

4-1419иш-1

а

Pa 113118

Р

Министерство высшего и среднего специального образования
РСФСР

Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной
промышленности

На правах рукописи

ОБЕРЕМКО ВАСИЛИИ НИКОЛАЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗМОЛА ВОЛОКНИСТЫХ
МАТЕРИАЛОВ В ВИХРЕВОМ СЛОЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ
ЧАСТИЦ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НИХ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

05.06.03 Машины и оборудование целлюлозно-
бумажных производств

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук.

36

Ленинград-1977г.

Работа выполнена в Научно-исследовательском и конструкторско-технологическом институте эмалированного химического оборудования, г.Полтава.

Научный руководитель - заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор Кугушев И.Д.

Научный консультант - кандидат технических наук Логвиненко Д.Д.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор Добровольский П.П., кандидат технических наук Гончаров В.Н.

Ведущее предприятие - Ордена Трудового Красного Знамени Котласский целлюлозно-бумажный комбинат имени 50-летия ВЛКСМ.

Защита диссертации состоится "29" марта 1977г. в "10" часов на заседании специализированного Совета К-829/1 по присуждению ученой степени кандидата технических наук в Ленинградском технологическом институте целлюлозно-бумажной промышленности (198092, г.Ленинград, ул.Ивана Черных,4).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института. Замечания и отзывы по данной работе просим направлять в двух экземплярах, заверенные печатью, в адрес ЛТИ ЦБН.

Автореферат разослан "15" декабря 1977 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СОВЕТА

ШАРКОВ В.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Десятая пятилетка - пятилетка качества и высокой эффективности. XXV съезд КПСС определил основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976-1980годы. В целлюлозно-бумажной промышленности предусматривается увеличение объема производства целлюлозы по сравнению с 1975годом на 35%, бумаги и картона на 15-20% при одновременном повышении их качества. Выполнение поставленных задач будет достигнуто прежде всего за счет технического перевооружения предприятий путем замены морально устаревшего оборудования новым, имеющим совершенные конструктивные и технологические параметры.

Размол в технологическом процессе получения бумаги и картона занимает одно из основных мест, так как качественные показатели готовой продукции при определенном сырье достигаются главным образом при размоле. Увеличение скорости и ширины бумагоделательных машин, а также применение в бумажном производстве целлюлозы из коротковолокнистых листовых пород древесины, одностебельных растений и отходов лесопыления требует повышения качества размола, то есть проведения размола при незначительном укорочении волокон и обеспечения массы высокой скорости обезвоживания при достаточной прочности бумажного листа во влажном состоянии на разрыв. Применяемое в целлюлозно-бумажной промышленности размольное оборудование не позволяет вести направленную разработку волокон, обеспечивающую необходимые физико-механические свойства конечному продукту, и имеет низкий КПД, что требует высоких удельных энергетических затрат на размол. Поэтому глубокое изучение процесса размола с целью оптимизации существующего оборудования и изыскания новых более прогрессивных способов размола, разработка для их осуществления нового оборудования является актуальной задачей.

Цель работы. Изыскание нового прогрессивного способа размола путем обработки суспензии волокнистых материалов в вихревом слое ферромагнитных частиц при воздействии на них вращающегося электромагнитного поля, выбор оптимального режима работы вихревого слоя при размолу целлюлозы и разработка на этой основе опытно-промышленного образца аппарата для размола.

Основные положения методики исследований. Исследования проводились на аппарате с вихревым слоем типа ВА-100. Интенсивность

Центральная
научная
библиотека
АН УССР

обработки целлюлозы в вихревом слое исследовалась путем определения частоты и величины импульсов контактной силы соударяющихся ферромагнитных частиц при различных режимах обработки бумажной массы в аппарате. Размалывающая способность вихревого слоя исследовалась при периодическом и непрерывном режимах размала сульфатной и сульфитной целлюлозы.

Научная новизна. Разработан новый способ размала волокнистых материалов в вихревом слое ферромагнитных частиц. Получены количественные значения частоты и величины контактной силы при соударении ферромагнитных частиц в вихревом слое. Исследован характер размала и факторы, влияющие на бумагообразующие свойства целлюлозы при обработке ее в вихревом слое, и определен оптимальный режим работы вихревого слоя. На основании приведенных исследований разработан опытно-промышленный образец аппарата с вихревым слоем для размала волокнистых материалов. Аппарат не имеет динамических уплотнений, позволяет проводить размол при незначительном укорочении волокон и при меньшем удельном расходе электроэнергии по сравнению с применяемым в промышленности размольным оборудованием.

Реализация работы в промышленности. Основные результаты диссертационной работы предназначены для внедрения при проектировании аппаратов с вихревым слоем и их эксплуатации на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности. Опытно-промышленный образец аппарата испытан на Котласском ЦБК.

