

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ БУМАГИ ДЛЯ ПЕЧАТИ ИЗ ВТОРИЧНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ НАПРАВЛЕННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПРОЦЕССА ИХ РАЗМОЛА

Т.В. Соловьева, А.А. Каверина, В.В. Горжанов, А.А. Пенкин

*Белорусский государственный технологический университет, Минск,
Республика Беларусь*

Регулированием факторов размола массы (продолжительности размола, величины межножевого зазора, частоты вращения ротора мельницы) из макулатуры марки МС-2А найдены оптимальные параметры получения бумаги для печати с повышенными прочностными свойствами.

INCREASING THE STRENGTH PROPERTIES OF PAPER FOR PRINTING FROM SECONDARY SEMI-FINISHED BY DIRECTIONAL CONTROL OF THE PROCESS OF THEM MILLING

T. Solov'eva, A. Kaverina, V. Gorzhanov, A. Penkin

Belarusian State Technological University, Minsk, the Republic of Belarus

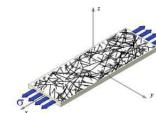
The optimum parameters to get printing paper with improved strength properties have been found by controlling factors of milling pulp (duration of the milling process, value of refiner power and frequency of rotor revolution) from waste paper grade 2A.

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.

В настоящее время макулатура используется преимущественно для производства низкосортных видов бумаги и картона, в то время как на долю бумаги для печати приходится менее 1 % [1]. Это обусловлено высокими требованиями к показателям качества такого вида продукции, которые в значительной мере зависят от условий проведения размола массы.

Целью работы являлось установление режима размола массы из макулатуры марки МС-2А в лабораторной дисковой мельнице комплекта ЛКР-1, который позволил бы достичь высоких показателей качества бумаги для печати.

Роспуск макулатуры проводили с использованием гидроразбивателя ЛГ-3 этого же комплекта. 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	показатель средневзвешенной длины волокна, дг	скорость обезвоживания, мл/с
5	21	27	36
10	24	27	31
15	27	27	29
20	27	27	27
25	27	27	27
30	27	27	27

Как видно из табл. 1, с увеличением продолжительности роспуска степень помола массы увеличивается, 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 ее роспуска в течение 20 мин в гидроразбивателе. Фракционирование осуществляли при помощи фракционатора Messmer Buchel Bauer McNett. В процессе фракционирования макулатурную массу последовательно пропускали через 4 сетки со следующими величинами пропускающего отверстия: 1 – 16 нитей на дюйм (1,190 мм), 2 – 30 нитей на дюйм (0,595 мм), 3 – 50 нитей на дюйм (0,297 мм), 4 – 100 нитей на дюйм (0,149 мм), получая, таким образом, 4 фракции. Из каждой фракции массы после их роспуска приготавливали 1 % суспензию, для которой определяли показатели: степень помола и скорость обезвоживания макулатурной массы, средневзвешенную длину волокна (табл. 2).

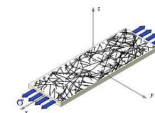


Таблица 2. Характеристики фракций макулатурной массы

Номер фракции (сита)	Характеристика массы		
	степень помола, °ШР	показатель средневзвешенной длины 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

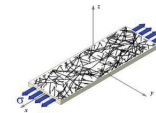
Как видно из табл. 2, фракции заметно отличаются друг от друга по характеристикам средневзвешенной длины волокна и скорости обезвоживания. При этом, чем меньше длина волокон, тем более они разработаны (на что указывает степень помола массы, полученной из каждой фракции, которая возрастает с 16 до 22°ШР при увеличении номера фракции) и лучше удерживают воду (скорость обезвоживания массы, полученной из каждой фракции, снижается с 174,2 до 73,8 мл/с по мере увеличения номера фракции).

Для установления влияния каждой фракции на прочность бумаги из макулатурной массы для каждой из 4 фракций с представленными характеристиками были изготовлены на листоотливном аппарате Ernst-Haage и испытаны на горизонтальной разрывной машине фирмы «Lorentzen and Wettre» образцы бумаги, показатели качества которых представлены в табл. 3.

Таблица 3. Показатели качества бумаги, полученной из различных фракций макулатурной массы

Номера фракций и сит	Наименование показателей бумаги			
	разрушающее усилие, Н	относительное удлинение, %	сопротивление раздиранию, мН	прочность на излом при многократных перегибах, ч.д.п.
1 (16)	39,1	2,10	280	320
2 (30)	24,1	1,10	260	260
3 (50)	21,9	1,08	190	170
4 (100)	18,1	0,98	110	40

Как видно из табл. 3, значения всех показателей качества бумаги по мере увеличения номера фракции снижаются. Наибольшую прочность бумаге придает первая – длиноволокнистая фракция. Волокна второй и тре-



твей фракций, более разработанные (на что указывают повышенные значения степени помола массы, табл. 2), позволяют получать бумагу с хорошей структурой, достаточной для обеспечения сравнительно высоких показателей прочности, особенно по сопротивлению раздираю (разница значений показателя между первой и второй фракциями составляет 7,14 %). Из волокон четвертой фракции получается бумага с низкой прочностью. Это объясняется, главным образом, малой длиной волокон, снижением прочности самих волокон, что приводит к снижению межволоконных сил связи [2].

На основании полученных данных можно заключить, что процесс размола макулатуры необходимо вести таким образом, чтобы не происходило сильного укорачивания волокон с достижением их интенсивного фибриллирования, требуется получать массу с преобладанием волокон второй и третьей фракций.

