

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

АВТОРЕФЕРАТ кваліфікаційної роботи

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Комп'ютерне конструювання мехатронних систем»
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

**на тему «Модернізація процесу завантаження помольних куль у
млині рудозбагачувальної фабрики»**

Здобувач



Роман КОВАЛЕВЕЦЬ

Кривий Ріг 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі автоматизації, електро- та робототехнічних систем.

Керівник:



Голотюк Микола Віталійович,
канд. техн. наук, доцент,
доцент

Захист відбудеться 24 січня 2024 р. о 10:00 год на засіданні екзаменаційної комісії (https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_OTI1Y2M4ODktYjUyNi00ZGZkLWE0YWEtMWQxZDc4Njc4ZDdk%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2201efadc2-6354-43fb-8f92-8e8c2485636b%22%7d).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» 20 січня 2024 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми роботи. Для забезпечення металургійних підприємств високоякісною сировиною необхідно виконати видобуток та збагачення залізної та марганцевої руди. Видобутком та збагаченням займаються гірничо-збагачувальні підприємства, які є ключовими в гірничій промисловості.

Постійна модернізація та удосконалення обладнання гірничо-збагачувальних підприємств є необхідним та ключовим, так як це дає значний економічний ефект, призводить до збільшенню виробництва та підвищенню якості готової продукції.

Постановка проблеми. Процес підготовки сировини для металургійних підприємств можна поділити на три основні етапи: дроблення, подрібнення та класифікація.

Подрібненням називають процес руйнування твердого матеріалу за умови критичних внутрішніх напругах, що виникають при будь-якому навантаженні та перевищують відповідну межу міцності. Основні методи подрібнення, які широко використовуються у виробництві, - це механічні способи. Машина, яка застосовується для цих цілей називають млинами.

У якості подрібнюючих тіл застосовують стрижні (у стрижневих млинах), кулі (у кульових млинах), крупноподроблену руду (млини самоподрібнення) і рудну галю (рудногалькові млини). При обертанні барабана подрібнюючі тіла завдяки тертю захоплюються його внутрішньою поверхнею, піднімаються на деяку висоту і вільно, або перекочуючись, падають вниз. Через цапфи барабана безперервно подається і розвантажується відповідно подрібнений і подрібнений матеріал.

На теперішній час існує проблема при завантаженні млина помольними тілами: конструктивна особливість кульового живильника. Ця проблема зумовлена тим, що при нерегульованому завантаженню млина кулями, у великій кількості одразу, частина куль потрапляє до шахти равликового живильника, що в свою чергу призводить до швидкого зносу черпаків, обриву хоботів равликового живильника, а також необхідністю знімати рудне навантаження на млин.

Мета дослідження. Метою роботи є модернізація процесу завантаження помольних тіл у млини подрібнювання рудозбагачувальної фабрики.

Задачі дослідження:

- виконати аналіз чинних наукових досліджень за темою кваліфікаційної роботи.
- виконати аналіз технологічного процесу рудозбагачувальної фабрики; виконати аналіз кульових млинів та режимів подрібнення.

– провести теоретичні дослідження з метою визначення оптимального режиму подрібнення, факторів які впливають на продуктивність млинів.

– провести дослідження методик вимірювання заповнення млина помольними тілами з метою виявлення найкращого методу.

– виконати економічне обґрунтування роботи.

Об'єкт дослідження – процес завантаження помольних тіл (сталених куль) у млини подрібнення рудозбагачувальної фабрики.

Предмет дослідження – різні типи кульових млинів.

Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності. У кваліфікаційній роботі:

– обґрунтовано встановлення пристрою для порційної подачі куль в млин без зняття рудного навантаження.

– запропоновано встановлення у кульових господарствах платформних ваг із інтеграцією даних в діючу систему АСУТП для автоматизації обліку використання помольних та точного виміру кількості завантажувальних куль.

– виконано розрахунок економічної ефективності модернізації процесу завантаження. Приблизний економічний ефект від впровадження для рудозбагачувальної фабрики становить 1000,86 тис. \$/рік

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, 5 додатків. Загальний обсяг роботи становить 66 сторінок, робота містить 27 рисунків, 15 таблиць. Список використаних джерел складається з 8 джерел.

ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Виконано аналіз технологічного процесу збагачення магнетитових руд на рудозбагачувальній фабриці ГЗК. Детально проаналізовані усі стадії подрібнення та класифікації, обладнання яке використовується на кожному етапі подрібнення, режими роботи та технологічні показники. Проаналізований процес завантаження млинів подрібнення помольними тілам.

