

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 666.96.94

СУЛАЙМАНОВ ЖАВЛОН ЖУРАБАЕВИЧ

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОМОЛА КЛИНКЕРА НА
ПОМОЛЬНЫХ АГРЕГАТАХ И РЕКОМЕНДАЦИЯ ПРОГРЕССИВНОЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПОМОЛА НА ОАО
«БЕКАБАДЦЕМЕНТ»**

ДИ С С Е Р Т А Ц И Я

на соискание академической степени магистра по специальности:

5А320305 – «Машины и аппараты заводов химической промышленности и
строительных материалов»

Научный руководитель:
кандидат технических наук, доцент

Мухамедбаева З.А.

Ташкент - 2016

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА I. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	9
1.1. Современные тенденции совершенствования конструкций мельниц тонкого измельчения строительных материалов.....	9
1.2. Интенсификаторы процесса помола цемента на основе ПАВ	
Выводы по 1 главе.....	32
ГЛАВА II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	37
2.1. Методы проведения исследований и характеристика исходных материалов.....	37
2.2. Методы определения основных свойств цемента	37
2.3. Характеристика исходных материалов.....	50
Выводы по 2 главе.....	53
 ГЛАВА III. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА В ТРУБНЫХ МЕЛЬНИЦАХ.....	 54
3.1. Процессы, протекающие при интенсификации помола портландцементного клинкера в трубных мельницах.....	54
3.2. Совершенствование внутримельничных устройств трубной шаровой мельницы с целью повышения ее производительности..	57
Выводы по 3 главе.....	69
 ГЛАВА IV. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА.....	 70
4.1. Исследование влияния ПАВ на процесс измельчения портландцементного клинкера.....	70

4.2. Технологическая схема помола портландцементного клинкера.....	76
Выводы по 4 главе.....	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	83
Список использованных источников.....	84
Список опубликованных работ.....	92
Приложения.....	93

ВВЕДЕНИЕ

Цементная отрасль Республики Узбекистан является одной из передовых звеньев отечественной промышленности строительных материалов, предприятия которой значительно активизировали свою работу за последние годы.

Оно обусловлено динамично возрастающим спросом, развитием рынка строительных материалов, государственной поддержкой.

Правительством республики принят ряд долгосрочных программ по Национальной подготовке кадров, жилищному строительству, строительству дорог, мостов, объектов производства [1].

По всей стране развернулось масштабное строительство новых и реконструкция существующих промышленных объектов, жилых домов, школ, медицинских учреждений, объектов социально-бытового назначения, дорог, мостов.

С ростом доходов населения широкое развитие получило индивидуальное строительство, предъявляя повышенный спрос к строительным материалам.

Доля строительно-монтажных работ (СМР) в ВВП возросла с 9,3% в 2004 году до 11,9% в 2014 г., объём производства строительных материалов в сопоставимых ценах более чем на 70,0%.

В целях удовлетворения потребности и насыщения потребительского рынка Правительством республики уделяется особое внимание развитию производства строительных материалов (ПСМ). Принята Программа мер по сокращению энергоемкости, внедрению энергосберегающих технологий в отраслях экономики и социальной сфере на 2015-2019 годы, где предусмотрен постепенный переход производства цемента на сухой способ [2].

Развитие промышленности строительных материалов определяется инвестиционной активностью в экономике, темпами роста строительно-

монтажных работ, темпами модернизации и реконструкции промышленных предприятий и производств, изменением структуры капитальных вложений.

Благодаря принятым мерам по модернизации, реконструкции существующих технологий, рационального распределения финансовых средств, объем производства цемента по годам непрерывно возрастал, достигнув 100%-ной загрузки мощности начиная с 2008 года. Объем производства цемента за последние 10 лет увеличился в 1,8 раз.

За 2005-2014 годы среднегодовые темпы роста инвестиций в сопоставимых ценах в экономику, в промышленность, развития СМР составили 113,2%, темпы роста инвестиций в промышленность строительных материалов составили 149,2%.

За 10 месяцев т.г. произведено 6,62 млн. тонн цемента (107,2% и соответствующему периоду прошлого года). Ожидается экспорт 1336,8 тыс. тн (в 2014 году экспорт продукции составил 60,2 млн. долл.).

Актуальность работы. Цементная промышленность является одной из важнейших отраслей народного хозяйства страны, определяющей развитие капитального строительства. Современная строительная индустрия предъявляет высокие требования к качеству строительных материалов. В Республике Узбекистан за последние 5-6 лет объем производства цемента возрос в 1,8 раза, экспорт более 10 раз. Особое внимание уделяется качеству, производимой продукции [3].

Правительством Республики уделяется особое внимание развитию производства строительных материалов, удовлетворению потребностей и насыщению потребительского рынка современными строительными материалами, принята программа развития промышленности строительных материалов на 2010-2016 гг., программа модернизации, технического перевооружения предприятий промышленности строительных материалов на период с 2007 по 2011 год Цементные заводы нового поколения - это заводы,

работающие по сухому способу производства цемента с применением перспективных технологических инноваций.

Одна из наиболее значимых технологий, применяемых на новых заводах по производству вяжущих материалов - повышение производительности мельниц, снижение энергоёмкости помола, повышение срока службы оснастки и стабилизация теплового режима мельницы. Модернизация мельницы представляет собой замену межкамерных регулирующих диафрагм. Межкамерные регулируемые перегородки регулируют количество материала внутри секторов перегородки, причем большое центральное сито совместно с решетками со стороны 2 камеры предотвращают образованию мертвой зоны за перегородкой. Всё это даёт повысить производительность мельниц на 15-20% и энергопотребление снизить на 10-20 %.

Цель диссертационной работы - оптимизация параметров цементных мельниц и роль интенсификаторов помола в повышении эффективности процесса измельчения клинкера и получения высококачественного цемента.

Научная новизна. Повышение эффективности процесса измельчения клинкера при производстве цемента, углубление размолоспособной подготовки материала при его прохождении по внутримельничному пространству. Установление зависимости степени измельчения клинкерной смеси от конструкции межкамерных перегородок и интенсификаторов помола . Выявлено, что введение моноэтаноламина в количестве 0,03% в клинкерную смесь, понижает расход электроэнергии на 10 % и повышает качество цемента.

Задачи исследования. В рамках поставленной цели были решены следующие задачи:

- проведен обзор информации научно-технической литературы в области развития мельничных систем помола клинкера;
- изучены методы оптимизации процесса помола клинкерной смеси в шаровых мельницах;

-разработан комплекс мероприятий по измельчению клинкера в шаровых мельницах, по изменению режима работы мельниц в зависимости от конструкции междукламерных перегородок, вида и количества загрузочных шаров, использования добавок к клинкеру и использование интенсификаторов помола, улучшение и повышениепропускной способности сепарационных устройств;

- выявлены параметры внутримельничных устройств мельницы, и определена степень измельчения материала в зоне помола;

-изучена роль интенсификаторов помола на качество цемента.

Практическая ценность. В республике функционирует 8 цементных заводов суммарной мощностью 8641,0 тыс.тн, в том числе АО «Кызылкумцемент» (г.Навои, 3080 тыс.тн), АО «Ахангаранцемент» (г.Ахангаран, 1736 тыс.тн), АО «Кувасайцемент» (г.Кувасай, 1001 тыс. тн), АО «Бекабадцемент» (г.Бекабад, 1714 тыс.тн), «Джизакский цементный завод» (Джизакская обл, 740 тыс.тн.), ОООФерганацемент» (г.Кувасай, 150тыс.тн.), СП ООО «SingLida» (г.Андижан, 200 тыс.тн.) и ООО «Кезар» (г.Андижан, 20,0 тыс.тн.).

АК «Узстройматериалы» принимаются меры по созданию новых мощностей за счёт модернизации технологических линий на действующих заводах АО «Кызылкумцемент», АО «Бекабадцемент», АО «Кувасайцемент» и строительства новых цементных заводов в ряде регионов республики - в Республике Каракалпакстан, Джизакской, Кашкадарьинской, Сурхандарьинской и Ташкентских областей общей мощностью более 6 млн.тн. в год.

Созданы благоприятные условия для ввода нового технологического оборудования, запасных частей, комплектующих в виде существенных налоговых льгот, действующим и вновь создаваемым цементным предприятиям, включенным в государственную программу.

Введенные в эксплуатацию новые и строящиеся заводы предусматривают сухой способ производства. В настоящее время доля

цемента произведенного сухим способом в республики составляет более 63%.

Геополитическое расположение республики, наличие достаточной сырьевой базы, транспортной инфраструктуры, уровень развития промышленности строительных материалов, благоприятный инвестиционный климат являются привлекательными для вложения инвестиций в строительство новых цементных заводов.

Структура диссертации. Диссертация изложена на 93 *страницах*. Состоит из введения, четырёх глав, выводов, списка опубликованных материалов по теме диссертации. В диссертации приведены 29 рисунков и 12 таблиц, -77 наименований использованной литературы.

Список опубликованных работ. По теме магистерской диссертации опубликовано 3 научные статьи.

ГЛАВА I. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Современные тенденции совершенствования конструкций мельниц тонкого измельчения строительных материалов

Производство цемента - энергоемкий процесс. Помол цемента - единственный самый большой потребитель электроэнергии в производственном процессе.

Производство цемента потребляет около 3100 - 3400 МДж топлива/т клинкера и 90 -130 кВт-ч/т цемента в современных линиях, и больше для старых или менее эффективных заводов;

Обычно 2/3 потребляемой электроэнергии используется в измельчении сырья, топлива и готового цемента;

Помол готового продукта потребляет 25 - 50 кВт-ч/т цемента, в зависимости от размолоспособности подаваемого материала, используемых добавок, конструкции помольной линии и в особенности от требуемой тонкости цемента.

На сегодняшний день существует 4 типа цементных мельниц. Шаровая мельница: исторически «оборудование, которое выбирают» и все еще преобладающее сегодня по всему миру; вертикальная мельница: приобрели популярность в последнее десятилетие, но внедрены относительно небольшим количеством заводов; роллер пресс: также стал популярен лишь в последнее время; горизонтальная мельница: редки и несущественны.

Шаровые мельницы в открытом / замкнутом цикле

Исторически является промышленным стандартом, эксплуатировалась в открытом цикле, пока CPB в 1939 не вывел на рынок 1-й сепаратор HEYD для помола в замкнутом цикле. Улучшения на протяжении многих лет привели к созданию высоконадежных и гибких установок, с простым и недорогим техобслуживанием. Запчасти с относительно коротким сроком доставки и низкими складскими расходами. Хорошее качество цемента, что может дать преимущество по сравнению с цементом из вертикальных

мельниц на некоторых рынках; более высокое энергопотребление по сравнению с вертикальными мельницами и роллер-прессами.

Шаровая мельница с роллер-прессом с открытым / гибридным предварительным размельчением

Получила признание в 80-х, особенно на Дальнем Востоке, как способ увеличения производительности для удовлетворения растущего спроса на цемент;

Роллер-пресс чувствителен к чужеродным материалам и изменению в подаче, имеет более низкую надежность из-за большей сложности, требует более высокой квалификации при техобслуживании и общий коэффициент готовности оборудования ниже;

Энергосбережение минимально и порой даже отрицательно в связи со сложной эксплуатацией и низким коэффициентом эксплуатационной готовности;

Сроки поставки роллеров обычно достаточно длинные и высокая стоимость складирования.

Увеличение мощности до 30% (открытый цикл) и до 50% (гибрид), но энергосбережение будет минимальным или даже отрицательным из-за снижения надежности роллер-пресса.

Шаровая мельница с роллер-прессом для комбинированного помола

Шаровые мельницы с роллер-прессом для предварительного и комбинированного помола широко распространены в Китае.

Комбинированный помол обеспечивает более хорошую оптимизацию, включающий возможность использования 1-камерной мельницы при надежном роллер-прессе; Производительность может быть удвоена и энергопотребление снижено на 10 - 20%. Тем не менее, сложность в эксплуатации, надежность роллер-пресса, общая доступности установки часто не позволяют использовать 1-камерные мельницы и обеспечивают минимальное или вообще нулевое энергосбережение;

Другие причины - поставка запчастей, стоимость складирования, сложное техобслуживание.

Вертикальная мельница для автономного помола цемента

Встречаются в качестве предварительного помола, приобрели также популярность как автономные линии помола цемента в последнее десятилетие по причине более низкого энергопотребления и высокой производительности;

Более низкая надежность в связи с более сложной эксплуатацией, сроки поставки запчастей обычно дольше, также, более высокая стоимость складирования;

Эффект сушки при помоле ниже, что может привести к дегидратации гипса и необходимости впрыска воды, чтобы снизить вибрацию мельницы, вкупе с более узким гранулометрическим составом может отрицательно влиять на свойства цемента и забивать силоса.

Сравнение удельного энергопотребления

Базис: 3200 г/см ² ОРС		Шаровая мельница	ШМ + РП (комбинированный помол)	Вертикальная мельница
Мельница		Ø4,6x14,25 м	Ø4,0x8,75 м+РП 16/10	Тип 46
Потребляемая мощность	[кВт]	4,350	3,400	2,900
Производительность	[т/ч]	150	150	150
Удельная потребляемая мощность мельницы	[кВт-ч/т]	29,0	22,7	19,3
Удельная потребляемая мощность в сравн. с ШМ	[%]	100	78	67
Прочее оборудование	[кВт-ч/т]	5,0	8,0	11,6

Всего по установке	[кВт-ч/т]	34,0	30,7	30,9
Общая мощность в сравнении с ШМ	[%]	100	90	91

Какой бы ни был тип мельницы, помол по своей природе – неэффективен. 20% потребленной энергии конвертируется в помол: основная часть теряется в виде тепла, шума, износа оборудования от трения и вибрации;

Для шаровых мельниц, только 3 - 6% потребленной энергии используется на производство, генерируемое тепло может повысить температуру мельницы до $> 120^{\circ}\text{C}$, что ведет к дегидратации гипса и налипанию на шары и оснастку, если вентиляция мельницы недостаточна.

В работах Бигбау М.Я., Бигбау Я.М. проведены исследования по проектированию многокамерных мельниц – смесителей. Изобретение относится к оборудованию для тонкого измельчения, в частности к многокамерным мельницам, и может быть использовано в строительной, горнорудной, химической, фармацевтической, энергетической и других отраслях промышленности, где требуется тонкое и сверхтонкое измельчение, гомогенизация и смешивание различных материалов[4].

Многокамерная мельница-смеситель (рис. 1.1.1.) включает корпус в виде вертикально ориентированной цилиндрической емкости с загрузочным и выгрузочным устройствами, разделенной диафрагмами на камеры с мелющими телами и закрепленной в опорной площадке, подвешенной на гибких связях и соединенной с приводом. В камерах мельницы попеременно через одну, начиная с первой, размещены соосно с цилиндрической емкостью, вместе с мелющими телами, перфорированные конические кольца меньшим основанием вниз. Угол наклона образующей конических колец к

вертикальной оси выбран в пределах от 15° до 45° . В нижних диафрагмах камер с коническими кольцами с наружной стороны колец для прохождения материала выполнены прорезы суммарной площадью не менее половины площади кольца, образованного нижним основанием конуса и стенкой цилиндрической емкости. Прорезы равномерно распределены по поверхности кольца. Между диафрагмами других камер, начиная со второй, размещены попеременно через одну камеру сверху вниз, соосно с емкостью, перфорированные цилиндры, соотношение диаметров и высот которых выбрано в пределах от 0,5:1 до 5:1. Соотношение диаметров и высот камер выбрано в пределах от 4:1 до 12:1. Перфорация конических колец и цилиндров в каждой камере выполнена в виде круглых отверстий, расположенных, начиная сверху до уровня от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{4}$ высоты камеры, с диаметром в пределах от 0,4 до 0,8 среднего диаметра мельющих тел в соответствующей камере и распределенных равномерно по окружности поверхностей конусов и цилиндров замкнутыми рядами на расстоянии между центрами отверстий, выбранном в пределах от 1,5 до 2,5 диаметров отверстий. В диафрагмах, на которые опираются цилиндры, выполнены отверстия, соответствующие внутреннему диаметру цилиндров. Технический результат состоит в повышении качества измельчаемого продукта, снижении энергозатрат, повышении надежности работы мельницы.

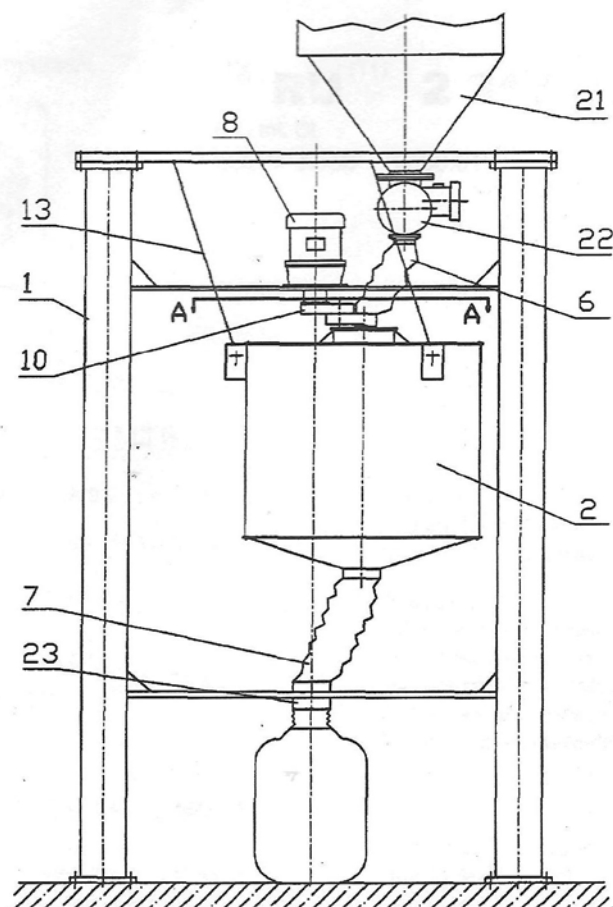


Рис.1.1. 1. Многокамерная мельница-смеситель

Цель предлагаемого изобретения - повышение качества измельчаемого продукта, снижение энергозатрат, повышение надежности работы мельницы [5]. Техническая задача решается тем, что в многокамерной мельнице-смесителе, включающей корпус в виде вертикально ориентированной цилиндрической емкости с загрузочным и выгрузочным устройствами, разделенной диафрагмами на камеры с мелющими телами и закрепленной в опорной площадке, подвешенной на гибких связях и соединенной с приводом, в камерах мельницы попеременно через одну, начиная с первой, размещены соосно с цилиндрической емкостью, вместе с мелющими телами, перфорированные конические кольца меньшим основанием вниз, при этом угол наклона образующей конических колец к вертикальной оси выбран в пределах от 15° до 45° , в нижних диафрагмах камер с коническими кольцами с наружной стороны колец для прохождения

материала выполнены прорези суммарной площадью не менее половины площади кольца, образованного нижним основанием конуса и стенкой цилиндрической емкости, при этом прорези равномерно распределены по поверхности кольца, между диафрагмами других камер, начиная со второй, размещены попеременно через одну камеру сверху вниз, соосно с емкостью, перфорированные цилиндры, соотношение диаметров и высот которых выбрано в пределах от 0,5:1 до 5:1, соотношение диаметров и высот камер выбрано в пределах от 4:1 до 12:1, а перфорация конических колец и цилиндров в каждой камере выполнена в виде круглых отверстий, расположенных, начиная сверху, до уровня $1/3-1/4$ высоты камеры, с диаметром в пределах от 0,4 до 0,8 среднего диаметра мелющих тел в соответствующей камере и распределенных равномерно по окружности поверхностей конусов и цилиндров замкнутыми рядами на расстоянии между центрами отверстий, выбранном в пределах от 1,5 до 2,5 диаметров отверстий, при этом в диафрагмах, на которые опираются цилиндры, выполнены отверстия, соответствующие внутреннему диаметру цилиндров.

На рис.1.1.2, схематично изображена предлагаемая многокамерная мельница-смеситель, общий вид; на рис.3 - корпус цилиндрической емкости с камерами и мелющими телами; на рис.4 - узел А на фиг.2; на рис.4 - разрез по В-В рис.3; на рис.5 - разрез по А-А рис.1 при пуске мельницы; на рис.6 - разрез по А-А рис.1 при установившемся режиме работы мельницы; на рис.7 - траектория движения мелющих тел в вертикальной плоскости; на рис.8 - то же, в горизонтальной плоскости. Многокамерная мельница-смеситель содержит раму 1, корпус цилиндрической емкости 2, разделенной диафрагмами 3 на камеры 4 с мелющими телами 5, загрузочное 6 и выгрузочное 7 устройства. Мельница снабжена эксцентриковым приводом 8, на выходном валу 9 которого закреплено двухзвенное водило 10 с роликом 11, помещенным в углубление в виде полого цилиндра 12, расположенного в верхней части цилиндрической емкости 2. Емкость подвешена к раме 1 на

гибких связях 13. Внутри цилиндрической емкости в камерах попеременно через одну, начиная с первой, сверху вниз соосно с емкостью размещены вместе с мелющими телами 5 перфорированные конические кольца 14 меньшим основанием вниз. В нижних диафрагмах этих камер с наружной стороны конических колец имеются прорезы 15 площадью не менее половины площади кольца, образованного нижним основанием конуса и стенкой цилиндрической емкости, равномерно распределенные по окружности. В четных камерах цилиндрической емкости, начиная со второй камеры сверху, размещены полые перфорированные цилиндры 16, соотношение диаметров и высот которых выбрано в пределах 0,5:1 до 5:1. Соотношение диаметров и высот четных и нечетных камер цилиндрической емкости 2 выбрано в пределах от 4:1 до 12:1. Угол наклона образующей конических колец 14 к вертикальной оси выбран в пределах от 15 до 45°, а перфорация конических колец 14 и цилиндров 16 выполнена в виде круглых отверстий соответственно 17 и 18 с диаметром в пределах от 0,4 до 0,8 среднего диаметра мелющих тел соответствующей камере. Отверстия 17 и 18 равномерно распределены по окружности, начиная сверху вниз по поверхностям конусов и цилиндров замкнутыми рядами до уровня от 1/3 до 1/4 высоты камеры на расстоянии между центрами отверстий, выбранном в пределах от 1,5 до 2,5 диаметров отверстий. В диафрагмах, на которые опираются цилиндры 16, выполнены отверстия 19, соответствующие внутреннему диаметру цилиндров. Прорезы 15 в диафрагмах, а также отверстия 17, 18 и 19 в цилиндрах и кольцах обеспечивают свободное перемещение измельчаемого материала в цилиндрической емкости из одной камеры в другую без одновременного перемещения мелющих тел, обеспечивая, таким образом, интенсивный помол материала в каждой камере по всей длине емкости цилиндров. Мельница-смеситель также снабжена стягивающими стержнями 20, загрузочным бункером 21 с дозатором 22 и затаривателем 23 готового продукта.