Для определения оптимальных параметров процесса размола макулатурной массы применяли математическое планирование эксперимента. Организационной основой для математического описания и оптимизации процесса размола являлся многофакторный план Кифера [3].

Макулатурную 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 в мельнице (0,3; 0,4; 0,5 мм) и частоту вращения ее ротора (1000; 1500; 2000 об/мин). Во всех 26 опытах для полученной макулатурной массы определяли степень помола, показатель средневзвешенной длины волокна, а также оценивали величину израсходованной электроэнергии на размол. В результате эксперимента было установлено, что значения показателя средневзвешенной длины волокон для массы, полученной из макулатуры (21 дг), изменяются практически в пределах погрешности, поэтому этот показатель при проведении расчетов по оптимизации не учитывался.

Расчеты обобщенного критерия оптимизации позволили установить оптимальные параметры процесса размола макулатурной массы (продолжительность размола – 10 мин, величина межножевого зазора – 0,21 мм, частота вращения ротора мельницы – 1500 об/мин), которые обеспечили получение следующих показателей качества – степень помола – 47 °ШР, расход электроэнергии на размол – 54 Вт.

Фракционный состав макулатурной массы после роспуска в течение 20 мин и размолотой при оптимальных параметрах представлен на рис. 1.

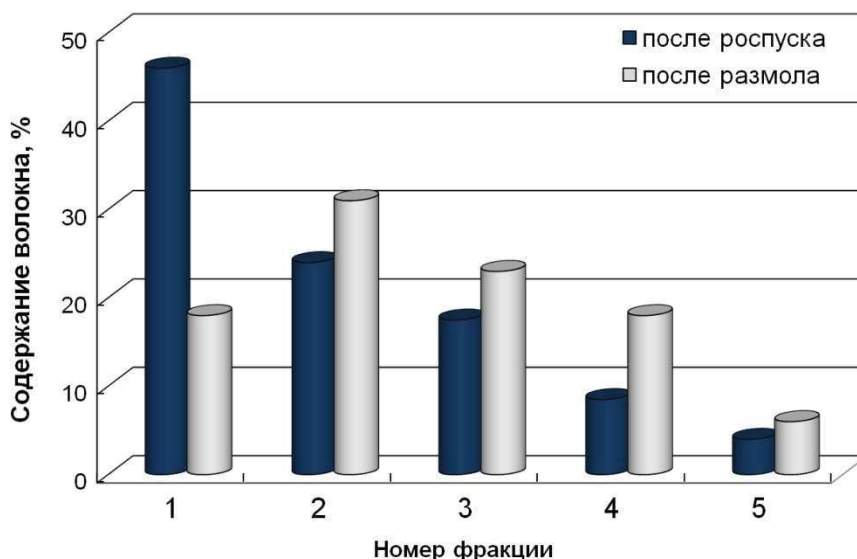
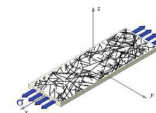


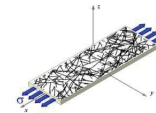
Рис. 1. Фракционный состав макулатурной массы после роспуска и размола

Как видно из рис. 1, после размола произошло увеличение количества волокон второй и третьей фракций за счет снижения количества первой фракции с 46,6 до 18,5 %. 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, изготовленной из макулатурной массы после ее 20 мин роспуска и размолотой при оптимальных параметрах, представлена в табл. 2.

Таблица 2. Сравнительная характеристика бумаги, полученной из макулатуры

Наименование показателя	Значения показателей бумаги		
	исходная	полученная после	
		роспуска	размола
Разрушающее усилие, Н	68,55	58,06	78,78
Прочность при растяжении, кН/м	4,57	3,87	5,25
Разрывная длина, км	5,83	4,93	6,69
Относительное удлинение, %	2,14	2,10	2,38
Жесткость при разрыве, кН/м	568	510	613
Сопротивление раздиранию, мН	480	360	510
Прочность на излом при многократных перегибах, ч.д.п.	320	200	280



Как видно из табл. 2, показатели бумаги из макулатурной массы после 20 мин ее роспуска явно ниже соответствующих показателей, определенных для исходной бумаги, это обусловлено известным [4] понижением бумагообразующих свойств волокон макулатуры по сравнению с волокнами первичных полуфабрикатов. Однако, в результате последующего размола, наоборот, показатели бумаги значительно улучшаются (разрушающее усилие 78,78 Н, сопротивление раздиранию 510 мН) и даже превышают 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.

Из результатов проведенного эксперимента следует, что повышения прочностных свойств бумаги из макулатуры можно достичь направленным регулированием процесса их размола.

Список литературы

1. Ванчаков М.В. Технология и оборудование для переработки макулатуры: учебное пособие / М.В. Ванчаков, А.В. Кулешов, Г.Н. Коновалова. – Санкт-Петербург: СПб, 2010. – Ч.1. – 98 с.
2. Иванов С.Н. Технология бумаги / С.Н. Иванов. – 3-е изд. – М.: Школа бумаги, 2006. – 696 с.
3. Колесников В.Л. Компьютерное моделирование и оптимизация химико-технологических систем / В.Л. Колесников, И.М. Жарский, П.П. Урбанович. – Мн.: БГТУ, 2004. – 532 с.
4. Фляте Д.М. Бумагообразующие свойства волокнистых материалов / Д.М. Фляте. – М.: Лесн. Пром-сть, 1990. – 136 с.