

Гомалинский В.А.

(ОАО «НПО «Центр»),

Боровский Д.Н.

(Белорусский государственный технологический университет),

Семенов Д.В.

(ОАО «НПО «Центр»)

АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ЗАГРУЗКИ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛАНЕТАРНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Процесс измельчения в промышленности строительных материалов имеет большое значение. В настоящее время предъявляются все более новые и высокие требования к измельчителям и схемам процесса, что требует дальнейшего совершенствования техники измельчения.

Особый интерес с этой точки зрения представляют планетарные мельницы (рисунок 1) [1]. Они обычно включают несколько полых барабанов, в которые загружается материал и мелющие тела. Ось барабанов закрепляется на водиле, а своей поверхностью они опираются на неподвижное колесо. Таким образом, при вращении водила барабаны вращаются относительно его оси и вокруг собственных осей. При таком характере движения на мелющие тела действуют значительные инерционные силы, что способствует интенсификации помола.

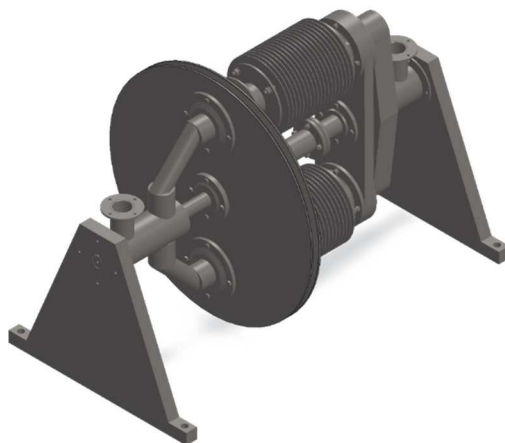


Рисунок 1 – 3D модель горизонтальной планетарной мельницы

Целями теоретических исследований являлись анализ движения загрузки в горизонтальной планетарной мельнице и получение визуальных представлений изменения давления и температуры внутри помольных барабанов планетарной мельницы.

Исследования проводились при помощи программы SolidWorks. При этом принимались барабаны с внутренним диаметром 100 мм

рабочей длиной 200 мм, радиус вращения от центральной оси составлял 176 мм. Мелющими телами являлись стальные шары диаметром 10 мм, частота вращения помольного барабана принималась 560 об/мин, а водила – 740 об/мин. Для проведения анализа была создана упрощённая модели мельницы. С целью ускорения расчетов упрощенная модель содержит водила с установленным на нем барабаном. При этом размеры и скорости барабана и водила соответствуют вышеописанным.

В результате расчета была получена траектория, описываемая точкой барабана, которая подобна на движение электронов вокруг атома. Также проведен анализ движения мелющих тел в горизонтальной планетарной мельнице, по которому можно судить о каскадном движении загрузки. Следует отметить, что загрузка в связи с большой центробежной силой удаляется на периферию от центра барабана и водила.

В процессе моделирования движения мелющих тел в помольном барабане мельницы параллельно были получены результаты изменения величины поступательной скорости одиночного тела – его скорость варьировалась в диапазоне 10 – 25 м/с и зависела от знакопеременного действия двух центробежных сил, возникающих от вращения помольных барабанов вокруг собственной и центральной осей. Также для оценки величины раздавливающего усилия, возникающего в процессе измельчения, было получено изменение силы контакта между мелющим телом и стенкой барабана (рисунок 2).

