

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Д. Б. Глушкова

Р. А. Бережний

**Підвищення довговічності відповідальних
деталей скребкових конвейерів**

Монографія

Харків 2025

УДК 669.017

Г 12

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету
(протокол № 64/24/4.11 від «25» березня 2024 року).*

Рецензенти: **Г.А. Баглюк**, професор, доктор технічних наук, директор Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М Францевича НАН України;
В.С. Вахрушева, професор, доктор технічних наук, професор кафедри матеріалознавства та обробки матеріалів Українського Державного університету науки та технологій;
Н.Є. Калініна, професор, доктор технічних наук, професор кафедри технології виробництва Дніпровського національного університету ім. О. Гончара.

Автор: **Д.Б. Глушкова**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології металів та матеріалознавства імені О.М. Петриченка;
Р.А. Бережний, головний інженер АТ “Світло шахтаря”.

Глушкова Д.Б.

Г 12 Підвищення довговічності відповідальних деталей скребкових конвейерів: монографія / Д.Б. Глушкова, Р.А. Бережний. – Харків: ФОП Панов А. М., 2025. 228 с.

ISBN 978-617-8534-13-4

Монографія «Підвищення довговічності відповідальних деталей скребкових конвейерів» присвячена всебічному розгляду питань вибору нових матеріалів, методів їх обробки та технології підвищення довговічності виготовлених з них деталей, призначених для гірничного обладнання. Охоплено значний експериментальний матеріал, а також широке коло питань теорії, методики дослідження нових видів матеріалів та технологій, проблем інтенсивної реалізації у виробництві.

Рекомендується для науковців, інженерів-практиків, аспірантів та студентів вищих технічних навчальних закладів.

УДК 669.017

ISBN 978-617-8534-13-4

© Д. Б. Глушкова, Р. А. Бережний, 2025

ВСТУП

Суть основи суспільства, що розвивається, включає в себе, перш за все, показники розвитку його наукового потенціалу, одним з компонентів якого є постійна необхідність удосконалення технологічних процесів. Щодо такої великої галузі промисловості як машинобудування, то проблема включає два напрями [1].

Перше - це розробка нових матеріалів, що поєднують у собі різні властивості, наприклад, високого коефіцієнта тертя з низькою інтенсивністю зношування, високу міцність з достатньою - пластичністю. Для систем, що працюють в екстремальних умовах, необхідні матеріали з особливими властивостями - корозійно- , зносо- , радіаційно-стійкі.

Другий напрямок - це сучасні технології обробки, за допомогою яких можна забезпечити в деталях необхідне поєднання необхідних властивостей, виходячи з умов експлуатації.

У комплексі проблем підвищення надійності та довговічності машин особливе місце посідає питання зносостійкості деталей.

Більшість машин (85–90 %) виходять з ладу через велике зношування деталей. Витрати на ремонт та технічне - обслуговування машин часто перевищують їх вартість [2]:

- для будівельних машин у 6 разів;
- для підйомно-транспортних засобів до 5 разів.

На ремонт тракторів задіяно в 4 рази більше виробничих - потужностей, ніж для їх виготовлення.

Машина, що має масу 1000 кг, стає непридатною для ремонту, якщо втрата її від зносу складе 1 кг. Також підраховано, що до

списання трактора Т-130 на запасні частини для ремонту та технічного обслуговування потрібно витратити стільки ж металу, скільки важить він сам [3].

Темпи розвитку вугільної промисловості багато в чому залежать від досягнень науки та техніки у галузі розробки високоефективних технологічних процесів, що забезпечують підвищення надійності та довговічності шахтного обладнання.

Особливе місце належить скребковим конвеєрам, які є основною ланкою механізованого комплексу при видобутку вугілля. У сучасних шахтах використовуються стрічкові, стрічково-ланцюгові, вібраційні, пластинчасті та скребкові конвеєри. Зазначені типи транспортних конвеєрів мають свої переваги та недоліки. Потреба у неухильному зростанні видобутку вугілля, полегшення умов роботи в шахтах та підвищення техніки безпеки висувають високі вимоги до гірничошахтного обладнання та, зокрема, до скребкового конвеєра [4].

Вибір матеріалів для відповідальних деталей скребкових конвеєрів вимагає широкого експериментального вивчення їх властивостей, можливості зміни їхньої подальшої термічної обробки, зміна структури та властивостей після експлуатації.

В даний час практично відсутні надійні критерії вибору матеріалів для відповідальних деталей скребкових конвеєрів та прогнозування їхньої працездатності в умовах тертя. Внаслідок залежності міцності та зносостійкості матеріалів від безлічі факторів часто виникає необхідність визначати значення величин експериментально [5].

У зв'язку з цим встановлення теоретичних та технологічних основ вибору матеріалів, що забезпечують підвищення довговічності відповідальних деталей скребкових конвеєрів, є важливою *актуальною проблемою* .

АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЄРА

1.1 Класифікація конвеєрів за типом тягового та вантажонесучого органу

Аналіз досвіду експлуатації скребкових конвеєрів показав, що причинами виходу їх з ладу є зношування сполучених вузлів, корозія, втома, які спричинені впливом абразивних мас вугілля та гірської породи, агресивних у корозійному відношенні шахтних вод, а також високі динамічні навантаження [6].

Деталі вугільних скребкових конвеєрів зазнають прискореного руйнування, викликаного спільним впливом на них агресивних у корозійному відношенні шахтних вод, великих абразивних мас вугілля та гірських порід, високих динамічних навантажень. Все це суттєво ускладнює визначення характеру зносу та руйнування деталей окремих вузлів скребкових конвеєрів, а, отже, допустиме зношування та інші параметри, що дозволяють гарантувати належний рівень надійності роботи конвеєра в цілому [7].

Процес видобутку вугілля як об'єкт автоматизації складається з наступних складових частин: виїмка вугілля; транспортування вугілля по вибою до місця навантаження; кріплення виробленого простору.

Ефективність експлуатації обладнання сучасних шахт, призначеного для транспортування та переробки насипних вантажів, багато в чому визначається надійністю, працездатністю та економічними показниками транспортних систем, основу яких складають конвеєрні лінії.

Основна класифікаційна ознака конвеєра – тип тягового та вантажонесучого органу. Розрізняють конвеєри із стрічковим, ланцюговим, канатним тяговими органами та конвеєр без тягового органу (гравітаційні, інерційні, гвинтові). Конвеєри з тяговим органом можуть бути по виду вантажонесучого органу стрічковими, пластинчастими, скребковими, ковшовими та ін. Для таких конвеєрів характерний загальний з робочим органом рух вантажу на робочих ділянках [7].

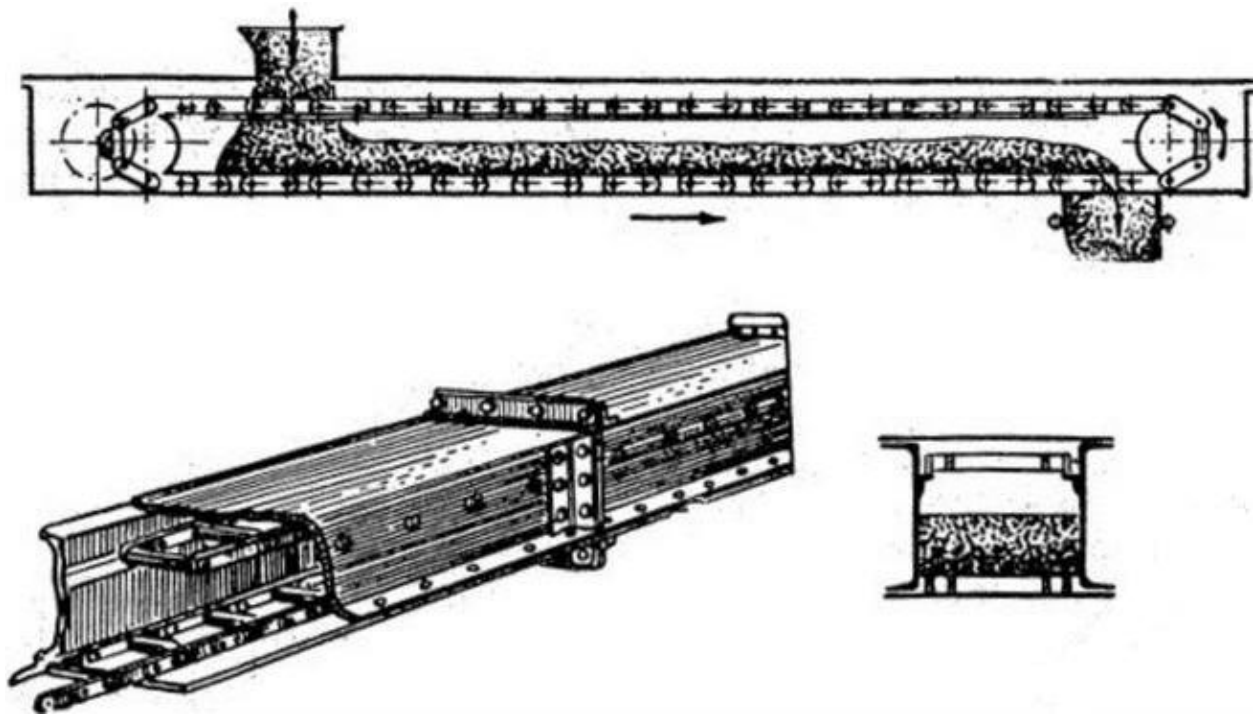
На конвеєрі можна переміщати вантаж у горизонтальній або близькій до неї похилій площині (стрічкові, пластинчасті, візкові, скребкові, роликові, гвинтові, вібраційні); у вертикальній або близькій до неї похилій площині (скребкові, ковшові, гвинтові, вібраційні конвеєри); у будь-якій площині [8]. В останньому випадку конвеєри складаються з горизонтальних, вертикальних або похилих ділянок, що чергуються (підвісні, ковшові, скребкові та ін.). Крім того, вони можуть відрізнятися в залежності від роду вантажів, що переміщуються - насипних або штучних.

Транспортування вугілля очисним вибоєм до місця навантаження здійснюється за допомогою скребкових конвеєрів. Скребковий конвеєр є засіб транспорту безперервної дії, тяговим органом якого є нескінченна ланцюг із закріпленими на ній

скребками. При русі ланцюга скребки захоплюють матеріал, що транспортується, і переміщують його по жолобу в напрямку руху ланцюга.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд скребкового конвеєра



Малюнок 1.2 - Скребковий конвеєр

Скребкові конвеєри переміщують вантаж скребками, що рухаються по жолобу або трубі. Такі конвеєри використовують для переробки сипких або шматкових вантажів, що надходять у жолоб через завантажувальну лійку. Скребки бувають штампованими з листової сталі або литими, а жолоби виготовляють металевими. Скребкові конвеєри в порівнянні з пластинчастими мають меншу масу, можуть завантажуватися та розвантажуватися у будь-якій точці по всій довжині жолоба. Застосування скребкових конвеєрів обмежене через подрібнення вантажів та швидке зношування жолоба, особливо при переміщенні абразивних матеріалів. Крім того, для скребкових конвеєрів характерна велика витрата енергії, що витрачається на подолання шкідливих опорів [9].

Ефективність використання конвеєрів у технологічному процесі будь-якого виробництва залежить від того, наскільки тип та

параметри обраного конвеєра відповідають властивостям вантажу та умовам, у яких протікає технологічний процес.

До таких умов відносяться: продуктивність, довжина транспортування, форма траси та напрямок переміщення (горизонтальний, похилий, вертикальний, комбінований); умови завантаження та розвантаження конвеєра; розміри вантажу, його форма, питома щільність, абразивність, кусковатість, вологість, температура, ритм та інтенсивність подачі, а також різні місцеві фактори.

Скребокві конвеєри нереверсивні, тобто можуть транспортувати вантаж лише в один бік. Міцні поліетиленові скребки і відсутність контакту ланцюга з днищем забезпечують кращу схоронність продукту, що транспортується, і менший шум при роботі.

Скребокві конвеєри працюють у режимі самодозування завантаження, що виключає утворення завалів незалежно від кількості, що надходить до завантажувальної точки вантажу.

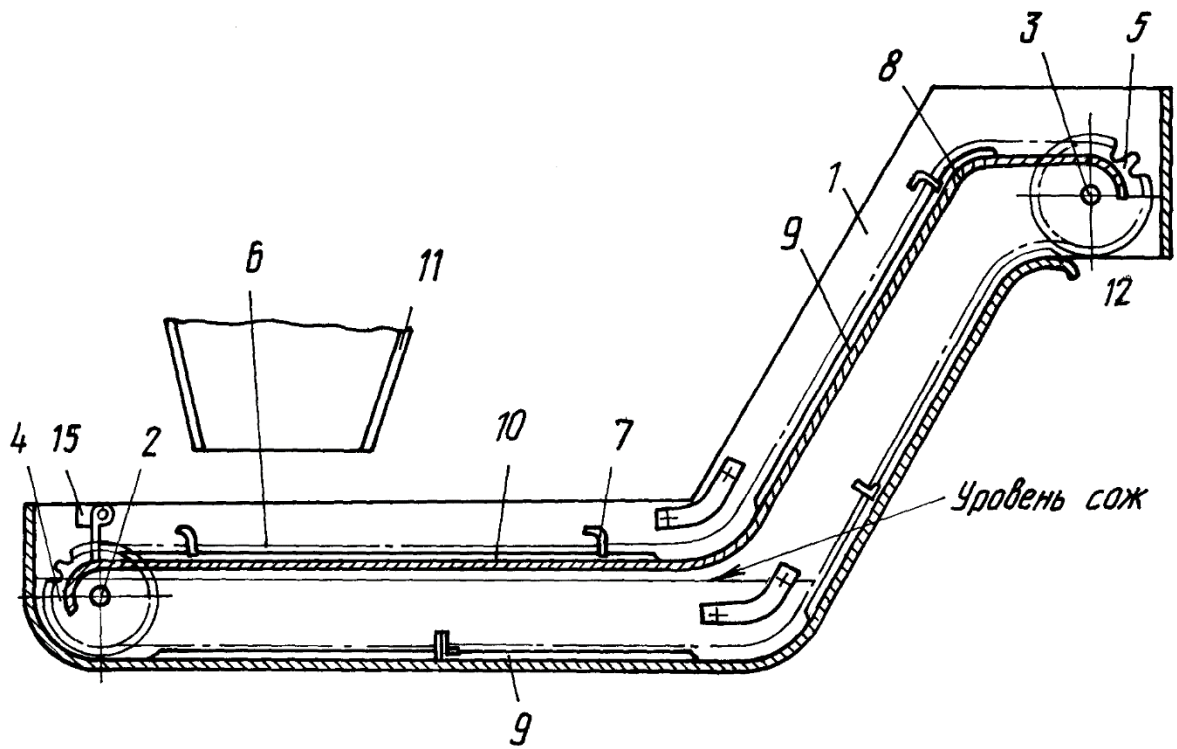
Вони можуть бути виготовлені в оцинкованому виконанні та з нержавіючої сталі [10].

Перевагами скребоквих конвеєрів є простота конструкції, мала висота, безпека, можливість транспортування різноманітних вантажів (добре сипких, зв'язкових, порошкоподібних, гострокромкових, хімічно активних та отруйних, гарячих та при низькій температурі) по складних трасах без перевантаження; герметичність, відсутність пилення, пожежа - та вибухонебезпечне, втрат та забруднення вантажу; простота

автоматизації завантаження та розвантаження у багатьох точках траси.

До недоліків можна віднести подрібнення вантажів (меншою мірою у конвеєрів суцільного волочіння з низькими скребками), значна витрата енергії, підвищений знос частин і жолобів, що рухаються (особливо при переміщенні абразивних вантажів), шум, створюваний при терті вантажу та елементів конвеєра про жолоб і напрямні, можливість утворення заторів вантажу та заклинювання скребкового полотна в конвеєрах із закритим жолобом

На рис. 1.3 зображено скребковий конвеєр, поздовжній розріз. Скребковий конвеєр включає корпус 1 з похилою ділянкою та розміщеними в ньому валами 2 і 3, на яких знаходяться по дві зірочки 4 і 5, двома замкнутими ланцюговими передачами 6, розташованими паралельно бічним стінкам корпусу 1 і з'єднаними скребками 7. Під верхніми гілками передач 6 розташовано проміжне днище 8. На днищі корпусу 1 і проміжному днищі 8 встановлені напрямні 9 і 10. На валу 3 встановлений мотор-редуктор (на кресленні не показаний). Бункер 11 розташований над горизонтальною ділянкою корпусу 1. Між скребками 7 і днищем корпусу 1, а також між скребками 7 і проміжним днищем 8 є зазор 0...1 мм, що забезпечується наявністю напрямних 9 і 10.



Малюнок 1.3 - Поздовжній розріз скребкового конвеєра []

На рис. 1.4 схематично представлений очисний комбайн, що здійснює вилучення вугілля, який потім потрапляє на скребковий конвеєр і переміщається на ньому до перевантажувача, що знаходиться на штреку.

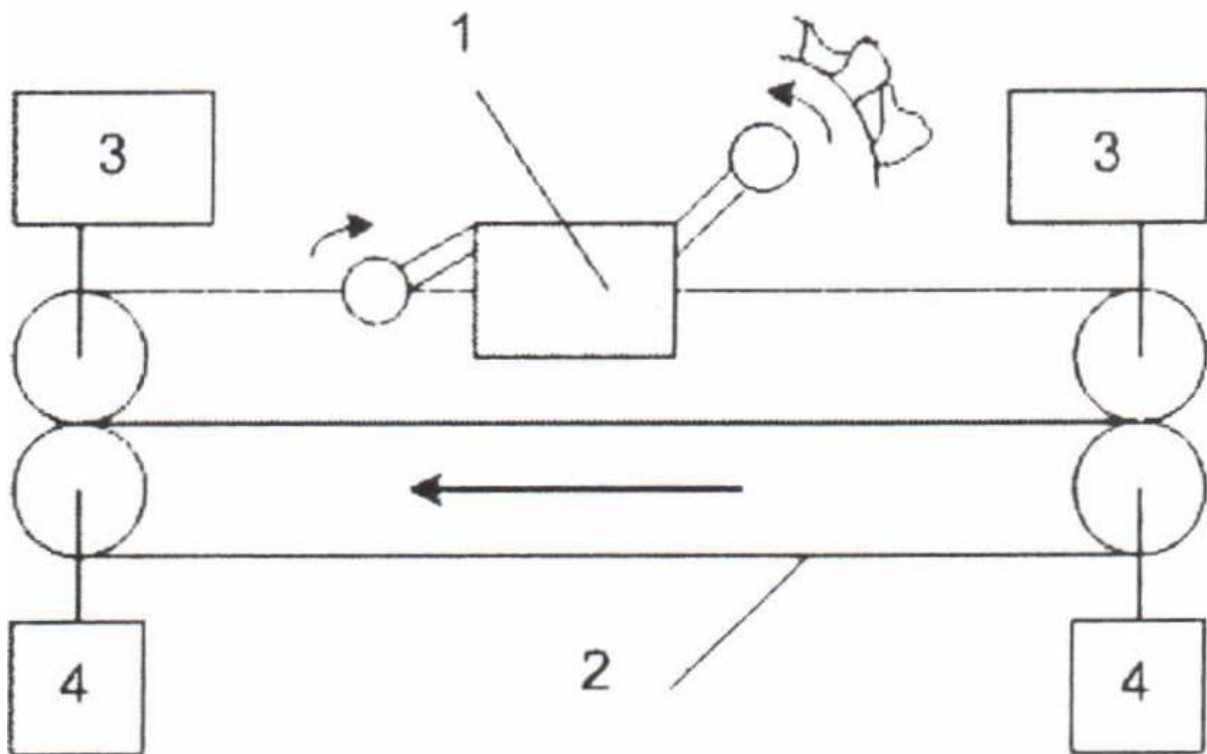


Рисунок 1.4 – Спрощена структурна схема технологічного процесу транспортування вугілля по очисному вибою: 1 – очисний комбайн; 2 – скребковий конвеєр; 3 – приводи комбайна; 4 – приводи конвеєра

Класифікація скребкових конвеєрів за призначенням [8]:

- підземні скребкові конвеєри (для вугільних та рудних шахт)
- скребкові конвеєри загального призначення (для поверхні шахт та збагачувальних фабрик)
- спеціальні скребкові конвеєри (застосовувані у гірничотранспортних машинах)

за характером виконуваних функцій

- доставочні скребкові конвеєри (тільки транспортування)
- агрегатні скребкові конвеєри (працюють у комплексі з іншими виїмковими агрегатами, крім транспортування інші функції)

- гальмівні скребкові конвеєри (спуск вугілля по виробках з великим кутом нахилу)

за видом приводу

- скребкові конвеєри з електричним приводом
- скребкові конвеєри з пневматичним приводом
- скребкові конвеєри з гідравлічним приводом

за типом тягового ланцюга

- скребкові конвеєри з роликотулочним ланцюгом
- скребкові конвеєри з розбірним ланцюгом
- скребкові конвеєри з круголанним ланцюгом

за розташуванням робочої гілки

- скребкові конвеєри з верхньою робочою гілкою
- скребкові конвеєри з нижньою робочою гілкою
- скребкові конвеєри з двома робочими гілками

за способом переміщення конструкції

- переносні скребкові конвеєри
- пересувні скребкові конвеєри

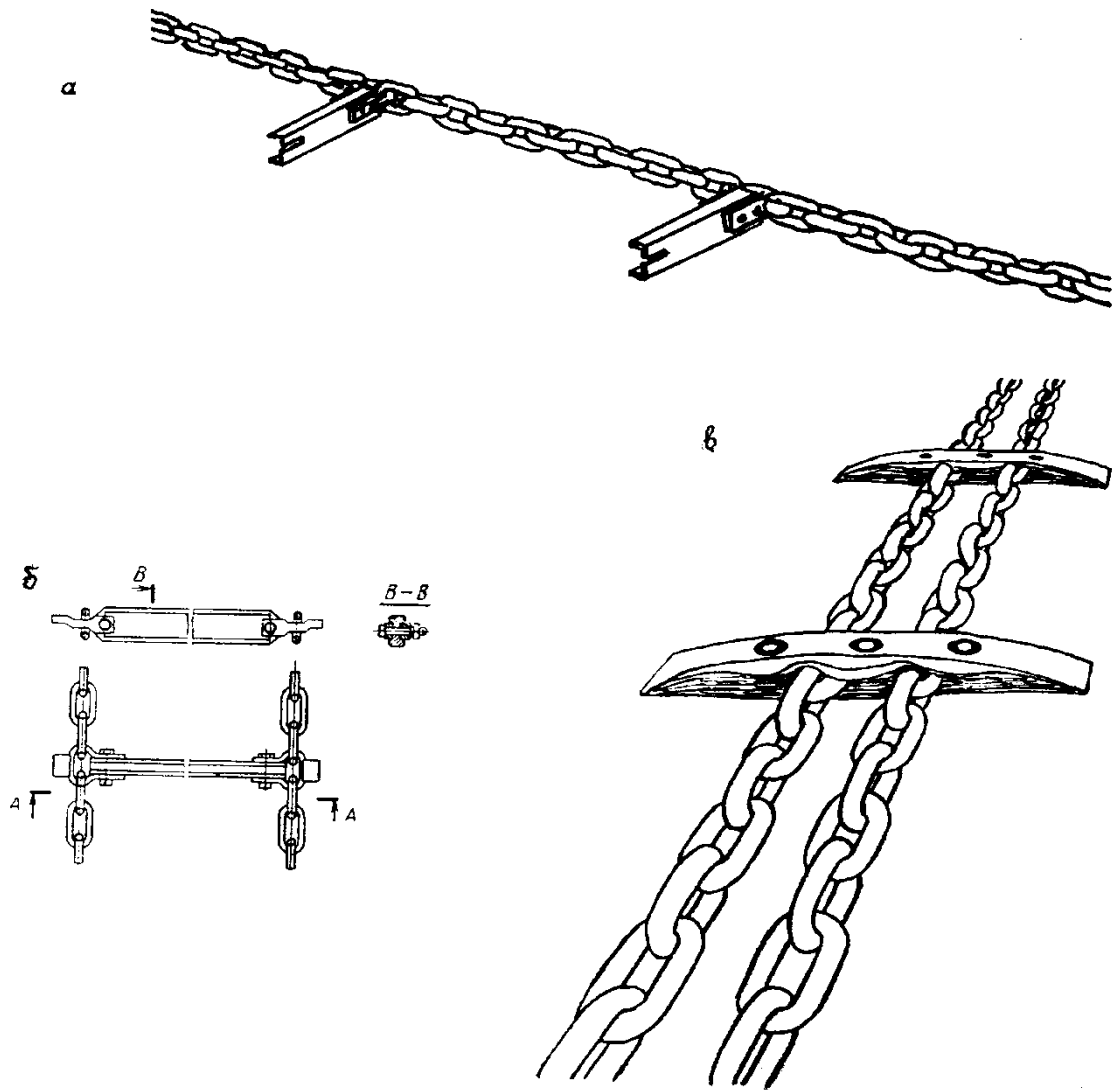
1.2 Влаштування складових частин скребкових конвеєрів

Тяговий орган реалізується у вигляді складання скребків за допомогою спеціальних ланок з одним або двома ланцюгами (рис. 1.5). Ланцюги мають можливість вигину в горизонтальній та вертикальній площинах.

В одноланцюгових конвеєрах з консольними скребками (рис. 1.5 а) ланцюг розташовують у напрямних рештаків. Дволанцюгові

конвеєри мають рознесене розташування ланцюгів по кінцях скребка у напрямних рештаків (рис. 1.5 б) або центральне – у центрі скребка з кроком між осями 120-220 мм (рис. 1.5 в). Остання конструкція сприяє меншій заштибуванні нижньої гілки тягового органу. Ланцюги виготовляють із високоміцної з підвищеною зносостійкістю сталі та термічно обробляють.

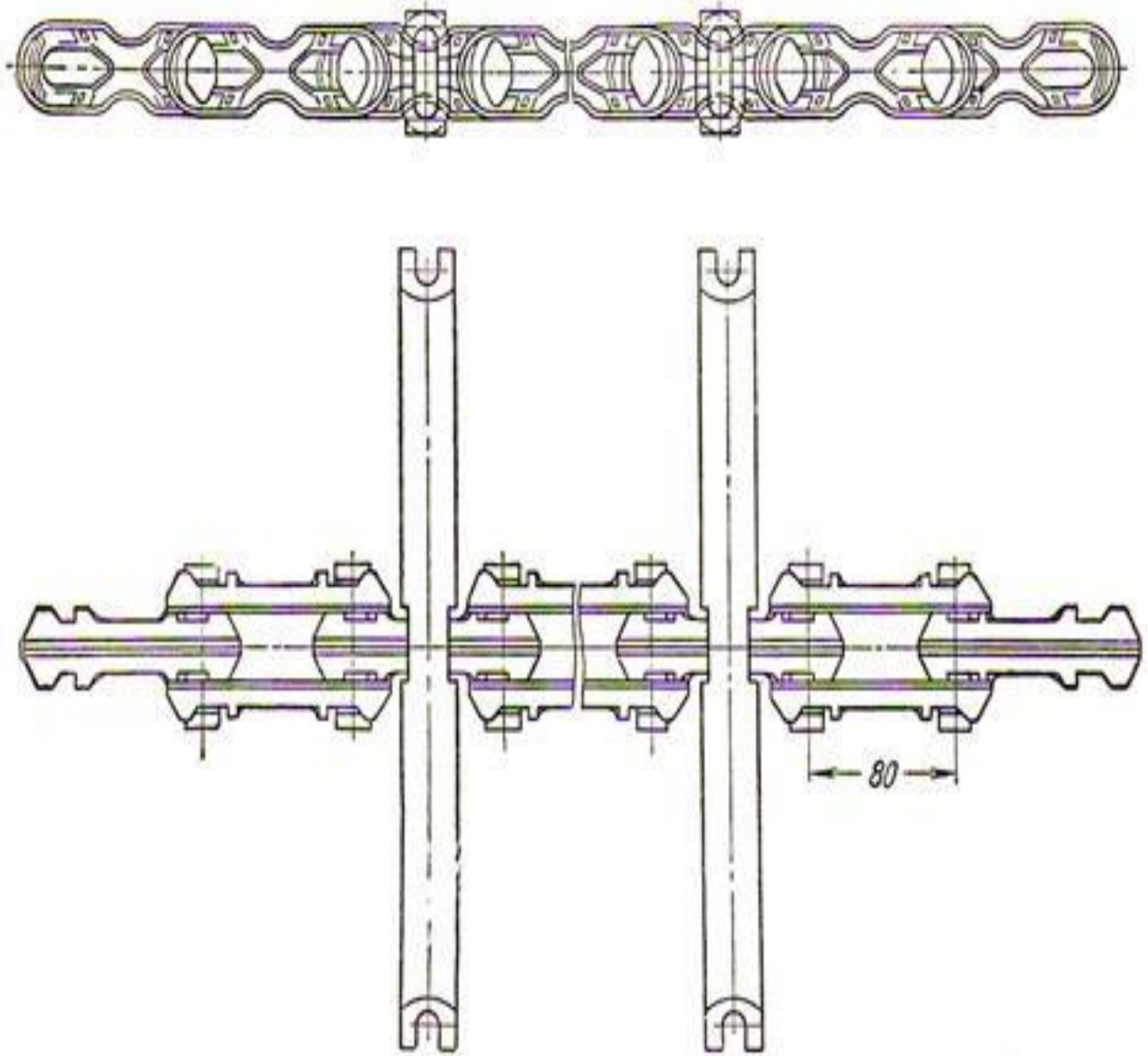
Найважливішим елементом конвеєра є ланцюги, від міцності та конструкції яких залежать довжина, продуктивність та експлуатаційна надійність конвеєра. У конвеєрах, що згинаються, ланцюг повинен мати гнучкість у двох площинах. Крім того, ланцюги скребкових конвеєрів повинні бути зносостійкими, а конструкція їх забезпечувати можливість обгинання зірочок невеликого діаметру, зручність кріплення скребків, невелику витяжку в процесі експлуатації, простоту складання та розбирання, зручність заміни ланок, неможливість мимовільного роз'єднання та невелику вагу.



Малюнок 1.5 - Тягові органи скребкових конвеєрів

У підземних скребкових конвеєрах застосовують штамповані розбірні ланцюги, пластинчасті втулкові ланцюги з прямими та вигнутими пластинами та зварні круглolanкові калібровані ланцюги (рис. 1.6).

Найчастіше в скребкових конвеєрах застосовують штамповані розбірні шарнірні ланцюги, що складаються із зовнішніх та внутрішніх ланок і валиків. Переваги розбірних ланцюгів: зручність складання та розбирання, відносно невисока вартість та гнучкість у двох площинах.

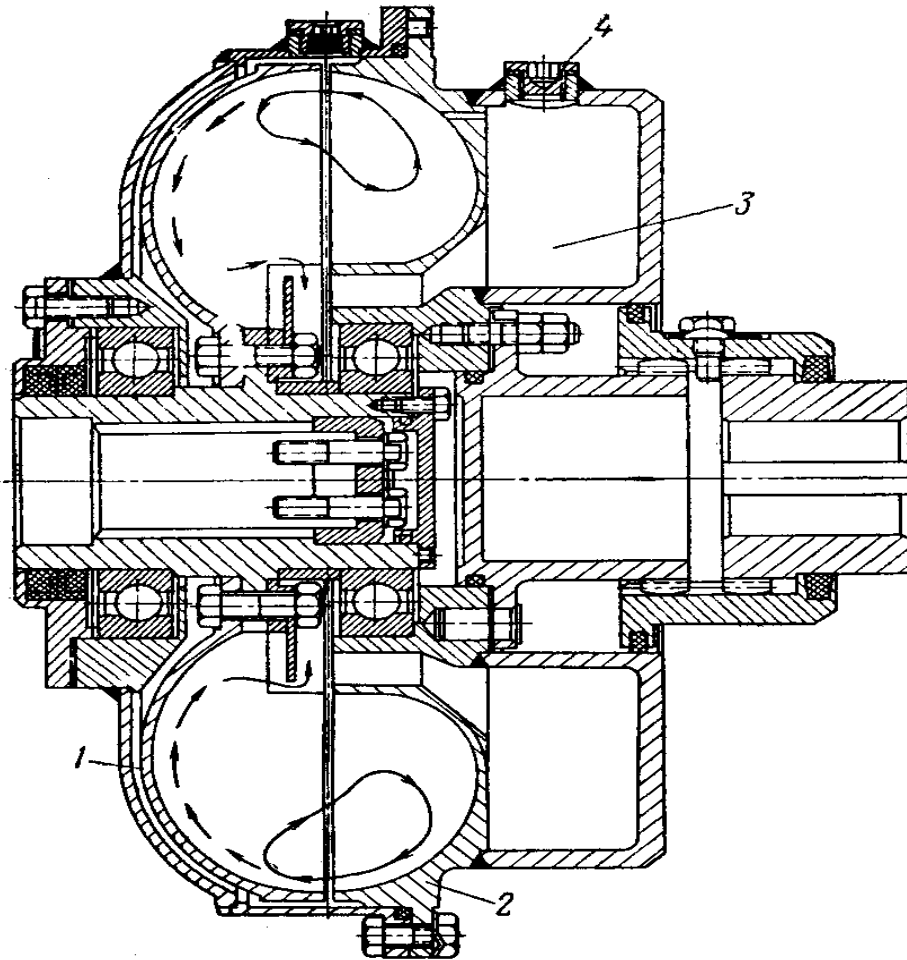


Малюнок 1.6 - Розбірний ланцюг типу ЦДР зі скребками

Привідна станція складається із приводного блоку (один або кілька) приводного валу, рами. Привідний блок виконується у вигляді єдиного складання, яке включає двигун, гідромуфту, редуктор [11].

Асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором з синхронною частотою обертання 1500 об / хв , напругою 380, 660 або 1140 В. Підвищення потужності йде за рахунок застосування декількох двигунів або одного двигуна спеціального виконання з

підвищеною потужністю. Потужні агрегатні конвеєри мають двошвидкісні двигуни підвищеної потужності з високим пусковим моментом та водяним охолодженням. Може бути застосована об'ємна гідропередача: на штреку встановлюють електродвигун і насос, а на конвеєрі - гідродвигун, з'єднаний шлангом з насосом. При цьому знижуються динамічні навантаження в режимі, що встановився, і при запуску, обмежуються перевантаження при заклинюванні, можливе регулювання швидкості руху ланцюга, контроль натягу ланцюга. Двигун із редуктором з'єднаний за допомогою гідравлічної муфти (рис. 1.7). Гідромуфти (рис. 1.7) застосовують запобіжний тип з додатковим об'ємом і несиметричними колесами. При режимі, що встановився, робоча рідина (емульсія або масло) рухається по малому колу циркуляції між насосним 2 і турбінним колесом 1. При заклинюванні ланцюга колесо 1 зупиняється, робоча рідина переходить на велике коло циркуляції (пунктир) і викидається в додатковий об'єм 3 заповнення робочого об'єму зменшується і максимальний момент знижується. Вся енергія при цьому йде на нагрівання олії; захистом є плавка пробка 4.



Малюнок 1.7 - Запобіжна гідромурфта

Рештковий став скребкового конвеєра збирають із секцій завдовжки від 1 до 2,5 м. Роз'ємна секція (рис.1.8 а , б , в) складається з двох рештаків [12, 13]. По одному з них рухаються робоча гілка ланцюга та вантаж, по-іншому – неодружена гілка ланцюга, а при розташуванні жолобів поряд (рис.1.8 г , д) і кріпильний ліс. Нероз'ємні секції (рис.1.8 е) є залишком з напрямними 1 для робочої гілки та полицями 2 підтримують холосту гілку. Виготовляють нероз'ємні секції зварюванням зі швелерів з увігнутими стінками і листа, що з'єднує їх. Поглиблення в бічних стінках служать розміщувати з'єднувальних пристроїв. Нероз'ємні секції застосовують для

пересувних конвеєрів. Великим недоліком нероз'ємних секцій є труднощі доступу до холостий гілки.

Рештаки роз'ємних секцій бувають різною конструкцією та уніфікованими. Перевагою останніх є взаємозамінність, тобто. можливість встановлення як на холосту, так і на робочу гілку, що полегшує перенесення конвеєра та збільшує термін служби решткового ставу.

Для збільшення перерізу робочого жолоба, а отже, і підвищення продуктивності конвеєра на решітці робочої гілки іноді встановлюють додаткові борти (рис.1.8 д , е), які запобігають також перекиданню вугілля через конвеєр або його робочу гілку при навалці.

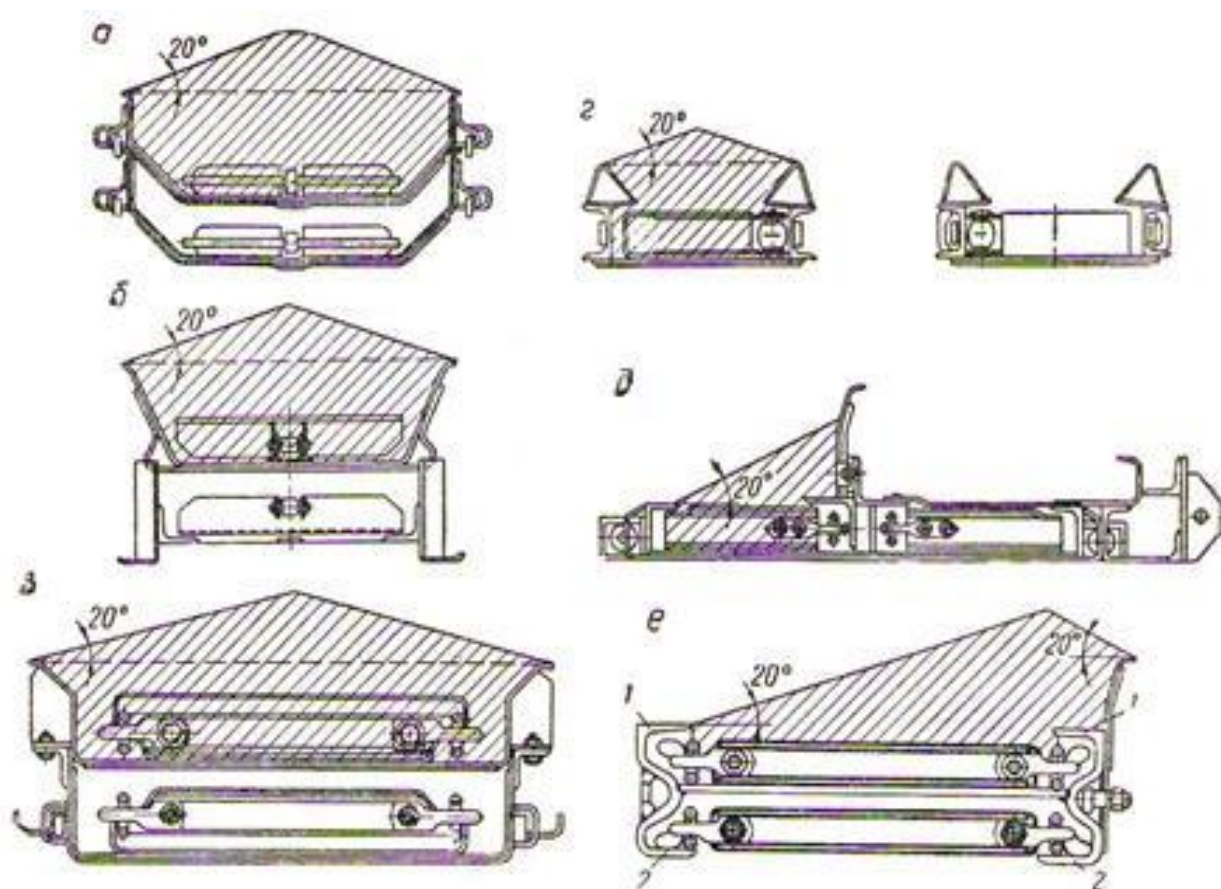


Рисунок 1.8 - Перетин рештаків основних типів

Привід конвеєра складається з двигуна та редуктора, змонтованих на одній рамі. Розташування приводу може бути поздовжнім та поперечним.

Щоб запобігти виходу з ладу приводу та тягового органу, у приводах скребкових конвеєрів встановлюють різні запобіжні пристрої, що роз'єднують двигун та приводний вал конвеєра під час перевантажень. Найбільш широко в приводах скребкових конвеєрів застосовуються турбомуфти, які є надійним засобом захисту від перевантажень двигуна, а також забезпечують плавний пуск конвеєра, згладжують поштовхи і вібрації, що виникають між двигуном і машиною. При багаторуховому приводі турбомуфти забезпечують рівномірний розподіл навантаження між окремими двигунами [15, 16].

Випущено конвеєри з редукторами, що дозволяють змінювати швидкість руху ланцюга, або з електродвигунами, що мають кілька значень швидкості обертання. Розроблено конструкції об'ємного гідроприводу з безступінчастим регулюванням швидкості.

Зазвичай натяг ланцюга здійснюється за допомогою гвинтового механізму, іноді замість гвинтового механізму застосовують гідравлічний.

В окремих типах конвеєрів натяжний механізм відсутній. Для натягу ланцюга у випадках використовують домкрати.

Муфта полегшує пуск двигуна та усуває удари під час пуску через люфти. Прискорення тягового ланцюга при пуску може зменшуватися, так і збільшуватися (у порівнянні з приводом без

муфти), що залежить від швидкості заповнення муфти робочою рідиною з додаткового об'єму. Якщо заповнення швидке, виникає ривок ланцюга при запуску, якщо занадто повільне, то конвеєр може зовсім не запускатися (через тривалу роботу з великим ковзанням нагрівається робоча рідина і спрацьовує тепловий захист). Муфти згладжують миттєву нерівномірність розподілу навантаження між приводами, знижують деякою мірою динамічні навантаження при русі, що встановився, і при заклинюванні ланцюга. Редуктор – триступінчастий циліндр-конічний, вихідний вал якого зубчастою муфтою з'єднаний із приводним валом. Привід конвеєрів для високопродуктивних вибоїв (3000-8000 т на добу) забезпечують планетарним або конічно-планетарним двошвидкісним редуктором (робоча швидкість та маневрова) з механізмом відключення від валу двигуна та системою водяного охолодження. Ресурс такого редуктора становить 25 000 годин [17].

Привідний вал несе на собі одну чи дві зірочки. Зі збільшенням числа зубів збільшується діаметр зірочки, але знижуються зношування шарнірів ланцюга і зубів зірочки, і динамічні зусилля в ланцюгу. Для боротьби із заклинюванням ланцюга на зубі зірочки кожному з них постачають скидувачем, що охоплює зірочку.

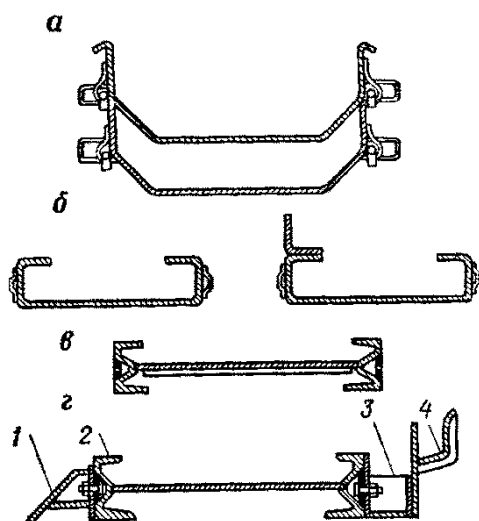
За загальним компонуванням приводні станції можуть бути звичайного типу і плосковерхі. В останніх решток приводу не піднімається над ґрунтом, а розташовується на одному рівні з лінійними рештками. Комбайн може проходити з приводу (до кінця лави), тому відпадає необхідність у нішах.

Натяжні станції бувають з пересувною або нерухомою кінцевою секцією, з гвинтовим або гідравлічним приводом. Їх розташовують у хвості конвеєра, а контроль натягу (за провисанням ланцюга за приводом) роблять у голові, що незручно, тому в більшості конструкцій передбачено натяг ланцюга приводом. Один кінець ланцюга жорстко стопорять (за допомогою спеціальних зачепів) та короткими поштовхами реверсованого двигуна виробляють натяг ланцюга. Привід від зворотного обертання утримується механізмом хропіння, що вбудовується в редуктор. Застосовуються також для натягу та з'єднання ланцюга переносні механічні (лебідки з храповиком зворотного ходу) та гідравлічні, які мають зачепи для захоплення кінців ланцюга. Ці пристрої дозволяють з'єднати ланцюг у будь-якому місці на верхній гілці.

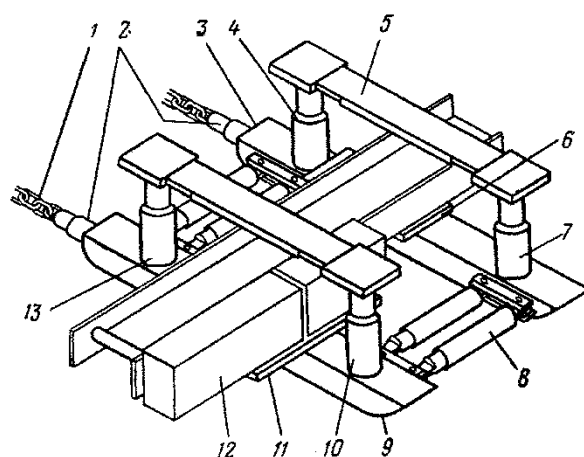
Став конвеєра набирають з окремих секцій довжиною 1,35-1,9 м, званих рештаками. Їх поділяють за призначенням – для пересувних (рис. 1.9 б) та поставних (рис. 1.9 а), одноланцюгових та дволанцюгових, реверсивних та неревверсивних конвеєрів; формою перерізу – прямокутні (рис. 1.9 а), складної форми (рис. 1.9 б). Рештковий став може виконувати додаткові функції: служити опорою для стругів, дорогою для комбайнів тощо. буд. У рештаках на рис. 1.9 ніж 1 віддирає земник і очищає ґрунт при пересуванні конвеєра, борти 2 служать дорогою для комбайнів, балка 3 приєднується до пересувного кріплення, жолоб 4 призначений для кабелів.

До допоміжного обладнання відносяться пересувники ,

пристрої для натягу ланцюга, пристосування для утримання конвеєра від сповзання та підтягування його, перевантажувачі, домкрати для виправлення скребків, дробарки та ін.



Малюнок 1.9 - Рештаки:
 а - конвеєра з консольними скребками; б - агрегатного конвеєра; в – решта з навісним обладнанням 1 – ніж; 2 - борти ; 3 – балка; 4 – жолоб



Малюнок 1.10 - Пристрій для утримання приводу та підтягування конвеєра: 1 – ланцюги; 2, 8 – домкрати; 3 – лижа; 4, 7, 10, 13 - гідравлічні стійки; 5 – балки; 6 – платформа; 9 – лижа; 12 - привід; 11 – пересувна платформа

Пересувники призначені для пересування конвеєра без розбирання. Вони є домкратами різних типів: рейкові, гвинтові, гідравлічні, пневматичні та ін. При фронтальній пересувці конвеєр пересувається відразу по всій довжині. Домкрати розташовуються через 8–12 м, живляться від загальної магістралі та включаються усі одночасно. При фланговій пересувці конвеєр пересувають окремими ділянками завдовжки 10-12 м. Конвеєр отримує вигнуту у плані форму. Пересування можна здійснювати індивідуальними переносними або груповими домкратами, розташованими по всій

довжині конвеєра і по черзі, що включаються.

Подавальний пристрій комбайна виконано у вигляді зубчастої рейки на рештаках ставу, взаємодії з якою зубчасте колесо механізму подачі здійснюється переміщення комбайна по рештковому ставу.

Пристосування для утримання та підтягування конвеєрів необхідні компенсації сповзання конвеєра під час пересування. Це сповзання тим сильніше, що вищий кут падіння пласта. На рис. 1.10 зображено пристрій для утримання приводу та підтягування конвеєра. Гідравлічні стійки 4, 7, 10, 13 з'єднані попарно підресореними балками 5. Привід 12 конвеєра розташовується на пересувній платформі 11 яка може пересуватися в горизонтальному і вертикальному напрямку, і на платформі 6. При розкритих стійках платформи замикаються гідрозамками. Для пересування приводу слідом за вибоєм служать домкрати 2 з , ланцюгами 1 , що закріплюються до розпірних стояків (на малюнку не показані). Для пересування приводу конвеєра стійки 10, 13 відпускаються, і лижа 9 разом з домкратом 2 приводом 2 підтягується слідом за вибоєм. Потім стійки 10, 13 розпираються, і аналогічно переміщається лижа 3. Пересування здійснюється при працюючому конвеєрі. Поруч із пересуванням вирішується питання кріплення вузла сполучення лави зі штреком. Для підтягування конвеєра служать домкрати 8. Спочатку розпираються стійки 10, 13 і лижа 3 подається вгору і після розпору стояків 4, 7 до неї підтягується лижа 9.

