

Технічні науки

УДК 621.926.553

Гондлях Олександр Володимирович

доктор технічних наук, професор

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Гондлях Александр Владимирович

доктор технических наук, профессор

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Gondliakh Alexandr

Doctor of Technical Sciences, Professor

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Мироненко Максим Андрійович

студент, магістрант

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Мироненко Максим Андреевич

студент, магистрант

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Myronenko Maksym

Undergraduate Student of the

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН КЛАСИФІКУЮЧОЇ ПЕРЕГОРОДКИ ТРУБНОГО КУЛЬОВОГО МЛИНА

НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КЛАССИФИЦИРУЮЩЕЙ ПЕРЕГОРОДКИ ТРУБНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ

STRESS-STRAIN STATE OF MODERNIZATION OF THE CLASSIFICATION PARTITIONS TUBE BALL MILL

Анотація. В даній роботі виконано пошук нового технічного рішення для модернізації трубного млина з метою усунення недоліку, а саме, низької ефективності процесу класифікації матеріалу. Для підтвердження працездатності класифікуючої перегородки виконано розрахунок модернізованого елементу конструкції трубного кульового млина, методом скінченних елементів.

Ключові слова: Міжкамерна перегородка, трубний кульовий млин, барабанний млин, класифікація матеріалу, помел.

Аннотация. В данной работе выполнен поиск нового технического решения для модернизации трубной мельницы с целью устранения недостатка, а именно, низкой эффективности процесса классификации материала. Для подтверждения работоспособности классифицирующей перегородки выполнен расчет модернизированного элемента конструкции трубной шаровой мельницы, методом конечных элементов.

Ключевые слова: межкамерная перегородка, трубная шаровая мельница, барабанная мельница, классификация материала, помол.

Summary. In this paper, the search for a new technical solution for the modernization the tube mill in order to eliminate the disadvantage, namely, the low efficiency of the material classification process. To confirm the efficiency of the classifying partition, the calculation of the upgraded design element of the tube mill, by the finite element method, is performed.

Key words: *Inter-chamber partition, tubular ball mill, drum mill, material classification, grinding.*

Вступ. Сучасний розвиток хімічної, будівельної та інших галузей виробництва де є необхідність виконувати помел матеріалів таких як; клінкер, цемент, гіпс та ін. застосовують барабанні млини. Помел матеріалів є складним процесом та проходить такі стадії як: пружну і пластичну деформацію матеріалу зі створенням нової поверхні завдяки подоланню внутрішніх і зовнішніх сил тертя. У трубному млині помел відбувається шляхом удару о стінки барабану і часткового стирання вже подрібненого матеріалу о тіла що подрібнюються в барабані.

Сучасні трубні млини мають значні розміри барабанів [1]. Тому, для забезпечення вищої якості процесу подрібнення по довжині, барабан розділяється на декілька зон міжкамерними перегородками.

Міжкамерна перегородка виконує функцію класифікації подрібнювального матеріалу, запобігає переміщенню помелених тіл з однієї камери до іншої, але не перешкоджає подрібненим часткам, які вже подрібнюються, пройти через отвори які має класифікатор. Від якісного процесу класифікації різної фракції матеріалу в трубному млині залежить його продуктивність.

Барабанний млин має незначні [2] недоліки, а саме:

- невелика швидкість тіл які подрібнюють матеріал;
- під час подрібнення в процесі бере участь не вся кількість помеленого матеріалу;
- об'єм робочої зони барабану під час роботи складає від 30 до 40 відсотків від його загального об'єму;
- високі витрати електроенергії;
- значне зношення футерівки;
- значна маса та габарити;

- шум під час роботи.