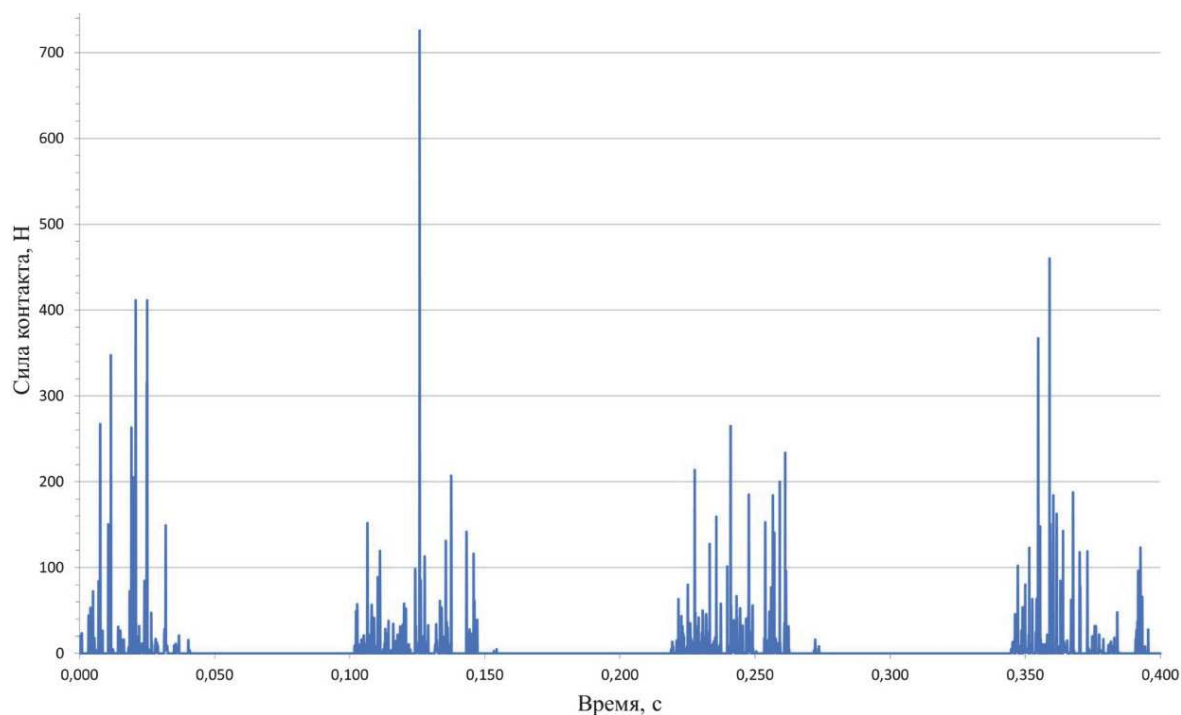


Рисунок 2 – Зависимости силы контакта между мелющим телом и стенкой барабана от времени

Как видно из графика (рисунок 2) в момент контакта тела со стенкой величина силы находится в пределах 20 – 440 Н, при этом наблюдаются пиковые значения, достигающие 730 Н. Результаты расчета свидетельствуют о том, что сжимающие усилия изменяются циклически. Циркуляция загрузки происходит каждые 0,07 секунды, при этом оборот водила происходит каждые 0,081 секунду. Таким образом, даже в одном фиксированном положении процесс воздействия мелющих тел на материал не статичен. Естественно, в каждом новом положении силовое воздействие будет изменяться, и за счет этого обеспечится нестационарное динамическое нагружение материала [2].

Второй частью исследований было получение визуальных представлений изменения давления и температуры внутри помольных барабанов планетарной мельницы. Это связано с тем, что в планетарных мельницах в процессе интенсивного измельчения происходит резкий рост температуры и давления внутри помольной камеры. Особенно это заметно для мельниц непрерывного действия. Для решения проблемы на барабаны дополнительно устанавливается воздушное охлаждение в виде оребрения поверхности (рисунок 3).

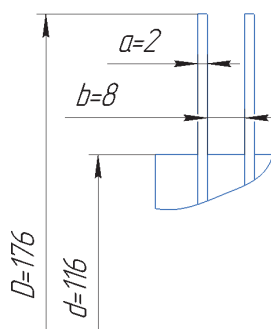


Рисунок 3 – Оребрение поверхности помольного барабана

Моделирование движения загрузки проводилось в программе SolidWorks Flow Simulation. Загрузка – это смесь, состоящая из 50% цементного клинкера и 50% стали (мелющих тел). Также для расчетов были зафиксированы следующие значения параметров: температура окружающей среды (реальная стенка) – 20°C, коэффициент теплопередачи – 89 Вт/м²·К. Так как мельница непрерывного действия, то устанавливался массовый расход 0,0025 кг/с. Расчет проводился для трех различных угловых скоростей помольного барабана ω_6 – 26 с⁻¹, 32,5 с⁻¹ и 50 с⁻¹.

По результатам моделирования были получены графики зависимости максимальной температуры в барабане от времени (рисунок 4) и картины в сечении барабана для давления и температуры среды (рисунок 5).