Перевантажувачі – це спеціальні конвеєри для сполучення вибійного конвеєра із засобами транспорту штреком. При

транспортуванні у вагонетках, щоб не піднімати привод конвеєра на рівень борту вагонетки, застосовують перевантажувачі у вигляді короткого елеватора. При транспортуванні стрічковими конвеєрами застосовують скребкові перевантажувачі.

Дробарки служать для дроблення великих шматків вугілля. Вони складаються з двох зубчастих валків, що встановлюються на вертикальних осях по обох бортах рештаків перед приводом конвеєра.

1.3 Характер пошкоджень деталей скребкового конвеєра

При експлуатації машини інтенсивність зношування деталей не є постійною. У початковий період роботи спостерігається досить швидке зношування деталей. Тривалість цього періоду визначається якістю поверхонь і режимом роботи механізму.

При правильному виборі співвідношення твердостей деталей і режимів опрацювання досить швидко встановлюється певна шорсткість поверхонь. При такій шорсткості настає період так званого нормального або зношування. Цей період характеризується невеликою, приблизно постійною за величиною інтенсивністю зношування і продовжується доти, доки зміни розмірів або форми деталей не вплинуть на умови їхньої роботи. Накопичення змін геометричних розмірів та фізико-механічних властивостей деталей веде до погіршення умов роботи сполучення [19, 21].

Основним фактором при цьому є підвищення динамічних навантажень внаслідок збільшення зазорів в парах, що труться. В

результаті настає період прогресивного чи аварійного зношування. Підвищення інтенсивності зношування пари тертя спостерігається також після розбирання вузла через порушення умов контактування та повторного підробітку.

Передчасне руйнування найбільш відповідальних деталей скребкових конвеєрів призводить до зниження видобутку вугілля та створює умови для появи аварійних ситуацій. Вихід з ладу будь-якого з елементів конвеєра призводить, як правило, до зупинки робіт у вибої, тому вимоги до надійності кожного елемента значно підвищуються.

Можна виділити такі характерні риси роботи скребкових конвеєрів: досить важкі режими; наявність значних динамічних, знакозмінних навантажень, що викликають різкі зміни умов тертя контактуючих поверхонь; висока агресивність довкілля.

Особливості конструкції та експлуатації скребкових конвеєрів не виключають загальновідомі закономірності тертя та зносу. Однак використання їх для визначення характеру або кількісних показників зношування деталей гірських машин, що мають свою специфіку щодо конструкції та експлуатації, іноді може призвести до помилкових висновків.

Аналіз умов роботи деталей скребкових конвеєрів, що найбільш зношуються, показує, що умови тертя і процеси зносу можна розділити на 3 групи [21-22]:

- абразивний (чисто механічний);
- термомеханічний;
- корозійно-механічний.

До першої групи відносяться зноси, що протікають в умовах, що не ускладнюються тепловими і корозійними діями на матеріал пар, що труться. Термомеханічний характер на поверхневий шар виникає у разі великих швидкостей відносного ковзання і значних навантажень.



Малюнок 1.11 - Абразивне зношування валу

Відносне переміщення поверхонь деталей супроводжується відокремленням від них частинок металу. Це явище обумовлено низкою причин: пружною і пластичною деформацією виступів на поверхнях, що труться; високими значеннями питомого тиску та температури в зоні контакту цих виступів; відділенням металу поверхневих шарів у вигляді стружки твердішими структурними компонентами металу.

При відносному переміщенні поверхонь, що труться, окремі виступи нерівностей піддаються тільки пружним, що зникає після зняття навантаження, деформаціям. Багаторазове їх повторення

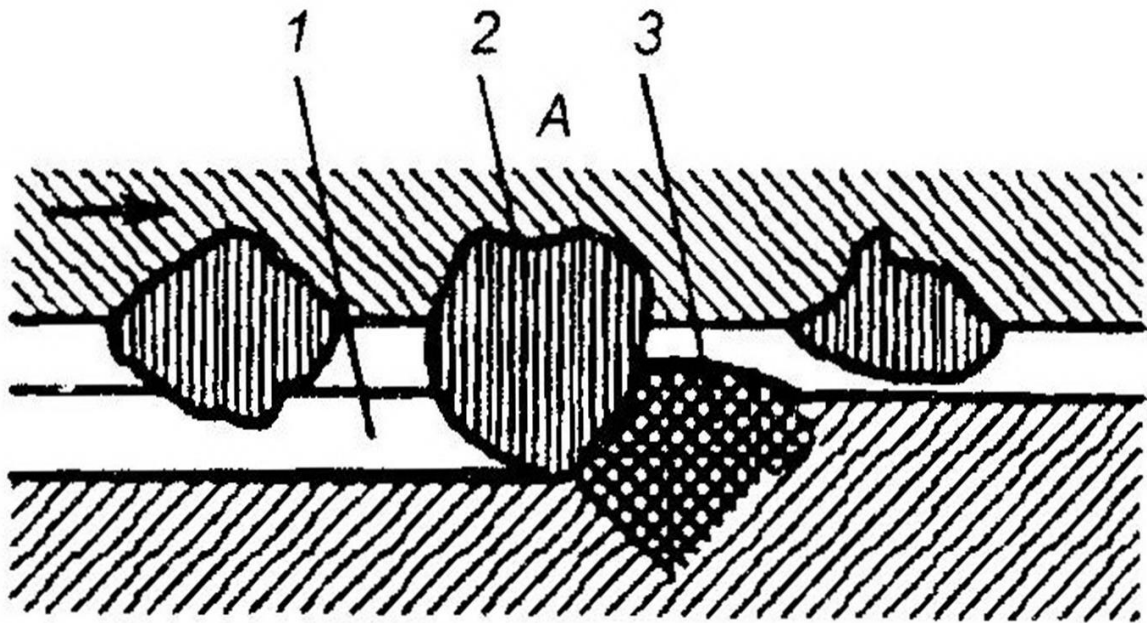
призводить до відокремлення частинок металу внаслідок його втомного руйнування [23-25].

Інші виступи піддаються додатково залишковим пластичним деформаціям (згинання, зминання і згинання), повторення яких також викликає відділення частинок металу. Цьому сприяє і те, що через малу площу зіткнення виступів нерівностей питомий тиск на них може значно перевищувати допустиме.

Висока швидкість зміни питомого тиску викликає різке підвищення температури, що призводить до сплавлення виступів і подальшого розриву ділянок, що сплавилися, з вириванням частинок металу.

Стирання (рис. 1.11) відбувається внаслідок переміщення однієї деталі щодо іншої внаслідок шорсткості їх поверхонь. При переміщенні деталі А зерно 2 утворює канавку 1 деталі Б. Виступ 3 ущільненого металу, що утворився, вириває зерно 2 і при подальшому русі утворює канавку вже в деталі А. Так відбувається знос сполучених тертьових поверхонь.

Механічне зношування деталей в результаті стирання з найбільшою інтенсивністю відбувається при опрацюванні нових або відремонтованих деталей. Механізм зношування полягає в тому, що під дією високого тиску, що виникає в місцях контакту деталей, що стикаються, відбувається механічне руйнування виступів на їх поверхнях з відділенням частинок металу.



Малюнок 1.12 - Схема механічного зношування поверхонь сполучених деталей: а, б - деталі; 1 - канавка; 2 - зерно; 3 - виступ ущільненого біметалу [25]

З часом процес зношування уповільнюється і стабілізується, що пов'язано зі збільшенням площі поверхні тертя і, як наслідок, зниженням температури та тиску в місцях контакту. До цього часу поверхні в результаті зношування набувають певної шорсткості та мікрорельєфу. Обробка поверхонь з такими параметрами під час виготовлення та відновлення деталей є ефективним методом підвищення терміну їхньої служби.

Вплив виду та умов тертя. Швидкість і інтенсивність зношування при терті залежать від ряду факторів, зокрема, виду тертя і наявності мастила між деталями, що труться, а також параметрів мікрорельєфу їх поверхонь. Розглянемо вплив мастила на зношування деталей.

Правильний вибір мастильного матеріалу та забезпечення раціонального режиму змащування пар тертя підвищують термін

їхньої служби, а недотримання цих умов може бути причиною заїдання з'єднання та поломки деталей. Взаємодія деталей, що труться, обумовлена, перш за все, видом тертя.

Залежно від виду відносного руху контактуючих деталей розрізняють тертя ковзання, тертя кочення та тертя кочення з прослизанням. Останній вид тертя має місце, наприклад, між зубами коліс у зубчастих передачах, між тілами кочення та кільцями роликів та кулькових підшипників [26].

Корозійно-механічне зношування виникає за наявності вологи у місцях контактування поверхонь. При цьому на початку контакту на поверхнях, що труться, відбувається утворення неміцних і крихких продуктів взаємодії матеріалу з середовищем, а потім і їх руйнування.

Поділ видів взаємодії поверхонь, що труться, і процесів зношування на чисто механічні, термомеханічні і корозійно-механічні не відображає повністю явищ, що відбуваються при зносі деталей скребкових конвеєрів.

Всі види взаємодії контактуючих поверхонь деталей скребкових конвеєрів відбуваються за декількома схемами.

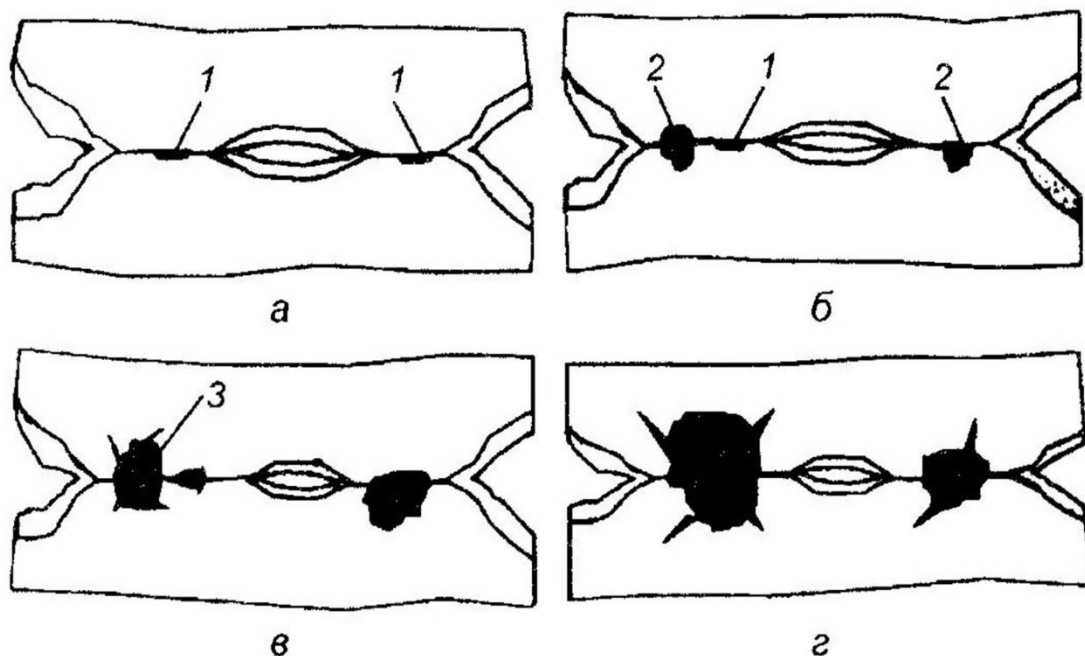
Одна їх схем пропонує такі поєднання тіл, що труться, при яких поверхні деталей безпосередньо стикаються з частинками вугілля і породи, що переміщаються із заданою швидкістю. За цією схемою відбувається контакт вугілля або породи з поверхнями рештаків скребкових конвеєрів, похилих перехідних секцій прасок.

За іншою схемою контакт протікає при попаданні між поверхнями, що труться, абразивних частинок. Контакт за цією

схемою є типовим і здебільшого неминучим. Така схема контактування характерна шарнірних з'єднань тягових ланцюгів.

Існує схема контакту, характерна для різних вузлів. При цій схемі контакту зниження опірності матеріалу до руйнування виникає в результаті дії на поверхневий шар рідкої фази з абразивом.

На основі аналізу особливостей абразивної дії на матеріал деталей скребкових конвеєрів можна сказати, що для руйнування поверхневого шару не обов'язково наявність абразиву з високою твердістю, здатного зрізати метал деталі. Цим і пояснюється той факт, що при взаємодії абразивних частинок з відносно невеликою твердістю з деталями скребка конвеєра спостерігається абразивне зношування їх поверхні. Так було виявлено, що м'яке кам'яне вугілля наносить подряпини на метал значної твердості.



Малюнок 1.13 - Кінетика зношування металів при тіл, що стикаються, при малих коливальних відносних переміщеннях: а —

стадія навантаження ; б - стадія утворення каверн; в - стадія розширення області руйнування; г - стадія злиття каверн [26]

Мікротвердість окремих компонентів, що входять до вугілля, коливається в межах від 27 до 426 МПа.

Але оцінка абразивності гірничої маси за значенням мікротвердості компонентів буде неточною, оскільки ця маса завжди містить у своєму складі мінеральні включення. Основними мінеральними включеннями вугільної маси є кальцит (мікротвердість $H_{\mu} = 1000$ МПа), пірит ($H_{\mu} = 1000$ МПа), кварц та його різновиди ($H_{\mu} = 900 \dots 1200$ МПа), оксиди різних металів.

При дослідженні поверхні зношених рештаків та інших деталей можна дійти невтішного висновку, що рештаки і, особливо, днища у процесі експлуатації піддаються переважно абразивному зносу.

Твердість матеріалу визначає величину взаємного впровадження мікронерівностей поверхонь, що труться, і таким чином впливає на деформаційну складову сили тертя. Від величини твердості залежить площа фактичного торкання поверхонь та обсяг матеріалу, втягнутого у деформацію. Фрикційні матеріали повинні відрізнятися за величиною твердості, при цьому м'якіший елемент пари повинен здійснювати граничний тиск на жорсткіший матеріал, що не перевищує межу пружності останнього, що забезпечує мале його знос. Для антифрикційних матеріалів найбільш сприятливим є режим пружного деформування та наявність м'якої плівки на поверхні тертя, що забезпечує мінімум механічної та молекулярної

складових. З цієї точки зору матеріали, що труться, повинні бути по можливості більш твердими [27].

Можна запропонувати два варіанти дії абразивних частинок:

1 – абразивні частинки під дією навантаження проникають у поверхню решткового ставу і, не руйнуючись, діють на них;

2 – абразивні частинки під дією навантаження проникають у поверхню на певну глибину та дробляться.

Абразивне зношування для останкового ставу скребкових конвеєрів проявляється головним чином дією абразивних частинок по поверхні.

Чинниками, що впливають на знос, є зовнішній вплив, проміжне середовище, механічні властивості [28]. Зовнішнім впливом є навантаження та тертя. Навантаження на робочі поверхні деталі викликає тиск у зоні контакту. Характер дії навантаження може бути різним. На знос впливає значення навантаження та частота її зміни.

У разі присутності у проміжному середовищі абразивних частинок слід враховувати їх розмір, твердість та інші показники.

Тиск на поверхню залишкового ставу впливає на швидкість зношування. Чим більший тиск на поверхню, тим більша швидкість зносу.

При взаємодії поверхні решткового ставу з вугільною масою має місце абразивне зношування з багаторазовою пластичною деформацією поверхні, внаслідок чого спостерігається втомне руйнування останньої.

Поверхня, що підлягає зношуванню, піддається дії значних деформацій, що проходять у тонкому поверхневому шарі та призводять до його нагрівання. Крім того, мають місце зміни у властивостях внаслідок фізичної та хімічної взаємодії з навколишнім середовищем – дифузійного насичення елементів із навколишнього середовища.

Оскільки поверхні тіл атоми перебувають у нерівноважному стані, то процесі зносу виникають сили між молекулярного взаємодії [30]. Таким чином, поверхневий шар металу під спільною дією нормальних тангенціальних сил значно деформується.

Глибина зони, у якій відбувається зміна матеріалу, залежить від виду деформації (пружної, пластичної) та інтенсивності теплового впливу [32].

При пружній деформації стиснення нормальна напруга на плямі торкання на глибині, що дорівнює 3α (де α – півширина майданчика контакту), стає мізерно малим. Дотичні напруги досягають максимального значення на глибині $0,47\alpha$, а на глибині більше 3α стають невідчутними; таким чином, глибина деформованої зони не може перевищувати 3α . Можна вважати, що глибина деформованої зони дорівнює діаметру плями торкання.

При ковзному контакті за плямою торкання напруги, що розтягують, збільшуються, перед плямою торкання вони зменшуються. Для циліндра, що ковзає по площині, при коефіцієнті тертя $f = 0,3$ максимальні дотичні напруги виходять на поверхню контакту.

При пластичній деформації глибина h_s проникнення пластичної деформації під відбитком при кульковій пробі за С.Г. Хейфецу:

$$h_s = \sqrt{\frac{P}{2\sigma_s}}, \quad (1.1)$$

де P – навантаження на кульку;

σ_s - Межа плинності.

Відповідно до формули, глибина проникнення приблизно дорівнює $\sqrt{10Rh}$ (де h – глибина застосування), тобто. глибина проникнення пластичної деформації дещо перевищує діаметр плями торкання.

Як свідчить М.М. Тененбаум [5], при зношуванні сталей в абразивній масі без їх суттєвого нагрівання та корозійної дії середовища може мати місце підвищення твердості, що призводить до зростання зносостійкості, якщо механізм руйнування мікрооб'ємів матеріалу відповідає зрізу або полідеформаційному процесу.

Ефективність підвищення твердості сталі з метою збільшення її зносостійкості в кількісному відношенні може бути різною і визначається абразивністю робочого середовища: чим нижче абразивність, тим більше приріст зносостійкості при підвищенні твердості сталі, і мінімальний приріст зносостійкості при підвищенні твердості сталі проходить в умовах прямої руйнівної дії

Деформації тонкого поверхневого шару значною мірою визначаються адсорбційним ефектом зниження міцності та полегшення деформацій, що зумовлено адсорбцією активних речовин із навколишнього середовища. Істотним виявляється як зовнішній адсорбційний ефект, що призводить до пластичного деформування поверхневого шару, так і внутрішній адсорбційний ефект, обумовлений міграцією атомів поверхнево активних речовин у зародкові тріщини шляхом поверхневої дифузії за дефектами решітки. Внутрішній адсорбційний ефект спричиняє зниження поверхневої енергії, тобто. роботи утворення тріщини - до виникнення крихкості та втрати міцності [27].

Ці ефекти викликають різкий перепад механічних властивостей по глибині, необхідний здійснення зовнішнього тертя.

Зовнішній адсорбційний ефект обумовлений полегшенням виходу дислокацій на поверхню кристалів, що деформуються, в результаті зниження поверхневої енергії внаслідок адсорбції поверхнево активної речовини.

Верхній шар металу, що знаходиться на межі металу та навколишнього середовища, має меншу мікротвердість ніж шар, що лежить безпосередньо під поверхневим шаром, мікротвердість якого досягає максимальних значень. На великій глибині значення мікротвердості знижується. Низькі значення мікротвердості поверхневих шарів металу можна пояснити особливим станом цих шарів та частково їх розпушенням (розпушення поверхневих шарів може спостерігатися при кристалізації, поверхневому окисленні, деформуванні та рекристалізації).

За А.Ф. Іоффе [28], на поверхні твердого тіла є система мікротріщин. Вони знижують твердість поверхневого шару.

Високі значення мікротвердості більш глибоко розташованих шарів пояснюються тим, що ці шари зазнають максимальної наклеп від повторних механічних впливів. Залежно від виду механічної дії глибина зміцненого шару буде різною.

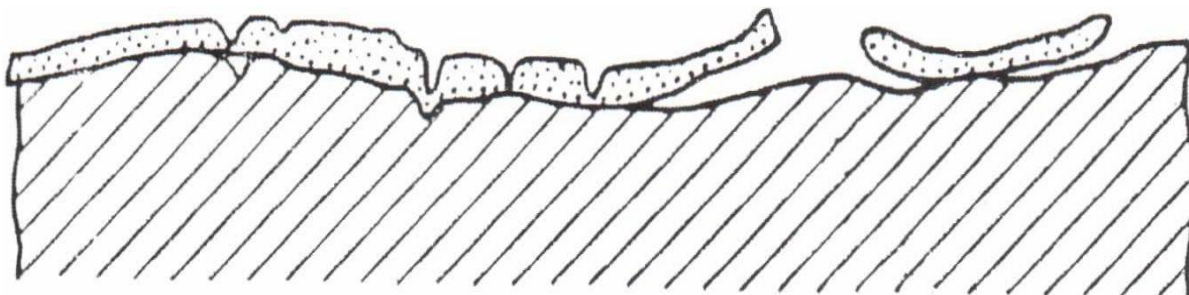
Авторами робіт [3,4] встановлена залежність між твердістю випробуваного матеріалу, абразиву та зносостійкістю. Показано, що при терті вуглецевої сталі по прошарку абразивних зерен (співвідношення твердості абразиву і сталі більше 2,2), відносна зносостійкість є величина, яка не залежить від цього співвідношення. Якщо ж співвідношення твердості абразиву і сталі менше 2,2, то цьому випадку спостерігається різкий приріст відносної зносостійкості зі збільшенням твердості сталі.

Сама вугільна речовина має низьку абразивну здатність, хоча і вона підвищується при переході від бурого вугілля до кам'яного, а потім – до антрацитів. Абразивність вугільних пластів різко зростає через наявність різних мінеральних включень, головним чином сірого колчедану і кварцу.

В результаті багаторазових деформацій структура та властивості металу у зоні контакту змінюються. У процесі деформування у всіх випадках матеріал наклепується і його твердість підвищується до величини, що відповідає сильно зміцненому металу.

При повторному дряпанні без відділення частинок зносу спочатку спостерігається поздовжнє вигладжування поверхні, а

потім метал входить у стан перенаклепу , стає крихким і руйнується (рис. 1.14).



Малюнок 1.14. - Виникнення частинок зносу (відділення плівки)

[28]

Багаторазові напруги, що розтягують, що виникають в поверхневому шарі під дією сил тертя, призводять до утворення мікротріщин на поверхні, які, поступово розростаючись, утворюють частинки зносу.

Під впливом стискаючої напруги та сил тертя у напруженому обсязі можуть значно змінюватися як механічні властивості матеріалів, так і їх структура, та характер процесів, що протікають під впливом навколишнього середовища. Широко відомі дослідження Б.Д. Грозина , що показав, що під впливом об'ємного нерівномірного напруженого стану дуже тендітні тіла виявляють високу пластичність. Подібний напружений стан виникає при терті [6].

Як зазначає Б.Д. Грозін [7], при малих майданчиках контакту масивних твердих тіл пластична деформація залежить від реальних виступів, що є на поверхнях твердих тіл, і наближається за характером до всебічного стиску. Під впливом пластичних деформацій у матеріалі відбуваються структурні зміни. Як відомо,

матеріал, підданий значній пластичній деформації, легше окислюється.

Вивчення умов роботи деталей скребкового конвеєра дозволило встановити, що елементи, що зношуються, - це рештаки, тягові зірочки, тягові ланцюги.

На основі аналізу факторів, що визначають інтенсивність зношування, встановлено, що інтенсивність зношування елементів решткового ставу і тягового органу з приводними зірочками залежить від абразивності породи, що транспортується, і зростає в міру підвищення в гірській масі кількості вільного кремнезему у вигляді зерен. При цьому зі зменшенням крупності вугілля, що транспортується, і збільшенням розмірів абразивних частинок, що знаходяться у вугіллі, інтенсивність зношування рештаків підвищується. У рештаках зношуються переважно днища, боковини, місця контакту з ними тягового органу. З найбільшою інтенсивністю зношування протікає на ділянках стикування рештаків.

Відповідальним вузлом, що визначає працездатність скребкового конвеєра, є поєднання «ланка тягового ланцюга – днище». Найчастіше вибір конструкційних матеріалів, що піддаються тертю в корозійно-активному середовищі, ґрунтується головним чином на їх вартості, доступності та далеко не завжди пов'язаний з конструктивною міцністю, структурою та ін.

Аналізуючи умови роботи шахтних скребкових конвеєрів, слід зазначити, що поєднання «днище – ланка тягового ланцюга» піддається дуже складному процесу зношування. Інтенсивність і

характер руйнування поверхні тертя зазначених деталей визначається такими основними факторами: фізико-механічними, експлуатаційними властивостями конструкційних матеріалів деталей сполучення, його швидкісними навантажувальними параметрами, корозійною активністю шахтної води, а також абразивністю вугілля і породи.

Інакше кажучи, у разі природу пошкоджуваності деталей днища і ланки тягової ланцюга скребкового конвеєра можна характеризувати як специфічну форму механіко-корозійного зносу, активізується значною мірою наявністю абразиву.

Виходячи з цього, необхідно використовувати такі конструкційні матеріали для деталей скребкового конвеєра, які найбільш повною мірою відповідають вимогам щодо твердості, корозійної стійкості, стійкості проти абразивного зносу як превалюючого виду пошкодження.

У зв'язку з тим, що провідним видом зношування деталей скребкових шахтних конвеєрів є абразивне зношування, вибір марок сталей для їх деталей проводиться з урахуванням, перш за все, зносостійкості.

Як показав досвід вітчизняного та зарубіжного виробництва шахтного обладнання, найчастіше використовуються такі зносостійкі сталі: 45Г2, 35ХГСА, 25Г2СР, 56Г, 30Г, 15ХСНД, 25ХГСР, сталь ASTM (американський стандарт) та інші. Основним критерієм придатності тієї чи іншої марки сталі для шахтного обладнання є твердість.

Чим вище твердість металу, тим більш зносостійкий в умовах контактних тисків і дії абразивних частинок.

Для правильного вибору марки сталі необхідний комплексний підхід, який повинен враховувати всі фактори, що прямо чи опосередковано впливають на знос про - і корозійну стійкість.

На рис. 1.15 подано характер пошкоджень робочих дниць після експлуатації.

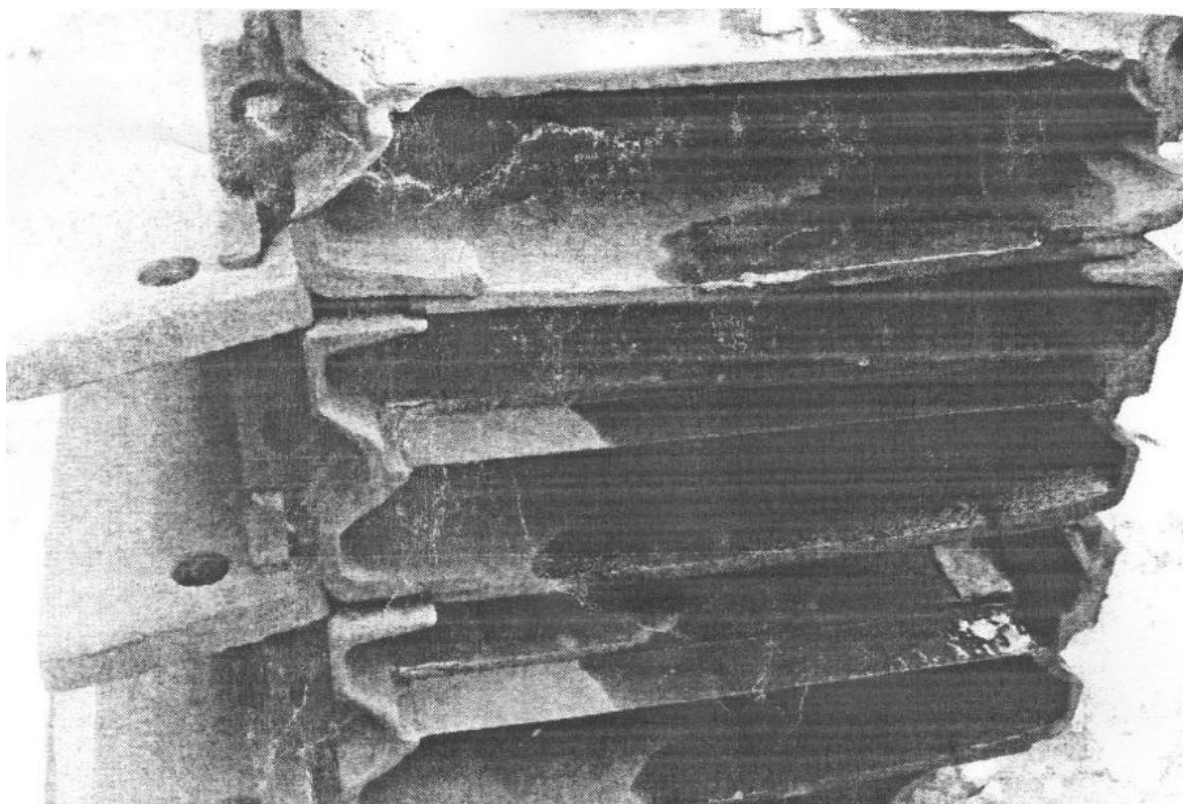


Рисунок 1.15 – Характер пошкоджень робочих поверхонь дниць після експлуатації.

Аналіз характеру ушкоджуваності ланок ланцюгів свідчить про появу на третьових поверхнях вогнищ схоплювання та заїдання металу.

Відомо, що інтенсивність зношування при активно заїданні, що протікає, в десятки і сотні разів вище, ніж при абразивному

зносі. Одним з факторів, що зменшують інтенсивність зношування, є збільшення твердості поверхневих шарів ланок ланцюгів до величин, що перевищують твердість елементів, що входять в прошарок гірської породи, що утворився. Це дозволить значно підвищити термін служби тягових ланцюгів.

Спостерігається також суттєве зношування приводних зірочок. Вони є відповідальним вузлом, що визначає працездатність скребкового конвеєра.

Привідні зірочки встановлюються на головному і кінцевому приводах конвеєра і рухають тяговий орган. З аналізу експлуатації зірочок випливає, що за 5...6 місяців на робочих поверхнях зірочок знос по глибині сягає 15...25 мм.

На рис. 1.16 показаний характер пошкоджень зірочки після експлуатації на рис. 1.17 – характер пошкоджень різних деталей після експлуатації.

Слід зазначити, що дуже відповідальним вузлом, що визначає працездатність скребкового конвеєра, є поєднання «ланка тягового ланцюга-днища».

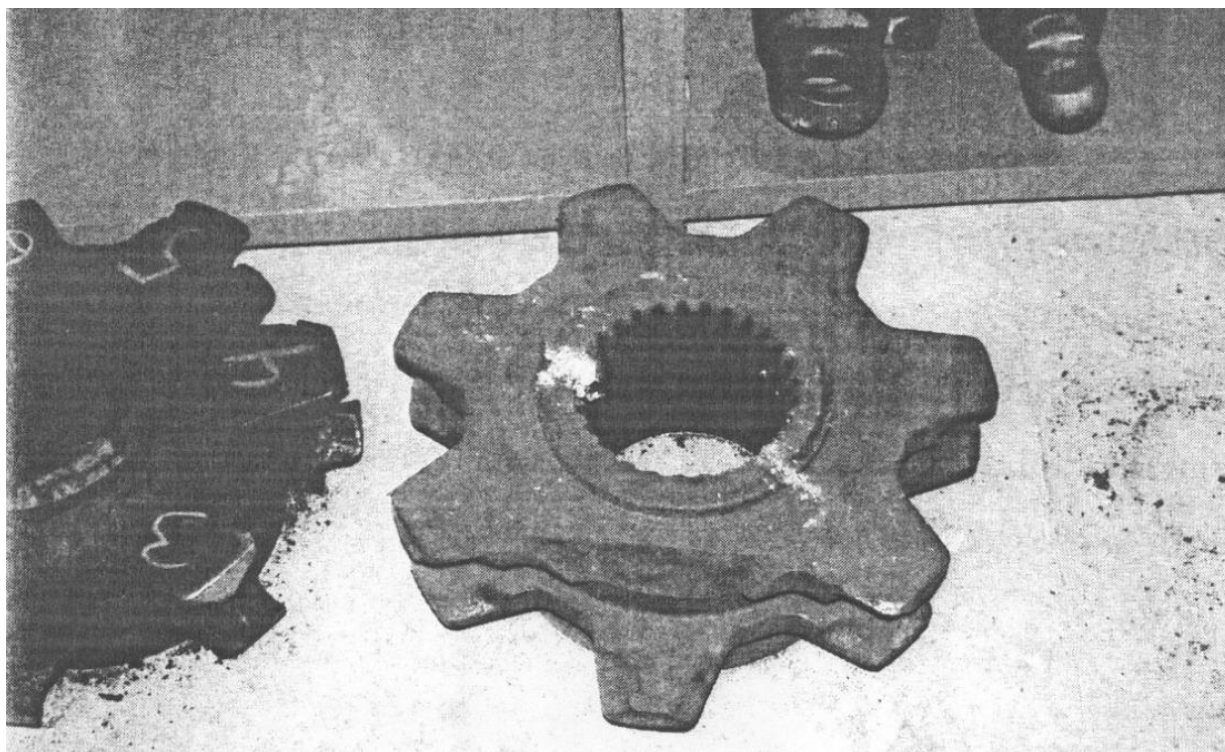
Рештковий став піддається інтенсивному стиранню тяговими ланцюгами, скребками, матеріалом, що транспортується, і відчуває значні навантаження від впливу на них вугільного комбайна.

В окремих випадках скребковий конвеєр має не два, а три замкнуті тягові ланцюги. Однак цей захід сам по собі не дозволить забезпечити необхідну надійність та термін служби конвеєра.

Відомо, що абразивність вугілля, порід, мінералів оцінюється методом зношування певного матеріалу в процесі їх взаємного тертя та в строго ідентичних умовах

Для виготовлення ланцюгів найчастіше застосовують високоякісні, зносостійкі матеріали і після надання ланкам ланцюга форми їх піддають термообробці таким чином, що всі внутрішні напруги в матеріалі, викликані цими процесами, компенсуються, а міцність ланок на розрив збільшується.

Ланцюги повинні бути стійкими проти зносу та ударних навантажень. З цих міркувань більшість ланцюгів виготовляють з вуглецевих або легованих сталей з наступною термообробкою (покращення, загартування).



Рисок 1.16 - Характер пошкоджень зірочки після експлуатації.

Величина відносної абразивності природних матеріалів залежить від їхньої твердості та форми. Твердість речовин, своєю чергою, визначається природою мінералів, що входять до них.

Саме по собі вугілля має більш низьку абразивну здатність порівняно з багатьма мінералами, гірськими породами.

Наявність у вугіллі флюоренованих тканин істотно підвищує його абразивність. Ще більшою мірою спостерігається зростання абразивності вугілля при вмісті в них мінералів типу сірчистий колчедан або кварц.

Все це обумовлює високі вимоги до матеріалу рештаків щодо міцності та зносостійкості.

Аналіз роботи скребкових конвеєрів показав, що на їхню частку припадає 35% усіх відмов. Роботи із заміни рештаків у шахтах є надзвичайно складними та трудомісткими.

Природу пошкодження деталей днища та ланки тягового ланцюга скребкового конвеєра можна охарактеризувати як специфічну форму абразивного зношування з елементами механіко-корозійного зношування.



Малюнок 1.17 - Пошкоджені деталі скребкового конвеєра



Малюнок 1.17 - Пошкоджені деталі скребкового конвеєра

При роботі матеріалу в абразивному середовищі важливим є співвідношення його твердості з твердістю абразиву (так званий коефіцієнт твердості) [15]. При коефіцієнті твердості менше 0,6 має місце чисте мікрорізання абразивними

частинками поверхневого шару деталей: твердість абразиву вище за твердість матеріалу. І, навпаки, при коефіцієнті твердості вище 0,6...0,7 виявляються елементи втомного або полідеформаційного зношування, при якому суттєво посилюється вплив рідких середовищ.

Існує пряма залежність зносостійкості металу з його твердості. При пружному контакті зносостійкість залежить від модуля пружності, при пластичній від відносного подовження і твердості.

Зношування – це процес відділення матеріалу внаслідок багаторазового порушення фрикційних зв'язків. На підставі цього можна дійти невтішного висновку, що з найбільш істотних характеристик зносостійкості є здатність поверхневих шарів протистояти повторним деформаціям.

Можна розглядати знос як поверхневе диспергування внаслідок багаторазової пластичної деформації, що призводить до зміцнення та втомного руйнування. Адсорбційний або адсорбційно-хімічний вплив навколишнього середовища інтенсифікує цей процес, полегшуючи пластичну деформацію металу в поверхневому шарі. А це, у свою чергу, полегшує зношування в умовах високих контактних тисків.

Велике значення має освіту на поверхнях тертя металів плівок оксидів. Окиси утворюються дуже швидко. Всі плівки, як правило, мають значну крихкість, яка особливо інтенсивно проявляється при досягненні ними достатньої товщини.

Плівка оксиду має іншу твердість, ніж метал. Все це призводить до того, що при терті з поверхнею металевого тіла вона легше видаляється, ніж метал. Метал оголюється, у ньому знову утворюється плівка окисла, і зношування відбувається у результаті видалення окисленого шару металу. Слід зважити, що пластична деформація металу різко збільшує здатність його до окислення. На поверхні металу практично миттєво утворюється тонкий шар оксиду. Перший ступінь окислення металу пов'язаний з утворенням на металевій поверхні оксиду під впливом хімічної абсорбції атомів кисню металевою поверхнею. Окислення починає відбуватися окремих активних місцях поверхні металу. Другий ступінь окислення супроводжується утворенням певної кристалічної фази оксидів.

Залежно від низки умов змінюється будова плівок оксиду. Відомі такі оксиди заліза [16]: $\alpha\text{-Fe}_3\text{O}_4$ (гематит), $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (шпинель), Fe_3O_4 (магнетит) і FeO (вюстит). Швидкість зростання плівки зменшується з часом, а потім зростання припиняється.

У широкому діапазоні умов абразивного зносу різних матеріалів абразивні частинки викликають такі види руйнування поверхневого шару: крихке, в'язке та втомне. Крихка і в'язка руйнація проходить при одноразовій дії абразивного зерна. Втомне руйнування має місце при циклічному деформуванні матеріалу абразивними зернами.

Відповідно до даних [25], при абразивному зносі розрізняють три процеси - простий, змішаний і складний. Прості процеси зносу характеризуються руйнуванням матеріалу якогось одного виду.

Розміцнення поверхневого шару при простих процесах зносу не відбувається.

Змішані процеси характеризуються одночасною дією кількох видів зносу. Як і за простих процесів, розміцнення металу не відбувається. Змішаних процесів зносу небагато. Одночасно відбувається пряме та втомне руйнування.

Складні процеси зношування відрізняються від простих і змішаних тим, що на перший план виходить розміцнення, яке визначає характер та інтенсивність руйнування поверхневого шару [28].

Внаслідок розуміцнення опір матеріалу механічній дії абразивних частинок зменшується і на окремих ділянках поверхні проходить один або кілька видів руйнування.

Зношування можна розглядати як процес руйнування поверхні конструкції, викликаний абразивним середовищем в зоні тертя. Форма і механізм руйнування визначаються взаємодією поверхні тертя з абразивним середовищем, суть якого полягає в ковзанні частинок, пластичному деформуванні металу, проникненні в місця контакту, руйнуванні поверхневих обсягів без відділення металу.

Для пояснення механізму руйнування твердих тіл велике значення мають дослідження вивчення впливу дефектів і тріщин у твердих тілах з їхньої міцності. Ця концепція дозволяє встановити наявні розбіжності між теоретичною і міцністю, що спостерігається (на 2-3 порядку) [29-30].

Дефекти в твердих тілах, що є концентраторами напруги, можуть бути пов'язані як з недосконалістю структури твердих тіл, так і з пошкодженнями їх в результаті механічних впливів, теплових напруг та інших факторів.

Повторні пластичні деформації, зумовлені утворенням та порушенням фрикційного зв'язку, різко збільшують кількість дефектів, зокрема ультрамікротріщин, що є завжди на поверхні полікристалічного тіла. Механічні деформації вносять подальше спотворення кристалічну решітку, різко змінюючи механічні властивості кристалів, в сотні разів збільшуючи міцність і межу пружності.

Місця залишкових напруг також утворюють неоднорідність напруженого стану, тобто. можуть розглядатись як дефекти твердого тіла.

Тріщина буде мимоволі збільшуватися, коли зменшення пружної енергії у зразку за рахунок падіння напруги навколо тріщини у зв'язку з її зростанням дорівнює або більше збільшення потенційної енергії, пов'язаної з утворенням поверхонь розриву, проте це справедливо лише для ідеально пружних тіл. Якщо ж тіла мають пластичність, то пружна енергія, що звільняється при розкритті тріщини, буде витрачатися не на подальше збільшення тріщини, а на пластичний перебіг [30].

Субмікроскопічні тріщини, що зароджуються на поверхні тертя, під дією нормального тиску поширюються у глибину металу. Перетин тріщин у процесі їх поширення призводить до втомного руйнування, яке є результатом інтенсивного руйнування

поверхневих шарів, що знаходяться в особливих умовах напруженого стану. Втомне руйнування супроводжується абразивним зносом, яке проходить поверхнею деталей.

Основні характеристики та розвиток втомного руйнування визначаються процесами повторної пластичної деформації, зміцненням і руйнуванням металу поверхневих шарів, появою залишкових напруг і особливими властивостями втоми.

Втомне руйнування відбувається внаслідок циклічного навантаження мікрооб'ємів поверхневого шару (при номінальних напругах нижче межі плинності).

Втомний процес має прихований характер накопичення структурних змін, коли важко побачити суттєві зміни поверхні.

Руйнування поверхні при втомному навантаженні характеризується утворенням мікротріщин. При такому вигляді руйнування швидкість процесів, що зумовлюють явище втоми металів, перевищує швидкість інших процесів, що проходять на поверхні тертя.

При втомному навантаженні процес руйнування характеризується зародженням втомної тріщини, як правило, на поверхні і поступовим розвитком її в глибину.

Джерелом мікротріщини можуть бути неметалеve включення або інші дефекти мікроструктури, які виявляються в міру дії та досягнення граничної величини контактів напруг, що змінюються.

Деформації та руйнування деталей виникають внаслідок їх розтягування, стиснення, вигину, кручення, коли напруги, що діють, перевищують межу пружності, плинності, втоми або

міцності матеріалу. Причиною цього може бути різке зростання робочих навантажень, перерозподіл у процесі експлуатації внутрішніх напруг у матеріалі, нерівномірний тепловий вплив.

Деформації викликають зміну форми та розмірів деталі і можуть бути пружними (оборотними) та незворотними (залишковими або пластичними). Пружні деформації виникають, якщо напруги, що діють, в деталі не перевищують межу пружності матеріалу. Вони є неминучими і завжди мають місце при додатку навантаження. При підвищеній температурі пружна деформація може супроводжуватися залишковою деформацією.

Залишкова деформація може не призводити до руйнації деталі, але порушує нормальну роботу машини. Наприклад, прогин валу викликає радіальне биття встановленого на ньому зубчастого колеса, що може бути причиною його інтенсивного зношування, а короблення поверхонь роз'єму корпусних деталей зумовлює порушення герметичності та підвищену витрату олії.

Прикладом незворотного деформування є зминання - процес, при якому в поверхневих шарах деталей, що контактують, відбуваються пластична деформація і перебіг металу. У результаті збереження ваги деталей змінюються їх розміри. Зминання схильні, наприклад, деталі різьбових з'єднань, шийки валів під підшипники, що призводить до послаблення посадок у сполученнях.

Руйнування призводить до порушення цілісності деталі. Руйнування бувають в'язкими, тендітними та втомними [31]. Залежно від властивостей матеріалу та характеру застосування

навантаження розрізняють в'язке або крихке руйнування деталей машин у вигляді зламу.

В'язке руйнування настає при напругах, що перевищують межу плинності матеріалу. Йому передують пластична деформація металу, зазвичай у вигляді кручення чи вигину, рідше розтягування чи стискування. Місце зламу при в'язкому руйнуванні має волокнисту будову зі слідами зсуву матеріалу.

Для попередження в'язкої руйнації рекомендується:

- Обмежити навантаження на деталі за допомогою спеціальних запобіжних пристроїв (зрізних штифтів, шпильок, запобіжних муфт);
- Виготовляти деталі з матеріалів з підвищеними механічними властивостями, застосовувати ефективні методи термічної обробки та інші технологічні методи;
- застосовувати наклеп у певних місцях для зменшення напруги в деталі при роботі;
- Збільшувати жорсткість деталей.

Крихке руйнування деталі відбувається під впливом нормальних напруг. Йому передують невелика пластична деформація (не більше 5% від загальної деформації), і воно зазвичай пов'язане з навантаженням при ударному додатку навантаження, наявністю концентраторів напруги на поверхні деталі у вигляді слідів механічної обробки та мікротріщин технологічного або експлуатаційного характеру. Процес руйнування включає дві стадії: зародження тріщини і її розвиток до руйнування деталі по всьому

перерізу. Площина руйнування виявляється перпендикулярною додатку навантаження.

Підвищення опору деталі крихкому руйнуванню досягається застосуванням запобіжних та амортизуючих пристроїв, а також матеріалів із підвищеною міцністю та пластичністю; шляхом усунення чи зменшення впливу концентраторів напруги.

Втомне руйнування матеріалу. Багато деталей виходить з ладу через руйнування, викликані втомою матеріалу. Під втомою металів розуміється процес їх руйнування, що полягає у освіті та розвитку первинних тріщин у результаті тривалої дії змінних навантажень.

Характерними ознаками руйнування сталі від втоми є відсутність помітних залишкових деформацій, наявність на поверхні зламу зони розвитку тріщини з гладкою поверхнею та зони поломки зі слідами крихкого кристалічного зламу. Втомні руйнування відбуваються при напругах, значно менших, ніж межа міцності металу.

Причинами зниження втомної міцності деталей є наявність концентраторів напруг через недотримання радіусів переходів між ділянками деталі, грубої обробки поверхні, наявності на ній надрізів, подряпин, міток та інших дефектів.

Втомне руйнування деталей може виявлятися також у вигляді утворення раковин на поверхні (піттинг або вісоподібний знос), які є результатом втоми металу від багаторазового циклічного навантаження при терті кочення або кочення зі ковзанням між деталями, що контактують. Цей процес руйнування характерний

для кулькових і роликів підшипників, зубчастих коліс у районі ділового кола.

Утворення втомних раковин, як і при звичайних втомних руйнуваннях, починається з утворенням первинних тріщин. Наприклад, під час роботи підшипника кожна точка бігової доріжки періодично навантажується при контакті з кожною кулькою і розвантажується при виході з контакту з ним, що викликає пластичне деформування та зміцнення поверхневого шару доріжки. В результаті зміцнення в металі виникають залишкові напруги, які внаслідок циклічності процесу ростуть, викликаючи при перенаkleпі металу утворення мікро- та макротріщин.

Відмінність від інших видів руйнування втоми полягає в тому, що в даному випадку тріщина розвивається не в глибину деталі, а, охоплюючи невеликий об'єм металу, замикається на її поверхні. Обмежена тріщиною ділянка поверхневого шару в результаті багаторазового навантаження відривається від поверхневого шару, утворюючи в ньому заглиблення. Виламвання частинок металу сприяє потраплянню в тріщину олії, яка під дією високого тиску розклинює її. З часом поглиблення збільшуються, зливаються в групи, що викликає прогресуюче руйнування поверхневого шару і може призвести до аварійного зношування, наприклад, заклинювання підшипника, поломки зубів шестерень і т.п.

Основні заходи боротьби з подібним зношуванням полягають у застосуванні металів з підвищеними механічними властивостями,

їх хіміко-термічній обробці, а також підвищенні точності складання машини.

Виділяють чотири періоди втомного руйнування металу [35]:

Перший — інкубаційний період, пов'язаний із накопиченням спотворень кристалічних ґрат, підвищенням мікротвердості та межі плинності, а також зниженням модуля пружності.

Другий - період розпушення, порушується суцільність металу, зароджуються субмікроскопічні тріщини, що розвиваються до тріщин мікроскопічних розмірів. В результаті знижуються мікротвердість, міцність та модуль пружності.

Третій - період розвитку мікротріщин до макротріщин критичного розміру. Інтенсивно знижуються міцність та пластичність матеріалу.

Четвертий - остаточне руйнування (злам) без збільшення навантаження, пов'язане з поширенням тріщин критичного розміру.

Застосовуються такі способи зменшення ймовірності втомних руйнувань.

