

Для расчета внутренних напряжений был использован метод конечных элементов, реализованный в программном комплексе FEM. Данная программа позволяет проводить дискретизацию области деформирования; задавать упругие и прочностные свойства элементов, граничные и начальные условия решаемой задачи и собственно решения задачи. Результаты расчетов могут быть визуализированы.

В основе расчета лежит разделение сплошной среды на отдельные равные конечные элементы, имеющие форму квадратичных четырехугольников. Впоследствии производится объединение рядом стоящих элементов с совпадающими свойствами в моноблоки – зерна. Для расчета необходимо описание фрагмента, включающее: модуль деформации (МПа), коэффициент Пуассона, плотность среды ( $\text{т/м}^3$ ), начальный угол внутреннего трения (град), начальное сцепление (МПа), начальная прочность на растяжение (МПа.), а также остаточные прочностные характеристики (угол трения и сцепление, прочность на растяжение), минимально возможный модуль деформации этой среды и число 1, обозначающее

этот тип сред. Всего 11 параметров.

Сила инерции обусловлена величиной ускорения  $a_{осм}$  и массой зерен. Напряжения, возникающие на границах зерен, зависят от постоянных характеристик, представленных в описании зерен. Программа позволяет определять предельные напряжения, при которых происходит разрушение по границам зерен в зависимости от характеристики структуры шлака и ускорение торможения. Варьируя величину  $a_{осм}$ , определялось ее значение, при котором действующие напряжения превышают предельные на границах фрагментов. По значению  $a_{осм}$  на основе стандартной методики определяются геометрические и силовые параметры ударной дробилки.

Предложенная методика построения схемы нагружения с учетом распределенного характера инерционных нагрузок и определения необходимых ускорений позволяет более адекватно представлять физику силового взаимодействия и определять параметры инерционных дробилок рациональным образом.

#### Библиографический список

1. Результаты фундаментальных и прикладных исследований по разработке методик технологической оценки руд металлов и промышленных минералов на ранних стадиях геологоразведочных работ // Материалы I Российского семинара по технологической минералогии. Петрозаводск, 2006.
2. Абрамов А. А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Т. 1. Обогачительные процессы и аппараты: Учебник для вузов. М.: МГГУ, 2001. 117.
3. Норри Д., де Фриз Ж. Введение в метод конечных элементов: Пер с англ. М.: Мир, 1981. 255 с.

УДК 622.794.22

Кутлубаев И.М., Садыков В.Х., Третьяк Б.А., Усов И.Г.

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ОТДУВКИ НА ВЛАЖНОСТЬ ОСАДКА ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ НА ДИСКОВЫХ ВАКУУМ-ФИЛЬТРАХ

Рыночные условия существования предприятий, условия жесткой конкуренции обострили проблему повышения качества обезвоживания железорудных концентратов и экономичности процесса. Активно используемое в настоящее время оборудование по обезвоживанию пульпы не удовлетворяет требованиям металлургического передела. Это обусловлено, в частности, ростом требований к качеству концентрата по содержанию полезного компонента, что влечет увеличение тонины помола руды. В процесс обогащения вовлекаются концентраты с более развитой удельной поверхностью (более  $220 \text{ м}^2/\text{кг}$ ).

Эффективность обезвоживания ограничена техническими возможностями существующего основного оборудования – вакуумных фильтров, что определяет переход на новые типы аппаратов обезвоживания. Однако связанные с этим значительные капитальные затраты и желание эффективно использовать развитую систему дисковых вакуум-фильтров (ДВФ) определило необходимость их дальнейшего совершенствования [1].

Реализация теоретических и практических исследований в современных дисковых вакуум-фильтрах обеспечило снижение влажности осадка при его наборе до 8,5–9% [1, 2]. Однако экспери-

ментально установлено, что на этапе отдувки осадка имеет место его вторичное насыщение влагой. Разность влажности осадка до и после отдувки составляет от 1 до 1,5%. Таким образом, резервом снижения влажности является исключение обратного движения фильтрата на этапе отдувки.

Одним из направлений, реализующих этот резерв, является использование импульсной отдувки [4]. Такой режим работы задействован в ряде конструкций ДВФ импортного производства. Процесс отдувки является крайне сложным физическим процессом, в котором сочетаются нестационарные гидравлические режимы движения фильтрата и волновые процессы. В связи с этим теоретический анализ затруднен.

Для определения эффективности и установления основных закономерностей импульсной отдувки были проведены экспериментальные исследования действующей системы, входящей в состав ДВФ «SCANMEK» (Норвегия) и установленной в цехе Оскольского электрометаллургического комбината (ЦОМ ОЭМК). ДВФ «SCANMEK» позволяет регулировать давление мгновенной отдувки в пределах от 1,1 до 2,5 бар, что обеспечивает проведение анализа влияния ее величины на производительность и влажность осадка. Длительность импульса отдувки – 2 с. Работы проводились на вакуум-фильтре № 2 с фильтротканью ЭкоСтил.

Показатели работы вакуум-фильтра при его фиксированных параметрах представлены в **таблице**.

Графическая интерпретация результатов – на **рис. 1** и **2**.

Было установлено, что производительность увеличивается в зависимости от давления отдувки незначительно и обусловлена более полным съемом осадка с фильтровальной перегородки. При этом эффективность увеличения давления отдувки имеет место лишь до 1,8...2 бар. Дальнейшее повышение практически не изменяет производительность, т.к. достигается практически полный съем осадка (см. **рис. 1**).