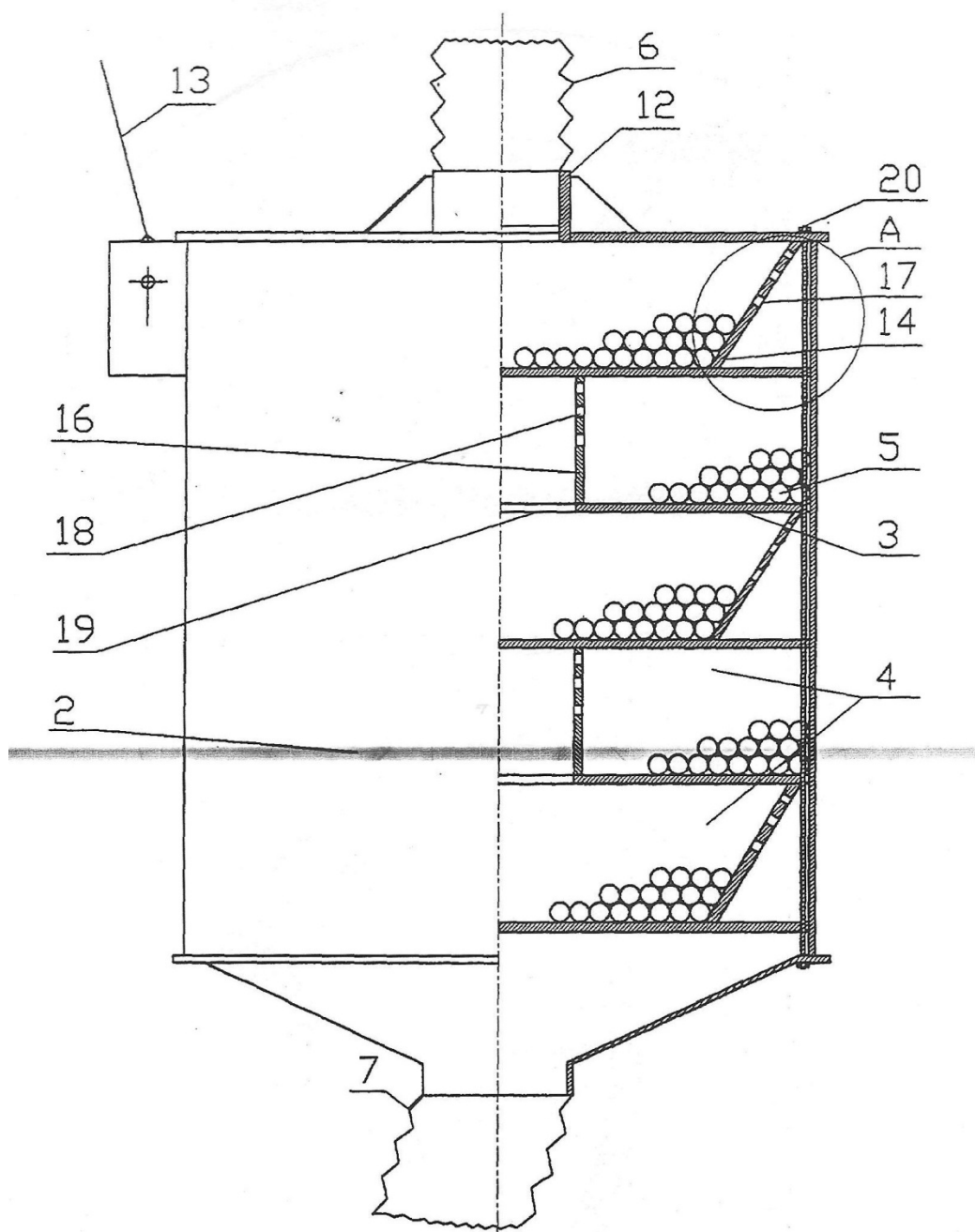
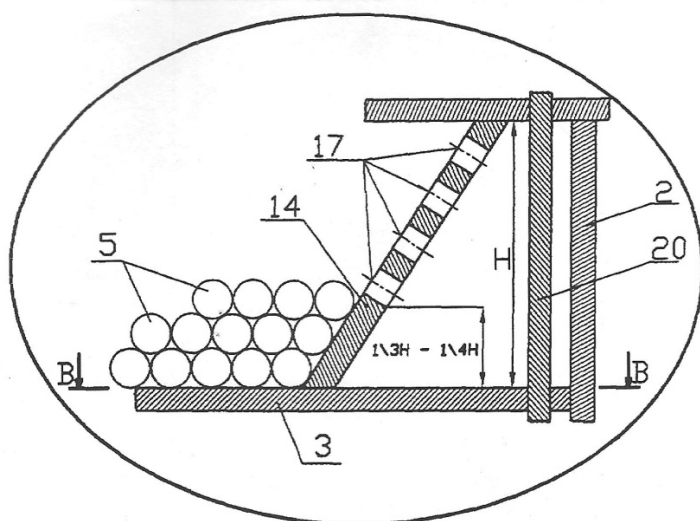
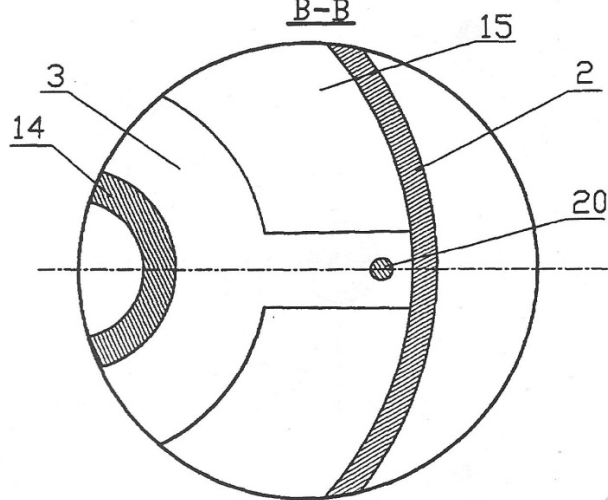


Рис. 1.1.2. Схематичное изображение многокамерной мельницы-смесителя, общий вид



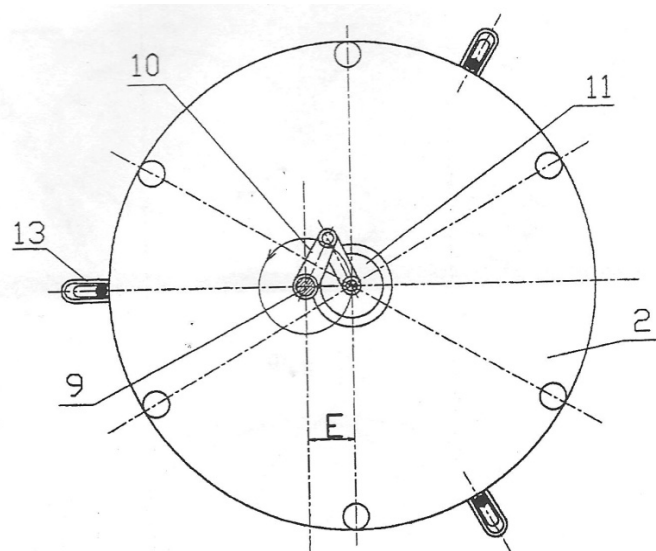
Фиг.3

B-B

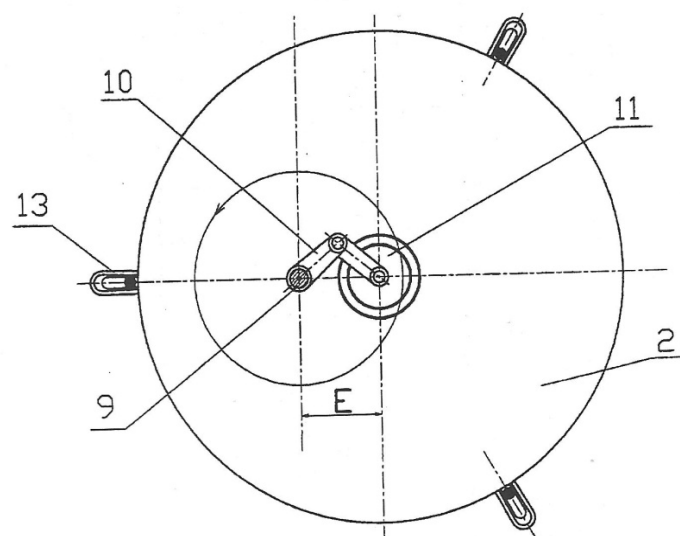


Фиг.4

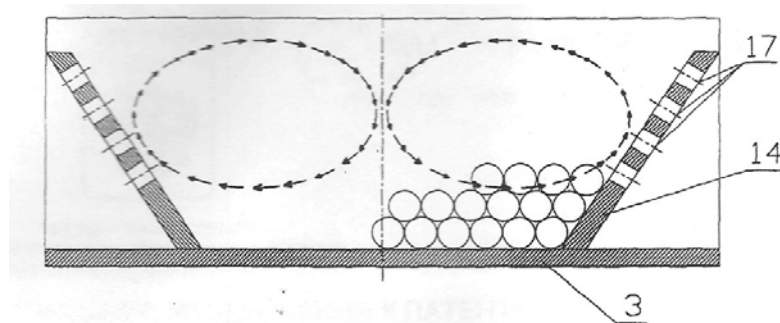
Рис. 1.1.3 - корпус цилиндрической емкости с камерами и мелющими телами;



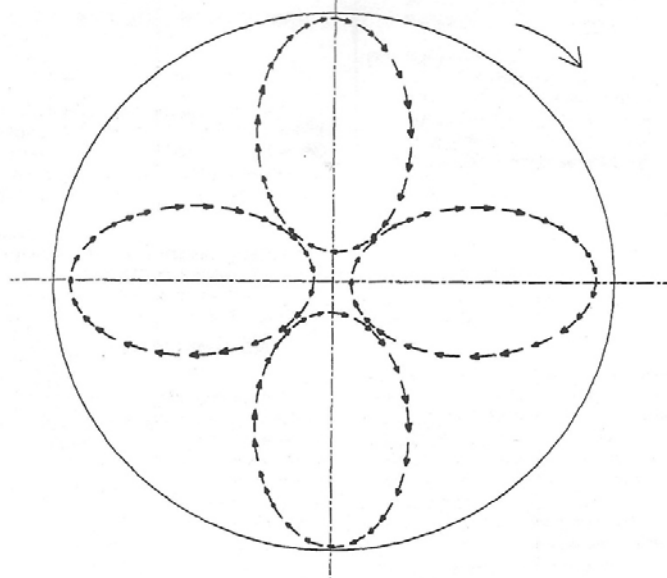
Фиг.5



**Рис. 1.1.4 - разрез по А-А рис.1 при пуске мельницы;
Рис.1.1.5 - разрез по А-А рис.1 при установившемся режиме работы мельницы;**



Фиг.7



Фиг.8

Рис. 1.1.5 - траектория движения мелющих тел в вертикальной плоскости;

Рис.1.1.6 - то же, в горизонтальной плоскости.

В работах авторов Шарапов Р.Р., Ханин С.И., Гунько И.И. разработана шаровая мельница замкнутого цикла. Изобретение относится к оборудованию для тонкого измельчения, в частности к шаровым мельницам, работающим в замкнутом цикле, и может быть использовано в промышленности строительных материалов, горной, химической и др. [5]. Шаровая мельница включает загрузочное устройство и разгрузочное устройство с выходной решеткой, жестко и соосно соединенные с цилиндрическим корпусом, изнутри футерованным жестко закрепленными на нем износостойкими элементами.

Межкамерную перегородку, делящую внутреннее пространство мельницы на камеры грубого и тонкого измельчения и жесткозакрепленную на корпусе. Внутри цилиндрического корпуса и разгрузочного устройства коаксиально расположено устройство для возврата крупки в камеру тонкого измельчения, проходящее через центральное отверстие выходной решетки и закрепленное с возможностью изменения расстояния между его торцом, расположенным в камере тонкого измельчения, и межкамерной перегородкой, при этом второй торец устройства выходит за пределы разгрузочного устройства. Технический результат состоит в повышении качества готового продукта и эффективности процесса измельчения материала, снижении энергозатрат.

Авторами Червяков С.А., Борисков Ф.Ф., Борисков Д.Ф. проведены исследования по измельчению материалов во вращающемся барабане мельницы магнитомягкими измельчающими телами. Изобретение относится к дезинтеграции материалов и может быть использовано для измельчения сырья в процессах его переработки. Способ измельчения материалов во вращающемся барабане мельницы магнитомягкими измельчающими телами, например шарами, включает их захват и подъем на оптимальную высоту магнитной силой притяжения электромагнитов, закрепленных на барабане, и сброс шаров в полость барабана при отключении электромагнитов от источника тока [6].

Электромагниты закрепляют на барабане по винтовой линии со сдвигом на угол α , причем электромагниты, опускающиеся вниз мельницы, центрального угла $\beta = 10 + 40^\circ$ при измерении угла от вертикального луча с вершиной, совпадающей с осью вращения барабана против направления движения барабана, а электромагниты, поднимающиеся вверх, отключают от источника тока в диапазоне центрального угла

$\gamma=90+135^\circ$ при измерении угла от вертикального луча по направлению вращения барабана, при этом угол α определяют по выражению: $\alpha=k(0,95+1,05)\pi/n-1$, где k - целое нечетное число; n - количество электромагнитов. Изобретение позволяет снизить величину периодических нагрузок на барабан и опоры мельницы.

Предлагаемое изобретение решает задачу повышения надежности работы мельницы. Технический результат, получаемый при использовании изобретения, состоит в снижении величины периодических нагрузок на барабан и опоры мельницы.

Указанный технический результат [6] достигается тем, что в способе измельчения материалов во вращающемся барабане мельницы магнитомягкими измельчающими телами, например шарами, включающем их захват и подъем на высоту магнитной силой притяжения электромагнитов, закрепленных на барабане, и сброс шаров в полость барабана при отключении электромагнитов от источника тока, согласно изобретению электромагниты закрепляют на барабане по винтовой линии со сдвигом на угол α , определяемый по выражению: $\alpha=k(0,95+1,05)\pi/n-1$, где k - целое нечетное число; n - количество электромагнитов, причем, электромагниты, опускающиеся вниз мельницы, подключают к источнику тока в пределах центрального угла $\beta=10+40^\circ$ при измерении угла от вертикального луча с вершиной, совпадающей с осью вращения барабана против направления движения барабана, электромагниты, поднимающиеся вверх, отключают от источника тока в пределах центрального угла $\gamma=90+135^\circ$ при измерении угла от вертикального луча по направлению вращения барабана.

Способ измельчения материалов во вращающемся барабане мельницы магнитомягкими измельчающими телами, например шарами, включающий их захват и подъем на оптимальную высоту магнитной силой притяжения электромагнитов, закрепленных на 40 барабане, и сброс шаров в полость барабана при отключении электромагнитов от источника тока,

отличающийся тем, что электромагниты закрепляют на барабане по винтовой линии со сдвигом на угол α , причем электромагниты, опускающиеся вниз мельницы, подключают к источнику тока в диапазоне центрального угла $\beta=10+40^\circ$ при измерении угла от вертикального луча с вершиной, совпадающей с осью вращения барабана против направления движения барабана, а электромагниты, поднимающиеся вверх, отключают от источника тока в диапазоне центрального угла $\gamma=90+135^\circ$ при измерении угла от вертикального луча по направлению вращения барабана, при этом угол α определяют по выражению: $\alpha=k(0,95+1,05)\pi/n-1$

где k - целое нечетное число;

n - количество электромагнитов.

Изобретение [7] относится к оборудованию для тонкого измельчения и может быть использовано в строительной, горнорудной, химической, энергетической и других отраслях промышленности. Многокамерная мельница-смеситель содержит корпус в виде вертикально ориентированной цилиндрической емкости, подвешенной на тягах-подвесках к опорной раме. Рама соединена с приводом и разделена диафрагмами на камеры с мелющими телами. В мельнице дополнительно установлены три идентичных корпуса в виде вертикально ориентированных цилиндрических емкостей с образованием единого блока из четырех цилиндрических емкостей, расположенных под прямым углом по отношению друг к другу. Каждый корпус подвешен к опорной раме на трех равномерно расположенных по окружности тягах-подвесках. В своей верхней и нижней частях корпус снабжен цапфами, размещенными на вертикальной оси, с насаженными на них упорными роликами. Приводы всех корпусов содержат вертикальные ведущие валы и обгонные муфты и соединены между собой последовательно и попарно по периметру их размещения жесткой кинематической связью с образованием кинематической системы синхронизации встречных круговых колебаний каждой пары корпусов. Технический результат заключается в

обеспечении стабильности и надежности мельницы в работе за счет минимизации раскачивающих воздействий на опорную площадку. .

Цель предлагаемого изобретения - повышение производительности многокамерной I мельницы-смесителя, обеспечение стабильности ее работы и надежности, минимизация раскачивающих воздействий на опорную площадку.. [8].

Поставленная цель достигается тем, что многокамерная мельница-смеситель, включающая загрузочное и выгрузочное устройства, корпус в виде вертикально ориентированной цилиндрической емкости, подвешенной на тягах-подвесках к опорной раме, соединенной с приводом и разделенной диафрагмами на помольные камеры с мелющими телами, причем боковые стенки нечетных камер, начиная с первой, выполнены в виде перфорированных обратных конических колец, дополнительно содержит три идентичных корпуса - вертикально ориентированные цилиндрические емкости с образованием единого блока из четырех цилиндрических емкостей, расположенных по прямому углом по отношению друг к другу; каждый корпус подвешен к опорной раме, выполненной в виде соединенных стойками верхней и нижней платформ, на трех равномерно расположенных по окружности тягах-подвесках, выполненных в виде жестких стержней с шарнирными креплениями на концах, а в своей верхней и нижней частях корпус снабжен цапфами, размещенными на вертикальной оси с насаженными на них упорными роликами, расположенными в цилиндрических ограничителях обкатки, закрепленных на верхней и нижней платформах; приводы всех корпусов содержат вертикальные ведущие валы и обгонные муфты и соединены между собой последовательно и попарно по периметру их размещения жесткой кинематической связью с образованием системы синхронизации встречных круговых колебаний каждой пары корпусов; при этом система синхронизации выполнена в виде четырех распределительных коробок, в каждой из которых размещены по три

выходных вала: один вертикальный приводной вал с эксцентриковым поводком и ведущей конической шестерней и два расположенных под углом 90° друг к другу горизонтальных валов с ведомыми коническими шестернями, причем коническая шестерня вертикального вала находится в зацеплении с коническими колесами горизонтальных валов, посредством которых распределительные коробки соединены между собой; ведущий вал привода каждого корпуса мельницы соединен с вертикальным приводным валом соответствующей распределительной коробки системы синхронизации посредством обгонной муфты; под устройством для загрузки материала размещен питатель в виде насаженной на вертикальный вал цилиндрической чаши с плоским дном, по периферии которого расположены отверстия с патрубками, соединенными гибким трубопроводом с верхней камерой каждого корпуса, при этом внутри цилиндрической чаши размещен вертикальный вал с закрепленными на нем наклонным лотком и скребком, а между диафрагмами «четных» камер, начиная со второй, соосно с камерой размещены конические кольца с углом наклона боковой поверхности образующей конических колец к вертикальной оси камер в пределах от 10° до 35° .

Каждый корпус многокамерной мельницы - смесителя содержит $(n+1)$ помольных камер, а устройства для подачи и выгрузки материала выполнены в виде трубчатых конвейеров.

Сущность заявляемого технического решения состоит в том, что последовательное и попарное соединение корпусов предлагаемой мельницы-смесителя по периметру их размещения жесткой кинематической связью обеспечивает синхронность встречных круговых колебаний каждой пары корпусов в заданном режиме, исключая какое-либо рассогласование, оказывающее раскачивающее воздействие на станину от инерционных сил, и повышая, таким образом, надежность и безопасность работы заявляемой мельницы-смесителя. Благодаря соединению всех корпусов заявляемой

мельницы - смесителя блоками по четыре корпуса в каждом повышается производительность мельницы-смесителя.

Группа авторов [9] разработала барабанную мельницу для тонкого измельчения материалов. Изобретение предназначено для измельчения материалов. Барабанная мельница содержит загрузочное и разгрузочное устройства, решетки, которые неподвижно соединены с корпусом, футеровочные износостойкие элементы которого выполнены полыми и расположены по винтовой линии рядами. Футеровочный элемент каждого ряда имеет отверстия на внешней стороне. В корпусе неподвижно параллельно друг другу установлены перфорированные эллипсесегменты, которые наклонены к продольной оси корпуса и закрыты с противоположных друг другу сторон параллельными им и повторяющими их форму крышками с образованием между эллипсными сегментами и крышками закрытых полостей, сообщенных с винтовыми каналами. Направление криволинейной образующей противоположно направлению винта каналов и совпадает с направлением вращения корпуса. Изобретение позволяет повысить эффективность измельчения

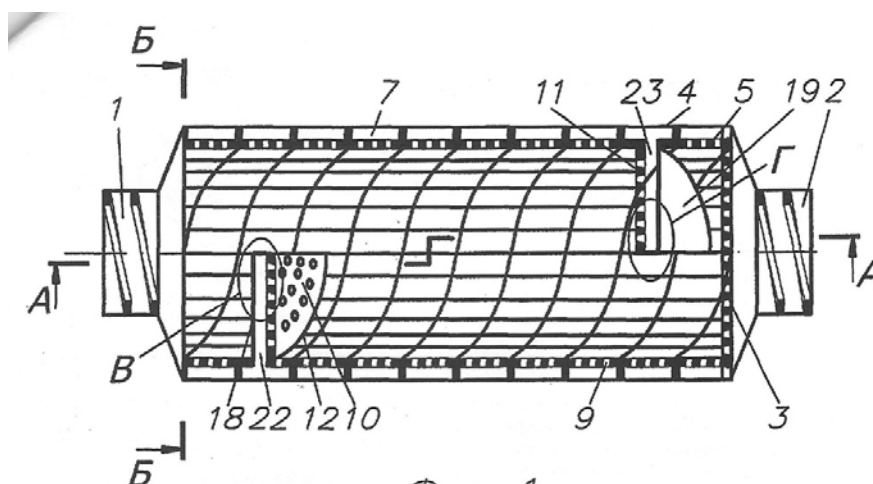


Рис. 1.1.6-Продольный разрез барабанной мельницы

Предлагаемое изобретение направлено на повышение эффективности процесса измельчения материала в барабанной мельнице за счет

интенсификации воздействия мелющих тел на измельчаемый материал установленными в мельнице эллипсными сегментами и выделения из измельчаемого материала фракций определенных размеров по мере их образования[10].

