

УДК 676.16.021.363

А. Н. Кашин, аспирант (БГТУ), ведущий инженер-технолог (ПУП «Бумажная фабрика» Гознака);
В. И. Темрук, кандидат технических наук, генеральный директор (ПУП «Бумажная фабрика» Гознака);
Т. В. Соловьева, доктор технических наук, профессор (БГТУ);
В. В. Горжанов, кандидат технических наук, научный сотрудник (БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАЗМОЛА НА БУМАГООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Проведены исследования по определению влияния параметров размола на бумагообразующие свойства волокон индивидуальных пород древесины. Установлены закономерности влияния скорости вращения ротора дисковой мельницы на параметры массы из целлюлозы лиственной и хвойной пород древесины и свойства бумаги. Этот фактор оказывает существенное влияние на характер размола хвойной целлюлозы и практически не сказывается на характере размола целлюлозы лиственных пород.

Studies on determination influence parameter milling on paper-forming properties of fibres individual sorts wood has been conducted. Regularities of the influence to velocities of the rotation of the rotor mill on parameters of the mass from cellulose leafy and coniferous sorts wood and properties of paper have been installed. This factor renders the essential influence upon nature of the milling of the coniferous cellulose and practically does not tell on nature of the milling of the cellulose from leafy sorts.

Введение. Известно [1], что из многих факторов размола (продолжительность, удельное давление, концентрация массы, вид размалывающей гарнитуры, окружная скорость размалывающих органов, рН и температура массы, наличие гидрофильных добавок [1–3]) активным и наиболее применяемым является удельное давление при размоле, которое определяется зазором между дисками размалывающей гарнитуры. К активным переменным факторам целесообразно отнести также и окружную скорость размалывающих органов, однако на практике этот фактор, как правило, не используется.

Оперативный фактор размола «нагрузка мельницы» имеет низкую избирательность при размоле смесей длиноволокнистой (хвойной) и коротковолокнистой (лиственной) целлюлозы. Известно [3], что для всех видов волокон повышение удельной нагрузки при размоле увеличивает рубку (укорачивание) волокон, а ее снижение повышает их фибриллирование [4].

Для улучшения управляемости процессом размола смесей хвойной и лиственной целлюлозы в качестве второго оперативного фактора целесообразно использовать частоту вращения ротора мельницы. С изменением частоты вращения пропорционально изменяются важнейшие характеристики размола – удельная нагрузка при размоле, интенсивность размола, секундная режущая длина гарнитуры.

Чтобы судить наиболее полно о процессе размола массы, необходимо контролировать не только степень помола, но и длину волокон. Соотношение в изменении этих двух показателей, названное коэффициентом ужирнения K ,

позволяет судить о направлении процесса размола: идет ли он в сторону гидратации (ужирнения) или в направлении механического укорочения волокон. Этот коэффициент определяется как отношение прироста степени помола Δg (°ШР) к укорочению волокон Δl , выраженному в процентах от их исходной длины [5]:

$$K = \Delta g / \Delta l.$$

Если $K < 1,1$, то помол можно назвать садким, т. е. когда размол идет в направлении процесса укорочения волокон, при $K = 1,1–1,3$ помол принято считать средним, и если $K > 1,3$ – помол жирный, т. е. размол идет в сторону гидратации.

Основная часть. Оценку влияния частоты вращения ротора дисковой мельницы как на параметры бумажной массы, так и на качество бумаги проводили на лабораторной размалывающей установке ЛКР-1 производства ООО «Ресбертех», которая оснащена частотным приводом. Зазор между дисками ротора и статора лабораторной мельницы в процессе исследований был определен ранее [6] и составлял 0,2 мм.

Для исследования были выбраны беленая сульфатная целлюлоза хвойная (производства фирмы VOTNIA (Финляндия)) и лиственная (производства Котласского ЦБК). В качестве выходных параметров выбраны степень помола бумажной массы (°ШР), средневзвешенная длина волокна по методу Иванова (дг), скорость обезвоживания (мл/с) и коэффициент ужирнения массы (K) по Иванову.

Результаты исследований раздельного размола белой сульфатной хвойной и лиственной целлюлозы представлены в таблице.

