

УДК 676.038

А. А. Каверина, магистрант, инженер (БГТУ);
В. В. Горжанов, кандидат технических наук, научный сотрудник (БГТУ);
А. А. Пенкин, кандидат технических наук, старший преподаватель (БГТУ);
Т. В. Соловьева, доктор технических наук, профессор (БГТУ)

ПОВЫШЕНИЕ БУМАГООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ ВТОРИЧНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Изучено влияние процессов роспуска и размола на характеристики массы из макулатуры марки МС-2А. Установлено, что процесс размола вторичных волокнистых материалов необходимо вести таким образом, чтобы не происходило сильного укорачивания волокон с достижением их интенсивного фибриллирования. Определены оптимальные параметры размола макулатуры (продолжительность размола, частота вращения ротора, величина межножевого зазора), позволяющие повысить ее бумагообразующие свойства.

Influence of repulping and milling processes on the characteristics of the mass from waste paper grade МС-2А has been studied. It has been established that refining process of secondary material necessary conduct must be done so that to prevent the strong shortening of the fibers with the achievement of their intensive fibrillation. The optimum parameters of the refining of waste paper (duration of refining, frequency of rotor revolution, value of refiner power), allowing to increase it the paper-forming properties of secondary material have been determined.

Введение. Макулатура является ценным сырьем для бумажно-картонной промышленности. Производство бумаги и картона из вторичных волокон растет быстрыми темпами, примерно в два раза быстрее, чем производство бумаги из свежих полуфабрикатов. Этому способствуют как экономические, так и экологические факторы.

Влияние волокнистых полуфабрикатов на качество бумажно-картонных материалов, в частности на структурно-механическую прочность, оценивают через бумагообразующие свойства [1].

Главное отличие вторичных полуфабрикатов заключается в их изначально пониженных бумагообразующих свойствах по сравнению с первичными [2]. Волокна в результате влияния технологических стадий изготовления бумаги, а также процессов переработки приобретают новые физические свойства, которые и являются причиной названного негативного отличия.

Из процессов бумажного производства особенно сильное негативное влияние на свойства волокон оказывает сушка бумаги, при которой происходят необратимые изменения: потеря эластичности, чрезмерное уплотнение поверхности и увеличение хрупкости [3]. Эти изменения связаны с явлением «необратимого орогования», косвенно выражающегося в уменьшении способности волокон к набуханию в процессах размола и выдерживания макулатурной массы перед подачей на бумагоделательной машине [4]. Процессы, связанные с роспуском и размолотом макулатурной массы, сопровождаются разрушением структуры волокон, что приводит к увеличению количества мелочи и разнообразных обрывков, возрастает количество наружных повреждений и, как следствие, наблюдается ухудшение фракционного состава массы – увеличивается доля коротковолокнистой фракции.

Пониженные бумагообразующие свойства вторичных волокон приводят к тому, что продукция, вырабатываемая на их основе, имеет более низкие значения прочности по сравнению с материалами из первичных полуфабрикатов.

Основная часть. Целью данной работы являлось установление влияния процессов роспуска и размола на характеристики массы из макулатурных волокон и разработка режима размола макулатурной массы с целью повышения бумагообразующих свойств.

Роспуск макулатуры проводили с использованием лабораторного размалывающего комплекта ЛКР-1, оснащенного гидроразбивателем ЛГ-3 и мельницей НДМ-3. В качестве сырья использовали макулатуру марки МС-2А в виде белой бумаги, запечатанной с одной стороны на лазерном принтере. В процессе роспуска каждые 5 мин отбирали образцы массы и определяли ее характеристики: степень помола, средневзвешенную длину волокна и скорость обезвоживания. В табл. 1 представлена характеристика макулатурной массы в зависимости от времени роспуска.