Это достигается тем, что в барабанной мельнице, включающей загрузочное устройство и разгрузочное устройство с решеткой, неподвижно соединенные с цилиндрическим корпусом, футерованным изнутри износостойкими полыми и открытыми по торцам элементами, расположенными по винтовой линии рядами с образованием в каждом ряду винтового канала, сообщающегося с разгрузочным устройством и одним элементом каждого ряда, имеющим отверстия на внешней стороне, согласно предлагаемому решению в корпусе, неподвижно по отношению к нему, у загрузочного и разгрузочного устройств на диаметрально противоположных сторонах параллельно друг другу установлены перфорированные, наклоненные к продольной оси корпуса эллипсные сегменты. Эллипсные сегменты ограничены их торцами, проходящими через большие оси эллипсных контуров сегментов и футеровочными элементами, закрыты с противоположных друг другу сторон параллельными им и повторяющими их форму крышками, неподвижно прикрепленными к эллипсным сегментам по торцевым частям с образованием между эллипсными сегментами и крышками закрытых полостей, сообщающихся с винтовыми каналами. Торцы футеровочных элементов каждого ряда закрыты со стороны соседних рядов. Винтовые каналы закрыты со стороны загрузочного устройства. Направление криволинейной образующей расположенного возле него эллипсного сегмента, со стороны загрузочного устройства, в сторону от удаленной от загрузочного устройства части эллипсного сегмента к приближенной к нему, противоположно направлению винта каналов, образованных футеровочными элементами, и совпадает с направлением вращения корпуса.

На внешней стороне всех футеровочных элементов могут быть выполнены отверстия. Отверстия в эллипсных сегментах могут быть выполнены с расширением в сторону крышек, а ширина или диаметр отверстий в эллипсных сегментах могут, соответственно, быть равны ширине или диаметру отверстий, выполненных в футеровочных элементах.

На фиг.9 и 10 изображены продольные разрезы барабанной мельницы. На рис. 11 и 12 -разрезы корпуса мельницы в местах установки эллипсных сегментов. На рис.13 -поперечный разрез корпуса мельницы у места его соединения с загрузочным устройством. На рис.14 и 15 - выносные элементы эллипсных сегментов.

Таким образом, конструкция барабанной мельницы позволяет интенсифицировать воздействие мелющих тел на измельчаемый материал и выделять из измельчаемого материала фракции требуемых размеров по мере их образования. Это позволит повысить эффективность процесса измельчения материала в мельнице.

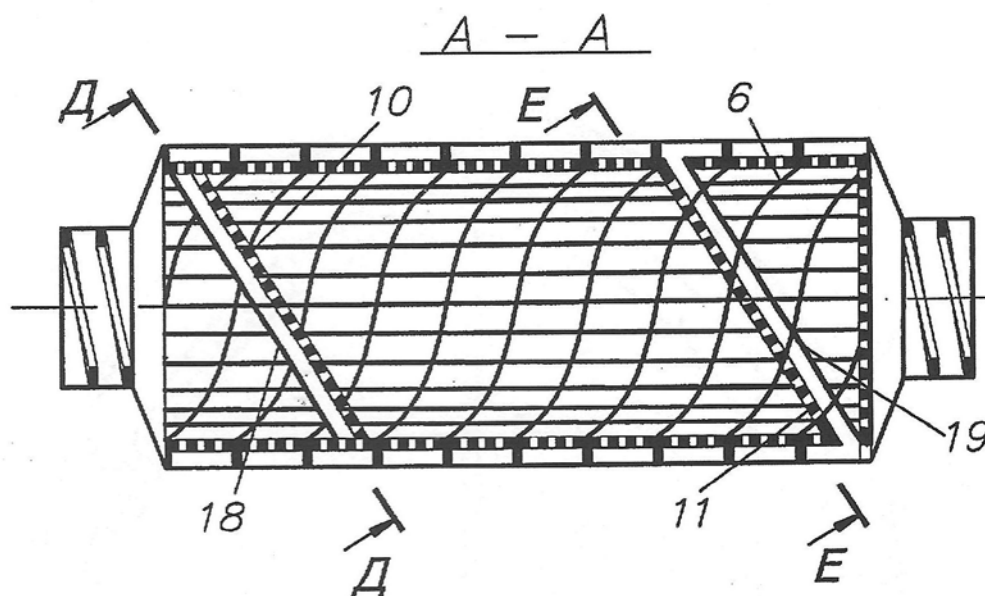


Рис. 1.1.7-Продольный разрез барабанной мельницы

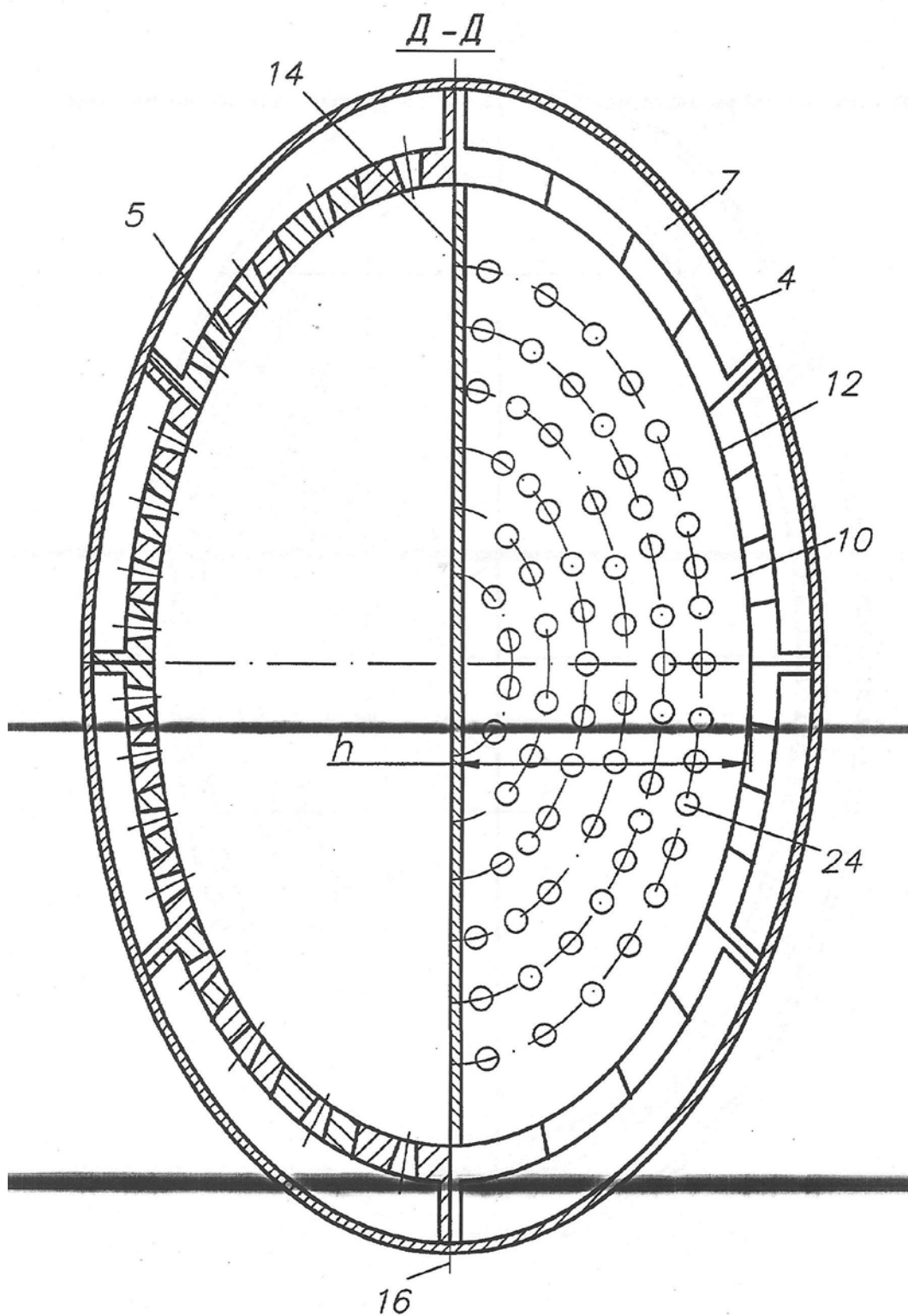


Рис. 1.1.8-Разрез корпуса мельницы в местах установки эллипсных сегментов.

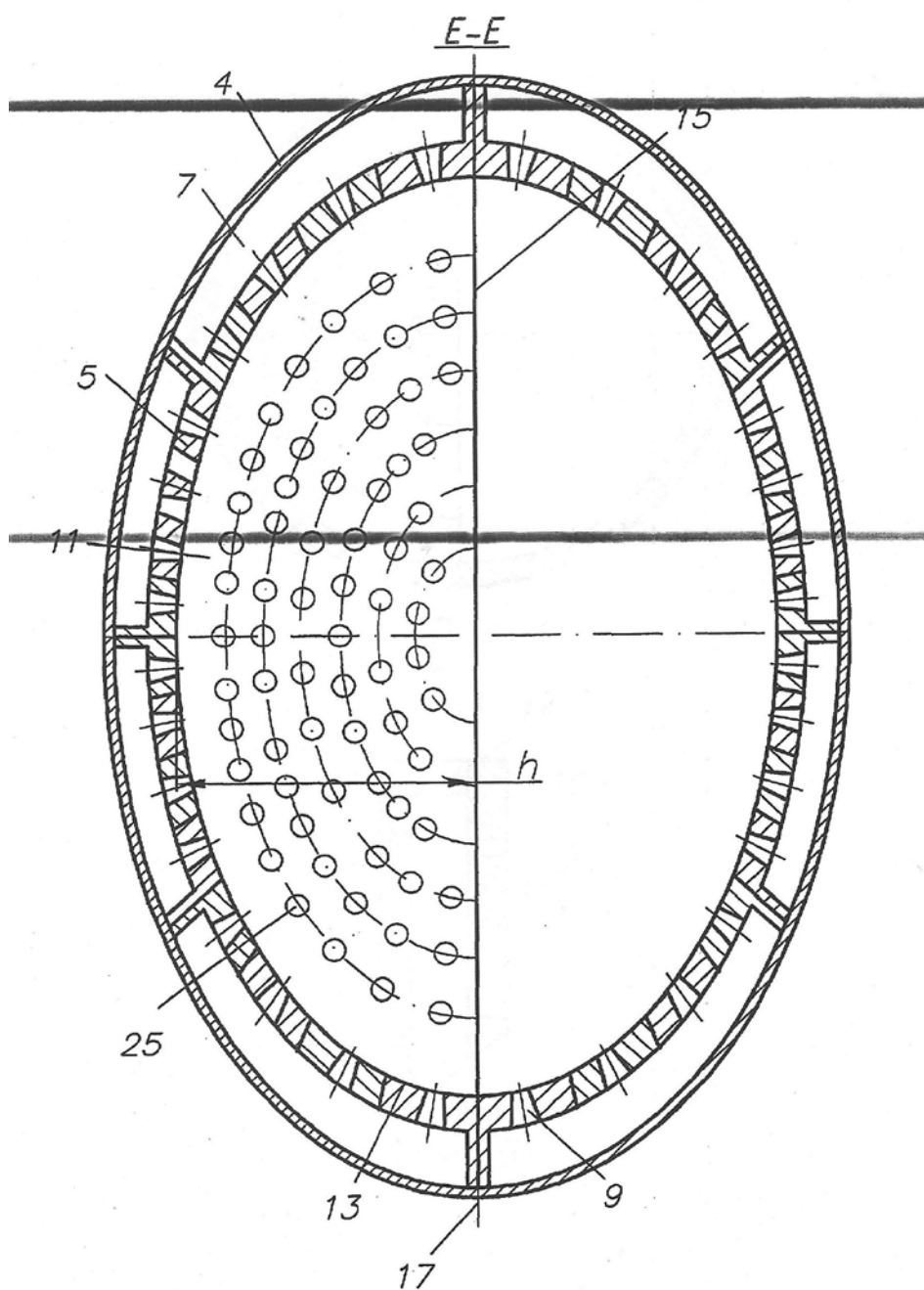
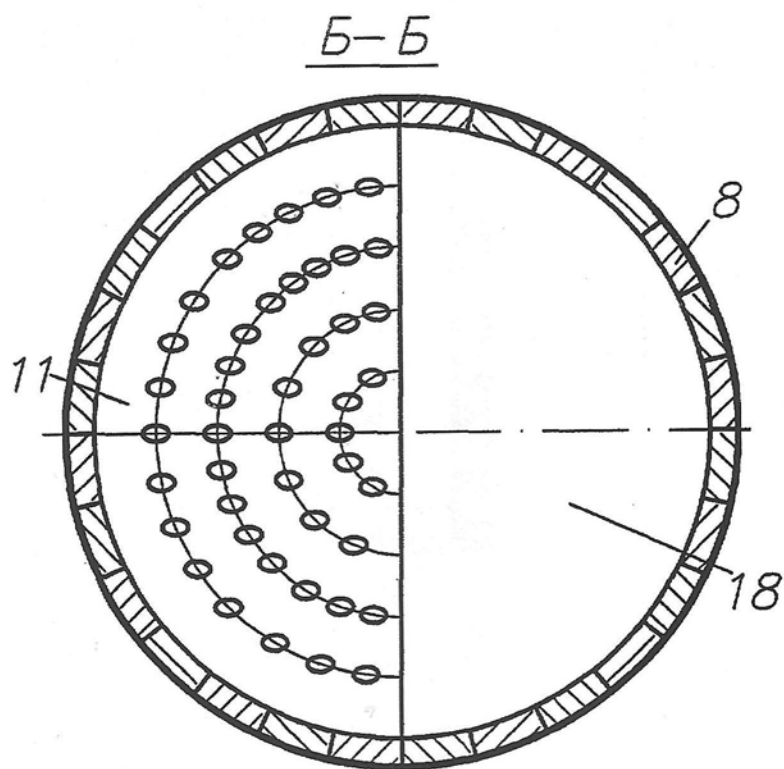


Рис. 1.1.9- разрез корпуса мельницы в местах установки эллипсных сегментов.



Фиг. 5

Б

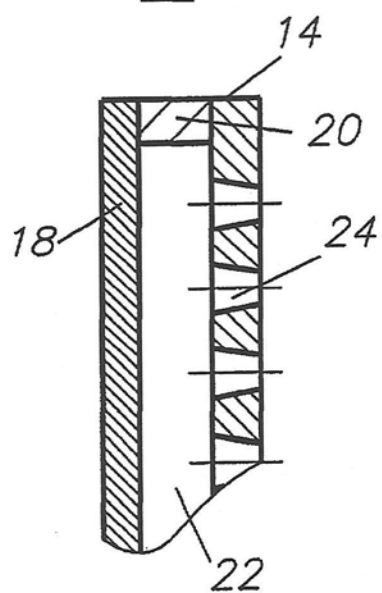


Рис. 1.1.10- Поперечный разрез корпуса мельницы у места его соединения с загрузочным устройством.

Рис.1.1.11, Выносные элементы эллипсных сегментов.

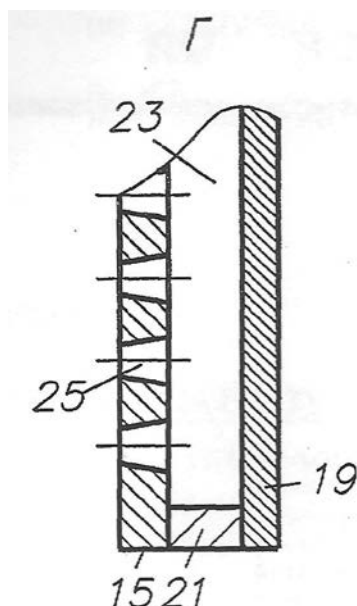


Рис. 1.1.11- Выносные элементы эллипсных сегментов.

1.2. Интенсификаторы процесса помола цемента на основе ПАВ

Размол клинкера с добавками в цемент – энергоёмкая операция. При общем расходе энергии 325-550 МДж на 1 т. цемента на размол клинкера расходуется 125-180 МДж. Поэтому важно знать, каким образом можно получить максимальную производительность при минимальном удельном расходе энергии. При обжиге различных по составу шихт образуется переменное количество расплава 5-20% не одинаковой вязкости. В результате в печи образуются гранулы клинкера, различные по размерам – от 5 до 80 мм, что сказывается как на загрузке мельницы мелющими телами, так и в целом на её работе. Размалываемость зависит от его минералогического состава и режима охлаждения. Трудно размалываются клинкеры с высоким содержанием белита и алюмоферрита, что связано с высокой твёрдостью кристаллов этих минералов. Плохая размалываемость белита также связана с повышенным налипанием материала на мелющие тела [11]. По данным М.М.Сычева [12], гранулы клинкера тем прочнее, чем больше при спекании образуется расплава, поэтому хорошо размалывается клинкер с повышенными значениями кремнеземистого модуля. При увеличении

глиноземистого модуля прочность гранул клинкера падает.. Алитовый клинкер следует охлаждать медленно, а затем быстро, белитовый нужно быстро охлаждать сразу от температуры спекания.

Рядовой цемент характеризуется удельной поверхностью 250-300 м²/кг. Увеличение удельной поверхности с 260-300 м²/кг вызывает заметное падение производительности мельницы. Еще большее падение производительности наблюдается при переходе к удельной поверхности 400-500 м²/кг при получении быстротвердеющего цемента. Поэтому технологические схемы и размольные установки должны проектироваться исходя из возможности получения высокой производительности при обеспечении высокой тонкости помола

На интенсификацию процесса помола клинкера в цементных мельницах влияют также такие факторы как аспирация, загрузка мелющими телами, крупностью питания, технологические схемы помола, водяное охлаждение, введение электролитов.

Значительную роль в интенсификации измельчения играют ПАВ, применение которых предотвращает агрегацию образующихся тонких частиц в процессе помола, в явлениях адсорбционного понижения прочности, а также предотвращает налипание тонких частиц на мелющие тела. Кроме того введение в мельницу ПАВ повышает подвижность материала при продвижении по мельнице. В этом случае улучшаются и свойства цемента: повышается аэрируемость, уменьшается слеживаемость, предотвращается снижение активности при хранении. Однако при этом увеличивается пыление при помоле и транспортировке и возникают затруднения при упаковке цемента в тару. Так пропиленгликоль увеличивает подвижность цемента, одновременно повышая пылевыведение. В результате ПАВ часто используют в концентрациях меньшей, чем необходимо для обеспечения максимума эффекта при помоле. Применение

ПАВ позволяет повысить производительность мельницы на 15-20 %, повысить тонкость измельчения, снизить расход энергии.

В качестве ПАВ при измельчении клинкера используют препараты на основе : а) аминов - триэтаноламин, ацетилованный этаноламинацетат ; иногда эти вещества смешивают в определенной пропорции с растворимой кальциевой солью лигносульфоновой кислоты; б) гликолей – этиленгликоля, пропиленгликоля, полигликолей. Необходимая концентрация ПАВ составляет 0,01-0,04 % для аминов, и 0,03-0,1 % для гликолей от массы цемента. ПАВ вводят непосредственно в мельницу в тонко распыленном виде. Ряд специалистов считают целесообразно подавать ПАВ в камеру тонкого измельчения с целью предотвращения агрегации и налипания. Однако при подаче в первую камеру ПАВ и как понизитель прочности клинкера Введение ПАВ путем обрызгивания клинкера на линии дозатора или впрыскивания ПАВ в первую камеру цементной мельницы оказалось равноценным. За рубежом ПАВ выпускают в виде концентрированных растворов , разбавляемых на заводе водой..

Применение ПАВ сказывается на оптимальном составе мелющей загрузки. При введении ПАВ в результате повышения подвижности материала для сохранения оптимального отношения масс шаров и материала уменьшают размер мелющих тел или живое сечение перегородок. При использовании ПАВ в установках замкнутого цикла, необходима специальная настройка сепаратора, так как введение ПАВ повышает эффективность сепарации , что сказывается на величине циркуляционной загрузки, которая может быть снижена. Введение ПАВ при размоле клинкера влияет и на свойства цемента. В частности оказывается с менее широким гранулометрическим составом, уменьшается содержание частиц крупного класса - более 60 мкм.. Следует учитывать активность цемента с его тонкостью и гранулометрией.. Портландцементы с размерами частиц 0-30 мкм наиболее активны. Так , если активность цемента при 28 сутках при

тонкости 3-25 мкм – 100%, то у цементов из того же клинкера, но с размерами частиц 25-50 мкм составляет 80%. Увеличение доли тонких частиц повышает активность цемента в ранние сроки твердения, причем увеличение доли крупных частиц может повысить активность в 28 суток. Максимальная крупность клинкера 3-5 мм [13].

Интенсификатор помола цементного клинкера, содержащий пластификатор сульфатного типа на основе смеси олигомерных продуктов конденсации нафталинсульфокислоты, обработанные триэтаноламином повысил эффективность помола клинкера при малых его дозировках интенсификатора помола. Эффективность действия интенсификатора оценивали сравнивая параметры работы . мельницы и характеристики цементов.Производительность работы мельницы фиксировалась по показателям весовых дозаторов . Оценка влияния интенсификаторов проводилась по остатку на сите №008, удельной поверхности, нормальной густоте , срокам схватывания и прочности при сжатии при 28 суточном возрасте, определяемом по ГОСТ 310.4-81.Остаток на сите составил 6-11 мас.%.Производительность мельницы была увеличена на 3,5-6,3 %, величина водоотделения составила 0,7-0,8%. [14].

