

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

« _____ » _____ 2021 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 133 – галузеве машинобудування

на тему: Трубний млин з модернізацією барабану

Студент групи IV к. ЛП-72 _____ **Зулей Андрій Андрійович** _____
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник проекту: к.т.н., асистент **Лелека Сергій Володимирович** _____
(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультанти з питань

МОДЕРНІЗАЦІЇ _____ **Щербина В.Ю.**

ТЕХ. МАШ. _____ **Борщик С.О.**

РЕЦЕНЗЕНТ _____ **Коржик М.В.**

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент Зулей А.А.

Київ 2021 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Зі спеціальності – 133 – Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування - Інжиніринг, обладнання та технології виробництв полімерних та будівельних матеріалів і виробів.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

« ____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Зулсю Андрію Андрійовичу

1. Тема проекту «Трубний млин з модернізацією барабану», керівник проекту Лелека Сергій Володимирович асистент, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від _____
2. Термін подання студентом проекту _____
3. Вихідні дані до проекту: об'єкт розробки – Трубний млин; габаритні розміри: довжина – $L=11,379$ м; ширина – $S=2,500$ м; висота – $H=1,900$ м; маса молотильних тіл – $m = 13911$ кг; внутрішній діаметр барабану – $d = 5,605$ м; продуктивність млина $Q = 5-6$ т/год; матеріал, що подрібнюється – сірка; насипна густина матеріалу - $\rho_{\text{нас}} = 1310$ кг/м³;
4. Зміст пояснювальної записки: Пояснювальна записка містить такі текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки» і «Технологія

машинобудування», «Загальні висновки», «Перелік посилань», «Додатки». ПЗ включає такі розділи: Вступ; 1 Призначення і галузь застосування трубного млина; 2 Технічні характеристики трубного млина; 3 Опис конструкції та принцип дії трубного млина; 4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації ; 5 Охорона праці ;

РР включає: Параметричні розрахунки , Кінематичні розрахунки, Розрахунки на міцність, Розрахунки млина за допомогою програмного забезпечення ANSYS.

ТМ включає: Опис і призначення деталі, Розробка технологічного процесу виготовлення деталі, Призначення і розрахунки для обробки деталі,

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників)

1. Технологічна схема А1; 2. Загальний вигляд машини А1; 3,4,5. Вузли та деталі машини А1; 6,7. Плакат з розрахунками на міцність; 8,9. Технологія машинобудування

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Тех. машино будув.	Борщик С.О.		
Модернізація	Щербина В.Ю.		

Дата видачі завдання: 12.04.2021 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування.	12.04.2021	
2	Проходження переддипломної практики.	12.04.2021-16.05.2021	
3	Патентно-літературний пошук для здійснення модернізації вузла ролика. Обґрунтування модернізації.	12.04.2021-20.04.2021	
4	Виконання кінематичних та параметричних розрахунків.	21.04.2021-26.04.2021	
5	Підготовка розділу «Пояснювальна записка».	27.04.2021-02.05.2021	
6	Виконання порівняльних розрахунків НДС вузла ролика з використанням програмних продуктів ANSYS.	03.05.2021-10.05.2021	
7	Підготовка розділу «Розрахунки».	11.05.2021-18.05.2021	
8	Підготовка розділу «Технологія машинобудування».	19.05.2021-24.05.2021	
9	Робота над кресленнями з використанням CAD-системах .	24.05.2021-06.06.2021	
10	Захист дипломного проекту.		

Студент

А.А. Зулєй

Керівник проекту

С.В. Лелека

РЕФЕРАТ

Виконане дипломне проектування було освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» на тему: «Трубний млин з модернізацією барабану». В повному обсязі робота складається з пояснювальної та графічної частини:

Виконав: Зулей Андрій Андрійович

Керівник: Лелека Сергій Володимирович

Головною і основною метою роботи є вибір модернізації для барабану трубного млина, визначення та усунення існуючих недоліків. Для цього було проведено інформаційно-патентний огляд, який надав можливість визначити точне спрямування модернізації. На основі цього було запроваджено декілька шляхів модернізації для підвищення міцності, ефективності та облегшення обслуговування для процесу подрібнення.

У дипломному проєкті на основі аналізу наявних технічних даних і характеристик роботи трубного млина, були виконані кінематичні та параметричні розрахунки, а також розрахунки на міцність, для яких використовувалась система «ANSYS». Наявні розрахункові данні підтверджують ефективність та доцільність запропонованої модернізації.

Під час конструювання трубного млина виконувався патентний пошук, для креслення використовувалися графічний редактор «AutoCad». Усі наявні розрахунки були добавлені в розрахунково-пояснювальну записку.

Ключові слова: ТРУБНИЙ МЛИН, БАРАБАН, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ПРОЕКТУВАННЯ, ПАТЕНТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

ABSTRACT

The completed diploma design was an educational qualification level "bachelor" on the topic: "Pipe mill with drum modernization". The full work consists of an explanatory and graphic part:

Completed: Zulei Andriy Andriyovych

Head: Leleka Serhiy Volodymyrovych

The main and main purpose of the work is the choice of modernization for the drum of the pipe mill, identification and elimination of existing shortcomings. To this end, an information and patent review was conducted, which provided an opportunity to determine the exact direction of modernization. Based on this, several upgrades have been introduced to increase the strength, efficiency and ease of maintenance for the grinding process.

In the diploma project, based on the analysis of available technical data and characteristics of the pipe mill, kinematic and parametric calculations were performed, as well as strength calculations, for which the system "ANSYS" was used. The available calculated data confirm the efficiency and expediency of the proposed modernization.

During the construction of the pipe mill, a patent search was performed, and a graphic editor "AutoCad" was used for the drawing. All available calculations were added to the settlement and explanatory note.

Keywords: TUBE MILL, DRUM, MODERNIZATION, DESIGN, RESEARCH PATENTS

РЕФЕРАТ

Выполнено дипломное проектирование было образовательно-квалификационному уровню «бакалавр» на тему: «Трубный мельница с модернизацией барабану». В полном объеме работа состоит из пояснительной и графической части:

Выполнил: Зулей Андрей Андреевич

Руководитель: Лелека Сергей Владимирович

Главной и основной целью работы является выбор модернизации для барабана трубного мельницы, определения и устранения существующих недостатков. Для этого был проведен информационно-патентный обзор, который предоставил возможность определить точное направление модернизации. На основе этого была введена несколько путей модернизации для повышения прочности, эффективности и облегчения обслуживания для процесса измельчения.

В дипломном проекте на основе анализа имеющихся технических данных и характеристик работы трубного мельницы, были выполнены кинематические и параметрические расчеты, а также расчеты на прочность, для которых использовалась система «ANSYS». Имеющиеся расчетные данные подтверждают эффективность и целесообразность предложенной модернизации.

При конструировании трубного мельницы выполнялся патентный поиск, для черчения использовались графический редактор «AutoCad». Все имеющиеся расчеты были добавлены в расчетно-пояснительную записку.

Ключевые слова: ТРУБНАЯ МЕЛЬНИЦА, БАРАБАН, МОДЕРНИЗАЦИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЯ ПАТЕНТОВ

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

- D – зовнішній діаметр барабана, м;
- L – довжина барабана, м;
- δ_0 – товщина броні, мм;
- R – внутрішній радіус барабана, м;
- ϕ – коефіцієнт заповнення млина кулями;
- V – об'єм камери, м³;
- ρ – об'ємна маса мелючих тіл, т/м³;
- E – модуль пружності, $\frac{\text{Нм}}{\text{м}^2}$;
- N – потужність, кВт;
- n – частота обертання барабану; об/хв;
- α – кут захвату, °;
- μ – коефіцієнт порожнистості завантаження;
- γ – середня насипна вага тіл, що мелють, кН/м³;
- P_p – продуктивність, т/год;
- A – робота, Дж;
- W – момент опору корпусу, мз;
- $M_{кр}$ – крутний момент, Нм;
- $M_{зв}$ – зведений момент, Нм;
- $\eta_{пр}$ – ККД привода;
- $\eta_{дв}$ – ККД двигуна;
- ККД – коефіцієнт корисної дії;
- σ – границя міцності на стиснення, $\frac{\text{Нм}}{\text{м}^2}$.

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Трубний млин з модернізацією
барабану»

Київ – 2021 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
1 ПРИЗНАЧЕННЯ І ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТРУБНОГО МЛИНА. 3	3
1.1 Призначення трубного млина	3
1.2 Застосування трубного млина у технологічній лінії.....	4
2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБНОГО МЛИНА.....	6
3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ТРУБНОГО МЛИНА	7
4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	10
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	23
5.1 Повітря робочої зони	24
5.2 Шум.....	25
5.3 Вібрація	26
5.4 Пожежна Безпека	27

					ЛП72.063116.06–70ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Зцлеї А.А.			Трубний млин з модернізацією барабану			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Лелека С.В.							1	
								КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.										
Затверд.		Гондляр О.В.								

ВСТУП

Трубний млин – це машина, основною задачею якої є подрібнення та змішення твердих матеріалів або рідин (емульсій, суспензій тощо) завдяки подрібнюючим тілам, що безпосередньо знаходяться у барабані. Матеріал у барабані подрібнюється завдяки ударам, стиранню, роздавлюванням молоткових тіл. Завдяки цьому на виході мається дуже якісна помелена сировина.

Окрім сухого методу помелу, трубні млини можуть виконувати мокрий помел сировини.

Даний агрегат має відповідно велику довжину та діаметр барабану, через це існує ризик прогину та інших деформацій. Для того щоб зменшити цей ризик, труба зварювалась безліччю товстостінних сегментів циліндричної довжини, через що і збільшувалась вага млина.

Під час виконання літературно-патентного огляду було обрано патент, який дозволить зменшити навантаження та запобігти можливі деформації.

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ПРИЗНАЧЕННЯ І ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТРУБНОГО МЛИНА

1.1 Призначення трубного млина

Одним з найважливіших процесів майже у всьому виробництві є подрібнення матеріалів на частинки різного розміру. Подрібнення матеріалів використовується у вугільних, металургійних, будівельних промисловостях, збагачувальних фабриках, дробильно-сортових заводах, підприємствах енергетичного сектору тощо.

Одним із типів шліфувальних матеріалів є шліфування, коли початковий розмір частинок матеріалу може дорівнювати одній десятій міліметра.

Однією з найпоширеніших сучасних виробничих машин для подрібнення цементу, скла, гіпсу, вапна та вугілля на теплових установках є трубчастий (кульова та стрижнева) млин з різними конструкціями та принципами роботи.

Конструкція та принцип роботи трубчастої кульової млини визначаються полем застосування, фізико-хімічними властивостями подрібненого матеріалу та робочою частотою.

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Застосування трубного млина у технологічній лінії

Збагачення зазвичай проводять на флотаційній машині для отримання флотаційного концентрату із вмістом сірки близько 90%. Перед флотацією сірчану руду подрібнюють до частинок менше 0,1 мм. За схемою на малюнку 1.1, руда, що транспортується з кар'єрного самоскида 2, направляється в бункер, а потім з нього в пластинчастий живильник 3, а потім у щоккову дробарку 4. Руда з ланцюгового живильника 5 щелепної дробарки передається в молоткову дробарку 6, з неї на стрічковий конвеєр 7 і далі в бункер 8. Дрібниці, скинуті пластинчим живильником, конвеєром 1 також транспортуються до транспортера 7 і потім до бункера 8.

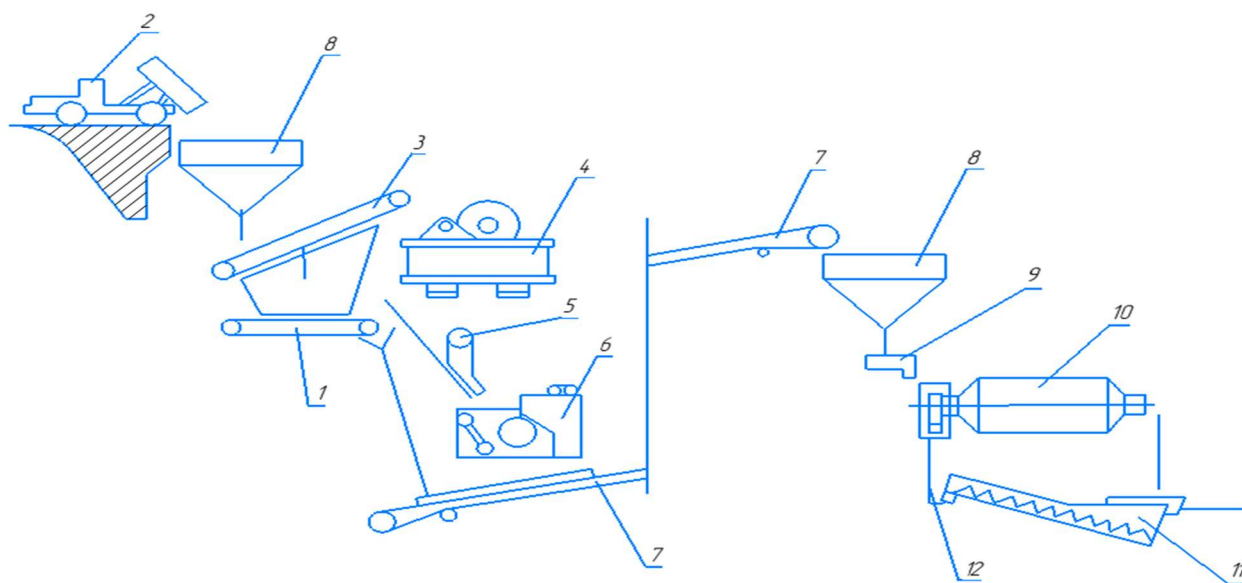


Рисунок 1.1 - Схема подрібнення сірчаного колчедану

1 – конвеєр; 2 – самоскид; 3 – пластинчастий живильник; 4 – щоккова дробарка; 5 – ланцюговий живильник; 6 – молоткова дробарка; 7 – стрічковий транспортер; 8 – бункер; 9 – живильник; 10 – барабанний млин; 11 – спіральний класифікатор; 12 – матеріалопровід.

