

УДК 676.1:676.038.22

Н. В. Черная проф., д-р техн. наук; С. В. Карпова ассист., м.т.н.;
соискатель О. А. Мисюров; ст. науч. сотр. Т. В. Чернышева;
студ. С. А. Дашкевич

(кафедра химической переработки древесины, БГТУ)

БУМАГООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ И МАКУЛАТУРНОЙ СУСПЕНЗИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ СТАДИИ РАЗМОЛА

В технологии бумаги и картона стадия размола является одной из основных технологических операций. Она позволяет целенаправленно изменять бумагообразующие свойства волокнистых суспензий, от которых зависит качество бумаги и картона. Важное значение имеют межволоконные связи, образующиеся в бумаге и картона при формировании их структуры из волокон, отличающихся фракционным составом, размерами и количеством «раскрытых» на их поверхности активных отрицательно заряженных центров (гидроксильных групп). Образованию последних и формированию в дальнейшем с их участием межволоконных связей способствует стадия размола, способствующая «раскрытию» на поверхности волокон гидроксильных групп. Их увеличение сопровождается улучшением бумагообразующих свойств волокнистых суспензий, полученных из первичных (целлюлозы) и вторичных (макулатуры) полуфабрикатов. Следствием этого является повышение прочности бумаги и картона, которую оценивают по такому показателю, как разрывная длина.

В Республике Беларусь предприятия целлюлозно-бумажной промышленности вынуждены перерабатывать макулатуру (вторичный волокнистый полуфабрикат, подразделяется на 13 марок МС-1, МС-2, ..., МС-12, МС-13) из-за дефицита импортируемой целлюлозы (первичный волокнистый полуфабрикат). Виды макулатуры, применяемые на конкретном предприятии, существенно отличаются. Поэтому выбор конкретной марки макулатуры зависит от ее бумагообразующих свойств и возможности использования ее для выпуска необходимого ассортимента бумажной и картонной продукции и комплекса требований, предъявляемых к ее качеству в целом и прочности в частности. Повышенным спросом пользуется макулатура марки МС-7, объемы сбора которой в Республике Беларусь практически полностью удовлетворяют потребности действующих производств. Однако отсутствие в научной и технической литературе информации о бумагообразующих свойствах макулатуры марки МС-7 не позволяет повысить эффективность ее применения в технологии бумаги и картона. Поэтому инфор-

мация о бумагообразующих свойствах выбранной для исследования макулатуры марки МС-7 представляет научный и практический интерес.

Для решения проблемы импортозамещения с целью замены целлюлозы, поставляемой из-за рубежа за значительные валютные средства, в Республике Беларусь построен новый целлюлозный завод (г. Светлогорск, ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат»). В настоящее время на этом предприятии производится целлюлоза сульфатная беленая хвойная. На широкое ее использование ориентировано производство полиграфического картона в условиях филиала «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда» ОАО «Управляющая компания холдинга «белорусские обои». Поэтому информация о бумагообразующих свойствах целлюлозы сульфатной беленой хвойной отечественного производства, выбранной для исследования, представляет научный и практический интерес.

Цель исследования – изучение влияния условий стадии размола (концентрации целлюлозных и макулатурных суспензий и продолжительности воздействия на них размалывающей гарнитуры) на бумагообразующие свойства получаемых суспензий и прочность изготовленных из них образцов бумаги и элементарных слоев картона.

Волокнистые суспензии получали из первичного (целлюлозы сульфатной беленой хвойной, производитель ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат») и вторичного (макулатуры марки МС-7) полуфабриката. Для этого сначала проводили процесс диспергирования полуфабрикатов с использованием дезинтегратора марки БМ-3 (стадия роспуска), а затем процессы набухания, фибриллирования и укорочения волокон с применением лабораторного ролла (стадия размола), в котором концентрация волокнистой суспензии составляла 1 и 6%. Продолжительность стадии размола увеличивали от 5 до 80 мин. Степень помола волокнистых суспензий и среднюю длину волокон определяли по стандартным методикам на аппарате СР-2 и приборе Иванова соответственно. Образцы бумаги (80 г/м^2) и элементарные слои картона (80 г/м^2) изготавливали на листоотливном аппарате «Rapid-Ketten» (фирма «Ernst Naage», Германия), моделирующем работу современной бумагоделательной (картоноделательной) машины. Прочность образцов бумаги и элементарных слоев картона характеризовали разрывной длиной, которую определяли на испытательной машине Testometric (Великобритания) в соответствии с прилагаемой инструкцией.

Получено, что исходная степень помола неразмолотых целлюлозных и макулатурных суспензий отличалась и составляла 15 и

25°ШР соответственно при средней длине волокон 2,5 и 1,7 мм. Разрывная длина образцов бумаги и элементарных слоев картона, изготовленных из таких суспензий, составляла 3500 м для целлюлозы и 2100 м макулатуры. Результаты исследования представлены в таблице.

Таблица – Влияние вида волокнистого полуфабриката и концентрации волокнистых суспензий C_i , %, на процессы, протекающие на стадии размола в течение 80 мин, и разрывную длину (начальную и конечную) образцов бумаги и элементарных слоев картона

C_i , %	Процессы, протекающие на стадии размола в течение 80 мин							
	Набухание	Фибриллирование			Укорочение («рубка»)			
	Продолжительность $\tau_{1,i}$, мин	Продолжительность $\tau_{2,i}$, мин	Скорость процесса, °ШР/мин	Разрывная длина, м		Продолжитель- ность, $\tau_{3,i}$ мин	Разрывная длина, м	
				начальная	конечная		начальная	конечная
Целлюлозная суспензия								
$C_{ц} = 1$	15	50	1,2	3500	6100	15	6100	5050
$C_{ц} = 6$	10	40	1,5	3550	6150	25	6150	5030
Макулатурная суспензия								
$C_{м} = 1$	10	35	1,4	2100	3900	35	3900	2500
$C_{м} = 6$	5	20	2,5	2140	3930	55	3930	2000

Из таблицы видно, что на стадии размола волокнистых суспензий протекают три основных процесса. Сначала происходит набухание волокон, а затем – их фибриллирование. Завершающим процессом является укорочение («рубка») волокон.