Влияние частоты вращения ротора мельницы на характеристики размолотой массы

Частота вращения ротора, мин ⁻¹	Время размола, мин	Беленая сульфатная хвойная целлюлоза				Беленая сульфатная лиственная целлюлоза			
		Степень помола, °ШР	Средневзвешенная длина волокон, дг	Скорость обезвоживания, мл/с	Коэффициент ужирения К, °ШР/%	Степень помола, °ШР	Средневзвешенная длина волокон, дг	Скорость обезвоживания, мл/с	Коэффициент ужирения К, °ШР/%
Без размола		14	114	62,2	–	22	32	53,8	–
1000	15	24	89	53,4	0,46	31	30	38,9	1,44
	30	36	76	24,6	0,66	56	20	9,2	0,90
	45	47	65	14,9	0,77	81	16	3,4	1,18
1500	15	35	84	8,7	0,80	52	29	11,5	3,20
	30	55	78	5,1	1,30	80	16	3,1	1,16
	45	68	75	3,1	1,58	86	14	2,5	1,13
2000	15	39	93	8,4	1,36	56	29	9,3	3,62
	30	66	82	3,2	1,85	82	22	3,1	1,98
	45	84	79	2,7	2,28	88	12	1,8	1,05

Как видно из таблицы, при увеличении частоты вращения ротора мельницы возрастает степень помола массы и снижается средневзвешенная длина волокон и скорость обезвоживания как для хвойной, так и для лиственной целлюлозы. Характер размола, выражаемый коэффициентом ужирения, для целлюлозы индивидуальных пород древесины различен. Так, для хвойной целлюлозы с повышением частоты вращения ротора дисковой мельницы с 1000 до 2000 мин⁻¹ характер размола от садкого меняется к жирному. При этом после размола при частоте вращения 1000 мин⁻¹ размолотая масса садкая, коэффициент ужирения массы менее 0,8; скорость обезвоживания высокая – 14,9–54,4 мл/с, тогда как при 1500 и 2000 мин⁻¹ скорость обезвоживания имеет низкие значения – 3,1–8,7 и 2,7–8,4 мл/с, масса жирная, коэффициент ужирения возрастает до 1,58 и 2,28 соответственно. При этом повышение частоты вращения ротора мельницы приводит к меньшему укорочению волокон – средневзвешенная длина волокон для хвойной целлюлозы увеличивается с 65 до 79 дг при максимальном времени размола 45 мин.

Для лиственной целлюлозы характер размола иной. Так, увеличение частоты вращения ротора дисковой мельницы с 1000 до 2000 мин⁻¹ практически не оказывало влияние на процесс укорочения волокон – значения средневзвешенной длины снижались почти одинаково для каждой частоты вращения при времени размола 45 мин. Характер размола при всех частотах вращения ротора мельницы изменялся от жирного при времени размола 15 мин до среднежирного к концу размола – 45 мин.

Из полученной размолотой массы, отобранной после 15, 30 и 45 мин при каждой частоте вращения, в лабораторных условиях были изготовлены и испытаны образцы бумаги. Изготовление образцов бумаги проводили на листоотливном аппарате системы «Rapid-Ketten». Полученные образцы бумаги подвергали кондиционированию в стандартных условиях по ГОСТ 13523-78. Определяли их плотность, толщину по ГОСТ 27015-86, влажность по ГОСТ 13525.19-91, массу одного метра квадратного образцов по ГОСТ 13199-88.

Испытывали образцы на показатели; разрывная длина по ГОСТ ИСО 1924-1-96 и сопротивление излому по ГОСТ ИСО 5626-97. Показатели качества образцов бумаги, изготовленной из хвойной целлюлозы, характеризующие ее механическую прочность, а также удельный расход энергии на размол представлены на рис. 1–3. Показатели механической прочности образцов бумаги, изготовленных из лиственной древесины, и удельный расход энергии, потраченной на размол такой целлюлозы в зависимости от продолжительности процесса размола, представлены на рис. 4–6.

Из зависимостей, представленных на рис. 1, 2, 4, 5, видно, что при увеличении времени размола механическая прочность бумаги возрастает: разрывная длина увеличивается от 2,31–2,34 до 7,84–8,82 км, сопротивление излому от 1–15 до 355–955 д. п. Интенсивный прирост значенный разрывной длины наблюдается в течение 30 мин размола во всем диапазоне скоростей вращения как для лиственной, так и для хвойной целлюлозы. Дальнейшее увеличение времени размола вызывает незначительный прирост этих показателей, а иногда снижение.