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З бункера руда направляється до трубного млина 10 через живильник 9, куди подається вода. Подрібнена руда з млина потрапляє на спіральний класифікатор 11 у вигляді суспензії. Великі частинки осідають на дні деки класифікатора, підхоплюються спіраллю і потрапляють у млин для подрібнення. Великі частинки на дні деки класифікатора, після чього їх підхватують спіраллю, де вони потрапляють до млина для повторного помелення, а дрібні частинки із рідиною переливаються через поріг класифікатора і направляються до флотаційних машин. Розглянута схема подрібнення сірчаної руди аналогічна схемі подрібнення апатитової руди.

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБНОГО МЛИНА

Внутрішній діаметр барабана, м	$D_0 = 1.5 \text{ м}$
Довжина барабана, м	$L_0 = 5.6 \text{ м}$
Число обертів млина, об/хв	$n = 24 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$
Ступінь завантаження мелючими тілами	$\varphi = 0.34$
Середня насипна вага тіл, що мелють, кН/м ³	$\gamma = 45,6$
Маса мелючих тіл, т .	$m_{\text{мел тіл}} = 12.25 \text{ т}$
Продуктивність, т/год	$\Pi_p = 5.6 \text{ т}$
Відстань між осями підшипників, м	$L_{\text{ос.під}} = 6.31 \text{ м}$

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ТРУБНОГО МЛИНА

Барабанні млини широко використовуються у масовому виробництві хімічної сировини та різних хімічних продуктів. У цих машинах матеріал подрібнюється в порожнистій підкладці, в яку поміщають мелючі тіла (кулі, стержні). Коли барабан обертається з відповідною кутовою швидкістю, мелюче тіло і матеріал спочатку рухаються по круговій траєкторії, піднімаються на певну висоту, а потім залишають стіну і падають уздовж параболи.

Матеріали подрібнюються під впливом роздавлювання, тертя і ударів. Можливо отримати якісну і велику ступінь помелу, збільшивши час перебування сировини в подрібнювачі, але це збільшить енергетичні витрати. Розмір подрібнювача визначається його внутрішнім діаметром D барабана та довжиною L його циліндричної частини.

Барабані млини поділяється:

За робочим режимом існують періодичні та безперервні барабанні подрібнювачі, а за режимом дроблення - сухого подрібнення та мокрого подрібнення.

За способом завантаження та розвантаження матеріалів - завантаження та розвантаження через люки, завантаження та розвантаження через порожні цапфи), завантаження та розвантаження через штифти та розвантаження через стінки барабана. Ролик фрези обертається коронкою зуба або центральним штифтом.

Процес помелу споживає велику кількість енергоресурсів. Однак лише частина енергії, спожитої подрібнювачем, використовується для подрібнення

					ЛП72.063116.06-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалу. Більшість втрачається у вигляді тепла, звуку та зносу робочого органу. Враховуючи велику кількість матеріалу (сотні мільйонів тонн), що подрібнюється, економічна важливість вдосконалення цього процесу та обладнання стає очевидною.

Барaban млина може працювати у відкритому або закритому циклі. В останньому випадку матеріал, вилучений з млина, сортується (відокремлюється), а великі частинки повертаються до млина вдома.

Конструкція багатокамерного млина трубчастого типу така: порожнистий циліндричний барaban 3 млина зварений сталевими пластинами; внутрішня поверхня барабана облицьована внутрішньою обшивкою броньовою пластиною, відливою з марганцевої сталі або вибіленої відливки залізо. Починаючи з обох кінців, оболонка закрита литим сталевим дном, компоненти консолі виконані у вигляді штифтів, а останній барaban спирається на підшипник з водяним охолодженням. Питомий тиск на підшипник, обумовлений вагою ролика та його сполучних частин та відцентровою силою інерції, не повинен перевищувати $1,6 \text{ МН} / \text{м}^2$. Млин завантажується 28 ... 32% обсягу барабана через шліфувальне тіло. У штифті сталевого дна є конусне скло, яке використовується для подачі матеріалу з завантажувального пристрою 7 у барaban. При його подрібненні матеріал переміщується в проміжну камеру.

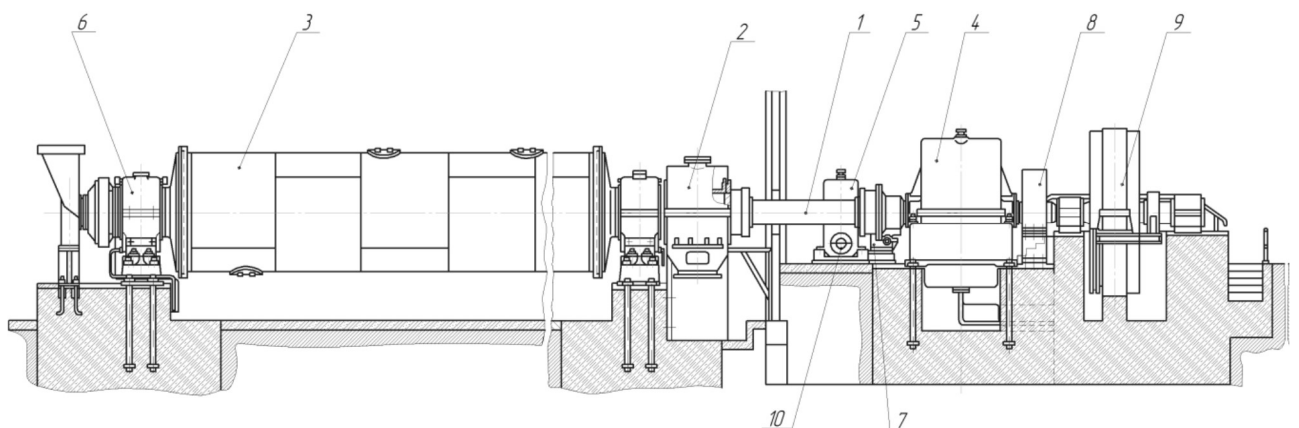


Рисунок 3.1 – Трубний Млин

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Барабан повинен бути розділений на кілька камер перегородкою, щоб кульки розподілялися вздовж барабана відповідно до розміру, завантажувальна частина була більшою за розмір куль.

Існують різні конструкції перегородок відсіків, включаючи подвійні (сепаратор і ліфт) та одинарні (отвори в центральній частині). Перегородка складається з єдиної сталевих секції, яка кріпиться до центральної частини покривним шаром. У корпусі сегмента є отвори у вигляді ключових канавок, через які матеріал потрапляє в сусідню камеру. Сепаратор виготовлений з марганцевої сталі, покритої цементованим карбідом.

Щілина між нерухомою оболонкою для збору пилу та обертовою оболонкою ущільнюється, щоб уникнути утворення пилу та передачі повітря. Верхня частина кожуха з'єднана з випускною трубою, яка з'єднана з системою всмоктування млина, і призначена для всмоктування пилоподібного гарячого повітря, яке сильно виділяється через вплив кулі на матеріал. Штифт вихідного днища і труби з'єднані з коробкою передач через проміжну сполучну деталь 1. Шліфувальний барабан обертається низькошвидкісним синхронним двигуном 9. Приводний блок також забезпечує допоміжний двигун 10, який підключений до швидкісного токарного стану прокатного стану під час технічного обслуговування та пуску через допоміжну коробку передач 5.

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Для проведення модернізації окремих деталей, необхідно провести літературний та патентний огляд, переглянути ряд винаходів та літератури, після чого зробити висновки про модернізацію тієї чи іншої частини млина.

Винахід [6] відноситься до трубчастого млина, який є легким, простим і економічним у виготовленні. Згідно з цим винаходом пропонується наступне рішення: довжина ділянок (10-13) оболонки трубчастого млина відповідно розподілена по колу на сегменти (15), виготовлені з тонкостінних пластин, з'єднані між собою гвинтами, де жорсткий фланець (19) утворений на взаємно стикаються краях суміжних сегментів, особливо шляхом складання країв пластин (20), а фланці прилеглих сегментів уздовж поздовжнього напрямку фрезерної трубки з'єднуються один з одним за допомогою гвинтів. На інших двох протилежних сторонах сегмента (15) також вигідно скласти край пластини при обробці формуються жорсткі фланці (25, 26), а фланці сусідніх сегментів довжини відповідно об'єднуються у фланцеве кільце, яке притискається один до одного затискними деталями.

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

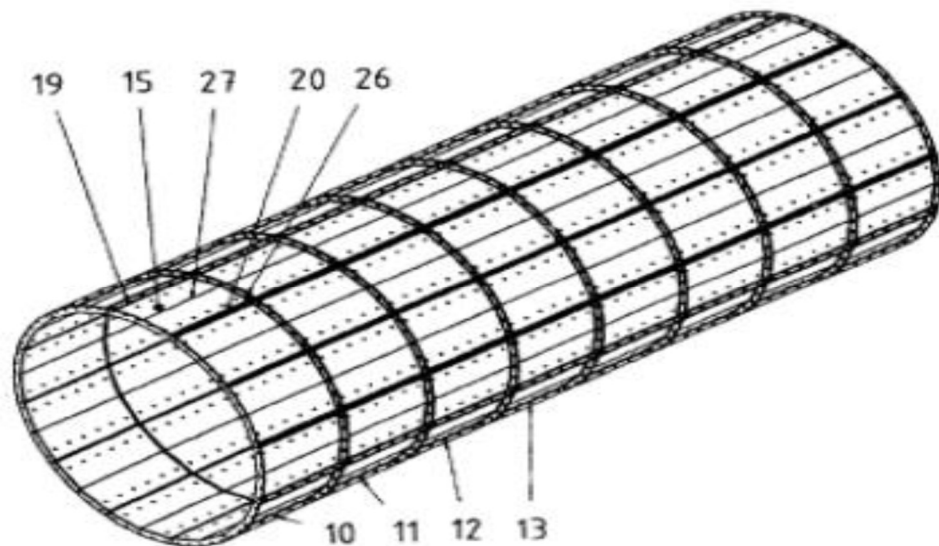


Рис 4.1 Фланець трубчастого млина

Трубчаста фреза використовується для подрібнення матеріалів у обертовій трубці фрези. У трубних млинах, придатних для великих виробничих потужностей, млинова трубка має відповідно великий розмір. Він має велику довжину та діаметр, тому має ризик деформації. Для того, щоб зменшити вищезазначені ризики, до цього часу у трубчаному млині фрезерна трубка складалася з безлічі товстостінних трубок.

Відповідно до особливої ознаки цього винаходу, всю довжину відрізка можна розділити на оточуючі по колу ділянки з тонкостінних пластин з'єднаних між собою гвинтами.

Починаючи з першого плоского прямокутного сегмента пластини, також можна поєднати всі чотири краї сегмента, краї складаються відповідно, щоб отримати бічні фланці, необхідні для складання. Край листа згинається приблизно на 90°

Переваги кожуха трубчастого млина, передбачені цим винаходом є дуже очевидні. І великої різниці між діаметром цільнофрезерованої трубки або

					ЛП72.063116.06-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довжиною корпусу трубки полягає в тому, що такий сегмент пластини легко транспортувати, адже це можна зробити звичайними вантажівками. Сегментні пластини можна замінити індивідуально, крім того, в певній точці на бажаній оболонці трубки фрези може бути один або більше сегментів пластини водночас.

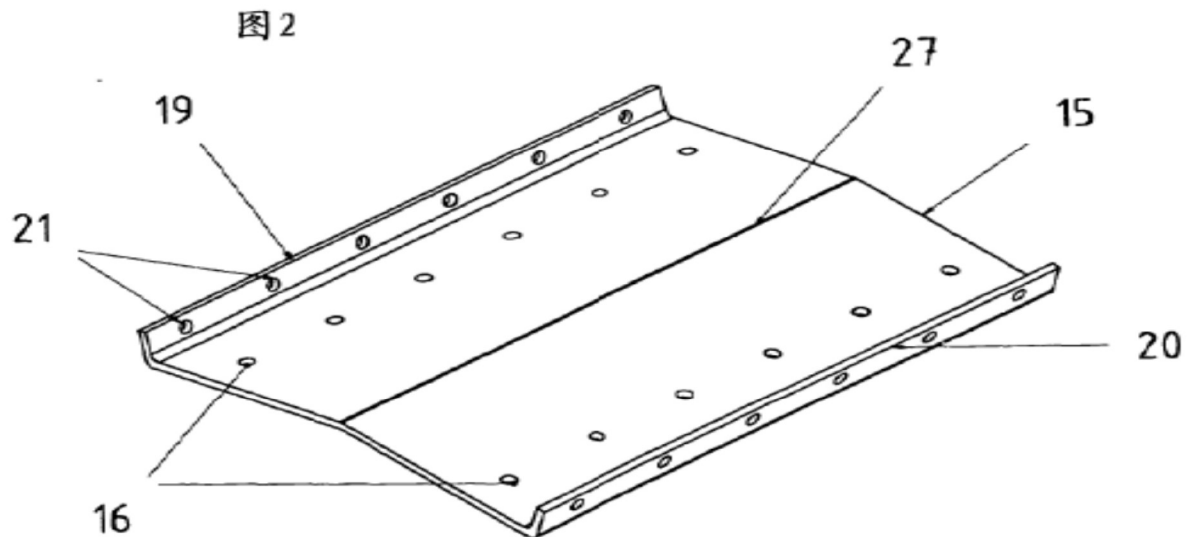


Рис 4.2 - вид плоского сегмента сталевої пластини

По всьому колу оболонки барабану трубного млина розподілені затискні деталі, які мають однаковий діаметр. Згідно з цим варіантом здійснення, кільце 42 ведучої шестерні закріплене між довжиною відрізків 10 і 11 фланцевого кільця. Кільце сидіння або тапочка, що використовуються для тієї самої опори сидіння трубки фрези Кільця 43 і 44 також показані разом. Циліндричний нешліфувальний корпус також встановлений на довжині секції 13. Сушильна камера 45, що знаходиться в сушильній камері, надходить мокрий шліфувальний матеріал в трубчастий млин справа Використовуйте гарячий газ для сушіння. Потім висушені та розмелені матеріали поміщають у пробірку,

					ЛП72.063116.06-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

показану на малюнку 7 Лівий кінець млина скидається. У трубчастому млині, запропонованому у цьому винаході, тонкостінна млинова трубка може бути додатково зміцнена. Для порівняння, трубчастий млин, розроблений згідно з цим винаходом, є дуже легким для виготовлення та достатньо економічним.