Наиболее эффективны амины и многоатомные спирты. Они оказывают влияние за счет агломерации , а также предотвращают залечивание образовавшихся в процессе помола микротрещин.Добавляемое количество подобных интенсификаторов составляет 0,01-0,1% от веса клинкера.(тейлор) (16)., однако последующее использование полученных цементов на стадии производства бетонов в комплексе с суперпластификаторами часто приводит к расслоению бетонных смесей и снижению прочностных характеристик бетонов [15].

Авторами [16] в роли интенсификаторов помола клинкера применяли смеси алколаминов и алкандиолов при соотношении 30-40 к 40-70.. Технический результат работы использование интенсификатора помола -

повышение производительности мельницы и улучшение характеристики измельчаемых материалов при снижении энергозатрат. Введение пластификатора при помоле увеличивает скорость набора удельной поверхности цемента за счет эффекта Ребиндера, заключающегося в адсорбционном понижении прочности твердых тел. В отличие от других работ авторы работу мельницы оценивали и по текучести цемента, определяемая по методике ASCTM 1565-04. Суть методики заключалась в просеивании навески цемента через сито №05 на встряхивающем столике Хагарманна. Цемент обладает высокой текучестью, если при встряхивании сквозь сито проходит более 50% материала.

Выводы

Способ тонкого измельчения материала, преимущественно цементного клинкера в шаровой барабанной мельнице, барабан которой разделен межкамерной перегородкой на камеры грубого и тонкого измельчения, снабженной выходной решеткой, позволяет интенсифицировать воздействие межкамерной перегородки и мелющих тел на измельчаемый материал и выделить из измельчаемого материала фракции требуемых размеров по мере их образования. Это позволит повысить эффективность процесса измельчения материала в мельнице.

Применение интенсификаторов помола клинкеров позволяют повысить производительность мельниц и улучшить характеристики цемента при сниженных энергозатратах.

ГЛАВА II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Методы проведения исследований и характеристика исходных материалов

2.2. Методы определения основных свойств цемента

Для проведения работы применялись современные методы анализа сырьевых смесей и продуктов реакций. Химический анализ проводили по ГОСТ 5382-91[39]. Зависимость свойств цементов от отдельных факторов изучали в соответствии ГОСТ 310-89[40].

Прочность цементов определяли на малых образцах - кубиках 1,41x1,41x1,41 состава 1:0 а их опытных партий на стандартных образцах размером 4x4x16 см состава 1:3.

Скорость гидратации, нормальная густота и сроки схватывания цементного теста, гидравлическая активность добавок, прочностные показатели цементов определялись стандартными методами в соответствии ГОСТ 310.4-81, 310-89.

Ситовой анализ применяется для определения тонкости помола порошкообразных материалов при контроле производства, а также при различных исследованиях, проводимых в заводских и научно-исследовательских лабораториях. Ситами пользуются также в случае необходимости разделить материал на фракции с зернами определенной крупности. Для всех этих работ используют стандартные нормированные металлические сита с квадратными отверстиями.

Возможны различные обозначения сит: номером сетки, количеством отверстий ячеек на 1см² сетки, количеством отверстий на 1 пог. см и другие.

В ГОСТ 3584-83 на проволочные тканые сетки с квадратными ячейками контрольные и высокой точности предусмотрена шкала сит с обозначением номеров сеток.

Номер сетки соответствует размеру стороны ячейки в свету (мм), причем если этот размер менее 1 мм, то в обозначении номера занятая перед

десятыми долями миллиметра опускается. Следовательно, номер сетки характеризует наибольший размер прошедших через него зерен, что является преимуществом данной системы сит. Согласно ГОСТ 3584-83 сетки изготовляют из термически обработанной проволоки из сплавов цветных металлов латуни и фосфористой бронзы.

Ситовой анализ отличается простотой, но он недостаточно точен, так как не дает представления об истинном размере зерен. Линейный размер зерен совпадал бы точно с размерами отверстия сита, если бы форма зерен была строго шарообразной, но в действительности зерна имеют неправильную форму и через отверстие сита может пройти продолговатое зерно, длина которого больше размера ячейки. Следовательно, результаты ситового анализа базируются не на среднем, а на наименьшем размере зерен, и истинная крупность материала всегда больше той, которую отражает ситовой анализ. Кроме того, в результате трения, при просеве через сита мягких материалов, увеличивается количество тонких пылевидных частиц.

Тонкость помола вяжущих веществ определяют при помощи прибора, состоящего из металлических цилиндрических обойм, и которых хорошо натянуты и плотно зажаты сита с сетками, доньшка и крышки. Все составные части должны плотно входить одна в другую. Диаметр металлических обойм 10-15 см, а высота 5 см. Сетки должны находиться на расстоянии 1 см от нижнего края обойм.

Навеску цемента в 50г, высушенного при $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ в шкафу в течение 1ч, высыпают на сито. Закрыв сито просеивают цемент на механическом приборе или вручную и постепенно поворачивая его на полный оборот вокруг вертикальной оси. Просеивание считается законченным, если в течение 1 мин сквозь сито проходит не более 0,05 г цемента. Сита должны быть совершенно сухими и после опыта их надо тщательно прочищать.

Тонкость помола цемента (%) определяют с точностью до 0,1% путем взвешивания остатка цемента на сите. Аналогичным образом находят

тонкость помола и других вяжущих с той только разницей, что может применяться иное число сеток с различными размерами ячеек. В этом случае материал просеивают в приборе, состоящем из цилиндрической составной коробки, имеющий несколько обоем, на которые натянуты различные сетки, донышко и крышка.

При определении тонкости помола сырьевого шлама и других продуктов мокрого помола навеску материала промывают сквозь сито водой до тех пор, пока вода, проходящая через сито, не станет прозрачной. Для ускорения опыта навеску взмучивают на сите с помощью мягкой кисточки. После окончания просеивания сито вместе с навеской высушивают в сушильном шкафу при 100-110°C. Сухой остаток взвешивают и вес его выражают в % по отношению к сухому цементу. Можно остаток после мокрого просеивания смыть с сита в фарфоровую чашку, дать воде отстояться, слить ее, высушить и взвесить сухой остаток.

При ситовом анализе глины в фарфоровой чашке отвешивают 50г высушенной глины, слегка смачивают ее водой и обрабатывают 2 н. HCl. Затем навеску разбавляют водой и переносят на сито №02, находящееся над стаканом емкостью 1л. Остаток на сите промывают водой до тех пор, пока промывная вода не сделается прозрачной. С сита остаток переносят в навесочную чашку и высушивают при 100-110°C в течение 2 ч, а затем охлаждают и взвешивают. Промывную воду процеживают сквозь сито №008 и затем через сито №006, каждый раз высушивая остаток и взвешивая его.

Просеивание материала вручную требует длительного времени и потому оно все больше заменяется механизированным просеиванием в соответствующих приборах.

Просеивательный аппарат Гипроцемента состоит из станины, привода, шатунно-эксцентрикового механизма, ударника, упора для вращения сит и набор сит. Горизонтально расположенный шатун получает поступательно-вращательное движение от эксцентрика со смещением оси, равным 12,5 мм.

На средней части шатуна смонтирован диск, на котором устанавливают набор сит, совершающих вместе с шатуном колебания в горизонтальной плоскости. С помощью, установленного на пути движения диска подвижного упора осуществляется движение диска вместе с набором сит вокруг своей оси. Движение диска вследствие сопротивления упора затормаживается, и при последующем движении диск поворачивается за каждый ход шатуна на определенный угол.

Для того чтобы просеиваемый материал не скапливался на периферии сита и для разрушения комочков слипшегося материала, при каждом ходе шатуна по обечайке сита №008 осуществляется два разных удара молоточками, укрепленными на подвижной стойке машины (движущейся вместе с шатуном) и соединенными пружинами с неподвижной стойкой. Резкие удары по корпусу сита отбрасывают комочки слипшегося материала. Сита вращаются вокруг своей оси со скоростью 35 об/мин, количество ударов по обечайке сита 500 уд/мин, мотор мощностью 0,25 кВт с 1400 об/мин. Передача движения от мотора осуществляется с помощью пары зубчатых цилиндрических шестерен, причем для уменьшения шума ведущая шестерня делается из текстолита. Зубчатая пара привода заключена в станине и работает в масляной ванне. Продолжительность просеивания на этом аппарате составляет 20 мин.

Определение нормальной густоты цементного теста.

Аппаратура

Прибор Вика с иглой и пестиком.

Колька к прибору Вика.

Мешалка для приготовления цементом теста.

Прибор Вика (2.2.1) имеет цилиндрический металлический стержень 1, свободно перемещающийся в обойме станины 2. Для закрепления стержня на требуемой высоте служит стопорное устройство 3. Стержень снабжен указателем 4 для отсчета перемещения его

относительно шкалы 5, прикрепленной к станине. Шкала имеет цену деления 1 мм.

При определении нормальной густоты цементного теста в нижнюю часть стержня вставляют металлический цилиндр-пестик 6.

При определении сроков схватывания пестик заменяют иглой 7.

Пестик должен быть изготовлен из нержавеющей стали с полированной поверхностью. Игла должна быть изготовлена из стальной жесткой нержавеющей проволоки с полированной поверхностью и не должна иметь искривлений. Поверхность пестика и иглы должна быть чистой.

Массу перемещающейся части прибора сохраняют взаимной перестановкой пестика и иглы. Отдельные детали перемещающейся части прибора подбирают таким образом, чтобы их общая масса находилась в пределах 300 ± 2 г.

Кольцо к прибору Вика и пластинка, на которую устанавливают кольцо, должны быть изготовлены из нержавеющей стали, пластмассы или другого не впитывающего воду материала. Форма и размеры кольца должны соответствовать указанным на рис. 2.2.1.

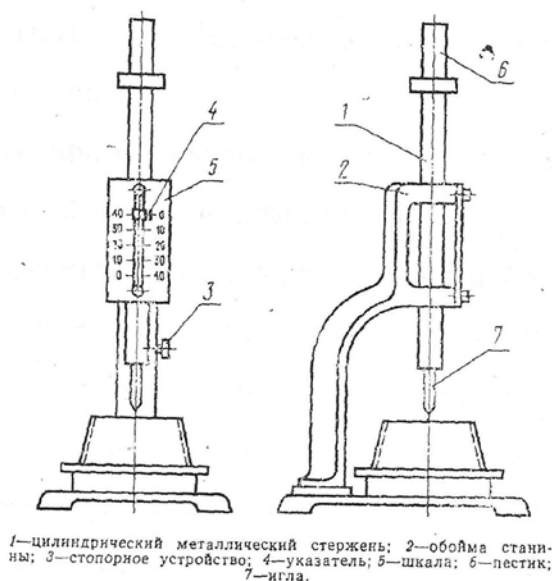


Рис.2.2. 1. Прибор Вика

Мешалка для приготовления цементного теста должна отвечать требованиям соответствующих технических условий.

При отсутствии в лаборатории механизированной мешалки для приготовления цементного теста применяют чашу сферической формы, изготовленную из нержавеющей стали. Лопатку для перемешивания цементного теста изготавливают из упругой нержавеющей стали.

Проведение испытаний.

Нормальной густотой цементного теста считают такую консистенцию его, при которой пестик прибора Вика, погруженный в кольцо, заполненное тестом, не доходит на 5-7мм до пластинки, на которой установлено кольцо.

Нормальную густоту цементного теста характеризуют количеством воды затворения, выраженным в процентах от массы цемента.

Перед началом испытания проверяют, свободно ли опускается стержень прибора Вика, а также нулевое показание прибора, соприкасая пестик с пластинкой, на которой расположено кольцо. При отклонении от нуля шкалу прибора соответствующим образом передвигают.

Кольцо и пластинку перед началом испытаний смазывают тонким слоем машинного масла.

Для ручного приготовления цементного теста отвешивают 400г цемента, высыпают в чашу, предварительно протертую влажной тканью. Затем делают в цементе углубление, в которое вливают в один прием воду в количестве, необходимом (ориентировочно) для получения цементного теста нормальной густоты. Углубление засыпают цементом и через 30 с после приливания воды сначала осторожно перемешивают, а затем энергично растирают тесто лопаткой.

Продолжительность перемешивания и растирания составляет 5 мин с момента наливания воды.

Приготовление цементного теста на механической мешалке производят в соответствии с прилагаемой к мешалке инструкцией.

После окончания перемешивания кольцо быстро наполняют в один прием цементным тестом и 5-6 раз встряхивают его, постукивая пластинку о твердое основание. Поверхность теста выравнивают с краями кольца, срезая избыток теста ножом, протертым влажной тканью. Немедленно после этого приводят пестик прибора в соприкосновение с поверхностью теста в центре кольца и закрепляют стержень стопорным устройством, затем быстро освобождают его и предоставляют пестику свободно погружаться в тесто. Через 30 с с момента освобождения стержня производят отсчет погружения по шкале. Кольцо с тестом при отсчете не должно подвергаться толчкам.

Определение сроков схватывания

Аппаратура

Автоматический прибор для определения сроков схватывания.

Проведение испытаний

Перед началом испытания проверяют, свободно ли опускается стержень прибора Вика, а также нулевое показание прибора. Кроме того, проверяют чистоту поверхности и отсутствие искривлений иглы. Иглу прибора доводят до соприкосновения с поверхностью цементного теста нормальной густоты, приготовленного и уложенного в кольцо. В этом положении закрепляют стержень стопором, затем освобождают стержень, давая игле свободно погружаться в тесто. В начале испытания, пока тесто находится в пластичном состоянии, во избежание сильного удара иглы о пластинку допускается слегка ее задерживать при погружении в тесто. Как только тесто загустеет настолько, что опасность повреждения иглы будет исключена, игле дают свободно опускаться. Момент начала схватывания определяют при свободном опускании иглы.

Иглу погружают в тесто через каждые 10 мин, передвигая кольцо после каждого погружения для того, чтобы игла не попадала в прежнее место.

Началом схватывания цементного теста считают время, прошедшее от начала затворения (момента приливания воды) до того момента, когда игла

не доходит до пластинки на 1-2мм. Концом схватывания цементного теста считают время от начала затворения до момента, когда игла опускается в тесто не более чем на 1-2мм.

Определение удельной поверхности методом воздухопроницаемости

Этот метод определения удельной поверхности цементов основан на измерении сопротивления, оказываемого воздуху, просасываемому через слой цемента установленной толщины и площади поперечного сечения, уплотненного до определенного содержания пустот в единице объема. Определение удельной поверхности цемента методом воздухопроницаемости ведут по ГОСТ 310-81.

Поверхностемер для определения удельной поверхности цемента (рис 2.2.2) состоит из пяти основных частей: гильзы 1, манометра-аспиратора крана 3, регулятора разрежения 4 и источника разрежения 5 (груша или водоструйный насос).

Гильза (рис.2.2.2а), в которую помещается испытуемый цемент, представляет собой стальную трубку 1 с внутренним диаметром $25,2 \pm 0,1$ мм и площадью поперечного сечения 5 см^2 . В нижней части гильзы выточены заплечики, на которые помещается перфорированный диск 2. Ниже уровня перфорированного диска имеется трубка 3, служащая для присоединения гильзы к прибору. Гильза устанавливается в обойму доньшка 4. Перфорированный диск, на которой помещается слой цемента, изготавливается из металлической пластинки толщиной 2 мм с 88 отверстиями диаметром 1,2 мм, равномерно распределенными по всей площади диска.

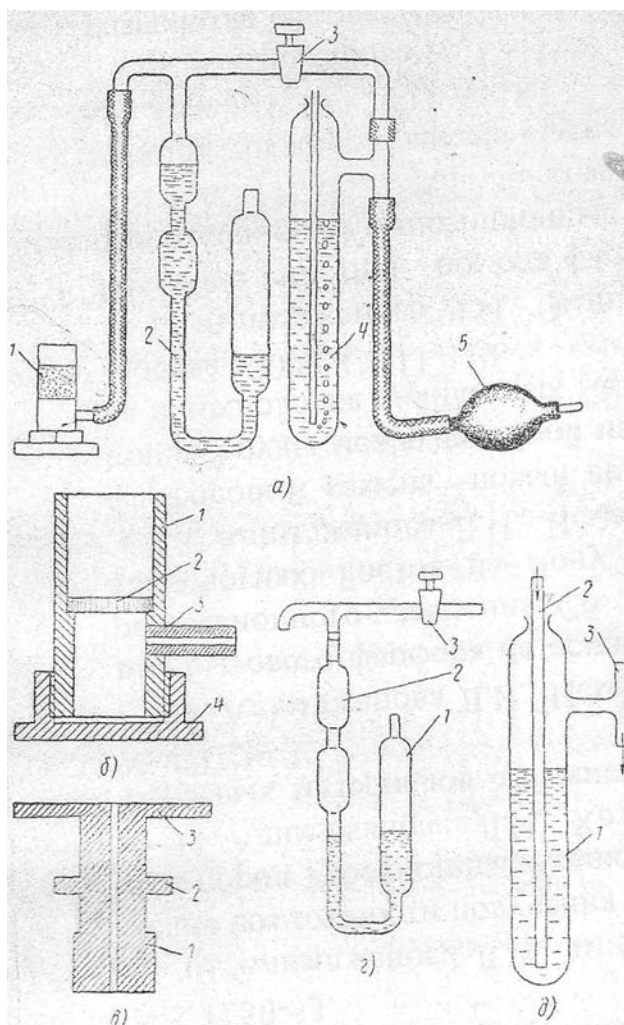


Рис.2.2. 2. Поверхностемер для определения удельной поверхности цемента

Плунжер (рис. 2.2. 2в) служит для уплотнения цементного порошка в гильзе и состоит из корпуса 1, упорного кольца 2, выточенного из одного куска металла вместе с корпусом. и рукоятки 3. Вдоль оси плунжера просверлен канал для прохода воздуха. Плунжер должен быть подогнан к гильзе с просветом 0,1 мм. Необходимо, чтобы нижняя плоскость плунжера была перпендикулярна к его вертикальной оси. Упорное кольцо должно быть на такой высоте от нижней плоскости плунжера, чтобы при введении последнего в гильзу до соприкосновения кольца с верхними краями гильзы расстояние между нижней плоскостью плунжера и перфорированным диском составляло $15 \pm 0,5$ мм.

Манометр аспиратор (рис. 2.2.2 г) представляет собой стеклянный сосуд, наполненный водой, и служит для создания разрежения, вызывающего просасывание воздуха через слой порошка, а также для измерения этого разрежения. Внутренний диаметр манометра аспиратора – около 5 мм, высота – 250 мм. Одно колено 1 манометра открыто, второе 2 присоединяется к гильзе и к регулятору разрежения. На этом колене манометра имеются два уширения: верхнее, предназначенное для измерений удельной поверхности цементных порошков с большой удельной поверхностью, нижнее – с малой удельной поверхностью. выше и ниже расширений имеются отметки. Кроме того, нанесены: нулевая отметка, до которой манометр-аспиратор наполняется жидкостью, и верхняя, до которой должен подниматься уровень жидкости перед началом измерения. Для отключения манометра-аспиратора от регулятора разрежения служит кран 3.

Гидравлический регулятор разрежения (рис. 2.2.2,) состоит из стеклянного сосуда 1, наполненного насыщенным раствором поваренной соли. в сосуд впаяна стеклянная трубка 2 для ввода воздуха и трубка 3 для присоединения к прибору. Регулятор заполняют раствором до такого уровня, чтобы при создании разрежения жидкость в закрытом колене манометра-аспиратора поднималась до высоты, отмеченной двумя точками. Разрежение создают при помощи водоструйного насоса. При отсутствии последнего можно пользоваться обычной грушей-аспиратором с клапанами для движения воздуха в одном направлении.

Перед испытанием цемент просеивают через сито №09 и навеску в 25 г сушат в течение 2 ч при 105-110°C в сушильном шкафу. Проверяют герметичность гильзы и соединений прибора, для чего плотно закрывают гильзу сверху резиновой пробкой, создают разрежение в манометре-аспираторе и закрывают кран. При полной герметичности гильзы и соединений уровень жидкости в манометре-аспираторе не должен снижаться.

В противном случае отыскать место присоса воздуха и добиться полной герметичности.

Величину навески цемента вычисляют по формуле

$$Q = \gamma_{\text{уд}} V (1 - m) \text{ г,}$$

где $\gamma_{\text{уд}}$ – удельный вес испытуемого цемента, г/см³, V – объем слоя цемента в гильзе, см³, m – коэффициент пористости цемента, для обеспечения единообразия рекомендуют принимать $m = 0,48 \pm 0,01$.

Для портландцементов, размалываемых без добавок (кроме гипса), удельный вес принимают равным 3,15.

Для очень тонко размолотых цементов, а также цементов с добавками (кремнеземистыми, карбонатными и т.п.) величину навески следует подбирать опытным путем так, чтобы при прессовании плунжером в гильзе получился плотный слой. В этом случае величину коэффициента пористости вычисляют по формуле

$$m = \frac{V \cdot \gamma_{\text{св}} - Q}{V \cdot \gamma_{\text{св}}}$$

Для подготовки слоя цемента к испытанию в гильзу помещают перфорированный диск. Сверху диска кладут кружок фильтровальной бумаги малой или средней плотности, на котором располагают навеску цемента. Слегка постукивая по стенкам гильзы, накладывают на слой цемента второй кружок фильтровальной бумаги, и образец при помощи плунжера прессуют нажатием руки до тех пор, пока упорное кольцо плунжера не придет в соприкосновение с верхним краем гильзы.

Гильзу с приготовленным слоем цемента присоединяют при помощи резиновой трубки к манометру-аспиратору. Приводят в действие водоструйный насос или другой источник разрежения. Открывают кран между манометром-аспиратором и регулятором разрежения. После того как в закрытом колене манометра аспиратора жидкость поднимается до высоты, находящейся между двумя линиями, нанесенными на трубке, кран

закрывают. Уровень жидкости в закрытом колене манометра-аспиратора опускается, вызывая просасывание воздуха через слой материала, находящегося в гильзе. Когда уровень жидкости доходит до отметки, находящейся над верхним расширением, пускают в ход секундомер и останавливают его, когда уровень жидкости дойдет до отметки между двумя расширениями.

Если уровень жидкости понижается слишком быстро, что не позволяет точно фиксировать момент прохода мениска жидкости против первой отметки (выше верхнего расширения), для измерений следует пользоваться нижним расширением манометра-аспиратора. В этом случае секундомер пускают, когда уровень жидкости дойдет до черты между расширениями, и останавливают, когда уровень жидкости доходит до отметки, находящейся ниже второго расширения.

