

С.В. Белодеденко, Д.А. Кононов, И.В. Пелых

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНОГО СИТА

В данной статье рассмотрена новая конструкция динамически-активной просеивающей поверхности вибрационного грохота. Предложена методика определения геометрических размеров элементов сита, исходя из условия совпадения частот свободных колебаний элементов сита и вынуждающей силы. В работе определены зависимости частот свободных колебаний от геометрических размеров элементов новой просеивающей поверхности и модуля упругости резины.

Ключевые слова: просеивающая поверхность вибрационного грохота, частота свободных колебаний

Повышение качества исходного минерального сырья в металлургии в настоящее время является актуальной проблемой. Одна из сторон этой проблемы – обеспечения необходимого гранулометрического состава сырья [1]. Основной операцией для сортировки сырья на металлургических предприятиях остается процесс грохочения на грохотах различных конструкций, с различными видами просеивающих поверхностей [2].

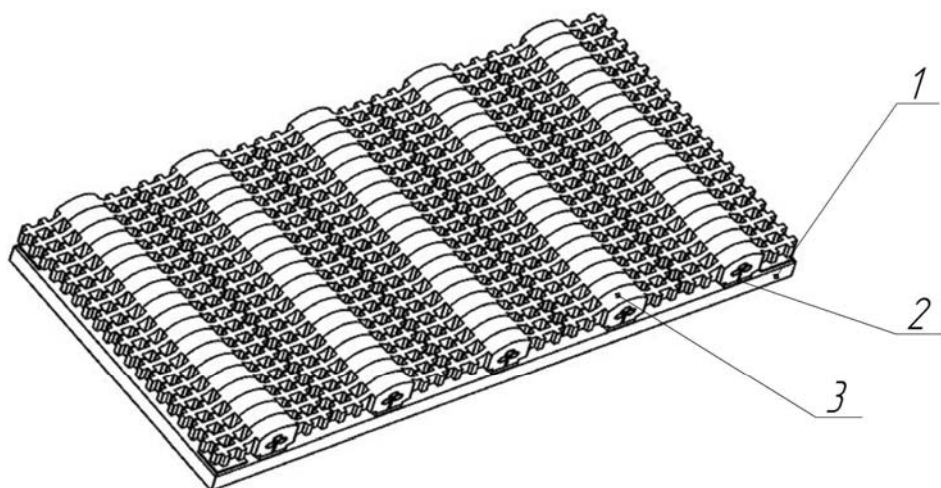
Множество разнообразных конструкций металлических, резиновых и резинометаллических просеивающих поверхностей шихтовых вибрационных грохотов, используемых в условиях среднего и мелкого грохочения различных видов металлургического минерального сырья, созданы, внедрены в производство и длительное время находятся в процессе эксплуатации. Но данные конструкции сит, работающие при больших ударных нагрузках, не обеспечивают необходимую эффективность грохочения, особенно в условиях работы с влажным и склонным к слипанию крупно- и среднекусковым металлургическим минеральным сырьём [3].

Для решения существующей проблемы грохочения влажного и липкого минерального сырья предлагается перейти к использованию на виброгрохотах сит новой конструкции [4,5]. Новая конструкция

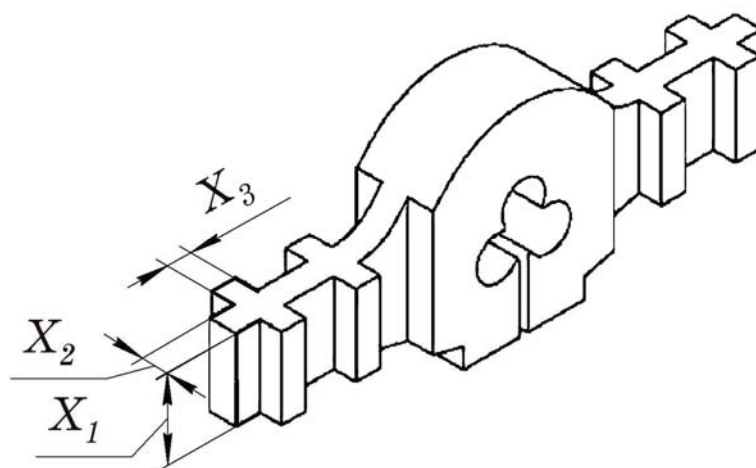
сита представлена на рис. 1,а. Основными ее элементами являются сварная рама 3, к которой приварены металлические колосники 1, на которые в свою очередь насажены резиновые карты 2. Общий вид одного элемента карты представлен на рис. 1,б.

Резиновые карты формируют динамически активную просеивающую поверхность, в которой имеется возможность осуществление местных перемещений, которые активизируют «виброкипение» перемещаемого слоя сырья и способствуют самоочищению сита.