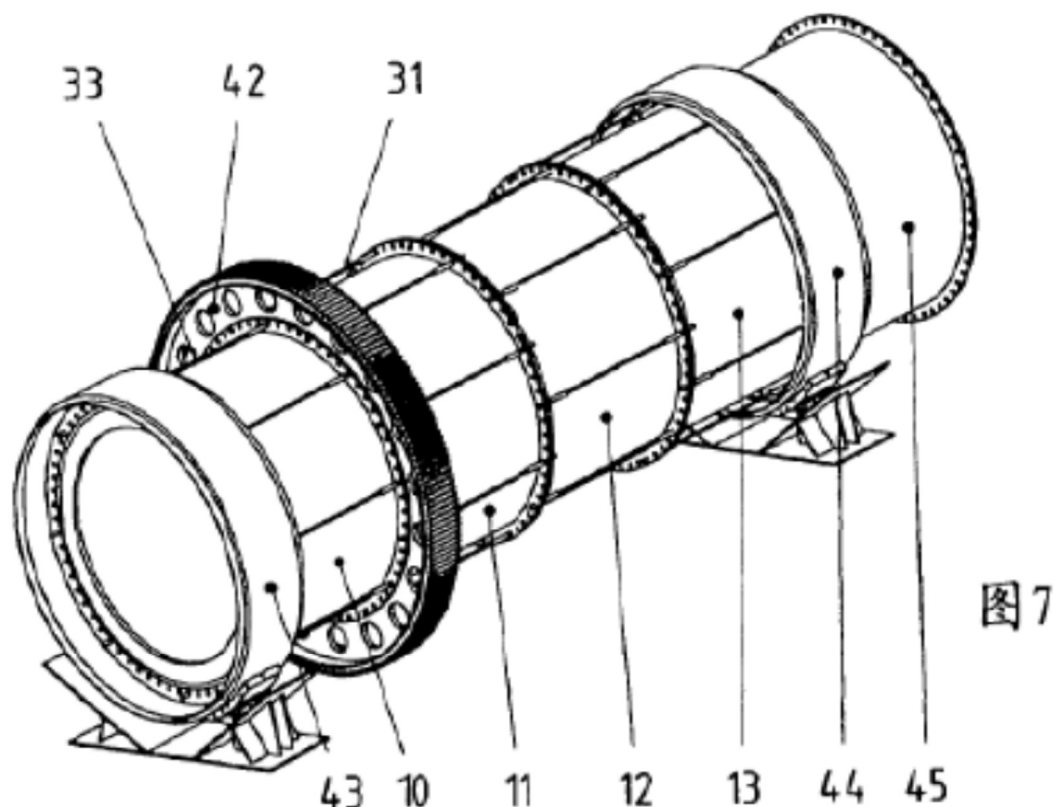


Рис 4.3 – барабан млина

У розглянутому винаході [7] пропонується наступне рішення: корпус млина 1 закріплено нерухомою горизонтальною пластиною (2), а інше – двома горизонтальними пластинами, що рухаються. Вал (3) і ведений вал (4) з'єднані між собою. Обидва вали (3,4) підтримуються підшипником (5) і підшипниковою коробкою (6) відповідно. Потужність передається від приводного двигуна (8) на приводний вал (3) через муфту 8А вала. Ведений

					ЛП72.063116.06-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вал (4) інтегрований з двома рухомими горизонтальними пластинами і може обертатися одночасно з корпусом фрези (1). Рухома горизонтальна пластина (2А), ведений вал (4), підшипник (5) і підшипникова коробка (6) встановлені на рухома каретка (13). Рухома каретка (13) переміщується на рейці (15) в осьовому напрямку фрези за допомогою гідроциліндра (14). Отже, рухома горизонтальна пластина (2А) всувається в корпус фрези (1), щоб запобігти відокремленню кулі (7) шляхом випробування за допомогою рухомої горизонтальної пластини (2А) і упаковки (20). Усі основи (16) гідравлічних опор сформульовані на загальній базовій пластині (17) і підтримуються гідравлічними домкратами (18) і (19). Куля (7) і зразок вкидаються через люк (9). Працюючи приводним двигуном (8), приводний вал (3) і корпус фрези (1) обертаються через муфту (8А) вала, щоб розпочати розпилення. Рухома горизонтальна пластина (2А) і ведений вал (4) на рухомій візку (13) притискаються до корпусу (1) млина гідравлічним циліндром (14), тим самим не даючи зразку і кульці (7) всередині витікати і обертатися цілісно з корпусом млина (1).

Під час подрібнення, загальна основна пластина (17) горизонтально підтримується гідравлічними домкратами (18) і (19), а гідравлічна опорна основа (16) на базовій пластині (17) опускається, щоб тіло фрези (10) могло вільно обертатися. Після завершення подрібнення приводний двигун (8) зупиняється, а гідравлічна опора (16) піднята для підтримки корпусу млина (1). Після цього гідравлічний циліндр (14) стискається, і рухома каретка (13) відтягується назад у напрямку стрілки (А14), дві рухомі горизонтальні пластини відокремлюються від корпусу млина (1), і одна сторона корпусу (10) млина відкрита. Коли отвір завершено, збірний контейнер (10) готується з відкритої сторони, гідравлічний домкрат (18) витягується, гідравлічний домкрат (19) стискається, а корпус фрези на загальній базовій пластині (17) нахиляється так, щоб відкрита сторона корпусу млина вниз. З кульки (7) і зразка

					ЛП72.063116.06-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в контейнер для збору (10). Для повернення до стану, коли зразок і кульку зібрано і повторно проведено подрібнення, загальну базову пластину (17) повертають горизонтально, кульку (7) і зразок знову вставляють із люка (9), і рухомий візок (13) приводиться в експлуатацію з гідравлічним приводом. Дві рухомі горизонтальні пластини притискаються до корпусу (1) млина циліндром (14).

第 3 圖

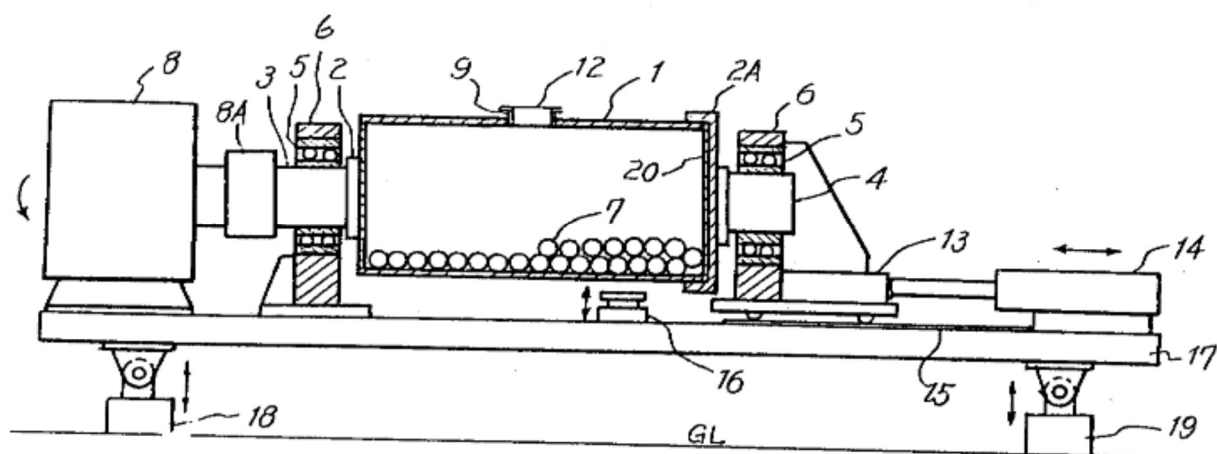


Рис 4.4 – повздовжній вигляд трубного млина

第 4 圖

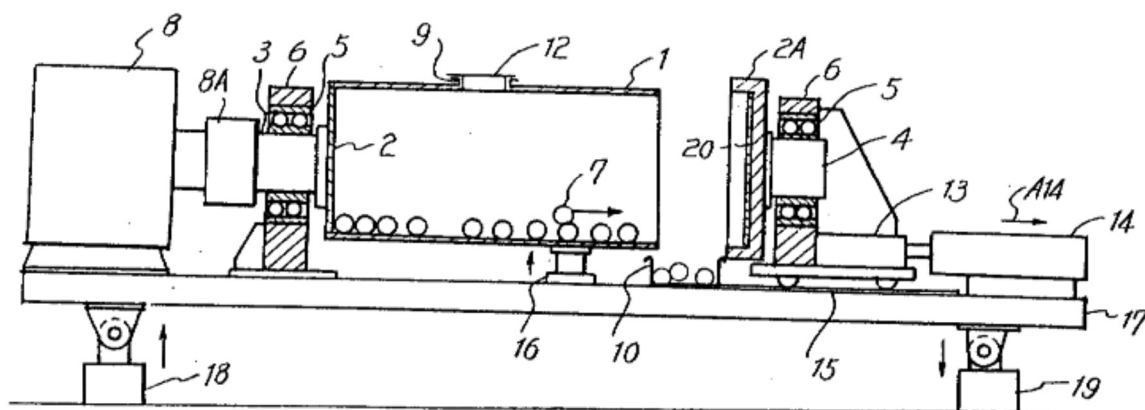


Рис 4.5 – повздовжній вигляд трубного млина з відкритою рухомою горизонтальною пластиною.

Крім того, огляд та очищення внутрішньої частини корпусу млина можна виконати дуже легко, переміщаючи рухому каретку та відкриваючи рухому горизонтальну пластину.

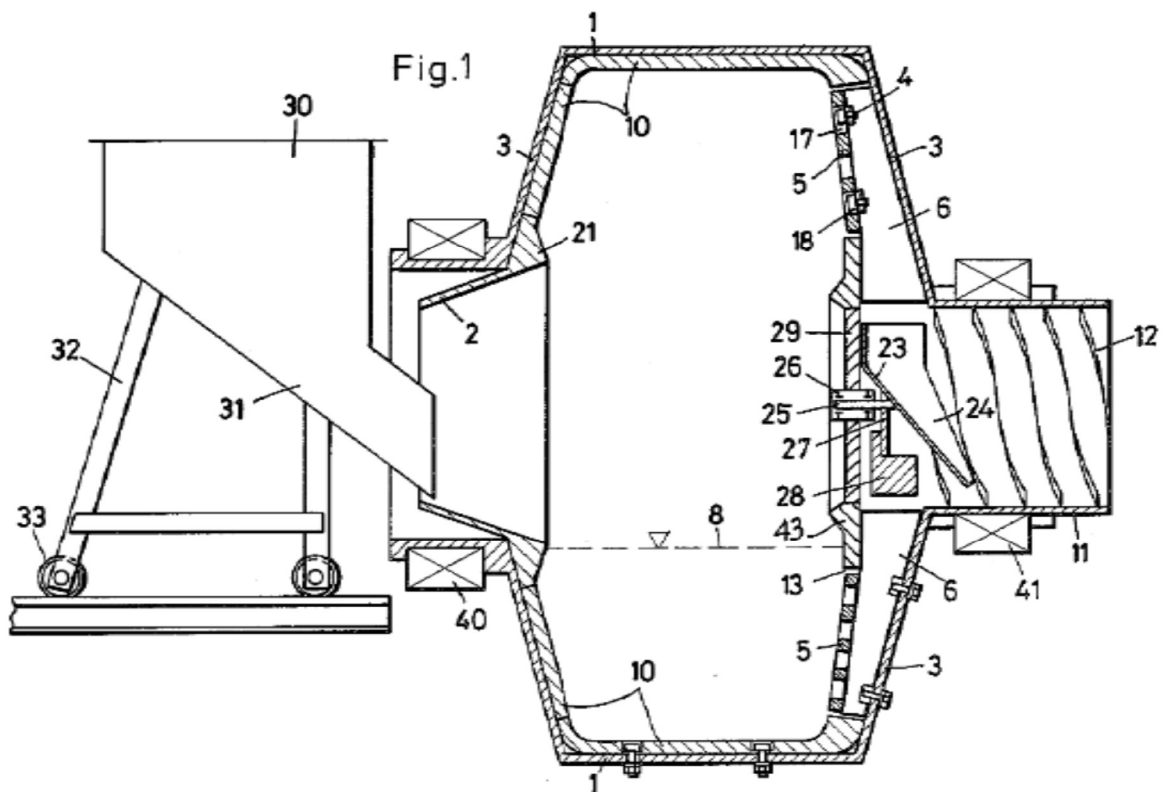
Винахід [8] полягає в тому, що діаметр трубчастого млина в два-три з половиною рази перевищує довжину трубчастого млина щодо тієї частини трубчастого млина, яка має циліндричну форму трубки, і, крім того, діаметр зазору вхідного отвору становить щонайменше 25% від діаметра корпусу зазору фрези, додатково, вихідний канал забезпечений на внутрішніх стінках з гвинтово розташованими перегородками.