Апробация работы. Основные разделы диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на следующих совещаниях и конференциях:

1. На всесоюзном совещании по расширению производства химической аппаратуры с эмалевыми, ситалловыми, керамическими и другими температуростойчивыми покрытиями на основе совершенствования технологии и применения новых материалов, Полтава, 1971.

2. На конференции молодых ученых НПО "Эмальхиммаш", Полтава, 1973.

3. На научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и научных работников ЛПИ ЦБП, Л., 1974.

4. На Всесоюзном научно-техническом совещании "Создание и внедрение оборудования с использованием энергии электромагнит-

ных и других полей для интенсификации технологических процессов", Полтава, 1975.

5. На Всесоюзной научно-технической конференции "Современные достижения в области теории и практики размала и очистки волокнистых полуфабрикатов". Л., 1975.

Публикация. По материалам диссертации опубликовано 7 статей, написан 1 научно-технический отчет. Основные результаты работы защищены 5 авторскими свидетельствами.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов, библиография, содержащей 147 наименований, и приложения.

Объем работы. Диссертационная работа представлена на 107 страницах машинописного текста, содержит 23 таблицы и 66 рисунков.

Автор защищает:

1. Новый способ размала волокнистых материалов в вихревом слое ферромагнитных частиц, позволяющий проводить размол направленно: при незначительном укорочении и фибриллировании волокон или при совместном укорочении и фибриллировании волокон и меньшем удельном расходе электроэнергии по сравнению с существующим размольным оборудованием.

2. Рекомендации по оптимальному режиму размала целлюлозы в аппарате с вихревым слоем.

В первой главе дан анализ отечественных и зарубежных работ по теории размала, по созданию размольного оборудования, а также направлениям по интенсификации процесса размала и поиску новых прогрессивных способов размала. Анализ показал, что теория размала в технологическом направлении разработана достаточно подробно. Однако, процессы, происходящие в реальных мельницах при размолу целлюлозы, изучены недостаточно, что объясняет чрезмерный разрыв в энергозатратах, теоретически необходимых для развития поверхности волокон и действительными. В настоящее время усилия отечественных и зарубежных исследователей направлены как на изучение влияния на размол энергетических, силовых и конструктивных параметров размалывающего оборудования с целью его оптимизации, так и на изыскание новых, более прогрессивных способов размала и разработку принципиально нового размольного оборудования (размол при высокой концентрации массы; размол в мельницах с абразивно-керамической garniturой; обработка волокнистой суспензии ультразвуком, магнитным полем; гидродинамический, кавитационно-гидравлический размол; "сухой" размол и др.).

Показано, что одним из актуальных направлений в разработке размольного оборудования может явиться использование воздействия вращающегося электромагнитного поля на ферромагнитные частицы - обработка целлюлозы в вихревом слое. Детальное изучение факторов, характеризующих вихревую слои при обработке суспензии волокнистых материалов, позволит создать прогрессивный способ размола.

В соответствии с изложенным и на основании общих положений о вихревом слое сформулирована задача исследований в следующем виде:

- исследование зависимостей основных динамических факторов вихревого слоя ферромагнитных частиц в среде волокнистой суспензии (Ккр, контактной силы и частоты соударения) от геометрических размеров ферромагнитных частиц, количества их в размольной камере, концентрации массы, величины напряженности магнитного поля;
- исследование влияния параметров вихревого слоя на скорость и качество размола и выбор оптимального режима работы вихревого слоя при размоле целлюлозы;
- разработка опытно-промышленного образца аппарата с вихревым слоем для размола целлюлозы.

Во второй главе рассмотрены особенности обработки волокнистой суспензии в вихревом слое. Произведена оценка величины напряжений, возникающих в стенке волокна при импульсном воздействии на нее ферромагнитных частиц. Определены ускорения и отрывающая сила, действующие на волокна при обработке массы в вихревом слое. Основной особенностью обработки целлюлозы в таком слое является наличие малых поверхностей контакта и незначительная длительность (микросекунды) воздействия контактной силы частиц. Наличие в размольной камере большого количества ферромагнитных частиц, на которые воздействует вращающееся электромагнитное поле и силы сопротивления среды, приводит к тому, что частицы постоянно сталкиваются друг с другом и стенкой камеры, находясь, таким образом, в стесненном состоянии. Для определения динамических характеристик вихревого слоя при обработке волокнистой суспензий рассмотрено поведение ферромагнитной частицы в условиях стесненного движения при наличии среды в размольной камере (рис. I).