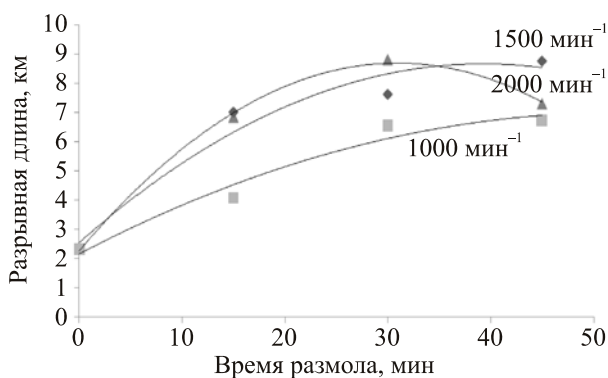


Рис. 1. Изменение разрывной длины бумаги из хвойной целлюлозы при разной частоте вращения ротора дисковой мельницы

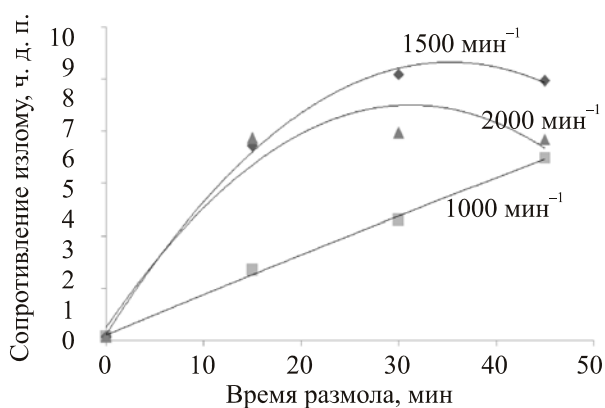


Рис. 2. Изменение сопротивления излому бумаги из хвойной целлюлозы при разной частоте вращения ротора дисковой мельницы

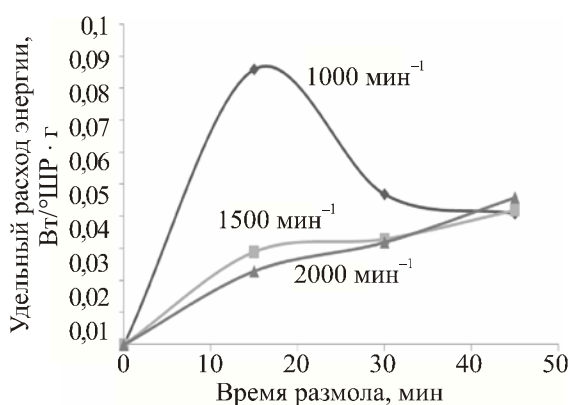


Рис. 3. Изменение удельного расхода энергии на размол хвойной целлюлозы при разной частоте вращения ротора дисковой мельницы

Зависимости сопротивления бумаги излому несколько отличаются для бумаги, изготовленной из хвойной и лиственной целлюлозы. Для хвойной целлюлозы этот показатель имеет такой же характер, как и для разрывной длины – основной рост значений наблюдается до 30 мин размла.

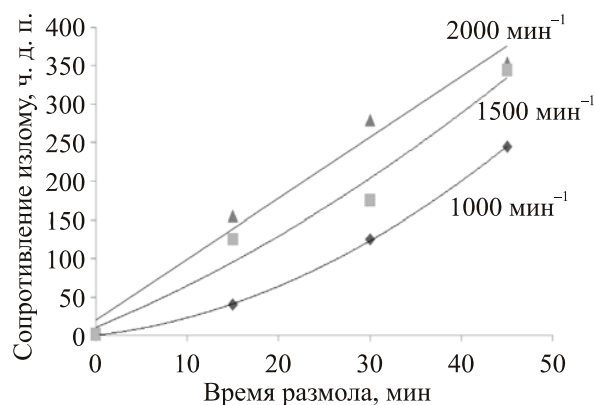


Рис. 4. Изменение разрывной длины бумаги из лиственной целлюлозы при разной частоте вращения ротора дисковой мельницы

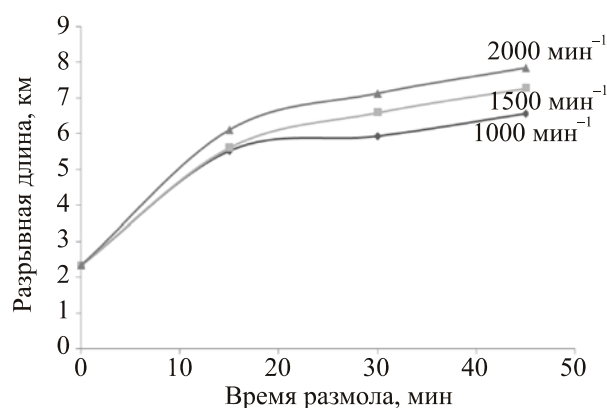


Рис. 5. Изменение сопротивления излому бумаги из лиственной целлюлозы при разной частоте вращения ротора дисковой мельницы