Постановка проблеми. Низька ефективність процесу класифікації матеріалу в класифікуючій перегородці призводить до переповнення матеріалом першої камери та зниженню рівня матеріалу в другій камері. Внаслідок цього, дрібні частинки матеріалу, що залишилися в камері грубого помелу погіршують ефективність ударного впливу куль, що мелють, на частинки які ще не пройшли процес подрібнення. Це суттєво зменшує ефект подрібнення матеріалу в камері та призводить до зниження продуктивності млина та підвищення енерговитрат.

Пошук рішення проблеми. З метою усунення недоліку трубного млина, а саме - низької ефективності процесу класифікації матеріалу, в роботі зроблено пошук варіанту удосконалення міжкамерної перегородки, та на базі патентно-літературного огляду вибрано її варіант удосконалення.

Винахід авторів [3] використовується для тонкого подрібнення матеріалу. Міжкамерна класифікуюча перегородка (рис. 1) трубного млина містить в камері грубого помелу і в наступній за нею камері домелу кільцеві диски з наскрізними отворами, які нерухомо закріплені до бічних сторін класифікатора. Кільцеві диски виконано у вигляді двох усічених конусних обичайок, встановлених коаксіально один одному з утворенням конусоподібної камери між ними. Зовнішня конусна обичайка має наскрізні отвори, спрямовані в бік камери грубого помелу та нерухомо з'єднана з другим кільцевим диском. Вона розташована з зазором щодо першого кільцевого диска, а внутрішня конусна обичайка спрямована меншою стороною в бік камери домелу. Модернізована класифікуюча перегородка з даною модифікацією відрізняється від своїх аналогів тим, що до перфорованих лопатей прикріплені джерела вібраційних коливань, які покращують швидкість класифікації матеріалу.

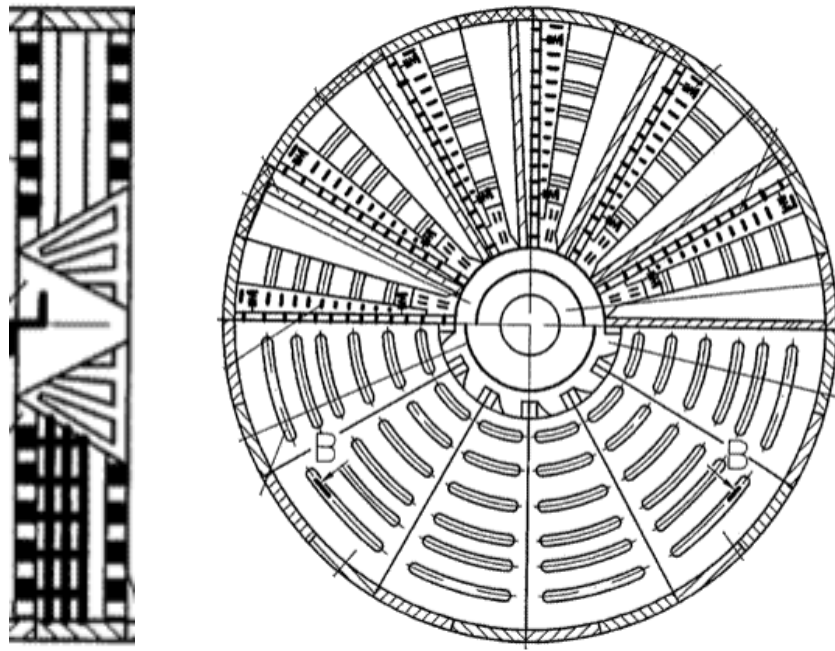


Рис. 1. Млин с вібраційним ситом [3]

Граничні умови. Основним навантаженням на класифікуючу перегородку є тиск матеріалу та мелючих тіл на бічну поверхню міжкамерної перегородки та стінки барабану млина. Закріплення міжкамерної перегородки до корпусу млина відбувається жорстко по циліндричній поверхні бічних сторін міжкамерної перегородки.

Вирішення завдання. Для підтвердження працездатності класифікуючої перегородки виконано побудову 3D моделі модернізованого класифікатора. Та проведено розрахунок модернізованого елемента трубно кульового млина, методом скінченних елементів.