Трубний млин, представлений має корпус 1, причому центральна частина корпусу 1 виконана циліндрично, торцеві стінки 3 корпусу нахилені у напрямку, протилежному його бокам, причому кінцеві стінки мають нахил від 7,5 до 16 ° відносно вертикальний. Позиційна цифра 2 позначає вхідний отвір для кільцевого відходів. На задній конічній бічній стінці 3 вихідні ситові пластини 5 прикріплені за допомогою болтів або шпильок 4, що взаємодіють із захоплюючими рейками 18, які з'єднані болтами 4 з підйомними лопатками 6. На тильній стороні між конічною торцевою стінкою 3 і випускні пластини 5 перегородки з листового металу утворюють підйомні лопатки 6 і розташовані так, щоб направляти подрібнений матеріал до випускного ковпака 11, крім того, схематично показаний жолоб 23 у розрізі, який має бічні стінки 24. На тильній стороні жолоба влаштована цапфа 25, яка ведеться в підшипнику 26.

Крім того, передбачений кронштейн 27, який спереду кінець несе противагу 28. Підшипник 26 прикріплений до диска 29, встановлений у центральній частині кільцевої пластини 43 прийнята в центральній частині внутрішньої кільцевої вихідної ситової пластини 5 , диск 29, пластина 5 і пластина 43 розташовані концентрично і змонтовані разом і до внутрішніх стінок корпусу 1. Противага 28 має на меті утримувати жолоб, як правило, в тому положенні, яке представлено на Рис 4.6. Це означає, що під час обертання

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трубчастого млина лише жолоб, який, по суті, зберігає однакове положення, щоб мати можливість вловлювати ґрунтовий матеріал, який передається йому



підйомними лопатками 6 зверху. Як буде легко зібрано таким чином, розмелений матеріал переходить у витяжний ковпак 11 і видаляється обертанням трубчастого млина за допомогою направляючої лопатки 12.

Рис 4.6 Вигляд розрізу трубчастого млина, у разі якого секції розташовані через стінку вихідного сита

					ЛП72.063116.06-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

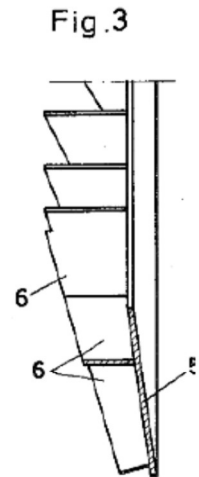
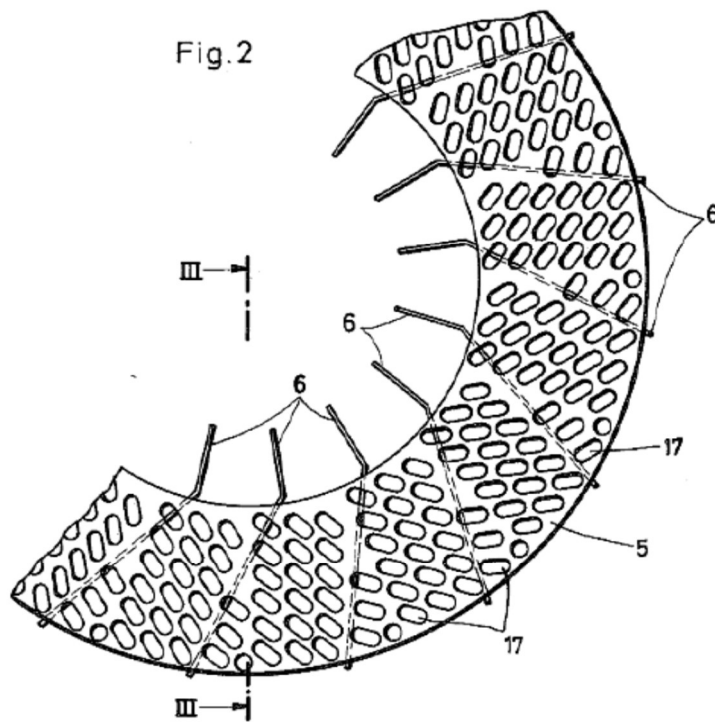


Рис 4.7 Вид частково торцевої стінки із зображенням вихідних ситових пластин

Позиційний номер 10 позначає броню в циліндричній частині трубчастого млина та за передньою конічною торцевою стінкою 3.

Як загальна практика, млин заповнюється приблизно на 30% свого обсягу матеріалом, що подрібнюється. Позиційний номер 8 позначає на верхній край матеріалу, який потрібно шліфувати. Кріплення між пластиною 43 і ситовими пластинами 5 є таким, щоб забезпечити проміжки 13 між пластиною 43 і внутрішньою ситовою пластиною 5 для того, щоб забезпечити пропуск, під лінією рівня 8, жерстяних банок або подібних, які мають були побиті рівно і які потім захоплюються підйомними лопатями.

					ЛП72.063116.06-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На внутрішньому кінці впускного отвору 2 передбачена кільцева гранула 21, яка запобігає переміщенню матеріалу та шліфувальних тіл, не показаних для зручності ілюстрації, з внутрішньої частини трубчастого млина у вхідний отвір, а також служить для відхилення шліфувальних тіл.

Подача матеріалу здійснюється через вхідний отвір 30 і жолоб 31, який встановлений на рамі 32 із зачепленими на землю колесами 33.

Було виявлено, що перевагою є вибір робочої швидкості обертання, що лежить між 65 і 78% від критичної швидкості обертання.

Винахід [9] засновано на розробці трубчастого млина таким чином, щоб з його допомогою можна було створити просту та компактну циркуляційну фрезерну систему, враховуючи низькі витрати машин, яка може управляти більш високими показниками циркуляції запасів без високих експлуатаційних витрат.

Характерним для трубного млина є те, що його корпус для подачі крапель не є нерухомим, корпус для подачі крапель складається з двох рознесених, не обертаються бічних граней, між якими розташовано кільце конвеєра для матеріалу, яке встановлене з можливістю обертання і може обертатися за допомогою поворотного приводу. Це обертове кільце для транспортування матеріалу корпусу крапельної подачі, що оточує отвір для подачі ґрунтового запасу та млинового газу, обертається, наприклад, приблизно на 40-80% критичної швидкості обертання; тобто кільце конвеєра для матеріалу несе принаймні частину доставленого запасу млина до або за верхню вершину кільця і дозволяє цьому матеріалу запасу падати; а саме - в інтегрований просіюючий простір, сформований у проміжному просторі між, щонайменше, одним отвором для подачі наземного запасу млинної труби та кільцем конвеєра, що обертається, між двома нерухомими бічними гранями корпусу крапельної подачі. Також можна було б зробити так, щоб кільце

					ЛП72.063116.06-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конвеєра для матеріалу оберталося швидше, і забирати заземлений матеріал із внутрішньої стінки кільця за допомогою знімачів.

Для того, щоб просіюючий простір, інтегрований у конвеєрне кільце обертового матеріалу, функціонував, він стоїть у зв'язку з отвором на вході для просіюючого повітря, з отвором для подачі для просіювання повітря та просіяного дрібного матеріалу та з отвором для подачі для просіяного великогабаритного матеріалу в на принаймні одну з двох бічних граней. Ковшові елеватори, що займають багато місця, або інші транспортні механізми для транспортування доставленого запасу млина до інтегрованого просіювача відмовляються, як і принаймні один зовнішній просіювач, який завжди вимагався раніше.

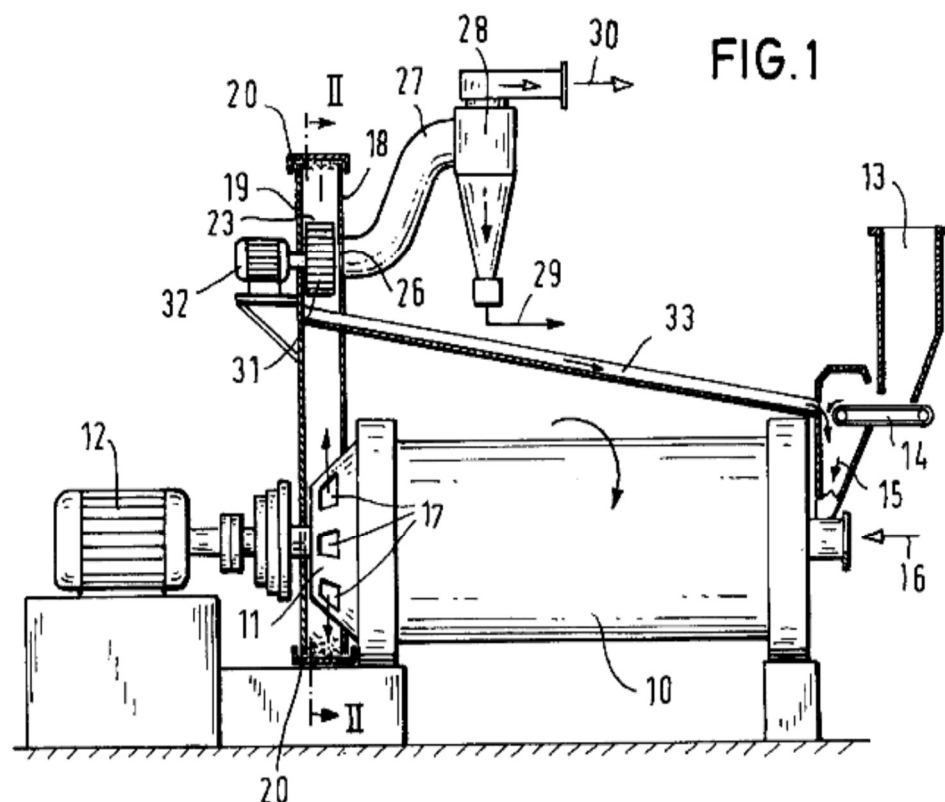


Рис 4.8 Вид збоку, частково у вертикальному розрізі трубних млинів

					ЛП72.063116.06-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Трубний млин на рис 4.8 містить обертається фрезерну трубку 10 із вхідним кінцем шліфувального матеріалу на нічній стороні та кінцем подачі шліфувального матеріалу з лівого боку. На кінці подачі фрезерна трубка 10 з'єднана з подавальним конусом 11, за допомогою якого млин трубки приводиться в рух двигуном 12. Подрібнювальний матеріал направляється від подаючого бункера 13 у фрезерну трубку 10, яка заповнена шліфуванням тіла, такі як кулі, через дозуючий пристрій 14 і впускний жолоб 15. Фрезерувальне повітря 16 також втягується в мельничну трубу 10 на вхідному кінці. При сушінні вологого матеріалу в млині потік гарячого газу також може використовуватися як повітря для фрезерування 16. Кілька отворів 17 для подачі ґрунту та фрезерування розташовані таким чином, щоб розподілятися по периметру конуса подачі млина 11 .

Подавальний конус 11 з його отворами для подачі 17 для ґрунтового матеріалу та фрезеруваного повітря оточений корпусом для подачі крапель, який винахідницько складається з двох рознесених нерухомих неповоротних бічних граней 18 та 19, між якими встановлене обертається, поворотне кільце транспортера 20, яке кільце закінчує корпус для подачі крапель зовні на периферії бічних граней 18,19. Конвеєрне кільце для матеріалу 20 може обертатися на роликах 21 і 22, а обертання кільця для транспортування матеріалу 20 здійснюється через його циліндричну оболонку; наприклад, за допомогою веденого підшипникового ролика 22 або іншого приводного механізму, що зачіпає конвеєрне кільце. ґрунтовий запас, доставлений із отворів для подачі 17 трубчастого млина, падає на внутрішню стінку кільця 20 транспортуючого матеріалу, що обертається, ця стінка може бути забезпечена підйомними елементами, як це гарантовано; при цьому швидкість обертання кільця 20 лежить нижче тієї, що відома як критична швидкість; тобто кільце 20 несе заземлений матеріал в область верхньої вершини кільця і пропускає цей матеріал запасу, зокрема, у просіювальний простір 23, який розміщений

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

над конусом 11 доставки в корпусі подачі крапель, корпусі з яких простір утворений двома бічними гранями 18, 19. Як проілюстровано в прикладі втілення, кільце транспортера 20 матеріалу може оточувати краї двох рознесених бічних граней 18, 19 з двох сторін; однак два краї кільця 20 також можуть бути розташовані в межах двох рознесених бічних граней 18,19.

