

УДК 676.024.67

*И.А. Воронин, Ю.Д. Алашкевич, А.И. Ларионова, Н.С. Решетова
(I.A. Voronin, Y.D. Alashkevich, A.I. Larionova, N.S. Reshetova)
Сибирский государственный технологический университет,
Красноярск*

**МЕХАНИЗМ РАЗМОЛА ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ
В УСТАНОВКЕ С ИНЕРЦИОННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ
(THE MECHANISM OF GRIND OF FIBROUS SEMI-FINISHED PRODUCTS
IN INSTALLATION WITH INERTIAL INFLUENCE)**

Представлены теоретические и экспериментальные исследования влияния углов скрещивания режущих кромок ножей размольного тела и барабана на расчет основных технологических параметров процесса размола в установке с инерционным движением размольных тел.

This paper presents the theoretical and experimental study of the effect of crossing angles of the cutting edges of knives-time mole body and drum on the calculation of the basic technological parameters of the grinding process to install inertial motion of the grinding bodies.

Введение

Для оценки размалывающей способности ножевых размалывающих машин, а также аппаратов с инерционным движением рабочих органов (рис. 1) используют секундную режущую длину, которая характеризует способность размалывающей машины укорачивать волокнистый материал [1].

С. Смит связывает эффект укорачивания волокон при размоле с ростом секундной режущей длины [1, 2, 3]. Технологический параметр площадь поверхности ножевого трения и соответственно секундная размалывающая способность также зависят от углов скрещивания ножей ротора и статора. Поэтому данный параметр непосредственно связан

с эффективностью процесса размола. Попытки внести коррективы при расчёте секундной режущей длины были предприняты в работах Ю.Д. Алашкевича [4], А.А. Набиевой [5].

В их работах был проведён теоретический анализ определения истинной секундной режущей длины с учётом углов установки ножей ротора и статора, углов их скрещивания, а также основных геометрических параметров размольной гарнитуры. Впервые для оценки качества разработки волокнистых суспензий был предложен технологический параметр *циклической элементарной длины* $L_{\omega, \text{эл}}$, характеризующий среднюю длину, «отрезаемую» парой ножей за один оборот ротора [5]:

$$L_{\omega, \text{эл}} = \frac{L_S \cdot 60}{nt(2\pi/\psi)}, \quad (1)$$

где t – количество движущихся точек пересечения ножей ротора с ножами статора, шт.;

L_S – секундная режущая длина, м/с;

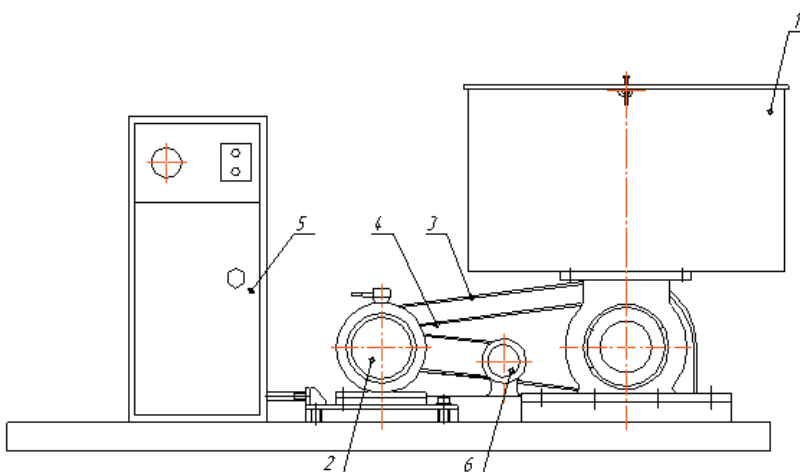


Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки с инерционным движением размольных тел:
1 – корпус; 2 – двигатель; 3 – кожух; 4 – ременная передача;
5 – блок управления; 6 – тахогенератор

n – частота вращения ротора, об/мин;

$2\pi/\psi$ – число секторов на диске ножевой гарнитуры.

В формуле учитывается количество движущихся точек пересечения режущих кромок, которые являются существенной величиной, формирующей основные технологические параметры. Ввиду сложности определения динамично меняющегося значения количества точек пересечения этот параметр ранее не мог быть учтён. С появлением современных компьютерных технологий авторами была составлена в среде *Matlab* программа, предназначенная для определения секундной режущей длины и количества движущихся точек контакта для дисковых гарнитур с параллельными прямолинейными ножами [6]. Теоретически и экспериментально доказано, что с увеличением циклической элементарной длины качественные показатели процесса размола повышаются [5].