На рисунку 2 представлено скінченно-елементну модель класифікуючої перегородки.

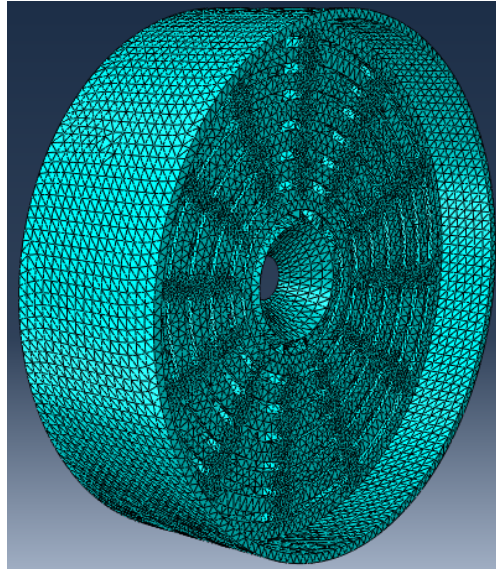


Рис. 2. Скінченно-елементна модель класифікуючої перегородки

Розрахунок поставленої задачі методом скінченних елементів [4] виконано з використанням студентської версії програмного комплексу ABAQUS.

Результати розрахунку класифікуючої перегородки від дії тиску матеріалу та куль, які знаходяться в камері грубого помелу, на бічну поверхню міжкамерної перегородки наведено на рисунку 3.

Оскільки, запропонована модернізація відноситься до елементів конструкції трубного кульового млина, який знаходиться за умов постійно змінного циклічного навантаження, яке спричинене ударами мелючих куль о стінки міжкамерної перегородки та барабану, в даній роботі виконано розрахунок по визначенню форм та частот коливань цієї конструкції.

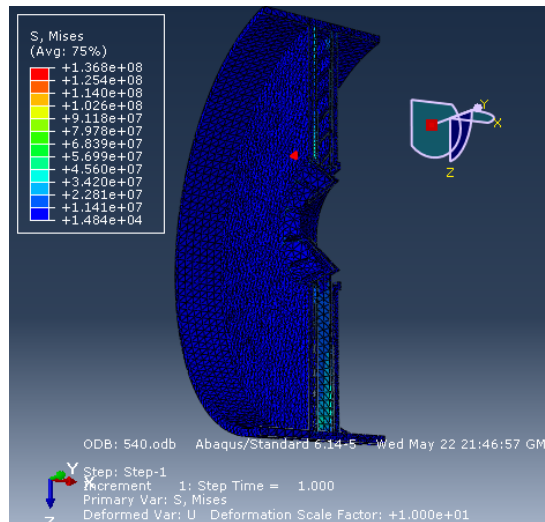
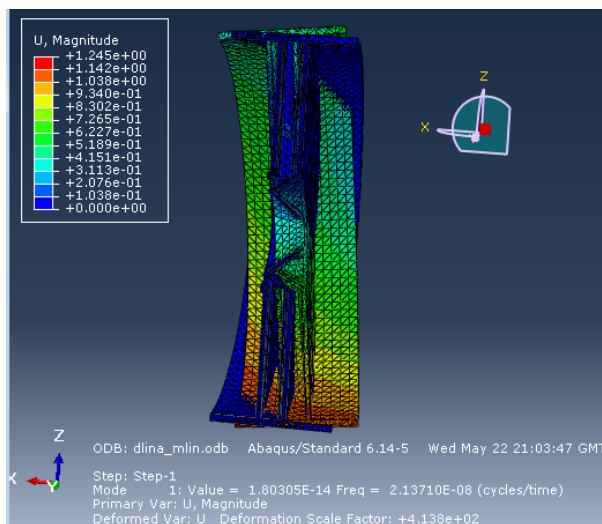
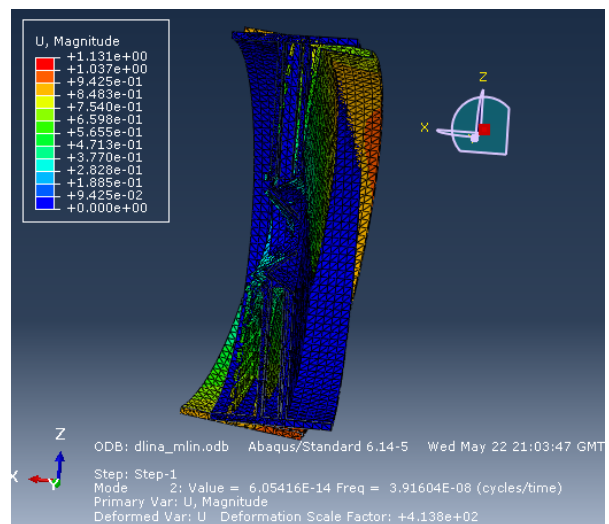