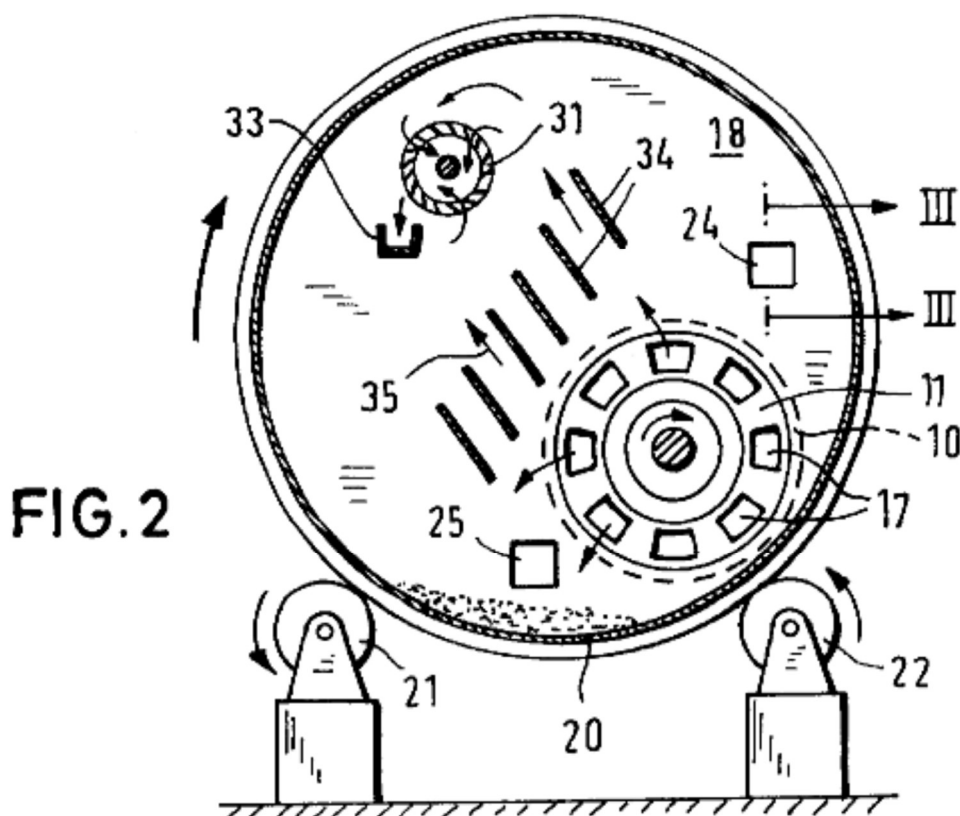


Рис 4.10 Поперечний переріз

Винахід може бути застосований не тільки на трубчастих млинах з центральним приводом, але також на трубчастих млинах з іншими приводами, наприклад, на зубчастих кільцевих приводах.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Головними задачами охорони праці це питання попередження та уникнення можливих професійних захворювань, травматичних ситуацій, безпека проведення робочого плану, правова безпека та можливі виникнення можеж і вибухів.

Згідно закону про охорону праці України нове обладнання, механізми, машини мають бути розроблені таким методом, щоб вони були безпечні для експлуатації та нешкідливими для роботи працюючого персоналу з ними. За для цього є необхідним оформлення сертифікат для безпечної експлуатації за дійсними встановленими зразками.

Відповідно теми дипломного проекту «Трубний млин з модернізацією барабану» під час роботи лінії машини мають бути розроблені безпечні умови для забезпечення праці.

Під час роботи оператор має знаходитись на робочому місці, площа $S = 2000 \text{ м}^2$ і об'єм якого складає $V = 2000 \text{ м}^3$. Присутні наступні небезпечні та шкідливі фактори, як:

- Повітря робочої зони;
- Шум
- Вібрації;
- Пожежна безпека.

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1 Повітря робочої зони

Робочий процес помелу матеріалу в трубному млині відбувається за температурою до 300°C, завдяки ізоляції максимальна температура на робочих поверхнях не перевищує 60°C. Вузли лінії піддаються інтенсивному охолодженню водою, через що їх температура не перевищує 45°C. Фактичні параметри швидкості руху, температури і відносної вологості повітря в робочій зоні зводиться в Таблицю 4.1.

Період року	Категорія робіт – 1б		
	Температура, °C Фактична	Відносна вологість, % Фактична	Швидкість руху повітря, м/с Фактична
Холодний або перехідний	25 - 28	60 - 50	0,2
Теплий	27 – 30	60 - 40	0,2

Умови, що фактичні параметри відповідають стандартам, передбачають наступні заходи:

-В теплу пору року - Вентиляція через верхній отвір.

-У холодну пору року приміщення опалюється радіатором, а теплоносій води нагрівається до температури $50 \div 60^{\circ}\text{C}$; робота оператора лінійного обслуговування відноситься до категорії легкої фізичної праці. Енерговитрати людини в цеху досягають 150 ккал/г (172 Дж/с) по ДСН 3.3.6.042-99.

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час роботи млина внаслідок витoku технічного обладнання у відкритому контейнері виділяються токсичні речовини - пара та пил. Для видалення шкідливих компонентів (максимальна концентрація обмежена до 6 мг / м³) у цеху встановлені пристрої місцевої вентиляції, а також загальнообмінні вентиляційні пристрої. Отже, фактична концентрація цементу становить 2-3 мг / м³. Тільки тоді, коли потік повітря, що тече, менше обсягу випущеного повітря, отвір зонта може ефективно працювати, подвоюючи повітрообмін. Вхідний розмір парасольки більше розміру джерела. Для надійної роботи зонта вертикальний шлях між краєм зонта і верхнім краєм покривного блоку, з якого виділяються шкідливі речовини, повинен бути мінімальним.

5.2 Шум

Основним джерелом шуму є двигуни, встановлені на пристрої. Згідно з ГОСТ 16372-93, двигуни видають еквівалентний рівень звуку при швидкості та енергоспоживанні $L = 85$ дБА. Рівень октавного звукового тиску (дБ), рівень звуку та еквівалентний рівень звуку (дБА) постійних робочих місць з працюючими пристроями, де фактичне значення дорівнює 60 дБА і не перевищує допустиме значення ДСН № 3.3.6.037–99.

Рівень звукового тиску знижує захисний кожух, встановлений на пристрої.

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Вібрація

Джерелом вібрації є: обертові частини ланцюга та електродвигун. Сила вібрації починається, коли зв'язок між корпусом обертової частини та фундаментом нещільний, а установка обертової частини є неточною.

У цьому випадку виникає технічна вібрація, яка переходить через опорні поверхні до оператора. Працівник слабо піддається вібрації, бо він далеко основи машини - близько до панелі управління. Тому загальна вібрація не впливатиме на тіло оператора. Рівень вібрації технологічного процесу у виробничому цеху не високий, не перевищує 90 дБ на частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.36.039-99.

Засобом особистого захисту від вібрації є спеціальне взуття, на амортизуючі платформи, вібропоглинаючі рукавички, наколінники, нагрудники, спеціальних костюмів та технологічних процеси, які мають малий рівень вібрації та шуму: введення пульта дистанційного керування, який не включає постійне знаходження працівників у місцях з небезпечним рівнем вібрації; дотримання раціональних та розумних способів праці та відпочинку; перешкоджаючі засоби, що заважають людям проникнути в зону вібрації. Віброгасіння - це використання додаткового обладнання для зниження рівня вібрації механізмів та машин. Віброгасіння може бути динамічним (агрегати з дискретними ефектами перешкод, пружини, динаміки, поплавці та камери).

Тривалість безперервної дії статичних вібрації не перевищує 15-20 хвилин. Загальний час роботи вібрації контакту не повинен перевищувати 2/3 робочої зміни У цьому режимі обідня перерва повинна становити щонайменше 40 хвилин.

					ЛП72.063116.06-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4 Пожежна Безпека

У виробництві небезпекою пожежі можуть бути: електроізоляційні матеріали, деревина, горючі матеріали. Зберігати клас пожежної небезпеки-В (згідно з ДБН В.1.1-7: 2016), клас вогнестійкості II (згідно з ДБН В.1.1-7: 2016), зона пожежної небезпеки класу П-Па. Основними причинами пожеж в процесі виробництва є:

- Несправність електричного обладнання (коротке замикання, великі перехідні опори, перевантаження);
- Випуск статичної та атмосферної електрики;
- Спонтанне згоряння мастильного обладнання.

Заходи пожежної безпеки поділяються на організаційні, технічні та експлуатаційні.

Організаційні заходи включають: правильну експлуатацію обладнання, правильне обслуговування ділянок та навчання пожежної безпеки для робітників. Технічні заходи включають дотримання правил і норм щодо пожежної безпеки, проектування будинків, встановлення електрообладнання, опалення, вентиляції та освітлення.

Оперативним заходом є своєчасна перевірка та ремонт технологічного обладнання. Для гасіння пожежі застосовуються вуглекислові вогнегасники ВВК-2 (ОУ-3)(18 шт).

Вуглекислотні вогнегасники застосовуються для гасіння легкозаймистих і горючих рідин, твердих горючих речовин і матеріалів, електричних проводів напругою до 1000 В та інших предметів. Діюча речовина - вуглекислота. Коли 1 л H_2CO_3 випаровується, утворюється 509 л CO_2 . Запускаючи вогнегасник, потрібно направити його розтруб на джерело

					ЛП72.063116.06–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вогню і натиснути на спусковий гачок або відкрити клапан, щоб утворилася снігоподібна речовина з температурою -70°C . Категорично заборонено тримати розтруб голими руками при гасінні пожежі, а вогнегасник зберігати біля джерела тепла. Згідно з ДБН В.1.1-7: 2016, будівля обладнана запасним виходом (0,8 м).

У разі пожежі спрацьовує пожежна сигналізація - пристрій теплової сигналізації, наприклад, аварія. Інформація від детектора надходить на приймальну станцію. Якщо виникла пожежа, люди повинні покинути приміщення. Згідно з ДБН В.1.1-7: 2016, у приміщенні є два евакуаційні виходи.

Сам цех є кімнатою на першому поверсі. Маршрути евакуації (канали, коридори та проходи) повинні мати плоску вертикальну конструкцію огорожі без жодних виступів, що звужують ширину виходу; природне або штучне освітлення, що працює від звичайних джерел живлення або аварійних ситуацій. Мінімальна ширина проходу повинна бути не менше 1 м, а висота - 2 м. Як правило, двері на шляху евакуації слід відкривати у напрямку виходу з будівлі.

					ЛП72.063116.06-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки
до дипломного проекту
на тему: «Трубний млин з модернізацією
барабану»

Київ – 2021 рік

ЗМІСТ

1 РОЗРАХУНКИ ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТРУБНОГО МЛИНА.....	2
1.1 Параметричні розрахунки	2
1.1.1 Розрахунок критичної і оптимальної кутової швидкості барабана.....	3
1.1.2. Визначення оптимального завантаження барабана	6
1.1.3 Розрахунок потужності двигуна млина.....	7
1.2 Кінематичні розрахунки кульового двохкамерного млина.....	8
1.2.1 Вибір електродвигуна	8
1.2.2 Розрахунок двохступінчатого циліндричного редуктора.....	9
1.3 Розрахунки на міцність	10
1.3.1 Розрахунок барабана млина	11

					ЛП72.063116.02-70PP						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Зулей А.А.			Трубний млин з модернізацією доробки			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Лелека С.В.								1	16
Н. Контр.								КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Затверд.		Гондляр О.В									

1 РОЗРАХУНКИ ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТРУБНОГО МЛИНА

1.1 Параметричні розрахунки

Частота обертання барабану:

$$n = \frac{2(5\varphi + 2)}{15\sqrt{D_0}} = \frac{2(5 * 0.34 + 2)}{15\sqrt{1.5}} = 0.4 \frac{\text{об}}{\text{с}} = 24 \frac{\text{об}}{\text{с}};$$

де φ – коефіцієнт заповнення млина кулями.

Зовнішній діаметр барабана:

$$D = 1.05D_0 = 1.05 * 1.5 = 1.575 \text{ м};$$

Довжина барабана:

$$L = 1.09L_0 = 1.09 * 5.6 = 6.1 \text{ м};$$

Діаметр цапфи:

$$D_{\text{ц}} = 0.35D_0 = 0.35 * 1.575 = 0.525 \text{ м};$$

Об'єм камери:

$$V = \frac{\pi D_0^2 L_0}{4} = \frac{3.14 * 1.5^2 * 6.1}{4} = 10.8 \text{ м}^3;$$

Маса мелючих тіл:

$$m_{\text{мел}} = \varphi \mu \rho_{\text{мел}} V = 0.34 * 0.55 * 7.8 * 10.8 = 15.75 \text{ т},$$

де φ – коефіцієнт порожнистості завантаження, $\mu = 0.5 \dots 0.6$, приймаємо

$\mu = 0.55$; $\rho_{\text{мел}}$ - об'ємна маса мелючих тіл, $\rho = 7.8 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$.

					ЛП72.063116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.1 Розрахунок критичної і оптимальної кутової швидкості барабана

Швидкість обертання барабана, при якій зовнішня куля не падає з поверхні барабана, називається критичною швидкістю. У цьому режимі куля обертається разом з барабаном і не виконує шліфувальних робіт. З найвигіднішою швидкістю корпус млина проходить через деталь, притискається до облицювальної поверхні млина під дією відцентрової сили, піднімається до певної точки А, відривається від поверхні стіни, а потім рухається до горизонту як вільний снаряд під певним кутом (рисунок 1.1). У цьому випадку шліфувальне тіло ефективно подрібнює матеріал завдяки удару, руху та зносу. На знос припадає лише 2-3% усіх робіт, що використовуються абразивним тілом для шліфування матеріалів. Точка А, де зовнішня куля залишає поверхню барабана, називається точкою розриву. Кут між вертикальною віссю та напрямком відцентрової сили точки А дорівнює куту розриву α .

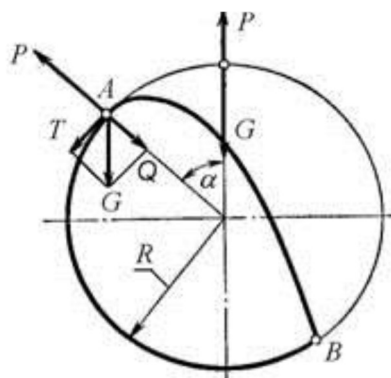


Рисунок. 1.1– Схема до визначення швидкості обертання млина

Кутова швидкість кулі занадто висока, під дією значної відцентрової сили навіть у вершині С (рисунок 1.1) не вийде зі стіни, оскільки інерційна сила Р перевищує силу тяжіння G, тому критична кутова швидкість, радіан / сек:

					ЛП72.063116.02–70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{R}},$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²; R - радіус обертання кулі, м.