Конструктивні: забезпечення вібростійкості розрахунковими методами, застосуванням спеціальних віброгасників, забезпеченням раціональних значень геометричних параметрів деталей, жорсткості опор та вузлів машини, виключення у деталей концентраторів напруг та ін.

Технологічні: балансування деталей, що обертаються, усунення або зменшення технологічних концентраторів напруг (припали при шліфуванні, ризики на обробленій поверхні, загартовані тріщини, внутрішні дефекти металу, таврування

деталей в небезпечних зонах), застосування методів зміцнення деталей поверхнево-пластичним. та хіміко-термічної (азотування) обробки, що забезпечують підвищення втомної міцності.

Профілактичні: систематичний огляд деталей для виявлення пошкоджень, своєчасна заміна деталей та проведення інших заходів щодо технічного обслуговування машин.

Розглянуті види руйнування обумовлені зміною властивостей матеріалу деталей у процесі експлуатації під впливом навантажень. Руйнування деталей відбуваються також внаслідок їх взаємодії між собою або з сторонніми елементами. До таких руйнувань належать, зокрема:

- руйнування мікрорізнанням , що виникає при відповідній конфігурації контактуючого виступу або за наявності на поверхні тертя абразивних частинок;

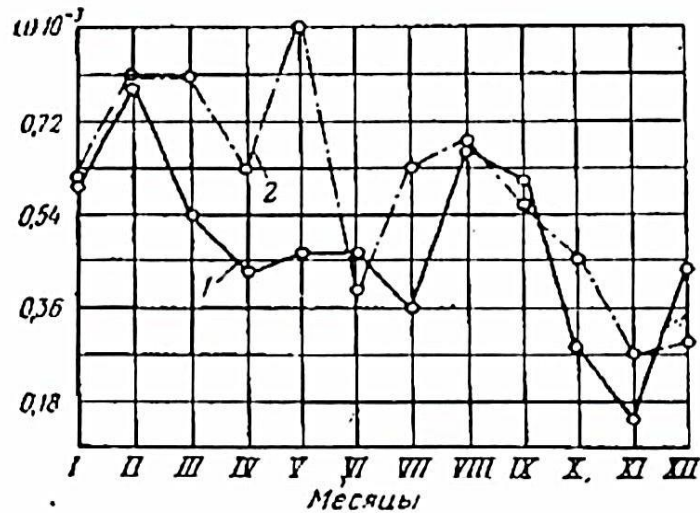
- глибинне руйнування вириванням, що виникає при взаємному ковзанні тіл та утворенні металевого зв'язку в місцях контакту. Воно відбувається не за місцем спайки, а всередині під поверхнею одного з тіл.

1.4 Аналіз причин передчасного виходу з ладу деталей скребкового конвеєра, що найбільш зношуються.

Актуальність проблеми забезпечення та підвищення надійності скребкових конвеєрів визначається декількома факторами, головним з яких є робота конвеєрів у переважній

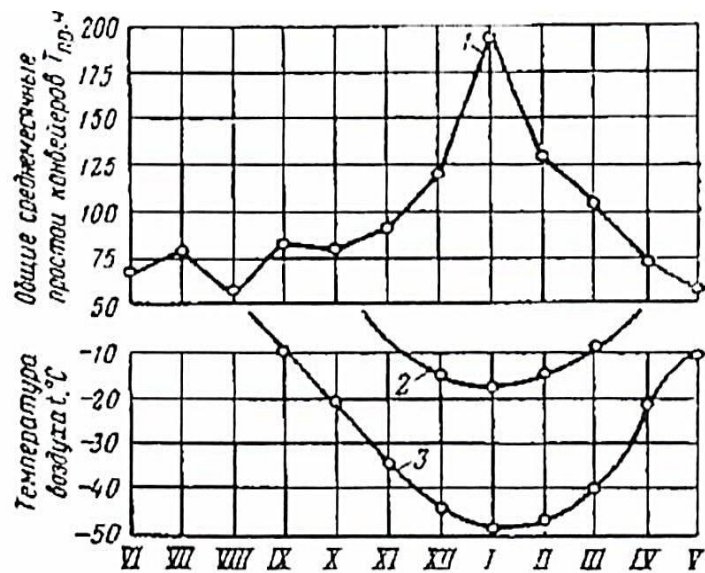
кількості випадків на відкритому повітрі та несприятливий вплив на них кліматоутворюючих факторів та кліматичних елементів.

Кліматичні елементи (температура повітря, його вологість та ін) несприятливо впливають на надійність конвеєрів. Загальна схема впливу цих елементів та факторів на основні показники надійності скребкових конвеєрів показана на рис. 1.18 [33].



Вимірювання параметра потоку відмов (1) та середнього часу відновлення (2) конвейерів КРУ-350 при їх експлуатації на вугільному кар'єрі

а



Розподіл по місяцях загального числа годин простою в непланових ремонтах конвейерів КЛШ-500 за умови їх експлуатації на вугільному кар'єрі

б

Малюнок 1.18 – (а, б) Вплив кліматичних елементів на кількість відмов скребкових конвеєрів [32]

Як видно із рис. 1.18 найбільш істотний вплив на надійність скребкових конвеєрів надають низькі температури зовнішнього

повітря, що підтверджується експлуатаційною практикою. Зі зниженням температури параметр потоку відмов конвеєрів збільшується в два-три рази.

Працюючи скребкових конвеєрів у районах жаркого клімату зберігається нестационарний характер потоку відмов; при цьому найбільші значення параметра потоку відмов припадають на зимові та літні місяці.

Слід підкреслити та обставина, що збільшення взимку середньої частоти відмов скребкових конвеєрів існуючих конструкцій пояснюється головним чином їхньою малою пристосованістю для роботи в умовах низьких температур (за винятком застосування в деяких конструкціях морозостійких стрічок). Якщо в механічному обладнанні екскаваторів широко застосовують леговані, у тому числі холодостійкі сталі, то в механізмах конвеєрів використовують головним чином вуглецеві конструкційні сталі, що мають високий поріг холодноламкості.

Скребкові конвеєри для роботи в умовах низьких температур мають ряд переваг у порівнянні з іншими машинами (наприклад, екскаваторами): вони не мають великих динамічних навантажень, місця їх роботи більш стаціонарні і тому у них легше здійснити укриття та обігрів механізмів та ін.

Скребкові конвеєри (рис. 1.19) призначені головним чином для роботи в шахтах Донецького басейну, що мають щільні пластини антрацитів і коксівного вугілля. Вилучення вугілля з тонких або дуже тонких пластів пов'язане з певними труднощами. Тому досить актуальною є проблема створення механізованих

комплексів, які практично виключають перебування людини в очисному вибої.



Малюнок 1.19 - Зовнішній вигляд конвеєра скребкового СПЦ 230

Вітчизняний досвід вуглевидобутку показує, що важливу роль у збільшенні ефективності розробки вугільних пластів відіграли саме скребкові конвеєри. Однак їх конструкція ще далека від досконалості.

Встановлено, що вузьким місцем у скребковому конвеєрі з точки зору терміну служби є днище рештаків у місцях контакту зі ланками тягового ланцюга.

Під дією абразиву і шахтних вод у місцях контакту ланки ланцюга з днищем може бути настільки інтенсивне зношування, що в днищі досить швидко утворюються наскрізні дірки. Це

небезпечно тим, що ланцюг може заклинити і потім порвати його. Крім того, скребковий ланцюг має свої характерні особливості зношування - суцільному зносу піддається нижня частина ланки, що постійно знаходиться в контакті з днищем (рис. 1.20).

Величина контактних тисків з часом знижується і цим збільшується ймовірність втомного розриву ланок. В окремих випадках скребковий конвеєр має не два, а три замкнуті тягові ланцюги. Однак цей захід сам по собі не дозволить забезпечити необхідну надійність та термін служби конвеєра. Тому незважаючи на ряд переваг скребкових конвеєрів (простота конструкції, міцність, компактність), недоліком їх є метало- та енергоємність, підвищений знос елементів – ланцюгів, рештаків, днищ. Останнє безумовно пов'язане із самим призначенням скребкових конвеєрів, специфікою експлуатації – переміщати важкі та тверді (абразивні) речовини (породу, вугілля).



Малюнок 1.20 - Скребковий конвеєр на робочій ділянці

Різко негативний вплив термін служби шахтного устаткування, зокрема скребкових конвеєрів, надають шахтні води.

Перебуваючи у постійному контакті з водою, деталі конвеєра зазнають загальної корозії. Крім того, волога посилює процес зношування тертьових деталей за рахунок дії, що розклинює її (ефект Ребіндера). Особливо великий її негативний вплив на розвиток втомних явищ у деталях, що піддаються знакозмінним навантаженням.

З іншого боку, за певних умов тертя, особливо у разі відсутності абразиву в контакті, вода служить свого роду мастилом, оскільки сприяє утворенню на поверхні тертя оксидних плівок заліза та інших елементів, що входять до сплаву [34]. Крім того, створюється позитивний градієнт властивостей міцності в робочому шарі і завдяки цьому відсутні явища захоплювання і задира, тобто. явного пошкодження робочої поверхні сполучених деталей Для точнішого обліку впливу води на процес зношування шахтного обладнання треба знати її склад. У кожному даному випадку - природно по-різному, залежно від абразивності , впливає вугілля на процес поверхневого руйнування деталей.

Відомо, що абразивність порід, вугілля, мінералів оцінюється методом зношування певного конструкційного матеріалу в процесі взаємного їх тертя в строго ідентичних умовах. Величина відносної абразивності природних матеріалів залежить від їхньої твердості, форми. Твердість речовин, своєю чергою, визначається природою мінералів, що входять до них. Так, наприклад, мікротвердість корунду, кварцу, гіпсу становить, відповідно, 23000, 10800 та 300

МПа. Саме по собі вугілля має більш низьку абразивну здатність порівняно з багатьма мінералами, гірськими породами. У той же час для різних марок вугілля мікротвердість змінюється в межах 265-2090 МПа.

У таблиці 1.1 вказані найчастіші несправності скребкових конвеєрів їх причини та способи усунення.

Таблиця 1.1

Несправності скребкових конвеєрів їх причини та способи усунення

Несправності	Причини	Способи усунення
Підвищене ковзання гідromуфти	1. Заштибований конвеєр 2. Заклинювання скребкового ланцюга 3. Мало рідини в гідromуфті	Розштибувати конвеєр У країну причинити заклинювання Долити робочу рідину
Спрацьовує тепловий захист	1. Перевантажений тяговий ланцюг	Усунути причину перевантаження
	2. Немає притоку повітря для охолодження гідromуфти	Очистити сітку від штибу та бруду
Не рухається тяговий ланцюг. Двигуни працюють, ланцюг не рухається	Ланцюг заклинило	Усунути причину заклинювання
	Спрацьовав тепловий захист у всіх гідromуфтах	Усунути причину, залити у всі гідromуфти по 8,5 л робочої рідини, замінити пробки
Електродвигун перегрівается	1. Немає доступу свіжого повітря для охолодження	Очистити вікна кожуха вентилятора
	2. Часті запуски електродвигуна	Усунути причину
Просочується емульсія з гідromуфти	Ослабли пробки на отворах для заливання емульсії, вийшли з ладу прокладки	Затягнути пробки, замінити прокладки

З'явився стукіт у редукторі (підсилюється шум)	Надмірно зносилися деталі або зламалися зуби шестерень. Неправильно відрегульовано зачеплення конічної пари	Редуктор видати на поверхню для ремонту
Корпус редуктора нагрівається у місцях встановлення підшипників.	1. Забруднене мастило	Змастити знову
	2. Недостатньо мастила у підшипникових вузлах	Змастити підшипникові вузли
	3. Неправильно відрегульовані підшипники	Відрегулювати підшипники, встановивши необхідну кількість регульовальних прокладок під кришки
Не працює електродвигун	Заклинило корпус гідромумфи (потрапив сторонній предмет)	Видалити предмет, перевірити справність корпусу гідромумфи та відсутність течі рідини (після пробного пуску)
Редуктор не стопориться храповим механізмом при натягу скребкового ланцюга	1. Встановлення храпового механізму відповідає забою	Перемонтувати механізм на цей вибір
	2. Несправний храповий механізм	Замінити механізми, що вийшли з ладу
Скребковий ланцюг рухається ривками і зіскакує із зірочки	1. Зношені зуби зірочки	Замінити зірочку
	2. неправильно встановлені сполучні ланки	Сполучні ланки на робочій галузі встановити кулаками вгору
	3. Перекручений ланцюг	Правильно укласти
	4. Деформовані скребки	Замінити (випрямити) погнуті скребки
Скребковий ланцюг виходить із напрямних	1. Зношені кулаки сполучних ланок	Замінити сполучні ланки
	2. Деформовано скребки ланцюга	Замінити (виправити) скребки
	3. Ослабли болтові з'єднання	Підтягнути болтові з'єднання
Скребковий ланцюг надмірно провисає при збіганні із зірочки. Збільшено вигин між рештками при пересуванні	1. Слабко натягнутий ланцюг	Натягнути ланцюг
	2. Немає болтів, що з'єднують ґрати	Поставити болти

Гріються підшипники осі кінцевої головки	1. Забруднене мастило. Олія мастильного матеріалу в підшипникових вузлах	Видалити мастильний матеріал, промити підшипники гарячою олією, нанести новий мастильний матеріал
	2. Неправильно відрегульовані підшипники	Встановити необхідну кількість регулювальних прокладок під кришки
Заклинило скребковий ланцюг	1. Вигин залишкового ставу більш допустимого	Усунути надмірний вигин
	2. Послабили болти кріплення скребків до сполучних ланок	Затягнути болти
	3. Деформовані скребки	Замінити скребки
	4. Надмірне знос кулаків сполучних ланок	Замінити зношені ланки

Висновки з першого розділу

1. Встановлено, що відповідальні деталі скребкових конвеєрів виходять з ладу внаслідок тривалого впливу змінних за величиною тисків, абразивного зносу, корозії.

2. Вивчення досвіду роботи підприємств, що експлуатують це обладнання, показав, що конструктивні розробки дозволяють вирішити лише приватні завдання.

3. Визначено, що однією з основних причин передчасного - виходу з ладу відповідальних деталей скребкових конвеєрів є знос і корозія.

4. Аналіз способу підвищення довговічності відповідальних деталей скребкових конвеєрів, дозволяє припустити доцільність застосування нових марок сталі, що поєднують у собі високі показники міцності з низькою інтенсивністю зношування, здатних працювати в екстремальних умовах експлуатації.

ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ДЕТАЛІВ СКРЕБКОВИХ КОНВЕЄРІВ

2.1 Фактори, що забезпечують підвищення довговічності та деталей скребкового конвеєра

Основною причиною виходу з ладу рештаків вугільних конвеєрів є зношування кінців боковини через низьку і нерівномірну твердість профілів боковини рештака. Враховуючи умови експлуатації рештаків (періодичний, динамічний, плоский вигин боковини вугільним комбайном), дуже важливим параметром є визначення опірності ударному матеріалу руйнування.

Величина ударної в'язкості може дати інформацію про роботу зародження тріщини. Можна вважати, що зміна роботи зародження тріщини як енергетичної характеристики залежить, в основному, від зміни навантаження. Висока опірність руйнуванню визначається вищою роботою зародження тріщини за рахунок того, що вона з'являється за більш високого навантаження.

Визначення опору ударному руйнуванню при одноразовому та багаторазовому додатку навантаження з осцилографуванням процесу удару в широкому діапазоні температур (+20...–100 °С) дозволяє визначити не тільки ударну в'язкість, але й осцилограми – роботу зародження тріщини та роботу її розвитку [33] .

Виявлення складових можна здійснити шляхом поділу площі

осцилограми на дві частини за максимальним навантаженням.

У процесі експлуатації навантаження на рештаки значно нижче межі плинності, проте вони прикладаються багаторазово і призводять до появи мікродефектів, які служать основою зародження тріщини.

Випробування повторним ударом при плоскому згинанні в умовах однакової енергії удару можуть дати інформацію про кількість циклів до зародження тріщини і до руйнування зразка.

У разі повторного удару опірність руйнації визначається стійкістю металу до появи тріщини.

Оскільки проводиться зварювання рештаків, необхідно здійснювати візуальний огляд зварних швів щодо наявності видимих дефектів.

Визначення твердості по периметру профілю дозволяє проаналізувати значення твердості не тільки у зоні зварювання, а й у зоні термічного впливу.

Результати випробування на зносостійкість можна подати у вигляді величини відносної зносостійкості, яка є відношенням зносу еталона до зносу зразка.

Для того щоб визначити чутливість матеріалу до концентраторів напруг, рекомендується скористатися такою величиною, як відношення тимчасового опору розриву зразків з надрізом радіусом 0,25 мм до величини тимчасового опору розриву гладких зразків [34].

У зв'язку з наявністю великої кількості факторів, що впливають на тертя та знос, доцільно розділити їх на наступні

групи:

а) фізико-механічні властивості матеріалів і геометрія контактованих поверхонь, що визначають фрикційну поведінку пари тертя;

б) експлуатаційні фактори, що впливають на фізико-механічні властивості матеріалів та геометрію контакту. До них слід віднести навантаження, швидкість і що виникла у процесі тертя температуру, тобто. режим роботи зчленування, що труться, а також навколишнє середовище;

в) конструктивні особливості вузла тертя, що впливають на тертя і знос від температури, навантаження і швидкість ковзання, до яких відносяться умови тепловідведення, розподіл температурних полів, епюра навантажень, зазори між деталями, що сполучаються, специфічні для кожного вузла тертя.

Визначення на лабораторних установках значень коефіцієнтів тертя і величин зносу на малих зразках матеріалів доцільно проводити при змінних режимах тертя, наприклад, варіюючи швидкість, навантаження, температуру випробувань від малих до великих значень можливо широкому діапазоні зміни цих параметрів. Наявність такої оцінки дозволяє з відомим наближенням визначити сферу працездатності матеріалу.

Завершальним етапом випробувань є натурні випробування механізму загалом. Наявність великої кількості різноманітних машин та механізмів у сучасній техніці, різноманіття умов та режимів роботи змушують особливо уважно поставитися до постановки цих випробувань.

Відмінність між етапами випробувань полягає у поступовому наближенні роботи матеріалів пар тертя до реальних умов. Крім того, кожен етап випробувань дозволяє вирішувати низку самостійних завдань. Наприклад, I та II етапи випробувань необхідні при вишукуванні нових матеріалів та технологічних методів їх обробки. Вони дозволяють проводити контроль якості матеріалів, що випускаються, і дають можливість конструкторам правильно застосовувати матеріали в тих чи інших вузлах тертя. Економічна доцільність поетапних випробувань поза сумнівом, оскільки вартість експлуатаційних випробувань значно перевищує вартість лабораторних.

Для отримання інформації про характер і спрямованість процесів, що протікають в зоні контакту, і про механізм зношування матеріалів слід рекомендувати проведення досліджень будови поверхні сполучених пар тертя і прилеглих до зони контакту приповерхневих шарів матеріалу.

У багатьох дослідженнях зносостійкість сталей зіставляється зі своїми твердістю, міцністю, що з практичним значенням цих показників як непрямой характеристики зносостійкості стали.

За даними роботи [18], між твердістю та відносною зносостійкістю вуглецевих сталей є лінійний зв'язок. Збільшення твердості сталі У12 з 214 до 900 МПа при випробуванні з корундовим піском призводить до підвищення зносостійкості приблизно на 65%.

Введення ж у сталь легуючих елементів (хрому, кремнію, вольфраму) у невеликих кількостях (1-2%) незначно підвищує

зносостійкість як у вихідному, так і в загартованому стані при вмісті вуглецю (0,6-0,7%). Це пов'язано з тим, що вуглець у такій кількості забезпечує високу твердість поверхневого шару без додаткового легування [18].

Однак, враховуючи необхідність застосування зварювання при виготовленні рештаків, вміст вуглецю в сталі не повинен перевищувати 0,3–0,35%, а легування має здійснюватися комплексно елементами, що підвищують міцність і зносостійкість, але не мають помітного негативного впливу на зварюваність.

Позитивний вплив на зносостійкість має мікролегування сталі бором [19, 20]. Так, додаткове введення в рейкову сталь бору збільшило зносостійкість на 4 -15%. У роботі [11] показано, що сталь 40ХР після термічної обробки зносостійкості не поступається сталі 40ХН. Це дуже важливо, тому що дозволяє заощаджувати дефіцитний і дорогий нікель.

При легуванні сталей карбидообразуючими елементами (r , Mo , Nb) зносостійкість сталі значно збільшується. Причому - зносостійкість сталі з $Nb < 0,16\%$ більше, ніж сталі, що містить велику кількість ніобію.

Встановлено, що низьковуглецеві сталі, леговані марганцем і кремнієм, мають високий опір абразивному зносу в сухому середовищі і втрачають свої переваги за наявності вологи. У вологому середовищі більш високий опір абразивного зношування мають сталі з підвищеним опором корозії.

Рештаки в процесі експлуатації внаслідок зношування мають чисту поверхню, що легко кородує під час простоїв в агресивних

шахтних водах. Тому матеріал деталей рештаків повинен мати підвищену корозійну стійкість.

Легування вуглецевої сталі марганцем, молібденом, кремнієм і бором, за даними авторів роботи [22], забезпечуючи велику прожарюваність і гартування, призводить до підвищення зносостійкості.

Надмірне легування може бути не тільки марним, а й навіть шкідливим, оскільки воно може збільшити загальну крихкість сталі і знизити здатність до деформації мікрооб'ємів, що зношуються. А в умовах абразивного зношування поверхневі шари деталей зазнають інтенсивної пластичної деформації, що спричиняє порушення суцільності і поверхня тертя входить у стан передруйнування. Тому для таких деталей важливим є не лише їхня твердість, а й високий запас пластичності основи, що затримує утворення мікроскопічних тріщин [35].

Таким чином, сталь для деталей скребкових конвеєрів повинна бути легована такими елементами, які забезпечать при мінімальному їх вмісті після загартування відсутність структурно-вільного фериту, високу твердість та пластичність у загартованому стані, підвищену корозійну стійкість.

2.2 Вимоги до матеріалів виготовлення деталей скребкового конвеєра

Основним конструкційним матеріалом для зварних конструкцій донедавна була нелегована маловуглецева сталь, що характеризується низькою механічною міцністю і схильністю до

крихких руйнувань при динамічних навантаженнях і негативних температурах. Стрімкий розвиток техніки в останні десятиліття в усіх галузях промисловості, підвищення навантажень, форсування режимів роботи обладнання висунули нові підвищені вимоги до механічних властивостей зварюваних сталей, які можуть бути задоволені шляхом їх легування. Область застосування низьколегованих сталей у народному господарстві набуває все більшої питомої ваги у загальному споживанні конструкційних сталей. Підвищена зносостійкість деяких низьколегованих сталевих високоміцних дозволяє використовувати їх у тому числі і в механізмах для видобутку і транспортування вугілля.

Основну масу низьколегованих сталей в Україні становлять марганцеві та кремнемарганцеві сталі, що пояснюється наявністю великих ресурсів сировини та відносно невеликою їх вартістю.

Подальша боротьба за зниження собівартості виробів машинобудування, економію металу, підвищення надійності та довговічності машин та металоконструкцій вимагає всілякого застосування високоміцних низьколегованих сталей. Дослідженнями, проведеними в останні роки [13], показано, що застосуванням спеціальних технологічних прийомів (термічна обробка, регульована прокатка, додаткове введення в сталь мікролегуючих елементів у невеликій кількості) можна значно покращити характеристики міцності деталей з низьколегованої сталі та їх зносостійкість.

Для таких конструкцій як вугільні скребкові конвеєри, що працюють в умовах інтенсивного зносу та значних динамічних

навантажень, високоміцні сталі досі не знайшли промислового застосування [33].

Одним з факторів, що зменшують інтенсивність зношування, є збільшення твердості поверхневих шарів ланок ланцюгів до величин, що перевищують твердість елементів, що входять в прошарок гірської породи, що утворився.

Аналізуючи дані про застосовувані матеріали для виготовлення деталей скребкових конвеєрів та можливості підвищення їх довговічності, можна відзначити, що до цього часу не було оптимального вирішення цього питання [35-38].

Виходячи з умов роботи деталей скребкового конвеєра, при виборі матеріалу для їх виготовлення треба враховувати вплив хімічного складу на твердість та зносостійкість останніх.

При абразивному зносі основним елементом, що визначає зносостійкість, є вуглець.

Введення ж у сталь легуючих елементів (хрому, кремнію, вольфраму) у невеликих кількостях (1...2 %) трохи підвищує зносостійкість при вмісті вуглецю 0,6...0,7 %. Це з тим, що вуглець у такій кількості забезпечує високу твердість і додаткового легування.

Однак, враховуючи необхідність застосування зварювання при виготовленні рештаків, вміст вуглецю в сталі не повинен перевищувати 0,3...0,35 %, а легування повинно здійснюватися комплексно елементами, що підвищують міцність і зносостійкість, але не негативно впливають на зварюваність .

Надмірне легування може бути не тільки марним, а й навіть

шкідливим, оскільки збільшує загальну крихкість сталі і знижує здатність сталі до деформації зношуваних мікрооб'ємів. А в умовах абразивного зношування поверхневі шари деталей зазнають інтенсивної пластичної деформації, що спричиняє порушення суцільності і поверхня тертя входить у стан передруйнування .

Тому для таких деталей важливим є не лише їхня твердість, а й високий запас пластичності, що затримує утворення мікроскопічних тріщин.

Особливо варто зупинитись на вплив бору. Введення бору в сталь дозволяє отримати після термічної обробки високу твердість на великій глибині у порівняно масивних виробах, як боковини рештаків вугільного скребкового конвеєра.

Збільшення прокаліємості сталей, що містять бор, призводить до зниження критичної швидкості загартування. Позитивний вплив бору на характеристики міцності позначається при малих концентраціях бору.

Аналіз умов роботи гірничих машин дозволив встановити **характерні особливості їх роботи:**

- важкі режими через надзвичайну ущільненість конструкцій вузлів та деталей;
- наявність значних динамічних та знакозмінних навантажень, що викликають різкі зміни умов тертя контактуючих поверхонь;
- Висока агресивність навколишнього середовища.

Збільшення завантаження на забій вимагають збільшення терміну служби рештаків і ставу загалом. Експериментальні роботи зі збільшення терміну служби рештаків ведуться у таких

напрямках:

- виготовлення боковин та днищ рештаків зі складнолегованої сталі зі структурою нестабільного аустеніту;
- наплавлення смуг із твердого сплаву на днищах рештаків у місця їхнього найбільшого зносу;
- застосування біметалічних боковин та днищ;
- Використання високоміцної низьколегованої сталі, що зварюється.

Проведене Гіпровуглемашем вивчення довговічності стану скребкового конвеєра в різних умовах експлуатації дозволило встановити, що найбільшому зносу піддаються верхні ґрати під ланцюгами і в місцях стикування рештаків з боку входу на них скребкового ланцюга. При дослідженні поверхонь зношених рештаків було висловлено припущення, що вони під час роботи піддаються абразивному зносу більшою мірою, ніж решті зносу.

В результаті проведення порівняльних випробувань зносостійкості сталей, що використовуються для деталей конвеєрів, автори дійшли висновку, що з точки зору зносостійкості для виготовлення решток скребкових конвеєрів слід використовувати загартовані сталі 45Г2 з твердістю (45-46 НRC) і 50ХГ (44-45 НRC). Однак, при експлуатації протягом короткого часу на **рештаках** виявлялися смуги зносу. Спостереження за роботою рештаків зі смугами зносу у промислових умовах не підтвердили раціональності впровадження отриманих при дослідженні рекомендацій: у процесі роботи скребкових конвеєрів у шахтах спостерігалися задираки смуг тертя на рештаках.

Дослідження роботи рештаків скребкових конвеєрів, проведені харківським заводом «Світло шахтаря» також показали, що в процесі експлуатації на рештаках у смугах тертя виникають задираки та застосування сталей 45Г2 та 50ХГ практично не виправдовується [38].

Дослідження, проведені пізніше, показали помилковість рекомендацій щодо виготовлення рештаків з додатковими сталевими смугами, покладеними на днище у місці проходження тягового ланцюга. Інтенсивне зношування лінії відбувається тільки на невеликих ділянках на кінцях рештаків у торців. Тому більша частина смуги швидше негативно впливає термін служби рештака через збільшення ваги і зайвої витрати металу [39-40].

Крім того, спостереження за роботою конвеєрів в умовах шахт дозволили встановити, що порушення неоднорідності структури матеріалу на поверхнях тертя рештаків і, зокрема, через зварювання викликають інтенсивне зношування їх металу. У зв'язку з цим приварювання смуг із вищевказаних сталей до рештаків призводить через порівняно невеликий час їх роботи до утворення в днищі невеликих наскрізних отворів і, відповідно, до їх непридатності.

Враховуючи складність виготовлення та експлуатаційні характеристики скребкових конвеєрів, необхідно використовувати такі конструкційні матеріали для їх деталей, які найбільш повною мірою відповідають вимогам щодо міцності, твердості, стійкості проти абразивного зносу, як превалюючого виду пошкодження, корозійної стійкості.

В Україні найбільшого поширення для виготовлення боковин

та рештаків скребкових конвеєрів набули сталі 30Г та 35Г [42].

Рештаки, виготовлені з цих сталей, мають невеликий термін служби через швидке зношування боковин і днища. Сталі 30Г і 35 характеризуються невисокими властивостями міцності як в гарячекатаному стані, так і після термічної обробки [14]. Крім того, ці сталі мають слабку стійкість проти розміцнення при відпустці, а це важливо, оскільки технологія виготовлення рештаків, наприклад, на ПАТ ХМЗ «Світло шахтаря» передбачає здійснення зварювання елементів рештаків у секцію після загартування боковин і тому в процесі зварювання боковина рештки нагрівається до високої температури та розміцнюється .

У процесі виготовлення ґрати піддаються гартуванню. Сталі 30Г та 35 вимагають високу швидкість загартування (100-150 ° С / с). Необхідно загартувати складні форми з товщиною елементів до 40 мм і отримати при цьому мартенситну структуру, рівномірну твердість перерізу, що практично неможливо [40]. Умови загартування рештаків посилюються ще й тим, що до боковин рештаків практично по всій їх довжині приварюють потужні опорні планки і замки.

На шахті об'єднання « Донвугілля » випробовувалися ґрати з біметалевими днищами зі сталі Х6Ф1 товщиною 10 мм із загартованим шляхом нагрівання ТВЧ доріжками по всій довжині [28]. Довговічність рештаків при цьому зросла незначно (в 1,1 раза), зношування на термооброблених ділянках зменшується в 1,2–1,4 рази. Рештаки з боковинами, плакованими у місцях зносу сталлю 42Х6Г2Д, проходили випробування на шахті об'єднання «

Донбассантрацит ».

Днища рештаків було запропоновано виготовляти із сталі 30Г із наплавленими зносостійкими смугами.

Наведені вище способи підвищення довговічності рештаків не знайшли промислового застосування не тільки через велику вартість та суттєву витрату легуючих елементів (у тому числі і дефіцитних), але й складності технології виготовлення.

В останні роки при виготовленні рештаків застосовують литі приставки зі сталі 110Г13Л [15], які приварюють до обох кінців боковин. Сталь 110Г13Л, маючи структуру нестабільного аустеніту, має зміцнюватися у процесі експлуатації. Однак, ці ґрати мають такі недоліки: лита приставка за рахунок додаткових зварних швів значно послаблює загальну міцність рештака (якщо верхня полиця рештака буде зміцнюватися за рахунок пластичної деформації і наклепу тягне ланцюгом, то нижня полиця, де тягне ланцюг рухається без навантаження деформації, що буде інтенсивно зношуватися); лита сталь 110Г13Л має невисоку твердість 160-180 НВ. Нижня полиця боковини рештака повинна мати такий рівень твердості, який дозволив би запобігти швидкому зносу литої приставки.

Таким чином, розглянуті варіанти підвищення працездатності вугільних скребкових конвеєрів загалом є або малоефективними, або дорогими.

За кордоном для виготовлення деталей рештаків вугільних конвеєрів застосовують середньовуглецеві сталі (0,40-0,45% С). Підвищення їхньої зносостійкості досягається термічною обробкою

- загартуванням з відпусткою. Однак зварювання таких сталей вимагає попереднього підігріву, що ускладнює процес виготовлення рештаків [43, 44].

Таким чином, аналізуючи дані про застосовувані матеріали для виготовлення деталей скребкових конвеєрів та можливості підвищення їх довговічності, можна відзначити, що до цього часу не було запропоновано прийнятної як з технологічної, так і економічної точок зору вирішення цього питання. Для орієнтовного визначення складу матеріалу для деталей рештаків необхідно розглянути вплив легування, рівень механічних властивостей сталі та способи обробки.

Основним критерієм придатності тієї чи іншої сталі для шахтного обладнання є твердість. Підвищити її можна за рахунок легування спеціальними елементами чи певним режимом хіміко-термічної обробки. Чим вище твердість металу, тим зносостійкішим він проявляє себе в умовах високих контактних тисків і дії абразивних частинок. При цьому механізм абразивного зношування, як правило, характеризується явищами мікрорізання .

Отже, чим вища твердість структурних складових сталі, тим опір мікрорізанню більше. Тому для правильного вибору марки стали необхідний комплексний похід, що враховує фактори, що прямо або опосередковано впливають на зносостійкість матеріалу.

При експлуатації вугільних скребкових конвеєрів вихід з ладу рештаків обумовлений, в основному, зносом. У багатьох дослідженнях зносостійкість сталей зіставляється зі своїми

твердістю, міцністю, що з практичним значенням цих показників як непрямой характеристики зносостійкості сталей [16]. Між твердістю зносостійкості сталей існує лінійний зв'язок. Збільшення твердості сталі 35, також широко використовуваної раніше для деталей шахтного обладнання, з 2150 до 9000 МПа при випробуванні з корундовим піском призводить до підвищення зносостійкості приблизно на 65%.

Як зазначають автори [16], при зношуванні сталей в абразивному середовищі без їх суттєвого нагрівання та корозійної дії середовища підвищення твердості призводить до зростання зносостійкості, якщо механізм руйнування мікрооб'ємів матеріалу відповідає зрізу або полідеформаційному процесу. Ефективність підвищення твердості сталі з метою збільшення її зносостійкості в кількісному відношенні може бути різною і визначається абразивністю робочого середовища: чим нижче абразивність, тим суттєвіше підвищується зносостійкість зі збільшенням твердості сталі; мінімальне зростання зносостійкості при підвищенні твердості сталі відбувається в умовах прямої руйнівної дії абразивних частинок.

Для підвищення зносостійкості та працездатності скребкових конвеєрів, в першу чергу, необхідно підвищити міцність і твердість елементів, що зношуються. При цьому необхідно враховувати, що деталі конвеєрів зношуються не тільки абразивною масою, а й деталями самого конвеєра: днище решта безпосередньо контактує зі скребком і частково зі ланками ланцюга, що тягне. Задовільна зносостійкість у контактуючих деталях у разі досягається тоді, коли

твердість їх однакова або трохи відрізняється.

Забезпечення необхідного рівня твердості можна досягти легуванням сталі та термічною обробкою.

Особливо варто зупинитись на вплив бору. У кожному конкретному випадку, залежно від хімічного складу сталі вплив бору може бути різним.

Введення бору в сталь дозволяє отримати після термічної обробки високу твердість на великій глибині в порівняно масивних виробках, як боковини рештки вугільного скребкового конвеєра.

Високу ефективність мікролегування бором пов'язують із тим, що бор коагулює субмікроскопічні частинки нітриду алюмінію.

Крім того, бір, маючи малий атомний радіус і дуже малу розчинність, зосереджується по межах зерен аустеніту, де є велика кількість різних дефектів будови.

Атоми бору, розміщуючись в дефектних місцях, знижують енергію кордонів і зменшують ймовірність зародження центрів кристалізації і тим самим збільшують прожарювання сталі при загартуванні.

Авторами роботи [47] показано, що бор не впливає ні на тривалість самого перетворення, ні на температуру початку і кінця мартенситного перетворення і не збільшує кількість залишкового аустеніту.

Збільшення прожарювання сталей, що містять бор, призводить до зниження критичної швидкості загартування. Так, за даними роботи [18] при введенні бору у вуглецеву сталь, що містить 0,15-0,25% вуглецю, критична швидкість охолодження зменшується в 5-

8 разів. Але аналізуючи дані про вплив бору на рівень властивостей міцності вуглецевих сталей марок 20, 30, 40, можна відзначити, що найбільш ефективно бор сприяє збільшенню міцнісних характеристик загартованих сталей тільки при малих діаметрах заготовок. При збільшенні товщини заготівлі або зниження швидкості охолодження ефективність впливу бору на властивості вуглецевої сталі різко знижується. Позитивний вплив бору на характеристики міцності після гарту без зниження її в'язких властивостей виникає при малих концентраціях бору.

Вважається, що оптимальною кількістю бору в сталі, що забезпечує максимальний ефект підвищення прожарювання та зниження критичної швидкості охолодження, є 0,001-0,006%.

Розподіл боридів по перерізу зливка нерівномірний більше у середній частині зливка. Найчастіше бориди та карбіди виділяються у вигляді витягнутих включень по межах зерен, зрідка утворюють оболонку навколо сульфідів. Наявність таких включень призводить до зниження ударної в'язкості сталі та підвищення ступеня анізотропії її механічних властивостей.

Для усунення шкідливого впливу боридної фази на ударну в'язкість автори [48] рекомендують прискорене охолодження зі швидкістю 300-360 град/хв, а вміст бору в сталі не повинен перевищувати 0,004%.

Бор надає позитивний вплив на прожарювання тільки в тому випадку, коли хоча б деяка частина його знаходиться в твердому розчині. Якщо ж бір повністю пов'язаний у з'єднання, то збільшення прожарювання не спостерігається.

Для забезпечення розчинності бору сталь слід ретельно розкислювати для того, щоб зв'язати сполуки кисень і азот.

При термічній обробці низьколегованих сталей часто не вдається у зв'язку з недостатньою прожарюваністю і високою критичною швидкістю загартування отримати повністю мартенситну структуру, а не мартенситні продукти розпаду аустеніту, що формуються, призводять до зниження міцності зносостійкості сталі.

Введення в сталь бору, забезпечуючи підвищення прожарювання і зниження критичної швидкості охолодження, дозволяє після охолодження отримати в структурі підвищення показників міцності і зносостійкості на 15-20% [49].

При виборі температури загартування слід врахувати, що стійкість аустеніту сталі з бором, знижується в міру підвищення температури нагріву під загартування, що призводить до зменшення вмісту мартенситу.

Така зміна стійкості аустеніту сталі з бором при підвищенні температури можна пояснити тим, що бор, розташовуючись переважно на дефектних місцях ґрат і малокутових межах аустеніту, змінює їхню вільну енергію і, як наслідок цього, стійкість аустеніту [50].

При підвищенні температури нагрівання вплив бору на прожарювання значно знижується за рахунок зменшення протяжності висококутових і зникнення малокутових кордонів.

Надмірне легування може бути не тільки марним, а й навіть шкідливим, оскільки воно може збільшити загальну крихкість сталі

і знизити здатність до деформації мікрооб'ємів, що зношуються. А в умовах абразивного зношування поверхневі шари деталей зазнають інтенсивної пластичної деформації, що викликає порушення суцільності і поверхня тертя входить у стан перед руйнування. Тому для таких деталей важливим є не лише твердість, а й високий запас пластичності основи, що затримує утворення мікроскопічних тріщин.

Висновки з другого розділу

1. Матеріали скребкових конвеєрів повинні мати високу ударну в'язкість.
2. Твердість має бути на досить високому рівні.
3. Сталі, з яких виготовлені відповідальні деталі скребкових конвеєрів, повинні мати підвищену корозійну стійкість.
4. Матеріали повинні мати високу пластичність, щоб уникнути утворення вогнищ руйнування.
5. Вибрані марки сталей мають бути леговані мінімальним вмістом елементів, які забезпечують виконання вищевикладених вимог.

3.1 Випробування на тертя та знос

Випробування нових матеріалів і технологій в умовах реального виробництва пов'язані зі значними витратами матеріальних ресурсів та часу, крім того, складно повною мірою оцінити вплив тих чи інших факторів на процеси тертя та зношування в реальних умовах. Тому для оцінки ефективності застосування матеріалів, методів їх обробки, конструктивних змін деталей та інших заходів використовувалися лабораторні та стендові випробування, що моделюють максимальне наближення до реальних умов експлуатації.

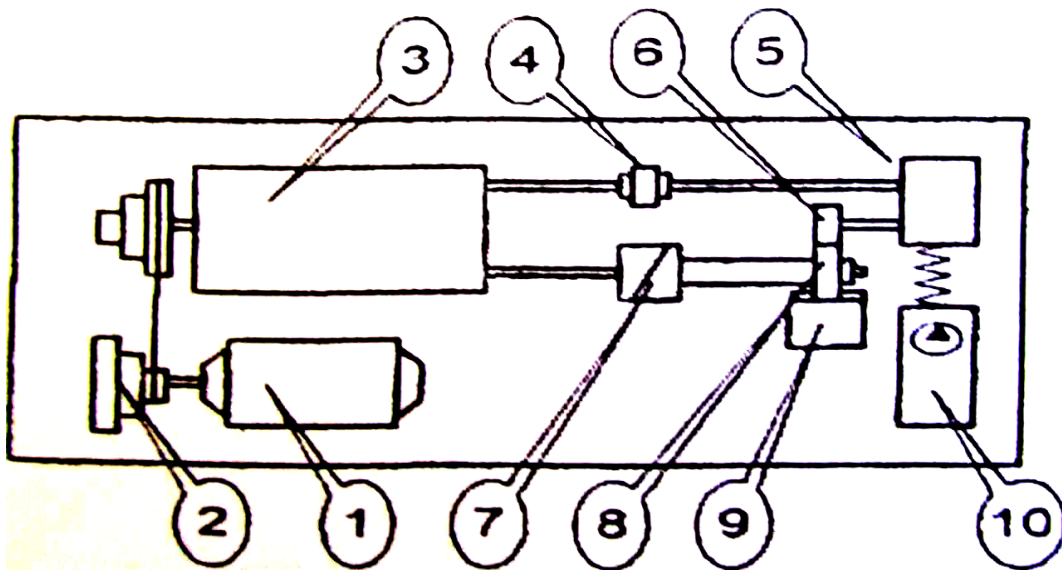
Основним критерієм оцінки працездатності матеріалів для деталей об'ємного гідроприводу та ефективності їх поверхневої обробки є триботехнічні характеристики.

У зв'язку з цим проведення цієї роботи обрано методи випробувань, що дозволяють моделювати основні процеси тертя та зносу реальних деталей.

3.1.1 Методика проведення зносних випробувань

Для лабораторних випробувань металів та сплавів на зносостійкість та антифрикційні властивості добре

зарекомендували себе машини тертя СМЦ-2 (рис. 3.1).



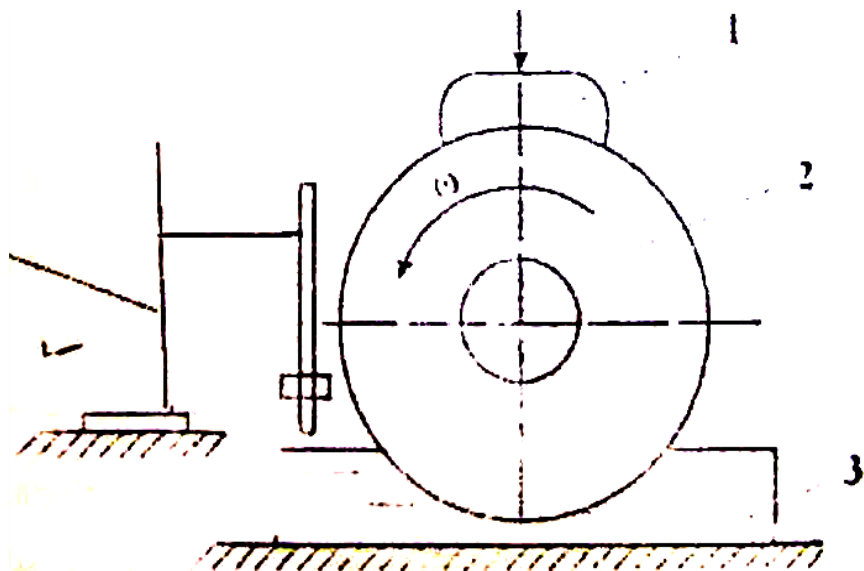
Малюнок 3.1 - Схема машини СМЦ-2: 1 - електродвигун ; 2 – вал; 3 – редуктор; 4,7 - муфти ; 5 - бабка нижня ; 6 – притискне пристрій ; 8 - вал нижній ; 9 - фіксатор ; 10 – динамометр

Вони дозволяють проводити випробування за схемою «ролик-колодка» та «вал-втулка» в умовах тертя чистого ковзання або за схемою «ролик-ролик» в умовах тертя чистого кочення, а також кочення з ковзанням.

У всіх перерахованих варіантах визначаються такі параметри, як величина моменту і коефіцієнта тертя, навантаження схоплювання і величина зносу зразків. За отриманими параметрами можна досить об'єктивно оцінити антифрикційні властивості та зносостійкість матеріалів сполученої пари, випробуваної при заданих навантажувально-швидкісних параметрах та умовах мастила.

Виходячи з реальних умов роботи деталей сполучення «днище-

ланка тягового ланцюга» шахтного скребкового конвеєра, порівняльні випробування сталей на зносостійкість проводили за схемою «ролик-колодка», що відтворює чисте ковзання за наявності води та абразиву. Схема випробування наведено на рис. 3.2. Ролики були діаметром 40 мм та шириною 12 мм (рис. 3.3).



Малюнок 3.2 - Схема зношування випробувань на зношування досліджуваних матеріалів: 1 – колодка; 2 – диск; 3 – ванна з водно-абразивним середовищем; 4 – штатив для подачі води у ванну

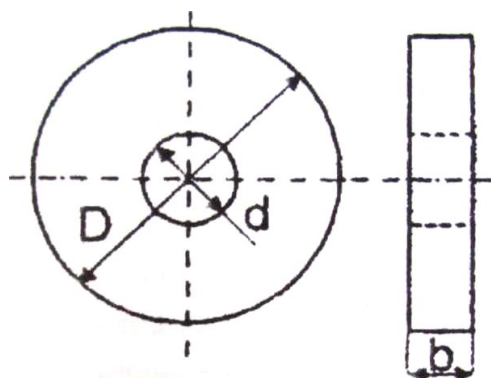
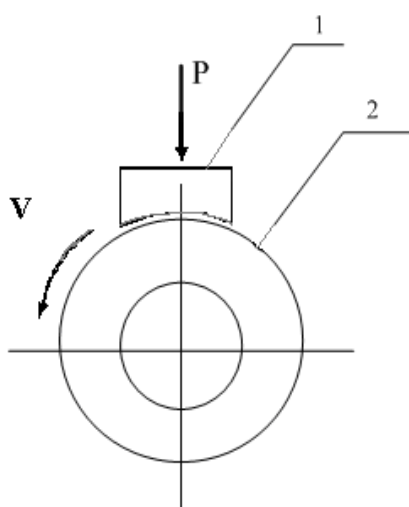


Рисунок 3.3 – Зразки для випробувань на зношування

Кожне випробування проводиться наступним чином: спочатку 0,5 години здійснюється приробіток в абразивно-корозійному середовищі без застосування навантаження; після приробітку - навантаження. Розмір зносу контр тел-ролика і колодочки визначаються ваговим способом з точність 0,1 мг.

На рис. 3.4 представлено схему випробувань на машині СМЦ-2.



Малюнок 3.4 - Схема випробувань, які проводяться на машині СМЦ-2:1 – нерухомий зразок (колодочка); 2 – рухливий зразок (ролик)

Пара тертя складається з ролика, що обертається, до циліндричної поверхні якого в спеціальній оправці притирається нерухома колодочка.

Колодочка є частиною кільця, внутрішня поверхня якого (робоча поверхня) виконана строго по радіусу ролика.

Контакт контртіл при роботі здійснюється поверхнею площею близько 2 см² для забезпечення стійкості колодочки при випробуваннях. Змащування здійснюється олією марки І20А з

додаванням 0,1% абразивних частинок дисперсністю до 5 мкм.

Зношування зразків визначається за втратою маси за час випробування шляхом зважування на аналітичних вагах з точністю до 10^{-2} г. Перед зважуванням (до і після випробування) зразки ретельно знежирюються в бензині і просушуються протягом 15 хв.

За отриманими експериментальними даними порівняльних випробувань, наведених у строго однакових умовах, можна судити про здатність чинити опір зношування під впливом механічного навантаження.