Экспериментальная часть

Использование предложенной программы для определения количества точек пересечения режущих кромок в размольной установке с инерционным движением рабочих тел крайне затруднительно, так как в отличие от дисковых мельниц, где размол происходит в плоскости между дисками ротора и статора, размол в установке с инерционным движением рабочих тел происходит в планетарной системе. Волокнистый материал в таком аппа-

рате подвергается размолу в зазоре между внутренней стенкой размольного цилиндрического барабана и перекатывающегося в его полости инерционного тела под действием центробежной силы, возникающей при вращении размольного барабана вокруг центрального вала и собственной инерционного тела является наличие на его боковой поверхности зубчатого профиля. В свою очередь, профиль внутренней поверхности размольного барабана имеет наклонную насечку с фиксированным постоянным углом α_2 , равным 55° (рис. 2).

В нашем случае движение инерционных тел происходит путем перекатывания их по образующей размольного барабана. Для исследования влияния углов скрещивания на основные технологические показатели процесса размола размольной

установки с инерционными телами при помощи пакета программ КОМПАС-V8+ были изготовлены прозрачные графические модели инерционных тел с различными углами установки ножей по отношению к горизонту. Размольный барабан был использован с постоянным углом наклона ножей с соблюдением реальных геометрических размеров (см. рис. 2).

При углах установки ножей на инерционных телах α_1 , равных $33, 55, 90, 135^\circ$, и фиксированном угле наклона насечки барабана получены углы скрещивания α_3 , равные соответственно $22, 0, 35, 80^\circ$ (см. рис. 2). Частота вращения размольного барабана менялась в следующих пределах – $114; 142,5; 171; 199,5; 228; 256,5$ об/мин.

В лаборатории кафедры «Машины и аппараты промышленных технологий» ФГБОУ ВО

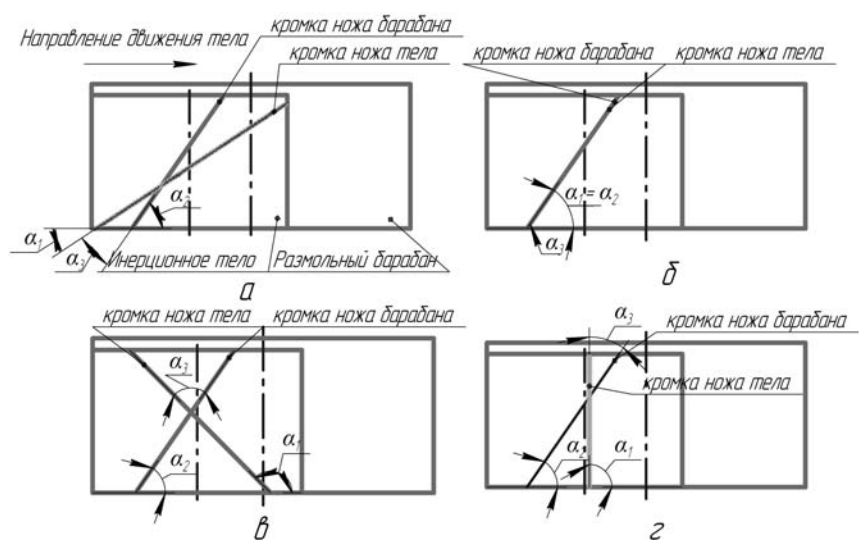


Рис. 2. Схема углов установки режущих кромок ножей на инерционном теле:

- α_1 – угол установки ножей на инерционном теле;
 - α_2 – угол установки ножей на размольном барабане;
 - α_3 – угол скрещивания кромок ножей
- $a - \alpha_1 = 33^\circ; б - \alpha_1 = 55^\circ; в - \alpha_1 = 135^\circ; г - \alpha_1 = 90^\circ$

«Сибирский технологический университет» была проведена серия опытов для экспериментальных подтверждений теоретических исследований. Для этого использовалась установка с шестью инерционными телами (см. рис. 1). Размолу подвергалась сульфитная небеленая целлюлоза – полуфабрикат ООО «Енисейский ЦБК». Эксперимент проводился при концентрации волокнистой суспензии 1 % и скорости 200 об/мин.

Формула (1) для установки с инерционным движением размольных тел примет вид

$$L_{\omega,эл} = \frac{L_S \cdot 60}{nt}. \quad (2)$$

Она отличается тем, что наша конструкция размольных цилиндров не предусматривает наличие секторов ($2\pi/\psi$).