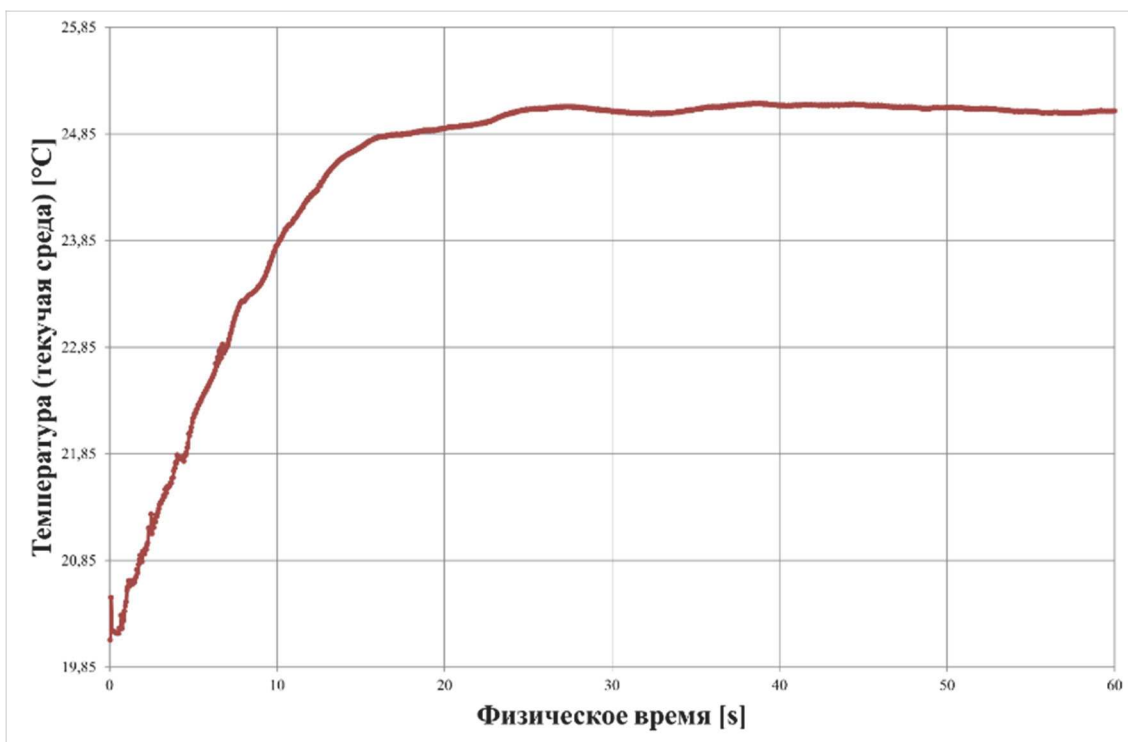


Рисунок 4 – Температура в помольном барабане при $\omega_6 = 50 \text{ с}^{-1}$



Рисунок 5 – Картина в сечении по температуре при $\omega_6 = 50 \text{ с}^{-1}$

Из рисунков 4 и 5 видно, что на выходе температура больше, чем на входе. Материал с температурой в 20°C подается в барабан (на рисунке 5 справа), начинается процесс измельчения, а собственно и нагрев материала. На выходе из барабана с оребрением максимальная температура достигает $25,54^\circ\text{C}$.

Для двух других значений угловых скоростей помольного барабана графики носят аналогичный характер.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования показали, что оребрение помольных барабанов предотвращает рост температуры поддерживая ее в стабильных величинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вайтехович, П.Е. Интенсификация шарового измельчения в быстроходных мельницах / П.Е. Вайтехович, Д.В. Семененко, Д.Н. Боровский, В.И. Козловский // Химическая промышленность сегодня. – 2012. М. – №9. – С. 40–46.

2. Вайтехович П.Е. Разрушающее воздействие мелющих тел в горизонтальной планетарной мельнице при различных способах обкатки помольных барабанов / Вайтехович П.Е., Д.Н. Боровский // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2019. – №2. – С. 3–6.

УДК 66.021.3

Ланкин Р.И., Францкевич В.С.

(Белорусский государственный технологический университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ РЕШЕТОК В НАСАДОЧНОМ МАССООБМЕННОМ АППАРАТЕ

Мокрая очистка – один из эффективных способов удаления загрязнений из газовой фазы. Аппараты мокрого пылеулавливания отличаются простотой конструкции и высокой эффективностью. Широкое применение получили аппараты с подвижной насадкой, несмотря на то, что они появились относительно недавно [1].

В аппаратах с подвижной насадкой увеличение эффективности массообменных процессов обеспечивается псевдооживленными насадочными телами. Насадка укладывается в колонну на опорные решетки, имеющие отверстия для прохода жидкости и газа, служащие одновременно для равномерного распределения последнего. Первоначальное распределение жидкости по насадке осуществляется с помощью распределительного устройства, в качестве которого могут использоваться распределительные тарелки, форсунки, центробежные оросители и т.д. Однако по мере стекания жидкости по насадке равномерность ее распределения нарушается в силу так называемого «пристеночного эффекта». Он обусловлен неоднородностью заполнения элементами насадки поперечного сечения аппарата, а именно невозможностью плотной укладки элементов насадки вблизи стенок колонны, в силу геометрических причин. Это приводит к большему свободному объему вблизи стенок колонны, что уменьшает гидравлическое сопротивление потоку жидкости и вызывает преимущественное стекание жидкости от центра к периферии.