Одной из главных задач, стоящих при проектировании данной конструкции сит, является определение геометрических размеров элементов сита, при которых собственная частота колебаний элементов карты сита должна совпадать с вынужденной частотой колебаний короба грохота.



а)



б)

Рисунок 1 - Общие виды новой конструкции просеивающей поверхности (а) и одного её элемента (б)

В случае возникновения явления резонанса, «крылья» элементов резиновых карт совершают колебательные движения с достаточной амплитудой и не позволяют мелким и влажным частицам задерживаться в отверстиях поверхности, а возможные относительные движения «крыльев» смежных карточек способны самостоятельно удалять кусочки известняка, застрявших в отверстиях. К тому же резонирующие «крылья» разрыхляют слой материала, который находится над ними, тем самым интенсифицируя процессы сегрегации и просеивания.

Поскольку элемент просеивающей поверхности, имеет сложную форму, для решения поставленной задачи воспользуемся методом конечных элементов (МКЭ) [20].

Для определения собственных форм и частот колебаний с помощью программных продуктов, реализуя МКЭ, необходимо провести следующие этапы:

а) создание твердотельной модели одного элемента просеивающей поверхности;

б) создание конечно-элементной модели, описание свойств материала и граничных условий (закрепление и внешнее воздействие);

в) определение собственных форм и частот колебаний элементов сита;

г) определение геометрических размеров элементов поверхностей просеивают, с целью достижения резонансных колебаний при заданной частоте возмущающей силы (частоты вращения вала-дебаланса).

Рассмотрим определение размеров элементов просеивающей карты при грохочении известняка фракции +20 мм, в условиях кислородно-конвертерного цеха ПАО «Евраз-ДМЗ им. Г.И. Петровского».

В качестве переменных факторов были выбраны следующие геометрические размеры элементов резиновой карты (см. рис.1,б):

1) высота крылышек «крыльев» X_1 , мм;

2) толщина несущей части «крыльев» карты X_2 , мм;

3) толщина выступов, формирующих отверстие X_3 , мм.

При изготовлении эластичных элементов просеивающей поверхности используется резина марки 2959 [ТУ У 25.1-20202906-077-2005], которая широко применяется для резиновых и резинометалли-

ческих изделий в горной и металлургической промышленности, в частности, для ленточно-резонирующих сит конструкций ИГТМ [6]. Резина этой марки имеет плотность $\rho = 1,37 \text{ т/м}^3$ и коэффициент Пуассона $\mu = 0,49$.

Так как модуль упругости резины марки 2959 промышленного производства может иметь некоторые отклонения от табличного значения, равного 6,3 МПа, а небольшие отклонения этого параметра существенно влияют на значения частот свободных колебаний элементов, дополнительно к геометрическим размерам элементов резиновой карты добавим в качестве переменного фактора X_4 , учитывающий модуль упругость резины.

Для определения влияния этих факторов на частоту свободных колебаний был проведен многофакторный математический эксперимент. Математический эксперимент проведен методом полнофакторного планирования.

В качестве исследуемых зависимостей были рассмотрены следующие функции отклика:

- 1) собственная частота колебаний в горизонтальной плоскости;
- 2) собственная частота колебаний в вертикальной плоскости;
- 3) собственная частота крутильных колебаний.

Значения параметров, принятых в качестве базовых, интервалы их изменения и значения параметров на верхнем и нижнем уровнях варьирования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения факторов эксперимента при исследовании собственных частот колебаний упругих элементов

Параметры планирования	X_1 , мм	X_2 , мм	X_3 , мм	X_4 , МПа
Базовый уровень (0)	40	13	12	6,3
Пределы изменения	5	5	5	2
Верхний уровень (+1)	45	18	17	8,3
Нижний уровень (-1)	35	8	7	4,3

Для уменьшения времени машинного расчета, учтем симметричность задачи, введя соответствующие граничные условия. В результате получаем конечно-элементную модель, представленную на рис. 2.

Уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^N b_i \cdot x_i,$$

где b_i - коэффициенты регрессии; x_i - нормированные факторы, переменные на трех уровнях: +1, 0, -1.

Коэффициенты регрессии определялись по формулам:

$$b_0 = \frac{\sum_{n=1}^N y_n}{N} \quad b_i = \frac{\sum_{n=1}^N y_n \cdot x_{in}}{N},$$

где i - номер фактора; n - номер опыта; N - число опытов; x_{in} - значение x_i в n -м опыте; y_n - значение исследуемого параметра в n -м опыте.