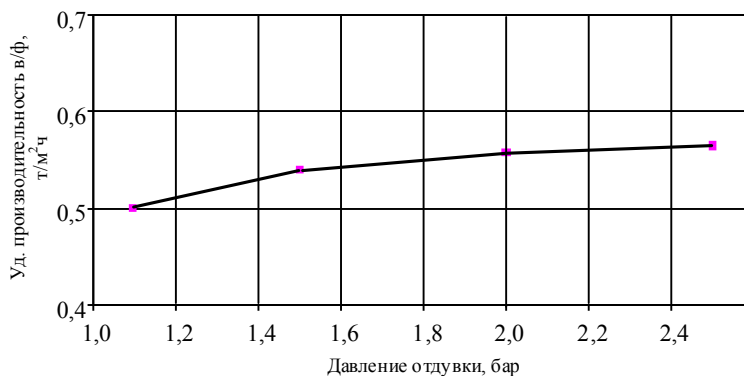
Очевидно, что предельное эффективное значение давления отдувки зависит от используемого типа

фильтроткани и должно определяться экспериментально.

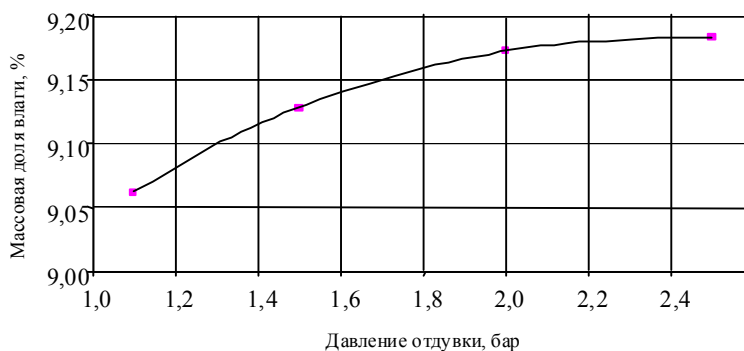
Было установлено, что с повышением давления воздуха, поступающего на отдувку осадка, в нем увеличивается содержание влаги (см. **рис. 2**).

**Результаты испытаний ДВФ «SCANMEK» при изменении давления отдувки**

Показатели фильтрования		Значение				
Давление отдувки, бар		1,1	1,5	2,0	2,5	
Частота вращения дисков вакуум-фильтра, об/мин		0,50	0,50	0,50	0,50	
Уд. производительность в/ф (по сухому), т/м <sup>2</sup> ·ч						
2 ряд	№ дисков	1–2	0,42	0,43	0,45	0,47
		3–4	0,60	0,59	0,62	0,63
		5–6	0,57	0,63	0,66	0,66
		7–8	0,41	0,51	0,50	0,52
		среднее	0,50	0,54	0,56	0,57
Массовая доля влаги осадка, %						
2 ряд	№ дисков	1–2	9,09	9,01	9,10	9,08
		3–4	9,26	9,27	9,26	9,30
		5–6	8,92	9,04	9,15	9,16
		7–8	8,97	9,22	9,17	9,17
		среднее	9,06	9,13	9,17	9,18
Давление пара		0,025 МПа				
Давление на головке		0,082 МПа				
Содержание твердого в питании		59,03%				
Содержание класса –0,045 мм		92,87%				



**Рис. 1. Зависимость удельной производительности ДВФ от изменения величины давления отдувки осадка**



**Рис. 2. Зависимость массовой доли влаги осадка от изменения величины давления отдувки осадка**



Рис. 3. Съем осадка при импульсной отдувке

Причиной является его вторичное увлажнение.

Несмотря на импульсный характер создания давления на распределительной головке, скорость распространения давления меньше, чем следовало ожидать. В частности, это видно по очередности отделения осадка с рядов дисков (рис. 3). Осадок снимается последовательно от ряда к ряду, начиная от распределительной головки, т.е. имеет место падение скорости распространения давления. В значительной мере это обусловлено малым диаметром коллекторных труб – 86 мм.

Кроме того, с повышением давления отдувки увеличивается влажность осадка. Это объясняется тем, что в этом случае давление обеспечивает большую скорость движения всего объема фильтрата по коллектору и далее через фильтроткань в осадок. При более низких значениях давления

скорость движения фильтрата меньше. Съем осадка происходит до полного объемного прохода через него фильтрата, оставшегося в коллекторе.

Поэтому изменение удельной производительности вакуум-фильтра при изменении давления воздуха отдувки может характеризовать лишь один процесс – полноту съема осадка с секторов вакуум-фильтра.

Анализ работы системы импульсной отдувки позволяет сделать следующий вывод – ее использование без соответствующего изменения системы отвода фильтрата неэффективно. Следует одновременно уменьшить гидравлические сопротивления. Их величина линейно зависит от длины системы. В связи с этим следует уменьшать длину коллектора. При прочих равных условиях это может быть обеспечено за счет модернизации ДВФ.

#### Библиографический список

1. Ромашевский А.В., Воробьев А.Н. Новый высокопроизводительный дисковый вакуум-фильтр // Материалы IV Конгресса обогатителей стран СНГ, Москва, 19–21 марта 2003 г. Т. 2. М.: Альтекс, 2003. С. 171–172.
2. Садыков В.Х., Никулин А.В. Повышение эффективности обезвоживания тонкодисперсных пульп на дисковых вакуум-фильтрах // Горный журнал. 2006. № 9. С. 59–60.
3. Садыков В.Х. Совершенствование дисковых вакуум-фильтров для обезвоживания железорудных концентратов // Вестн. МГТУ им. Г.И. Носова. 2007. № 3. С. 19–21.
4. Kontinuierliche Vacuumfiltration mit modernen Scheibenfiltern als Alternative zu Band- and Trommelfiltern in der Kohlefiltration / Bott R., Langeloh T., Hahn J., Viet C., Langer B. // Aufbereit. Techn. 2002. 43. № 11. С. 14–29.