Було проведено аналіз актуальних наукових досліджень, що стосуються збільшення строку експлуатації млинів, а саме футерування корпусу барабана, приводу, вал-шестерні, підшипників ковзання, завантажувальних цапф, решіток розвантаження, бутари. Цей аналіз підтвердив перспективність їх застосування, зокрема у збільшенні строку експлуатації завантажувальних цапф.

Теоретичні результати роботи: досліджено кінетику процесу подрібнення для ефективного контролю самого процесу та визначення оптимальних умов його функціонування.

Також теоретичними результатом роботи є: конструкція та класифікація барабаних млинів, які використовуються на ГЗК, кульових живильників. Досліджено режими подрібнення (каскадний, водоспадний, змішаний, субкритичний та надкритичний).

Проаналізована проблема зношування подрібнювальних тіл у млинах рудозбагачувальних фабрик, зокрема сталевих куль. Зроблено акцент на визначенні та впливі різних чинників, таких як матеріал подрібнювальних тіл, режим роботи млина, абразивність матеріалу для подрібнення, на знос куль та інших елементів млина. Розглядаються методи компенсації зносу, зокрема регулярне та раціональне довантаження. Описані особливості та вимоги до сталевих куль, які використовуються у процесі подрібнення, зокрема їхні розміри, хімічний склад та твердість. Досліджено витрати матеріалів на одиницю корисної енергії та запропоновано методи оцінки ступеня зношування. Встановлена залежність між швидкістю зношування та діаметром кулі.

Описано вплив маси і крупності подрібнювального середовища на функціонування кульових млинів. Результативність барабаних млинів визначається рядом факторів, таких як маса і розмір матеріалів, швидкість і кількість ударів подрібнювальних тіл, обертова швидкість млина, рівень заповнення подрібнювальним середовищем, коефіцієнт тертя матеріалу млина і інші.

Виконано дослідження факторів, які впливають на продуктивність кульових млинів. Фактори, які впливають на продуктивність, поділяються на технологічні (властивості матеріалу), конструктивні (характеристики млина) та експлуатаційні (умови роботи млина). В експлуатації млинів можливо впливати на фактори останньої групи, а також на крупність вихідної та подрібненої руди. Виконано розрахунок продуктивності кульових млинів.

Виконано огляд методів вимірювання наповнення млина помольними тілами. Для фізичного методу вимірювання наведені розрахунки вимірів та значення ступеня заповнення помольними тілами в залежності від відстані поверхні куль до осі барабану.

Оцінка моніторингу навантаження в кульовий млин, що є критичним для оптимізації та контролю процесу подрібнення. Для цього використовується інструментальне шліфувальне середовище для визначення твердого навантаження всередині млина, порівнюючи розмір і щільність інструментальних куль зі звичайним шліфувальним середовищем.

В результаті проведення досліджень запропоновано встановлення пристрою в завантажувальний патрубок кульового живильника для порційної подачі куль в млин. Встановлення даного пристрою дозволить виконувати завантаження помольних тіл в млин без зняття рудного навантаження. Також запропоновано

встановлення на кульових господарствах платформних ваг із інтеграцією даних в діючу систему АСУТП для автоматизації обліку використання помольних та точного виміру кількості завантажувальних куль.

Доведено доцільність проведення науково-дослідних робіт, спрямованих на втілення проекту з модернізації процесу завантаження млинів.

ВИСНОВКИ

В даному розділі розглянута проблема завантаження кульового млина помольними тілами по причині конструктивної особливості кульового живильника. Ця проблема зумовлена тим, що при нерегульованому завантаженню млина кулями, у великій кількості одразу, частина куль потрапляє до шахти равликового живильника, що в свою чергу призводить до швидкого зносу черпаків, обриву хоботів равликового живильника, а також необхідністю знімати рудне навантаження на млин. В свою чергу відсутність автоматичної системи обліку витрат помольних тіл призводить до не точної кількості завантаження помольних тіл, ручного обліку витрат куль та їх кількості в млинах.

Для вирішення цих проблем пропонується:

– Встановити в завантажувальний патрубок кульового живильника пристрою, який буде порційно подавати кулі у цапфу завантаження, що дасть змогу завантажувати млин без зняття рудого навантаження;

– Встановити платформні ваги для вимірювання точної кількості завантаження кубеля помольними тілами. Інтегрувати в діючу систем АСУТП дані про кількість завантажених куль, їх витрату, залишок в млині.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Kovalevets R.V., Myrna N.V., Bundza O.Z. Improving the process of loading the ball mill with grinding material. International scientific conference «MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education» conference proceedings, Riga, the Republic of Latvia, November 29–30, 2023. «Baltija Publishing», Riga, Latvia, 2023. V.2. С. 25–27.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-88>

2. Ковалець Р., Самохін О. Модернізація процесу завантаження шарового млина подрібнюючим матеріалом (кулями) / Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції «Синергія освіти, науки, виробництва в умовах глобальних викликів

сьогодення», 29 березня 2023, Луцьк. – Луцький національний технічний університет, 2023. – 126-128 с.