Рис. 3. Розподіл приведених за Мізесом напружень в класифікуючій перегородці від дії тиску матеріалу та мелючих тіл

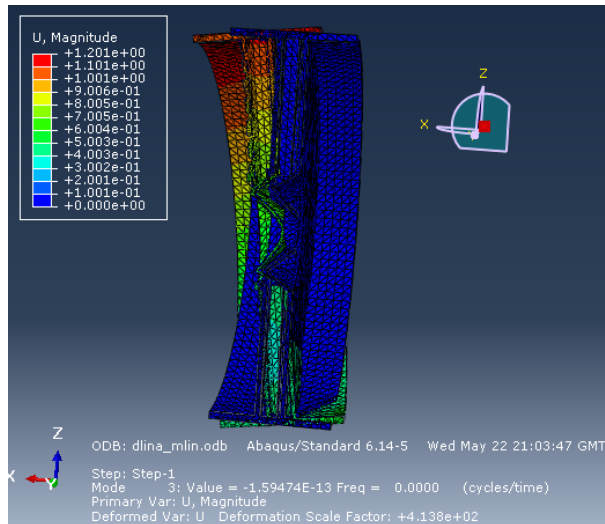
Розв'язання даного питання є дуже важливим для порівняння спектру частот власних коливань зі спектром вимушених коливань конструкції для запобігання виникнення умов резонансу. На рисунку 4 приведені перші 6 форм коливанні міжкамерної перегородки.