Через координати точки, де куля відокремлюється від стіни (точка А), і точки, де кулька стикається після падіння, оптимальною кутовою швидкістю слід вважати точку кутової швидкості (В) та окружність барабана, коли м'яч має максимальну висоту падіння H .

Відрив кулі від стінок у точці А буде, коли

$$mg \cos \alpha \geq m \omega^2 R$$

При цьому кутова швидкість, рад/с

$$\omega = \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{R}}$$

Траєкторія руху кулі у вільному падінні являє собою параболу (при встановленні початку координат у точці А) і описується системою рівнянь

$$\begin{cases} x = vt \cos \alpha \\ y = vt \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

Вирішуючи спільно цю систему, знайдемо ординату точки В

Отримаємо:

$$y_B = x_B \tan \alpha - \frac{x^2}{2R \cos^3 \alpha}$$

Траєкторія руху куль у системі координат x_0y_0 (з початком у центрі окружності) описується рівнянням:

$$x_1^2 + y_1^2 = R^2$$

Як треба зі схеми (рис. 1.1)

					ЛП72.063116.02-70РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x_1 = x_B - R \sin \alpha;$$

$$y_1 = y_B - R \cos \alpha.$$

Підставивши ці значення в попередній вираз, одержимо:

$$x_B + y_B - 2R x_B \sin \alpha - 2R y_B \cos \alpha = 0.$$

Після перетворень отримаємо:

$$\frac{x_B^3}{4R \cos^4 \varepsilon} \left(\frac{x_B}{4R \cos^4 \varepsilon} - \sin \alpha \right) = 0$$

Корені $x_1 = x_2 = x_3$, що відповідають перетинанню параболи з окружністю в точці А (тобто на початку координат), дорівнюють нулю, тоді залишається вирішити рівняння

$$\frac{x_B}{4R \cos^4 \varepsilon} - \sin \alpha = 0$$

Звідки,

$$x_B = 4R \cos^2 \alpha \sin \alpha$$

Тоді,

$$y_B = -4R \sin^2 \alpha \cos \alpha$$

Найбільша енергія удару кулі буде при максимальній координаті y_B . Щоб визначити максимальну координату y_B , візьмемо першу похідну її функції

$$y' = 8R \sin \alpha \cos^2 \alpha - 4R \sin^3 \alpha = 4R \sin \alpha (2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) = 0$$

Очевидно, що α і R не дорівнюють нулю, тоді

$$2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 0$$

Звідки одержимо, що найвигідніший кут відриву кулі

					ЛП72.063116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha = 54^{\circ} 40'$$

Підставляючи найкращий кут поділу у формулу та значення внутрішнього радіуса проявочного вальця, ми знаходимо найкращу кутову швидкість ролика, рад / с, при $R = 0,75$ м

$$\omega_{\text{опт}} = \frac{2.38}{\sqrt{R}} = \frac{2.38}{\sqrt{0.75}} = 2.75 \text{ рад/с}$$

1.1.2. Визначення оптимального завантаження барабана

Координати точок відриву й падіння куль будуть різними для кожного шару куль, оскільки вони визначаються співвідношенням

$$\omega^2 R = g \cos \alpha$$

Геометричне місце точок падіння куль (точка В) визначається відповідним радіусом і кутом β . З рис. 1.1 видно, що

$$\sin \beta = \frac{y_1}{R} = \frac{4R \sin^2 \alpha \cos \alpha - R \cos \alpha}{R}$$

Перетворивши вираз, одержимо

$$\sin \beta = -(4R \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha)$$

Звідки

$$\beta = 3\alpha - 90^{\circ}$$

Величина кута α для кожного шару куль визначається з рівняння

$$\cos \alpha_i = \frac{R_i \omega^2}{g}$$

Так можна побудувати контур руху завантаження й визначити траєкторії руху куль. З аналізу схеми видно, що переповнювати млин кулями настільки

					ЛП72.063116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ж нераціонально, як і не доповнювати. Практично кулі повинні займати 0,3-0,35 об'єму барабана.

Вибираємо для нашого млина об'єм мелючих куль рівним 0,34 об'єму барабана.

1.1.3 Розрахунок потужності двигуна млина

Під час роботи млина енергія використовується для підйому шліфувальних тіл, коли вони рухаються до точки поділу по круговій траєкторії, вони віддають кінетичну енергію шліфувальним тілам, тому вони рухаються по параболічній траєкторії та долають шкідливий опір.

Робота, затрачувана на підйом куль, (Дж)

$$A_1 = mgy_B$$

де m , кг – маса куль; g , м/с² – прискорення вільного падіння; y_B , м – висота підйому куль.

Всі навантажені шари, що рухаються по радіусу, замінюються віртуальними шарами, які рухаються по радіусу інерції R_0 від центру інструменту

$$R_0 = \sqrt{\frac{R^2 + R}{2}},$$

де R і R_1 — внутрішній радіус барабана і відстань від центра барабана до внутрішнього шару завантаження, відповідно. При ступені заповнення завантаженням барабана 0,34 можна прийняти $R_0 \approx 0.86R$. Тоді оптимальний кут підйому фіктивного шару, обумовлений зі співвідношення

$$\cos \alpha_0 = R_0 \omega^2 g$$

					ЛП72.063116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

с обліком складе

$$\cos \alpha_0 = \frac{2.38^2 * 0.86 * R}{Rg} \approx 0.5; \alpha_0 \approx 60^\circ$$

Висота підйому куль

$$y_B = 4R_0 \sin^2 \alpha_0 \cos \alpha_{\text{про}} \approx 1.37R = 1.37 * 0.75 = 1.0275 \text{ м}$$

Робота, затрачувана на підйом куль, (Дж)

$$A_1 = 1.3mg = 1.3 * 1.3911 * 9.81 = 177406.98 \text{ Дж}$$

Кінетична енергія, що повідомляється завантаженню, (Дж)

$$A_2 = \frac{mv^2}{2} = \frac{m\omega_0^2 R_0^2}{2} = \frac{mg \cos 60^\circ R_0^2}{2R_0^2} = 0.214mgR =$$
$$= 0.214 * 13911 * 9.81 * 0.75 = 21902.94 \text{ Дж}$$

Сумарна робота, затрачувана на один цикл руху куль, (Дж)

$$A = A_1 + A_2 = 177406.68 + 21902.94 = 199.3 \text{ кДж}$$

1.2 Кінематичні розрахунки кульового двохкамерного млина

1.2.1 Вибір електродвигуна

Відповідно до наведених вище розрахунків потужності двигуна, приводу вибираємо електродвигун. Електродвигун типу АИР355М8 з номінальною потужністю $N = 160 \text{ кВт}$, синхронною частотою обертання $n = 750 \text{ об/хв}$. Двигун має технічні параметри, наведені в табл. 1.2

					ЛП72.063116.02-70РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2– Технічні параметри електродвигуна

Тип електродвигуна	Потужність, кВт	При номінальному навантаженні			$\frac{T_n}{T_{ном}}$	$\frac{T_{max}}{T_{ном}}$	$\frac{T_{min}}{T_{ном}}$
		Ковзання, %	ККД, %	$\cos \varphi$			
AIP355M8	160	2	93,5	0.85	1.2	2	0.9

1.2.2 Розрахунок двохступінчатого циліндричного редуктора

Загальне передатне число двоступінчастого редуктора:

$$u_p = \frac{n_1}{n_2} = \frac{750}{24} = 31.25,$$

Де n_1 – частота обертання швидкохідного вала редуктора; n_2 – частота обертання вихідного вала редуктора.

Передатне число швидкохідного ступеня редуктора:

$$u_2 = 1.15\sqrt{u_p} = 1.15\sqrt{31.25} = 6.43$$

Передатне число тихохідного ступеня редуктора:

$$u_3 = \frac{u_p}{u_2} = \frac{31.25}{6.43} = 4.86$$

Силовий розрахунок:

Обертовий момент на тихохідному валу двохступінчастого циліндричного редуктора:

					ЛП72.063116.02–70PP		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$T_{\text{тих}} = 9550 \frac{P_2}{n_2} = 9550 \frac{159.09}{24} = 63304.56 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

На проміжному валу редуктора:

$$T_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{тих}}}{u_3 \cdot \eta_3} = \frac{63304.56}{4.86 \cdot 0.97} = 13428.48 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

На швидкохідному валу редуктора:

$$T_{\text{шв}} = \frac{T_{\text{пр}}}{u_2 \cdot \eta_2} = \frac{13428.48}{6.43 \cdot 0.97} = 2153 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

1.3 Розрахунки на міцність

Міцність розраховується з основних частин млина, включаючи ролик (корпус) млина, болти, що з'єднують корпус і днище, деталі трансмісії, вагу корпусу та відцентрову силу. При виборі міцності та діапазону якості матеріалу слід враховувати все це та абразивний ефект подрібненого матеріалу.

Внутрішній діаметр барабана, м	$D_0 = 1.5 \text{ м}$
Довжина барабана, м	$L_0 = 5.6 \text{ м}$
Число обертів млина, об/хв	$n = 24 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$
Ступінь завантаження мелючими тілами	$\varphi = 0.34$
Середня насипна вага тіл, що мелють, кН/м ³	$\gamma = 45,6$
Маса мелючих тіл, т .	$m_{\text{мел тіл}} = 13.911 \text{ т}$
Продуктивність, т/год	$P_p = 5.6 \text{ т}$
Відстань між осями підшипників, м	$L_{\text{ос.під}} = 6.31 \text{ м}$

					ЛП72.063116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.1 Розрахунок барабана млина

Шліфувальний валик - це порожниста балка з круглим перерізом, яка вільно розміщена на двох опорах і на яку впливає вигин та крутний момент. Згинальне навантаження на корпус різача створюється статичною інерційною силою.

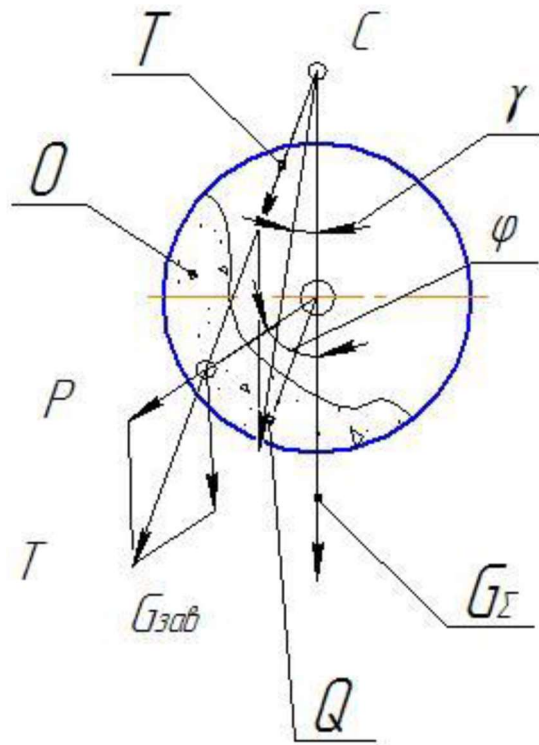


Рис. 1.3– Схема сил, що діють на корпус млина

Статичні навантаження в Н створюються силами ваги обертових частин млина G_{Σ} і завантаження $G_{зав.}$ контактуючої в цей момент з корпусом

$$G_{\Sigma} = G_1 + G_2 + G_3$$

де , G_1 , G_2 , і G_3 – сили тяжіння корпусу з футеровкою, фланців і діафрагм, відповідно.

Для розглянутої конструкції:

					ЛП72.063116.02–70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відношенню часу руху куль по круговій траєкторії до часу циклу:

$$K_{\text{ч}} = \frac{t_2}{t_1} = 0.55$$

Відцентрова сила інерції маси завантаження, що рухається по круговій траєкторії, (Н)

$$P = 0.627 m_{\text{ш}} \omega^2 R$$

З огляду на те, що $\omega_{\text{опт}} = \frac{2.38}{\sqrt{R}}$, одержимо:

$$P = 3.56 m_{\text{ш}} = 3.56 * 13911 = 49523.16 \text{ Н}$$

Точка перетину сил $G_{\text{заг}}$ і P визначається радіусом інерції завантаження $R_0 \approx 0,866R$ (де R — внутрішній радіус барабана) і кутом

$$\varphi = \frac{180^\circ - \alpha}{2} \approx 60^\circ$$

Рівнодійна сил $G_{\text{зав}}$ і P (див. рис. 1.4):

$$T = \sqrt{P^2 + G_{\text{заг}}^2 - 2PG_{\text{заг}} \cos 120^\circ} = \sqrt{P^2 + G_{\text{заг}}^2 + PG_{\text{заг}}} = \\ = \sqrt{49523.16^2 + 85564.75^2 + 49523.16 * 85564.75} = 81792.8 \text{ Н}$$

Рівнодійна сил T і G_{Σ} , прикладена у точці С:

$$Q = \sqrt{T^2 + G_{\Sigma}^2 - 2TG_{\Sigma} \cos 160^\circ} = \sqrt{T^2 + G_{\Sigma}^2 + 0.64TG_{\Sigma}} = \\ = \sqrt{81792.8^2 + 85564.72^2 + 0.684 * 81792.8 * 85564.72} = 137107.3 \text{ Н}$$

					ЛП72.063116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтенсивність розподіленого навантаження, що діє на корпус млина в площині рівнодійної Q:

$$q = \frac{Q}{l} = \frac{137107.3}{6.31} = 21728.57 \text{ Н/м}$$

Максимальний згинальний момент:

$$M_{\text{згин}} = \frac{Q * l}{8} = \frac{137107.3 * 6.31}{8} = 108143.38 \text{ Н * м,}$$

де l – відстань між центрами опор, м.