Секундная режущая длина определяется по формуле

$$L_S = \frac{m_{ц} m_{б} l_{ц} n}{60}, \quad (3)$$

где $m_{ц}$ – число ножей на размольном теле, шт.;

$m_{б}$ – число ножей на размольном барабане, шт.;

$l_{ц}$ – длина ножа на цилиндре, м;

n – частота вращения размольного цилиндра, об/мин.

Результаты технологических параметров процесса размола в установке с инерционным движением размольных тел представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные конструктивные и технологические показатели размольной установки с инерционными телами

Количество ножей на сателлите $m_{ц}$, шт.	Количество ножей на барабане, $m_{б}$, шт.	Частота вращения размольного тела, n , об/мин	Длина ножей на сателлите, $l_{ц}$, м	Секундная режущая длина, L_S , м/с	Количество точек пересечения, t , шт.	Циклическая элементарная длина, $L_{\omega,эл}$, м
0° угол скрещивания						
34	344	114	0,073	1622	1	854
		142,5	0,073	2028	1	854
		171	0,073	2433	1	854
		199,5	0,073	2839	1	854
		228	0,073	3244	1	854
		256,5	0,073	3650	1	854
22° угол скрещивания						
34	344	114	0,106	2356	56	22
		142,5	0,106	2944	56	22
		171	0,106	3533	56	22
		199,5	0,106	4122	56	22
		228	0,106	4711	56	22
		256,5	0,106	5300	56	22
35° угол скрещивания						
34	344	114	0,06	1333	49	14
		142,5	0,06	1667	49	14
		171	0,06	2000	49	14
		199,5	0,06	2333	49	14
		228	0,06	2667	49	14
		256,5	0,06	3000	49	14
80° угол скрещивания						
34	344	114	0,085	1889	119	8
		142,5	0,085	2361	119	8
		171	0,085	2833	119	8
		199,5	0,085	3306	119	8
		228	0,085	3778	119	8
		256,5	0,085	4250	119	8

Оценку влияния углов установки ножей, обеспечивающих определенную величину углов скрещивания в точках контакта, производили с учетом количества движущихся точек пересечения режущих кромок, с увеличением которых понижается значение циклической элементарной длины $L_{\omega,эл}$. Из таблицы видно, что при угле скрещивания, равном 0° , точка пересечения режущих кромок сливается в линию, направленную по плоскости расположения ножей, равную одному контакту (кромки режущих поверхностей инерционного тела и барабана совпадают в одну линию, см. рис. 2,з). Поэтому в этом случае показатель циклической элементарной длины имеет максимальное значение. С увеличением количества точек контакта значение циклической элементарной длины уменьшается, что может снизить качество помола [5].

По результатам исследования получена зависимость циклической элементарной длины от угла скрещивания режущих кромок ножей размольного тела и барабана (рис. 3).

Из графика видно, что величина циклической элементарной длины увеличивается при уменьшении угла скрещивания ножей. Наивысший показатель наблюдается при угле скрещивания, равном 0° .

Обсуждение результатов

Для требуемого качества изготавливаемой бумаги проводят эксперименты для определения

бумагообразующих свойств и физико-механических характеристик волокнистых материалов. В процессе экспериментальных исследований выявлены зависимости изменения бумагообразующих свойств волокнистой суспензии от средней длины волокна. Также выявлены зависимости изменения физико-механических свойств готовых отливок от сопротивления бумаги разрыву.

На основании экспериментальных данных были построены графики, отражающие характер

разработки волокнистой массы в зависимости от угла скрещивания ножей размольного тела с ножами размольного барабана.

Зависимости средней длины волокна от градуса помола при различных углах скрещивания ножей размольного тела с ножами размольного барабана приведены на рис. 4.

Из графика видно, что с увеличением градуса помола длина волокна уменьшается, что не противоречит классическим зависимостям свойств бумаги

