює трибологічний процес за контрольованих умов, забезпечує оцінку вихідних параметрів і дають змогу досить точно визначити вплив на швидкість зношування багатьох факторів без значних витрат за часом.

Виникає необхідність розробки методів лабораторних досліджень, що дозволяють визна-

чати параметри, за допомогою яких слід оцінити знос працюючих робочих органів машин.

**Постановка завдання.** Дослідження зносостійкості матеріалів молотків дробарок в абразивному середовищі є невід'ємною складовою прогнозування терміну їх служби. Тому завданням роботи є з'ясування закономірності абразивного зносу зразків матеріалів молотків дробарок, що досліджують у середовищі пекового коксу, моделюючи процес тертя за лабораторних умов на установці, що розроблено, а також вибирання найбільш зносостійкого матеріалу.

**Головна частина досліджень.** Фактори, які визначають інтенсивність зношування молотків дробарок, можна поділити на три групи [5]:

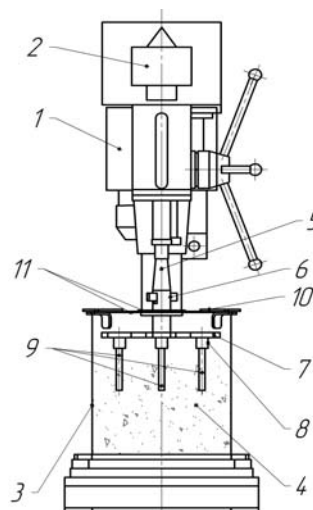
- конструктивні параметри (товщина, геометрія молотка тощо);
- режими дроблення (подавання, кутова швидкість ротора, ступінь подрібнення тощо);
- фізико-механічні властивості матеріалів (твердість, вологість тощо).

Для визначення зносостійкості зразків матеріалів молотків дробарок за лабораторних умов кафедри «Металургійне обладнання» ЗДІА розроблено установку для дослідження матеріалів на знос і тертя в абразивному середовищі.

Обраний метод дослідження на абразивний знос засновано на терті зразків, що обертаються, об насипаний шар абразивного середовища (фракція пекового коксу розміром 1-2 мм [6]). За основу було взято свердлильний верстат з регулюванням швидкості обертів за допомогою пасової передачі. В патрон свердлильного верстату закріплюють вал, на якому кріплять хрестовину з розташованими на ній елементами для фіксації зразків матеріалу циліндричної форми. Зібрану установку із зразками занурюють у встановлену на столі ємність із завантаженим до неї абразивним матеріалом (пековим коксом). Установка дозволяє змінювати лінійну швидкість руху зразків у межах 4,7-12,6 м/с. Схему лабораторної установки подано на рис. 1.

Перед роботою установки до хрестовини 7 через елементи для фіксації 8 кріплять чотири

зразки циліндричної форми 9 з діаметром 10 мм і довжиною 100 мм, які занурюють в абразивне середовище 4, що знаходиться у корпусі 3. Зазначений корпус закривають кришкою 10 з ущільнювачами 11, а вал 5 сполучають муфтою 6 з електричним двигуном свердлильного верстата 1 через пасову передачу 2.



1 - свердлильний верстат; 2 - пасова передача; 3 - корпус; 4 - абразивне середовище (відсієна фракція пекового коксу); 5 - вал; 6 - муфта; 7 - хрестовина; 8 - елементи для фіксації; 9 - зразки; 10 - кришка; 11 - ущільнювачі

**Рисунок 1** – Схема установки для дослідження матеріалів на знос і тертя в абразивному середовищі

Під час подавання енергії на електричний двигун свердлильного верстата 1 змінюють режим роботи стелу, який регулюють швидкістю обертання за допомогою пасової передачі 2.

Сутність методу визначення зносостійкості полягає у тому, що за однакових умов здійснюють одночасне стирання зразків випробуваного матеріалу в контакт з абразивним шаром пекового коксу. Після випробування визначають масове зношування зразків за конкретний проміжок часу.

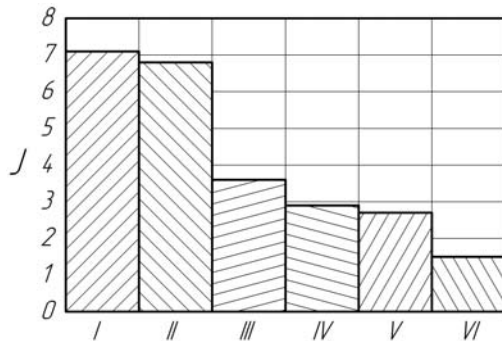
У роботі як вихідні було прийнято матеріали, що подано у табл. 1.

**Таблиця 1** – Механічні властивості досліджених матеріалів

Марка сталі	Границя міцності $\sigma_s$ , МПа	Ударна в'язкість $KCU$ , кДж/м <sup>2</sup>	Твердість $HB$ , МПа
Ст. 40	600	0,60	3300
35Х2СЛ	980	0,55	3200
65ХГСЛ	1100	0,25	3800
110Г13Л	650	2,50	2200
250Х25НТ	920	0,01	5500
320Х20Н	900	0,02	5340
27ХГСМДТЛ	1250	0,68	5340

Зразки, що піддавали випробуванню (сталь 40 прийнято за еталон), занурювали в абразивне середовище на глибину 50 мм, де їх обертали з лінійною швидкістю 12,6 м/с. Загальний час дослідів складав 50 год.