Для уточнення навантажувально -швидкісних параметрів та складу середовища попередньо проводили відпрацювання методики зносних випробувань. Склад абразивно-корозійного середовища варіювали таким чином, щоб при певних (оптимальних) навантажувально -швидкісних параметрах забезпечувався як нормальний процес тертя без наявності сильних пошкоджень (задирів), так і інтенсивне зношування, оскільки реальні умови експлуатації імітованого сполучення досить жорсткі.

При низьких навантаженнях на зразки в момент попадання в зазор відносно великої частки абразиву може мати місце вихід колодки з пару через малого ступеня перекриття її з диском ($K_{\text{перекр}} = 0,16$). Останнє найчастіше може спостерігатися на початку випробування, коли вугілля має максимальну абразивність . У міру збільшення часу контакту вугілля з водою його абразивність падає. Крім того, тривалість випробувань має бути по можливості невеликою, але при цьому чітко виявлятиметься механізм зношування та його тенденція.

Вибір питомого навантаження ґрунтувався на наближеній оцінці навантажень, які зазнає боковина решти в процесі експлуатації.

Можна відзначити, що при швидкості ковзання 1,02 м/с пробні пари тертя вже при навантаженні 5,6 кгс дуже схильні до задирки, міцність поверхнева матеріалів низька і пари є непрацездатними.

склад робочого середовища, тобто. відсотковий вміст води, абразивного матеріалу (вугілля, піску, тальку, графіту) практично не надає позитивного впливу на працездатність пари тертя.

Навіть при навантаженні 20 кгс спостерігався типовий абразивний знос по всій сполученій поверхні без макро - і мікросхоплювання . Всі пробні пари тертя попередньо 10-15 хв припрацьовувалися при навантаженні 60 кгс в умовах мастила мінеральним маслом. У водно-абразивному середовищі поверхнева міцність випробуваних мінералів низька і через певний час відбувається задир - сильне пошкодження поверхні тертя.

Склад робочого середовища: вугілля марки ДГЕН дисперсністю 400 мкм і нижче - 3 гр ; кварцовий пісок дисперсністю 200 мкм та менше -10 г; тальк -5 г; графіт сріблястий -0,5 г; вода водопровідна -60 г. У процесі випробування вода частково випаровувалась і для підтримки постійного рівня та складу робочого середовища у ванну за допомогою піпетки подавали краплями воду з різною інтенсивністю залежно від швидкості випаровування.

Робоче середовище зазначеного складу використовувалося

один раз для всього періоду випробування однієї пари зразків.

Зразки перед їх установкою на машину тертя ретельно очищали від оксидів, забруднень шляхом промивання спиртовим розчином і потім просу шували. Зносостійкість досліджуваних матеріалів оцінювалася за втратою маси піддослідних контртіл – ролика та колодочки. Зважування зразків проводили на електронних терезах типу А D –300 з точністю до 0,0001 р.

Для виявлення динаміки процесу зношування втрату маси зразків визначали кожні 6 годин випробування. За отриманими експериментальними даними порівняльних зносних випробувань всіх досліджуваних марок сталей, проведених в строго однакових умовах, можна судити про їх здатність чинити опір зношування під впливом механічного навантаження, водного середовища та абразиву. Так як зносостійкість матеріалів сполучення оцінювалася за втратою маси зразків, їх зважування проводили до початку випробування і через кожні 6 годин випробування, що дозволило спостерігати динаміку процесу зношування. Криві зносу будувалися за результатами послідовного багаторазового випробування тих самих зразків.

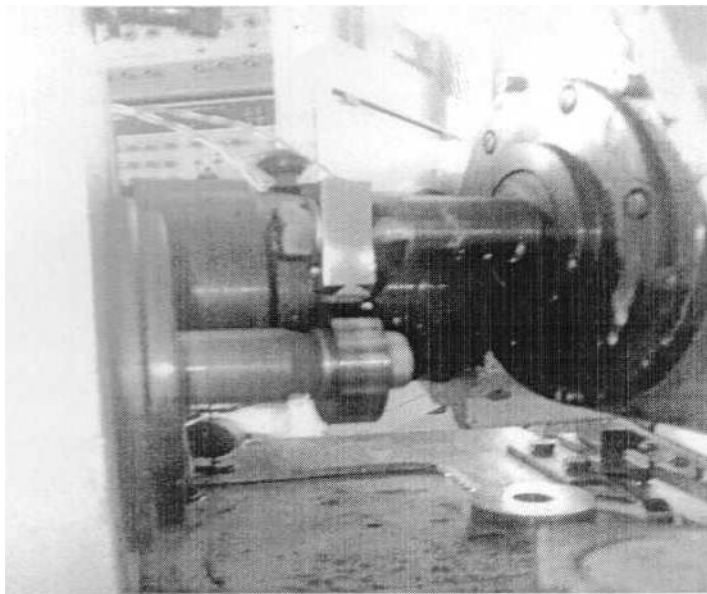
У прийнятих умовах випробування на зношування в абразивно- корозійному середовищі механізм зношування сталей є досить складним. Тут має місце мікрорізання металу абразивними частинками, що потрапляють у зону тертя, і навіть безпосередній контакт металевих поверхонь. Також може спостерігатися мікросхоплювання або утворення натирів з м'якшої структурної

складової. Це зумовлює особливий характер мікрорельєфу поверхні тертя.

Слід також брати до уваги той факт, що зношування матеріалів проводилося в середовищі, що містить воду. Вода, у тому числі шахтна, може як позитивний, так і негативний вплив на процес зношування деталей скребкових конвеєрів.

З одного боку, вода, змочуючи вугілля та породу, знижує їхню абразивність, а значить і інтенсивність зношування деталей, а з іншого – знижує опірність руйнуванню поверхневого шару металу за рахунок реалізації ефекту Ребіндера та корозійних явищ. Якщо зниження абразивності вугілля і породи однаковою мірою позитивно позначається інтенсивності зношування сполучених деталей незалежно від своїх матеріалу, то ступінь його корозійного руйнування залежить від його хімічного складу та структури. Останнє адекватно пов'язане з інтенсифікацією процесу зношування загалом. Іншими словами: чим менш корозійностійкий матеріал у даному середовищі, тим сильніше за інших рівних умов він зношуватиметься при терті.

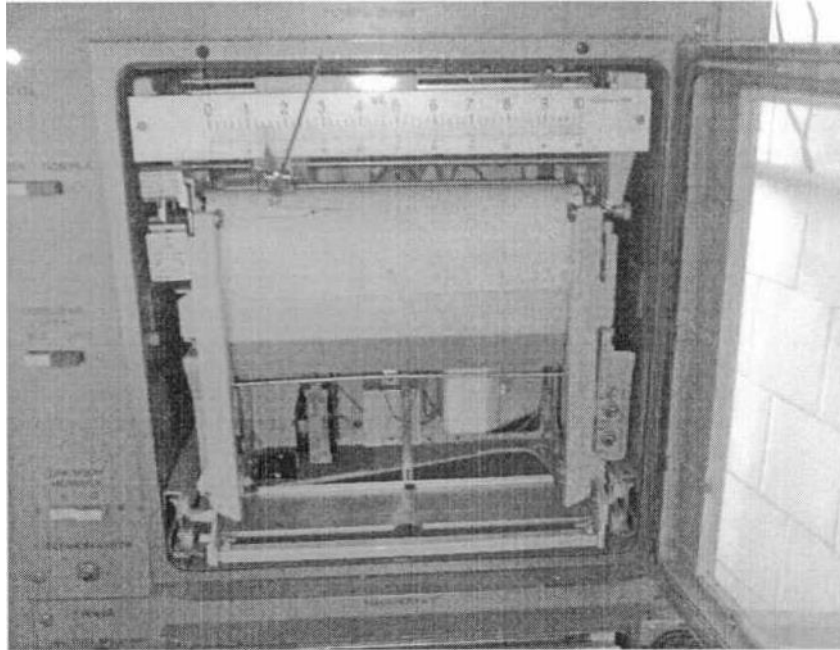
3.1.2 ***Визначення моментів тертя***



Випробування визначення моментів тертя проводили машиною тертя СМТ-1. Застосовували схему ролик та колодка.

Малюнок 3.5 – Зовнішній вигляд машини

Встановлювали частоту обертання 500 об/хв і навантажували зразки по 0,2 кН на кожному ступені, витримуючи по 75 с при кожному наступному навантаженні . Після розвантаження до 0,2 кН витримували 15 хвилин до стабілізації моменту тертя. Далі східчасто навантажували до початку задироутворення . Момент тертя фіксувався на діаграмній стрічці самописного потенціометра КСП-4.



Малюнок 3.6 - Самописний потенціометр КСП-4

Коефіцієнт тертя обчислювали за формулою:

$$f = M_{\text{тр}} / (d/2) * P \quad (3.1)$$

де $M_{\text{тр}}$ – момент тертя;

d – діаметр рухомого зразка;

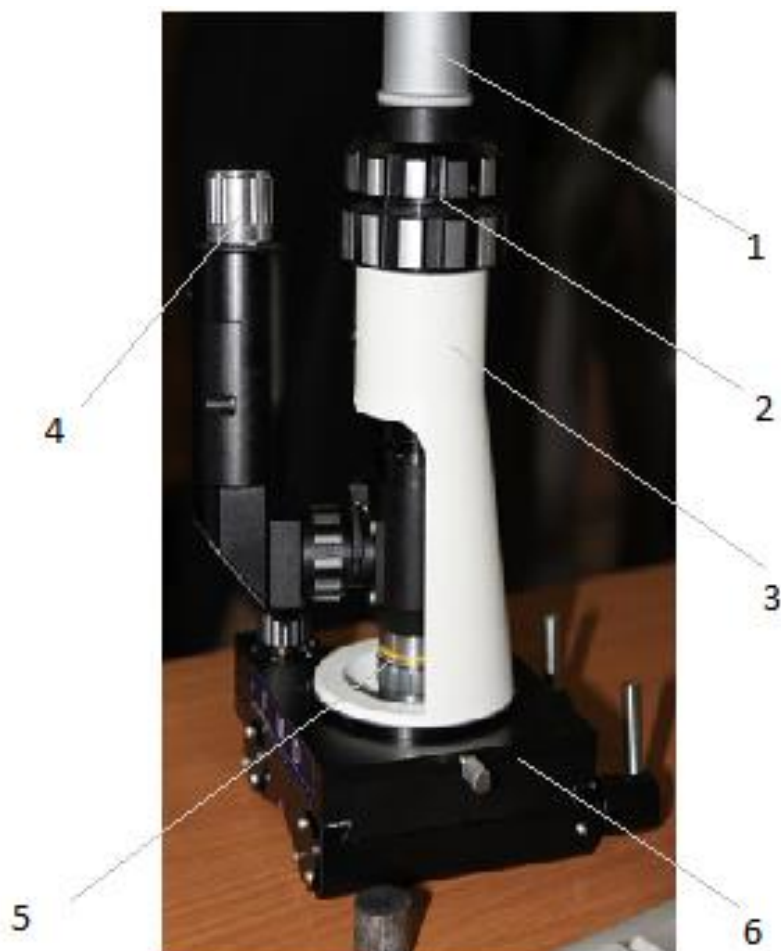
P – величина навантаження.

Початок задиротворення визначали по різкому зростанню моменту та коефіцієнта тертя та появі задирів робочої поверхні. Похибка вимірювань моменту тертя та коефіцієнта тертя становила від 9% за $P = 0,2$ кН до 2% за $P = 1,0$ кН

3.1.3 Металографічний аналіз мікроструктури досліджуваних сталей та поверхні тертя роликів, та колодочків.

Мікроструктура досліджуваних матеріалів, а також поверхонь тертя роликів та колодочок вивчали за допомогою портативного

металографічного мікроскопа Альтамі MET 1 (рис. 3.7).



Малюнок 3.7 – Загальний вид металографічного мікроскопа Альтамі MET I: 1 – окуляр; 2 – підведення фокусної відстані; 3 – тубус; 4 – механізм регулювання; 5 – об'єктив; 6 – магнітний столик

Він призначений для дослідження мікроструктури металів та сплавів у відбитому світлі у світлому полі при прямому освітленні.

Один із необхідних аксесуарів мікроскопа зазначеної марки - це цифровий фотоапарат або камера для захоплення зображень досліджуваних зразків. Наявність камери дає

можливість отримувати цифрові знімки високої якості, виводити їх на екран комп'ютера, обробляти та оцінювати за допомогою програмного забезпечення.

Програмне забезпечення AltamiStudio дозволяє:

- керувати процесом захоплення зображень; керувати налаштуваннями камери (яскравість, гамма, насиченість, зусилля, експозиція), а також посилювати доступні дозволи;

- проводити різного роду вимірювання як у статичному зображенні, так і на відео потоці з камери в реальному часі.

- оперативно оцінювати лінійні розміри елементів зображення з допомогою спеціального інструменту – лінійки. Лінійка є елементом інтерфейсу вікна і є з'єднаними між собою вертикальною і горизонтальною лінійками, на яких відображається шкала, що відповідає масштабу поточного зображення;

- відображати результати поточних вимірів в окремому списку з можливістю його редагування;

- зберігати всі параметри камери та інтерфейсу програмного забезпечення в окремий файл.

Збільшення мікроскопа:

50^x; 100^x; 500^x; 2000^x.

Фокусування :

- коаксіальні гвинти грубого та точного фокусування з регулюванням жорсткості ходу;

- Мінімальний крок 0,002 мм.

Висвітлення:

- галогенна лампа 30 Вт, 6В;

- Головне регулювання яскравості освітлення;
- регулювання положення лампи у трьох напрямках;
- регульовані апертурні та польова діафрагми.

Металографічні дослідження проводилися також на оптичному мікроскопі МІМ-8 та на електронному мікроскопі. Для отримання інформації про процентний зміст різних структурних складових використали метод кількісної металографії. Кількість тієї чи іншої складової у структурі стали підраховувалося методом планиметрування площі, яку вони займають.

3.1.4 Визначення твердості портативним твердоміром

Визначення жорсткості дозволяє проведення 100% контролю деталей шахтного обладнання. Випробування не є руйнівними, виміри можна проводити безпосередньо на виробі.

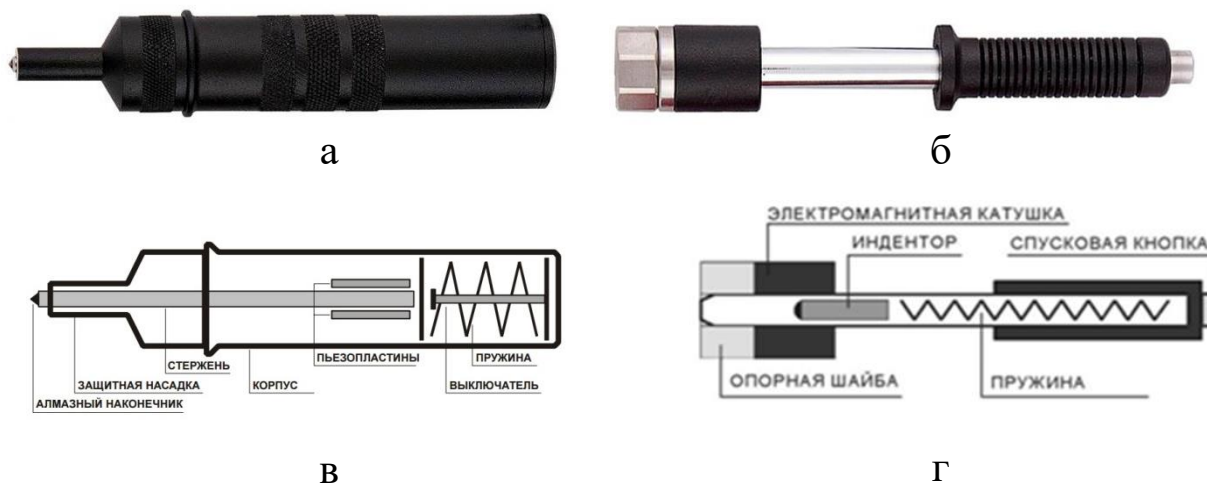
Можливо виміряти твердість великогабаритних деталей на спеціалізованих твердомірах з великим робочим простором, які проектуються та виготовляються спеціально для таких завдань (рис. 3.6).



Малюнок 3.6 - Стационарний твердомір для великогабаритних деталей

У тих випадках, коли випуск великих деталей дрібносерійний, варіант із великогабаритними твердомірами не виправданий економічно — термін його окупності стає нерозумно більшим. До цього призводять витратність придбання приладу та відсутність масового завантаження вимірювальних операцій

Використовували портативні твердомери випускаються двох видів, залежно від застосовуваного перетворювача: ультразвукові (UCІ метод) та динамічні (метод Лейба) .



Малюнок 3.7 - Фотографія та пристрій датчиків портативного твердоміра: а - фотографія ультразвукового датчика твердоміра ТКМ-459; б - фотографія динамічного датчика твердоміра ТКМ-359; в - будову конструкції ультразвукового датчика твердоміра ТКМ-459; г - пристрій конструкції динамічного датчика твердоміра ТКМ-359

Для визначення значення твердості методом UCІ та методом відскоку (Лейба), діагоналі відбитка не визначаються оптично, як це заведено в класичних методах. Тут твердість визначається непрямым обчислювальним способом, за допомогою вимірювання зміни ультразвукової частоти (у разі використання ультразвукового датчика, рис. 3.7 а, в) і базується на визначенні відношення швидкостей бойка, що знаходиться всередині датчика, до та після удару (у разі використання динамічного датчика, рис 3.7 б, г).

Таким чином, отримані значення твердості – це результат перетворення значення сигналів від датчика у величину твердості за заданим алгоритмом.

Для отримання коректних та точних (достовірних) результатів слід дотримуватись вимог до контрольованого виробу.

До таких вимог належать:

- Контроль маси виробу;
- Контроль товщини виробу (ділянка контролю);
- Контроль шорсткості поверхні (ділянка контролю).

Для отримання значення твердості заданого рівня точності твердомір повинен бути відкалібрований за шкалою, що застосовується, на спеціальних заходах твердості. Для отримання достовірних даних до заходів твердості, на яких прилад калібрувався, необхідно мати свідоцтва про перевірку для отримання в кінцевому підсумку достовірних даних про твердість досліджуваного матеріалу. Далі після калібрування слід отримати аналогічне свідоцтво про перевірку вже на прилад. Таким чином, можна гарантувати точність, працездатність та застосовність приладу



Малюнок 3.8 - Стандартні міри твердості для калібрування
твердомірів

Коли всі нюанси налаштування приладу дотримані, на стандартних мірах твердості (рис. 3.8) прилад показує значення необхідного інтервалу похибки.

Абсолютна похибка вимірювання портативного твердоміра змінюється в залежності від діапазону вимірюваної величини, і зі збільшенням значення твердості ця похибка зростає (для твердоміра УІТ ТКМ - 359, наприклад, від 90 НВ до 150 НВ~ ± 10 НВ, від 150 до 300 НВ~ ± 15 НВ, від 300 НВ до 450 НВ~ ± 20 НВ)

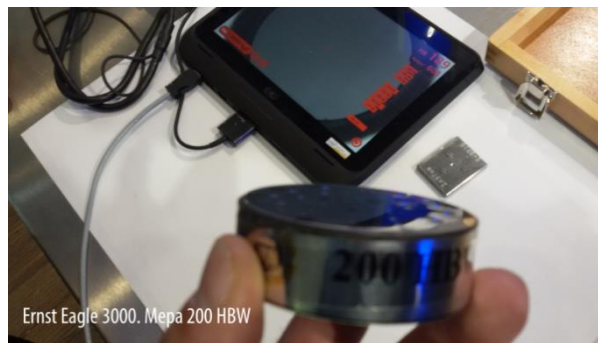
Було проведено досвід - виготовили заходи твердості з матеріалу, який відрізняється від матеріалу калібрувальних заходів.

Для того, щоб переконатися в тому, що заходи СМТП були виготовлені якісно і переконатися в однаковій твердості заходи по всій її робочій поверхні, їх твердість виміряли на декількох стаціонарних твердомірах за різними шкалами.

Заходи були виміряні на стаціонарному комплексі «Ernst Eagle 3000» (рис. 3.9)



а



б



в

200 HBW 160 HBW

1	202	161
2	203	162
3	203	161

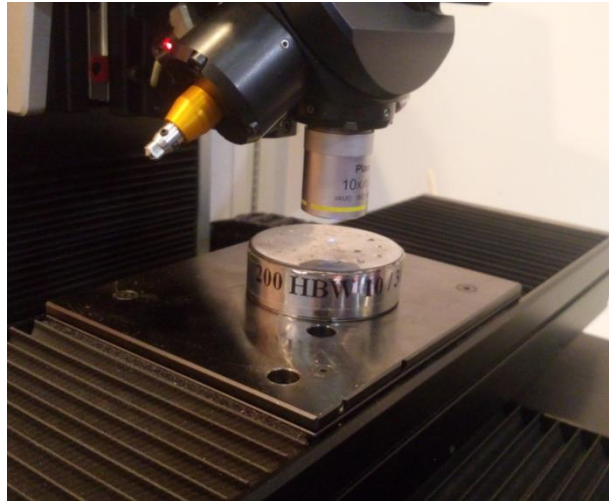
г

Рисунок 3.9 – Процес вимірювання твердості на стаціонарному комплексі « Ernst Eagle 3000»: а- стаціонарний комплекс « Ernst Eagle 3000»; б-контрольована СМТП 200НВW; в- процес вимірювання відбитка принаймні 200НВW; г-виміряні значення твердості на СМТП

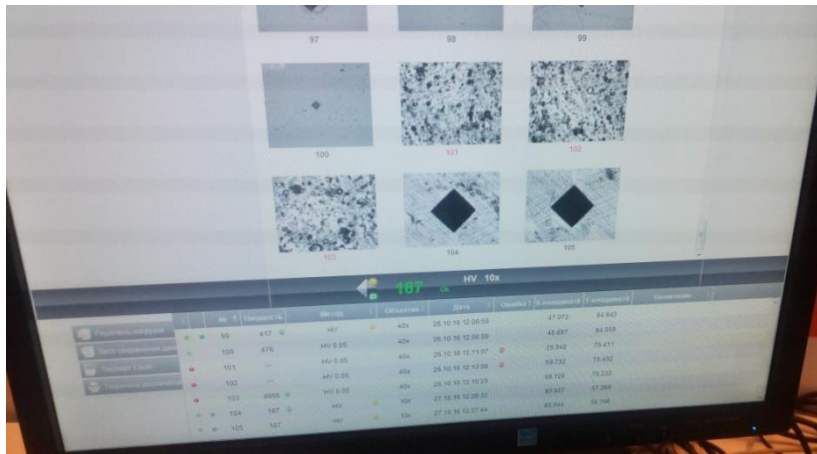
Твердість СМТП також була виміряна на стаціонарному приладі « Qness Q10 A+» за шкалою Віккерса (рис. 3.10).



а



б

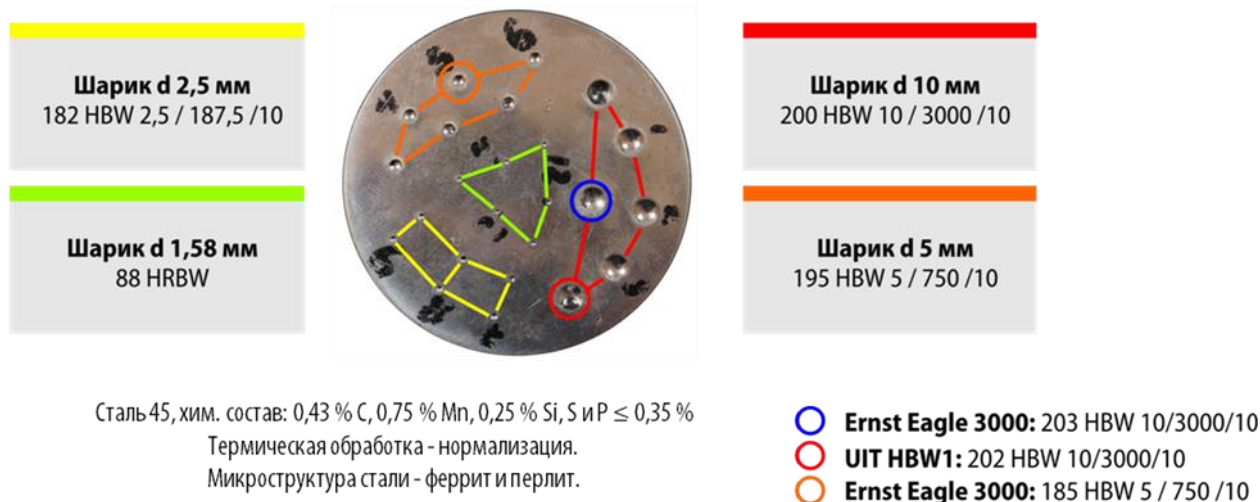


в

Малюнок 3.10 - Процес вимірювання міри твердості на стаціонарному твердомірі Qness Q10 A+: а - твердомір Qness Q10 A+; б - міра твердості; в - вимірюване значення міри твердості на твердомірі Qness Q10 A+ за шкалою Віккерса з навантаженням 10кг

Виміряна твердість на твердомірі в трьох точка дорівнювала: 187 HV10; 187 HV10; 186 HV10. Можна зробити висновок, що міра має рівномірну твердість по всій робочій поверхні.

На стаціонарному твердомірі проводилося визначення твердості за різними шкалами за різного навантаження (рис. 3.11).






Малюнок 3.11 - Стандартний захід твердості підприємства (СМТП)

Далі проводилося вимірювання твердості тому ж матеріалі портативними твердомірами різних виробників (табл.1).

Таблиця 3.1

Значення твердості отримані портативними твердомірами на СМТП.

ПОРТАТИВНЫЕ ТВЕРДОМЕРЫ МЕРЫ 200 HBW и 160 HBW

Proceq Equastat 3	Proceq Equotip	Ernst Computest
		
1 168,1 140,2	1 158,9 131,4	1 188 152
2 166,6 145,3	2 160,3 137,8	2 190 163
3 152,6 144,2	3 166,6 138,2	3 186 153

Ernst Dynotest			Ernst Handy Esatest			UIT TKM-459 C		
1	189,2	157	1	189	147	1	171	133
2	178,0	153	2	190	145,5	2	174	137
3	178,0	158	3	186	149,0	3	170	136

Ці значення (табл. 3.1) можуть відрізнятися один від одного і не повною мірою відповідають як один одному, так і дійсним значенням твердості СМТП.

Така поведінка приладів спостерігається за багаторазового повторення вимірювань. І значення різниці твердості «відома-виміряна», одержання одному приладі, змінюються залежно від матеріалу контролю (табл. 3. 2).

Таблиця 3.2

Значення твердості, отримані портативними твердомерами різних матеріалах СМТП

	Справжнє значення НВ	Константа ТД НВ	ТЕМП-4 НВ	ТКМ-459С НВ
Сталь 34ХН1М №1	208	195	225	215
	330	317	365	310
	363	342	380	350
Сталь 35 №2	160	174	150	170
	235	241	218	240
	330	325	317	342
Сталь 40 №3	439	430	425	410
	145	140	164	138
	351	345	357	347

Таблиця 3.3

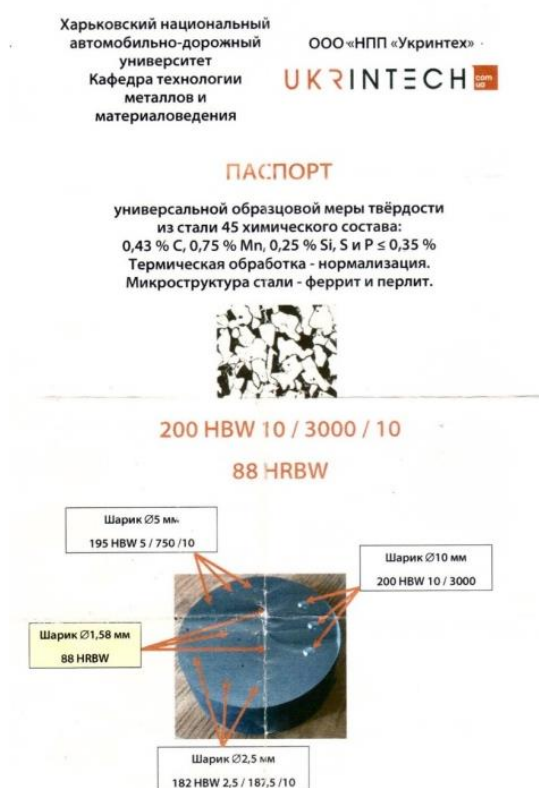
Абсолютна та відносна похибки вимірюваних значень твердості портативними твердомірами

Назва твердоміра	Міра, НВ	Середнє вимірюване значення, НВ	Абсолютна похибка, НВ	Відносна погрішність, %	
Proceq Equastat 3	160	143	17	10,63	
	200	162	38	19,00	
Proceq Equotip	160	135,8	24,2	15,13	
	200	162	38	19,00	
Emst Computest	160	156	4	2,50	
	200	188	12	6,00	
Emst Dynotest	160	156	4	2,50	
	200	182	18	9,00	
Emst Handy Esatest	160	147	13	8,13	
	200	188	12	6,00	
УІТ ТКМ-459	160	135	25	15,63	
		200	172	28	14,00
	34ХНМ	208	215	-7	3,37
		330	310	20	6,06
		363	350	13	3,58
	Сталь 35	160	170	-10	6,25
		235	240	-5	2,13
		330	342	-12	3,64
	Сталь 40	439	410	29	6,61
		145	138	7	4,83
351	347	4	1,14		
	Константа ТД	34ХНМ	208	195	13
330			317	13	3,94
363			342	21	5,79
Сталь 35		160	174	-14	8,75
		235	241	-6	2,55
		330	325	5	1,52
Сталь 40	439	430	9	2,05	
	145	140	5	3,45	
351	345	6	1,71		
Темп-4	34ХНМ	208	225	-17	8,17
		330	365	-35	10,61
		363	380	-17	4,68
	Сталь	160	150	10	6,25

	35	235	218	17	7,23
		330	317	13	3,94
		439	425	14	3,19
	Сталь 40	145	164	-19	13,10
		351	357	-6	1,71

Як видно по даних із табл. 3.3, всі твердоміри показують різні результати в близькому діапазоні значень.

Слід також відзначити, що кожен захід був промірений на стаціонарному твердомірі, при різному навантаженні, різними інденторами за стандартними шкалами. Було зроблено хімічний аналіз матеріалів заходів та металографічні дослідження зразків. На кожну міру було виготовлено паспорт, що включає всі необхідні дані. Приклад паспорта міру твердості підприємства представлений на рис. 3.12.



Малюнок 3.12 – Паспорт на СМТП

При зазначеній поведінці приладів у процесі роботи гарантувати достовірність отриманих даних у межах допустимих похибок неможливо.

Тим не менш, можна мінімізувати похибку при вимірі твердості та підвищити точність виміру виконуючи наступні приписи:

- твердомір повинен бути повірений та мати свідоцтво про повірку;

- повірені стандартні заходи твердості мають бути укомплектовані свідоцтвом про повірку та паспортом на них;

- повірені СМТП, які виготовлені з того ж матеріалу, що й контрольована деталь, повинні мати свідоцтво та паспорт зі значеннями твердості (рис. 3.12);

- Записані в твердомір шкали для різних контрольованих матеріалів за стандартними шкалами.

Після виконання цих розпоряджень, можна говорити про те, що твердомір вимірюватиме твердість матеріалу коректніше і з найменшою допустимою похибкою (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Показання динамічного твердоміра УІТ ТКМ-359М після калібрування на різних заходах.

№ виміру	міра 375 НВ	міра 205 НВ	міра 106 НВ	СМТП 225 НВ
1	375	217	102	231
2	375	225	98	220
3	375	216	98	215
4	375	210	107	230
5	375	211	103	224
6	374	219	105	214
7	375	217	106	216
Середнє значення	375	217	103	222

Якщо на підприємстві немає можливості виготовити заходи з контрольованого матеріалу з тих чи інших причин, можна рекомендувати наступний алгоритм калібрування приладу та методику виміру.

У цьому випадку прилад необхідно перевірити на аналогічному матеріалі (з подібними габаритами виробу, значеннями твердості в близьких діапазонах і подібним хімічним складом) з відомою твердістю і з'ясувати, наскільки він завищує або занижує ці твердості. Бажано набрати статистику вимірювань результатів та вивести середню похибку приладу на даному матеріалі. Після цього з урахуванням такої похибки проводили вимірювання.

3.1.5 Методика хімічного аналізу

Хімічний склад досліджуваних сталей визначався методом

аналітичної хімії.

Визначали вміст вуглецю кулонометричним методом на аналізаторі АН7529 за ГОСТ 26141-77. Зміст інших елементів проводився методом фотоелектричного спектрального аналізу на установці для спектрального емісійного аналізу МФС – 8 за ГОСТ 2761-88.

3.1.6. Методика статистичної обробки

Для визначення точності та достовірності отриманих результатів проводили статистичну обробку експериментальних даних.

Середнє арифметичне n вимірів знаходили за формулою

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{1}^n x_i \quad (3.2)$$

Знаючи середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = \sum_{1}^n \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3.3)$$

Оцінювали достовірний інтервал μ , який дорівнює:

$$\mu = \bar{x} \pm t_{\alpha} \sigma \quad (3.4)$$

де \bar{x} - середньоарифметичне значення середньоквадратичного

відхилення σ ,

$$\sigma_0 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3.5)$$

α_{cm} - Коефіцієнт Стьюдента, що визначається за таблицею в залежності від значення довірчої ймовірності Φ_{ct} .

При ймовірності: $\Phi_{ct} = 0,95$ та $n = 20$, $\alpha_{cm} > 2,09$

Знаючи α_{cm} , можна обчислити дійсне значення вимірюваної величини

$$x_g = \bar{x} \pm \mu = \bar{x} \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \alpha_{cm} \quad (3.6)$$

Твердість визначали за 6-10 вимірами. Для $n=10$ та довірчої ймовірності $\Phi_{ct} = 0,95$; $\alpha_{cm} = 2,25$; μ було менше 1. При визначенні мікротвердості μ не перевищувала 5.

Для визначення твердості окремих частинок, а також анізотропії твердості різних ділянках покриття в роботі використовувався метод вимірювання мікротвердості.

Вимірювання мікротвердості на поперечних шліфах від виробів з покриттям дозволило отримати інформацію про властивості поверхневих шарів і про товщину самого покриття, що оцінюється різким спадом мікротвердості на межі «покриття – основний метал».

ВИБІР ПЕРСПЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ДЕТАЛІВ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА

Як показує досвід вітчизняного та зарубіжного виробництва для деталей шахтного обладнання, найчастіше використовуються такі зносостійкі сталі: 45Г2, 25ХГНМА, 25Г2СР, 56Г, 30Г, 15ХСНД, 25ХГСР, сталь А 335/А335МgradeР22. В Україні найбільшого поширення для виготовлення боковин та днищ рештаків скребкових конвеєрів набули сталі 30Г (ГОСТ 4543-73), сталь 35 та сталь 25ХГСР (ГОСТ 1050-74).

Для вибору оптимальної марки сталі, що йде на виготовлення одного з найбільш зношуваних елементів скребкового конвеєра днища рештаків були проведені порівняльні випробування сталі 30Г, що часто використовується, і перспективних сталей 25ХГСР і А 335/А 335М (ASTM,США)

Таблиця 4.1

Хімічний склад сталі 25 ХДСР

Вміст елементів, %					
С	Si	Mn	Cr	В	Fe
0,25	0,60	0,95	0,50	0,001	інше

Таблиця 4.2

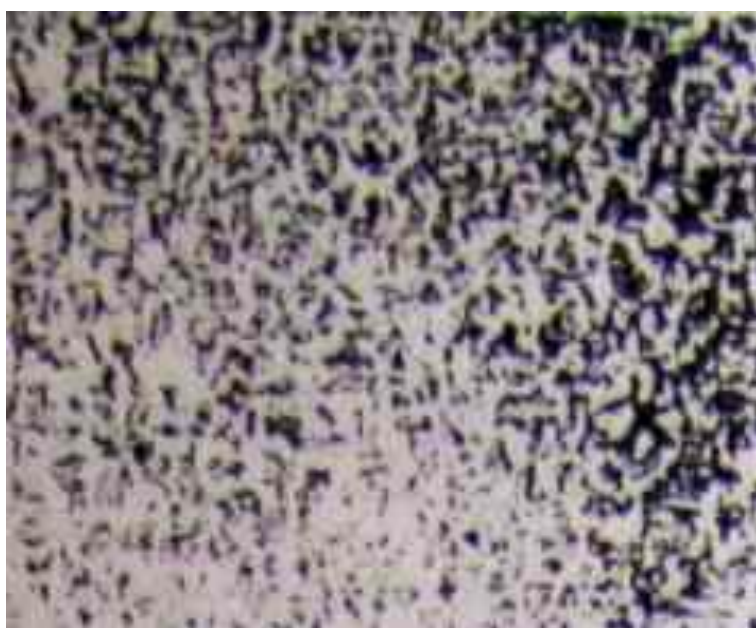
Хімічний склад сталі А335/А335М

Вміст елементів, %						
З	Mn	P	S	Si	Mo	Fe
0,2	0,3...0,8	≤0,025	<0,025	0,1...0,5	0,44...0,62	інше

Таблиця 4.3

Хімічний склад сталі 30Г

Вміст елементів, %								
З	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,27- 0,35	0,17- 0,37	0,7-1	<0,3	<0,035	<0,035	<0,3	<0,3	решта



Малюнок 4.1 – Мікроструктура сталі 30Г, х 600

У зв'язку з тим, що профіль боковини рештаку на заводах-споживачах піддають різанню в гарячекатаному стані, вивчили механічні властивості сталі 25ХГСП у стані після прокатки. У сталі, виплавленої у виробничих умовах, вміст кремнію та марганцю коливається у великих межах: кремнію від 0,59% до 0,68%,

марганцю від 0,98% до 1,70%.

При вмісті вуглецю та марганцю на нижній межі (0,18...0,20 % С ; 1% Mn) тимчасовий опір розриву становить 560...610 МПа, межа плинності 360...390 МПа, відносне подовження – 24... 31%. Збільшення вмісту вуглецю в сталі до 0,27...0,28 % при вмісті марганцю 1,06...1,09 % призводить до підвищення тимчасового опору розриву до 650...695 МПа за невеликого зростання межі плинності – до 390 ...410 МПа. Відносне подовження знижується до 21...27%, відносне звуження становить 54...60%.

На підставі проведених досліджень рекомендовано хімічний склад сталі 25ХГСП, поданий у табл. 4.1.

Результати металографічних досліджень показали, що у вихідному стані структура сталі 30Г складається з зерен фериту та перліту, що знаходяться приблизно у співвідношенні 1:1 (рис. 3.1). Зерна, переважно, рівноважні, дрібні. Твердість становить 220...250НВ. Іноді спостерігається рядковість у розташуванні структурних складових.

У табл.4.2 та 4.3 представлений відповідно склад хімічного складу сталі А335/А335М і сталі 30Г.

Більш тонку будову структурних складових становлять дослідження, виконані на електронному мікроскопі (рис. 4.2). Тут чітко видно зерна фериту та ділянки ферито -карбідної суміші перлітного типу.



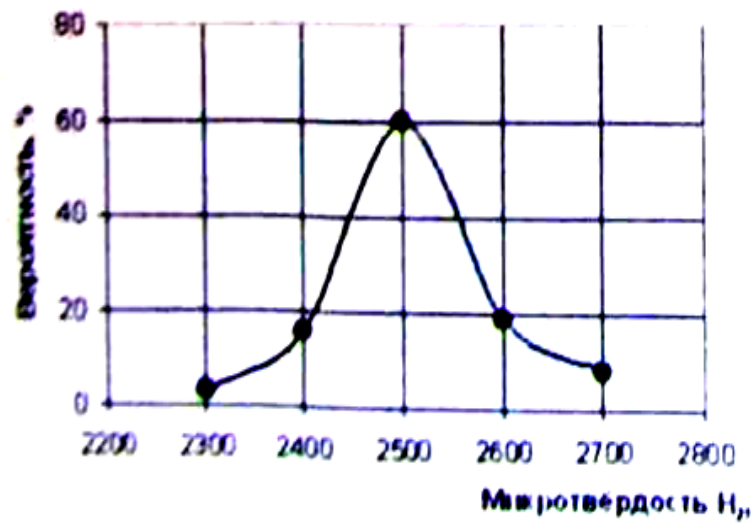
Малюнок 4.2 - Електронна фотографія структури сталі 30Г, x10000

На рис. 4.3 представлені частотні криві розподілу мікротвердості перлітної (а) та феритної (б) структурних складових сталі 30Г. Як очевидно з цих графіків, пік розподілу мікротвердості феритних зерен відповідає $H_m = 1750$ МПа, а перлітних зерен $H_m = 2500$ МПа. Загальна жорсткість становить 225–230 НВ.

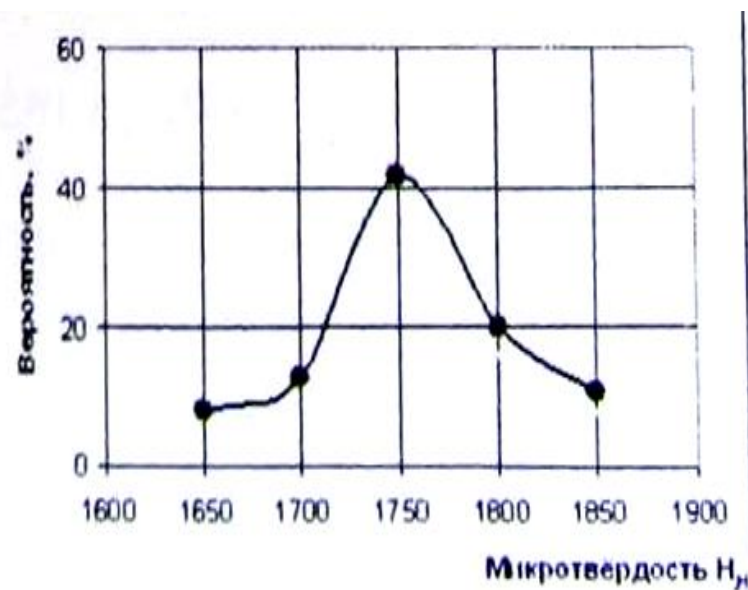
У вихідному стані структура сталі 25ХГСП є троститом і невеликою кількістю дрібних карбідів, розташованих рівномірно (рис. 4.4, а). Хоча вуглецю в цій сталі невелика кількість (0,25 %) і навіть трохи менше, ніж у сталі 30Г, але наявність таких легуючих елементів, як Cr, Mn, Si, В, зсуває точку «S» на діаграмі Fe-Fe₃C ліворуч і призводить до формування структур, близьких до евтектоїдних. Також наявність зазначених легуючих елементів зсуває

C-подібну діаграму вправо, зменшує критичну швидкість охолодження і сприяє формуванню при охолодженні на повітрі трооститної структури, в результаті чого виходить більш висока

твердість, ніж сталі 30Г, що знаходиться в межах 380-390Н4 (рис. б).

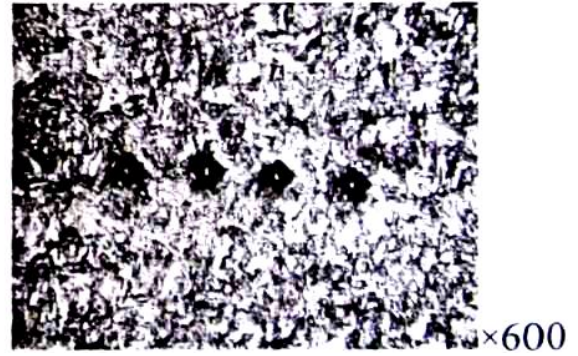
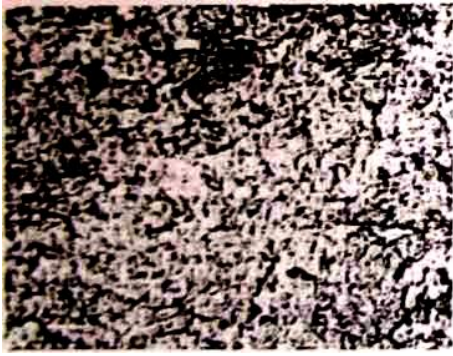


а



б

Малюнок 4.3 - Частотні криві розподілу мікротвердості перлітної (а) та феритної (б) структурних складових сталі 30Г



а б

Малюнок 4.4 – Мікроструктура сталі 25ХГСП

Дослідження під електронним мікроскопом дозволили вивчити структуру сталі при більшому збільшенні, побачити характер розташування карбідів (рис. 4.5).



Малюнок 4.5 - Електронна фотографія структури сталі 25 ХГСП,
x 10000

Карбіди досить дисперсні , мають сферичну форму та розташовані рівномірно. З погляду зносостійкості – це дуже позитивний чинник.

На рис. 4.6 представлена частотна крива розподілу мікротвердості сталі 25ХГСП. Як випливає з результатів вимірювання мікротвердості в сталі 25ХГСП, більшість зерен мають мікротвердість $H_m = 3800$ МПа.

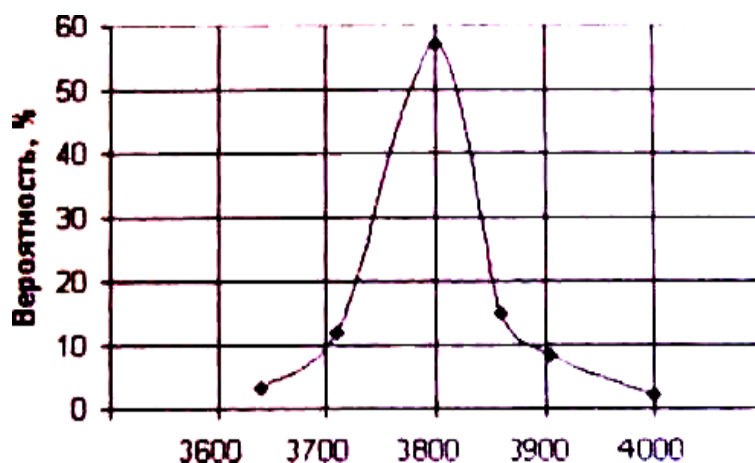


Рисунок 4.6 – Частотна крива розподілу мікротвердості сталі 25ХГСП

Структура сталі А 335/А 335М (ASTM, США) являє собою сорбіто-трооститну структуру. Включень карбідів практично немає. Повністю відсутня феритні зерна (рис. 4.7). Хоча в цій сталі вуглецю невелика кількість (0,12-0,21%), але наявність таких легуючих елементів, як Mn , Si , Cr , В наближає сталь до евтектоїду , внаслідок чого відсутня в структурі ферит. І ці ж легуючі елементи зменшують критичну швидкість, сприяючи формуванню при охолодженні на повітрі сорбіто-трооститної структури. Але в даному випадку інкубаційний період розпаду аустеніту буде меншим, ніж у сталі 25ХГСП, що обумовлює наявність у структурі сорбіту, а в деяких випадках і перліту. Підтвердженням результатів структурних досліджень є як показання макротвердості , і показання мікротвердості .

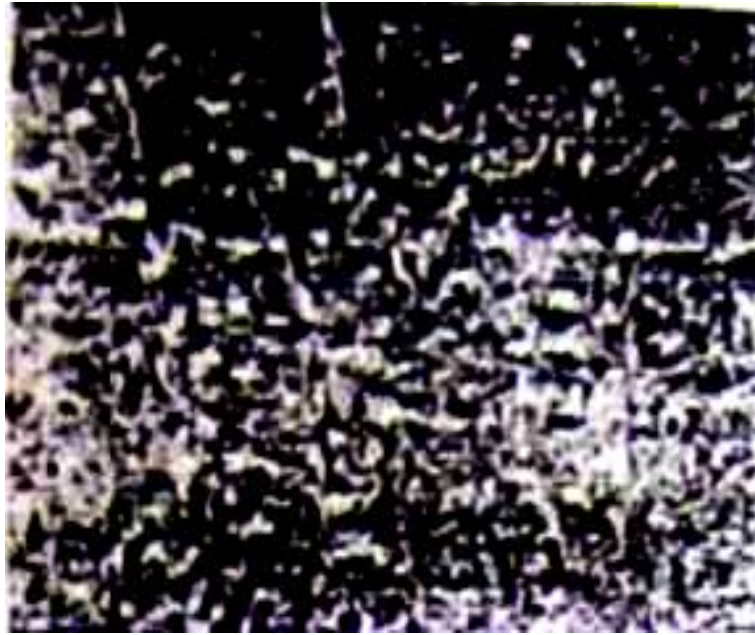


Рисунок 4.7 – Мікроструктура сталі А 335/А 335М, х 600

На рис. 4.8 представлена частотна крива розподілу мікротвердості сталі А 335/А 335М. Як впливає з кривої, більшість зерен мають мікротвердість $H_m = 3300$ МПа.