Таблица 1

Влияние времени роспуска на характеристики массы из макулатуры марки МС-2А

Время роспуска, мин	Характеристики макулатурной массы		
	Степень помола, °ШР	Средневзвешенная длина волокна, дг	Скорость обезвоживания, мл/с
5	21	26	36
10	24	26	31
15	27	27	29
20	26	27	27
25	27	28	27
30	27	27	27

Как видно из табл. 1, с увеличением продолжительности роспуска степень помола массы и средневзвешенная длина волокна увеличиваются, достигая постоянных значений в течение 15 мин. В то же время в процессе роспуска снижается скорость обезвоживания массы с 36 до 27 мл/с, достигая постоянных значений за 20 мин. Снижение скорости обезвоживания массы можно объяснить уменьшением содержания в ней сгустков, а также значительной степенью набухания волокон, для чего 20 мин воздействия воды оказалось достаточным.

С целью установления направления процесса размола был определен фракционный состав макулатурной массы после роспуска и установлено влияние каждой фракции на прочность бумаги. В процессе фракционирования последовательно пропускали массу через четыре сетки, получая, таким образом, четыре фракции. Характеристики массы, полученной из волокон четырех первых фракций, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики массы, полученной после фракционирования

Номер фракции (сита)	Характеристики массы		
	Степень помола, °ШР	Средневзвешенная длина волокна, дг	Скорость обезвоживания, мл/с
1 (16)	16	68	174,2
2 (30)	17	40	124,6
3 (50)	21	30	95,4
4 (100)	22	13	73,8

На рис. 1 представлены данные по фракционному составу макулатурной массы после ее роспуска.

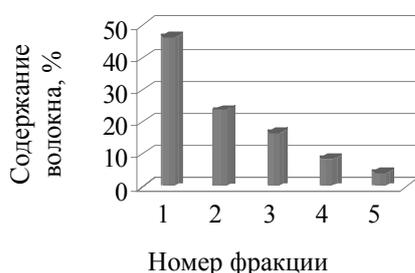


Рис. 1. Фракционный состав макулатурной массы после роспуска

Как видно из табл. 2, фракции заметно отличаются друг от друга по характеристикам средневзвешенной длины волокна и скорости обезвоживания. При этом чем меньше длина волокон, тем больше они разработаны (на что указывает степень помола массы, полученной из каждой фракции, которая возрастает с 16 до

22°ШР при увеличении номера фракции) и тем лучше удерживают воду (скорость обезвоживания массы, полученной из каждой фракции, снижается по мере увеличения номера). Как видно из рис. 1, в макулатурной массе после роспуска преобладает длинноволокнистая фракция, содержание которой составляет 46,6%.

Из макулатурной массы с представленными характеристиками были изготовлены на листотливном аппарате «Ernst Haage» и испытаны на горизонтальной разрывной машине фирмы «Lorentzen and Wettre» образцы бумаги массой 1 м² 80 г, показатели качества которых представлены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели качества бумаги, полученной из фракций макулатурной массы

Номер фракций	Наименование показателей бумаги			
	Разрушающее усилие, Н	Относительное удлинение, %	Сопротивление раздиранию, мН	Прочность на излом при многократных перегибах, ч. д. п.
1	39,1	2,10	280	320
2	24,1	1,08	260	260
3	21,9	1,10	190	170
4	18,1	0,98	110	40

Из табл. 3 видно, что наибольшую прочность бумаге придает первая – длинноволокнистая фракция. Волокна второй и третьей фракций, более разработанные (на что указывают повышенные значения степени помола массы), позволяют получать бумагу с хорошей структурой, достаточной для обеспечения сравнительно высоких показателей прочности, особенно по сопротивлению раздиранию. Из волокон четвертой фракции получается бумага с низкой прочностью, что объясняется, главным образом, малой длиной волокон.

Для определения оптимальных параметров процесса размола применяли математическое планирование эксперимента. Был реализован план Кифера (К_i), включающий вершины гиперкуба, середины ребер и двумерных граней. Массу после роспуска в течение 20 мин перегружали в мельницу НДМ-3 лабораторного размалывающего комплекта ЛКР-1 и осуществляли ее размол. При проведении эксперимента варьировали: продолжительность размола (5, 10, 15 мин), величину межножевого зазора (0,3; 0,4; 0,5 мм) и частоту вращения ротора двигателя мельницы (1000; 1500; 2000 об./мин). Для полученной массы определяли показатели степени помола и скорости обезвоживания.