Точність зважування та мінімальну втрату маси обирали для можливості кореляції одержаних результатів з дослідями, регламентованими роботами [7,8]. Зважування зразків виконували до і після дослідів на аналітичних вагах з ціною ділення 0,1 мг.



I - 320X20H; II - 250X25HT; III - 27XГСМДТЛ; IV - 65XГСЛ; V - 35X2СЛ; VI - 110Г13Л.

Рисунок 2 – Результати виконаних досліджень на зносостійкість

Відносну зносостійкість зразка матеріалу, що досліджували, обчислювали за формулою:

$$J = \frac{\Delta m_{em}}{\Delta m_{zp}}, \quad (1)$$

де  $\Delta m_{em}$ ,  $\Delta m_{zp}$  – втрата маси еталону та зразка відповідно.

Результати виконаних досліджень на зносостійкість (рис. 2) свідчать, що мінімальну втрату маси, а отже і мінімальне зношення, мають зразки зі сталі 320X20H, відповідно найбільше зношення спостерігають для зразків зі сталі 110Г13Л.

**Висновки.** Застосування установки запропонованої конструкції для дослідження матеріалів на знос та тертя за лабораторних умов, що забезпечують подібність умов роботи молотків, які працюють в абразивному середовищі, дозволяє більш точно прогнозувати їх зносостійкість за реальних умов, а також розробити методи захисту від зношування на стадії проектування. Комплексні дослідження матеріалів молотків дробарок дозволяють рекомендувати до використання як матеріал сталь, що працює в умовах не тільки ударно-абразивного, а й чисто абразивного зношування.

### Бібліографічний список

1. Лоренц, В. Ф. Износ деталей, работающих в абразивной среде [Текст] / В. Ф. Лоренц // Труды I-ой Всес. конференции по трению и износу в машинах. – 1939. – Т. 1. – С. 93-112.
2. Кригельский, И. В. Трение и износ [Текст] / И. В. Кригельский. – М. : Машиностроение, 1968. – 480 с.
3. Хрущев, М. М. Абразивное изнашивание [Текст] / М. М. Хрущев, М. А. Бабичев. – М. : Наука, 1970. – 252 с.
4. Кузьменко, А. Г. Теоретичні основи метода випробувань на абразивний знос за схемою Малишева-Веллінгера-Уетца [Текст] / А. Г. Кузьменко, О. А. Вишневський // Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. збірник. – Київ : Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2011. – Вип. 55. – С. 79-82.
5. Ходак, Н. А. Модернизация оборудования и средств для исследования процессов абразивного изнашивания материалов и их моделирования [Текст] / Н. А. Ходак, О. А. Вишневский, В. А. Шолопов // Двигатели внутреннего сгорания – 2004. – № 2. – С. 114-122.
6. Кокс пековый электродный. Технические условия : ГОСТ 3213-91. – [Чинний від 1993-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
7. Металлы. Метод испытания на абразивное изнашивание при трении о закрепленные абразивные частицы : ГОСТ 17367-71. – [Чинний від 1973-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1972. – 5 с.
8. Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания материалов на износостойкость при трении о нежёстко закрепленные абразивные частицы : ГОСТ 23.208-79. – [Чинний від 1981-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 2005. – 4 с. (Межгосударственный стандарт).

**ШЕВЧЕНКО Ирина Артуровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры металлургического оборудования, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: iashevia@yahoo.com

**КОБРИН Юрий Григорьевич**, ассистент кафедры металлургического оборудования, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: ku\_76@yahoo.com

**ОСИПОВА Лариса Юрьевна**, старший преподаватель кафедры электротехники и энергоэффективности, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: eee.feeit@gmail.com

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛА МОЛОТКОВ ДРОБИЛОК В АБРАЗИВНОЙ СРЕДЕ

Разработана конструкция экспериментальной установки для исследования материалов в абразивной среде и выполнены сравнительные испытания износостойкости молотков дробилок, изготовленных из сталей 35Х2СЛ, 65ХГСЛ, 110Г13Л, 250Х25НТ, 320Х20Н и 27ХГСМДТЛ. Установлено, что наилучшим комплексом требуемых свойств обладают молотки со стали 320Х20Н.

Ключевые слова: молотковые дробилки, абразивный износ, износостойкость, материал молотка, экспериментальная установка, исследования

**SHEVCHENKO Iryna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Metallurgical Equipment, Zaporizhska State Engineering Academy (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: iashevia@yahoo.com

**KOBRIN Yuriy**, Assistant of Department of Metallurgical Equipment, Zaporizhska State Engineering Academy (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: ku\_76@yahoo.com

**OSIPOVA Larisa**, Senior Teacher of Department of Electrical Engineering and Energy Efficiency, Zaporizhska state engineering academy (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: eee.fecit@gmail.com

## STUDY OF WEAR RESISTANCE OF MATERIAL OF HAMMERS FOR CRUSHERS IN AN ABRASIVE ENVIRONMENT

The modeling of an experimental setting for investigating the wear of materials in abrasive media is worked out and comparative tests of wear resistance of hammer crushers from the following materials: 35Х2СЛ, 65ХГСЛ, 110Г13Л, 250Х25НТ, 320Х20Н, 27ХГСМДТЛ are carried out. The best complex of service properties is given the hammers made of steel 320Х20Н.

Keywords: hammer crushers, abrasive wear, wear resistance, material of hammer, experimental setting, researchs

Стаття надійшла до редакції 10.07.2017 р.  
Рецензент, проф. Й.К. Огинський

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі Наука  
<http://www.zgia.zp.ua>