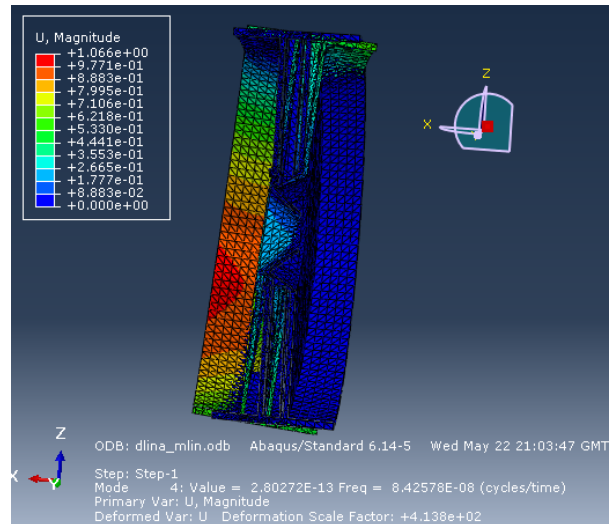
Форма 1. Частота = 2.1371E-8 Гц



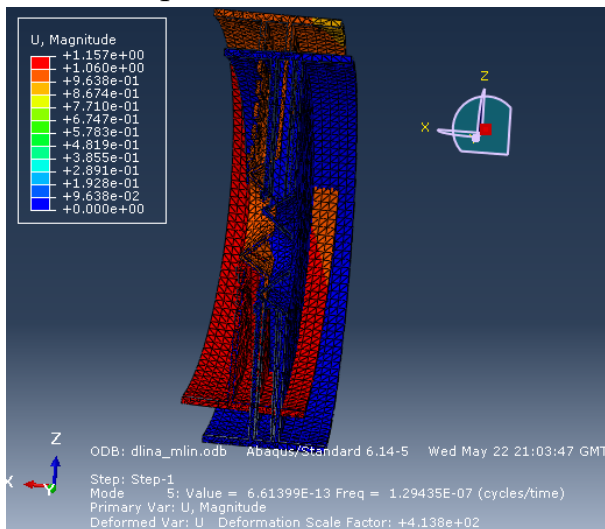
Форма 2. Частота = 3.916E-8 Гц



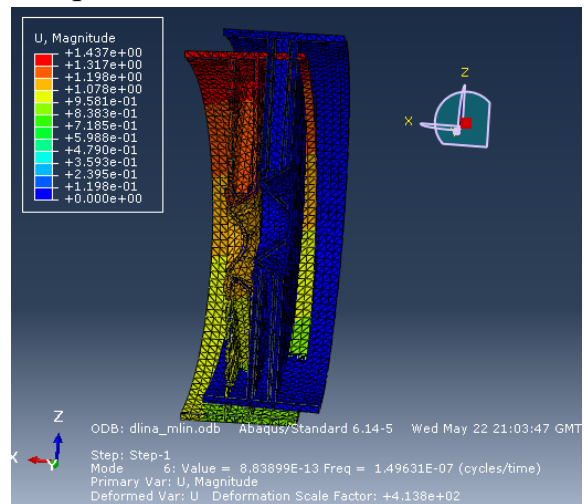
Форма 3. Частота = 0 Гц



Форма 4. Частота = 8.42578E-8 Гц



Форма 5. Частота = 1.29435E-7 Гц



Форма 6. Частота = 1.49631E-7 Гц

Рис. 4. Результат розрахунку власних форм та частот коливань перегородки

Висновки. Запропонований варіант виконання класифікуючої перегородки забезпечує підвищення продуктивності та зниження витрат питомої електроенергії при подрібненні матеріалу в трубному млині, що забезпечується якісним виділенням з матеріалу тонкодисперсних частинок.

За результатом розрахунків класифікуючої перегородки за умов статичного навантаження визначено рівень максимальних напружень в конструкції, який становить 136,8 МПа. Цей рівень напружень не перевищує межу міцності матеріалу M16C ($\sigma_{BP} = 385$ МПа), а коефіцієнт запасу при цьому становить $k = 2,8$.

Розрахунок власних форм та частот коливань класифікуючої перегородки продемонстрував, що власні коливання перегородки не збігаються з вимушеними коливаннями трубного млина. Це гарантує відсутність умов для виникнення ефекту резонансу.

Перспективи. До більш повного підтвердження ефективності запропонованої модернізації планується виконати цикл робіт з теплових розрахунків корпусу барабана і міжкамерної перегородки, оскільки під час подрібнення матеріалу відбувається підвищення температури, що може привести до підвищення рівня напружено-деформованого стану у корпусі барабану і міжкамерній перегородці.

Література

- 1 Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. М.:Машиностроение, 2001. 920 с.: ил.
- 2 Коваленко, І.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв.: навч. посібник [Текст] / І.В Коваленко, В.В. Малиновський.- К.: «Воля-Інрес», 2006. 100 с.
- 3 Пат. RU 2436634 C1 B02C 17/18 (2006.01) Ханина Ольга Сергеевна (RU), Ханін Дмитрій Сергеевич (RU), Ханін Сергій Іванович (RU) №2010121478/13. 26.0
- 4 Gondliakh A.V. Adaptation in ABAQUS of the iterated-analytical multilayer user finite element // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. №7 (57), 2012, v. 3, pp. 62-68.