На ділянці від муфти до першого (з боку муфти) підшипника діє повний крутний момент, що підводиться до барабана:

$$M_{\text{кр}} = \frac{N}{2\pi n} = \frac{160000}{2 * 3.14 * 0.4} = 63694.3 \text{ Н * м,}$$

де N – потужність двигуна, Вт; n – число обертів барабану, об/с.

Внаслідок тертя в підшипнику крутний момент (Н·м) зменшується на величину

$$M_T = R_B \mu r_{\text{ц}},$$

де R_B – навантаження на підшипник, Н; μ – коефіцієнт тертя в підшипнику; $r_{\text{ц}}$ – радіус цапфи, м.

По довжині корпуса млина крутний момент змінюється по похилій прямій до величини M_T у лівому підшипнику.

Зведений момент:

					ЛП72.063116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{зв} = \sqrt{M_{згин}^2 + M_{кр}^2} = \sqrt{108143.38^2 + 63694.3^2} = 125506.8 \text{ Н}$$

Напруження, які виникають в барабані під дією $M_{кр}$:

$$\sigma = \frac{M_{кр}}{k * W} = \frac{63694.3}{0.8 * 0.516} = 154298.2 \text{ Н/м}^2,$$

де $k \approx 0,8$ – коефіцієнт, що враховує ослаблення перетину барабана вирізами й отворами для болтів; W – момент опору корпусу, м³, визначається по формулі

$$W = k \frac{R_H^4 - R_B^4}{R_H} = 0.8 * \frac{1.57^4 - 1.5^4}{1.57} = 0.516 \text{ м}^3$$

де R_H і R_B – зовнішній і внутрішній діаметри корпусу.

					ЛП72.063116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологія машинобудування
до дипломного проекту
на тему: «Трубний млин з модернізацією
барабану»

Київ – 2021 рік

ЗМІСТ

1 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	2
1.1 Опис і призначення деталі.....	2
1.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі	3
1.3 Призначення і розрахунок пристосування для обробки деталі.....	13
1.3.1 Призначення пристосування для обробки деталі	13
1.3.2 Розрахунок сил закріплення у пристосуванні.....	13

					ЛП72.063116.03-70ТЕ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Зулей А.А.			Трубний млин з модернізацією барабанц			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Лелека С.В.							1	16
Н. Контр.								КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Затверд.		Гондляр О.В								

1 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

1.1 Опис і призначення деталі

При виконанні розділу "Технологія машинобудування" даного дипломного проекту було розроблено технологічний процес виготовлення деталі "Напівмуфта", призначено послідовність виконання технологічних операцій виготовлення деталі.

Деталь "Напівмуфта" (Рис. 1.1) являється складовою частиною приводу кульового трубного млина і служить для передачі крутного моменту від двигуна до редуктора.

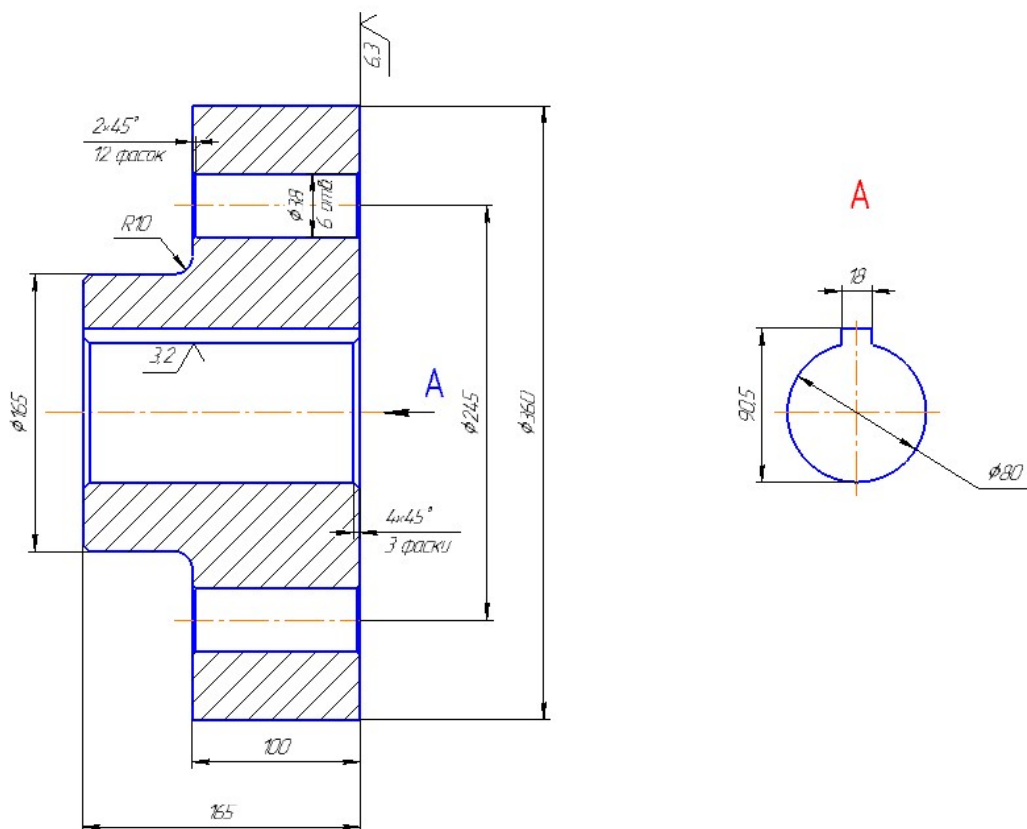


Рисунок 3.1 – Ескіз деталі "Напівмуфта"

У результаті технологічного контролю креслення виявлено наступне:

- на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі;
- шорсткість усіх поверхонь деталі вказана відповідно до ГОСТ 2789-73;

					ЛП72.063116.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вимоги до точності виготовлення поверхонь деталі "Напівмуфта" відповідають вимогам, які пред'явлені до шорсткості цих поверхонь.

Деталь виготовляється зі сірого чавуна СЧ 15 (ГОСТ 1412–85).

Заготовку для виготовлення деталі (Рис. 1.2) отримуємо литтям у пісчано–глинисті форми. Конфігурація виливка нескладна і дозволяє забезпечити легке вилучення її моделі з форми.

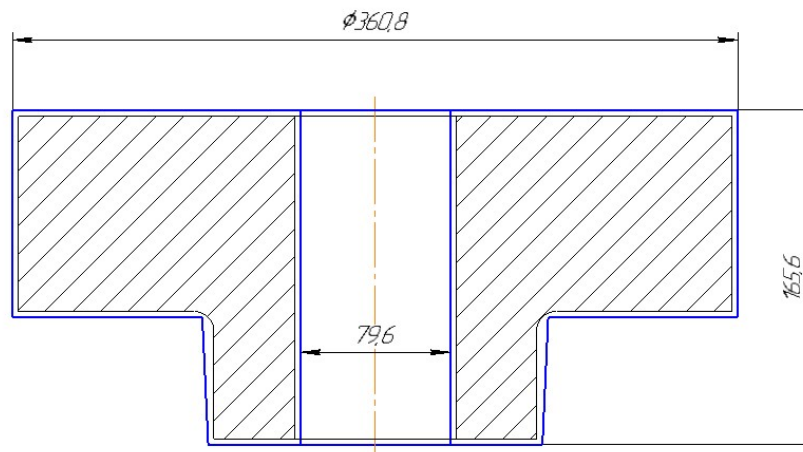


Рисунок 1.2 – Заготовка деталі "Напівмуфта"

За допомогою конічного стрижня отримаємо поглиблення під центральний отвір.

Лиття з металу – один з основних способів виробництва заготовок в машинобудуванні, тому що дозволяє одержати виливок практично будь–якої форми і маси з необхідними фізико–механічними властивостями. Лиття в разові піщані форми – найбільш розповсюджений спосіб.

Для досягнення високої якості та продуктивності при виготовленні деталі "Напівмуфта" в усіх операціях обробки використаємо спеціальні пристрої з швидкодіючим затисканням заготовок.

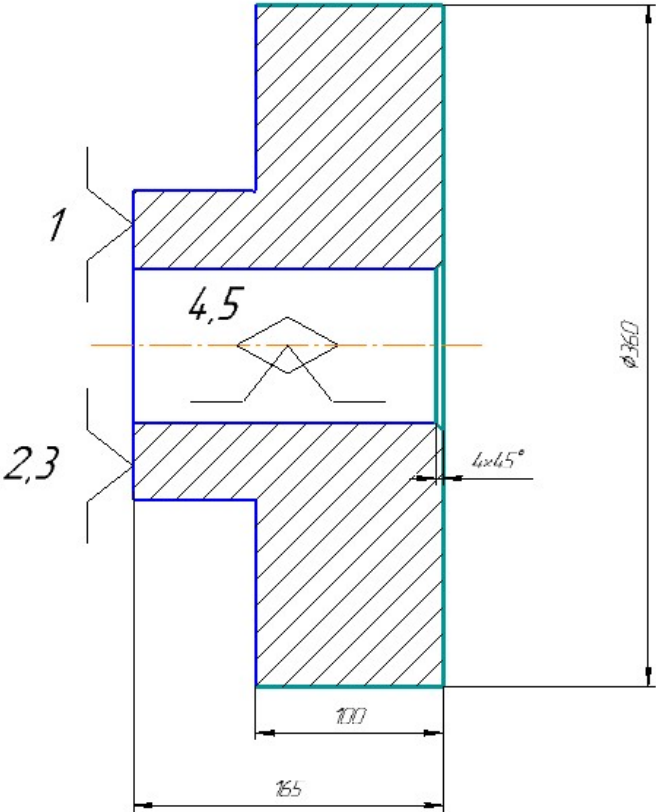
1.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Технологічний процес виготовлення деталі "Напівмуфта", що був розроблений у процесі виконання дипломного проекту, представлений у маршрутній карті, картах ескізів та операційних картах.

					ЛП72.063116.03-70ТЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

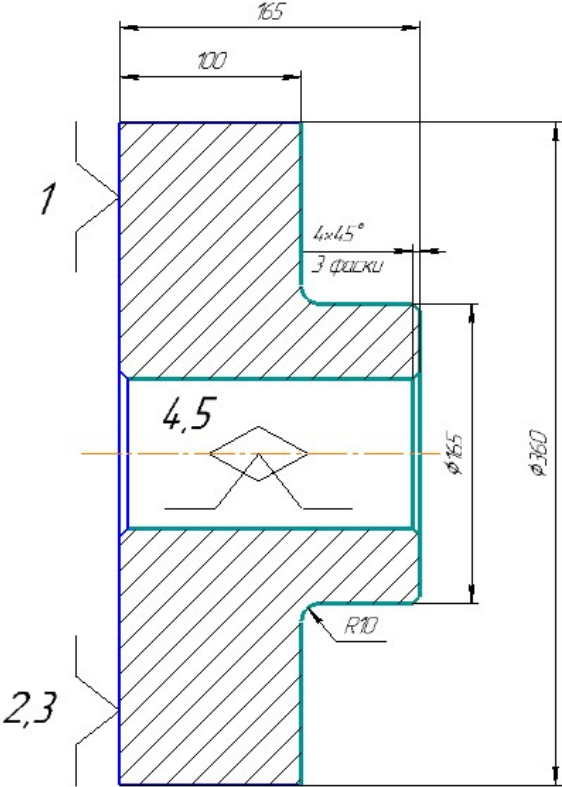
Дубл.															
Взамін.															
Підпис										Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата	
Розробив	Зулей					НТУУ "КПІ", ІХФ									
Перевірів	Борщик														
Н. контр.						НАПІВМУФТА								Н	
М01	СЧ15 ГОСТ 1412-85														
	Код	ОВ	МД	ОМ	Н.роз	КВМ	код.загот	Профіль і розміри			КД	МЗ			
М02		Кз		1							1				
А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код, найменування операції				Позначення документу						
Б	Код, найменування обладнання				См	Проф.	Р	Уп	Кр	Коод	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Т.шт
А01				005	3608 Токарна				60141.00001; 20141.00001; 10П№ХХ-ХХ						
Б02	38261.ХХХХ Токарний верстат з ЧПК 16К20					18632	3	10	1	1	1	50	1		
03															
А04				010	3608 Токарна				60141.00002; 20141.00002; 10П№ХХ-ХХ						
Б05	38261.ХХХХ Токарний верстат з ЧПК 16К20					18632	3	10	1	1	1	50	1		
06															
А07				015	3608 Протяжна				60141.00002; 20141.00002; 10П№ХХ-ХХ						
Б08	38261.ХХХХ Горизонтально-протяжний верстат 7Б56					18632	3	10	1	1	1	50	1		
09															
А10				020	3708 Вертикально-свердлильна				60141.00003; 20141.00003; 10П№ХХ-ХХ						
Б11	38261.ХХХХ Вертикально-свердлильний верстат 2Н125					18632	3	10	1	1	1	50	1		
12															
А13															
Б14															
15															
МК	Обробка різанням														

Дубл.															
Взамін.															
Підпис										Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата	
Розробив	З у л ь й			НТУУ "КПІ", ІХФ								005			
Перевірів	Борщик														
				НАПІВМУФТА									Н		
Н. контр.															



Дубл.										
Взамін.										
Підпис							Зм	Ар	№ док.	Підпис Дата

Розробив	Зулей			НТУУ "КПІ", ІХФ		010				
Перевірів	Борщик									
				НАПІВМУФТА				Н		
Н. контр.										