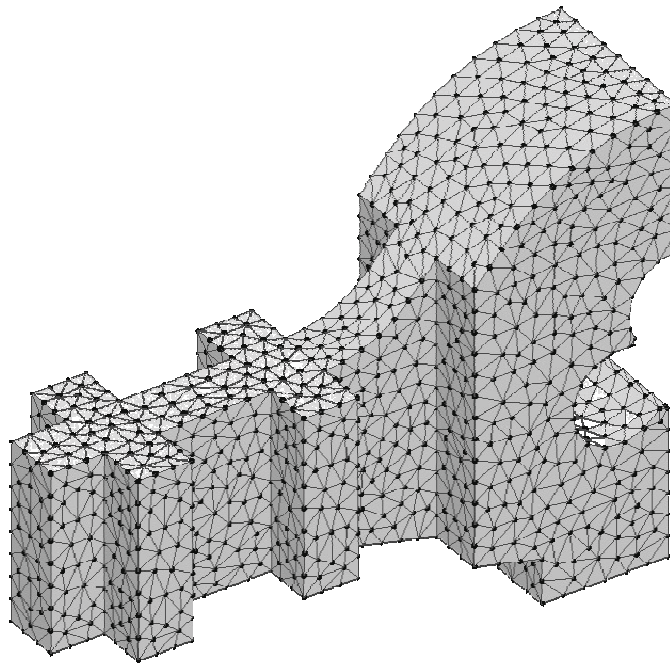


Рисунок 2 - Конечно-элементная модель элемента просеивающей поверхности

Значимость переменных факторов и их сочетаний оценивалась с помощью коэффициентов корреляции.

После обработки результатов, получены зависимости для определения собственных частот колебаний элементов просеивающей поверхности:

в горизонтальной плоскости

$$Y = 28,76 + 3,071 \cdot x_2 - 6,72 \cdot x_3 + 4,54 \cdot x_4 + 0,15 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,16 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,1 \cdot x_1 \cdot x_4 - 0,35 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,65 \cdot x_2 \cdot x_4 - 0,95 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,34 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,12 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 - 0,12 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4$$

в вертикальной плоскости

$$Y = 50,98 - 11,66 \cdot x_3 + 8,31 \cdot x_4 - 0,28 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,44 \cdot x_1 \cdot x_4 + 0,089438 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,343188 \cdot x_2 \cdot x_4 - 1,90 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,04 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4$$

крутильных

$$Y=98,89-15,71 \cdot x_3+16,11 \cdot x_4+1,05 \cdot x_1 \cdot x_3-0,56 \cdot x_1 \cdot x_4+0,25 \cdot x_2 \cdot x_3+0,91 \cdot x_2 \cdot x_4+0,06 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3-0,11 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4$$

Кроме определения собственных частот колебаний элементов карт просеивающих поверхностей, полученные зависимости могут быть использованы для определения рациональных геометрических размеров элементов карт и модуля упругости резины в случае, если необходимо установить сита новой конструкции на грохот без изменения частоты колебаний короба. В случае если это необходимо, некоторые геометрические размеры карты могут быть связаны необходимыми соотношениями или определены заранее, исходя из других технических или технологических требований.

Выводы

В данной работе предложена методика определения геометрических размеров элементов динамически-активного сита вибрационного грохота, исходя из условия резонанса.

Определены зависимости частот свободных вертикальных, горизонтальных и крутильных колебаний элементов просеивающей поверхности, предназначенной для отсева мелочи известняка фракции + 20 мм, от геометрических размеров элементов сита и модуля упругости резины, из которого они изготавливаются.

Полученные зависимости могут быть использованы при проектировании просеивающих поверхностей новой конструкции, отличающихся более высокой эффективностью грохочения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых: Том 1, Москва, МГТИ, 2004.- 470с.
2. Учитель А.Д., Севернюк В.В., Лялюк В.П., Большаков В.И. Сортировка минерального сырья и шихт на вибрационных грохотах. – Днепропетровск. Пороги, 1998, –194с.
3. И.В. Пелых, Д.А. Кононов. К вопросу разработки концепции рационального способа классификации крупнокускового металлургического минерального сырья /Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. - Выпуск 2 (67). - Днепропетровск, 2010. - с. 119 -125.
4. Положительное решение по заявке а 2008 11090 Украина МИК В07В1/46.
5. И В. Пелых. Грохот с просеивающей поверхностью колосниково-карточного типа в линии шихтоподачи конвертерного цеха/ Вісник КТУ, вип.. 23, 2009. – с. 110-115.
6. Червоненко А.Г., Морус В.Л. Износостойкие динамически активные просеивающие поверхности из эластомеров для разделения сыпучих материалов и пульп. / Труды II – го международного симпозиума по механике эластомеров, Том 1.- Институт геотехнической механики НАН Украины, г. Днепропетровск, Полиграфист, 1997.- с. 296-310.