Определение продолжительности просасывания воздуха для одной и той же навески производят дважды и для дальнейших расчетов используют среднее арифметическое из двух определений.

При измерениях, требующих повышенной точности, необходимо производить 2-3 повторных определения с отдельными навесками цементов.

Удельную поверхность цемента вычисляют по формуле.

$$s = \frac{K}{\gamma_{\text{св}}} \sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\eta}} \cdot \sqrt{t} \text{ см}^2 / \text{г}$$

где K – постоянная прибора, указанная в паспорте отдельно для работы с верхним и нижним расширениями манометра-аспиратора, $\gamma_{\text{св}}$ – удельный вес испытуемого цемента, г/см³, m – коэффициента пористости цемента, находящегося в гильзе; η – вязкость воздуха при температуре опыта, пз; t – время снижения уровня жидкости от отметки сверху расширения до отметки снизу расширения, сек.

Определение предела прочности цементных образцов при сжатии

Настоящая методика предназначена для определения предела прочности цементных образцов при сжатии. Метод основан на определении силы, при которой наступает разрушение образца во время сжатия его статистической нагрузкой.

Подготовка к испытанию.

Для испытания изготавливают образцы, имеющие форму размером 1,41x1,41x1,41 мм. На поверхности образцов не допускаются трещины, вмятины, сколы, обнаруживаемые визуально. У каждого из образцов шлифуют по две взаимно-параллельные плоскости и вычисляют площадь поперечного сечения образца с точностью до 0,001 см². Для испытания берут серию из пяти образцов.

Проведение испытания

Испытуемый образец со шлифованной поверхностью устанавливается на нижнюю плитку так, чтобы он плотно прилегал к ней гранью, на которую будет передаваться нагрузка (эта грань намечается при подготовке образца).

Каждое испытание проводят со скоростью нагрузки на образец равной 100=150 кг/мин. (1,0-1,5 кН/мин) до его разрушения. Затем по шкале фиксируют положение стрелки, при котором произошло разрушение образца. Отсчёт проводят с точностью до 5 кгс (50н).

Обработка результатов

Прочность образцов на сжатие $\sigma_{сж}$ в мПа (кгс/см²) вычисляют по формуле:

$$\sigma_{сж} = P/F$$

где : Р - нагрузка, при которой образец разрушается, /н, (кгс)/;

F - площадь поперечного сечения образца /мм², см²/.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов трех параллельных определений, расхождение между которыми не должно превышать 15 отн. %.

2.3. Характеристика исходных материалов

Существует 5 ключевых факторов, влияющих на эффективность шаровых мельниц:

Тонкость цемента;

Конструкция оборудования и линии;

Эксплуатация и техобслуживание;

Использование добавок к клинкеру;

Использование интенсификаторов помола.

Таблица 2.3.1

Характеристики материала

Сырьевой материал	Внешние характеристики	Размер частицы	Влажность
Клинкер	Жесткий, абразивный	< 30 мм	Сухой
Природный гипс	Преимущественно жесткий	< 50 мм	< 10%
Синтетический гипс	Мягкий, липкий	< 50 мм	до 25%
Доменный шлак	Стеклообразный, абразивный	< 5 мм	до 15%
Известняк	Жесткий	< 50 мм	5-10%
Пуццолан	Жесткий или мягкий	10-50 мм	до 25%
Зола уноса – сухая	Порошкообразный	2,000-5,500 см ² /г	Сухой
Зола уноса–влажная	Липкий	Комковатая	до 25%

Основными сырьевыми материалами для производства портландцемента служат известняки, глины, сланцы, мергели, различные горные породы.

Класс карбонатов представлен минералом кальцитом, реже минералом арагонитом. Кальцит имеет твердость – 3, арагонит – 3,5-4,0. Известняки осадочные породы. По происхождению различают известняки органогенные, химические и оболочные. Известняки содержат примесные минералы – алюмосиликатные минералы глин, примеси кварца, халцедона, опала, окиси железа, пирита, гипса, фосфорита, барита. Примеси находятся в виде самостоятельных соединений, а известняк представляет собой механическую смесь минералов. Объемная масса $2650-2900 \text{ кг/м}^3$, прочность 50-200 МПа.

Глины являются водными алюмосиликатами в виде тонких частиц < 2 мкм. К глинистым минералам относятся каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и монтмориллонит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, до 5% Fe_2O_3 , 4-9% MgO , до 3,5% CaO . К глинистым породам относится леи, суглинки. Леи – землистая порода, сложенная из слюд, каолинита, полевых шпатов, кальцита и кварца. Сланцы – скальная порода, продукт перекристаллизации глин. Суглинки – глины содержащие до 40% кварца. Мергели – природная смесь глинистых минералов и кальцита.

Базальты относятся к изверженным породам. В составе базальта не содержится кварца, но имеется много темных составляющих, отличающихся вязкостью и большим удельным весом. базальты в основном состоят из темных минералов.

В диссертационной работе мы пользовались сырьевыми материалами завода «Бекабадцемент» по производству цемента сухим способом.

Карьер известняка расположен в 180 км от завода. Фракция известняка - 40 мм.

Карьер глины находится в 16 км от завода.

В настоящее время, используемые заводом железные руды расположены в 180 км от завода.

В качестве топлива используется природный газ, теплотворность которого составляет 34411 кДж/м^3 , теплотворность угля 25900 кДж/кг .

Ниже приводятся химический состав исходных применяемых материалов.

Таблица 2.3.2

Химический состав исходных сырьевых материалов

Исходный материал	Содержание оксидов, масс. %									
	потеря	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Σ
Известняк	42,04	1,44	0,59	0,4	53,6	"0,9	-	-	0,23	99,27
Глина	11,04	54,26	11,25	4,72	10,09	3,03	-	0,15	0,83	99,05
Железная руда	-	21,37	4,21	63,55	3,82	1,79	-	-	1,44	96,56

Для сырьевой смеси берем следующую пропорцию сырьевых материалов: известняк – 75%; глина – 24%; железная руда – 1%

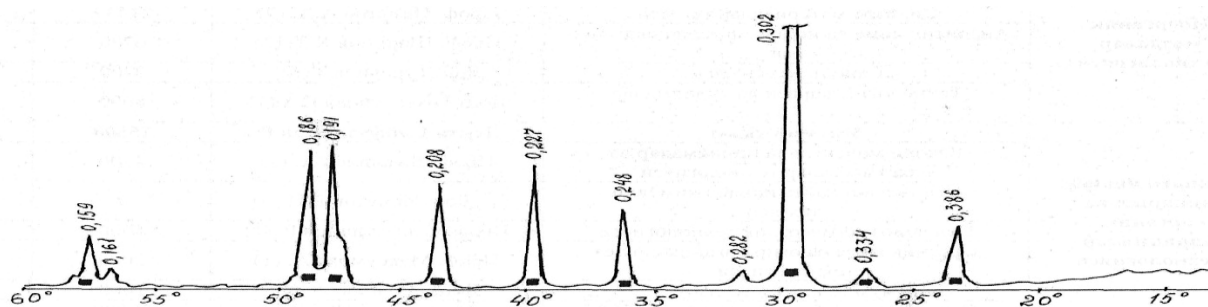


Рис. 2.3.1. Дифрактограмма известняка Джизакского месторождения
 Минералогический состав известняка представлен минералом кальцитов с межплоскостными расстояниями $d=0,302; 0,227; 0,208; 0,191; 0,186; 0,159$ нм.

Таблица 2.3.3

Химический состав сырьевой смеси

Наименование материала	Содержание оксидов, масс. %							
	Потери п.п	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	Σ
Сырьевая смесь	34,27	14,32	3,18	2,07	42,66	1,42	0,27	98,19

Химический состав клинкера

Наименование материала	Содержание оксидов, масс. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	Σ
Клинкер	21,78	4,845	3,15	64,90	2,16	0,41	97,245

Для клинкера задаемся следующими коэффициентами.

$KH=0,91$; $n=2,7$; $p=1,5$

Расчетный минералогический состав клинкера состоит из:

C_3S – 57,56%

C_2S – 19,06%

C_3A – 7,51%

C_4AF -9,57% Потребление сырья для клинкера 1,5289 т/т

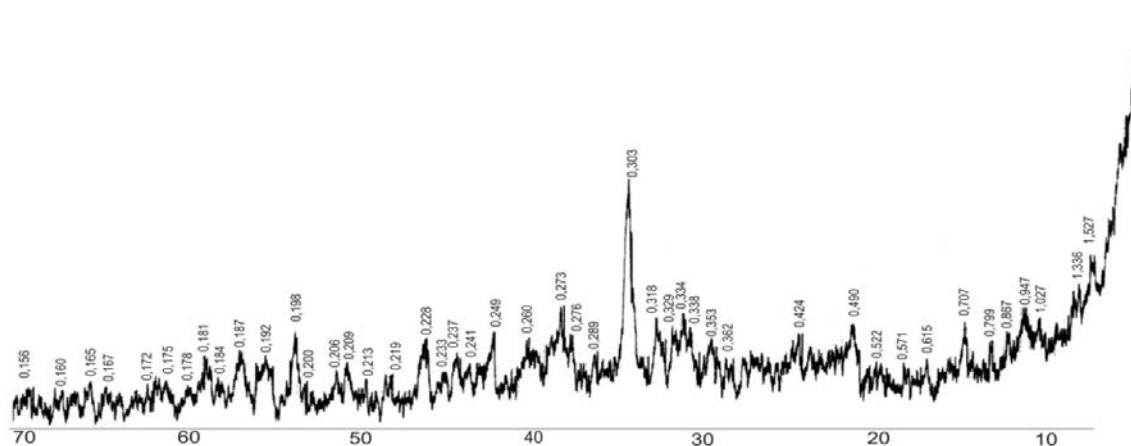


Рис. 2.3.2. Дифрактограмма Бекабадского портландцемента

На рентгенограммах гидратированных образцов цементного камня основные линии принадлежат портландиту – $d=0,49$; $0,1924$; $0,178$ нм; гидросульфоалюминату кальция – этtringиту - $d=0,560$; $0,388$; $0,276$; $0,269$; $0,222$ нм; остаточному содержанию алита - $d=0,301$; $0,276$; $0,272$; $0,217$; $0,175$ нм и белиту - $d=0,272$; $0,222$; $0,175$ нм.

Выводы

Приведенные методы исследования дают возможность определить как влияют интенсификаторы помола на основные свойства цемента.

ГЛАВА III. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА В ТРУБНЫХ МЕЛЬНИЦАХ

3.1. Процессы, протекающие при интенсификации процесса помола портландцементного клинкера в трубных мельницах

Измельчение материала может сильно варьироваться в зависимости от ресурсов, разработки карьера и, в случае клинкера, хим. состава, тонкости сырья, условий обжига / охлаждения, контроля процесса и стабильности.

Измельчение клинкера. Измельчение клинкера является наиболее важным фактором и определяется: Состав и минералогия клинкера, в частности, присутствие C_2S , размер кристалла и степени микротрещин кристаллов. Тепловая история: температура и продолжительность обжига и охлаждения, которая влияет на размер кристаллов и микротрещин.

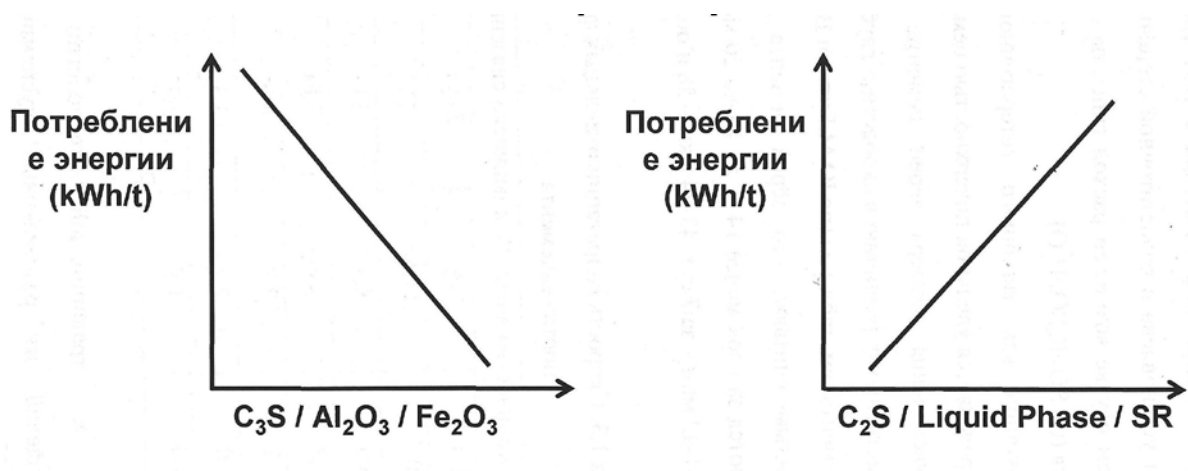


Рис.3.1.1-Влияние состава клинкера на производительность мельницы

В общем, измельчаемость снижается на $\sim 1.5\%$ для каждого 1% увеличения C_3S , или 0.1% увеличения Al_2O_3 , или 0.1% увеличения Fe_2O_3 ;

Напротив, измельчаемость повышается на 1.5% для 1% повышения C_2S и 2% для каждого 1% повышения SR.

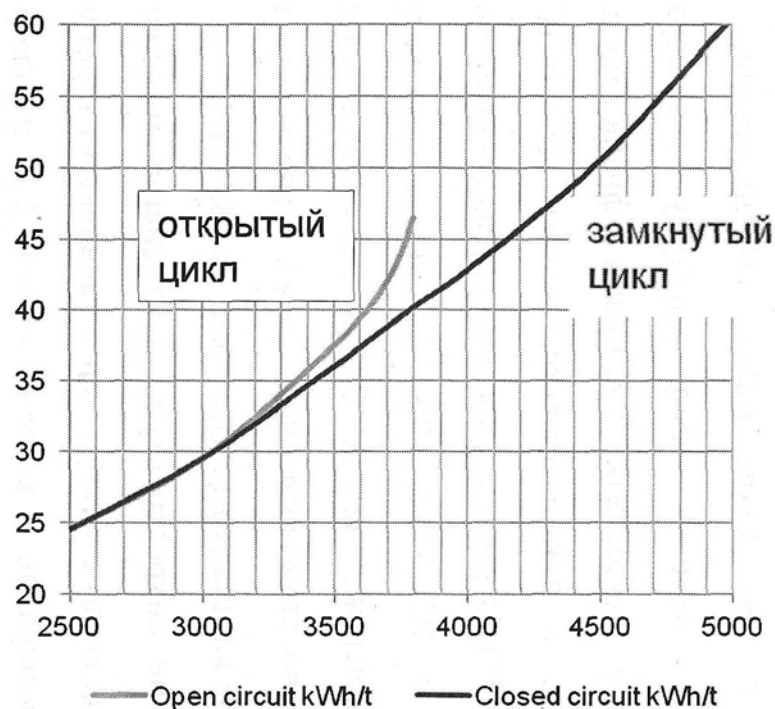


Рис.3.1.2 Тонкость цемента vs размоловоспособность

Размоловоспособность 95/5 ОРС при различных тонкостях по Блейну:

27-32 кВт-ч/т при 3 000 $\text{см}^2/\text{г}$

39-47 кВт-ч/т при 4,000 $\text{см}^2/\text{г}$

58-69 кВт-ч/т при 5,000 $\text{см}^2/\text{г}$

Каждое увеличение тонкости на 100 $\text{см}^2/\text{г}$ увеличивает энергопотребление мельницы на 1-2 кВт-ч/т для замкнутого цикла и 2-3 кВт-ч/т для открытого цикла, бесполезная трата, если этого не требует рынок.

Влияние влажности материала подачи на размоловоспособность

Эмпирическое правило:

Каждый 1% увеличения влажности сверх 0,5% увеличивает энергопотребление на >10%, в особенности при высокой тонкости продукта.

При влажности выше 3 - 4%, шаровая мельница без сушильной камеры не может эксплуатироваться.

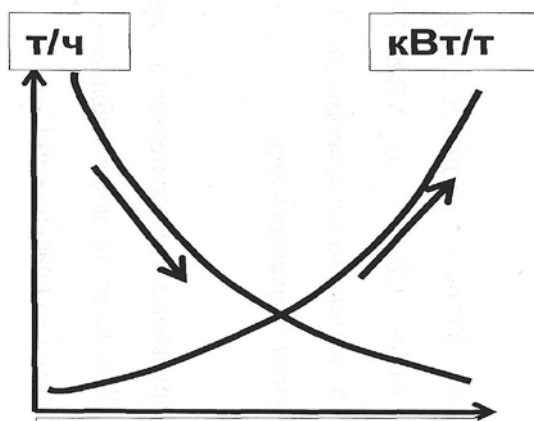


Рис.3.1.3. Влажность подачи

Использование синтетического/ отработанного гипса или добавок может значительно увеличить общую влажность материала подачи и негативно влиять на эффективность мельницы, если не учесть этот факт и не принять меры.

Конструкция оборудования: шаровая мельница и внутренняя оснастка

Шаровая мельница (Сорость, привода и редукторы и т.д.); вентиляция; бронеплиты; перегородки; состав мелющих тел и уровень наполнения.

Шаровая мельница обычно потребляет около 85% от общего объема энергии, потребляемой в линии помола и должна быть в центре внимания при оптимизациях.

Проектирование установки

Схема установки имеет важное влияние на эффективность работы и технического обслуживания, а также на потребление энергии;

Выбор вспомогательного оборудования, такого как транспорт материала и электрических систем управления, включая амортизаторы, скорость подачи, и т.д., также влияют на эффективность мельницы и потребления энергии. "Минимальный подход к проектированию" в сочетании с опытом и хорошим инжинирингом может сократить потребление энергии на 10 - 15%.

Эксплуатация и техобслуживание

Обучение: операторов линии: особенно в области контроля тонкости продукта (перемол/ недомол - бесполезные траты энергии);

Вентиляция мельницы: высокая температура в мельнице вызывает налипание материала на мелющие тела и футеровку, также дегидратацию гипса и может влиять как на производительность, так и на качество;

Техобслуживание: качество и частота запланированных мероприятий по техобслуживанию улучшает коэффициент готовности линии и улучшает ее эффективность;

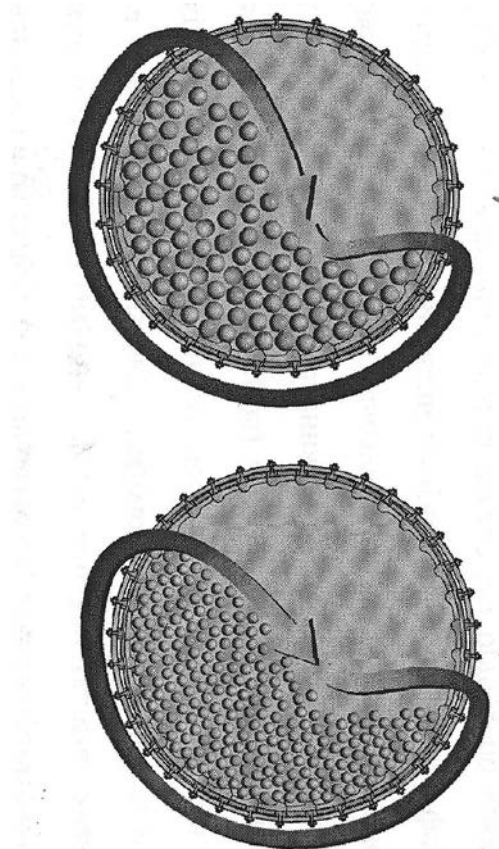
Свойства материала: раннее выявление изменений в карьере, печи или холодильнике, которые могут повлиять на размолоспособность клинкера обеспечат раннее действие мер по исправлению;

Технический аудит: регулярные проверки, включающие оценку состава мелющих тел и степень заполнения обеспечивают оптимальную эксплуатацию.

Разница между хорошими и слабыми мерами по эксплуатации и техобслуживания могут вести к различию в эффективности около +/-10% и больше в некоторых случаях.

3.2. Совершенствование внутримельничных устройств трубной шаровой мельницы с целью повышения ее производительности

Современная шаровая мельница; Бронефутеровка мельницы; Мельничные перегородки; Мелющие тела; Сепаратор. Боковой привод и самовыравнивающиеся опоры скольжения; Интегрированное охлаждение смазки; Люки стандартных размеров; Активирующая и классифицирующая бронефутеровка; Перегородка Monobloc® с контролем потока материала; Высокоэффективный сепаратор.



Эффективное проектирование и защита системы. Самая большая шаровая мельница в Европе, HeidelbergCement в Польше. **1-я камера: "ливневая"**

Оптимальный подъем мелющих тел для достижения макс, ударного/сдавливающего воздействия для грубого помола без повреждения бронефутеровки.

2-я камера: "каскадная"

Достаточная активация мелющих тел для максимального истирающего и сдавливающего воздействия для тонкого помола, хорошего распределения материала и текучести.

Рис.3.2.1. Конструкция бронефутеровки для оптимизациипомола

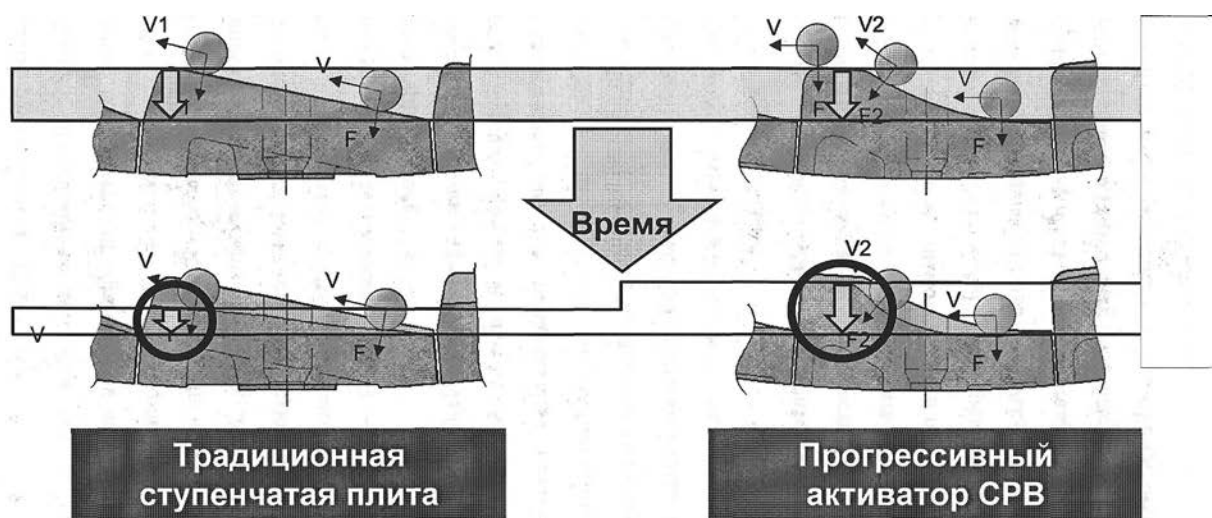


Рис.3.2.2-Постоянная эффективность помола на протяжении всего срока службы

Степень износа бронифутеровки зависит от профиля, неэффективный дизайн ведет с течением времени к снижению высоты подъема и снижению эффективности помола в 1-й камере.