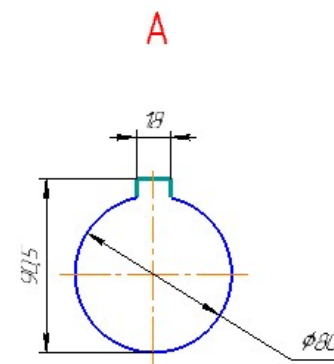
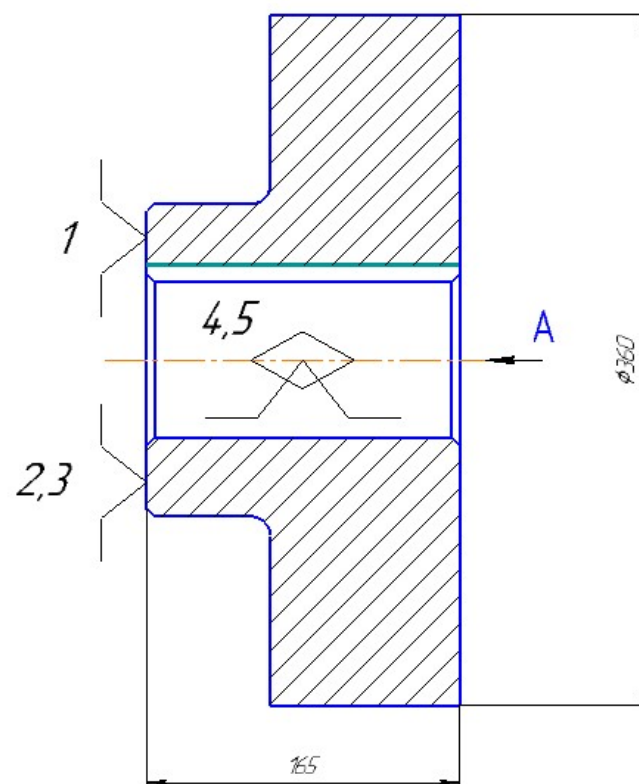


Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

--	--	--	--	--	--

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата
----	----	--------	--------	------

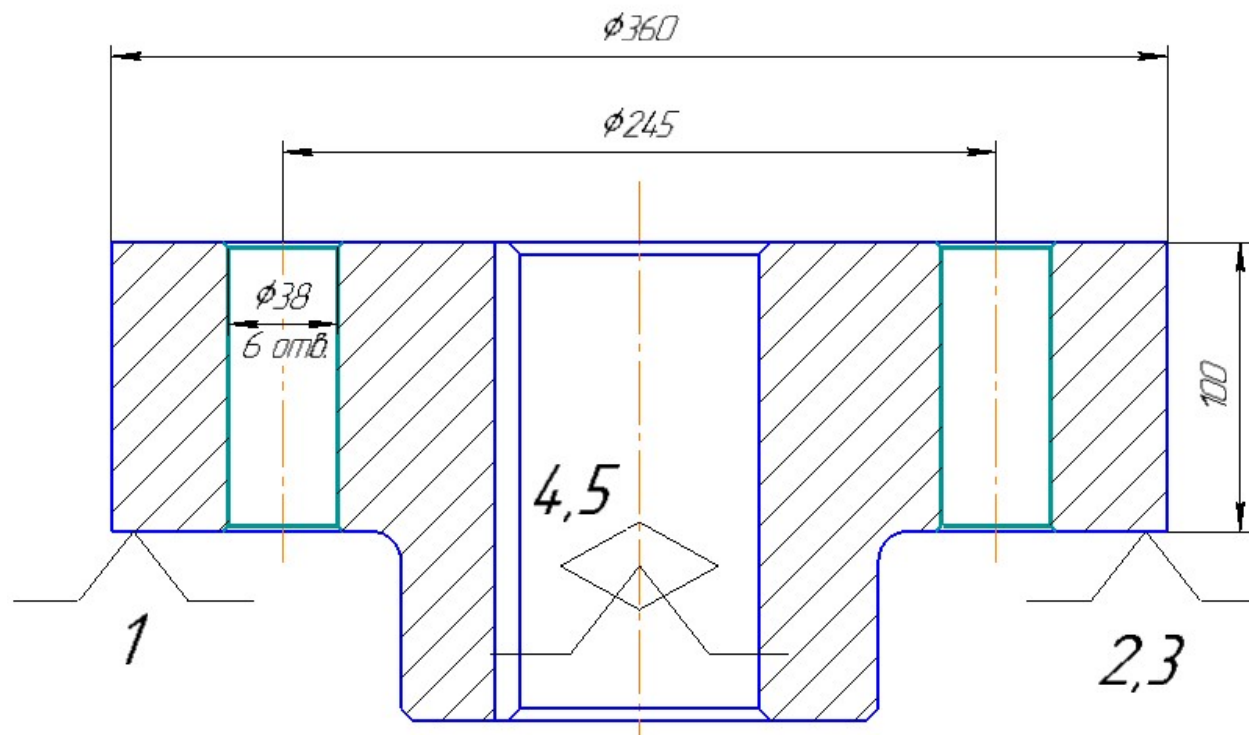
Розробив	Зулей			НТУУ "КПІ", ІХФ	015			
Перевірів	Борщик							
Н. контр.				НАПІВМУФТА				Н



Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата					

Розробив	Зулей			НТУУ "КПІ", ІХФ		020				
Перевірів	Борщик									
				НАПІВМУФТА				Н		
Н. контр.										



1.3 Призначення і розрахунок пристосування для обробки деталі

1.3.1 Призначення пристосування для обробки деталі

На кресленні зображено пристрій для обробки заготовки – пристосування притисне.

Його принцип роботи полягає у тому, що заготовка встановлюється між верхньою 2 і нижньою 3 губками і затискається гвинтами 10. Для обробки з двох сторін передбачений вал який може обертати деталь навколо своєї осі. Для того щоб вал з плитою не прокручувався в плиту встановлюється штифт 17. Щоб штифт 17 входив в плиту і повертався у своє вихідне положення передбачена пружина 14.

1.3.2 Розрахунок сил закріплення у пристосуванні

У процесі обробки на заготовку з боку ріжучого інструменту діють сили різання, які прагнуть зрушити її з установочних елементів. Для того, аби цього не відбулося, заготовку необхідно закріпити.

У випадку розсвердлювання отвору (Рис. 3.3) у притискному пристосуванні величина сили затискання визначається із рівності:

$$Q = \frac{M_{кр}}{f \cdot r}, \quad (3.1)$$

де $M_{кр}$ - крутний момент свердла;

f - коефіцієнт тертя на робочих поверхнях.

					ЛП72.063116.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

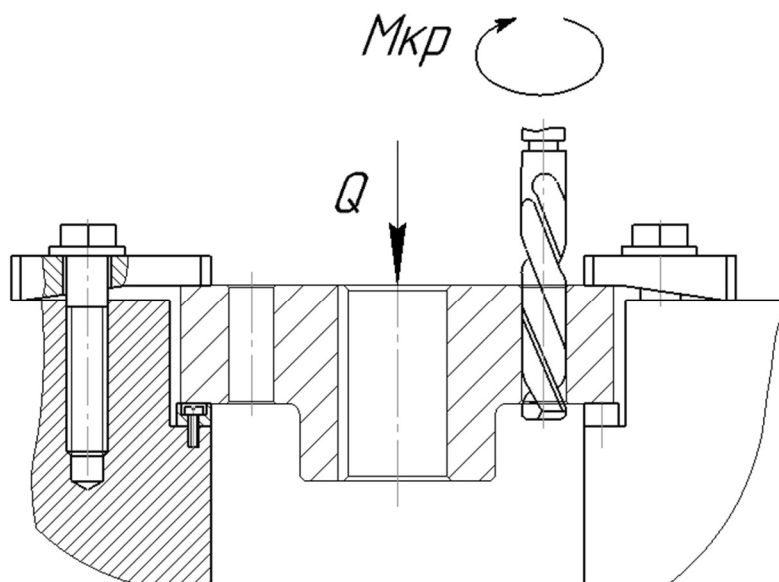


Рис.3.3 Схема закріплення деталі

Для забезпечення надійності, силу затискання додатково збільшують на величину коефіцієнту запасу K , тоді формула для знаходження сили затискання набуває остаточного вигляду:

$$Q = \frac{K \cdot M_{кр}}{f \cdot r}. \quad (3.2)$$

Обертаючий момент $M_{кр}$:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (3.3)$$

де коефіцієнти $C_M = 0,0345$, $q=2$, $y=0,8$;

$S = 0,35$ мм/об - подача свердла;

K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, у випадку свердління залежить лише від матеріалу оброблюваної заготовки і визначається як:

					ЛП72.063116.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n. \quad (3.4)$$

$$K_p = \left(\frac{550}{750} \right)^{0,75} = 0,73.$$

Остаточно:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 38^2 \cdot 0,35^{0,8} \cdot 0,73 = 157 \text{ Нм};$$

Коефіцієнт запасу К:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (3.5)$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу для усіх пристроїв;

$K_1 = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні оброблюваної заготовки;

$K_2 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує вплив сил різання від прогресуючого затуплення інструменту;

$K_3 = 1$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні;

$K_4 = 1$ – коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, яка створюється приводом пристосування;

$K_5 = 1$ коефіцієнт, що враховує наявність моментів, які намагаються повернути заготовку.

Значення коефіцієнта запасу:

$$K = 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,93.$$

Сила затискання заготовки у пристосуванні, з формули (3.2):

$$Q = \frac{1,98 \cdot 157}{0,35 \cdot 0,1225} = 7250 \text{ Н},$$

					ЛП72.063116.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $r = 0,1225\text{ м}$ - відстань від точки прикладання сили затискання до місця свердління;

$f = 0,35$ - коефіцієнт тертя між поверхнями.

Приймаємо силу затиску $Q = 7,3\text{ кН}$.

					ЛП72.063116.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

- 1.Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
- 2.Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
- 3.Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Учеб. пособие для техникумов. М., "Выш. школа", 1974. -263с.
- 4.Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для машиностроит. спец. вузов]. –4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 256 с.
- 5.Сівко В.Й., Поляченко В.А. «Обладнання підприємств промислово-будівельних матеріалів і виробів»
- 6.Трубний Млин : патент CN101166579A / ALEXANDER HAGEDORN [DE]; NORBERT AUFSFELD [DE] – Оpub. 2008-04-23
- 7.Трубний млин : Патент JPS60122053A / OGAWA KOUJI – Оpub. 1985-06-29
8. Трубний млин: Патент US4089476A / GAUER PETER – Оpub. 1978-05-16
9. Трубний млин: Патент US6299081B1 / GOEDDECKE FRANZ [DE]; HAGEDORN ALEXANDER [DE]; STRASSER SIEGFRIED [DE]; SUESSEGER ALBERT [DE] – Оpub. - 2001-10-09
- 10.Щербина В.Ю. Розвиток теорії та удосконалення технологічних процесів при виробництві будівельних матеріалів у високотемпературних агрегатах: диссертация ... доктора технических наук: 05.17.08 / Щербина Валерій Юрійович; - Київ, 2017. -393 с.

					ЛП72.063116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11.Пацинський А.А., Толчинський А.Р. Основи конструювання і розрахунку хімічної апаратури: Довідник / під ред.: Н.Н. Логинова.2-і вид., перероб. і доп.- Л.: Машинобудування, ЛО, 1970, 752с.

12.Сапожников М.Я., Дроздов Н.Е.: „Справочник по оборудованию заводостроительных материалов, изделий и конструкций": - М: 1959, - 470с.

13. Панов Є.М., Лелека С.В., Карвацький А.Я., Педченко А.Ю., Боженко М.Ф., Іваненко Д.О.. "Експрес-методика визначення середньомасової температури вуглеграфітових виробів в печах графітування за технологією Кастнера". Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2018. N 1. С. 39-46. DOI: 10.20535/2306-1626.1.2018.143375.

14. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г. Підвищення енергоефективності обертових теплових агрегатів. ВЧЕНІ ЗАПИСКИ ТАВРІЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО Серія: Технічні науки 2018. Том 29 (68). Ч.2. № 4, ст. 68-72. URL: http://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2018/4_2018/part_2/15.pdf

15. Сокольський О.Л., Сімончук Є.П. "Моделювання усадки полімерного виробу в процесі лиття під тиском". Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2019. N 1. С. 119-126. DOI: 10.20535/2617-9741.1.2019.171203.

					ЛП72.063116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

[illegible]

Позиція		Позначення		Найменування		Кількість		Примітка	
					Документація				
		ЛП72.063112.000-70СК							
					Складальні одиниці				
1					Корпус зі сталевих пластин	1			
2					Футеровка	1			
3					Футеровальні плити	1			
4					Між камерна перегородка	2			
5					Редра жорсткості	1			
6					Люк	1			
					Стандартні вироби				
					Болт М64 ГОСТ 1759-70	28			

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						Документація			
		A1			ЛП72.063111.008-70СК	Складальне креслення			
						Деталі			
				1		Станина	1		
				2		Гудка верхня	2		
				3		Гудка нижня	2		
				4		Кільце дистанційне	2		
				5		Кришка	4		
				6		Боковина	2		
				7		Шток притисний	2		
				8		Штуцер	4		
				9		Прокладка	4		
						Стандартні вироби			
				10		Гвинт М14х40 ГОСТ 24 705-81	4		
				11		Шайба 70 ГОСТ 24 705-81	4		
				12		Гвинт М10х40 ГОСТ 24 705-81	8		
				13		Гвинт притисний М10х50			
						ГОСТ 24 705-81	8		
				14		Пружина ГОСТ 18793-80	1		
				15		Підшипник ГОСТ 8338-75	2		
				16		Гвинт М4х16 ГОСТ 24 705-81	4		
				17		Штифт ГОСТ 3128-70	4		
						ЛП72.063115.06-70ТЕ			
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разраб.	Зулей А.А.						
		Пров.	Борщук С.О.						
		Керівник							
		Н.контр.							
		Утв.	Гондляр О.В.						
		Пристосування притискне					Лист	Лист	Листов
									1
							НТУУ "КПІ", ІХФ		