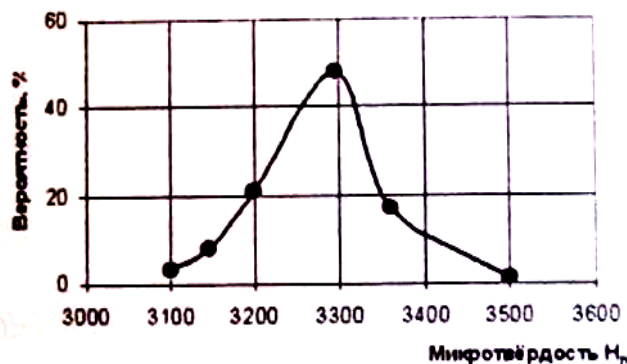
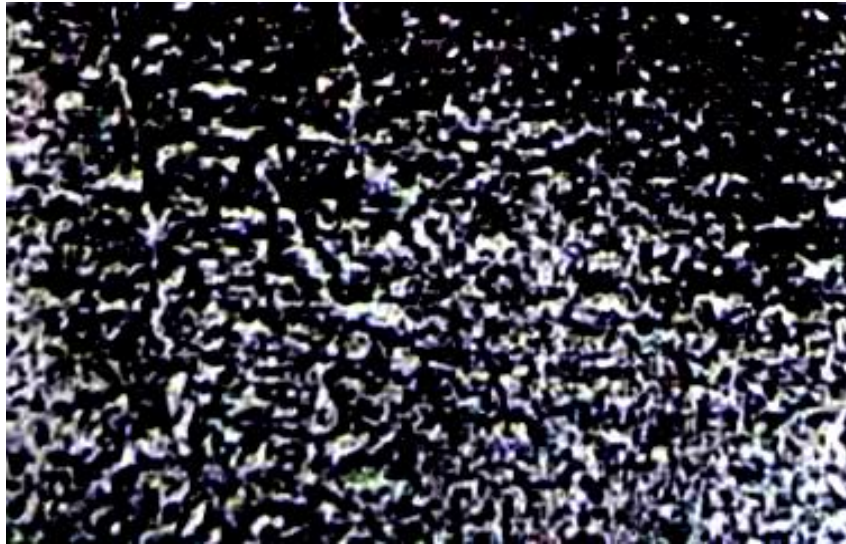


Рисунок 4.8 – Частотна крива розподілу мікротвердості сталі А335/А335М

На рис. 4.9 представлена електронна фотографія структури цієї сталі. Якщо порівняти результати електронно-мікроскопічних досліджень сталі 25ХГСП і сталі А 335/А 335М, то можна сказати, що, як правило, у сталі А 335/А 335М карбіди більші.



Малюнок 4.9 – Електронна фотографія структури сталі А 335/А335
М, x10000

Таким чином, на основі досліджень матеріалів у вихідному стані можна припустити, що кращі результати на тертя має показати сталь 25ХГСП. Таке припущення ґрунтується на таких факторах.

Дана сталь має найвищу з порівнюваних сталей мікротвердість, загальну твердість і, як показали, електронно-мікроскопічні дослідження, характеризується наявністю дисперсніших карбідів. Останній фактор має суттєво вплинути на підвищення зносостійкості.

В даний час в гірничодобувній промисловості для деталей, особливо схильних до зносу і руйнування, знайшла застосування сталь HARDOX, що випускається шведською компанією SSABOxelosund.

Випускають марки HARDOX 400, 450, 500 і 600. Індекс показує величину твердості цієї марки сталі за Брінелем.

Зносостійка сталь HARDOX спеціально створена для того,

щоб протистояти сильному зносу. Фактичний термін служби товстолистової сталі залежить від твердості матеріалу, що контактує з листом, а також від типу зношування.

Для випробувань вибрано такі сталі HARDOX, Nicrodur і QUARD, хімічний склад яких наведено в таблицях 4.4 – 4.6.

Таблиця 4.4

Хімічний склад HARDOX

(максимальний вміст елемента)

Марка з сталі HARDOX	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	У	Твердь - дость HBW
400	0,14-0,32	0,70	1,60	0,025	0,01	0,30-1,40	0,25-1,50	0,25-0,60	0,004	425-475
450	0,14-0,22	0,70	1,60	0,025	0,01	0,30-1,40	0,25-0,50	0,25-0,60	0,004	450-540
500	0,27-0,30	0,70	1,60	0,025	0,01	1,00-1,50	0,25-	0,25-0,60	0,004	450-540
550	0,37	0,50	1,30	0,020	0,01	1,40	1,40	0,60	0,004	525-575
600	0,47	0,70	1,00	0,015	0,01	1,20	2,50	0,70	0,005	570-640
HiTuf *	0,20	0,50-0,60	1,60	0,020	0,01	0,70	2,00	0,70	0,005	310-370

*Додатково V 0,060-0,090 і Nb до 0,04

Таблиця 4.5

Хімічний склад сталі Nicrodur

(максимальний вміст елемента)

Марка з талі Nicrodur	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	У	Тверь - дость HBW
400	0,16-0,23	1,0	1,50	0,012	0,02	0,80-1,10	0,50	0,50	0,004	360-440
450	0,18-0,25	1,0	1,50	0,012	0,02	0,80-1,10	0,50	0,50	0,004	450-530
500	0,28-0,40	1,0	1,50	0,012	0,02	1,00-1,50	0,50-1,00	0,50	0,005	420-480

Таблиця 4.6

Хімічний склад сталі QUARD

(максимальний вміст елемента)

Марка з талі QUARD	C	Si	Mn	P	S	Cr	Вуглецевий еквівалент	Тверь - дость HBW
400	0,16-0,17	0,60	1,40-1,60	0,025	0,01	0,50-1,30	0,36-0,64	380-420
450	0,20-0,23	0,60	1,40-1,60	0,025	0,01	0,20-1,30	0,41-0,64	450-490
500	0,30	0,80	1,60	0,025	0,01	1,00	0,57-0,61	490-510

5.1 Вибір параметрів проведення зносних випробувань

Рештковий став скребкового конвеєра піддається інтенсивному стирання тяговими ланцюгами, скребками, матеріалом, що транспортується, і відчуває значні навантаження від впливу на них вугільного комбайна.

Вузьким місцем у скребковому конвеєрі є днище рештаків у місцях контакту зі ланками тягового ланцюга. З найбільшою інтенсивністю зношування протікає на ділянках стикування рештаків. Під дією абразиву та шахтних вод у місцях контакту ланцюга з днищем знос настільки інтенсивний, що у днищі можуть утворюватися наскрізні дірки.

Величина відносної абразивності природних матеріалів залежить від їхньої твердості та форми. Твердість речовин, своєю чергою, визначається природою мінералів, що входять до них.

Саме по собі вугілля має більш низьку абразивну здатність порівняно з багатьма мінералами та гірськими породами.

Мікротвердість окремих компонентів, що входять у вугілля, коливається в межах $27...426 \text{ кгс/мм}^2$.

Абразивне зношування для останкового ставу скребкових конвеєрів проявляється головним чином дією абразивних частинок по поверхні.

При взаємодії поверхні решткового ставу з вугільною масою має місце абразивне зношування з багаторазовою пластичною деформацією, що призводить до втомного руйнування.

Ефективність підвищення твердості сталі з метою збільшення її зносостійкості визначається абразивністю робочого середовища. Чим нижче абразивність, тим більший приріст зносостійкості у разі підвищення твердості сталі.

На основі аналізу факторів, що визначають інтенсивність зношування, встановлено, що інтенсивність зношування елементів решткового ставу і тягового органу з природними зірочками залежить від абразивності породи, що транспортується, і зростає в міру підвищення в гірській породі кількості вільного кремнезему у вигляді зерен.

З метою встановлення впливу певних параметрів на зносостійкість було проведено випробування на лабораторному стенді СМЦ-2, робота якого при парі тертя чистого ковзання «колодка-диск» імітувала роботу реального сполучення «днище-ланка тягового ланцюга».

Одним з основних параметрів, що визначають зносостійкість, є склад робочого середовища, в якому працює пара тертя. Зносостійкість визначали втратою ваги як колодочки, і ролика.

Для вибору оптимального складу робочого середовища порівняльні випробування проводили в ідентичних умовах, а саме: навантаження становило 1 кгс зі збільшенням до 3 кгс, ковзання дорівнювало 0,63 м/с. Приробіток становив 30 хв. Робоче середовище випробовувалося 1 раз протягом 36 годин для однієї

пари. Матеріал колодочки - сталь 25ХГСП. Матеріал ролика – сталь 35 ХДСА.

Досліджувалися такі склади:

Перший склад: вугілля марки ДГен – 30 г (дисперсність 400 мкм)

кварцовий пісок – 10 г (дисперсність 200 мкм)

тальк – 5 г

графіт сріблястий – 5 г

вода – 70 г

Загальна маса – 120 г

Другий склад: вугілля марки ДГен – 40 г

кварцовий пил – 10 г

глина – 20 г

вода – 50 г

Загальна маса – 120 г

Третій склад: вугілля марки ДГен – 50 г

кварцовий пісок – 5 г

глина – 15 г

вода – 50 г

Загальна маса – 120 г

Нижче наведено гістограми втрати ваги ролика та колодочки під час роботи у зазначених середовищах (відповідно рис. 5.1 та 5.2).

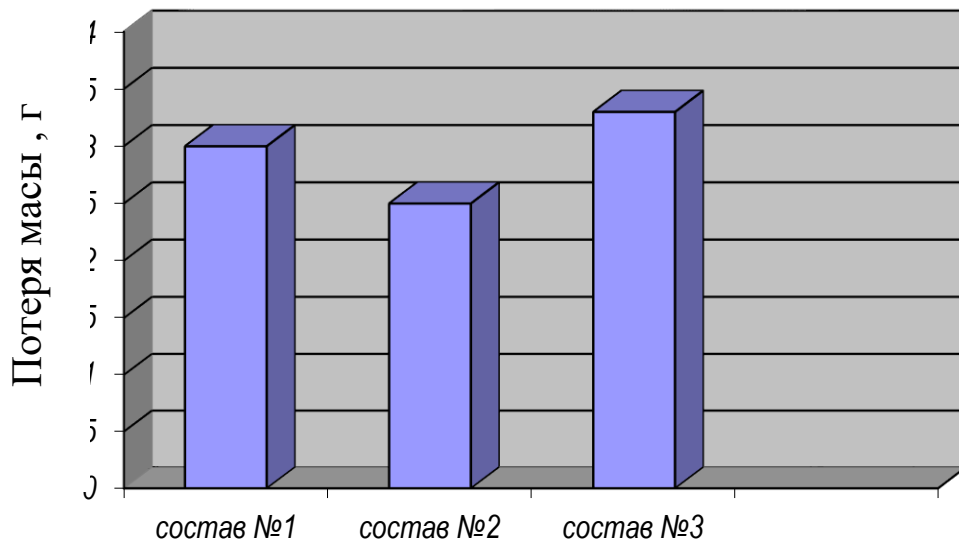


Рисунок 5.1 – Втрата ваги колодочки при роботі пари тертя в середовищі, що відповідає складу 1, 2 та 3

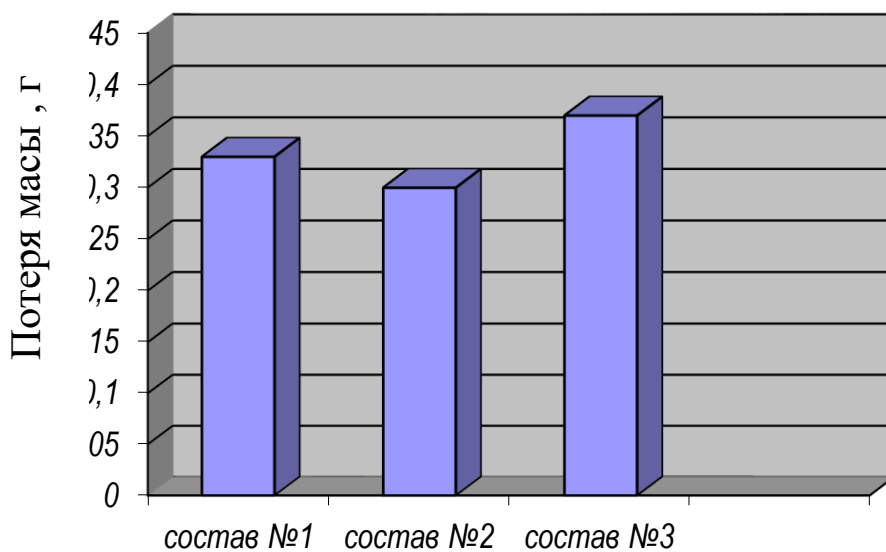


Рисунок 5.2 – Втрата ваги ролика під час роботи пари тертя у середовищі, що відповідає складу 1, 2 та 3

Найменша втрата ваги, як колодочки, так і ролика має місце при використанні як робоче середовище складу №2.

Оптимальні параметри для оцінки зносостійкості на машині СМЦ-2:

навантаження-3 кгс;

швидкість ковзання - 0,63 с / м ;

склад решткового середовища:

вугілля марки ДГен – 40 г

кварцовий пил – 10 г

глина – 20 г

вода – 50 г

Загальна маса – 120 г

Зносостійкість зазвичай оцінюється величиною, зворотної швидкості чи інтенсивності зношування. Вона залежить від великої кількості факторів, але з певним ступенем умовності насамперед залежить від твердості.

Швидкість зношування та знос залежать від часу. Після підробітку встановлюється так звана рівноважна шорсткість, що зберігається при подальшій експлуатації незмінною. Це означає перехід до другої стадії, що встановилася.

Саме друга стадія характеризує довговічність пари, що труться. У цей період встановлюється динамічна рівновага між процесами зміцнення та розміцнення поверхневих шарів, у яких спостерігається формування вторинних структур.

Шорсткість, мікроструктура, наявність зміцнення поверхневих шарів є найважливішими параметрами стану поверхонь, які значно впливають на їх зносостійкість.

Як вказувалося, раніше, порівняльні зносні випробування сталей, які імовірно можуть бути використані як конструкційний

матеріал деталей шахтного скребкового конвеєра, що труться, проводили в строго ідентичних умовах на лабораторному стенді СМЦ-2. При цьому пара тертя чистого ковзання «колодка-диск» імітувала роботу реального сполучення «днище-ланка тягового ланцюга».

За кожним варіантом сполучених матеріалів випробовували по чотири пари тертя «колодка-диск». Так як зносостійкість матеріалів сполучення оцінювалася за втратою маси зразків, їх зважування проводили до початку випробування і через кожні 6 годин випробування, що дозволило спостерігати динаміку процесу зношування.

5.2 Дослідження зносостійкості на I етапі

На I етапі досліджувалася зносостійкість сталей 30Г, 25ХГСП та А335/А335 М у парі тертя зі сталлю 35ХГСА.

Усереднені результати (чотириразові випробування) величини втрати маси дослідних колодок свідчать, що максимальну зносостійкість виявляє сталь 25ХГСП. За 36 годин випробувань у парі з контртілом зі сталі 35ХГСА при прийнятому навантажувально-швидкісному режимі знос колодки зі сталі 25ХГСП склав 0,1955 р. Сталь А 335/А 335М, і особливо сталь 30Г, мають в ідентичних умовах тертя значно більш низькою а абсолютна втрата маси виготовлених з них колодок становить, відповідно, 0,4006 і 0,6995 г (рис. 5.3).

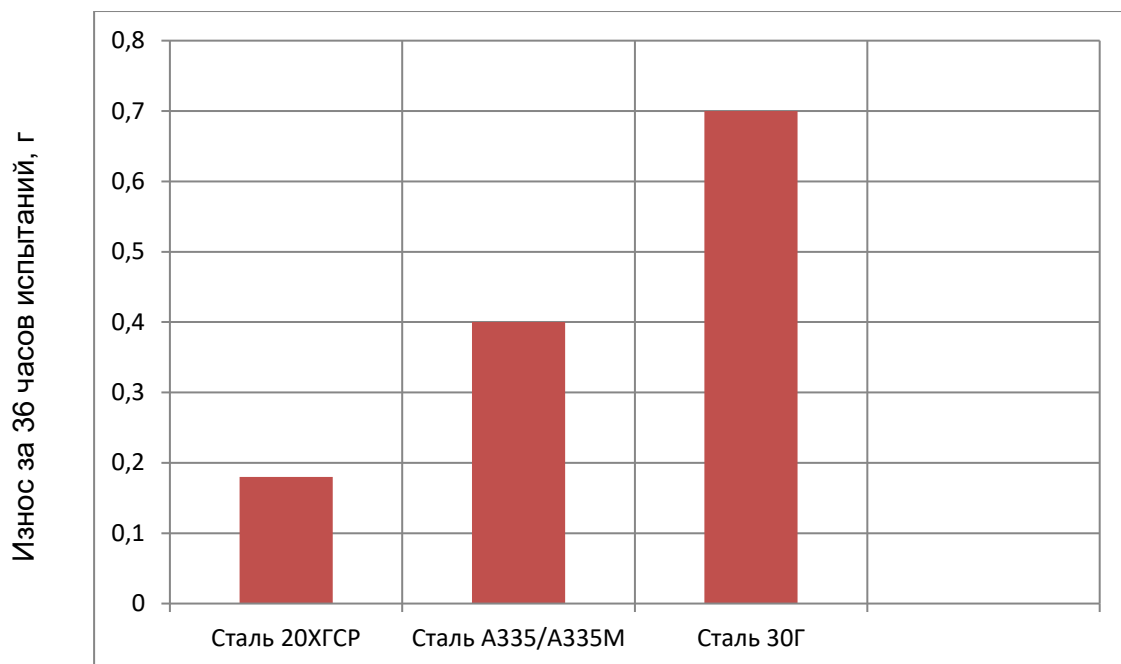


Рисунок 5.3 - Гістограма зносу сталей після 36 годин випробувань

Практично за будь-якого характеру процесу зношування металів і сплавів важливою характеристикою є не так абсолютна величина зносу за певний проміжок часу, скільки кінетика самого процесу. Вона зазвичай оцінюється зміною швидкості зношування матеріалів сполучення величиною або втратою маси абразиву в одиниці часу з одиниці площі тертя.

Саме зміна швидкості зношування дозволяє прогнозувати величину можливого зношування деталей (зразків) за скільки завгодно тривалий період їх експлуатації при, безумовно, нормальному перебігу самого процесу зношування: тобто. без явищ мікросхоплювання і задир .

На рис. 5.4 наведено криві, що характеризують тенденцію протікання процесу поверхневого руйнування досліджуваних сталей у проміжку часу від початку випробувань до 36 годин роботи сполучення «колодка-диск».



Рисунок 5.4 - Зміна величини відносного зношування в часі: 1 – сталь 25ХГСП, 2 – сталь А335/А335М, 3 – сталь 30Г

Функціональна залежність відносної втрати маси зразків за певний проміжок часу (у нашому випадку за кожні 6 годин випробування) дозволяє спостерігати щодо швидку стабілізацію процесу зношування пари тертя сталь 25ХГСП – сталь 35ХГСА та аналогічну, але при вищій швидкості втрати маси для пари сталь А3 335М -сталь 35 ХГСА У той же час помітно, що для сталі 30Г за 36 годин випробувань не спостерігається чітка тенденція початку стабілізації процесу зношування (крива має ще досить крутий нахил до осі абсцис).

Якщо визначити значення швидкості зношування $V_{\text{изн}} [\text{Г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}]$ кожної сталі протягом перших 6 годин випробування й у проміжку часу 30 ... 36 годин, всі вони мають, відповідно, наступний порядок величин:

Сталь 30Г: $7,09 \cdot 10^{-3}$ та $14,3 \cdot 10^{-3} [\text{Г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}]$

Сталь 25ХГСП: $2,5 \cdot 10^{-3}$ та $4,83 \cdot 10^{-3} [\text{Г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}]$

Сталь А335А/А335М: $2,8 \cdot 10^{-3}$ та $9,4 \cdot 10^{-3}$ [Г · см⁻² · год⁻¹]

Це означає, що швидкість зношування всіх досліджуваних сталей з часом збільшується, але по-різному. Особливо помітне зростання її для сталі 30Г, значно меншою мірою для сталі 25ХГСП (рис. 5.5, 5.6).

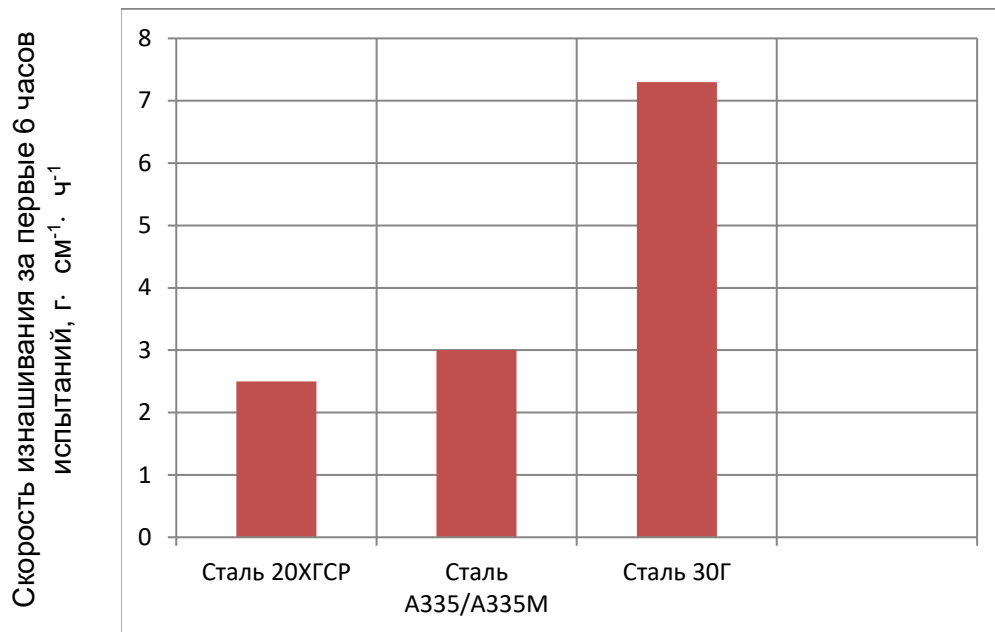


Рисунок 5.5 – Гістограма швидкості зношування за перші 6 годин випробувань

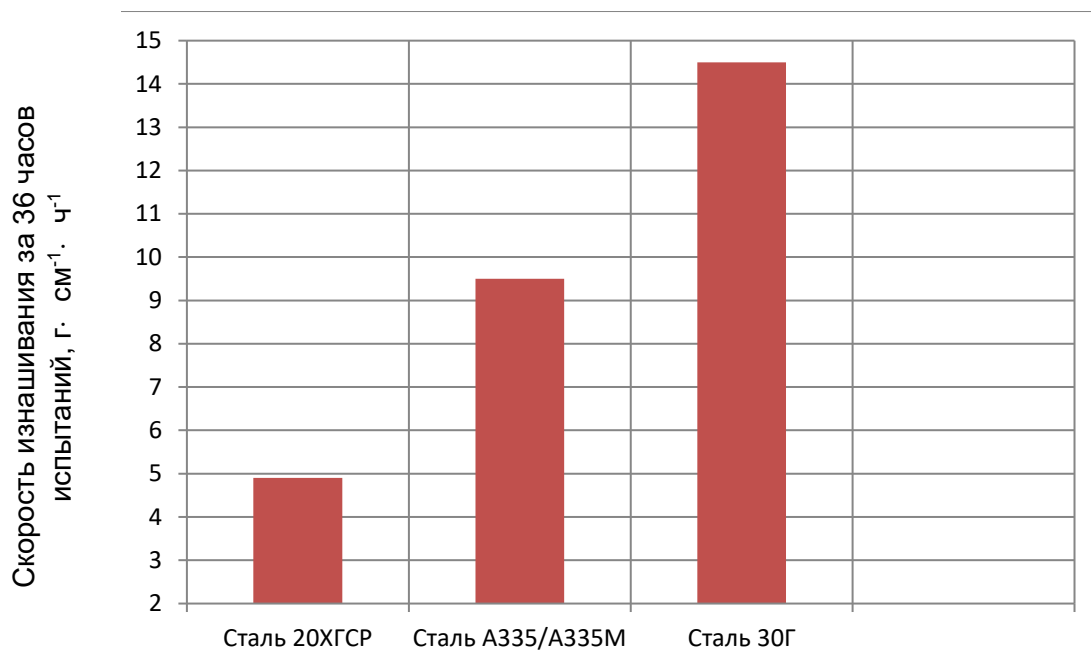


Рисунок 5.6 – Гістограма швидкості зношування за 36 годин випробувань

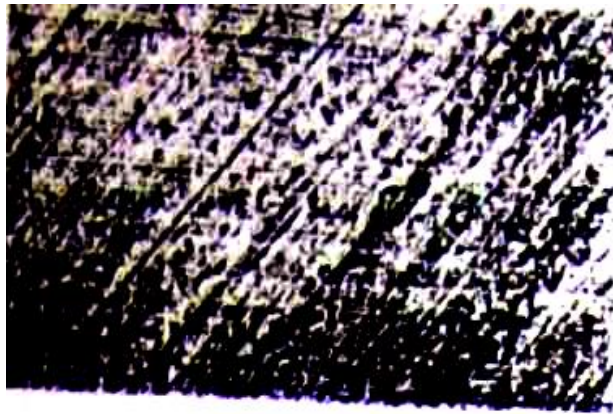
Цей факт пояснюється двома причинами. З одного боку, при більш тривалому знаходженні металу в контакті з водою корозія з поверхні прямує в глибину його товщини, тим самим призводячи до зміцнення. З іншого боку, згодом відбувається подрібнення абразивних частинок вугілля, піску, і тоді їх вплив на процес зношування проявляється більш активно, хоча сама по собі абразивність маси повинна зменшуватися під дією води.

Таким чином, проведені короточасні зносні випробування трьох марок сталей дозволили встановити їхню відносну зносостійкість, а також тенденцію процесу зношування в конкретних умовах тертя. Отримані кількісні характеристики зносостійкості сталей 30Г, 25ХГСП та А 335/А 335М поєднуються з особливостями їх структурної будови, механічних (твердості) та інших властивостей, що прямо або опосередковано впливають на процес зношування в абразивно-корозійному середовищі.

Результати металографічних досліджень дозволили пояснити закономірності отриманих даних із зносостійкості. А саме, сталь 30Г має найменшу зносостійкість насамперед тому, що має несприятливу, з точки зору антифрикційних властивостей зернисту ферито -перлітну структуру і, отже, найнижчу твердість.

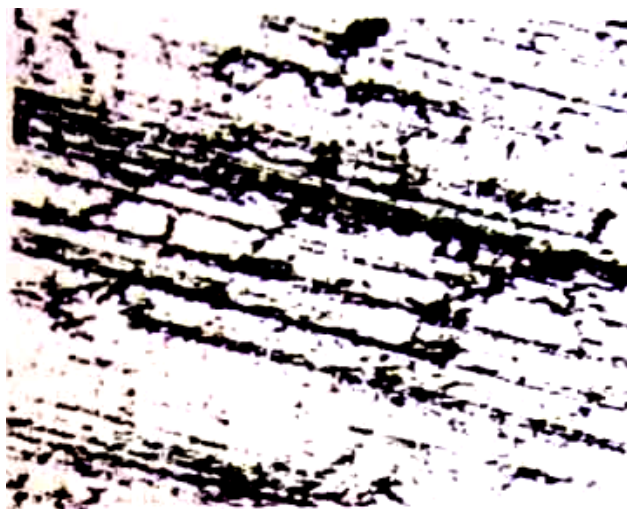
У сталі 25ХГСП твердість суттєво вища за твердість сталі 30Гі сталі А 335/А 335М за рахунок чисто троститної структури з дрібними включеннями карбідів. Наявність в останній сорбіті поряд з троститом і присутність більших карбідів може дещо змінити умови тертя в парі з твердішим матеріалом, яким є загартована сталь 35ХГСА. Наприклад, може мати місце викрашування великих карбідів. До того ж слід підкреслити, що в прийнятих умовах випробування на зношування в абразивно-корозійному середовищі механізм зношування сталей досить складний. Тут має місце мікрорізання металу абразивними частинками, що потрапляють у зону тертя, і навіть безпосередній контакт металевих поверхонь.

В останньому випадку може спостерігатися мікросхоплювання або утворення натирів з м'якшої структурної складової. Усе це зумовлює особливий характер мікрорельєфу поверхні тертя.



x600

**Малюнок 5.7 - Мікрорельєф поверхні тертя колодки із сталі
А335/А335М після 36 годин випробувань**



x600

**Малюнок 5.8 – Мікрорельєф поверхні тертя колодки зі сталі
25ХГСП після 36 годин випробування**

Зовсім інший мікрорельєф формується при терті в ідентичних умовах сталі А 335/А 335М та сталі 25 ХГСП (рис. відповідно 5.7, 5.8).

Поверхня тертя сталі 25ХГСП у процесі зношування набуває паралельні ризики «сліди» мікрорізання абразивними частинками, а сталі А 335 /А 335М спостерігаються сліди мікросхоплювання і локальні напливи. Все це в цілому впливає на рівень зносостійкості сталей, що відрізняються між собою структурою і, отже, твердістю.

Слід також брати до уваги той факт, що зношування матеріалів проводилося в середовищі, що містить воду. Вода, у тому числі шахтна, може як позитивний, так і негативний вплив на процес зношування деталей скребкових конвеєрів.

Як уже зазначалося, з одного боку, вода, змочуючи вугілля та породу, знижує їх абразивність, а значить інтенсивність зношування деталей, а з іншого – знижує опірність руйнуванню поверхневого шару металу за рахунок реалізації ефекту Ребіндера та корозійних явищ. Результатом цього є той факт, що чим менш корозійностійкий матеріал у даному середовищі, тим сильніше, за інших рівних умов він зношуватиметься при терті.

Проведення протягом 120 год випробування корозійної стійкості трьох досліджуваних марок сталей у водному середовищі при температурі $+20^{\circ}\text{C}$ показали, що максимальну швидкість корозії ($VK = 3,80 \cdot 10^{-4} \text{Г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$) виявляє сталь 30Г, Мінімальну ($VK = 0,75 \cdot 10^{-4} \text{Г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$) - сталь 25ХГСП.

Швидкість корозії сталі А 335/А 335М дорівнює $1,6 \cdot 10^{-4} \text{Г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$ (рис. 5.9). Слід врахувати той факт, що корозія при терті протікає ще інтенсивніше, оскільки має місце нагрівання зразків у макрообсязі до температури порядку $+60^{\circ}\text{C}$. Крім того, в процесі тертя ковзання зразків з поверхні, що кородує, видаляються продукти корозії, які в стаціонарних умовах утримуються, створюючи свого роду захисний прошарок.

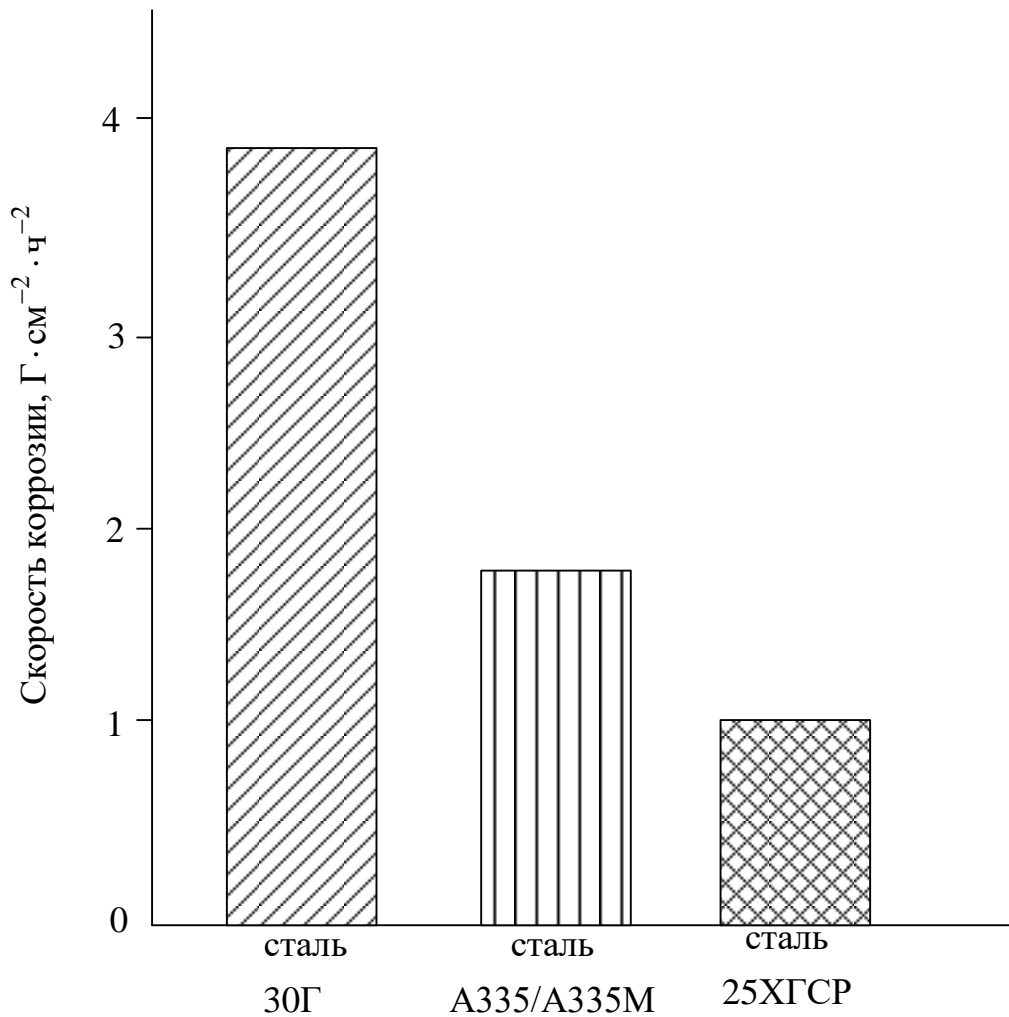


Рисунок 5.9 – Гістограми швидкості корозії

Отримані результати корозійної стійкості досліджуваних сталей дають додаткову інформацію про їхню поведінку при терті в корозійно-активному середовищі, якою є вода. Найбільш сильно протікають корозійні процеси в сталі 30Г, пов'язані з особливістю змішаної (неоднорідної) ферито -перлітної структури, значною мірою інтенсифікують загальне поверхневе руйнування її при терті. Гомогенна троститна структура стали 25ХГСП найменше схильна до корозії у воді.

Можна припустити, що у реальних умовах шахти днище і ланка тягової ланцюга непостійно піддаються різному впливу

води, як у при стендових випробуваннях машині СМЦ-2, тобто. має місце тертя сухого абразиву про деталь. Для уточнення поведінки досліджуваних сталей в умовах «сухого» тертя були додатково проведені випробування їх на зносостійкість на машині тертя Шкода- Савіна , що імітує взаємодію абразивного диска зі зразком досліджуваних сталей. Випробування проводилися на зразках-колодках, які раніше використовували на машині тертя СМЦ-2. Умови випробування: частота обертання диска – 675 з^{-1} , навантаження – 15,0 кгс (150 Н), тривалість випробування – 3 хв. Результати випробувань виглядають в такий спосіб. Якщо зношування сталі 25ХГСП прийняти за 1, то відносне зношування сталі 30Г становить 3,1, а сталі А 335/А 335М - 2,7 (рис. 5.10). Ці дані до певної міри корелюють з результатами абразивно-корозійного випробування на СМЦ-2.

На рис. 5.11 представлені для порівняння гістограми відносного зносу в умовах «сухого» тертя сталей 30Г, HARDOX 500, HARDOX 400, 25ХГСП з яких випливає, що відносний знос відповідно сталі HARDOX 400 у 3,5 разів, а сталі HARDOX 500 , Чим сталі 09Г2С і в 2 рази менше сталі 25ХГСП.

Относительный износ в условиях «сухого» трения

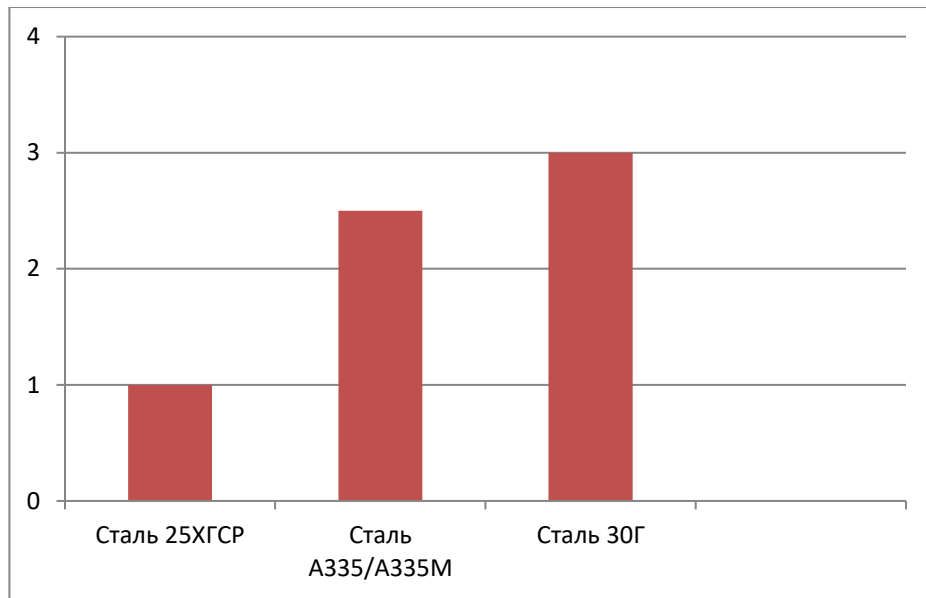


Рисунок 5.10 – Гістограми відносного «сухого» зносу

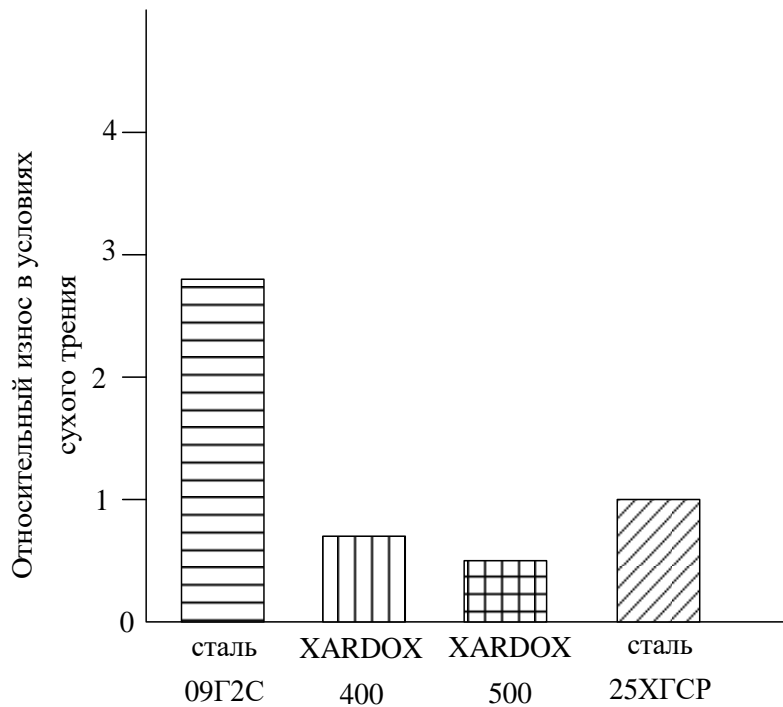


Рисунок 5.11 – Гістограми відносного «сухого» зношування

5.3 Встановлення взаємозв'язку між режимом термічної обробки сталей, їх твердістю та зносостійкістю

Зносостійкість залежить від великої кількості факторів, але з певним ступенем умовності насамперед залежить від твердості.

Так М.М. Хрущовим [11] було встановлено, що з кожної з вуглецевих сталей є своя лінійна залежність між твердістю і зносостійкістю.

Проте інші автори [12, 13] дійшли висновку, що стійкість матеріалів при абразивному зносі залежить від твердості.

Також суперечливі висновки пояснюються тим, що не враховується низка факторів, а саме специфічні особливості процесу зняття стружки при абразивному зношуванні, коли стружка знімається довільно та неправильною геометричною формою.

Крім того, при цьому вершини зерен мають округлення, що призводить до зміни механізму руйнування металу.

При абразивному зносі – дряпанні, коли знімається дуже тонка стружка, товщиною, що дорівнює мікронам або часткам мікрона, часто відбувається зминання металу, а не різання. Природно, що таке явище виявлятиметься тим більше, чим твердішим і менш пластичним буде досліджуваний матеріал.

Матеріалом дослідження були сталі 25ХГСП, 25ХГ2СПФ та 35ХГС. Пара тертя ролик-колодка імітувала роботу реального сполучення днище рештаків – ланки ланцюга, боковина рештаків –

ланки ланцюга.

Боковина рештаків виконана із сталі 25ХГ2СРФ, днище рештаків – із сталі 25ХГСР, ланки ланцюга – із сталі 35ХГСА.

Далі наведено у табл. 5.1, 5.2, 5.3 відповідно твердість після гарту і високої відпустки та гарту та низької відпустки досліджуваних сталей.

Таблиця 5.1

Значення твердості сталі 35ХГСА

Стан	Марки - рівка	Твердість НВ W	Стан	Марки - рівка	Твердість	
					HRC	НВ W
після гарту та високої відпустки	1	217	після гарту та низької відпустки	15	47	444
	2	217		16	47	444
	3	217		17	47	444
	4	212		18	47	444
	5	217		19	47	444
	6	212		20	47	444
	7	217		21	47	444
	8	212		22	47	444
	9	212		23	47	444
	10	212		24	47	444
	11	212		25	47	444
	12	217		26	47	444
	13	212		27	47	444
	14	212		28	47	444

Таблиця 5.2

Значення твердості сталі 25ХГ2СРФ

Стан	Марки - рівка	Твердість НВ W	Стан	Марки - рівка	Твердість	
					HRC	НВ W

після гарту та високої відпустки	1	277	після гарту та низької відпустки	8	45	430
	2	277		9	48	460
	3	277		10	45	430
	4	269		11	46	438
	5	269		12	46	438
	6	269		13	46	438
	7	285		14	45	430

Таблиця 5.3

Значення твердості сталі 25ХГСП

Стан	Марки - рівка	Твердість НВ	Стан	Марки - рівка	Твердість	
					HRC	НВ
після гарту та високої відпустки	15	262	після гарту та низької відпустки	22	46	438
	16	269		23	46	438
	17	262		24	45	430
	18	269		25	44	438
	19	269		26	45	430
	20	269		27	47	444
	21	277		28	47	444

З аналізу таблиць випливає, що твердість сталі після загартування та високої відпустки (у стані поставки) істотно нижче, ніж після загартування та низької відпустки. Найбільш низьку твердість має сталь 35ХГСА може поставки. Після гарту та низької відпустки твердість всіх сталей, які підлягають дослідженню, практично однакова.

З зазначених сталей у стані поставки і після гарту та низької відпустки, як уже зазначалося раніше, були виготовлені ролики та колодочки для проведення зносних випробувань. Тривалість

випробувань становила 15, 30, 45, 60 хв.

У табл. 5.4 наведено маса ролика у вихідному стані, а в табл. 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 результати зносних випробувань, а саме втрата маси ролика після тертя протягом 15, 30, 45 та 60 хв.

Таблиця 5.4

Маса роликів, виконаних із сталей 25ХГ2СРФ та 25ХГСР, до випробувань

Деталь	Сталь	Стан	№ тавра	Маса, г
Боковина	25ХГ2СРФ	після гарту та високої відпустки	3	159,359
Боковина	25ХГ2СРФ	– // –	4	159,923
Днище	25ХГСР	– // –	17	160,828
Днище	25ХГСР	– // –	15	160,891
Боковина	25ХГ2СРФ	після гарту та низької відпустки	8	161,973
Боковина	25ХГ2СРФ	– // –	9	161,825
Днище	25ХГСР	– // –	23	162,603
Днище	25ХГСР	– // –	22	162,479

Таблиця 5.5

Втрата маси ролика після тертя протягом 15 хв.

Деталь	Сталь	Стан	№ тавра	Маса, г	Втрата маси, Δm , г
Боковина	25ХГ2СРФ	після гарту та високої відпустки	3	159,359	0,147
Боковина	25ХГ2СРФ	– // –	4	159,923	0,120
Днище	25ХГСР	– // –	17	160,828	0,150

Днище	25ХГСР	– // –	15	160,891	0,173
Боковина	25ХГ2СРФ	після гарту та низької відпустки	8	161,973	0,016
Боковина	25ХГ2СРФ	– // –	9	161,825	0,016
Днище	25ХГСР	– // –	23	162,603	0,015
Днище	25ХГСР	– // –	22	162,479	0,15

Таблиця 5.6

Втрата маси ролика після тертя протягом 30 хв.

Деталь	Сталь	Стан	№ тавра	Маса, г	Втрата маси, Д т , г
Боковина	25ХГ2СРФ	після гарту та високої відпустки	3	159,200	0,195
Боковина	25ХГ2СРФ	– // –	4	159,743	0,180
Днище	25ХГСР	– // –	17	160,464	0,214
Днище	25ХГСР	– // –	15	160,495	0,223
Боковина	25ХГ2СРФ	після гарту та низької відпустки	8	161,953	0,020
Боковина	25ХГ2СРФ	– // –	9	161,800	0,025
Днище	25ХГСР	– //	23	162,571	0,022
Днище	25ХГСР	– // –	22	162,453	0,027

Таблиця 5.7

Втрата маси ролика після тертя протягом 45 хв.

Деталь	Сталь	Стан	№ тавра	Маса, г	Втрата маси, Д т , г
Боковина	25ХГ2СРФ	після гарту та високої відпустки	3	158,185	0,210
Боковина	25ХГ2СРФ	– // –	4	159,223	0,223
Днище	25ХГСР	– // –	17	160,207	0,257

Днище	25ХГСР	– // –	15	160,631	0,260
Боковина	25ХГ2СРФ	після гарту та низької відпустки	8	161,943	0,030
Боковина	25ХГ2СРФ	– // –	9	161,798	0,027
Днище	25ХГСР	– // –	23	162,573	0,030
Днище	25ХГСР	– // –	22	162,453	0,026

Таблиця 5.8

Втрата маси ролика після тертя протягом 60 хв.

Деталь	Сталь	Стан	№ тавра	Маса, г	Втрата маси, Δm , г
Боковина	25ХГ2СРФ	після гарту та високої відпустки	3	158,117	0,278
Боковина	25ХГ2СРФ	– // –	4	159,763	0,273
Днище	25ХГСР	– // –	17	159,935	0,272
Днище	25ХГСР	– // –	15	159,433	0,285
Боковина	25ХГ2СРФ	після гарту та низької відпустки	8	161,941	0,032
Боковина	25ХГ2СРФ	– // –	9	161,691	0,034
Днище	25ХГСР	– // –	23	162,566	0,037
Днище	25ХГСР	– // –	22	162,449	0,030

У табл. 5.9 наведено масу колодки у вихідному стані, а в табл. 5.10, 5.11, 5.12, 5.13 – втрата маси колодки після тертя протягом 15, 30, 45 та 60 хв.

Таблиця 5.9

Маса колодок, виконаних із сталі 35ХГСА, до випробувань

Деталь	Сталь	Стан	№ тавра	Маса, г
Ланки ланцюга	35ХГСА	після гарту та високої відпустки	2	16,126

Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	3	16,196
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	5	16,132
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	4	16,288
Ланки ланцюга	35ХГСА	після гарту та низької відпустки	15	16,196
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	18	16,305
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	17	16,293
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	19	16,242

Таблиця 5.10

Втрата маси колодки після тертя протягом 15 хв.

Деталь	Сталь	Стан	№ тавра	Маса, г	Втрата маси, Δm , г
Ланки ланцюга	35ХГСА	після гарту та високої відпустки	2	16,089	0,037
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	3	16,152	0,044
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	5	16,075	0,57
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	4	16,246	0,042
Ланки ланцюга	35ХГСА	після гарту та низької відпустки	15	16,193	0,003
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	18	16,296	0,009
Ланки	35ХГСА	– // –	17	16,286	0,007

ланцюга					
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	19	16,234	0,008

Таблиця 5.11

Втрата маси колодки після тертя протягом 30 хв.