АНОТАЦІЯ

Ковалець Роман Васильович. Модернізація процесу завантаження помольних куль у млині рудозбагачувальної фабрики. - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». ОПП «Комп'ютерне конструювання мехатронних систем» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кривий Ріг, 2024.

Об'єктом дослідження даної роботи є процес завантаження помольних тіл (стальних куль) у млини подрібнення рудозбагачувальної фабрики.

Предметом дослідження є кульові барабанні млини першої, другої та третьої стадії подрібнення типу МКР та МКЦ.

Мета та завдання. Метою роботи є модернізація процесу завантаження помольних тіл у млини подрібнювання рудозбагачувальної фабрики.

У першому розділі проаналізована рудозбагачувальна фабрика. Надана характеристика технологічного процесу подрібнення та класифікації, також описано процес завантаження помольних тіл в млини подрібнення. Проаналізовані патенти, які направлені на зниження витрат на експлуатацію млина та підвищенню якості подрібнення. В результаті виявлена необхідність у покращенні існуючого процесу завантаження куль та сформульована невирішена частина проблеми, яку планується досліджувати та вирішувати в ході виконання кваліфікаційної роботи.

У другому розділі проведено аналіз кульових млинів – їх класифікацію, конструктивні особливості млинів та кульових живильників. Проаналізовані режими подрібнення та визначено оптимальний режим в умовах рудозбагачувальної фабрики. Виконані розрахунки потужності та продуктивності барабанних млинів. Визначені фактори, які впливають на продуктивність млинів.

У третьому розділі наведено методику визначення ступеня заповнення млина помольними тілами та методику розрахунку питомих витрат куль. Запропоноване рішення для модернізації процесу завантаження млина кулями, їх зважування та облік. Пропонується встановлення пристрою у патрубках завантаження кульового млина, який буде порційно подавати кулі в млин, що дасть змогу виконувати завантаження помольних тіл без зняття рудного навантаження. Також пропонується встановити на кульових

господарствах платформні ваги та інтегрувати дані в діючу систему АСУТП.

У четвертому розділі виконано розрахунок економічної ефективності модернізації процесу завантаження. Орієнтовний економічний ефект від впровадження для кожного типу млина становить 32,25 тис. \$/рік.

Ключові слова: МЛИН, ПОДРІБНЕННЯ, КУЛЬОВЕ ЗАВАНТАЖЕННЯ, КУЛІ, ПОМОЛЬНІ ТІЛА, КУЛЬОВИЙ ЖИВИЛЬНИК.

ABSTRACT

Kovalevets Roman. Modernization of the grinding balls loading process in a mill of an ore-dressing plant. - Qualifying work on the rights of the manuscript.

Theses for a Master's degree in Mechanical trades, the specialty 133 "Mechanical trades", Educational Program "Computer-Aided Design of Mechatronic Systems", TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNICS", LLC, Kryvyi Rih, 2024. The object of the study in this work is the process of loading grinding bodies (steel balls) into the grinding mills of the ore enrichment plant.

The subject of the study includes ball drum mills of the first, second, and third stages of grinding, such as MCR and MCC.

Objective and tasks. The goal of the work is to modernize the process of loading grinding bodies into the grinding mills of the ore enrichment plant.

The first chapter analyzes the ore enrichment plant, providing a characterization of the technological process of crushing and classification. It also describes the process of loading grinding bodies into the grinding mills. Patents aimed at reducing mill operating costs and improving grinding quality are analyzed. As a result, the need to improve the existing ball loading process is identified, and an unresolved part of the problem is formulated, which is planned to be investigated and addressed during the qualification work.

The second chapter analyzes ball mills, their classification, structural features of mills and ball feeders. Grinding modes are analyzed, and the optimal mode under the conditions of the ore enrichment plant is determined. Power and productivity calculations for drum mills are performed. Factors influencing mill productivity are identified.

The third chapter presents a methodology for determining the mill filling degree with grinding bodies and a methodology for calculating the specific consumption of balls. A solution is proposed to modernize the ball loading process, their weighing, and accounting. The installation of a device in the ball mill loading pipe that will proportionally feed balls into the mill is suggested, allowing loading grinding bodies without removing the

ore load. It is also proposed to install platform scales at the ball mills and integrate the data into the existing process control system.

The fourth chapter calculates the economic efficiency of the loading process modernization. The estimated economic effect from implementation for each type of mill is \$32,250 per year.

Keywords: MILL, GRINDING, BALL LOADING, BALLS, GRINDING BODIES, BALL FEEDER.