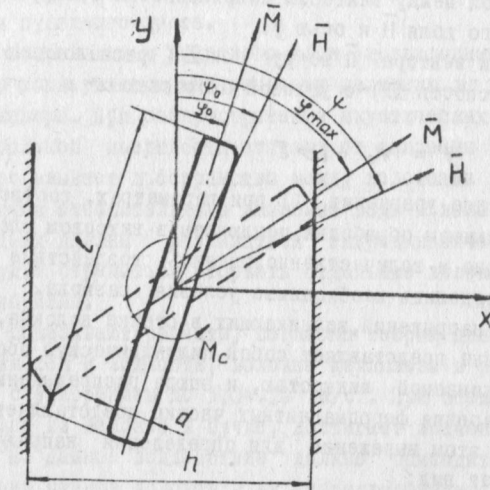


Рис. I. Расчетная схема движения ферромагнитной частицы с магнитным моментом M под воздействием вращающегося электромагнитного поля напряженностью H в суспензии волокнистых материалов при $\frac{h}{d} < 1$.

Движение ферромагнитной частицы в этом случае с учетом ее перемещения, то есть когда разность $(\psi - \psi_0)$ достигает значения больше $\frac{\pi}{2}$ и вектор \vec{H} меняет свое направление на противоположное, носит колебательный характер и описывается уравнением:

$$\frac{\pi d^2 l^3 \rho_c}{48} \ddot{\psi} + A \rho_c \frac{d l^4}{84} \dot{\psi}^2 - J_s H \frac{\pi d^2 l}{4} \sin(\psi - \psi_0) = 0, \quad (1)$$

где: d - диаметр частицы;

l - длина частицы;

ρ_c - плотность материала частицы;

A - коэффициент сопротивления среды, определяемый экспериментально;

ρ_c - плотность среды;

J_s - магнитный момент единицы объема материала частицы;

H - напряженность внешнего магнитного поля;

ψ - угол между вектором магнитного момента ферромагнитной частицы \vec{M} и осью y ;

ψ - угол между вектором напряженности электромагнитного поля \vec{H} и осью y .

При вращении вектора \vec{H} вокруг оси Z (расположенной перпендикулярно плоскости XU) с угловой скоростью ω и с учетом начальных условий

$$\psi = \psi_0 + \omega t \quad (2)$$

Интегрирование уравнения (1) при параметрах, соответствующих различным режимам обработки целлюлозы в вихревом слое, позволяет качественно и количественно оценить воздействие частиц на волокна и определить необходимые условия размола.

Для оценки напряжений, возникающих в стенке волокна, принято, что модель волокна представляет собой цилиндрическую оболочку, заполненную несжимаемой жидкостью, и эпюра распределения давления в зоне соударения ферромагнитных частиц представляет собой полуэллипс. При этом выражение для определения напряжения в стенке волокна имеет вид:

$$\sigma_y = - \frac{F_{y\partial}}{2b(y^2 + a^2)^{3/2}} \quad (3)$$

где b - длина контакта;

a - половина ширины контакта;

$F_{y\partial}$ - контактная сила, определяемая как отношение величины ударного импульса при соударении ферромагнитных частиц ко времени его действия.

В результате экспериментальных исследований установлено, что при соударении ферромагнитных частиц длительность ударного импульса составляет около $1,3 \cdot 10^{-5}$ и практически не изменяется при различных режимах работы вихревого слоя. Расчеты $F_{y\partial}$ и σ_y для частиц из проволоки пружинной диаметром 2 мм и длиной 20 мм показывают, что контактная сила достигает 296 Н, а напряжение - 4800 МПа. Данное динамическое воздействие достаточно для образования зон пластической деформации в волокне, что должно приводить к интенсивному его размолу.

Наличие в размольной камере аппарата до нескольких десятков тысяч ферромагнитных частиц, совершающих колебания вокруг своей малой оси до нескольких сот герц каждая, вызывает акустические колебания в обрабатываемой среде. Спектр частот колебания среды непрерывный и лежит в пределах от десятков герц до нескольких мегагерц. Данная обработка бумажной массы должна приводить к

фибрилярному расщеплению волокон и повышению механической прочности бумажного листа.

Под воздействием вихревого слоя целлюлозные волокна в водной среде подвергаются интенсивному движению во всем объеме размольной камеры. При распространении акустических волн волокна за счет большой инертности отстают от движения воды, которая как бы пронизывает пространство между волокнами и фибриллами. В силу наличия относительного движения воды и волокон на поверхности последних должны развиваться гидродинамические усилия, которые будут стремиться оторвать отдельные волокна от пучка и отщипить фибриллы.

Как показывают расчеты, согласно теории динамического взаимодействия тел и жидкости, волокна целлюлозы в размольной камере движутся с ускорением до $3,04 \cdot 10^6$ м/с². При этом отрывающая сила, действующая на волокно в пучке, достигает значения более $5,24 \cdot 10^{-3}$ Н. Данное воздействие должно приводить к продольному расщеплению пучков волокон и их фибрилляции.