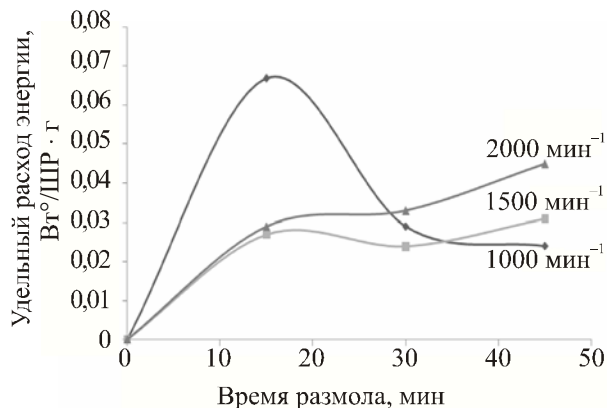


Рис. 6. Изменение удельного расхода энергии на размол лиственной целлюлозы при разной частоте вращения ротора дисковой мельницы

Для лиственной целлюлозы сопротивление излому возрастает при увеличении как времени размла, так и частоты вращения ротора дисковой мельницы, что можно объяснить повышением фибриллированности волокон – степень помола увеличивается с 22 до 88°ШР.

Удельный расход энергии на размол как для лиственной, так и для хвойной целлюлозы имеет одинаковые закономерности (рис. 3, 6). При частотах вращения ротора мельницы 1500 и 2000 мин⁻¹ этот показатель возрастает с 0,023 до 0,046 Вт/°ШР·г для хвойной целлюлозы и с 0,024 до 0,045 Вт/°ШР·г с увеличением времени размола от 15 до 45 мин. При этом разница между значениями затрат энергии для индивидуальных пород древесины незначительна: при 2000 мин⁻¹ и 45 мин размола значения этого показателя составляют 0,045 и 0,046 Вт/°ШР·г для лиственной и хвойной целлюлозы соответственно. При частоте вращения ротора мельницы 1000 мин⁻¹ удельный расход энергии снижается с увеличением времени размола. Так, при размоле хвойной целлюлозы расход энергии после 15 мин составлял 0,066 Вт/°ШР·г, а после 45 мин – 0,041 Вт/°ШР·г. Такое изменение удельного расхода энергии при 1000 мин⁻¹ можно объяснить тем, что при низких оборотах происходит укорочение волокон, которое требует больших энергетических затрат [6–7]. Это подтверждают данные по средневзвешенной длине волокон – основное уменьшение значений данного показателя наблюдается именно при этой частоте вращения ротора. С увеличением времени размола количество длинных волокон уменьшается и расход энергии снижается.

Заключение. На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

- частота вращения ротора размалывающего оборудования является эффективным оперативным фактором размола бумажной массы, используя который, можно управлять характером этого процесса;

- применение в качестве оперативного фактора частоты вращения ротора размалывающего оборудования особенно эффективно при размоле целлюлозы хвойных пород древесины и незначительно сказывается на характере размола целлюлозы из лиственных пород древесины;

- сопоставимые показатели качества бумаги могут достигаться путем размола целлюлозы при различной частоте вращения ротора мельницы;

- экономичный размол можно вести двумя способами: либо при высоких оборотах и минимальных затратах времени, либо при низких оборотах и высокой продолжительности. Выбор наилучшего режима будет определяться исходя из свойств бумаги, которую необходимо получить.

Литература

1. Технология целлюлозно-бумажного производства: в 3 т. / редкол.: П. Осипов [и др.]. – СПб.: Политехника, 2002–2006. – Т. 2: Производство бумаги и картона. Ч. 1: Технология производства и обработки бумаги и картона / В. Комаров [и др.]. – 2005. – 423 с.
2. Фляте, Д. М. Свойства бумаги / Д. М. Фляте. – 3-е изд. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 680 с.
3. Гончаров, В. Н. Теоретические основы размола волокнистых материалов в ножевых мельницах: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.03 / В. Н. Гончаров. – Л., 1990. – 31 с.
4. Paulapuro, H. Papermaking: 3 parts / H. Paulapuro. – Norcross: TAPPI, 2000. – Part 1: Stock Preparation and Wet End. – 457 p.
5. Иванов, С. Н. Технология бумаги / С. Н. Иванов. – 3-е изд. – М.: Школа бумаги, 2006. – 696 с.
6. Соловьева, Т. В. Влияние скорости вращения ротора дисковой мельницы на затраты энергии при размолу / Т. В. Соловьева, В. И. Темрук, А. Н. Кашин // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2009. – Вып. XVII. – С. 35–39.
7. Danielewicz, D. Effect of birch and pine fibre content and degree of beating on the properties of bleached sulphate pulps / D. Danielewicz, B. Surma-Ślusarska // Fibres and Text. East. Eur. – 2004. – Vol. 12, № 4. – P. 73–77.

Поступила 11.03.2011