Деталь	Сталь	Стан	№ тавра	Маса, г	Втрата маси, Д т , г
Ланки ланцюга	35ХГСА	після гарту та високої відпустки	2	16,036	0,053
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	3	16,101	0,051
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	5	15,080	0,052
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	4	16,159	0,087
Ланки ланцюга	35ХГСА	після гарту та низької відпустки	15	16,165	0,028
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	18	16,273	0,023
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	17	16,282	0,011
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	19	16,212	0,022

Таблиця 5.12

Втрата маси колодки після тертя протягом 45 хв.

Деталь	Сталь	Стан	№ тавра	Маса, г	Втрата маси, Д т , г
Ланки	35ХГСА	після гарту та високої	2	15,925	0,111

ланцюга		відпустки			
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	3	15,082	0,114
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	5	15,032	0,100
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	4	16,062	0,097
Ланки ланцюга	35ХГСА	після гарту та низької відпустки	15	16,127	0,038
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	18	16,239	0,034
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	17	16,258	0,035
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	19	16,168	0,033

Таблиця 5.13

Втрата маси колодки після тертя протягом 60 хв.

Деталь	Сталь	Стан	№ тавра	Маса, г	Втрата маси, Δm , г
Ланки ланцюга	35ХГСА	після гарту та високої відпустки	2	16,000	0,126
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	3	16,073	0,123
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	5	15,645	0,125
Ланки ланцюга	35ХГСА	– // –	4	16,160	0,127
Ланки ланцюга	35ХГСА	після гарту та низької відпустки	15	16,090	0,037

Ланки ланцюга	35ХГСА	–//–	18	16,202	0,037
Ланки ланцюга	35ХГСА	–//–	17	16,197	0,035
Ланки ланцюга	35ХГСА	–//–	19	16,202	0,040

На рис. 5.12 представлена залежність втрати маси при випробуваннях на зношування ролика, виконаного зі сталі 25ХГСП у стані поставки, від часу випробування. З графіка випливає, що зі збільшенням часу випробування втрата маси зростає практично з однаковою швидкістю.

На рис. 5.13 показана аналогічна залежність для тієї ж сталі, але після загартування та низької відпустки. Що стосується безпосередньо залежності те, як і для сталі в стані постачання зі збільшенням часу випробувань втрата маси зростає, це наростання має уповільнений характер.

Слід також відзначити суттєву абсолютну різницю у втраті маси ролика, виконаного зі сталі 25ХГСП у стані постачання та після гарту та низької відпустки.

Після гарту та низької відпустки втрата маси в ~10 разів менша, ніж у стані поставки. Це виразно продемонстровано на рис. 5.14 де представлені відповідні гістограми.

Дані щодо зносостійкості узгоджуються з результатами вимірювання твердості. Значно більш висока твердість ролика зі сталі 25ХГСП після загартування та низької відпустки порівняно зі станом постачання забезпечує суттєве зниження втрати маси при зносних випробуваннях.

Така сама залежність простежується й у роликів, виконаних із сталі 25ХГ2СРФ.

На рис. 5.15 представлена залежність втрати маси ролика із сталі 25ХГ2СРФ у стані постановки від часу випробувань. На проміжку часу від 15 до 60 хв. темп втрати маси відрізняється, він суттєвіший в інтервалі 15...30 хв. та 45...60 хв. і дещо уповільнений в інтервалі 30...45 хв.

На рис. 5.16 показано залежність втрати маси ролика зі сталі 25ХГ2СРФ після загартування та низької відпустки від часу випробувань. Порівняно з цією ж сталлю у стані постачання (рис. 5.15) темп втрати маси суттєво нижчий. Це явище спостерігалось і для ролика зі сталі 25ХГСР.

На рис. 5.17 представлені гістограми зносу ролика зі сталі 25ХГ2СРФ у двох станах: у стані постачання та після гарту та низької відпустки. Як і стали 25ХГСРФ відмінності у втраті маси рівні ~10 раз.

Якщо ж порівнювати дві сталі – 25ХГСР та 25ХГ2СРФ, то як у стані поставки, так і після гарту та низької відпустки випробування на знос показали практично близькі результати.

Випробування на зношування колодки, виконаної зі сталі 35ХГСА в стані поставки, показали, що зі збільшенням часу випробувань від 15 до 60 хв. втрата маси зросла втричі (рис. 5.18).

Дослідження, проведені на колодці із сталі 35ХГСА після загартування та низької відпустки, свідчать, що зі збільшенням часу випробувань з 15 до 45 хв. існує прямолінійна залежність між втратою маси та часом випробування.

Зі збільшенням часу випробування до 60 хв втрата маси не зазнає істотних змін (рис. 5.18).

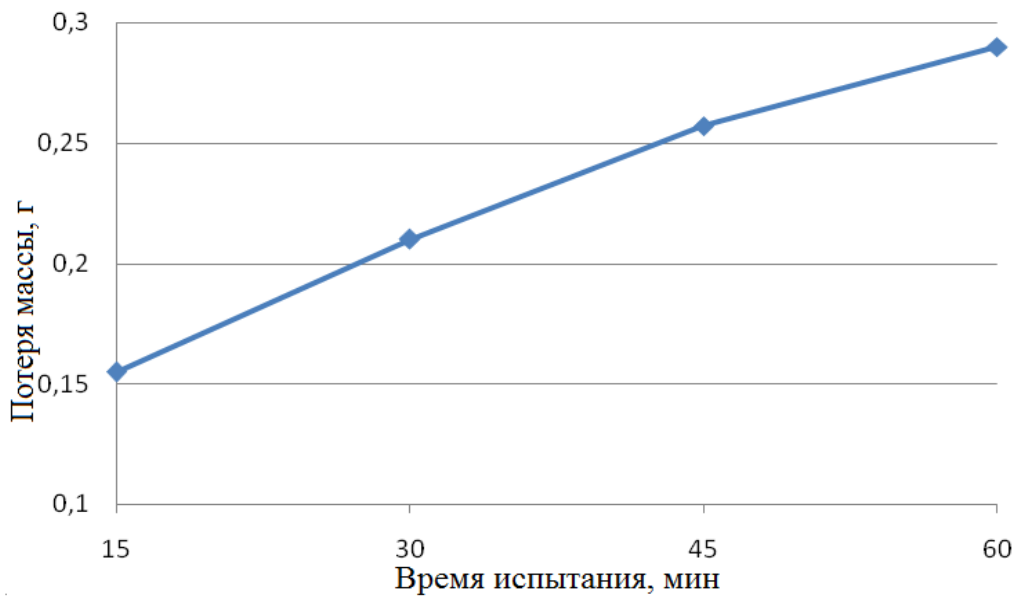


Рисунок 5.12 – Залежність втрати маси ролика зі сталі 25ХГСП у стані постачання від часу випробування

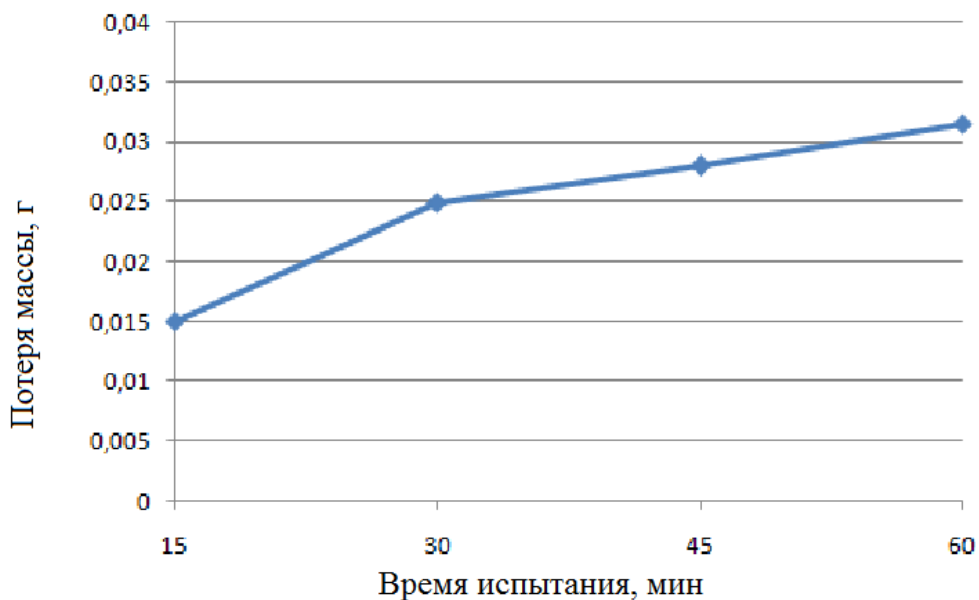


Рисунок 5.13 – Залежність втрати маси ролика зі сталі 25ХГСП після загартування та низької відпустки від часу випробувань

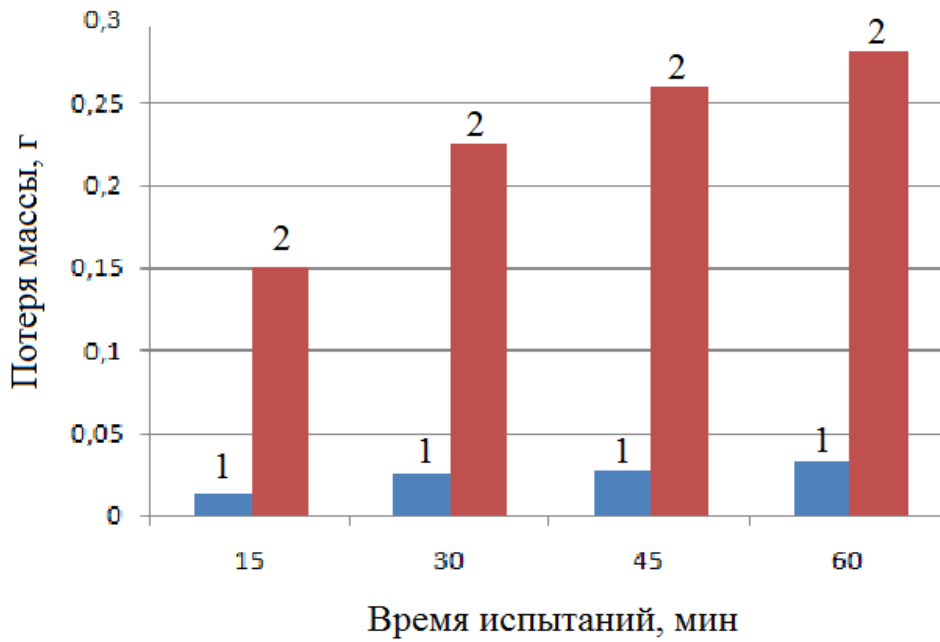


Рисунок 5.14 – Гістограми зносу ролика зі сталі 25ХГСР: 1 – після гарту та низької відпустки; 2 – у стані поставки

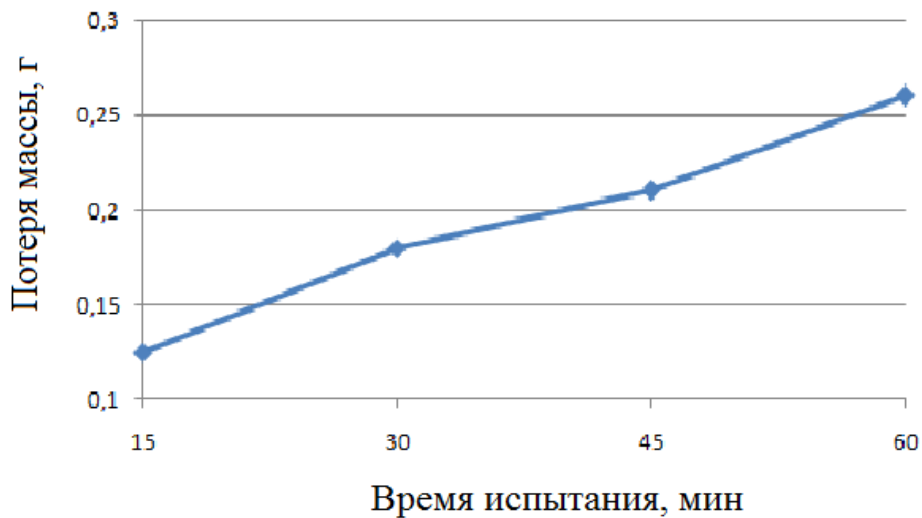


Рисунок 5.15 – Залежність втрати маси ролика зі сталі 25ХГ2СРФ може поставки від часу випробувань

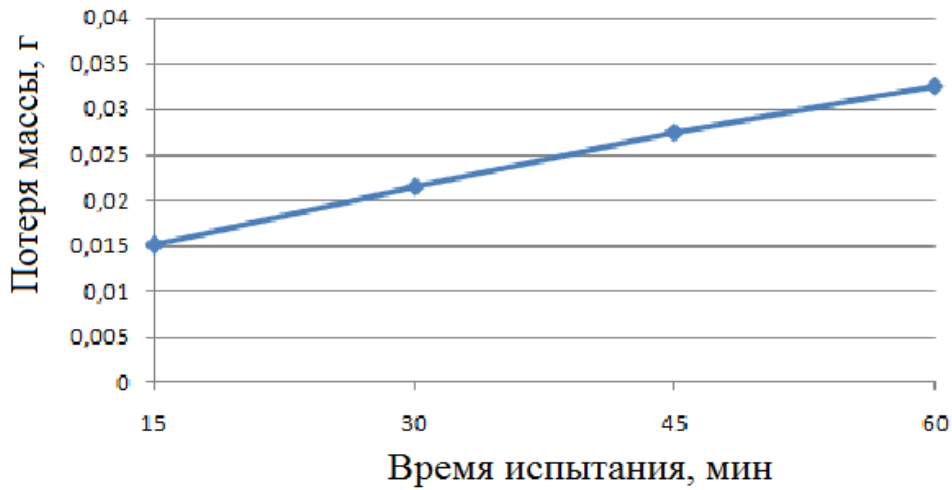


Рисунок 5.16 – Залежність втрати маси ролика зі сталі 25ХГ2СРФ після загартування та низької відпустки від часу випробувань

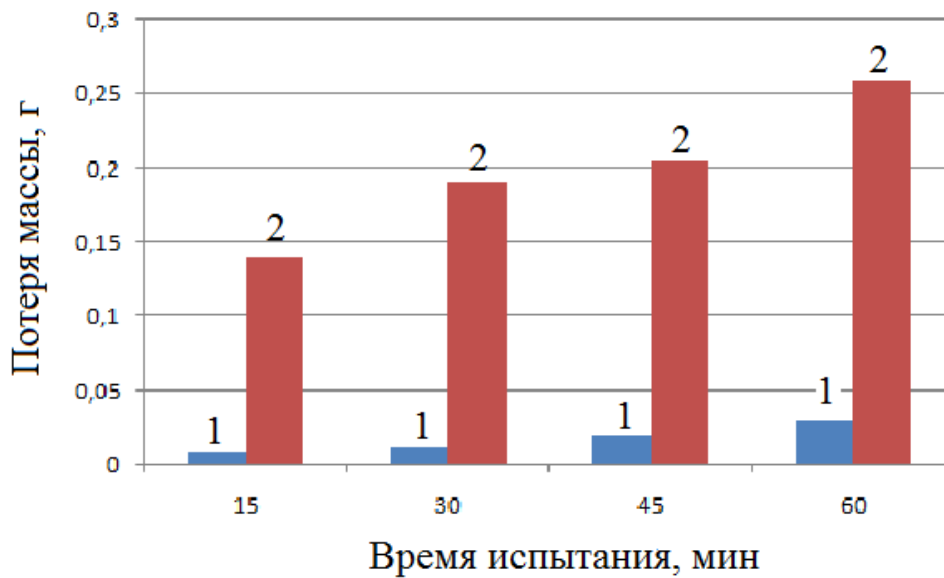


Рисунок 5.17 – Гістограми зносу ролика зі сталі 25ХГ2СРФ: 1 – після гарту та низької відпустки; 2 – у стані поставки

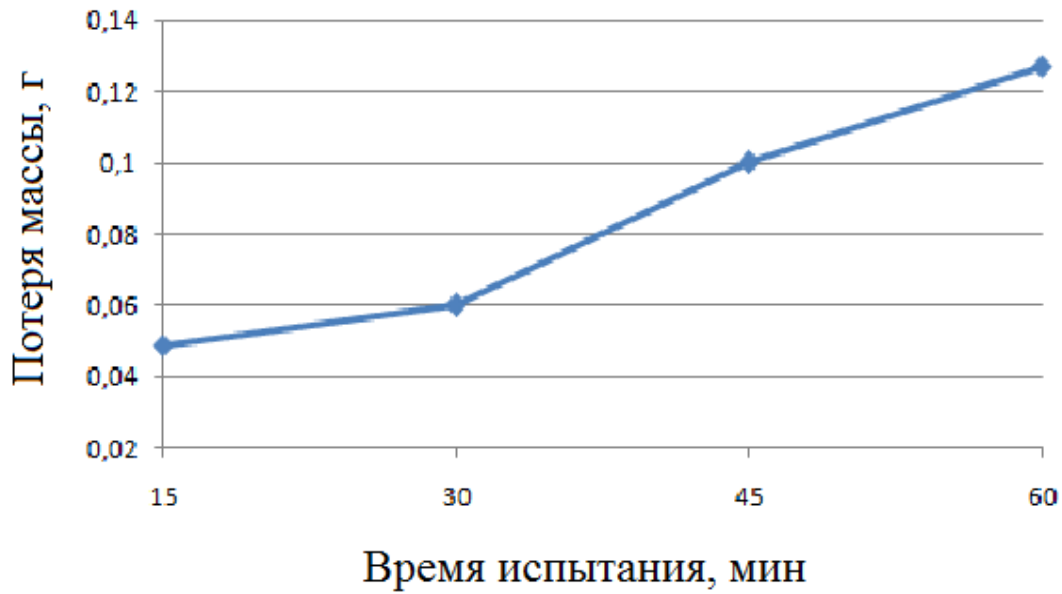


Рисунок 5.18 – Залежність втрати маси колодки зі сталі 35ХГСА у стані постачання від часу випробувань

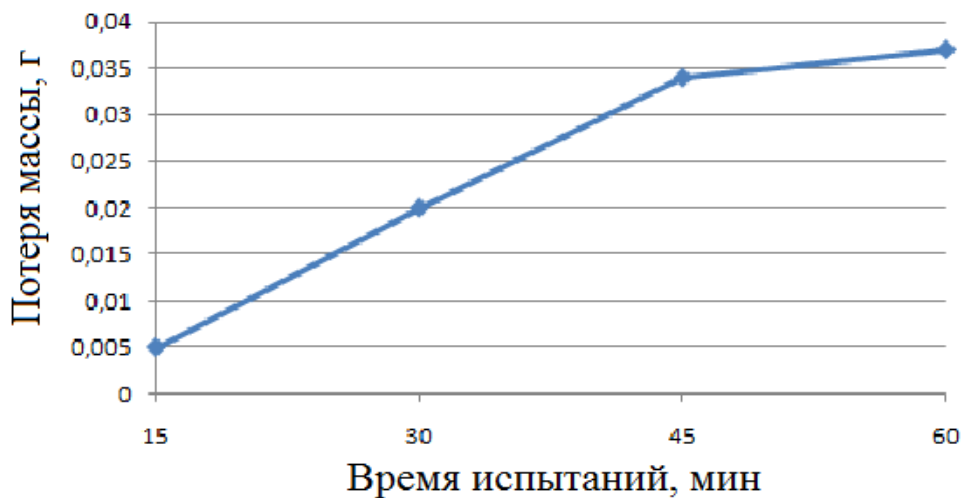
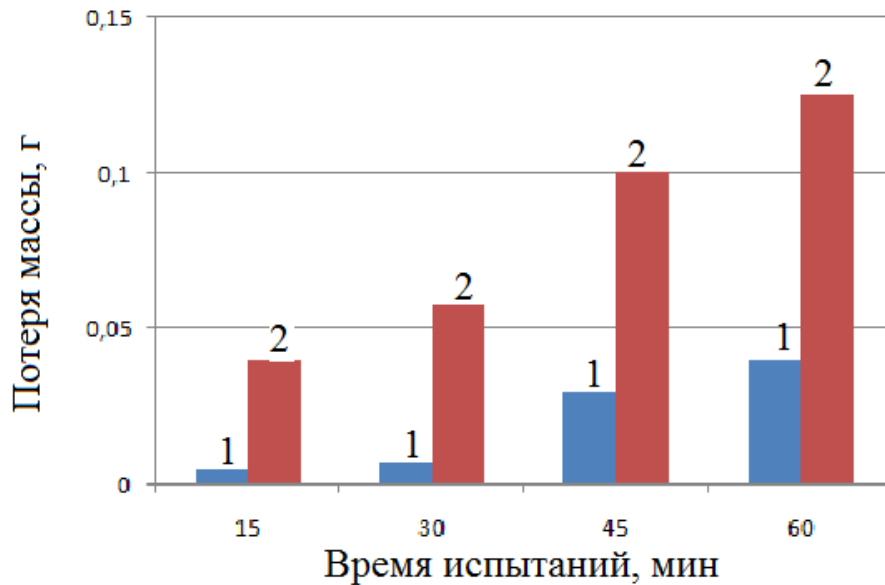


Рисунок 5.19 – Залежність втрати маси колодки зі сталі 35ХГСА після гарту та низької відпустки від часу випробувань

Зіставлення зносу колодки зі сталі 35ХГСА в залежності від стану сталі та часу випробувань представлено у вигляді гістограми на рис. 5.20.



Малюнок 5.20 – Гістограми зносу колодки зі сталі 35ХГСА: 1 – після гарту та низької відпустки; 2 – у стані поставки

З аналізу випливає, що, як правило, втрата маси колодки зі сталі 35ХГСА, що пройшла гарт і низьку відпустку, у 3–4 рази менша, ніж у тому випадку, коли колодки виготовлена з тієї ж сталі, але після гарту та високої відпустки.

5.4 Стан поверхонь після проведення зносних випробувань

Як впливає з розглянутих залежностей втрати маси деталей поверхонь, що труться від часу випробування, початковий період протікає з найбільшою інтенсивністю.

Протягом цього періоду відбувається опрацювання поверхонь, тобто. перехід від вихідного стану до встановленого .

Скорочення періоду приробітку поверхонь до мінімуму дозволить збільшити час зносу і, природно, продовжити термін

служби деталей.

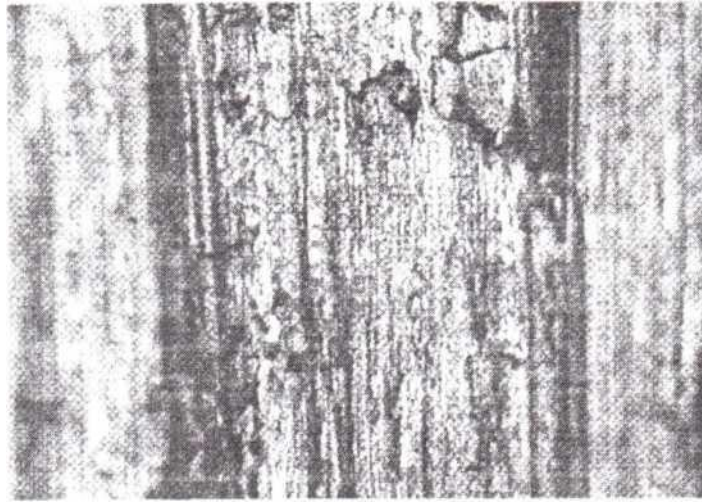
Відомо, що обробка поверхонь, що труться, до мінімальної шорсткості не завжди забезпечує найбільшу їх зносостійкість. При однакових умовах зношування після закінчення періоду приробітку встановлюється оптимальна з погляду зносостійкості шорсткість незалежно від початкової форми, розмірів і спрямованості мікронерівностей поверхонь, що приробляються.

Параметри мікрогеометрії поверхонь після приробітку в порівнянні зі значеннями початкової шорсткості можуть мати як більшу, так і меншу значення.

Оптимальна шорсткість після їх приробітку для різних умов зношування неоднакова.

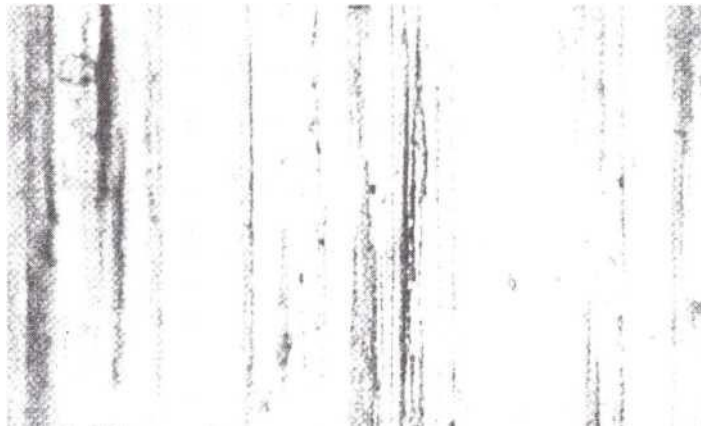
На рис.5.21 показана поверхня колодки у стані постачання після випробувань протягом 15 хв. Спостерігаються великі ризики, велика кількість подряпин, які призводять до руйнування матеріалу деталей та зміни їх форми та розмірів.

Такий вид поверхні пояснюється тим, що абразивні частинки, що потрапляють на тріщини поверхні, деформують та зрізають їх поверхневі шари.



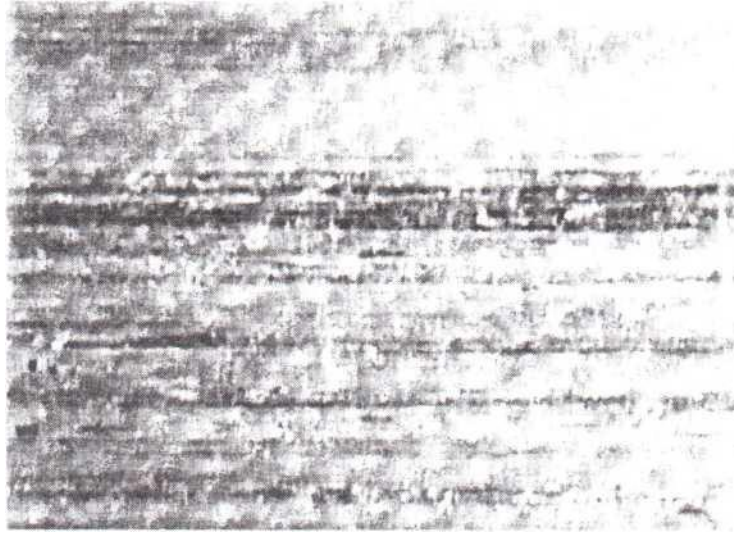
Малюнок 5.21 - Стан поверхні колодки після загартування та високої відпустки після випробувань протягом 5 годин

Зовсім інший характер стану поверхні колодки, що пройшла гарт і низьку відпустку (рис. 15). Ризики неглибокі, ніяких подряпин на поверхні немає.



Малюнок 5.22 - Стан поверхні колодки після загартування та низької відпустки після випробувань протягом 5 годин

Збільшення часу випробувань до 60 хв колодки, що пройшла гарт і низьку відпустку, загалом не змінило картину (рис. 5.23). Спостерігається ті ж паралельні ризики, відсутні вади поверхні.



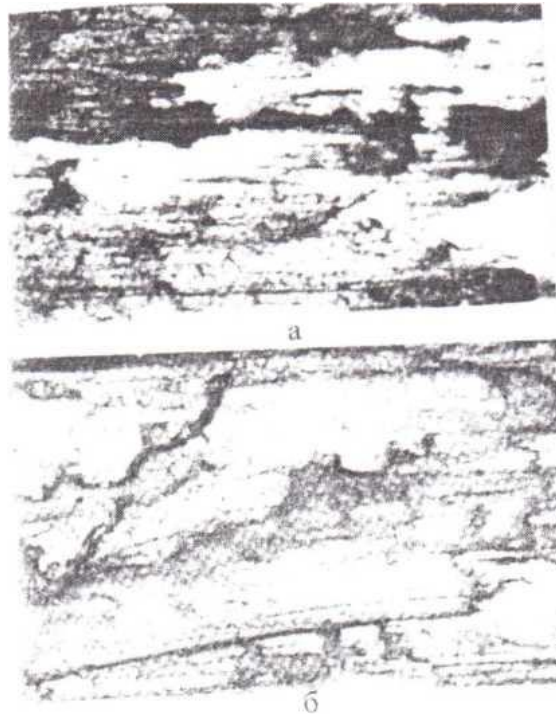
Малюнок 5.23 - Стан поверхні колодки, що пройшла загартування та низьку відпустку, після випробувань протягом 60 хв.

Аналогічна залежність спостерігається і під час випробування ролика.

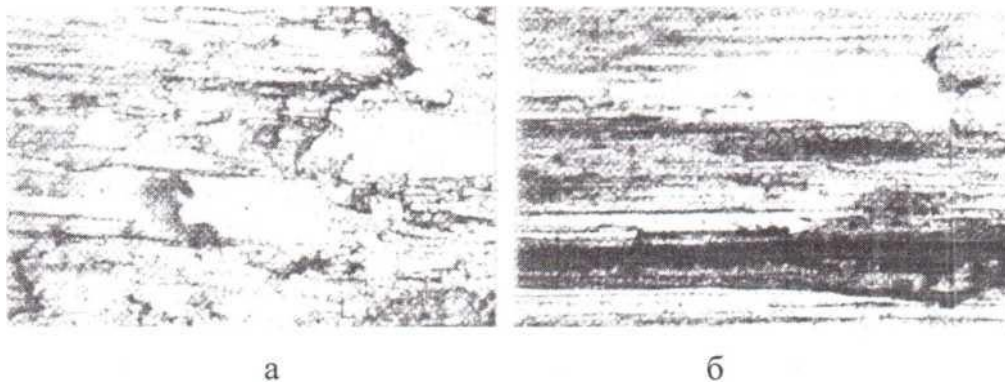
Так, на рис.5.24 представлено стан поверхні ролика, виконаного із сталі 25ХГ2СРФ, у стані постачання після випробувань протягом 5 год. Видно сліди подряпин, на рис. 5.25 показана поверхня ролика зі сталі 25ХГСР в стані поставки, а на рис. 5.25б поверхня ролика, що пройшов гарт і низьку відпустку з тієї ж сталі після випробувань протягом 5 год. Закономірність така сама, як і в сталі 25ХГ2СРФ.

На рис. 5.26-5.27 поверхня ролика їх сталі 25ХГСР у стані постачання після випробувань протягом 20 год, а на рис. 5.28 поверхню ролика з тієї ж сталі, що пройшов гарт і низьку відпустку, після випробування протягом 20 хв.

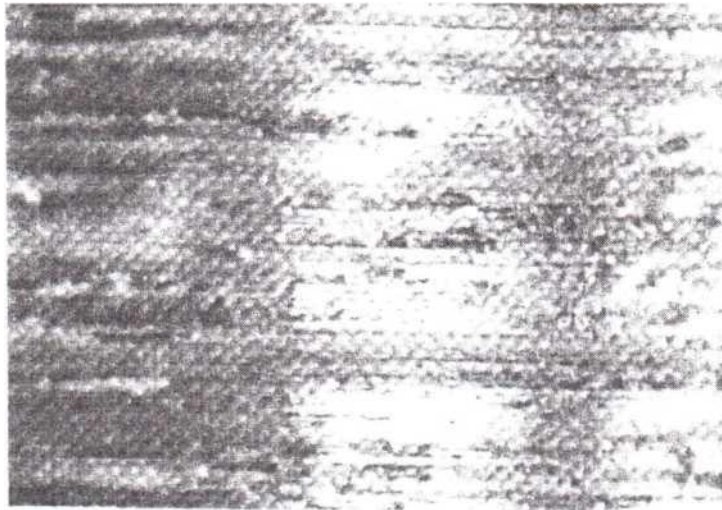
Закономірності аналогічні описані вище.



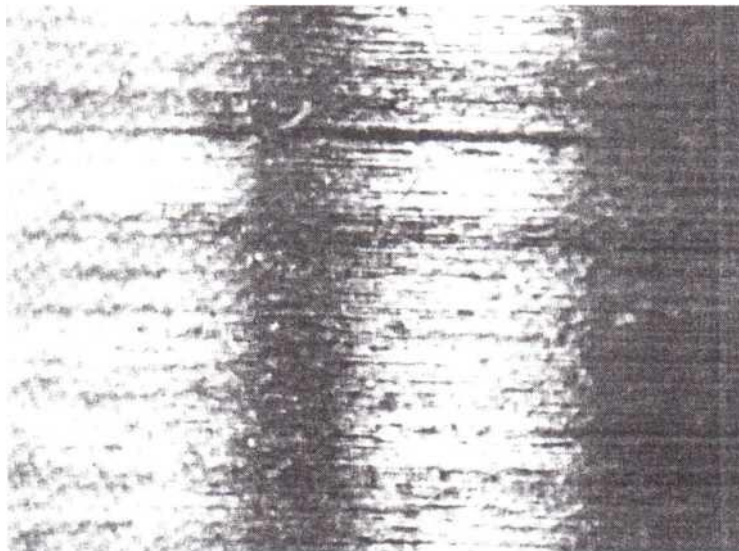
Малюнок 5.25 - Стан поверхні ролика, виконаного із сталі 25ХГ2СРФ: а - у стані поставки, після випробувань протягом 5 год; б - після загартування та низької відпустки після випробувань на протязі та 5 год



Малюнок 5.26 - Стан поверхні ролика зі сталі 25ХГСР після випробувань протягом 5 год: а - після загартування та високої відпустки; б - після гарту та низької відпустки



Малюнок 5.27 - Поверхня ролика зі сталі 25ХГСП у стані постачання після випробувань протягом 60 хв.



Малюнок 5.28 - Поверхня ролика зі сталі 25ХГСП, що пройшов гарт і низьку відпустку, після випробувань протягом 60 хв.

Висновки з п'ятого розділу

Вибрано основні параметри проведення зносних випробувань.

Проведено порівняння зносостійкості трьох марок сталей: порівняно часто використовуваної сталі 30Г та перспективних сталей 25ХГСП та А335/А335М (А STM, США).

Зношування стали 25ХГСП в 3,7 рази, а стали А335/А335М в 1,8 рази менше, ніж стали 30Г.

Швидкість зношування за перші 6 годин випробувань стали 25ХГСП у 3 рази, а стали А335/А335М у 2,5 рази менше, ніж стали 30Г.

Швидкість зношування за 36 годин випробувань стали 25ХГСП у 3 рази, а сталі А335/А335М у 1,6 рази менше, ніж стали 30Г.

Підвищена зносостійкість сталі 25ХГСП у порівнянні зі сталями А335/А335М і 30Г знаходиться у відповідності з підвищеною макро- та мікротвердістю сталі 25ХГСП зі сталями А335/А335М і 30Г.

Високі експлуатаційні параметри стали 25ХГСП пояснюються її хімічним складом як наслідок, формуванням твердішою структурою.

На основі проведених зносних випробувань досліджено поверхню тертя, вивчення якої дозволяє зробити висновок про здатність металу чинити опір абразиву.

Тонка зміна в поверхневому шарі в процесі зносу досліджувалась за допомогою сучасного портативного металографічного мікроскопа Альтамі-МЕТ1, що дозволяє вивчити цифрові знімки високої якості.

Встановлено залежність між станом поверхні тертя та характером структури в основній, перехідній зоні та у місці контакту.

6.1. Випробування сталі 25ХГСП

Партія зразків складалася з 5 пар тертя «ролик-колодочка». Пари складені Замовником. Ролики виконані зі сталі 25ХГСП, колодочки - із сталі 27ХГ1НМФРА. Максимальний розбіг значень ваги роликів становить 0,719 г, або 0,44%. Максимальний розбіг значень ваги колодочок – 0,240 г, або 1,55 – 1,58 %.

Таблиця 6.1.

Вихідна вага роликів і колодочок із сталі 25ХГСП

Колодочки		Ролики	
1	15,444	1	163,994
2	15,284	2	163,836
3	15,405	3	164,490
4	15,204	4	164,555
5	15,440	5	164,543

Результати випробувань запропонованих пар наведено у табл. 6.1 – 6.5.

Таблиця 6.2

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі 25ХГСП, пара № 1

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,017	0,25	0,008
0,5	0,076	0,5	0,009
1,0	0,198	1,0	0,010
1,5	0,218	1,5	0,013
2,0	0,235	2,0	0,022
4,0	0,520	4,0	0,500
6,0	1,382	6,0	1,649
8,0	1,423	8,0	1,701
10,0	1,482	10,0	1,749
20,0	1,514	20,0	1,770
36,0	1,579	36,0	1,811

Таблиця 6.3

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі 25ХГСП, пара № 2

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0	0,25	0,019
1,0	0,007	1,0	0,037
2,0	0,076	2,0	0,084
4,0	0,258	4,0	0,331
6,0	0,634	6,0	0,716
8,0	1,046	8,0	1,290
10,0	1,333	10,0	1,309
20,0	1,441	20,0	1,365
36,0	1,501	36,0	1,405

Таблиця 6.4

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі 25ХГСП, пара № 3

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,019	0,25	0,029
0,5	0,033	0,5	0,035
1,0	0,083	1,0	0,087
1,5	0,117	1,5	0,120
2,0	0,232	2,0	0,229
4,0	0,551	4,0	0,662
6,0	0,918	6,0	1,201
8,0	1,292	8,0	1,655
10,0	1,308	10,0	1,696
20,0	1,332	20,0	1,715
36,0	1,348	36,0	1,746

Таблиця 6.5

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі 25ХГСП, пара № 4

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,002	0,25	0,028
1,0	0,149	1,0	0,129
1,5	0,264	1,5	0,243
2,0	0,092	2,0	0,405
4,0	0,875	4,0	1,447
6,0	1,377	6,0	2,450
8,0	1,411	8,0	2,503
10,0	1,463	10,0	2,569
20,0	1,501	20,0	2,595
36,0	1,521	36,0	2,612

6.2. Випробування сталі Hardox

Партія зразків складалася з 5 пар тертя «ролик-колодочка». Пари складені Замовником. Ролики виконані із сталі Hardox, колодочки – зі сталі 27 ХГ1НМФРА. Вихідна вага елементів пар наведено у табл.2.1. Максимальний розбіг значень ваги роликів становить 1,213 г0,73-1,2%. Максимальний розбіг значень ваги колодочок - 0,478 габо 3,1 - 3,2%.

Таблиця 6.6

Вихідна вага роликів і колодочок із сталі Hardox

Колодочки		Ролики	
1	15,476	1	163,703
2	15,451	2	164,000
3	15,411	3	164,532
4	15,398	4	163,219
5	15,420	5	163,845

Результати випробувань запропонованих пар наведено у табл. 6.6 – 6.11.

Таблиця 6.7

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі Hardox, пара № 1

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,027	0,25	0,019
0,5	0,036	0,5	0,040
1,0	0,098	1,0	0,057
1,5	0,108	1,5	0,063
2,0	0,118	2,0	0,094
3,0	0,134	3,0	0,125
5,0	0,177	5,0	0,282
10,0	0,183	10,0	0,296
20,0	0,186	20,0	0,305
36,0	0,187	36,0	0,315

Невисокі значення зносу роликів першому ділянці кривої зношування пояснюються, очевидно, налипанням матеріалу, не віддаленим при промиванні.

В даний час для деталей гірничодобувної промисловості, що зазнають сильного зношування, розроблена сталь HARDOX. Використання при виробництві сталі HARDOX чистих вихідних матеріалів та невелика кількість домішок дає можливість поєднувати високу твердість із високою ударною в'язкістю.

Подальші дослідження проводилися на HARDOX 400, з якої були виготовлені ролики. Хімічний склад наведено у табл. 6.8 а механічні властивості в табл. 6.9.

Таблиця 6.8

Хімічний склад HARDOX 400

Хімічний склад, %							
З	Si	Mn	У	Р	S	Mo	Fe
0,18	0,7	1,6	0,025	0,01	0,01	0,25	інше

Таблиця 6.9

Механічні властивості сталі HARDOX 400

Межа плинності, МПа	Міцність на розрив, МПа	Відносне подовження, %
1000	1250	10

Вимірювалася твердість роликів із зазначеної сталі в стані після відпустки відповідно при температурі 200°З 400°С, 500°С, що представлено відповідно в табл. 6.10, 6.11, 6.12. З вимірів твердості побудовані гістограми, показані на рис. 6.1, з яких випливає, що найвища твердість - після відпустки 200°З підвищенням температури відпустки твердість зменшується.

Таблиця 6.10

Твердість сталі HARDOX 400 після загартування та відпустки при 200°C

№ п/п	Твердість HB
1	444
2	444
3	444
4	444
5	444
6	444

Таблиця 6.10

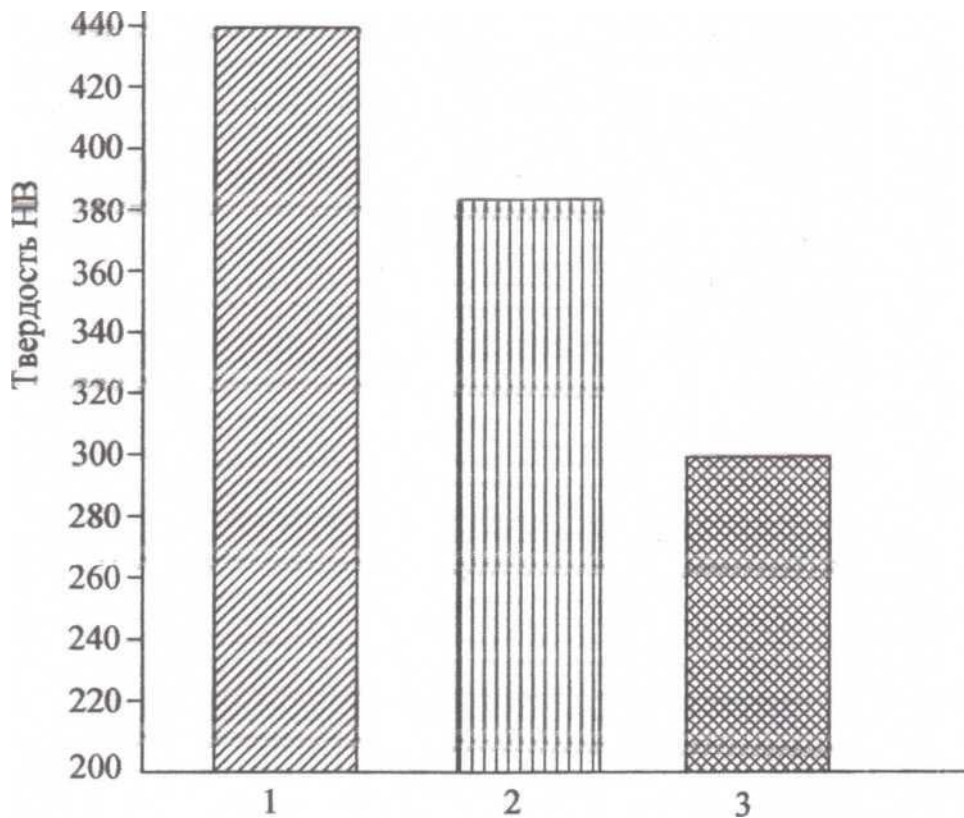
Твердість сталі HARDOX 400 після відпустки при 400 ° С, заміряна на ролику ДП 3.001-05

№ п/п	Твердість HB
1	388
2	375
3	388
4	388
5	388
6	375

Таблиця 6.11

Твердість сталі HARDOX 400 після відпустки при 500 ° С, заміряна на ролику ДП 3.001-06

№ п/п	Твердість HB
1	302
2	285
3	293
4	293
5	302
6	293



Малюнок 6.1 - Гістограми твердості ролика, виконаного зі сталі HARDOX, що працює в парі з колодкою зі сталі 35ХГСА:

- 1 – після відпуски 200 °С;
- 2 - після відпуски при 400 ° С;
- 3 – після відпуски при 500 °С

Вимірювання твердості роликів свідчить, що найвища твердість сталі HARDOX після відпуски 200°З підвищенням температур відпуски вона зменшується

Колодки були виготовлені із сталі 35ХГСА. У табл. 6.12 наведено результати вимірів твердості цієї сталі після загартування та низької відпуски.

Твердість колодки виконаної із сталі 35ХГСА

№п/п	Твердість HRC
1	54
2	55
3	54,5
4	54,5
5	54,5
6	54
7	54
8	55
9	54
10	54
11	54
12	55
13	54
14	54
15	55
16	55
17	54,5
18	55

Випробування проводилися за схемою «ролик-колодка» серед, що включає вугілля, глину, кварцовий пісок.

Зношування якісно оцінювалося за втратою ваги в порівнянні з вихідним станом після різного часу випробувань.

У табл. 6.13 наведено усереднені результати зважування зразків у вихідному стані та після випробувань на тертя протягом 30 хв, що імітують роботу пари «днище-скребок»

Результати зважування

№ зразка	Колодка		№ зразка	Ролик	
	вага, г			вага, г	
	у вихідному стані	після випробування, 30 хв		у вихідному стані	після випробування, 30 хв
1	15,724	15,697	1	164,935	164,898
2	15,724	15,697	2	164,835	164,795
3	15,692	15,665	3	164,174	164,138
4	15,614	15,586	4	164,955	164,919
5	15,953	15,924	5	165,025	164,987
6	15,760	15,731	6	165,141	165,106
7	15,942	15,912	7	165,068	165,025
8	16,022	15,993	8	165,190	165,148
9	15,687	15,655	9	165,115	165,070

У табл. 6.14 наведено усереднені результати зважування в аналогічних таблицях. 6.12 умовах зразків, що імітують роботу пари «зірочка – сполучна ділянка ланцюга».

У табл. 6.15 представлені усереднені результати зважування після випробувань тривалістю 60 хв.

У табл. 6.16 представлені результати виміру ваги зразків після 90 хв випробування.

У табл. 6.17 – результати після 120 хв випробувань.

У табл. 6.18 – усереднені результати після 150 хв випробувань.

У табл. 6.19 – середнє значення вимірів зважування після 180

хв випробувань.