Кроме указанного воздействия, бумажная масса в аппарате с вихревым слоем подвергается магнитной обработке. Известно, что обработка суспензии целлюлозы постоянным магнитным полем увеличивает ее скорость обезвоживания, улучшает физико-механические свойства бумажного листа. Поэтому можно предположить, что магнитная обработка массы в вихревом слое также должна приводить к улучшению ее бумагообразующих свойств.

Проведенный теоретический анализ стесненного движения ферромагнитной частицы под воздействием магнитного поля в суспензии целлюлозы показывает, что основным фактором процесса размола целлюлозы и других волокнистых материалов в вихревом слое является импульсное воздействие частиц на обрабатываемую среду. Поэтому можно предположить, что скорость размола целлюлозы в аппарате с вихревым слоем зависит прежде всего от факторов, определяющих частоту и силу воздействия ферромагнитных частиц на обрабатываемую среду.

Из уравнения (1) следует, что угловая скорость и ускорение ферромагнитной частицы, а также частота ее колебания, и как следствие этого, интенсивность обработки целлюлозы, зависят от геометрических размеров и физических свойств ферромагнитных частиц, степени стесненности (плотности вихревого слоя), физических свойств обрабатываемой среды, величины внешнего электромагнитного поля

и скорости его вращения. Перечисленные параметры являются переменными для аппаратов с вихревым слоем.

Поэтому в задачу экспериментальных исследований входило:

- исследование влияния геометрических размеров ферромагнитных частиц, концентрации массы и величины магнитной индукции на критический коэффициент заполнения размольной камеры ферромагнитными частицами;
- исследование контактной силы и частоты воздействия ферромагнитных частиц на целлюлозные волокна при размоле их в аппарате с вихревым слоем;
- исследование влияния геометрических размеров ферромагнитных частиц, величины магнитной индукции, коэффициента заполнения размольной камеры частицами и концентрации массы на бумагообразующие свойства технической целлюлозы и скорость ее размола;
- исследование влияния акустических колебаний в аппарате с вихревым слоем на бумагообразующие свойства целлюлозы;
- исследование влияния магнитной обработки суспензии целлюлозы в аппарате с вихревым слоем на ее влагоудержание и скорость обезвоживания;
- проверка выводов о скорости размола, как функции частоты и силы импульсного воздействия ферромагнитных частиц на целлюлозные волокна.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований основных динамических факторов вихревого слоя ферромагнитных частиц, влияния параметров вихревого слоя и концентрации массы на скорость и качество размола и выбор оптимального режима работы вихревого слоя при размоле целлюлозы.

Экспериментальные исследования проводились в аппарате с вихревым слоем типа ВА-100 с использованием ферромагнитных частиц из никеля и углеродистых сталей.

Известно, что ферромагнитные частицы в аппарате образуют вихревой слой только при условии, когда их количество не превышает некоторое критическое значение. При превышении его частицы прекращают движение. Экспериментальные исследования величины критического коэффициента заполнения размольной камеры ферромагнитными частицами ($K_{кр}$), определяемой из отношения объема частиц к объему размольной камеры при прекращении существования вихревого слоя, показывают, что она зависит от геометрических размеров частиц, концентрации массы и величины магнитной индукции. Установлено, что максималь-

ное значение $K_{кр}$ приобретает при отношении длины ферромагнитных частиц к их диаметру равному 8-9. Увеличение диаметра частиц приводит к увеличению значения $K_{кр}$. Зависимость его от концентрации массы носит экстремальный характер и при величине магнитной индукции в размольной камере до 0,19Т максимальное значение $K_{кр}$ приобретает при концентрации целлюлозы около 2%, а при магнитной индукции от 0,2 до 0,23Т - около 4%. Изменение величины индукции в размольной камере приводит к прямо пропорциональному изменению значения $K_{кр}$. Полученные значения $K_{кр}$ позволяют определить максимально возможную величину загрузки ферромагнитных частиц в размольную камеру и, с учетом полученных данных по размолу целлюлозы, оптимальную величину их загрузки при различных режимах размола в вихревом слое.