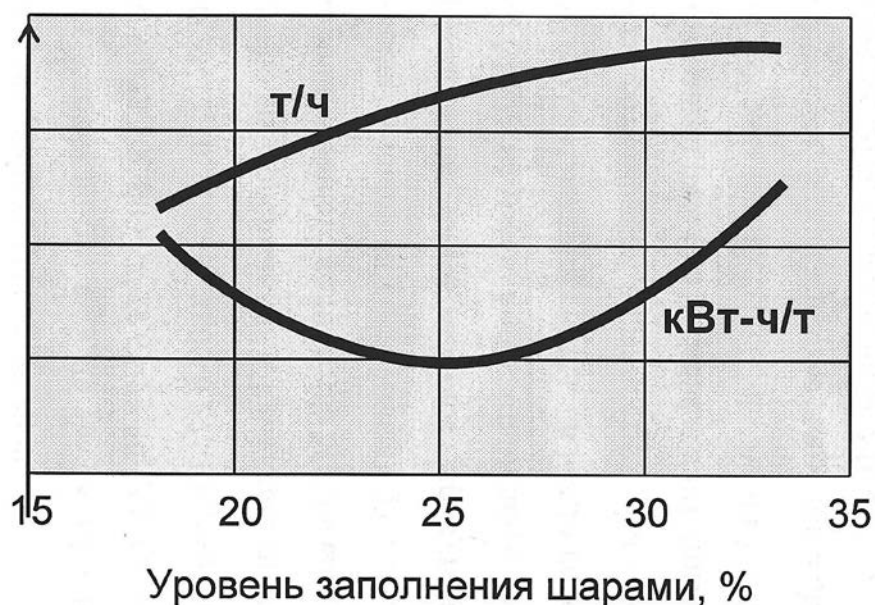


Рис.3.2.3-Заполнение шарами в соответствии с требуемой производительностью

Самые низкие энергозатраты достигаются при степени заполнения 24-26%, поэтому существует возможность снизить энергопотребление, если не нужна производительность.

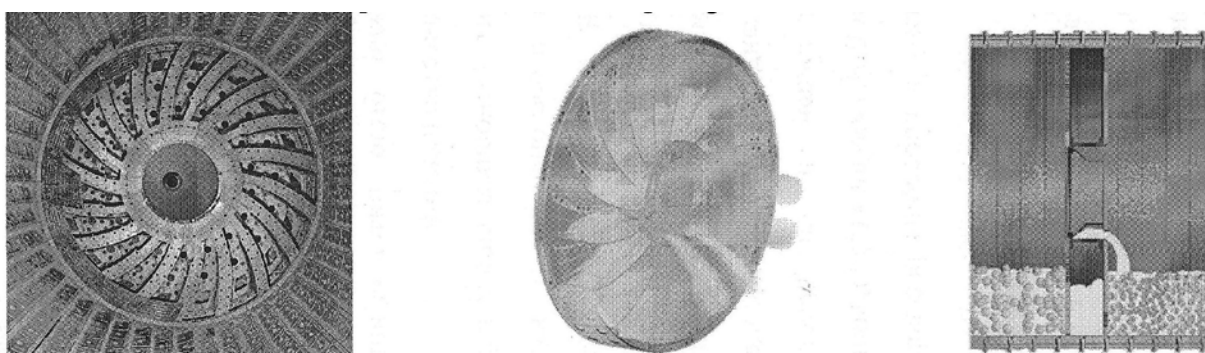


Рис. 3.2.4-Перегородки с низкой АР и контролируемым потоком материала для улучшения помола

Перегородки CPB Monobloc® очень прочны и имеют долгие сроки службы; большое центральное отверстие и низкая АР максимизирует вентиляцию мельницы; контроль потока оптимизирует уровень материала для достижения максимальной эффективности помола;

Щелевые плиты из катаной стали, прошедшие термообработку, не завальцовываются практически не требуют техобслуживания. Производительность и энергопотребление могут быть улучшены на 5-7%, качество цемента также улучшается.

Коэффициент мощности А является функцией размера мелющих тел и % заполнения.

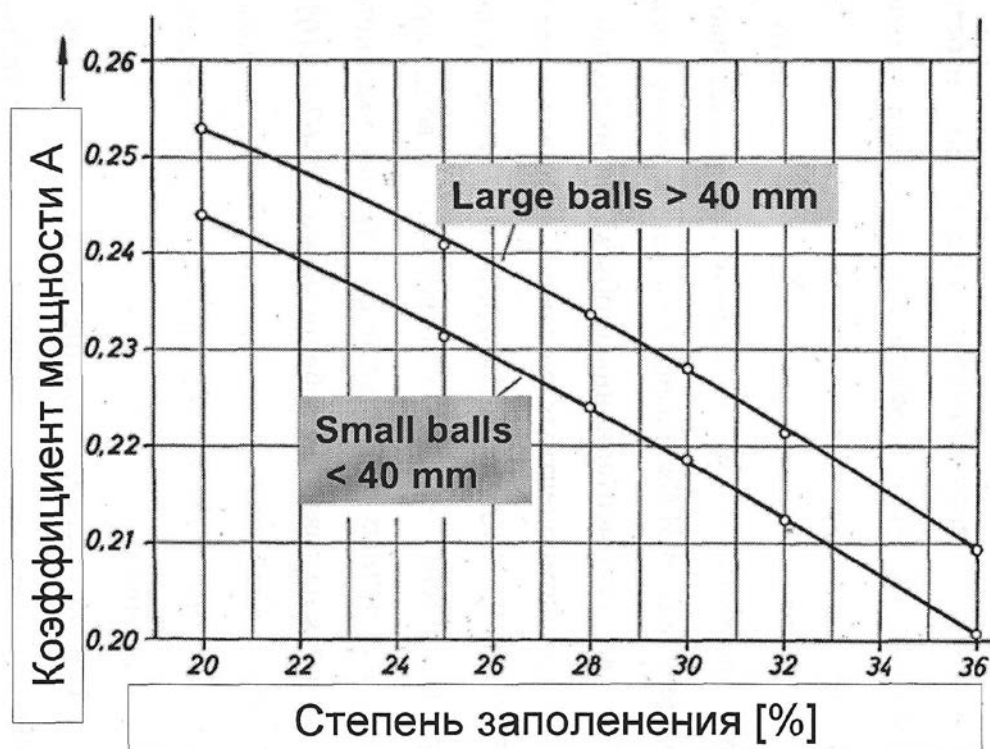


Рис.3.2.5- Степень заполнения мельниц мелющими телами

Таблица 3.2.1

Техническая характеристика цементных мельниц

Практический пример 4	Самая большая шаровая мельница в Европе (2012)
Название завода (страна)	HeidelbergCement (Польша)
Тип цементной мельницы	2-камерная мельница 0 5,2 x 16,75 м в замкнутом цикле
Объем изменений	Комплексная помольная линия на базе EP

		Результат
Марка цемента		CEM / 42,5R
Тонкость по Блейну	см ² /г	3,400
Производительность	т/ч	236
Энергопотребление (только мельница)	кВт-ч/т	30,5
Энергопотребление (вся линия)	кВт-ч/т	34,2

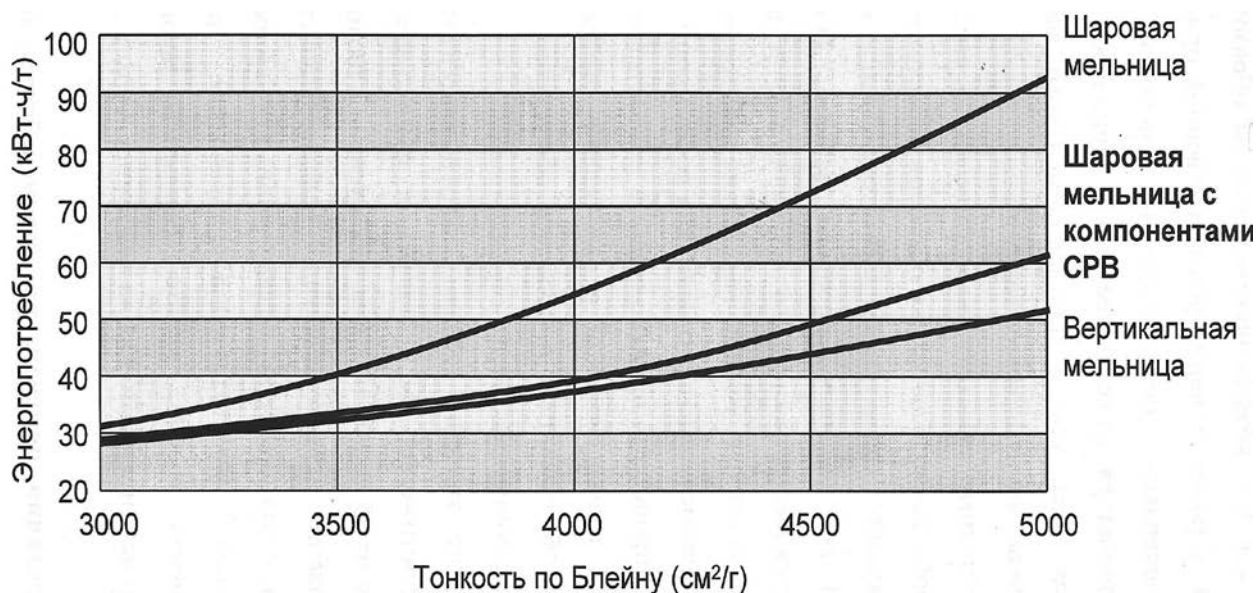


Рис. 3.2.6-Помольная система с шаровой мельницей СРВ в сравнении с обычной шаровой мельницей и вертикальной мельницей

Известно, что динамическая характеристика мелющей загрузки в трубных мельницах отличается неравномерностью, в водопадном режиме часть загрузки, находящейся на концентрических траекториях, функционирует с малой интенсивностью, а основная работа совершается мелющими телами, движущимися по параболическим траекториям.

Так, при работе в водопадном режиме около 45% мелющих тел перемещается в центральной части разгрузки в плотном контактном слое, а около 15 % мелющих тел, находящихся на параболических траекториях свободного падения, содержит 80-85 % общей работы по измельчению. Кроме того, неизбежное образование мелкой фракции материала в первой камере мельницы приводит к ухудшению условий измельчения материала вследствие буферного действия тонких частиц, их налипания на мелющие тела и бронефутеровку. При этом установлено [20], что налипающий на мелющие тела и футеровку материал толщиной 0,8-1 мм снижает на 70-75 % энергию удара шара за счет упруго-пластических деформаций слоя материала, что приводит к значительному, 50-60% снижению производительности мельниц.

Следовательно, одним из путей совершенствования процесса измельчения материала в трубных мельницах является разработка внутримельничных устройств, способствующих повышению интенсивности работы мелющей загрузки в зоне концентрических траекторий и обеспечивающих принудительный отбор тонкой фракции на первых участках мельницы с последующим его направлением по ходу процесса измельчения.

Для решения этой задачи предлагаются различной конструкции внутримельничные устройства. Анализируя их конструкции, принцип работы и эффективность влияния их на процесс измельчения клинкера, мы остановились на разработках ученых [21].

Междукамерная перегородка должна располагаться под углом $\alpha=90-30^\circ$ к оси вращения барабана. Отличительной особенностью работы трубной

мельницы с наклонной межкамерной перегородкой является принудительное изменение длины каждой камеры на величину Δ . Вследствие увеличения длины камер и малой величины угла естественного откоса мелющих тел они самопроизвольно растекаются, увлекая за собой под перегородку мелкие фракции материала, дополнительно измельчая их. Такое продольное движение полностью разрушает застойные зоны мелющей загрузки.

Ниже приводим выбранный нами оптимальный вариант работы мельницы с внутримельничным устройством. (рис.3.2.7)

В положении I перегородки длина нижней рабочей части A камеры грубого измельчения равна l_1 , уровень загрузки максимальный, определяется высотой v_1 . Длина BE камеры тонкого измельчения изначальная она равна $l_2 + \Delta l_1$, а уровень загрузки минимальный.

При вращении барабана мельницы перегородка занимает положение II. При этом длина камеры максимальная $AC = AE + BC = l_1 + \Delta l_1$. Мелющие тела из зоны AB самопроизвольно перемещаются под перегородку на участок BC увлекая наиболее мелкие частицы измельчаемого материала.

Длина второй камеры l_2 в этот момент времени Δt увлекается на длину Δl и становится минимальной. Уровень мелющих тел возрастает до максимального.

Выбираем угол наклона перегородки $\alpha = 90^\circ - 30^\circ$ Коэффициент загрузки камер мелющими телами 0,21-0,35. Тем самым предполагаем, что обеспечивается постоянное измельчение на участках AB и CE от каскадного до водопадного режима, что создает условия избирательного процесса измельчения. Измельчение оптимизирует при дальнейшем вращении барабана из положения II в положение I.

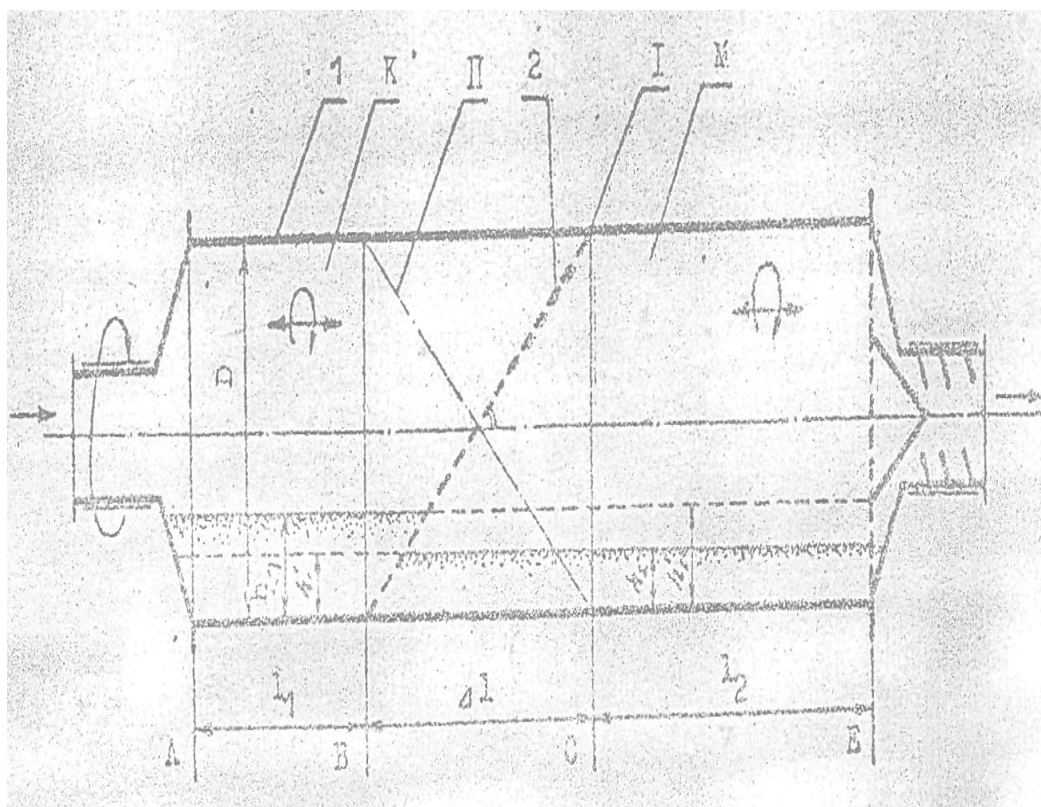


Рис 3.2.7- Схема работы трубной мельницы с наклонной межкамерной перегородкой

Измельченный материал перемещается по поверхности наклонной перегородки и классифицирует: мелкая фракция направляется в камеру тонкого помола, а грубая – возвращается на участок АВ на домол. Во второй камере происходит обратный процесс. Её длина увеличивается, мелющие тела перемещаются на участок СВ, уровень загрузки h_2 становится минимальным. Затем циклы движения межкамерной перегородки и загрузки повторяются. Следует отметить, что отверстия на наклонной межкамерной перегородке расположены таким образом, что мелкая фракция материала перемещается только в одну сторону из камеры грубого помола в камеру тонкого помола, обратная просыпь отсутствует.

Исследования проводились на шаровой барабанной мельнице размерами 0,5х1,95 м непрерывного действия, работающей в открытом цикле измельчения, в котором измельчался клинкер вращающихся печей размером

фракций около 0,5 минус 10 мм. Угол наклона перегородки варьировался в пределах 30-90°. Было установлено, что при угле наклона межкамерной перегородки 42,5°С достигается максимальная эффективность процесса измельчения (производительность мельницы, работающей в периодическом режиме, равна 46,5 кг/ч, с обычной перегородкой – 23,1 кг/ч). С увеличением коэффициента загрузки камер от 0,23 до 0,39 производительность мельниц с прямой и наклонной перегородками возрастает, причем в пересчете на Е 008=10% в первом случае она возрастает на 26,3%, во втором на 70,3%.

Изменение соотношения между массами измельчаемого материала и мелющими телами более чувствительно для мельниц с обычными перегородками. Так, например, при увеличении массы измельчаемого материала с 12 до 16% производительность мельницы с обычной перегородкой снизилась на 31,6%, а с наклонной, наоборот, возросла на 20,5%. Установлено, что при любых углах наклона межкамерной перегородки пропускная способность мельницы с обычной перегородкой ниже ввиду того, что мелющие тела в ней обладают меньшей подвижностью, а их продольные перемещения вообще отсутствуют. Например, при угле наклона перегородки 57° скорость прохождения материала через мельницу, в сравнении с обычной перегородкой, возрастает с 0,040 до 0,066 м/с, то есть на 65%. В связи с большим временем пребывания частиц измельчаемого материала, казалось бы, должно возрасти удельная поверхность готового продукта (6,7). Однако, при меньшей производительности у мельницы с обычной перегородкой суммарный остаток на сите 008 цемента составляет 7,5%, а с наклонной ($\alpha=57^\circ$) при тех же условиях работы и большей производительности R-008=4,46%. Это объясняется тем, что интенсивность движения как поперечного, так и дополнительного продольного перемещения загрузки в случае использования наклонной межкамерной перегородки выше, чем у мельниц с обычной перегородкой, а также повышается эффективность процесса измельчения за счет отбора и

принудительного перемещения мелких фракций измельчаемого материала вдоль оси мельницы.

Размещение отверстий на наклонной межкамерной перегородке исключительно в зоне ее контакта с загрузкой в первой камере мельницы значительно интенсифицирует процесс измельчения за счет классификации измельчаемого материала в камере грубого помола. Так, например, при угле наклона межкамерной перегородки 45° и углом сечения 4° , коэффициенте загрузки камер 0,3 и частоте вращения 0,72 критическая производительность мельницы, отверстия на перегородке которой были равномерны размерены по ее поверхности, составила 162 кг/ч, удельный расход энергии 17,5 кВт.ч/т. При тех же параметрах работы отверстия были расположены так, что при этом производительность мельницы возросла до 206 кг/ч, то есть на 21,3%, а удельный расход энергии снизился на 3,7 кВт.ч/т и составил 13,78 кВт.ч/т. Было отмечено, что при равномерном расположении отверстий на поверхности перегородки наблюдается скопление мелких фракций материала в зоне работы перегородки в обеих камерах. Причем уровень материала в этой зоне значительно выше общепринятого, то есть наблюдается пересыпание материала как из первой во вторую камеру, так и наоборот. Классификация отсутствует. Прирост производительности в сравнении с обычной достигается в большей мере за счет дополнительного продольного движения загрузки.

Если отверстия выполнены в соответствии с рекомендациями работы (5), в первой камере мельницы мелкая фракция отсутствует. Причем из камеры принудительно выводятся все частицы, размер которых равен $0,3+0,5$ диаметра отверстий перегородки. При $\phi=0,3$ в камерах мельницы с обычной перегородкой и при равномерном расположении отверстий находилось 35-37,3 кг материала. при расположении отверстий исключительно в зоне контакта с загрузкой в первой камере находилось 19-21 кг материала, т.е. в 1,76 раза меньше. Следовательно, интенсивность

измельчения клинкера в этом случае, ввиду отбора мелких фракций, резко возросло.

Уменьшение длины первой камеры мельницы до 0,5 м (до 30% от общей длины барабана) позволило не только повысить тонкость помола клинкера с R-008=13% до R-008=9%, но и обеспечило повышение производительности на 16,5%, то есть до 240 кг/ч. В первой камере материала также находилось на 18% меньше рекомендуемого. производительность мельницы с обычной перегородкой при тех же режимах работы составила 114 кг/ч, удельный расход энергии около 33 кВт.ч/т.