Таблиця 6.14

Результати зважування

№ зразка	Колодка		№ зразка	Ролик	
	вага, г			вага, г	
	у вихідному стані	після випробування, 30 хв		у вихідному стані	після випробування, 30 хв
1	15,834	15,802	1	165,077	165,032
2	15,841	15,810	2	165,949	164,906
3	16,029	16,001	3	165,115	165,075
4	15,827	15,802	4	165,120	165,050
5	15,883	15,856	5	165,292	165,280
6	15,514	15,488	6	165,258	165,1%
7	15,575	15,551	7	165,180	165,172
8	16,013	15,989	8	165,263	165,204
9	15,619	15,593	9	165,281	165,219

Таблиця 6.15

Результати зважування

№ зразка	Колодка		№ зразка	Ролик	
	вага, г			вага, г	
	у вихідному стані	після випробування, 30 хв		у вихідному стані	після випробування, 30 хв
1	15,697	15,670	1	164,898	164,862
3	15,665	15,670	3	164,138	164,115
5	15,924	15,910	5	164,987	164,755
7	15,912	15,882	7	165,025	164,987
10	15,802	15,785	10	165,032	165,020
13	15,802	15,747	13	165,050	165,010

Таблиця 6.16

Результати зважування

№ зразка	Колодка		№ зразка	Ролик	
	вага, г			вага, г	
	у вихідному стані	після випробування, 30 хв		у вихідному стані	після випробування, 30 хв
1	15,670	15,669	1	164,862	164,855
3	15,650	15,645	3	164,115	164,110
5	15,910	15,905	5	164,755	164,750
7	15,882	15,881	7	164,987	164,977
10	15,785	15,780	10	165,020	165,010
13	15,747	15,730	13	165,010	165,000

Таблиця 6.17

Результати зважування

№ зразка	Колодка		№ зразка	Ролик	
	вага, г			вага, г	
	у вихідному стані	після випробування, 30 хв		у вихідному стані	після випробування, 30 хв
1	15,669	15,660	1	164,855	164,950
3	15,645	15,641	2	164,110	164,100
5	15,905	15,904	3	164,750	164,745
7	15,881	15,870	4	164,977	164,970
8	15,983	15,973	5	165,128	165,109
10	15,780	15,775	6	165,010	164,995
13	15,730	15,721	7	165,010	164,990
15	15,478	15,468	8	165,186	165,164
17	15,972	15,961	9	165,186	165,158
18	15,583	15,574		165,196	165,176

Результати зважування

№ зразка	Колодка		№ зразка	Ролик	
	вага, г			вага, г	
	у вихідному стані	після випробування, 30 хв		у вихідному стані	після випробування, 30 хв
1	15,660	15,625	1	164,850	164,840
3	15,641	15,600	2	164,100	164,075
5	15,904	15,874	3	164,955	164,910
7	15,870	15,860	4	164,970	164,950
8	15,973	15,933	5	165,109	164,935
10	15,775	15,751	6	164,995	164,950
13	15,721	15,650	7	164,990	164,874
15	15,468	15,420	8	165,164	165,047
17	15,961	15,918	9	165,158	165,055
18	15,574	15,535		165,176	165,067

Таблиця 6.19

Результати зважування

№ зразка	Колодка		№ зразка	Ролик	
	вага, г			вага, г	
	у вихідному стані	після випробування, 30 хв		у вихідному стані	після випробування, 30 хв
1	15,625	15,605	1	164,940	164,920
3	15,600	15,557	2	164,075	164,065
5	15,874	15,829	3	164,910	164,823
7	15,860	15,840	4	164,950	164,923
8	15,933	15,881	5	164,935	164,923
10	15,751	15,718	6	164,950	164,837
13	15,650	15,595	7	164,874	164,800
15	15,420	15,375	8	165,047	164,911
17	15,918	15,869.	9	165,055	164,910
18	15,535	15,478		165,067	164,932

Таблиця 6.20

Результати зважування

№ зразка	Колодка		№ зразка	Ролик	
	вага, г			вага, г	
	у вихідному стані	після випробування, 30 хв		у вихідному стані	після випробування, 30 хв
3	15,557	15,519	1	164,075	163,855
8	15,881	15,824	2	164,923	164,765
10	15,718	15,677	3	164,837	164,745
13	15,595	15,528	4	164,800	164,640

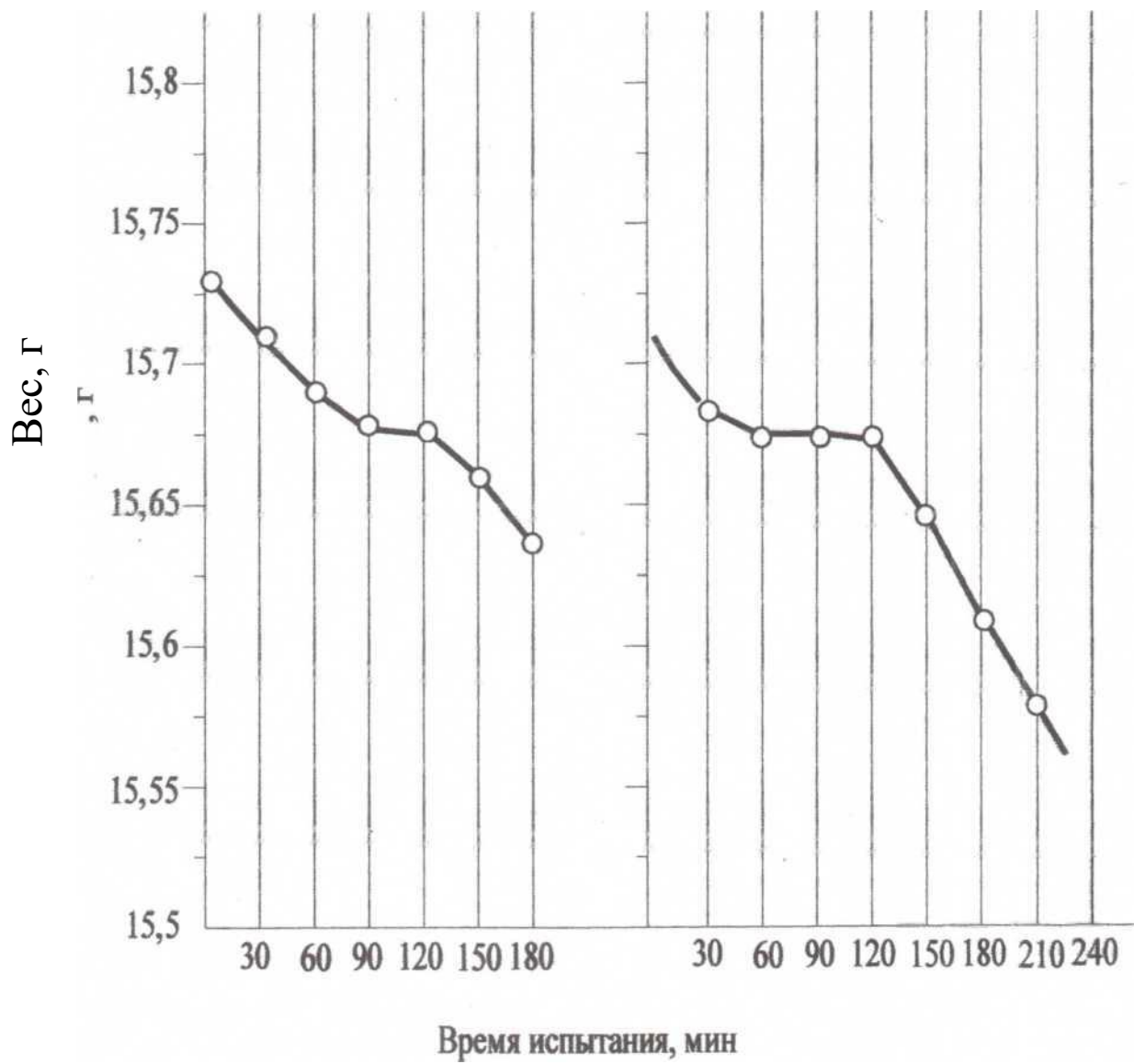
Як впливає з аналізу кривих залежності ваги колодок від часу випробувань (рис. 6.2, 6.3), що імітують роботу пари «днище-скребок», зменшення ваги відбувається не однаковою швидкістю. Спостерігається зменшення ваги в перші 30-60 хв випробувань, потім втрата ваги практично зведена до нуля і подальше суттєве зменшення ваги має місце після 90-120 хв випробувань. Особливо помітна ця закономірність простежується на колодці 3 (рис. 6.2 б), що пройшла випробування протягом 240 годин.

За своєю ймовірністю, стабілізація ваги в районі тривалості випробувань 60-120 годин, що має місце, пов'язана з протікаючим процесом наклепу, що пройшов в перші хвилини випробувань.

Аналогічна залежність простежується і роликах (рис. 6.4, 6.5).

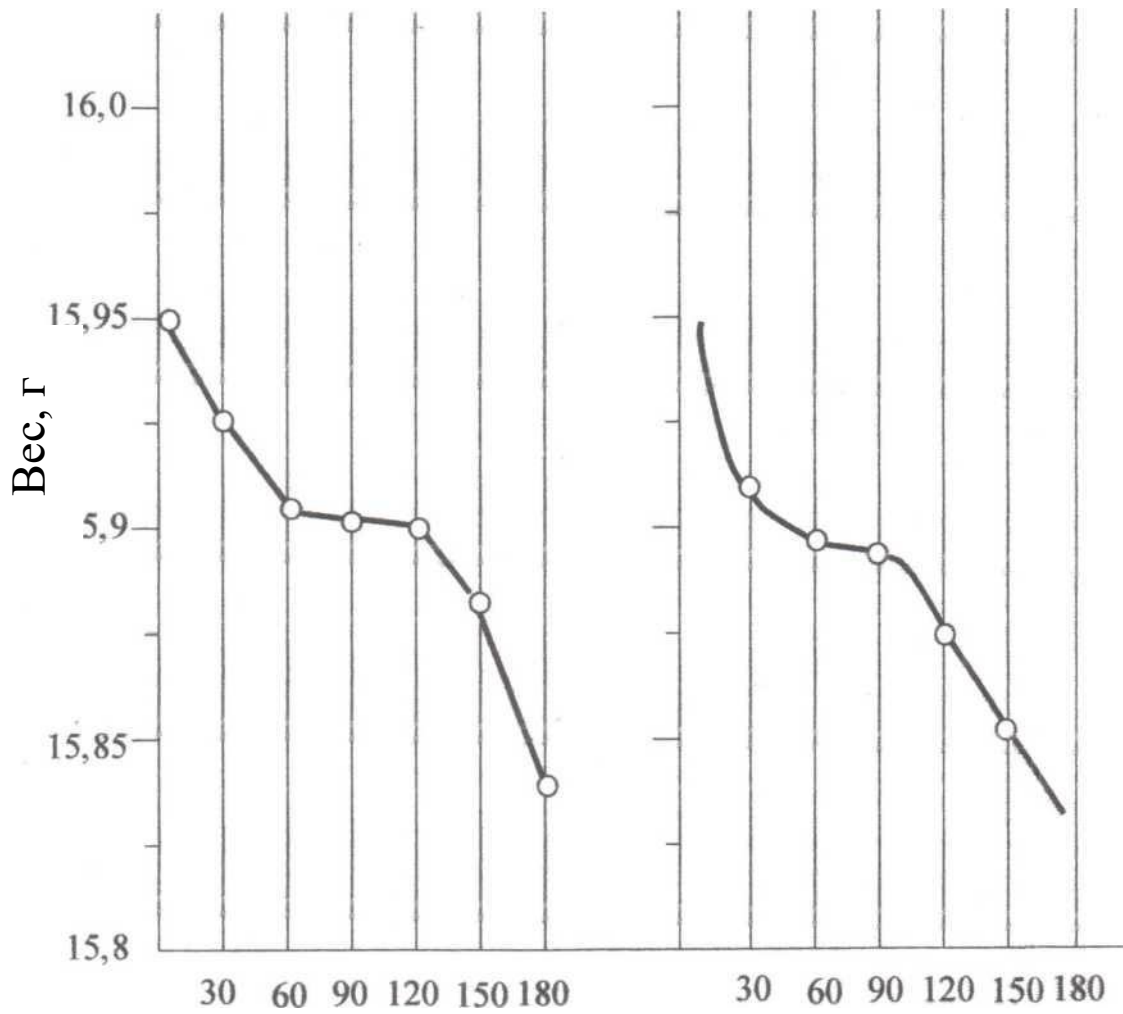
На рис. 6.6, 6.7 показано залежність ваги колодки від часу випробувань, що імітують роботу пари «зірочка-з'єднувальна ділянка ланцюга». Для цього випадку також має місце стабілізація у втраті ваги при тривалості випробувань 60-120 годин.

Зазначена закономірність спостерігається і на зміні ваги ролика, що імітує роботу пари «зірочка-з'єднувальна ділянка ланцюга» (рис. 6.8, 6.9). У цьому випадку слід відзначити дуже значне зменшення ваги при тривалості випробувань 150-240 годин.



а б

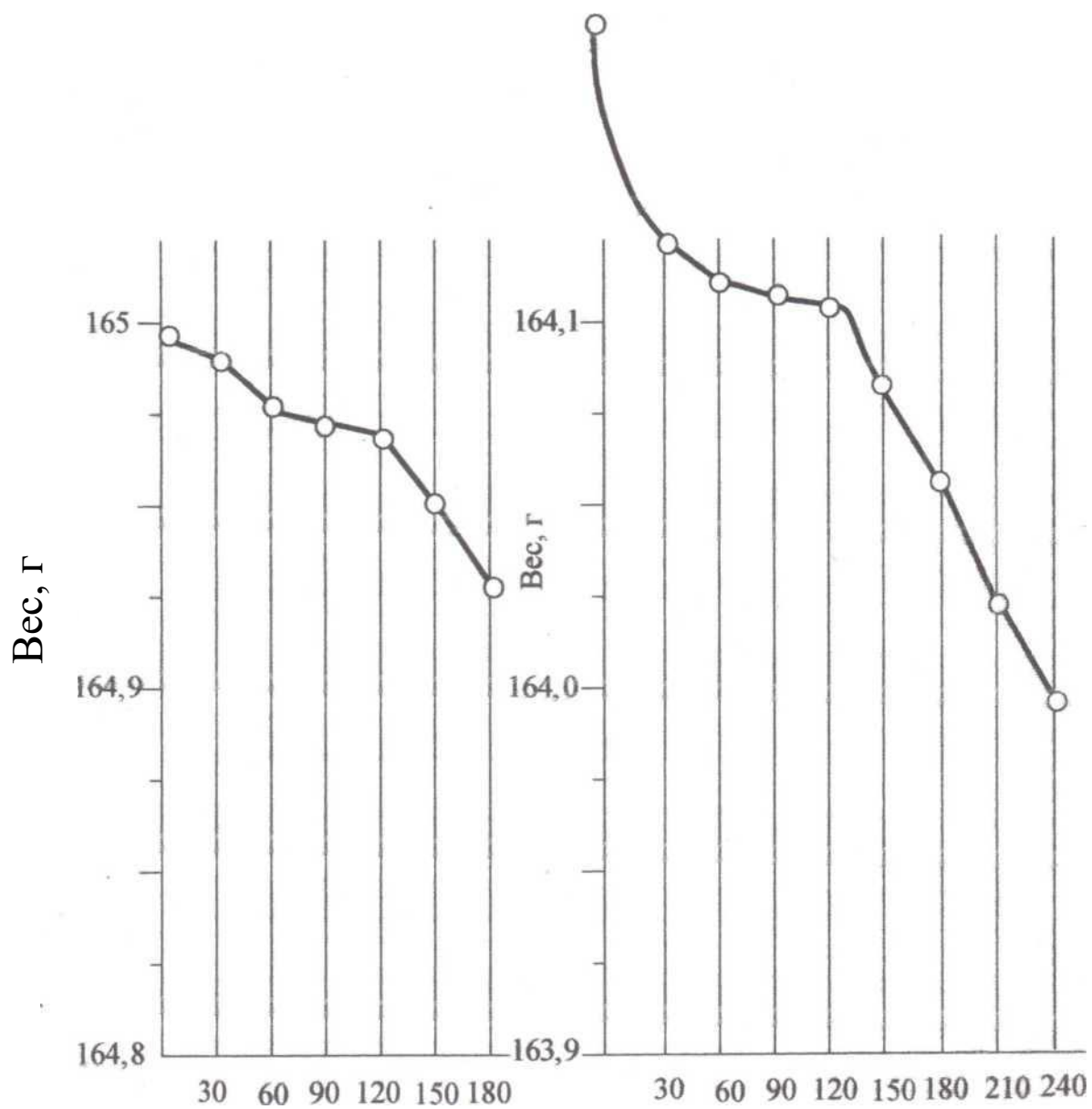
Рисунок 6.2 – Залежність ваги колодок 1(а) та 3(б) від часу випробувань



Час випробування, хв

а б

Рисунок 6.3 – Залежність ваги колодок 5(а) та 7(б) від часу випробувань



Час випробування, хв

а б

Рисунок 6.4 – Залежність ваги роликів 1 (а) та 3 (б) від часу випробувань

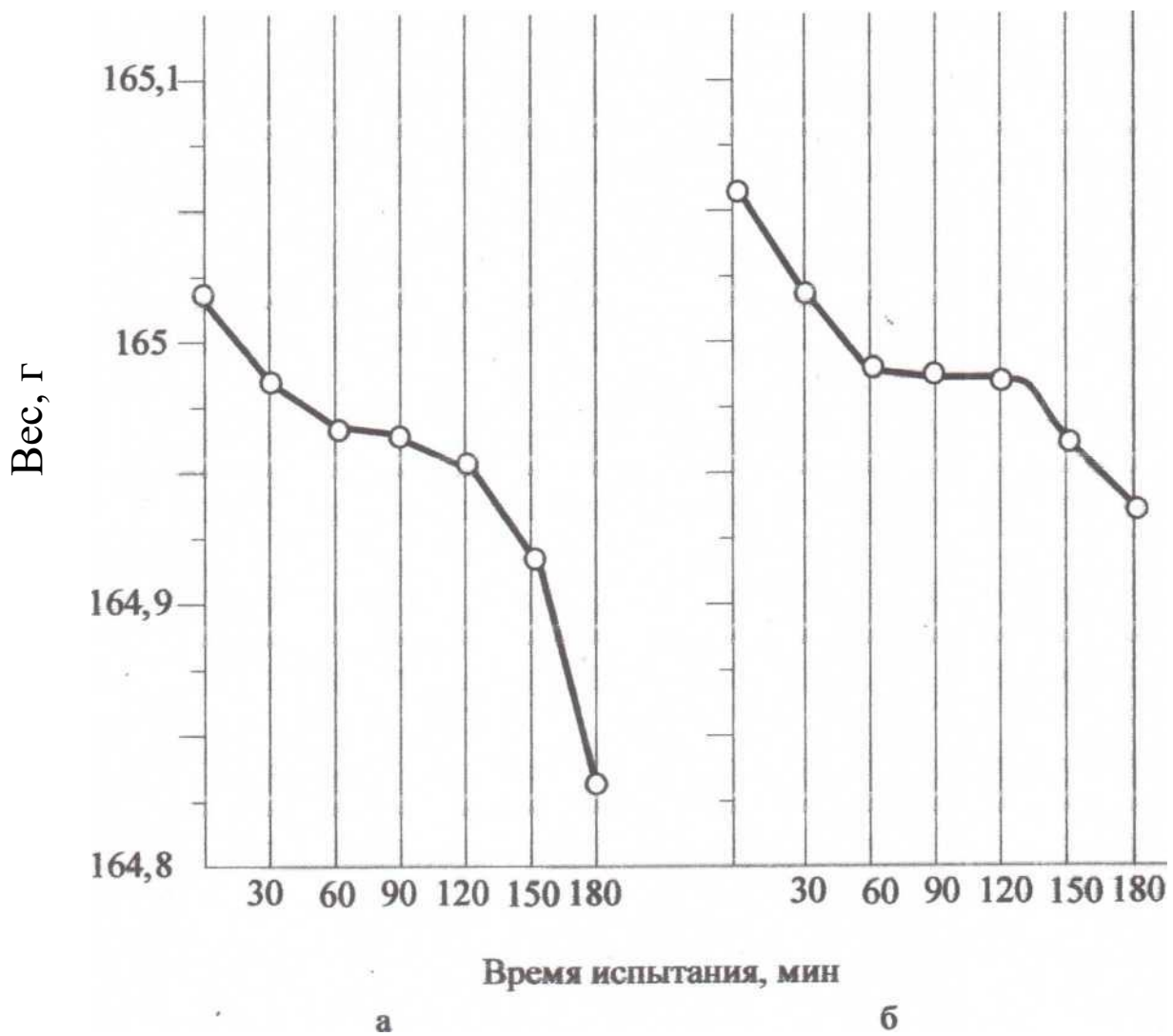


Рисунок 6.5 – Залежність ваги роликів 1 (а) та 3 (б) від часу випробувань

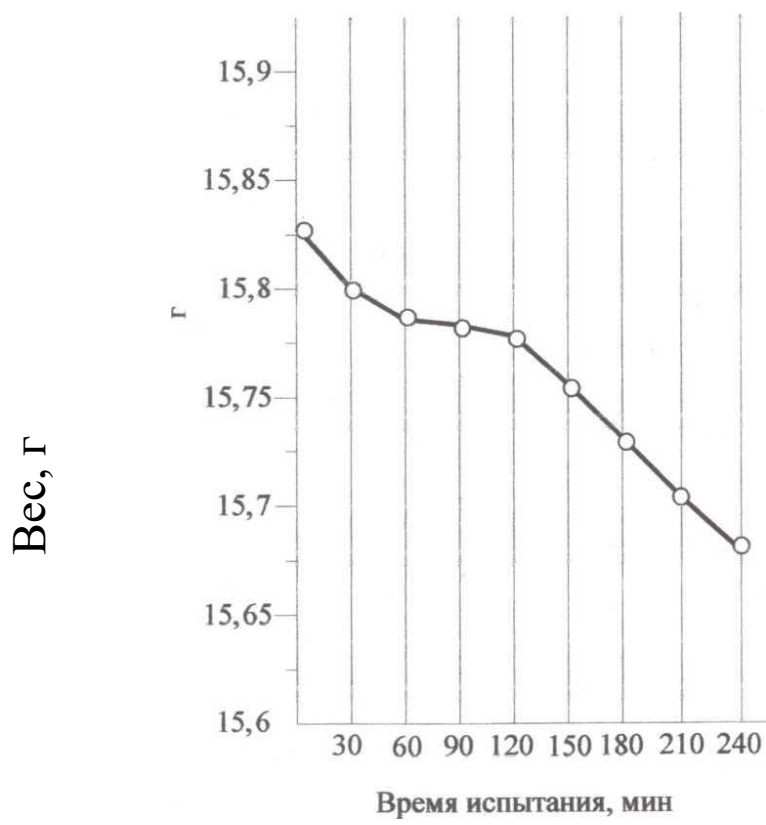


Рисунок 6.6 – Залежність ваги колодки 10 від часу випробувань

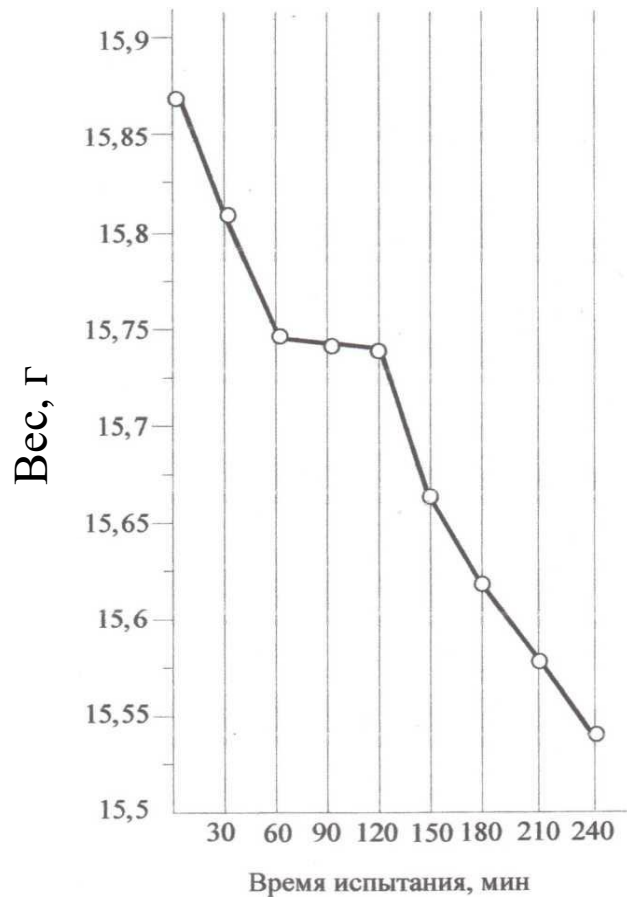


Рисунок 6.7 – Залежність ваги колодки 13 від часу випробувань

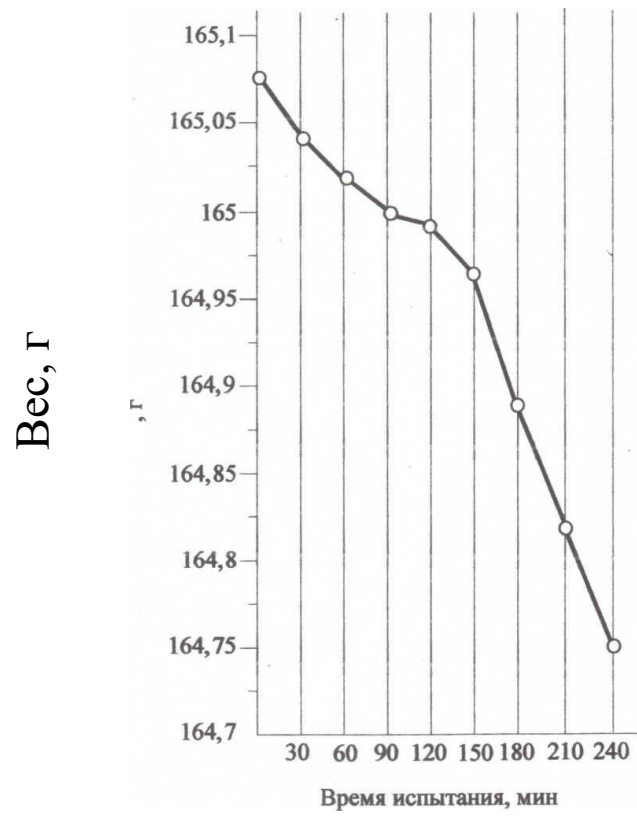


Рисунок 6.8 – Залежність ваги ролика 10 від часу випробувань

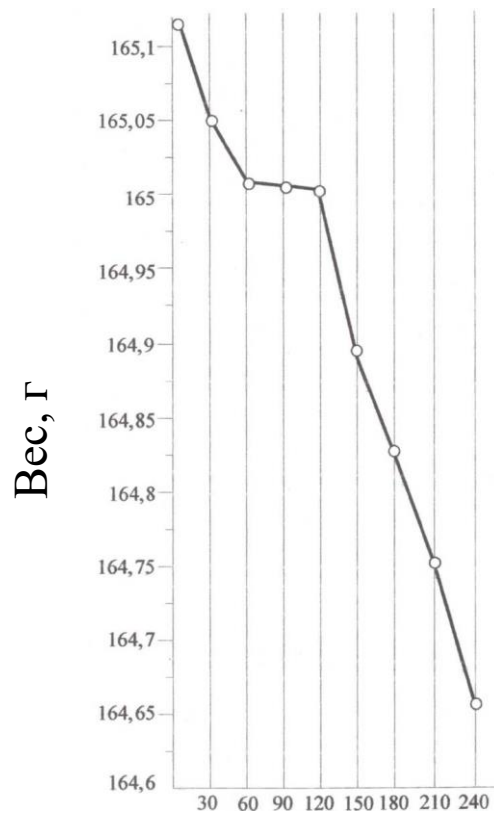


Рисунок 6.9 – Залежність ваги ролика 13 від часу випробувань

Таблиця 6.21

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі Hardox,
пара № 2

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0	0,25	0,019
1,0	0,007	1,0	0,037
2,0	0,008	2,0	0,111
3,0	0,098	3,0	0,173
5,0	0,143	5,0	0,282
10,0	0,243	10,0	0,449
20,0	0,361	20,0	0,615
36,0	0,401	36,0	0,705

Таблиця 6.22

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі Hardox,
пара № 3

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,019	0,25	0,029
0,5	0,033	0,5	0,035
1,0	0,083	1,0	0,087
1,5	0,117	1,5	0,120
2,0	0,136	2,0	0,121
3,0	0,137	3,0	0,148
5,0	0,211	5,0	0,247
10,0	0,218	10,0	0,326
20,0	0,219	20,0	0,332
36,0	0,228	36,0	0,345

Таблиця 6.23

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі Hardox,
пара № 4

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,002	0,25	0,028
1,0	0,019	1,0	0,029
1,5	0,024	1,5	0,043
2,0	0,041	2,0	0,077
3,0	0,085	3,0	0,114
5,0	0,220	5,0	0,326
10,0	0,243	10,0	0,369
20,0	0,261	20,0	0,375
36,0	0,271	36,0	0,392

Таблиця 6.24

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі Hardox,
пара № 5

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,002	0,25	0,036
0,5	0,003	0,5	0,048
1,0	0,019	1,0	0,029
1,5	0,025	1,5	0,039
2,0	0,035	2,0	0,074
3,0	0,040	3,0	0,099
5,0	0,125	5,0	0,217
10,0	0,167	10,0	0,278
20,0	0,169	20,0	0,285
36,0	0,172	36,0	0,301

6.3 Випробування сталі Nicrodur

Партія зразків складалася з 5 пар тертя «ролик-колодочка». Пари складені Замовником. Ролики виконані із сталі Nicrodur, колодочки – із 27ХГ1НМФРА. Максимальний розбіг значень ваги роликів становить 1,424г0,80 - 1,2%. Максимальний розбіг значень ваги колодочок - 0,478 габо 3,0 - 3,1%.

Таблиця 6.25

Вихідна вага роликів і колодочок із сталі Nicrodur

Колодочки		Ролики	
1	15,402	1	164,000
2	15,406	2	163,040
3	15,450	3	163,503
4	15,411	4	162,576
5	15,458	5	163,927

Результати випробувань запропонованих пар наведено у табл. 6.25 – 6.30.

Таблиця 6.26

Результати випробувань роликів та колодочків із сталі
Nicrodur, пара № 1

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,017	0,25	0,020
0,5	0,039	0,5	0,046
1,0	0,074	1,0	0,067
1,5	0,078	1,5	0,083
2,0	0,098	2,0	0,096
3,0	0,139	3,0	0,124
5,0	0,157	5,0	0,188
10,0	0,183	10,0	0,196
20,0	0,186	20,0	0,215
36,0	0,191	36,0	0,228

Таблиця 6.27

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі
Nicrodur, пара № 2

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,017	0,25	0,020
0,5	0,029	0,5	0,046
1,0	0,044	1,0	0,068
1,5	0,068	1,5	0,079
2,0	0,088	2,0	0,152
4,0	0,164	4,0	0,311
6,0	0,209	6,0	0,403
8,0	0,240	8,0	0,460
10,0	0,284	10,0	0,527
20,0	0,286	20,0	0,545
36,0	0,291	36,0	0,568

Таблиця 6.28

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі
Nicrodur, пара № 3

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,010	0,25	0,031
0,5	0,037	0,5	0,049
1,0	0,059	1,0	0,060
1,5	0,087	1,5	0,089
2,0	0,123	2,0	0,132
4,0	0,222	4,0	0,217
6,0	0,238	6,0	0,403
8,0	0,240	8,0	0,526
10,0	0,254	10,0	0,537
20,0	0,276	20,0	0,544
36,0	0,288	36,0	0,562

Таблиця 6.29

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі
Nicrodur, пара № 4

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,007	0,25	0,016
0,5	0,020	0,5	0,049
1,0	0,040	1,0	0,073
1,5	0,061	1,5	0,119
2,0	0,158	2,0	0,290
4,0	0,196	4,0	0,370
6,0	0,228	6,0	0,417
8,0	0,238	8,0	0,464
10,0	0,252	10,0	0,477
20,0	0,271	20,0	0,514
36,0	0,283	36,0	0,525

Таблиця 6.30

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі
Nicrodur, пара № 5

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,009	0,25	0,023
0,5	0,019	0,5	0,028
1,0	0,046	1,0	0,070
1,5	0,077	1,5	0,119
2,0	0,090	2,0	0,122
4,0	0,110	4,0	0,229
6,0	0,169	6,0	0,263
8,0	0,180	8,0	0,275
10,0	0,184	10,0	0,284
20,0	0,188	20,0	0,291
36,0	0,202	36,0	0,298

6.4 Випробування сталі QUARD

Партія зразків складалася з 4 пар тертя «ролик-колодочка». Пари складені Замовником. Ролики виконані із сталі QUARD, колодочки – із 27ХГ1НМФРА. Максимальний розбіг значень ваги роликів становить 0,114 г, або 0,07%. Максимальний розбіг значень ваги колодочок – 0,035 г, або 0,2 %.

Результати випробувань запропонованих пар наведено у табл. 6.31 – 6.35.

Таблиця 6.31

Вихідна вага роликів та колодочок із сталі QUARD

Колодочки		Ролики	
1	15,278	1	164,871
2	15,305	2	164,830
3	15,292	3	164,760
4	15,270	4	164,874

Таблиця 6.32

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі QUARD, пара № 1

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,006	0,25	0,012
0,5	0,019	0,5	0,044
1,0	0,043	1,0	0,082
1,5	0,078	1,5	0,118
2,0	0,146	2,0	0,168
4,0	0,268	4,0	0,381
6,0	0,652	6,0	0,886
8,0	0,825	8,0	1,093
10,0	0,862	10,0	1,116
20,0	0,891	20,0	1,124
36,0	0,917	36,0	1,155

Таблиця 6.33

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі QUARD, пара № 2

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,007	0,25	0,016
0,5	0,020	0,5	0,049
1,0	0,040	1,0	0,073
1,5	0,061	1,5	0,119
2,0	0,213	2,0	0,268
4,0	0,442	4,0	0,591
6,0	0,753	6,0	0,983
8,0	1,040	8,0	1,332
10,0	1,072	10,0	1,367
20,0	1,101	20,0	1,384
36,0	1, 123	36,0	1,399

Таблиця 6.34

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі QUARD, пара № 3

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,003	0,25	0,006
0,5	0,022	0,5	0,050
1,0	0,039	1,0	0,076
1,5	0,053	1,5	0,130
2,0	0,085	2,0	0,254
4,0	0,272	4,0	0,500
6,0	0,899	6,0	1,274
8,0	1,190	8,0	1,634
10,0	1,202	10,0	1,677
20,0	1,231	20,0	1,714
36,0	1,265	36,0	1,733

Таблиця 6.35

Результати випробувань роликів та колодочок із сталі QUARD, пара № 4

Колодочка		Ролик	
Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г	Сумарна тривалість випробувань, година	Сумарна втрата ваги, г
0,25	0,002	0,25	0,005
0,5	0,028	0,5	0,032
1,0	0,067	1,0	0,079
1,5	0,094	1,5	0,138
2,0	0,184	2,0	0,276
4,0	0,495	4,0	0,721
6,0	1,005	6,0	1,420
8,0	1,241	8,0	1,745
10,0	1,292	10,0	1,788
20,0	1,326	20,0	1,814
36,0	1,331	36,0	1,836

6.5 Порівняння результатів випробувань

Максимальне зношування роликів зі сталі 25ХГСР становить 3,071 г (1,87 % від ваги ролика), а пов'язаних з ними колодочок – 1,579 г (10,23 % від ваги колодочки).

Середнє зношування роликів зі сталі 25ХГСР становить 2,129 г (1,3 % від ваги ролика), а пов'язаних з ними колодочок – 1,449 г (9,44 % від ваги колодочки).

При цьому втрата маси зі збільшенням тривалості випробувань здійснюється паралельно роликом і колодочкою, але максимальне зношування ролика має місце в парі № 5, а

максимальне зношування колодочки в парі № 1; тобто. який завжди більший знос ролика супроводжується великим зносом колодочки.

Сталь 25ХГСП виходить у режим зносу, що встановився, за 8-10 годин. Можна сказати, що серед досліджених сталей вона має найменшу зносостійкість.

Максимальне зношування роликів зі сталі HARDOX становить 0,705 г, а пов'язаних з ними колодочок - 0,401 г.

Середнє зношування роликів зі сталі HARDOX становить 0,411 г, а пов'язаних з ними колодочок - 0,242 г. Якщо відкинути максимальні значення зносу, які вибиваються із загального рівня значень зносу (пара № 2), то середнє зношування роликів зі сталі HARDOX склало 0,338 г (0,21 % від ваги ролика), а пов'язаних з ними колодочок - 0,214 г (1,39 % від ваги колодочки).

Максимальне зношування роликів із сталі Nicrodur становить 0,568 г (0,35 % від ваги ролика), а пов'язаних з ними колодочок - 0,291 г (1,89 % від ваги колодочки).

Середнє зношування роликів із сталі Nicrodur становить 0,436 г (0,27 % від ваги ролика), а пов'язаних з ними колодочок - 0,251 г (1,62 % від ваги колодочки).

Для обох сталей, як правило, більший знос ролика супроводжується великим зносом колодочки.

Сталі HARDOX виходять в режим зносу, що встановився, за 5-8 (10) годин тертя; стали Nicrodur - за 5-6 годин. Це свідчить про більшу здатність останніх допрацьовуватися в процесі тертя, а можливо, і про більшу їхню пластичність. Про більшу пластичність сталей Nicrodur свідчить також велика величина середнього зносу

цих сталей. Сталі HARDOX в тих же умовах мають більшу зносостійкість: середній знос ролика 0,338 г(0,21% від ваги ролика). На відміну від сталі Nicrodur, на яку середній знос роликів їх становить 0,436 г(0,27 % від ваги ролика).

Максимальне зношування роликів зі сталі QUARD становить 1,836 г (1,11 % від ваги ролика), а пов'язаних з ними колодочок – 1,331 г (8,72 % від ваги колодочки).

Середнє зношування роликів зі сталі QUARD становить 1,531 г (0,93 % від ваги ролика), а пов'язаних з ними колодочок – 1,159 г (7,58 % від ваги колодочки). Більше зношування ролика супроводжується великим зношуванням колодочки у всіх парах, і максимальне зношування і ролика. І колодочки має місце у парі №4.

Слід зазначити значну втрату маси колодочками, дещо меншу лише порівняно зі сталлю 25ХГСП. Якщо ролики зі сталі QUARD мають достатню зносостійкість, хоча і набагато меншу, ніж ролики зі сталей HARDOX і Nicrodur, то знос сполученої деталі в парі з цією сталлю збільшується. Тобто. матеріал сполученої деталі – сталь 27ХГ1НМФРА – не підходить для роботи в парі тертя зі сталями 25ХГСП та QUARD.

Сталь QUARD виходить у режим зносу, що встановився, за 10 годин тертя (за 8 годин у парі № 1).

Дані вимірювання твердості (таблиці 6.36 – 6.8) підтверджують отримані результати та узгоджуються з даними про втрату маси деталями.

Таблиця 6.36

Твердість сталі 25ХГСП

№ обр	Ролики, 25ХГСП, HRC	Сполучені колодочки, HRC
6	25,5-27,0	41,0-42,5
8	18,0-23,5	44,0-45,0
9	23,0-26,0	42,0-43,0
10	19,0-22,5	31,0-42,0

Таблиця 6.37

Твердість сталі HARDOX

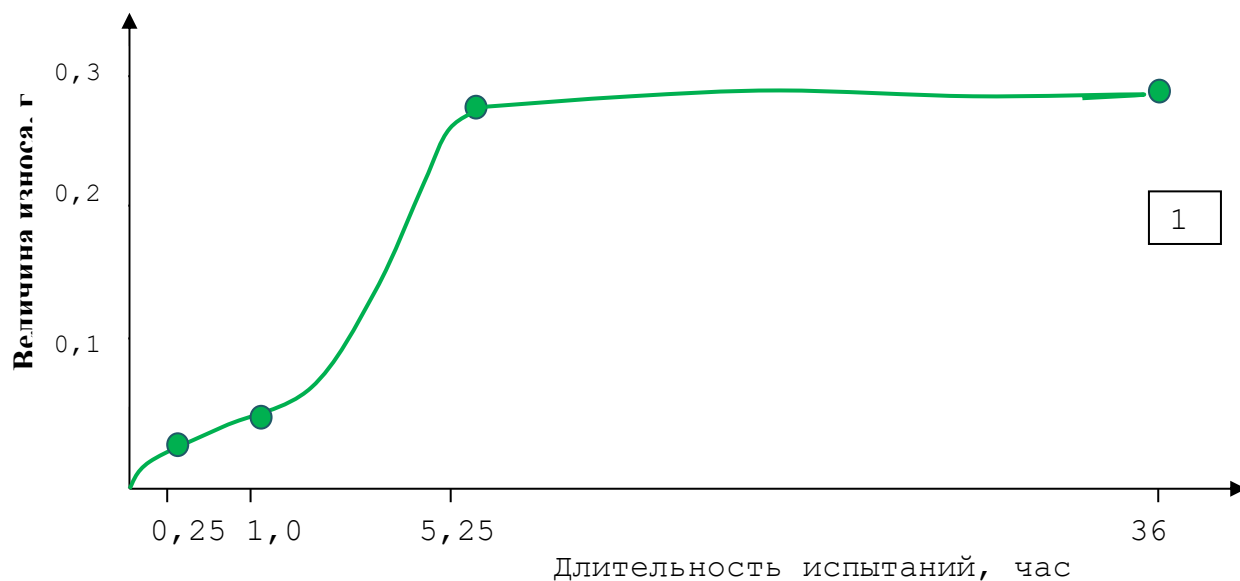
№ обр	Ролики, HARDOX, HRC	Сполучені колодочки, HRC
1	44	45
2	44	45
3	43-43,5	39-43
4	24-27	44
5	44	30-43

Таблиця 6.38

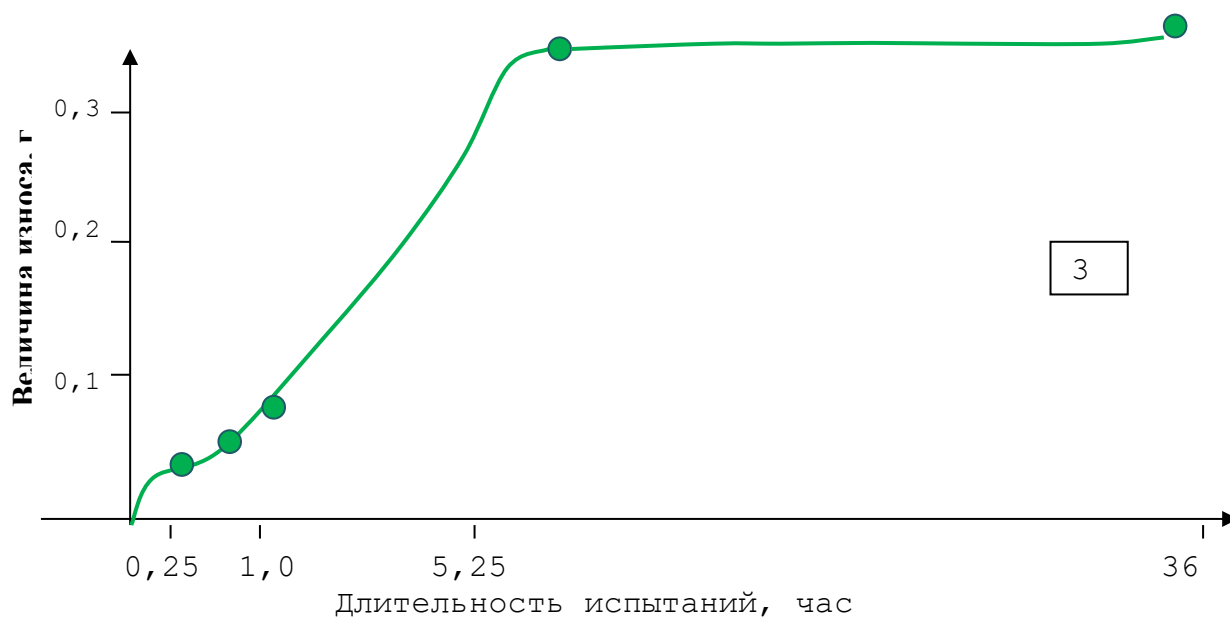
Твердість сталі Nicrodur

№ обр	Ролики, Nicrodur, HRC	Сполучені колодочки, HRC
1	41-42	46
2	43	45-46
3	43-44	46-48
4	41-42	47
5	40,5-42,5	41-45

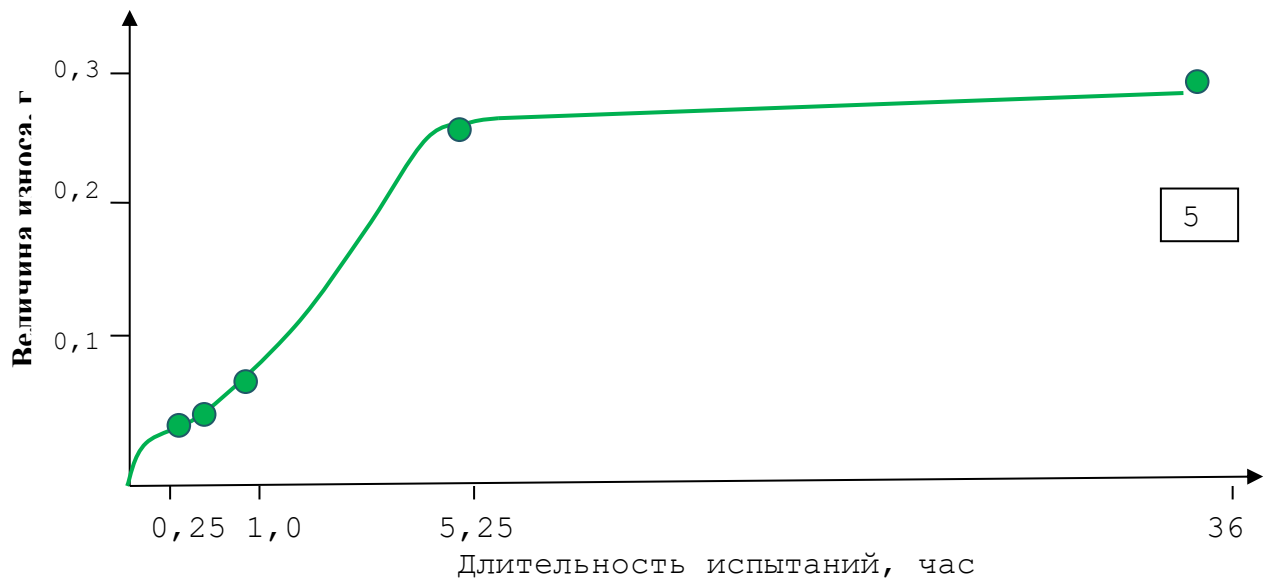
Найбільш характерні криві зношування роликів із сталі Hardox наведені на рис. 6.10-6.12; відповідних колодочок – на рис. 6.13-6.16.