Об интенсивности обработки суспензии волокнистых материалов в вихревом слое судили по частоте и величине ударных импульсов соударяющихся ферромагнитных частиц. Измерения этих величин проводились при различных режимах работы вихревого слоя с помощью специально для этих целей изготовленного и протарированного герметического датчика с пьезоэлектрическим преобразователем на основе титаната бария. Силовые воздействия вихревого слоя на преобразователь осуществлялись через круглую площадку диаметром 4мм. С выхода преобразователя электрические сигналы усиливались усилителем Ф-550 и поступали на счетчик импульсов Ф-588 и электронный осциллограф С-1-49. Осциллограммы ударных импульсов фиксировались на фотопленку камерой РФК-5. С помощью полученных осциллограмм проводилась оценка контактной силы, действующей на рабочую площадку датчика в вихревом слое при наличии в размольной камере бумажной массы. В результате исследований установлено, что максимальная частота импульсного воздействия ферромагнитных частиц на волокна целлюлозы в вихревом слое имеет место при отношении длины частиц к их диаметру в пределе 9-13 (рис.2) и количестве частиц в размольной камере (0,6-0,75) $K_{кр}$ (рис.3). Контактная сила приобретает максимальное значение при величине загрузки частиц (0,35-0,6) $K_{кр}$. При этом величина контактной силы и частоты прямо пропорциональна величине магнитной индукции и обратно пропорциональна концентрации массы. Полученные данные показывают, что изменяя режим работы вихревого слоя и концентрацию массы возможно изменять интенсивность обработки целлюлозы при размоле ее в аппарате с вихревым слоем, а также позволяют выбрать необходимый

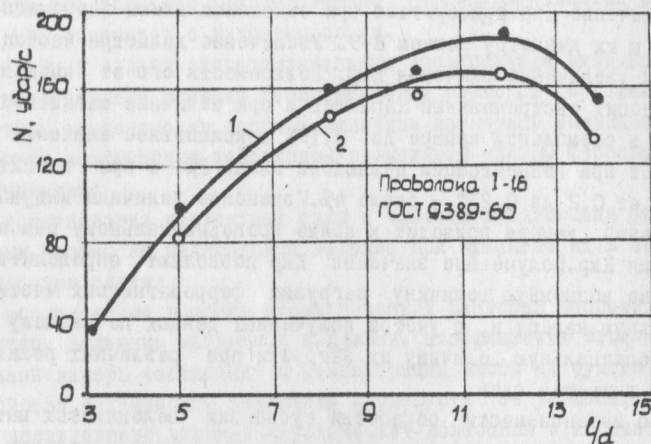


Рис. 2. Зависимость частоты соударений ферромагнитных частиц в вихревом слое от отношения $\frac{l}{d}$ (Концентрация целлюлозы 3%. Величина магнитной индукции 0,15Т):
1- N_{max} ;
2- величина загрузки ферромагнитных частиц в размольной камере 300 г.

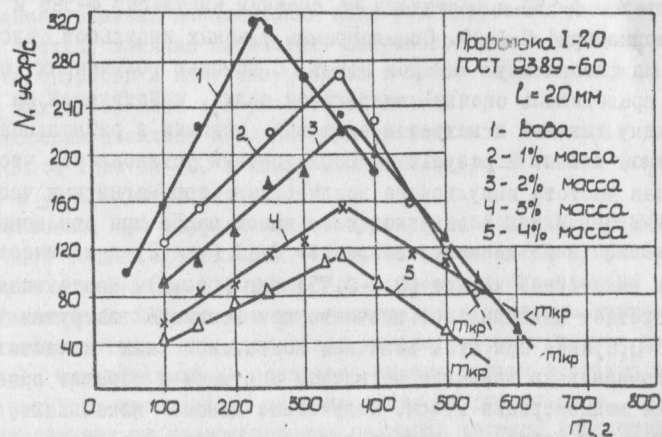


Рис. 3. Зависимость частоты соударений ферромагнитных частиц от величины загрузки их в размольной камере при различной концентрации целлюлозы (Величина магнитной индукции 0,15Т).

режим размола. Это подтверждено при исследовании размола различных целлюлоз.

Изучение влияния основных факторов вихревого слоя и концентрации массы на свойства технической целлюлозы проводилось при периодическом и непрерывном режимах ведения размола сульфатной небеленой и сульфитной беленой целлюлозы производства мешочной и офсетной бумаги на Котласском ЦБК. В качестве ферромагнитных частиц использовалась проволока пружинная, сварочная Св08Г2С и никелевая НП-2 различного диаметра и длины.

Установлено, что максимальный прирост степени помола за одно и то же время размола имеет место при обработке целлюлозы в вихревом слое частиц из пружинной проволоки при отношении длины частиц к их диаметру равному 8-13 (рис.4) и количестве их в размольной камере около (0,6-0,85) Ккр (рис.5), то есть, практически, при тех же значениях, при которых достигает максимального значения частота импульсного воздействия частиц в вихревом слое. Экспериментально показано также, что концентрация массы и величина магнитной индукции оказывает существенное влияние на скорость и качество размола. Увеличение концентрации приводит к снижению прироста степени помола за одно и то же время обработки в вихревом слое и к сохранению длины волокна. Однако зависимость производительности аппарата от концентрации массы имеет экстремальный характер и, например, при размоле сульфатной небеленой целлюлозы до 28°ШР и величине индукции 0,15Т достигает максимального значения при концентрации около 3%. Изменение индукции приводит к прямо пропорциональному изменению прироста степени помола.