Расчеты обобщенного критерия оптимизации позволили установить оптимальные параметры процесса размола макулатурной массы: продолжительность размола – 10 мин, величина межножевого зазора – 0,3 мм, частота вращения ротора двигателя мельницы – 1500 об./мин. Данные оптимальные параметры процесса размола обеспечили получение следующих показателей качества макулатурной массы: степени помола – 47°ШР, скорости обезвоживания – 10,33 мл/с. Фракционный состав размолотой при оптимальных параметрах макулатурной массы представлен на рис. 2.

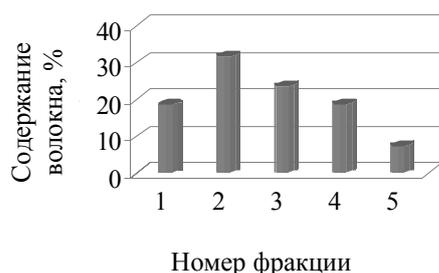


Рис. 2. Фракционный состав макулатурной массы после размола

Сравнивая данные рис. 1 и 2, отмечаем, что после роспуска произошло увеличение количества волокон второй и третьей фракций за счет снижения количества первой фракции. В то же время не удалось избежать и нежелательного измельчения волокон, о чем свидетельствует явное увеличение количества волокон четвертой фракции.

Сравнительная характеристика показателей качества бумаги, из которой была получена макулатура, и бумаги, изготовленной из макулатурной массы после 20 мин ее роспуска и размолотой при оптимальных параметрах, представлена в табл. 4

Таблица 4
Сравнительная характеристика показателей качества бумаги

Наименование показателя	Значения показателей бумаги		
	исходной	полученной из массы после	
		роспуска	размола
Разрушающее усилие, Н	68,55	58,06	78,78
Относительное удлинение, %	2,14	2,10	2,38
Сопротивление раздиранию, мН	480	360	510
Прочность на излом при многократных перегибах, ч. д. п.	320	200	280

Как видно из табл. 4, показатели бумаги из массы после 20 мин ее роспуска явно ниже соответствующих для исходной бумаги.

Однако в результате последующего размола, наоборот, показатели бумаги значительно улучшились (разрушающее усилие 78,78 Н, сопротивление раздиранию 510 мН) и даже превысили значения, определенные для исходной бумаги (разрушающее усилие 68,55 Н, сопротивление раздиранию 480 мН). Это указывает на достигнутую в процессе размола разработку волокон, повышение их эластичности и достаточно высокое развитие межволоконных связей.

Исключение составляет некоторое понижение показателя прочности на излом при многократных перегибах, что вполне объяснимо наличием коротких волокон в массе, образовавшихся в результате размола. В то же время понижение этого показателя сравнительно незначительно и составляет не более 40 д. п., что вполне допустимо для печатных видов бумаги.

Заключение. Установлено, что для полного разволокнения макулатуры марки МС-2А достаточно 20 мин ее роспуска в гидроразбивателе. Определены оптимальные параметры процесса размола макулатурной массы: продолжительность размола – 10 мин, величина межножевого зазора – 0,3 мм, частота вращения ротора двигателя мельницы – 1500 об./мин.

Показатели качества бумаги, полученной из макулатурной массы, размолотой при данных оптимальных параметрах, превышают значения, определенные для исходной бумаги (показатель разрушающего усилия увеличился на 13%, сопротивления раздиранию – на 6%).

Литература

1. Фляте, Д. М. Свойства бумаги / Д. М. Фляте. – 3-е изд. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 680 с.
2. Кулешов, А. В. Бумагообразующие свойства вторичных растительных волокон / А. В. Кулешов, А. С. Смолин // Химия растительного сырья. – 2008. – № 2. – С. 109–112.
3. Пузырев, С. С. Переработка макулатуры: состояние, проблемы, перспективы / С. С. Пузырев, Д. Достал // Мир бумаги. – 2003. – № 5. – С. 25–29.
4. Научные основы переработки макулатуры / Д. А. Дулькин [и др.] // Лесной журнал. – 2005. – № 1–2. – С. 104–122.

Поступила 11.03.2011