Мощность холостого хода у мельниц с наклонной межкамерной перегородкой из-за большой ее массы на 3÷8% выше, чем с обычной, а общая потребляемая мощность при работе с загрузкой ниже на 1,6÷5%. Это объясняется тем, что перегородки, поднимающие мелющие тела на большую высоту, создают при падении большой вращающий момент. Мощность, затрачиваемая наклонной межкамерной перегородкой на продольное и поперечное движение мелющих тел, определяется по выражению

$$N = \frac{25,1 \mu \epsilon \gamma \pi D^7}{\operatorname{tg} \alpha} \left\{ 0,7 \sin^2 \frac{Q}{2} \sin 3 + \frac{\pi}{\operatorname{tg}} [1 + (\cos \alpha - 2,6 \sin^{2,5} \alpha)] \right\} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{25,1 * 0,45 * 1 * 0,4 * 17 * 3,14 * (0,5)^7}{\operatorname{tg} 30^\circ} \\ &\left\{ 0,7 * \sin^2 \frac{8,1}{2} \sin 3 + \frac{3,14}{\operatorname{tg}} [1 + (\cos 30 - 2,6 \sin^{2,5} 30^\circ)] \right\} = \\ &= \frac{1,88}{0,57} \left\{ 0,7 * 0,29 + \frac{3,14}{\operatorname{tg}} [1 + (0,86 - 2,6 * 0,17)] \right\} = \\ &= 329 \text{ кВт} \end{aligned}$$

где μ - коэффициент разрыхления мелющих тел; g - ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$); f - объемная масса материала мелющих тел (кг/м^3); π -

частота вращения барабана мельницы; D – диаметр мельницы в свете (м); α – угол балкона перегородки (град); θ – центральный угол загрузки (град); ψ – угол смещения центра тяжести загрузки от вертикальной оси в сторону вращения барабана (град); α – угол смещения центра тяжести загрузки от вертикальной оси в сторону вращения барабана (град); n – коэффициент, учитывающий взаимосвязь между φ и Q ,

угол подъема мелющих тел, находящихся на наклонной межкамерной перегородке

где R_1 – расстояние от центра тяжести мелющих тел до оси вращения мельницы (м); X – расстояние от центра тяжести мелющих тел, находящихся на перегородке, до точки пересечения продольной оси перегородки с образующей барабана мельницы. Величина коэффициента загрузки камер мельницы для любого момента времени определяется как

$$K = 1,33 \left(L_1 + \left(R \frac{\sin Q t}{\operatorname{tg} \alpha} \right) + \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha} \right) + 2 R \sin^2 \frac{\theta}{4} \quad (2)$$

$$K = 1,33(2,10 + (0,3 *) + 2 * 0,3 =$$

$$1,33 * 2,3 + 0,005 = 3,06$$

Длина первой камеры мельницы до пересечения большой оси перегородки с образующей барабана мельницы может быть определена как

$$L_1 = L \lg \frac{R_0}{R_1} - D \operatorname{tg} \alpha + \frac{3 \pi \varphi}{4 \operatorname{tg} B(1 - \cos \theta)} \quad (3)$$

$$L_1 = 1,5 * \lg \frac{2}{8} - 0,5 * \operatorname{tg} 45 + \frac{3 * 3,14 * 0,90}{4 * \operatorname{tg} * 10(1 - \cos 20)} = -1,5 * 0,6 - 0,5 * 1 +$$

+

где L – длина барабана мельницы (м); R_0, R_1 – содержание контрольного класса частиц измельчаемого материала в исходном продукте и у перегородки; α – угол естественного откоса мелющих тел.

Производительность трубных шаровых мельниц, снабженных наклонными межкамерными перегородками, рассчитывается по формуле

$$Q = 5,06 q k k_{\alpha} (\gamma \mu \varphi)^{0,8} L D^{2,5} \quad (4)$$

$$Q = 5,06 * 0,035 * 146 (2,6 * 0,45 * 0,9 * 1,5 * 0, \text{ т/час})$$

где q – удельная производительность мельницы (т/кВт, ч); k – коэффициент, учитывающий тонкость помола материала; k_2 – коэффициент, учитывающий угол наклона межкамерной перегородки ($k_{\alpha} = 146(90^{\circ} + 30^{\circ})$).

Применение наклонной межкамерной перегородки в трубных шаровых мельницах повышает эффективность процесса измельчения за счет турбулизации движения загрузки и принудительной классификации измельчаемого материала в первой камере мельницы.

Таким образом, мы предполагаем, что совершенствование конструкций межкамерных перегородок в трубных шаровых мельницах повышает эффективность процесса измельчения за счет движения загрузки и принудительной классификации измельчаемого материала в первой камере мельницы.

Выводы

Совершенствование конструкций межкамерных перегородок в трубных шаровых мельницах повышает эффективность процесса измельчения за счет движения загрузки и принудительной классификации измельчаемого материала в первой камере мельницы.

ГЛАВА IV. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

4.1. Исследование влияния ПАВ на процесс измельчения портландцементного клинкера

Известно, что динамическая характеристика мелющей загрузки в трубных мельницах отличается неравномерностью, в водопадном режиме часть загрузки, находящейся на концентрических траекториях, функционирует с малой интенсивностью, а основная работа совершается мелющими телами, движущимися по параболическим траекториям.

Так, при работе в водопадном режиме около 45% мелющих тел перемещается в центральной части разгрузки в плотном контактном слое, а около 15 % мелющих тел, находящихся на параболических траекториях свободного падения, содержит 80-85 % общей работы по измельчению. Кроме того, неизбежное образование мелкой фракции материала в первой камере мельницы приводит к ухудшению условий измельчения материала вследствие буферного действия тонких частиц, их налипания на мелющие тела и бронефутеровку. При этом установлено, что налипающий на мелющие тела и футеровку материал толщиной 0,8-1 мм снижает на 70-75 % энергию удара шара за счет упруго-пластических деформаций слоя материала, что приводит к значительному, 50-60% снижению производительности мельниц.

Следовательно, одним из путей совершенствования процесса измельчения материала в трубных мельницах является разработка внутримельничных устройств, способствующих повышению интенсивности работы мелющей загрузки в зоне концентрических траекторий и обеспечивающих принудительный отбор тонкой фракции на первых участках мельницы с последующим его направлением по ходу процесса измельчения.

Одним из наиболее экономичных направлений повышения эффективности процессов измельчения в технологии цемента является

физико-химический способ интенсификации, основанный на создании адсорбционно-активной среды в мельнице путем введения в первую камеру в тонкодисперсном состоянии малых количеств поверхностно-активных веществ. Эффективными интенсификаторами помола являются высшие спирты, личносulfатныеаминоспирты или их композиции и ряд других. Оптимальное количество ПАВ составляет 0,015-0,005% к массе цемента. Широко применяемый в настоящее время интенсификатор процесса измельчения технический триэтаноламин - $n(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_3$ является дефицитным и дорогостоящим продуктом. Поэтому внедрение его ограничено, что и вызвало необходимость изыскания новых высокоэффективных, более дешевых поверхностно-активных веществ - НА – анионно-активный ПАВ, хорошо растворимый в воде.

В данной работе изучен эффект воздействия на размол клинкера поверхностно-активной добавки НА – анионно-активный ПАВ, путем их модифицирования моноэтаноламином. Модификация позволяет изменить структуру применяемой ПАВ, их молекулярность путем введения новых полярных групп.

Нами в лабораторных условиях была приготовлена модифицированная добавка из ПАВ и триэтаноламина с соотношением 1:10 смеси ТЭА и ПАВ.

По своим физико-химическим свойствам для модификации в качестве интенсификатора помола самым благоприятным отмечен НА – анионно-активный ПАВ, в качестве модификатора использовался технический моноэтаноламин.

Наанионно-активный ПАВ не нашел применения в качестве интенсификаторов процесса помола цементов вследствие более высокой эффективности их по сравнению с аминосспиртами, что объясняется полидисперсностью и карбоксильным характером полярных групп. Повышение эффективности ПАВ возможно за счет уменьшения

полидисперсности и введение в их состав полярных групп основного характера.

Одной из задач данной работы явилось выяснение характера взаимодействия сложных макромолекул ПАВ с аминами различной основности, а также характер изменения функциональных групп. Наиболее интенсивно происходит связывание функциональных групп при взаимодействии ПАВ с моноэтаноламином. Анализ полученных данных позволил предположить, что анионно активный ПАВ химически взаимодействует с аминами, в том числе и с аминспиртами. При этом в качестве модификатора может быть использован моноэтаноламин.

Интенсифицирующее действие полученной добавки было проверено при измельчении клинкера в лабораторной мельнице по методике Гипроцемента. Интенсификатор помола вводили в количестве от 0,02 до 0,04% к весу клинкера в расчете на сухое вещество.

Свойства используемого портландцемента приведены в таблицах-

Таблица-4.1.1

Свойства портландцемента

Материал	Удельная поверхность	Начало срока схватывания	Конец срока схватывания	Нормальная густота	Активность 28 сут
Портландцемент	3000-3500 см ² /г	2 ч 20 мин	5ч 30 мин	33 %	401кгс/см ²

В качестве мелкого и крупного заполнителя раствора и бетона использовался песок и щебень местных карьеров, свойства которых приведены в таблицах.

Водопотребность цемента, определяемая величиной нормальной густоты, существенно определяет скорость твердения и конечную прочность цементных изделий. Снижения водопотребность цементного теста и

цементных растворов с добавками оценивалось по степени уменьшения величины нормальной густоты и нормальной консистенции раствора.

Анализ полученных результатов показал, что оптимальным является применение модифицированной добавки в соотношении 1:10 в количестве 0,03 и 0,035%.(4.1.2)

Наибольший предел прочности при сжатии в 28-суточном возрасте дают цементы, где добавка вводилась в количестве 0,03 и 0,035%. Прирост по сравнению с чистым клинкером составляет 6-9%.

Из результатов лабораторных исследований следует, что оптимальное количество ввода поверхностно-активной добавки для клинкера «Бекабадцемент» составляет 0,03-0,035% к весу цемента. В таблице 4.1.2 представлены основные результаты лабораторных исследований по измельчению клинкера.

Влияние ПАВ на показатели процесса измельчения клинкера и механическую прочность цемента

Таблица-4.1.2

Концентрация добавки, % к весу цемента	Дисперсность цемента		Предел прочности при сжатии через 28 суток, Мпа
	ΣR_{008} , %	S, см ² /г	
-	7,4	3840	50
0,02	8,5	3530	46
0,025	7,5	3450	49
0,03	5,9	3930	53
0,035	7,0	3450	54
0,04	6,2	3300	50

Из таблицы видно, что при содержании интенсификатора 0,035% к весу цемента, дисперсность цемента составляет 6,2% остатка на сите № 008, с

удельной поверхностью 3450 см²/г. Предел прочности при сжатии образцов размером 4x4x16 см., хранившихся в воде через 28 суток составило 54 МПа, по сравнению с бездобавочным цементом прочностью 50 МПа.

Таким образом, модифицирование НА – анионно-активный ПАВ триэтаноламином обеспечивает получение нового интенсификатора помола цемента, который повышает эффективность процесса измельчения и не ухудшает строительно-технические свойства цемента.

Нормальную густоту определяли согласно ГОСТ 310.3-76 на приборе Вика. Результаты определения нормальной густоты цементного теста с различным содержанием и видами добавок приведены в таблице-4.1.3.

Таблица-4.1.3.

Влияние добавок на нормальную густоту цементного теста

Вид добавки	Цемент, %	Цемент с добавкой, 0,025, %	Цемент с добавкой, 0,03, %	Цемент с добавкой, 0,035, %
№1 добавки	33	33	32,7	32,9
№2 добавки	33	33	32,3	33
№3 добавки	33	32,6	31,8	32,5

Как видно из таблицы все добавки оказывают пластифицирующий эффект, снижая водопотребность цементного теста. Степень уменьшения водопотребности для достижения нормальной густоты цементного теста различна. Так наибольший эффект достигнут при использовании добавки №3 в количестве 0,4% от массы цемента.

Консистенция цементного раствора определялась согласно ГОСТ 310. 4-81. Как видно из результатов определения консистенции цементного раствора с добавкой из без добавки (таблица-4.1.4) наибольший пластифицирующий эффект достигнут при содержании добавки 0,8% от массы цемента.

Распływ конуса из цементно-песчаной смеси составляет 126 мм против 108мм, что позволит сократить объем воды затворения и повысить прочность растворных образцов.

Таблица-4.1.4

Влияние добавки на консистенцию цементного раствора

	Без добавки	0,02, %	0,025, %	0,03, %	0,035, %	0,04, %
Распływ конуса, мм	108	108	109	110	111	112



Рис.4.1.1. Консистенция цементного теста

Сроки схватывания по ГОСТ 310. 3-76 определяли с помощью прибора Вика, заменяя пестик на нижней подвижной части стержня стальной иглой.

Таблица-4.1.5Сроки схватывания цементного теста

Сроки схватывания	Вид добавки	Вид добавки 0,02%	Вид добавки 0,025%	Вид добавки 0,03%	Вид добавки 0,035%
Нач.схв	Без добавки	2ч.20мин			
Конец.схв	Без добавки	5ч.32мин			
Нач.схв.	С добавкой№1	2ч.19мин	2ч.18мин	2ч.15мин	2ч.18мин
Конец.схв	С добавкой№1	5ч.32мин	5ч.27мин	5ч.25мин	5ч.24мин
Нач.схв	С добавкой№2	2ч.20мин	2ч.18мин	5ч.25мин	2ч.18мин
Конец.схв	С добавкой№2	5ч.31мин	5ч.28мин	5ч.25мин	5ч.28мин
Нач.схв	С добавкой№3	2ч.20мин	2ч.17мин	2ч.14мин	2ч.17мин
Конец.схв	С добавкой№3	5ч.32мин	5ч.30мин	5ч.23мин	5ч.30мин

Сроки схватывания определяли для цементного теста нормальной густоты, затворяя водой с различным содержанием и видом добавки (таблица-4.1.5)

Результаты исследования показали незначительное ускорение твердения цемента для всех видов и количества добавки.

4.2. Технологическая схема помола портландцементного клинкера

Шаровые мельницы в открытом/ замкнутом цикле с промышленным стандартом, эксплуатировалась в открытом цикле для помола в замкнутом цикле; Улучшения на протяжении многих лет привели к созданию высоконадежных и гибких установок, с простым и недорогим техобслуживанием; Запчасти с относительно коротким сроком доставки и низкими складскими расходами Хорошее качество цемента, что может дать преимущество по сравнению с цементом из вертикальных мельниц на некоторых рынках; Более высокое энергопотребление по сравнению с вертикальными мельницами и роллер-прессами.

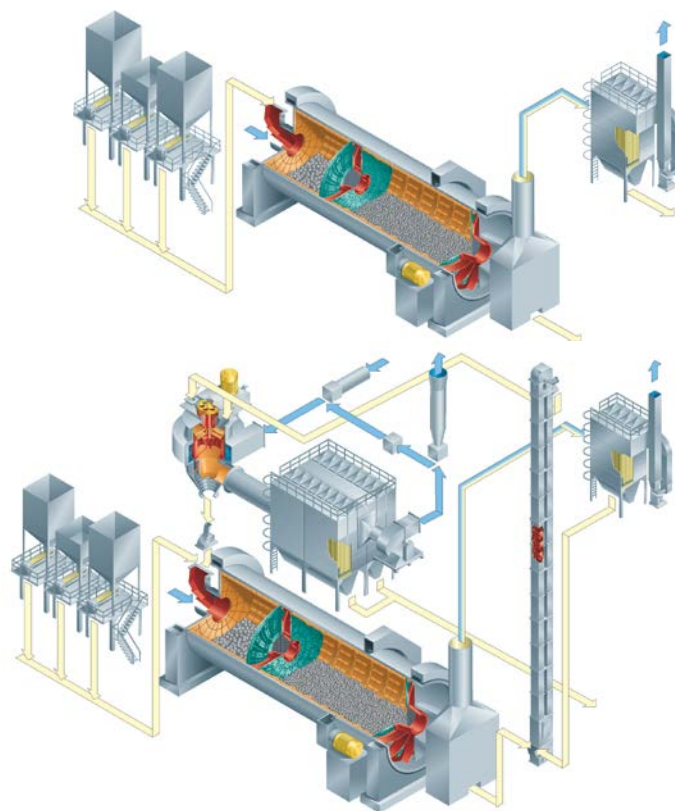
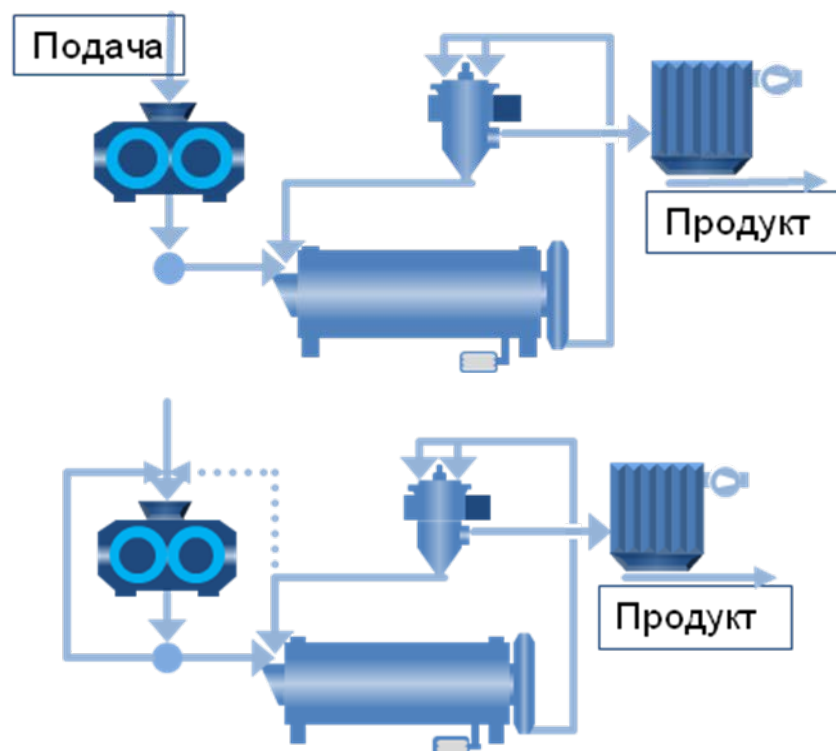


Рис.4.2.1. Шаровые мельницы в открытом/ замкнутом цикле

Получила признание в 80-х, особенно на Дальнем Востоке, как способ увеличения производительности для удовлетворения растущего спроса на цемент. Роллер-пресс чувствителен к чужеродным материалам и изменению в подаче, имеет более низкую надежность из-за большей сложности, требует более высокой квалификации при техобслуживании и общий коэффициент готовности оборудования. Энергосбережение минимально и порой даже отрицательно в связи со сложной эксплуатацией и низким коэффициентом эксплуатационной готовности; Сроки поставки роллеров обычно достаточно долгие и высокая стоимость складирования.



**Рис.4.2.2.Шаровая мельница с роллер-прессом с открытым/
гибридным предварительным размельчением**

Увеличение мощности до 30% (открытый цикл) и до 50% (гибрид), но энергосбережение будет минимальным или даже отрицательным из-за снижения надежности роллер-пресса.

Вертикальная мельница для автономного помола цемента

Встречаются в качестве предварительного помола, приобрели также популярность как автономные линии помола цемента в последнее десятилетие по причине более низкого энергопотребления и высокой производительности;

Более низкая надежность в связи с более сложной эксплуатацией, сроки поставки запчастей обычно дольше, также более высокая стоимость складирования;

Эффект сушки при помоле ниже, что может привести к дегидрации гипса и необходимости впрыска воды, чтобы снизить вибрацию мельницы,

вкупе с более узким гранулометрическим составом может отрицательно влиять на свойства цемента и забивать силоса.

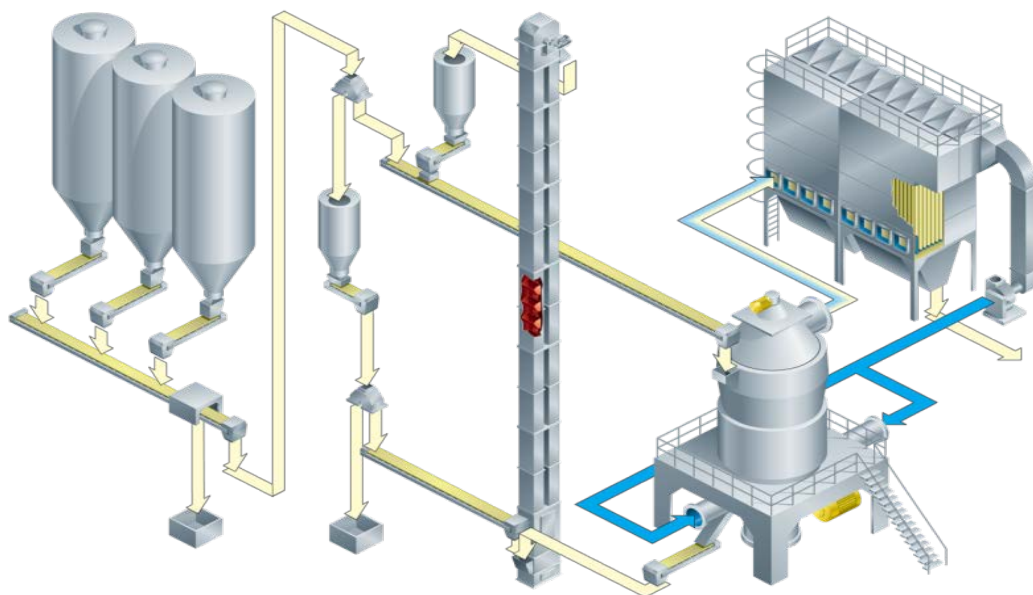


Рис.4.2.3-Вертикальная мельница для автономного помола цемента

Таблица-4.2.1

Сравнение удельного энергопотребления

Базис: 3200 г/см ² ОРС		Шаровая мельница	ШМ + РП(комбинир. помол)	Вертикальная мельница
Мельница		Ø4,6x14,25 м	Ø4,0x8,75 м +РП 16/10	Тип 46
Потребляемая мощность	[кВт]	4,350	3,400	2,900
Производительность	[т/ч]	150	150	150
Удельная потребляемая мощность мельницы	[кВт-ч/т]	29,0	22,7	19,3
Удельная потребляемая мощность в сравн. с ШМ	[%]	100	78	67
Прочее оборудование	[кВт-ч/т]	5,0	8,0	11,6
Всего по установке	[кВт-ч/т]	34,0	30,7	30,9
Общая мощность в сравнении с ШМ	[%]	100	90	91

Какой бы ни был тип мельницы, помол по своей природе - неэффективен

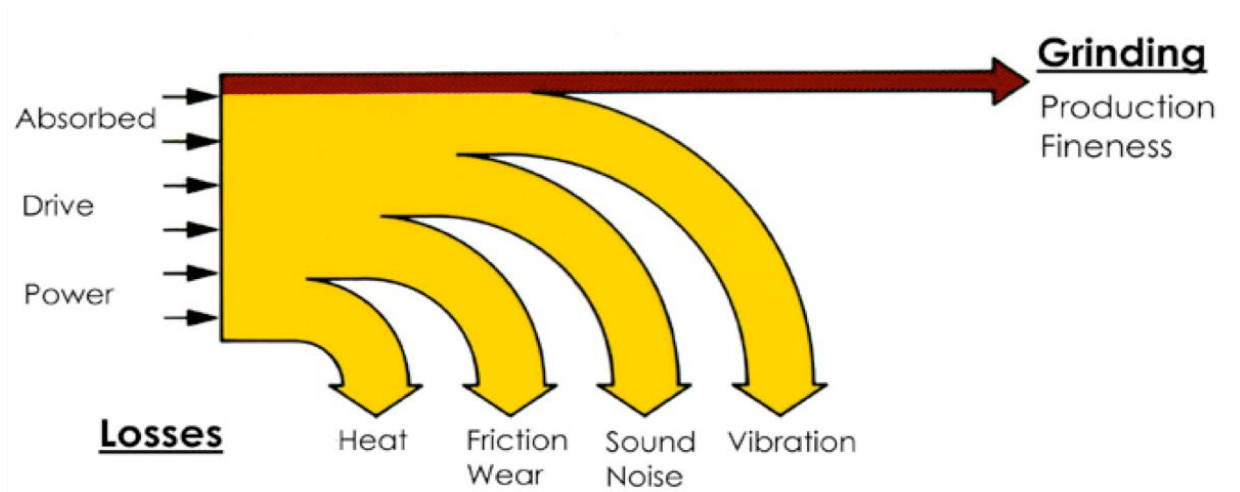
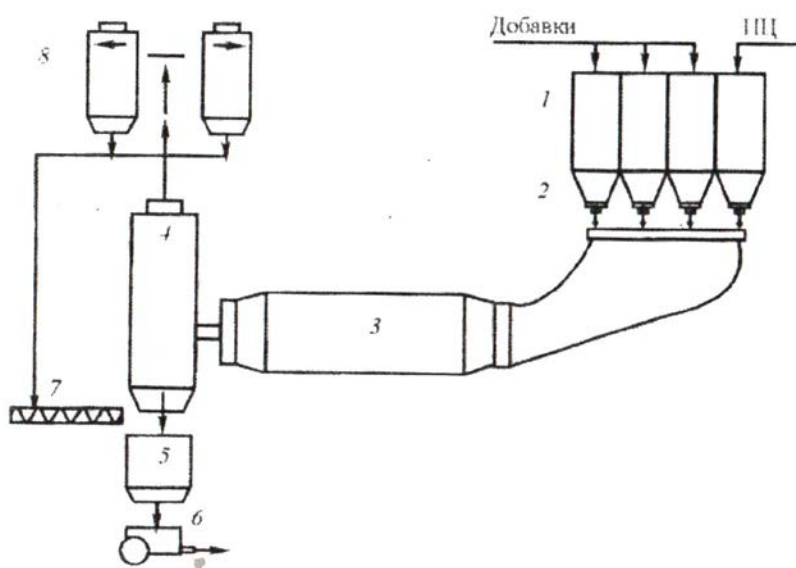


Рис.4.2.4-Факторы, влияющие на эффективность шаровых мельниц

< 20% потребленной энергии конвертируется в помол: основная часть теряется в виде тепла, шума, износа оборудования от трения и вибрации;

Для шаровых мельниц, только 3 - 6% потребленной энергии используется на производство, генерируемое тепло может повысить температуру мельницы до $>120^{\circ}\text{C}$, что ведет к дегидратации гипса и налипанию на шары и оснастку, если вентиляция мельницы недостаточна.