О качестве размола целлюлозы в вихревом слое судили по изменению фракционного состава целлюлозы, средней длины волокон и их удельной поверхности, а также по изменению физико-механических свойств отливок бумаги. Анализ результатов экспериментальных исследований размола сульфатной небеленой целлюлозы показывает, что размол в начальный период протекает медленно, а начиная с 20-25°ШР, резко ускоряется. При увеличении количества ферромагнитных частиц в размольной камере до 0,63 Ккр скорость размола прямо пропорциональна их количеству. Изменение средней длины волокон в процессе размола при различном количестве частиц в размольной камере носит сложный характер. Увеличение их количества до 0,38 Ккр способствует укорочению волокон, а при дальнейшем увеличении происходит уменьшение разделения волокон в поперечном

14.

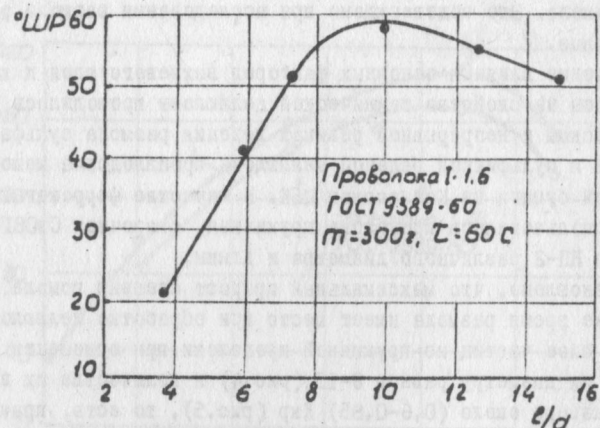


Рис.4. Зависимость степени помола целлюлозы от отношения $\frac{l}{a}$ ферромагнитных частиц (Концентрация целлюлозы 3%).

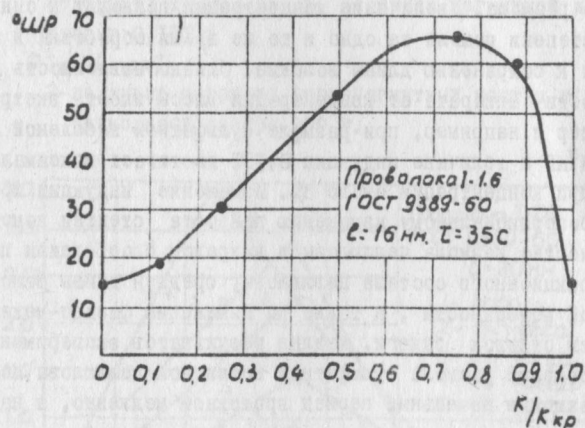


Рис.5. Зависимость степени помола целлюлозы от величины загрузки ферромагнитных частиц в размольной камере (Концентрация целлюлозы 3%).

направлении и размола протекает за счет фибриллирования при незначительном укорочении волокон. Увеличение диаметра частиц при одинаковом $\frac{l}{a}$ приводит к более "мягкому" размолу. Так, например, при размоле частицами из проволоки пружинной диаметром 2,0мм укорочение волокон идет меньше, чем при размоле частицами диаметром 1,6мм. Это приводит к тому, что разрывная длина бумаги из массы, размолотой частицами диаметром 1,6мм, приобретает максимальное значение при помоле 50-60 $^{\circ}\text{ШР}$, а при размоле частицами диаметром 2,0 мм явно выраженного максимума не имеет. Иллюстрация эффекта воздействия вихревого слоя ферромагнитных частиц на волокна служат микрофотографии целлюлозы, представленные в диссертации.

Анализ физико-механических свойств отливок из сульфатной небеленой и сульфитной беленой целлюлоз, размолотых в аппарате с вихревым слоем и в конических и дисковых мельницах на Котласском ЦБК, показывает, что отливки из массы, обработанной в вихревом слое, по основным показателям превосходят отливки из массы, размолотой в существующем оборудовании. Так, разрывная длина отливок, изготовленных из сульфитной беленой целлюлозы, размолотой в аппарате ВА-100, по сравнению с отливками из массы, размолотой в дисковых мельницах МД-31 на 23%, сопротивление продавливанию на 34%, число двойных перегибов в 4раза выше. Особый интерес вызывает размола целлюлозы совместно с наполнителем. Интенсивная обработка бумажной массы в вихревом слое приводит к равномерному распределению наполнителя между волокнами целлюлозы и повышению активности компонентов, что позволяет получить бумагу с высокими физико-механическими свойствами и равномерным просветом.