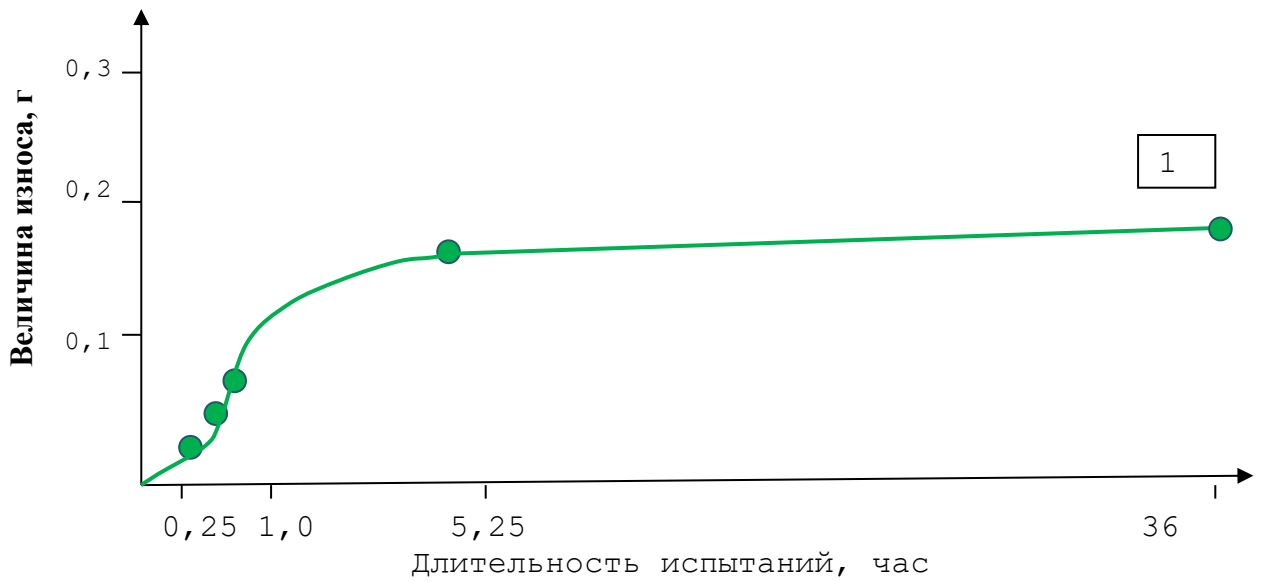
Малюнок 6.10 - Крива зношування ролика №1



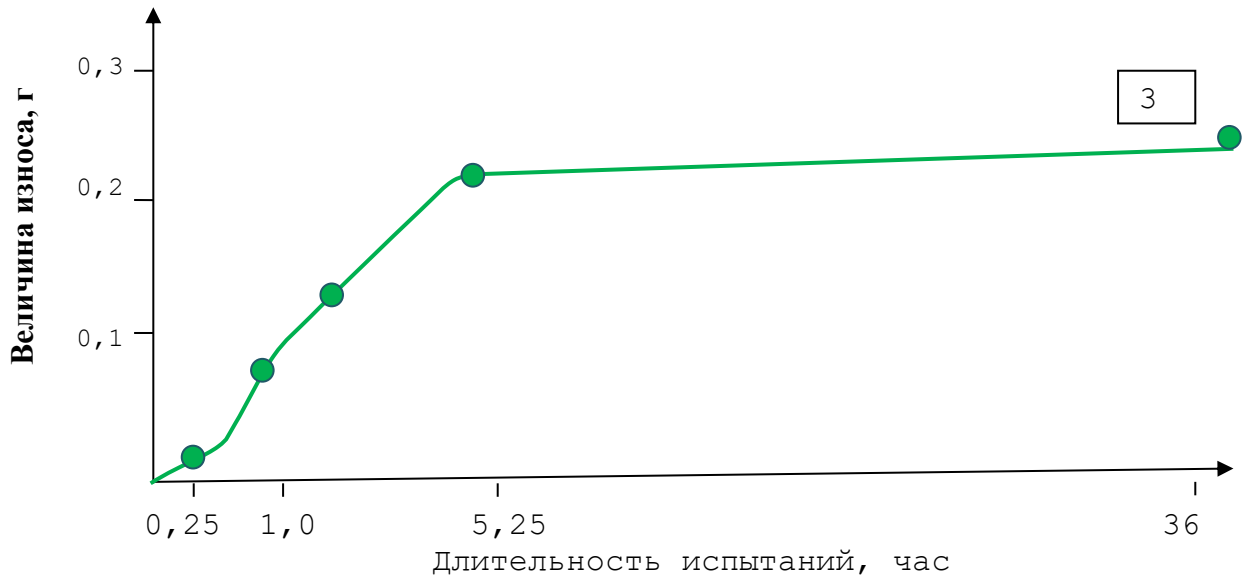
Малюнок 6.11 - Крива зношування ролика №3



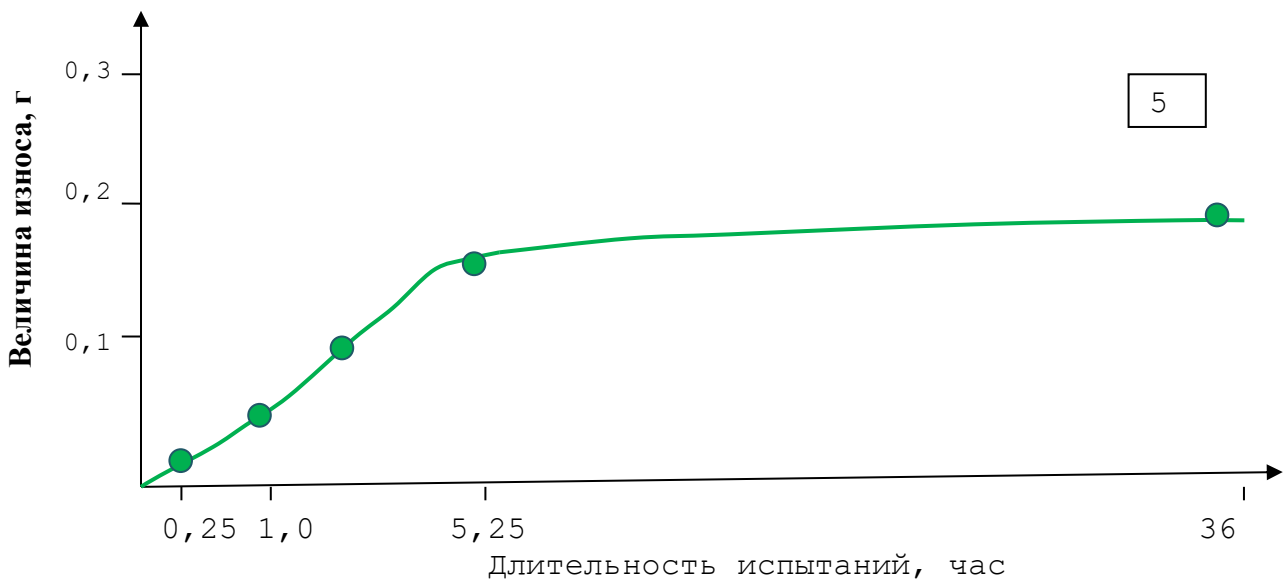
Малюнок 6.12 - Крива зношування ролика №5



Малюнок 6.13 - Крива зношування колодочки №1

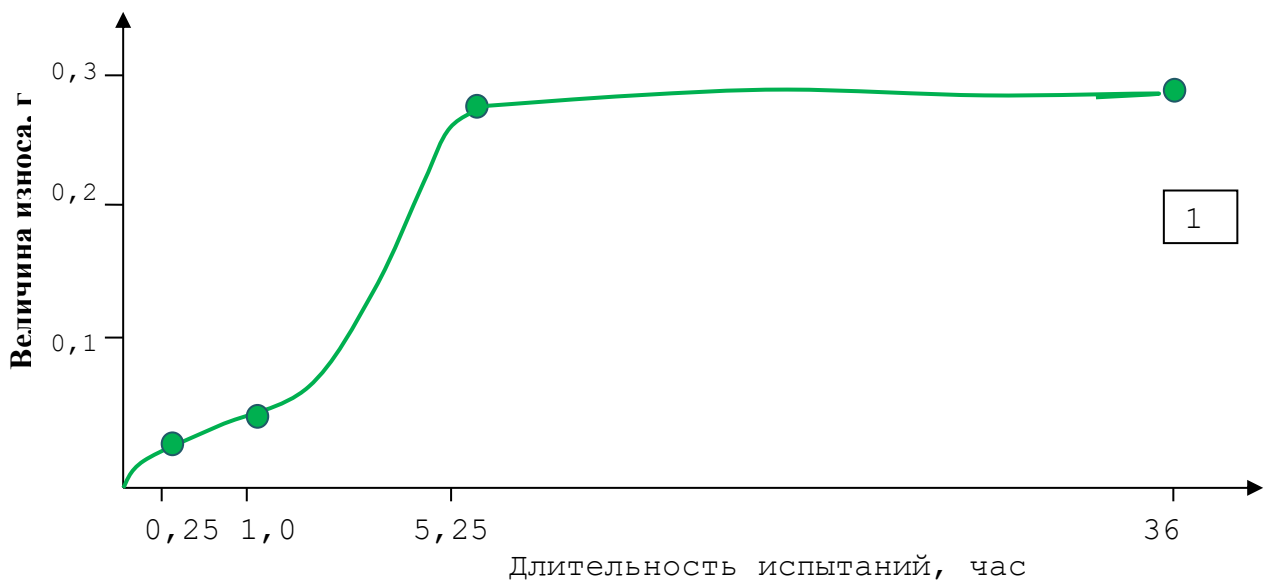


Малюнок 6.14 – Крива зношування колодочки №3

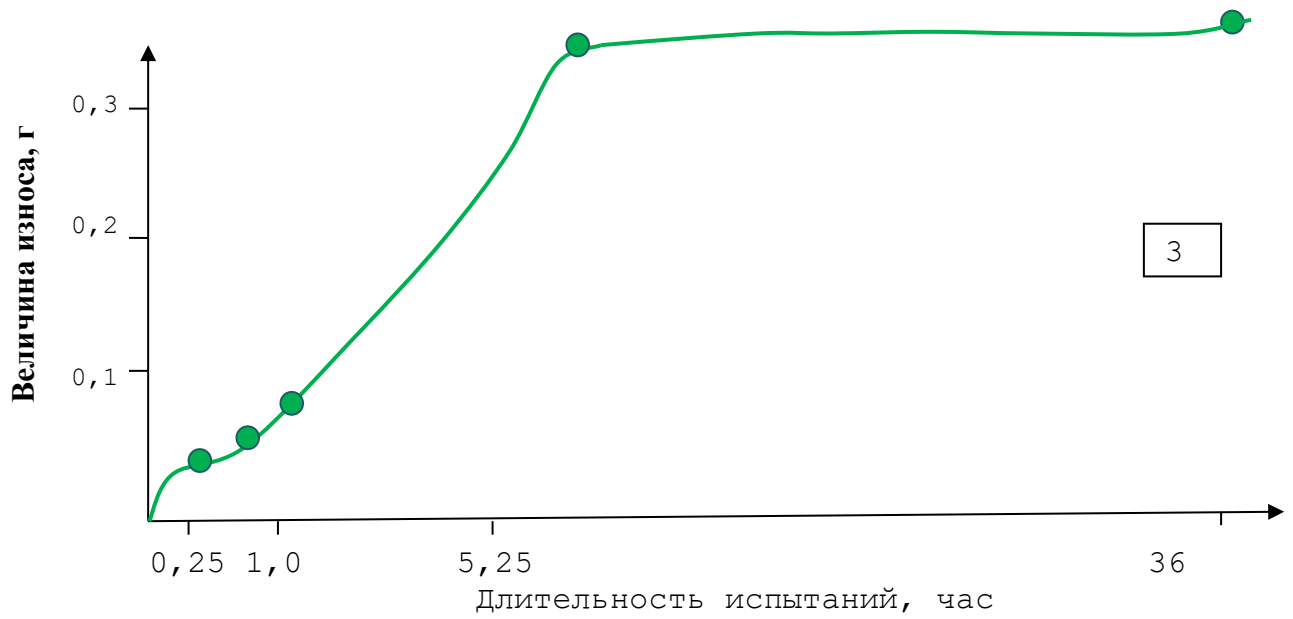


Малюнок 6.15 - Крива зношування колодочки №5

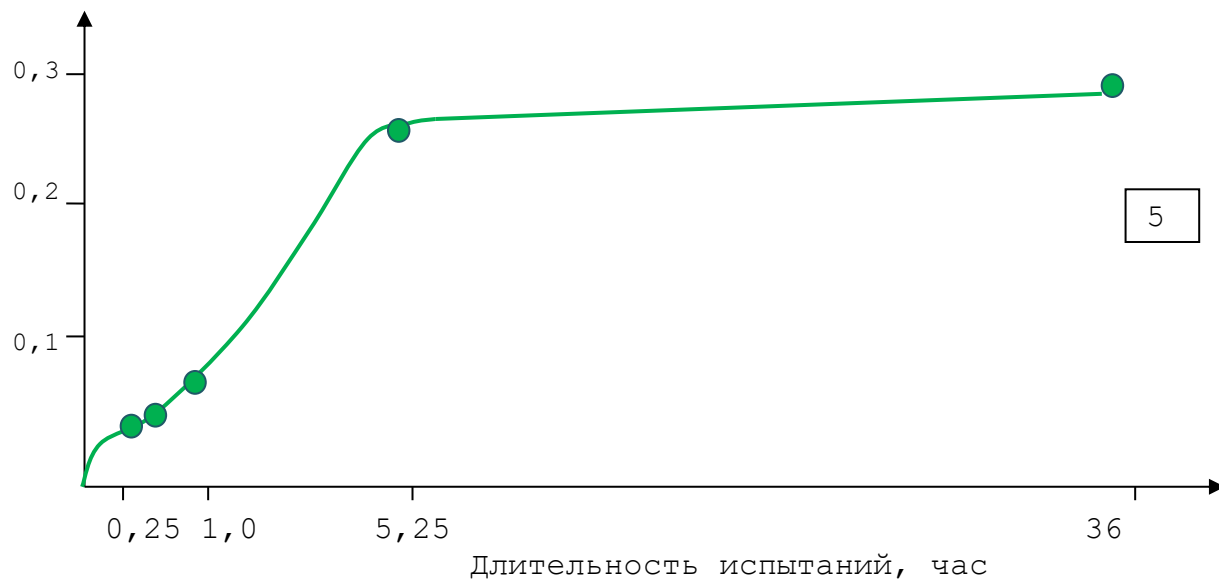
Найбільш характерні криві зношування роликів із сталі Nicrodur наведені на рисунках 6.16-6.18; колодочок - рис. 6.19-6.21.



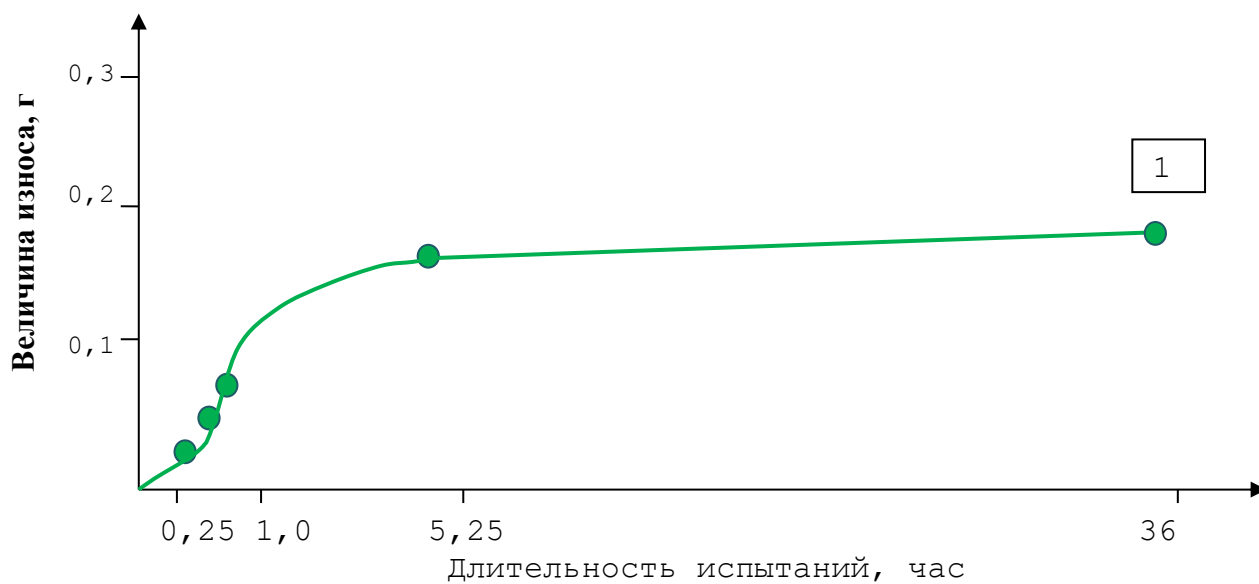
Малюнок 6.16 - Крива зношування ролика №1



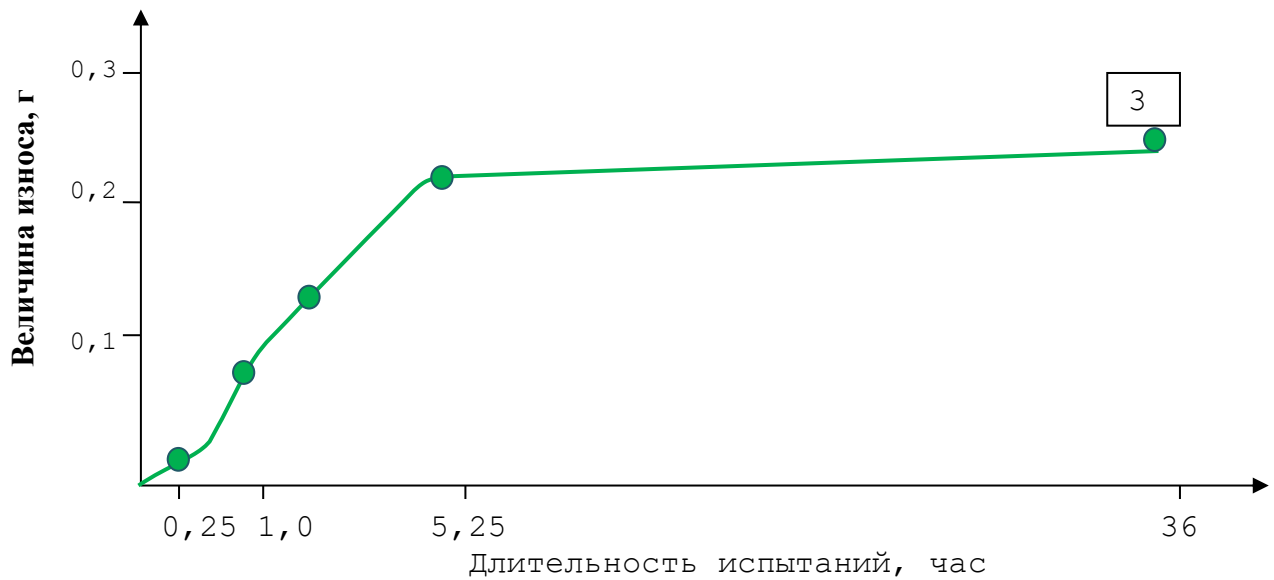
Малюнок 6.17 - Крива зношування ролика №3



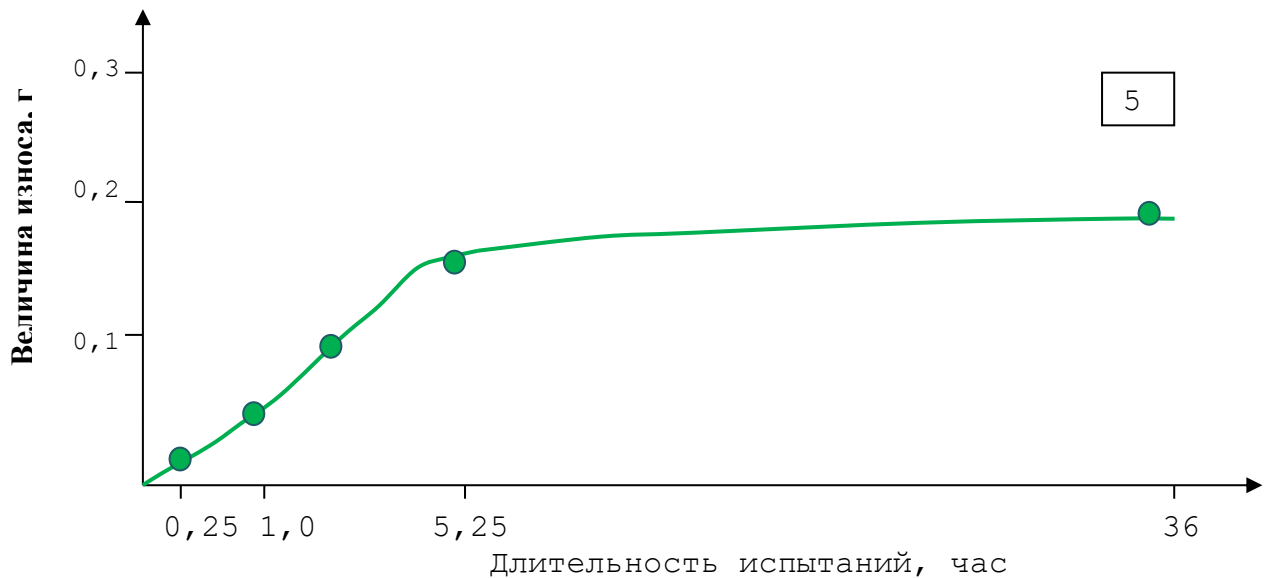
Малюнок 6.18 - Крива зношування ролика №5



Малюнок 6.19 - Крива зношування колодочки №1



Малюнок 6.20 - Крива зношування колодочки №3



Малюнок 6.21 - Крива зношування колодочки №5

Таким чином, з усіх випробуваних сталей високу зносостійкість і кращу оброблюваність стали HARDOX і Nicrodur. Сталь Nicrodur більш пластична і знос її трохи вищий, ніж у сталі HARDOX. Тому для роботи в умовах абразивного зносу ми вважаємо за доцільне виготовлення відповідальних деталей скребкового конвеєра зі сталі HARDOX.

Таблиця 6.25

Порівняльні дані щодо зносу досліджених сталей

Сталь	Втрата маси ролика, г/%		Втрата маси колодочки, г/%		Час виходу на режим стабільного зношування, година	Прим
	Макс.	Середн.	Макс.	Середн.		
25ХГСП	3,071/1,87	2,129/1,3	1,579/10,23	1,449/9,44	8-10	
QUARD	1,836/1,11	1,531/0,93	1,331/8,72	1,159/7,58	10 (8)	
Nicrodur	0,568/0,35	0,436/0,27	0,291/1,89	0,436/0,27	5-6	
HARDOX	0,392/0,24	0,338/0,21	0,271/1,76	0,214/1,39	5 – 8	

24

Сталі HARDOX та Nicrodur мають найменший час переходу до стабільного режиму зносу, і з них сталь HARDOX забезпечує найменший знос ролика та сполученої колодочки. На 3 місяці – сталь QUARD, але у неї найбільший за тривалістю період опрацювання. Найгірші показники – у сталі 25ХГСПА.

Таким чином, по здатності чинити опір зношування досліджувані сталі можна розташувати наступним чином:

1. HARDOX
2. Nicrodur
3. QUARD
4. 25ХГСП

Висновки з шостого розділу

1. Встановлено, що відповідальні деталі скребкових конвеєрів виходять з ладу в результаті тривалого впливу змінних за величиною тисків, абразивного зносу, корозії.

2. Аналіз способу підвищення довговічності відповідальних деталей скребкових конвеєрів дозволяє припустити доцільність застосування нових марок сталі, що поєднують у собі високі показники міцності з низькою інтенсивністю зношування, здатних працювати в екстремальних умовах експлуатації.

3. Обґрунтовано вимоги до матеріалів виготовлення деталей скребкового конвеєра.

4. Проаналізовано умови тертя та зношування деталей у процесі роботи скребкового конвеєра.

5. Проведено випробування на тертя та зношування 4-х найбільш перспективних марок сталей: 25ХГРС, HARDOX, Nicrodur та QUARD.

6. Найбільша втрата маси спостерігається на роликах із сталі 25ХГРС і пов'язаних з ними колодочках – відповідно до 1,87% від ваги ролика та до 10,23% від ваги колодочки. Стадія зносу настає після 8-10 годин тертя. Можна сказати, що серед досліджених сталей 25ХГРС має найменшу зносостійкість.

7. Найкращою зносостійкістю мають ролики зі сталі HARDOX і пов'язані з ними колодочки (відповідно 0,21% від ваги ролика і 1,39% від ваги колодочки).

8. Максимальне зношування роликів із сталі Nicrodur становить 0,35 % від ваги ролика, а пов'язаних з ними колодочок -

1,89 % від ваги колодочки.

9. Для всіх сталей, крім сталі 25ХНГРС, як правило, більший знос ролика супроводжується великим зносом колодочки.

10. Сталі HARDOX виходять в режим зносу, що встановився, за 5-8 (10) годин тертя; стали Nicrodur - за 5-6 годин. Це свідчить про більшу здатність останніх допрацьовуватися в процесі тертя. Про більшу пластичність сталей Nicrodur свідчить також велика величина середнього зносу цих сталей.

11. Максимальне зношування роликів зі сталі QUARD становить 1,11 % від ваги ролика, а пов'язаних з ними колодочок – 8,72 % від ваги колодочки.

12. Відзначається значна втрата маси колодочками, що працюють у парі з роликами зі сталі QUARD, дещо меншою лише порівняно зі сталлю 25ХГСП. Хоча ролики зі сталі QUARD мають достатню зносостійкість, хоча й набагато меншу, ніж ролики зі сталей HARDOX і Nicrodur, але знос сполученої деталі в парі з цією сталлю збільшується. Сталь QUARD виходить в режим зносу, що встановився, за 10 годин тертя.

13. Дані вимірювання твердості (таблиці 6.22-6.24) підтверджують отримані результати та узгоджуються з даними про втрату маси деталями.

14. Для виробництва відповідальних деталей скребкових конвеєрів слід рекомендувати сталь HARDOX.

Інформацію про стан металу досліджуваних зразків можна отримати, вивчаючи їх поверхню, яка піддається дії значних деформацій, що проходять в тонкому поверхневому шарі і призводять до його нагрівання.

Відомості про стан поверхні було отримано за допомогою портативного металографічного мікроскопа Альтамі МЕТ-1.

На рис. 7.1 - 7.4 представлені види поверхонь роликів, що імітують роботу пари "днище-скребок" після часу випробувань 120 (а), 150 (б), 180 (в) хвилин, сталей 25ХГСП, Nicrodur , Quard 450 , HARDOX .

Як впливає з аналізу стану металу, видно слід мікросхоплювання або утворення натирів з більш м'якої структурної складової. Усе це зумовлює характер мікрорельєфу поверхні тертя.

Можна відзначити, що із збільшенням часу випробувань кількість натирів зростає.

Така сама закономірність простежується й у ролика 8 (рис. 7.2). Після 240 годин на поверхні можна побачити багато паралельних рисок слідів різання абразивними частинками.

На рис. 7.3, 7.4 показана відповідно поверхня роликів 18, що імітують роботу пари тертя « зірочка-з'єднувальний ділянку ланцюга»

Особливо слід зупинитись на аналізі поверхні ролика 13 після 240 хвилин випробувань (рис. 7.4 в). Численні сліди різання накладаються на сліди мікросхоплювання та локальні напливи.

На зазначених зразках також простежується тенденція збільшення різних видів прояву зношування поверхні зі зростанням часу.



а



б

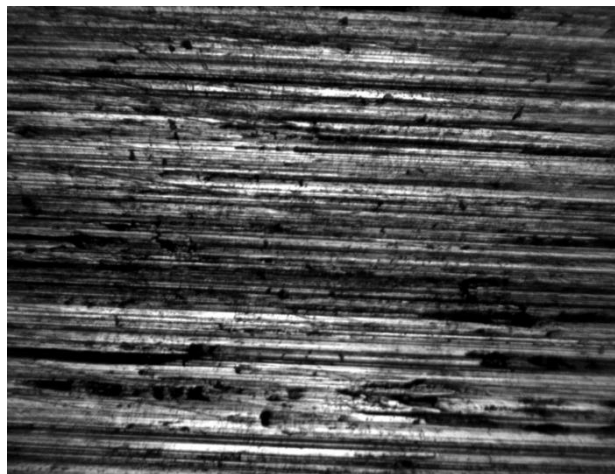


в

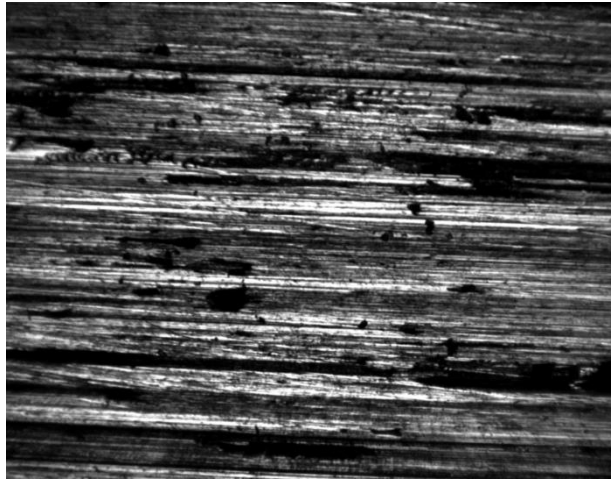
Малюнок 7.1 – Стан поверхні ролика 3 із сталі 25ХГСР після випробувань на тертя на протязі та 120 (а), 150(б) та 180(в) хвилин



а

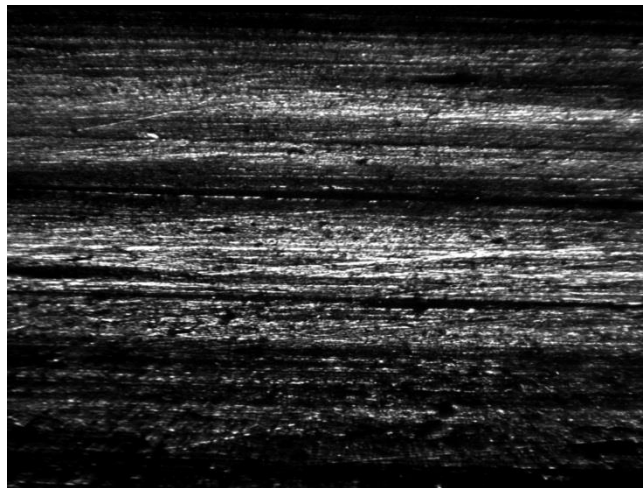


б

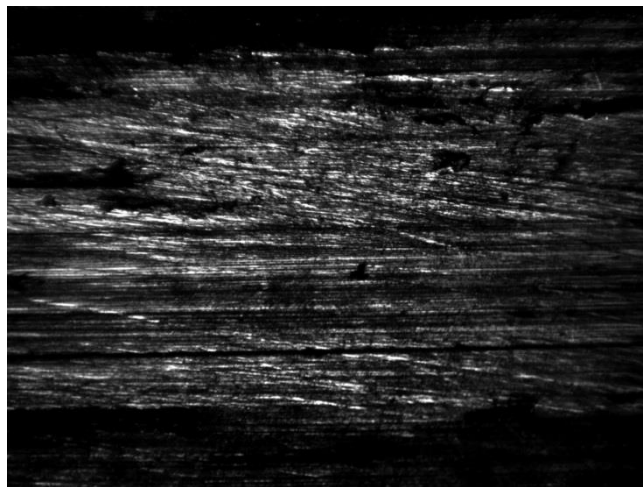


В

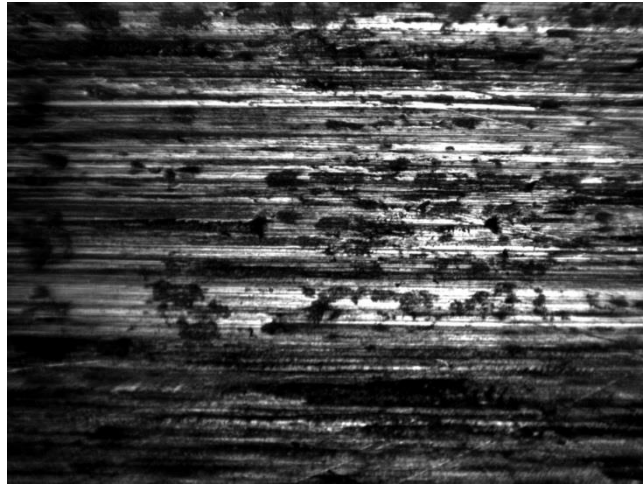
Малюнок 7.2 – Стан поверхні ролика 18 із сталі Quard 450 після випробувань на тертя на протязі та 120 (а), 150 (б) та 180 (в) хвилин



а



б



в

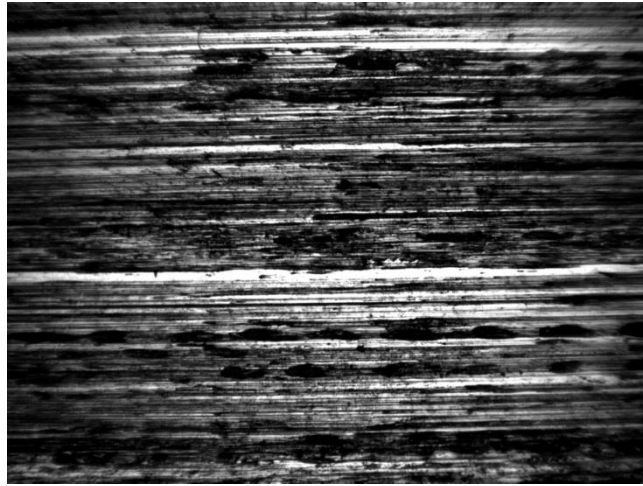
Рисунок 7.3 – Стан поверхні ролика 8 із сталі Nitrodur після випробувань на тертя протягом 120 (а), 150 (б) і 180 (в) хвилин



а



б



В

Рисунок 7.4 – Стан поверхні ролика 13 зі сталі HARDOX після випробувань на тертя протягом 150 (а), 180 (б) і 240 (в) хвилин

Таким чином, після 150 хвилин випробувань спостерігається поява на поверхнях, що труться, вогнищ захоплення і заїдання металу. Зі збільшенням тривалості випробувань ушкоджуваність поверхні зростає.

Шорсткість, мікроструктура, наявність зміцнення поверхневих шарів є найважливішими параметрами стану поверхонь, які значно впливають на їх зносостійкість.

Із загального закону відомо, що початковий період зношування деталей протікає з невеликою інтенсивністю.

Протягом цього періоду відбувається опрацювання поверхонь, тобто. перехід від вихідного до встановленого .

Скорочення періоду приробітку поверхонь до мінімуму дозволяє збільшити термін зносу.

Мікрогеометрія поверхонь під час опрацювання змінюється, при цьому змінюються форми, розміри та спрямованість

мікронерівностей, а також утворюються нові поверхні.

Найкращий стан поверхонь на всіх етапах проведення випробувань спостерігається у сталі HARDOX . За нею за рівнем зносостійкості поверхні зносу йде сталь Nicrodur , потім сталь Quard 450. Найгірший стан поверхні роликів після випробування спостерігається у сталі 25ХГСП.

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ, НАПРЯМОВАНИХ НА ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СПОЛУЧНІ ЛАНКИ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА

Сполучні ланки є одним з елементів тягових органів скребкових конвеєрів і використовуються для з'єднання відрізків круглоланкових ланцюгів, розташованих в рештаку з боковинами, в єдиний тяговий ланцюг, призначений для переміщення скребків уздовж рештаків.

Сполучне зерно є скобоподібним елементом, що складається з кулака, закруглених частин і лапок з отворами, що конструктивно з'єднує за допомогою болта і гайки відрізки круглоланкових ланцюгів і скребок.

У процесі експлуатації конвеєра сполучна ланка знаходиться в складнонапруженому стані, при цьому в кулаку і закруглених частинах ланки діють циклічні напруги, що розтягують.

Досвід експлуатації показав, що розриви з'єднувальних ланок відбуваються, в основному, в потовщеній частині (кулака), а також на межі між потовщеною та закругленою частинами та в зоні контакту сполучної ланки з ланкою круглоланкового ланцюга.

У процесі експлуатації на поверхні, що труться про боковину, кулака спочатку утворюється сітка дрібних поперечних тріщин контактнo-втомного походження, а потім від якої-небудь з дрібних тріщин починає розвиватися тріщина, що призводить до руйнування.

В даний час мають місце випадки передчасного виходу з ладу сполучних ланок до закінчення нормативного терміну експлуатації.

Відомо, що надійність і довговічність виробів, що піддаються циклічним навантаженням, визначається їх міцності втоми. З підвищенням тимчасового опору при розтягуванні міцність втоми стали спочатку лінійно зростає, а після досягнення деякого граничного значення тимчасового опору, величина якого визначається пластичністю сталі і забрудненістю неметалевими включеннями, втомна міцність починає знижуватися.

Найчастіше сполучні ланки виготовляються із сталі 27ХГ1НМФРА. Аналіз якості сполучних ланок показав, що вони у значній кількості випадків не задовольняють вимогам, про що свідчать часті поломки ланок при експлуатації.

Однією із суттєвих причин зниженої якості металу сполучних ланок є підвищена кількість включень, виявлених мікрорентгенівським спектральним та металографічним методами (4 бали). До них відносяться:

- сульфосилікати , що містять алюміній, кальцій, марганець та сірку;
- недеформовані силікати, що містять алюміній та кальцій;
- карбонітриди , що містять титан.

З метою зменшення завантаженості сталі 27ХГ1НМФРА неметалевими включеннями було розроблено вдосконалену технологію її виплавки.

Розроблена технологія передбачає додаткове звуження меж утримання сталі низки елементів, зокрема:

- кремнію - 0,20...0,30%;
- алюмінію - 0,030...0,040%;
- сірки – не більше 0,010%.

Вакуумування при виплавці стали проводилося за такою технологією:

1. Після випуску металу в ківш та обробки його твердими шлакоподібними матеріалами (ТШМ) - шлак із ковша скачують і наводять новий.

2. У процесі обробки металу на КПК (установка піч-ківш) проводиться розкислення шлаку алюмінієм.

3. Вакуумування першому етапі проводиться з витратою аргону 250...300 л/мин.

4. Після проведення вакуумування вводиться алюміній, феротитан , ферробор і кальцій, а потім "м'яка" продування аргонном протягом 10...15 хв.

5. При кінцевому Розкислення титану вводиться на 0,06% за розрахунком.

6. Розливання сталі проводиться у виливниці для злитків масою 3,6...4,3 т.

Технологія електрошлакового переплаву (ЕШП) стали такою:

1. Розкислення продуктовим алюмінієм у кількості 0,2...0,5 кг/т, залежно від вмісту алюмінію у вихідному металі.

2. Охолодження злитків у кристалізаторі протягом 40...60 хв.

3. Тривалість накопичення злитків під клапанами сповільненого охолодження має бути не більше ніж 24 години.

Посадка в печі відпалу не пізніше ніж через 18 годин.

Аналіз якості гарячекатанного прокату із сталі 27ХГ1НМФРА, виплавленої за вдосконаленою технологією розкислення з наступним електрошлаковим переплавом показав, що прокат повністю задовольняє вимогам технічних умов ТУ14-143-516-00.

Зміст неметалевих включень був трохи більше 3 (табл. 8.1).

Таблиця 8.1

Забрудненість сталі неметалевими включеннями

Оцінка забрудненості методом Ш 6	Забрудненість сталі неметалевими включеннями, бал не більше			
	оксиди (ОС, ВІД)	силікати (СП, СГ, СН)	сульфіди (С)	нітриди (НС, НТ)
За середнім балом	Для вакуумованого металу			
	2,5	2,5	2,0	1,0
За максимальним	Для металу електрошлакового переплаву			
	2,5	2,0	1,5	1,0

Далі наведено порівняння результатів випробувань на втомну міцність серійних зразків і зразків, виконаних за вдосконаленням - ванної технології, для дослідження втомної міцності сполучних ланок.

Для ланок із сталі серійного виробництва кількість циклів навантаження до руйнування знаходилося в межах 41300-185400, тоді як для ланок за вдосконаленою технологією - в межах 66500-188800. Середня кількість навантаження до руйнування для ланок зі сталі ЕШП (112560) було в 1,28 рази більше, ніж для ланок зі сталі серійного виробництва, при цьому мінімальна кількість циклів до руйнування для ланок зі сталі ЕШП (66500) була в 1,61 рази більше, ніж для ланок із сталі серійного виробництва (41 300).

Подані дані свідчать про те, що застосування для виготовлення сполучних ланок з удосконаленої сталі сприяє підвищенню міцності втоми.

Висновки з восьмого розділу

1. Встановлено, що основними видами пошкоджень деталей скребкового конвеєра є абразивне, корозійно-механічне та термомеханічне зношування з переважанням абразивного.

2. Виявлено, що основними факторами, що забезпечують підвищення довговічності деталей скребкового конвеєра, є: фізико-механічні властивості матеріалів, умови експлуатації, конструктивні особливості вузла тертя.

3. Обґрунтовано вимоги до матеріалів виготовлення деталей скребкового конвеєра. До них відносяться: зносостійкість, твердість і міцність елементів, що зношуються.

4. Проведені дослідження зносостійкості трьох марок сталей: ЗОГ, 25 ХГСП та А335/А335М (ASTM, США) показали, що знос запропонованої сталі 25ХГСП у 3 рази, а сталі А335/А335М у 1,8 рази менше, ніж сталі ЗОГ.

5. Аналіз динаміки зношування показав, що швидкість зношування за перші 6 годин випробувань сталі 25ХГСП у 3 рази, а сталі А335/А335М у 2,5 рази менше, ніж сталі ЗОГ. А за 36 годин випробувань сталі 25ХГСП у 3 рази, а сталі А335/А335М у 1,6 рази меншими, ніж сталі ЗОГ.

6. Підвищена зносостійкість сталі 25ХГСП порівняно зі сталями А335/А335М і ЗОГ пояснюється підвищеною макро- та мікротвердістю сталі 25ХГСП.

7. Високі експлуатаційні параметри сталі 25 ХГСП забезпечені її хімічним складом і, як наслідок, формування більш жорсткої структури. Вищевикладене робить її перспективним

матеріалом виготовлення відповідальних деталей скребкових конвеєрів.

8. Дослідженнями встановлено, що варіювання режимів термічної обробки сталей 25ХГСП та 25ХГ2СРФ незначно впливає на їх твердість та зносостійкість. На підставі чого пропонуємо більш економно леговану сталь 25ХГСП.

9. Зношення сполученого тіла (реіггака , ланки ланцюга), виконаного зі сталі 35ХГСА після гарту і низької відпустки, в 3-4 рази менше, ніж після гарту і високої відпустки при тривалості випробувань в межах 15-60 хвилин.

10. Дослідження стали HARDOX, проведені після різних режимів термообробки, показали, що найбільш високу твердість вказаної сталі має після відпустки при 200 °С.

11. Проведені випробування показали, що зношування стали HARDOX менше зносу сталі 09Г2С в 5,5 разів, а стали 25 ХГСП в 2 рази.

12. Аналіз динаміки зміни ваги основного тіла (днище конвеєра) із сталі HARDOX свідчить, що в процесі випробувань на тертя деяке зменшення ваги спостерігається в перші 30-60 хвилин, потім втрата ваги практично зведена нанівець і подальше зниження ваги має місце після випробувань більше 120 хвилин .

13. Стабілізацію ваги в межах тривалості випробувань 60-120 хвилин можна пояснити процесом наклепу.

14. Проведені дослідження дозволили рекомендувати сталь HARDOX для деталей скребкових конвеєрів, що працюють у найскладніших умовах.

15. Подальше підвищення довговічності сполучних ланок скребкового конвеєра може бути досягнуто зменшенням кількості неметалевих включень у металі. Забрудненість стали оксидами та силікатами не повинна перевищувати 1,5 бала.

16. Результати проведеної роботи дозволяють рекомендувати сталь HARDOX підвищення ресурсу скребкового конвеєра до 5 млн. т гірничої маси.

Літературні джерела

1. Акімов О. В. Аналіз напруженого стану матеріалу елементів транспортуючих механізмів при змішаному контакті [Текст] / О. В. Акімов, В. Т. Акімов, В. І. Альохін // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2010. — Т. 4, № 6(46). — С. 57—60
2. М.М. Табаченко, Р.О. Дичковський, В.С. Фальштинський, В.Ю. Медяник, В.В. Руських ДОВІДНИК З ГІРНИЧОГО ОБЛАДНАННЯ ДІЛЬНИЦЬ ВУГІЛЬНИХ І СЛАНЦЕВИХ ШАХТ Дніпропетровськ НГУ 2012
3. Камель Г. І. Технологічні процеси та комплекси відновлення і зміцнення деталей : конспект лекцій / Г. І. Камель, В. М. Мілютін. — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2014. — 167 с.
4. Корж В. М. Нанесення покриття: навчальний посібник / В. М. Корж. — К.: Арістей, 2005. — 204 с.
5. MULTIFRACTAL ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF CHROMIUM-NICKEL CAST IRON STRUCTURE ON ITS QUALITY CRITERIA Hlushkova, D.B., Volchuk, V.M. Problems of Atomic Science and Technology, 2024, 2024(1), с145–153
6. DEVELOPMENT OF OPTIMAL TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR PLASMA COATING DEPOSITION Hlushkova, D.B., Volchuk, V.M., Demchenko, S.V., Polyansky, P.M. Problems of Atomic Science and Technology., 2024, 2024(1), с138–144
7. Болтянська Н.І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування. Науковий вісник НУБіП України. Серія Техніка та енергетика АПК. 2014. Вип. 196, ч.1. С. 239- 245.
8. Design Development and Testing of the Fuel Supply System with Metalized Fuels for Power Plants of Vehicles Dudukalov, Y., Ternyuk, M., Hlushkova, D., Sorokin, V., Kholodov, M. SAE Technical Papers, 2023
9. Prediction of Fill Factor and Charge Density of Self-Shielding Flux-Cored Wire with Variable Composition Trembach, B.O., Hlushkova, D.V.,

Hvozdetzkyi, V.M., Savenok, D.V., Zakavorotnyi, O.Y. Materials ScienceЭта ссылка отключена., 2023, 59(1), с18–25

10. Fractal study of the effect of ion plasma coatings on wear resistance | Фрактальне дослідження впливу іонно-плазмових покриттів на зносостійкість. Hlushkova, D.B., Volchuk, V.M. Functional MaterialsЭ., 2023, 30(3), с.453–457

11. IMPROVING THE STRENGTH AND CORROSION PROPERTIES OF ALUMINIUM ALLOYS WHEN MODIFICATION WITH NANODISPERSED COMPOSITIONS Davydiuk, A.V., Kalinina, N.E., Sanin, A.F., ...Demchenko, S.V., Sayenko, V.O. Problems of Atomic Science and Technology, 2023, 2023(5), с.26–29

12. Болтянська Н.І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва шляхом підвищення рівня надійності техніки. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2018. Вип. 282, ч.1. С. 181-192.

13. Investigation of the effect of processing parameters on the spectroscopic properties of ZnSe NCs for hot-pressed ceramics of the Cleartran and Multispectral classes Plakhtii, Y.G., Hlushkova, D.B., Volchuk, V.M., ...Demchenko, S.V., Saenko, V.A. Functional MaterialsЭ., 2023, 30(2), с.178–186

14. Fractal modeling the mechanical properties of the metal surface after ion-plasma chrome plating Hlushkova, D.B., Volchuk, V.M., Polyansky, P.M., Saenko, V.A., Efimenko, A.A. Functional Materials, 2023, 30(2), с.275–281

15. Болтянська Н.І. Роль технічного сервісу при забезпеченні високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 3. Т.1, С. 103-110. 4. Болтянська Н.І. Надійність технологічних систем. Курс лекцій. Мелітополь: ВПЦ «Люкс». 2019. 168 с. 5. Болтянська Н.І. Зміни техніко-експлуатаційних показників МЕЗ під впливом на них надійності. Вісник ХНУСГ ім. П. Василенка. 2009. Вип. 89. С.106-111.

16. STUDY OF WEAR OF THE BUILDING-UP ZONE OF MARTENSITE-AUSTENITIC AND SECONDARY HARDENING STEELS OF THE Cr-Mn-Ti SYSTEM Hlushkova, D.B., Bagrov, V.A., Saenko, V.A., Kalinin, A.V., Kalinina, N.E. Problems of Atomic Science and Technology, 2023, 2023(2),

17. STUDY OF NANOMODIFICATION OF NICKEL ALLOY GS3 WITH TITANIUM CARBIDE Hlushkova, D.B., Kalinin, A.V., Kalinina, N.E., Saenko, V.A., Efimenko, A.A. Problems of Atomic Science and Technology, 2023, 2023(2), c.126–129

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЄРА	6
1.1 Класифікація конвеєрів за типом тягового та вантажонесучого органу	6
1.2 Влаштування складових частин скребкових конвеєрів	14
1.3 Характер пошкоджень деталей скребкового конвеєра	26
1.4 Аналіз причин передчасного виходу з ладу деталей скребкового конвеєра, що найбільш зношуються.....	57
Висновки з першого розділу.....	67
РОЗДІЛ 2 ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ДЕТАЛІВ СКРЕБКОВИХ КОНВЕЄРІВ.....	68
2.1 Фактори, що забезпечують підвищення довговічності та деталей скребкового конвеєра.....	68
2.2 Вимоги до матеріалів виготовлення деталей скребкового конвеєра	73
Висновки з другого розділу.....	87
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	88
3.1 Випробування на тертя та знос	88
3.1.1 Методика проведення зносних випробувань.....	88
3.1.2 Визначення моментів тертя	96
3.1.3 Металографічний аналіз мікроструктури досліджуваних сталей та поверхні тертя роликів, та колодочків.....	97
3.1.4 Визначення твердості портативним твердоміром.....	100
3.1.5 Методика хімічного аналізу	112
3.1.6 Методика статистичної обробки.....	113

РОЗДІЛ 4 ВИБІР ПЕРСПЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ДЕТАЛІВ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА	115
РОЗДІЛ 5 ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ДЕТАЛІВ З ДОСЛІДЖЕНИХ СТАЛІВ	126
5.1 Вибір параметрів проведення зносних випробувань	126
5.2 Дослідження зносостійкості на I етапі	131
5.3 Встановлення взаємозв'язку між режимом термічної обробки сталей, їх твердістю та зносостійкістю	142
5.4 Стан поверхонь після проведення зносних випробувань..	157
Висновки з п'ятого розділу	163
РОЗДІЛ 6 ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НОВИХ ПЕРСПЕКТИВНИХ МАРОК СТАЛІВ	165
6.1 Випробування стали 25ХГСП	165
6.2. Випробування сталі Hardox	168
6.3 Випробування стали Nicrodur	188
6.4 Випробування стали QUARD	191
6.5 Порівняння результатів випробувань	194
Висновки з шостого розділу	205
РОЗДІЛ 7 ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПОВЕРХНЬ ТРЕННЯ	207
РОЗДІЛ 8 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ, НАПРЯМОВАНИХ НА ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СПОЛУЧНІ ЛАНКИ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА	214
Висновки з восьмого розділу	219
ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА	222

Для нотаток

Наукове видання

ГЛУШКОВА Діана Борисівна
БЕРЕЖНИЙ Роман Анатолійович

**ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДПОВІДАЛЬНИХ
ДЕТАЛЕЙ СКРЕБКОВИХ КОНВЕЙЕРІВ**

Монографія

Підписано до друку 28.04.2025. Формат 60x84 1/16.
Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. др. арк. 13,49.
Наклад 75 прим. Зам. №7/04/25.

Видавець і виготовлювач: ФОП Панов А. М.
Свідоцтво серії ДК № 4847 від 06.02.2015 р.
м. Харків, вул. Жон Мироносиць, 10, оф. 6,
тел.: +38(057)714-06-74, +38(050)976-32-87,
copy@vlavke.com