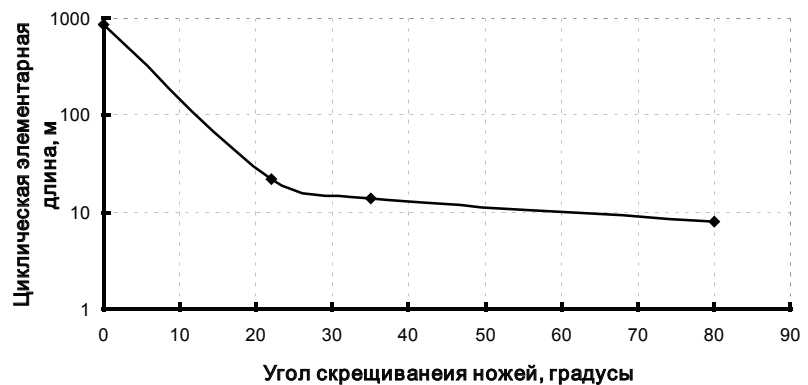


Рис. 3. Зависимость циклической элементарной длины от угла скрещивания ножей

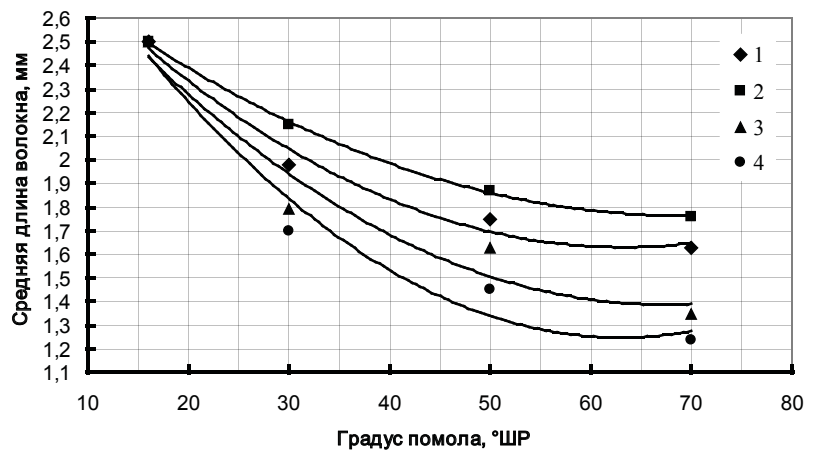


Рис. 4. Зависимость средней длины волокна от градуса помола. Угол скрещивания ножей: 1 – 0° ; 2 – 33° ; 3 – 35° ; 4 – 80°

при ножевом размоле волокнистой массы [7]. Лучший показатель средней длины волокна достигается при угле установки 55° , что соответствует углу скрещивания 0° . Укорочение волокна при этом угле скрещивания идет менее интенсивно, что в дальнейшем положительно скажется на качестве готовых отливок.

Выводы

Представленные теоретические и экспериментальные исследования влияния углов скре-

щивания режущих кромок на процессы размол в размольной установке с инерционным движением рабочих тел позволяют сделать следующие выводы.

1. Как и следовало ожидать, по аналогии с ножевыми размалывающими машинами величина углов скрещивания ножей размольного тела и барабана существенно образом оказывает влияние на показатели основных технологических параметров: секундную режущую длину, циклическую элементарную длину.

2. Угол установки ножей зубчатого профиля инерционного тела влияет на угол скрещивания режущих кромок и количество точек пересечения режущих кромок, что отразится на величине технологических параметров установки.

3. Снижение значений углов скрещивания ножей позволяет получить более высокие показатели средней длины волокна и разрывной длины, при этом наблюдается рост циклической элементарной длины.

Библиографический список

1. Пашинский В.Ф. Машины для размолы волокнистой массы. М.: Лесн. пром-сть, 1972. 160 с.
2. Киселев С.С., Пашинский В.Ф. Эксплуатация и ремонт дисковых и конических мельниц. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 208 с.
3. Smith, S. Die rationelle Theorie des Ganzzehughollandar. Otto Ernst Verlag. Teil I/ S. Smith. Berlin, 1922. 105 p.
4. Алашкевич Ю.Д. Основы теории гидродинамической обработки волокнистых материалов в размольных машинах: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.03 / Алашкевич Юрий Давыдович. Красноярск, 1986. 170 с.
5. Набиева А.А. Оценка влияния и совершенствования технологических параметров ножевых размалывающих машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.03 / Набиева Анна Александровна. Красноярск, 2004. 156 с.
6. Заявка 2009613683 Российская Федерация. Численный метод определения секундной режущей длины секторной ножевой гарнитуры дисковых мельниц с параллельными прямолинейными ножами постоянной ширины / А.А. Набиева, Е.Е. Нестеров, Ю.Д. Алашкевич, Д.С. Карпенко. № 2009612514; опубл. 10.07.09.
7. Иванов С.Н. Технология бумаги. Изд. 2-е, перераб. М.: Лесн. пром-сть, 1970. 96 с.