При размоле в вихревом слое бумажная масса подвергается магнитной обработке. О влиянии ее на бумагообразующие свойства целлюлозы судили по результатам исследований изменения влагоудержания и скорости обезвоживания массы. Установлено, что магнитная обработка уменьшает влагоудержание сульфатной небеленой целлюлозы на 4-6%. Изменение влагоудержания и скорости обезвоживания наблюдается и во время после размолта. Так влагоудержание сульфатной небеленой целлюлозы через 4-5 часов после обработки в аппарате уменьшается на 12% и достигает минимального значения, а скорость обезвоживания при этом увеличивается почти на 43%, достигая максимального значения. Следовательно, с целью улучшения формирования бумажного полотна и уменьшения энергозатрат на его сушку, масса, после обработки в вихревом слое, должна подаваться

на сетку бумагоделательной машины после определенного выдерживания в массном бассейне. Для сульфатной небеленой целлюлозы время выдерживания составляет до 4-5 часов.

Анализ полученных данных по размолу технических целлюлоз, а также результатов исследований контактной силы и частоты импульсного воздействия частиц в вихревом слое свидетельствует о том, что основным размалывающим фактором вихревого слоя является импульсное воздействие частиц на волокна целлюлозы. Скорость размола при этом зависит прежде всего от частоты данного воздействия.

На основе проведенных исследований разработан опытно-промышленный аппарат типа АВС-350 для размола целлюлозы.

Испытание данного аппарата проводилось на Котласском ЦБК в размольном отделении производства мешочной бумаги. Подключение аппарата осуществлялось через регулятор напряжения, который позволял проводить размол целлюлозы при различной величине магнитной индукции в размольной камере. В результате испытаний установлено, что размол целлюлозы в аппарате АВС-350, как и в аппарате ВА-100, позволяет получать бумажный лист с более высокими физико-механическими свойствами, чем размол в дисковых и конических мельницах. Так, механическая прочность бумаги из массы, размолотой в дисковых и конических мельницах до 25⁰ШР, достигается при размоле в аппарате с вихревым слоем уже при 21⁰ШР. Исследование фракционного состава массы показывает, что размол в аппарате АВС-350 возможно проводить за счет фибриллирования и расщепления волокон по длине при незначительном их укорочении, что имеет существенное значение для качества получаемой массы. Так, например, при подъеме степени помола сульфатной небеленой целлюлозы с 22 до 30⁰ШР в вихревом слое ферромагнитных частиц из пружинной проволоки диаметром $d=3,5$ мм и длиной $l=40$ мм средняя длина волокон изменилась с 1,51 до 1,43 мм, а прирост разрывной длины составил 1730 м.

Расход электроэнергии на размол в аппарате с вихревым слоем зависит от величины напряженности магнитного поля, создаваемого индуктором в размольной камере, количества ферромагнитных частиц в размольной камере, их геометрических размеров и физических свойств материала частиц, физических свойств и конструктивных особенностей размольной камеры и не зависит от концентрации массы. При оптимальном режиме размола сульфатной небеленой целлюлозы в аппарате АВС-350 удельный расход электроэнергии составляет

$20-23 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т} \cdot \text{ШР}}$, что на 30-40% ниже, чем при размоле в дисковых и конических мельницах типа МД-31, МЛ-0,5 и МКМ, установленных на Котласском ЦБК. В результате испытаний также установлено, что в результате интенсивного движения ферромагнитных частиц в аппарате стенка размольной камеры подвергается значительным динамическим нагрузкам, что приводит к ее износу. Поэтому в промышленных образцах аппаратов с целью широкого их внедрения размольная камера должна изготавливаться из материала, обладающего высокой износостойкостью, и с целью снижения удельного расхода энергии на размол должна выполняться из неэлектропроводного материала.

Анализ экспериментальных данных по изучению размола целлюлозы на различных режимах работы вихревого слоя в аппаратах ВА-100 и АВС-350 и сопоставления их с результатами исследования динамики вихревого слоя позволяют сформулировать оптимальные условия размола целлюлозы в вихревом слое:

- величина магнитной индукции в размольной камере - 0,16-0,185Т;

- ферромагнитные частицы из проволоки пружинной ГОСТ 9389-60 при соотношении $\frac{l}{d}=8-12$;

- количество ферромагнитных частиц в размольной камере - (0,65-0,75) Ккр;

- концентрация массы;

при непрерывном режиме ведения процесса 2,7-2,9%;

при периодическом - 3-4%.

Расчеты показывают, что экономический эффект от внедрения одного аппарата с вихревым слоем для размола целлюлозы составит более 30 тыс. руб. Аппарат не имеет динамических уплотнений и практически бесшумный в работе, что выгодно отличает его от существующего размольного оборудования.

ВЫВОДЫ

1. Изучено воздействие вихревого слоя на суспензии волокнистых материалов. Установлено, что основным размалывающим фактором в вихревом слое является импульсное ударное воздействие ферромагнитных частиц. Величина контактной силы и частоты импульсного воздействия частиц на волокна целлюлозы прямо пропорциональна концентрации массы. При этом максимальная частота имеет мес-

18.