Технологическая схема получения портландцемента на Янгиюльской помольной станции: 1-расходные бункера; 2-тарельчатый питатель; 3-мельница; 4-аспирационная шахта; 5-расходный бункер ПАВ; 6-пневмовинтовой насос; 7-шнековый питатель; 8-циклон.

ВЫВОДЫ

1. Из 4-х основных систем, используемых для помола цемента, шаровые мельницы значительно преобладают, несмотря на более высокое энергопотребление в сравнении с автономными вертикальными мельницами или роллер-прессами;

2. Наряду с историческими причинами, это вызвано тем, что шаровые мельницы, как правило, более надежны, просты в эксплуатации и обслуживании, доступность запчастей выше, инвестиционные затраты ниже, а качество цемента лучше принятого рынком;

3. Для решения в пользу новой цементной мельницы следует учитывать не только энергопотребление, но и другие факторы, такие, как инвестиции, надежность оборудования, требования к техническому обслуживанию, эксплуатационной готовности, оперативной гибкости, качества цемента и т.д., чтобы получить сопоставимые данные по совокупной стоимости владения;

4. Для существующих шаровых мельниц производственные затраты могут быть значительно снижены при переходе к качественно спроектированному и зарекомендовавшему себя оборудованию, такому как системы бронефутеровки СРВ, межкамерная перегородка Monobloc® с

управлением потоком, а также высокоэффективный сепаратор QDK для улучшения эффективности мельницы.

5. Более эффективный помол также означает меньшие экологические последствия.

Заключение

1. Способ тонкого измельчения материала, преимущественно цементного клинкера в барабанной мельнице, барабан которой разделен межкамерной перегородкой на камеры грубого и тонкого измельчения, снабженной выходной решеткой, позволяет интенсифицировать воздействие межкамерной перегородки и мелющих тел на измельчаемый материал и выделить из измельчаемого материала фракции требуемых размеров по мере их образования. Это позволит повысить эффективность процесса измельчения материала в мельнице.

Применение интенсификаторов помола клинкеров позволяет повысить производительность мельниц и улучшить характеристики цемента при сниженных энергозатратах.

2. Совершенствование конструкций межкамерных перегородок в трубных мельницах повышает эффективность процесса измельчения за счет движения загрузки и принудительной классификации измельчаемого материала в первой камере мельницы.

3. Для решения в пользу новой цементной мельницы следует учитывать не только энергопотребление, но и другие факторы, такие, как инвестиции,

надежность оборудования, требования к техническому обслуживанию, эксплуатационной готовности, оперативной гибкости, качества цемента и т.д., чтобы получить сопоставимые данные по совокупной стоимости владения;

4. Для существующих шаровых мельниц производственные затраты могут быть значительно снижены при переходе к качественно спроектированному и зарекомендовавшему себя оборудованию, такому как системы бронефутеровки CPB, межкамерная перегородка Monobloc® с управлением потоком, а также высокоэффективный сепаратор QDK для улучшения эффективности мельницы.

Список использованной литературы

1. Цементная промышленность и рынок. XII Международная Центрально-Азиатская конференция и выставка. BusinessCemTashkent 2015. С.22-23.

2. Там же. С. 30-31.

3. Там же. С. 32-37.

4. Патент РФ № RU 2317855 С1, Бикбау М.Я., Бикбау Я.М. Шаровая мельница замкнутого цикла. Оpubл. 27.02.2008 Бюл.№8.-2с.

5. Патент РФ № RU 2320416 С1, Шарапов Р.Р., Ханин С.И., Гунько И.И. Шаровая мельница замкнутого цикла. Оpubл. 27.03.2008 Бюл.№9.-5с.

6. Патент РФ № RU 2347618 С1, Червяков С.С., Борисков Ф.Ф., Борисков Д.Ф.Способ измельчения материалов во вращающемся барабане мельницы магнито-мягкими измельчающими телами. Оpubл. 27.02.2009 Бюл.№6.-3с.

7. Патент РФ № RU 2450864 С1, Богданов В.С., Потапов Ф.П. Способ тонкого измельчения материала, преимущественно цементного клинкера, в шаровой барабанной мельнице. Оpubл. 20.05.2012 Бюл.№14.-7с.

8. Патент РФ № RU 2474477 C1, Бикбау М.Я., Нейфельд М.С., Бикбау У.М. Многокамерная мельница-смеситель. Оpubл. 10.02.2013 Бюл. №4.-14с.

9. Патент РФ № RU 2279923 C1, Ханин С.И., Богданов В.С., Ломакин В.В., Старченко Д.Н., Трухачев С.С. Барабанная мельница. Оpubл. 20.07.2006 Бюл. №20.-13с.

10. Патент 2 528 332 C2. Вовк А.И., Ковалев А.Ф., Шамсутдинов И.З. Интенсификатор помола цементного клинкера. Дата подачи заявки 13.12.2012. Опубликовано 10.09.2014. Бюллетень № 25.

Тезисы докладов 7 симпозиума по механоэмиссии и механохимии твердых тел. Ташкент, 1979.

11. Повышение эффективности измельчения портландцементного клинкера и добавок. Труды института НИИцемент. Москва; 1983, выпуск 73.

12. Ю.М. Бутт, М.М. Сычев., В.В. Тимашев Химическая технология вяжущих материалов- М. Высшая школа. 1980

13. Корнилов Е.Г., Комлев В.Г. Механическая активация отходов промышленности для производства строительных материалов. – в кн.: .

14. Патент RU 2 519 136 C1 Ковалев А.Ф., Шамсутдинов И.З. Интенсификатор помола. Дата подачи заявки 16.10.2012. Опубликовано 10.06.2014. Бюллетень №16.

15. Патент RU 2 519 136 C1 Ковалев А.Ф., Шамсутдинов И.З. Интенсификатор помола. Дата подачи заявки 16.10.2012. Опубликовано 10.06.2014. Бюллетень №16.

16. А.с. №895506. Междуканальная перегородка. Богданов В.С., Богданов Е.С., Тихомиров Б.Д. Опубликовано в Б.И., №36, 1982. 17. А.с. № 733727. Шаровая мельница. Богданов В.С., Тиховидов Б.Д., Богданов Н.С., Туманов А.Д. – Оpubл. в Б.И. №10, 1980.

17. А.с. № 733727. Шаровая мельница. Богданов В.С., Тиховидов Б.Д., Богданов Н.С., Туманов А.Д. – Оpubл. в Б.И. №10, 1980.

18. H.F.W. Taylor. Cement chemistry. 1997
19. Пироцкий В.З., Михеев В.Ф., Нилова Г.М. Исследование влияния активных минеральных добавок на процесс измельчения портландцементного клинкера. – В кн.: Научные труды / НИИ цемент, 1980.
20. Grteogorno F. Optinalan rad nlinovacementa. Cement, №2, 1979.
21. Yivton H.E. A How Approasb to Improving the Crinling Effictency of Bell Mills/ Interjerren, Victoria, Australia. В 23, 1980.
22. Grisogorno P. Optimalan red mlinovacementa. Cement, 1979, М 2.
23. А.с. № 961761. Межкамерная перегородка. Богданов Н.С., Тиховидов Б.Д. – Оpubл. в Б.И. №36, 1982.
24. Лешко Ю.Н., Креймер М.Б., Крыхтин Г.С. Измельчение материалов в цементной промышленности. – М.: Стройиздат, 1966.
25. Бауман В.А., Клушенцев В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. – М.: Машиностроение, 1981.
26. Вердиян М.А., Кафаров В.В. Новые принципы анализа и расчета процессов и аппаратов измельчения,— Цемент, 1982, № 10.
27. Математические модели структуры потоков материалов в мельницах В. В. Кафаров, М. А. Вердиян, А. П. Епишкин и др.— Цемент, 1977, № 5.
28. Пироцкий В. З. Состояние и направление развития техники измельчения и интенсификации процесса помола клинкера.— М.: ВНИИЭСМ, 1973.
29. Дуда В. Цемент, М.: Стройиздат, 1981.
30. Пироцкий В.З., Богданов В.С. Технологическая аспирация цементных мельниц. - Цемент, 1985, № 2.
31. Богданов В.С. Оптимизация конструкции мельниц.— Огнеупоры, 1985, № 6.
32. Богданов В.С. Исследование лабораторной мельницы с наклонной межкамерной перегородкой, Труды ВНИИ цеммаша, 1983.

33. Богданов В.С., Платонов В.С., Богданов Н.С. Снижение энергоемкости процесса измельчения в цементных мельницах. - Цемент, 1984, №12.

34. О возможности продольных перемещений трубных мельниц с наклонными перегородками /В.С. Богданов, Н.Д. Воробьев, В.С. Платонов, И.Н. Шевченко.- Цемент, 1985, № 12.

35. Расчет мощности трубных мельниц с поперечно-продольным движением мелющих тел / В.С. Богданов, В.С. Платонов, Н.Д. Воробьев, Н. С. Богданов.- Цемент, 1986, № 3.

36. Особенности кинетики шаровой загрузки в трубных мельницах с наклонными перегородками / И.И. Мирошниченко, В.С. Богданов, Н.Д. Воробьев и др.- Цемент, 1986, М. 4.

37. Романович А. А., Шаталов А. В., Герасименко В. Б.

Пути повышения эффективности работы помольного оборудования
Междунар. конф. "Пром-стьстройматер. и стройиндустрия, энерго- и
ресурсосбережение в условиях рыноч. отношений" (14 Науч. чтения),
Белгород, [1997], 1997, стр.167-172, 328, 348

38. Ito M Современная технология помола цемента и ее развитие Яп.
Chichibuonodakenkyuhokoku 2, 1998, т.49, стр.180-190

39. Увеличение производительности цементной мельницы на заводе
CIMENTSDEMARRAKECHaugmentelacapacitedesonbroyeuracimenta
Cim., betons, platres, chaux 4, 1998, стр.221

40. Friis Cal Eric ОптимизацияпомолацементаOptimizacion del molinode
cement Cem.-hormigon 784, 1998, т.69, стр.443-468

41. Schnatz R., Knobloch O.

Влияниестепенизаполненияшараминапотреблениеэнергииипроизводительнос
тышаровыхмельницвкомбинированныхпомольныхустановкахEinfluss des
Kugelfullungsgrades auf den Energieverbrauch und den Durchsatz von
Kugelmuhlen in Kombi-Mahlanlagen

42. Lefebvre F., Bessaad H.

Использование новой добавки-интенсификатора помола на цементном заводе в Тунисе Improving performance Cem. Rev. July, 2000, стр.39-40

43. Sottili L., Padovani D. Использование добавок-интенсификаторов помола в цементной промышленности. Ч. 1 Einfluss von MEahlhilfsmitteln in der Zementindustrie Zement-Kalk-Gips int. N 10, 2000, т.53, стр.568-570, 572-575

44. Добавки [интенсификаторы помола] при производстве гидравлических вяжущих Processing additives for hydraulic cements

45. Muller-Pfeiffer M., Ellerbrock H.-G., Sprung S.

Управление гранулометрическим составом цемента при помоле Korngrößenverteilung von Zement beim Mahlen Zement-Kalk-Gips int. N 10, 2000, т.53, стр.549-559

46. Вовк А. И. Новая добавка для помола цемента Международное совещание по химии и технологии цемента, Москва, 4-8 дек., 2000, 2000, стр.284

47. Unland G. Оценка размалываемости цементного кленкера. Часть 1 Die beurteilung der mahlbarkeit von zementklinker Zement-Kalk-Gips int. N 2, 2001, т.54, стр.61-65

48. Оптимизация помольной установки для увеличения тонкости помола цемента Оригинальное заглавие: Optimierung einer Mahlanlage zur Erzielung hoher Zementfeinheiten Zement-Kalk-Gips int. N 3, 2001, т.54, стр. A40-A41

49. Sottili L., Padovani D. Влияние добавок, вводимых при помоле, в цементной промышленности. Ч. Einfluss von Mahlhilfsmitteln in der Zementindustrie Zement-Kalk-Gips int. N 3, 2001, т.54, стр.146-148, 150-151

50. Разработка энергосберегающей технологии помола цемента Zhongguo fentijishu N 5, 2000, т.6, стр.49-52

51. Несмеянов Н. П., Харин А. И. Оригинальное заглавие: Интенсификация процесса измельчения клинкера в шаровых трубных мельницах Вестн. БГТУ N 6, 2003, стр.330-333, 455
52. Демидов Д. ., Сивков С. П. Оригинальное заглавие: Физико-химическая интенсификация процесса помола цемента
Успехи в химии и химической технологии, 2000, стр.83
53. Morales E. I. Q., Schafer H.-U. Опыт использования самой большой в мире мельницы Loesche для помола цемента
Betriebserfahrungen mit der gegenwartig groSsten Loesche-Muhle fur die Zementherstellung Zement-Kalk-Gipsint. N 9, 2001, т.54, стр.498-500, 503-505
54. Измерение тонины помола цемента в процессе помола
Online-Feinheitsmessung fur die Zementmahlung Zement-Kalk-Gipsint. N 1, 2002, т.55, стр.25-26
55. Jinag Chaohua, Cai Anlan, Yan Sheng, Xu Zhongzi, [Wu Xuequan]
Изучение высокоэффективных добавок-интенсификаторов помола
Guisuan yu an xue bao N 6, 2001, т.29, стр.507-511
56. Глухарев Н. Ф. Энергосбережение в производстве цемента с использованием устройств "ЭКОФОР" Цемент N 1, 2002, стр.19-21, 55
57. 10-ый европейский симпозиум по измельчению 10th
European symposium of comminution Zement-Kalk-Gipsint. N 10, 2002, т.55, стр.20, 22
58. Reichardt Y., Link G., Gilabert H. Тонкий помол цемента в валковой мельнице MPS на цементном заводе в г. Сан-Рафаель в Эквадоре
Zementfertigmahlung auf einer MPS-Walzenschusselmuhle im Zementwerk San Rafael/Ecuador Zement-Kalk-Gipsint. N 11, 2002, т.55, стр.54-57
59. Солодовников Д. Н., Сабынин В. В., Ханин С. И. Особенности грубого

- помола цементного клинкера в трубной мельнице Международный студенческий форум "Образование, наука, производство", Белгород, 22-24 мая, 2002, 2002, стр.62
60. Sankar K., Kale P., Somani R. A., Somani R. Прямое управление и оптимизации процесса помола в шаровых мельницах Online-SteuerungundOptimierungdesMahlvorgangsinKugelmuhlenZement-Kalk-Gipsint. N 11, 2002, т.55, стр.92-99
61. Ханина О. С., Идак В. В., Ханин С. И., Чемеричко Г. И. Оригинальное заглавие: Способы повышения эффективности работы трубных мельниц Международный студенческий форум "Образование, наука, производство", Белгород, 22-24 мая, 2002, стр.67
62. Stoiber Технология измельчения и энергосбережение. Часть Comminution technology and energy consumption Cement Int. N 2, 2003, т.1, стр.44-52
63. Elwan M. M., Mahmoud G. A., El-Didamony H. Влияние некоторых интенсификаторов помола на измельчение портландцемента Effect of some grinding aids on the grindability of portland cement Источник: Silicat. ind. N 11-12, 2002, т.67, стр.141-143
64. De La Fouchardiere R. Опыт эксплуатации цементной мельницы Horomill Оригинальное заглавие: Betriebserfahrungen mit der Horomill fur die Zementmahlung Источник: Zement-Kalk-Gips int. N 3, 2003, т.56, стр.44-49
65. JiangChao-hua, YanSheng Многофункциональная комплексная добавка для повышения эффективности помола цемента Nehaidaxuehuebaо. Zirankehueban N 4, 2003, т.31, стр.428-431
66. Иванов А. Н. Оригинальное заглавие: Энергосберегающая технология и техника помола цемента. Вестн. БГТУ N 6, 2003, стр.310-312, 454
67. Вердиян М. А., Текучева Е. В., Тынников И. М., Несмеянов Н. П., Ведрицкий В. В., Попова Т. Н., Слободенюк Ю. Р. Стабилизация качества

цемента на основе дискретно-непрерывных процессов измельче

Вестн. БГТУ N 5, 2003, стр.56-62, 468

68. Muller-Pfeiffer H., Clemens P. Сопоставление различных систем помола цемента и влияния мелющей среды на завершающий домол цемента в шаровой мельнице

Comparison of grinding systems for cement production and examination of the charge grading in downstream ball mills Cement Int. N 2, 2004, т.2, стр.58-67

69.

Deniz V. Исследование удельной степени измельчения цементных материалов в лабораторной шаровой мельнице A study on the specific rate of breakage of cement materials in a laboratory ball mill Cem. and Concr. Res. N 3, 2003, т.33, стр.439-445

70. Шевченко А. Ф., Захарова Л. В., Аджамалов Г. Г., Ефимов А. А., Яковенко А. Е., Дудко С. Н. Оптимизация работы трубных шаровых мельниц при помоле портландцементов различных марок

Вопр. химии и хим. технол. N 4, 2004, стр.59-60, 235, 242

71. Lu Difen, Tao Longzhong, Li Ning, Hu Haipeng

Характеристики помола многокомпонентных материалов на основе цемента Grinding characteristics of multi-component cement-based material J. Wuhan Univ. Technol. Mater. Sci. Ed. N 1, 2005, т.20, стр.126-129

72. Ивахненко Д. И., Порхало Д. А. Влияние минеральных добавок и удельной поверхности на прочностные показатели вяжущих веществ

Международный конгресс "Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии", посвященный 150-летию со дня рождения академика В. Г. Шухова, Белгород, 2003, 2003, стр.67-69

73. Богданов В. С., Фадин Ю. М., Латышев С. С., Хлудеев В. И., Гунько А. И., Неростенко В. З. Повышение эффективности работы трубных мельниц открытого цикла измельчения Цемент и его применение N 1, 2005, стр.49-53

74. Muller-Pfeiffer H., Clemens P. Сопоставление различных систем

помола цемента и влияния мелющей среды на завершающий домол цемента в шаровой

мельнице Comparison of grinding systems for cement production and examination of the charge grading in downstream ball mills

Cement Int. N 2, 2004, т.2, стр.58-67

75. www.dissercat.com.ru

76. www.cementstory.com

77. www.emani.ru

78. www.polyplast-un.ru

79. www.in-eco.biz/ru/tech/cement-mill.

80. www.break-day.com.ru

Список опубликованных работ

1. Сулайманов Ж.Ж, Мухамедбаева З.А. Исследование влияния модифицированного триэаноламина на эффективность процесса измельчения клинкера. Техника и жизнь. ИКТ-исследования. Сборник статей. Республиканский межвузовский сборник, Тошкент-2015, стр. 258,259

2. Сулайманов Ж.Ж., Усманов С., Мухамедбаева З.А.

Совершенствование внутримельничных устройств трубных мельниц
Республика илмий-техника анжуманининг мақолалар тўплами
Тошкент-2015. Стр.143.,144.

3. Сулайманов Ж.Ж, Мухамедбаева З.А «Умидли кимёгарлар-2016»

Ёшolimлар, магистрантлар ва бакалавриат талабаларининг хv-илмий-
техникавий анжуманининг мақолалар тўплами
5-8 апрель Т.2016, 44с.