то при $\frac{v}{a} = 9-13$, $K = (0,6-0,75)$ Ккр, а максимальная сила при $K = (0,35-0,6)$ Ккр.

2. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований впервые в практике размол волоконистых материалов разработаны новый способ размол путем обработки волокон в вихревом слое ферромагнитных частиц и опытно-промышленный образец аппарата с вихревым слоем для размол целлюлозы производительностью до 1 т/сутки при подъеме степени помола сульфатной небеленой целлюлозы за один проход более чем на 8⁰ШР. Аппарат не имеет динамических уплотнений и практически бесшумный в работе.

3. Оптимальными условиями размол целлюлозы в аппарате с вихревым слоем является:

- величина магнитной индукции в размольной камере - 0,16 - 0,185Т;

- ферромагнитные частицы из проволоки пружинной ГОСТ 9389-60 при отношении длины частицы к ее диаметру в пределе 8-12;

- количество ферромагнитных частиц в размольной камере - (0,65-0,75) Ккр;

- концентрация массы:

при непрерывном режиме ведения процесса - 2,7-2,9%;

при периодичности - 3-4%

4. Показано, что размол целлюлозы в аппарате с вихревым слоем происходит при незначительном укорочении волокон и позволяет получать бумажный лист с высокими физико-механическими свойствами.

5. Установлено, что магнитная обработка массы в аппарате с вихревым слоем способствует увеличению скорости обезвоживания и снижению ее влагоудержания.

6. Созданный аппарат с вихревым слоем для размол целлюлозы испытан в промышленных условиях. В результате испытаний установлено, что экономический эффект от внедрения одного аппарата за счет улучшения бумагообразующих свойств массы и снижения расхода электроэнергии по сравнению с применяемым размольным оборудованием составит более 30 тыс. руб.

7. Эффективность процесса размол в вихревом слое позволяет рекомендовать его также для размол коротковолокнистых целлюлоз, размол массы из макулатуры, для активации наполнителей и введения их в бумажную массу.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Оберемок В.Н. Особенности применения аппаратов с вихревым слоем для размол волоконистых материалов. Сб. научных трудов. Оборудование с использованием различных методов интенсификации процессов. Вып. 71, М., НИИхиммаш, 1975, с.104-110.

2. Оберемок В.Н. Размол волоконистых материалов в вихревом слое ферромагнитных частиц. Экспресс-информация. "Бумага и целлюлоза", Вып. 9-76. Сб. "Размол и очистка полуфабрикатов", М., ВНИИПИЭИлеспром, 1976, с.24-25.

3. Оберемок В.Н., Шеляков О.П., Логвиненко Д.Д. Размол бумажной массы в вихревом слое ферромагнитных частиц. "Бумажная промышленность", 1973, № 4, с.5-6.

4. Оберемок В.Н., Логвиненко Д.Д., Шеляков О.П., Кутушев И.Д., Олейник А.Т. Размол целлюлозы в аппарате с вихревым слоем ферромагнитных частиц. "Бумажная промышленность", 1974, № 6, с.12-14.

5. Оберемок В.Н.; Кутушев И.Д., Логвиненко Д.Д., Шеляков О.П. Размол целлюлозы в аппарате с вихревым слоем. Машины и оборудование целлюлозно-бумажных производств. Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 3, Л., ЛТИЦБ, 1975, с.63-68.

6. Оберемок В.Н., Кишик Р.И. Обработка целлюлозы в аппарате с вихревым слоем. Сб. "Всесоюзное научно-техническое совещание. Создание и внедрение оборудования с использованием энергии электромагнитных и других полей для интенсификации технологических процессов". Тезисы докладов. М., Минхиммаш, 1975, с.108-112.

7. Оберемок В.Н., Василенко Н.К. Некоторые результаты испытаний аппарата с вихревым слоем для размол целлюлозы. Сб. "Всесоюзное научно-техническое совещание. Создание и внедрение оборудования с использованием энергии электромагнитных и других полей для интенсификации технологических процессов". Тезисы докладов, М., Минхиммаш, 1975, с.148-150.

8. Оберемок В.Н., Логвиненко Д.Д., Шеляков О.П.,
Олейник А.Т. Способ подготовки бумажной массы к отливу. Авт.
свид. СССР №483475.

9. Оберемок В.Н., Шеляков О.П., Логвиненко Д.Д.,
Астафьев В.И. Аппарат для размола волокнистых материалов. Авт.
свид. СССР № 460345.

Сдано в производство 3.2.77г. Подписано к печати 2.2.77г.

Тираж 100 экз. Объем I п.л. Изд. № Заказ 306 М.25786

Бесплатно.

Редакционно-издательский отдел ЛТИ

Ротапринт ЛТИ ЦБН, 198095, Ленинград, ул.Ивана Черных, 4