Процесс набухания волокон протекает как в целлюлозных, так и в макулатурных суспензиях. Отличие состоит в его продолжительности $\tau_{1,i}$ мин, на которую влияет вид волокон и концентрация волокнистой суспензии C_i , %. Установлено, целлюлозные и макулатурные волокна, присутствующие в 1 и 6%-ной суспензиях, набухают в течение различного времени. Макулатурные волокна, имеющие среднюю длину 1,7 мм, набухают за промежуток времени, равный $\tau_{1,м} = 10$ мин при $C_{м} = 1\%$ и $\tau_{1,м} = 5$ мин при $C_{м} = 6\%$. Для целлюлозных волокон, имеющих среднюю длину 2,5 мм, требуется в 1,5–2,0 раза больше времени, которое возрастает до $\tau_{1,ц} = 15$ мин при $C_{ц} = 1\%$ и $\tau_{1,ц} = 10$ мин при $C_{ц} = 6\%$. Процесс набухания волокон обуславливается проникно-

вением молекул воды в их люмены. Поскольку средняя длина макулатурных волокон в 1,5 раза меньше целлюлозных, то скорость проникновения воды в их люмены увеличивается в 1,5 раза и более. Обнаруженная практически прямолинейная зависимость скорости процесса набухания волокон от их средней длины позволяет рассчитать необходимую его продолжительность в производственном оборудовании, что имеет важное практическое значение и может сократить время нахождения волокнистой суспензии в размалывающих мельницах (конических, дисковых, сдвоенных и др.) и за счет этого сократить время энергоемкой стадии размола и, следовательно, сэкономить 5–10% электроэнергии.

Процесс фибриллирования волокон является основным на стадии размола, поскольку его интенсивность и глубина влияют на бумагообразующие свойства волокнистых суспензий (целлюлозных и макулатурных) за счет «раскрытия» на поверхности волокон отрицательно заряженных активных центров (гидроксильных групп). О протекании этого процесса свидетельствует постепенное повышение степени помола исходных волокнистых суспензий от 15°ШР (для целлюлозной) и 25°ШР (для макулатурной) до 75°ШР, достигающей одновременно для целлюлозной и макулатурной суспензий. При этом продолжительность этого процесса $\tau_{2,i}$ зависит от вида волокнистого полуфабриката: для целлюлозной суспензии составляет $\tau_{2,ц} = 50$ мин при $C_{ц} = 1\%$ и $\tau_{2,ц} = 40$ мин при $C_{ц} = 6\%$ и для макулатурной – $\tau_{2,м} = 35$ мин при $C_{м} = 1\%$ и $\tau_{2,м} = 20$ мин при $C_{ц} = 6\%$. Повышению скорости процесса фибриллирования целлюлозных волокон от 1,2 до 1,5°ШР/мин (в 1,25 раза) и макулатурных волокон от 1,4 до 2,5°ШР/мин (в 1,78 раза) способствует увеличение концентраций волокнистых суспензий от 1 до 6%. Достигаемый положительный эффект можно, по нашему мнению, объяснить увеличением степени контакта волокон с элементами размалывающей гарнитуры и повышением степени «раскрытия» гидроксильных групп. Это способствует улучшению бумагообразующих свойств волокнистых суспензий, о чем свидетельствует повышение разрывной длины образцов бумаги, сформированных из размолотых до степени помола 75°ШР целлюлозных волокон от 3500–3550 до 6100–6150 м (в 1,7 раза) и макулатурных волокон от 2100–2140 до 3900–3930 м (в 1,9 раза). Увеличение разрывной длины образцов бумаги, изготовленных из целлюлозных и макулатурных волокон, в 1,74 и 1,86 раза соответственно, свидетельствует о положительном влиянии процесса фибриллирования, протекающего на стадии размола, на эффект улучшения бумагообразующих

свойств исследуемых волокнистых суспензий. При этом максимально сохраняется первоначальная средняя длина волокон, что имеет важное практическое значение с технологической точки зрения.

Процесс укорочения («рубки») волокон является нежелательным, поскольку средняя длина волокон значительно уменьшается по сравнению с первоначальной их длиной. Получено, что средняя длина «перемолотых» целлюлозных волокон, подвергшихся механическому воздействию размалывающей гарнитуры в течение времени $\tau_{3,i}$, по сравнению с первоначальной длиной снижается от 2,5 до 1,0 мм (в 2,5 раза). Аналогичные результаты получены для макулатурных волокон, средняя длина которых уменьшается от 1,7 до 0,6 мм (в 2,8 раза). Получено, продолжительность процесса укорочения целлюлозных ($\tau_{3,ц}$) и макулатурных ($\tau_{3,м}$) волокон составляет $\tau_{3,ц} = 15\text{--}25$ мин и $\tau_{3,м} = 35\text{--}55$ мин. Эти ограничения связаны с установленной исследуемой общей продолжительностью стадии размола, составляющей $\tau = 80$ мин, когда $\tau = \tau_{1,i} + \tau_{2,i} + \tau_{3,i}$. Негативное влияние процесса укорочения волокон отрицательно отражается на прочности образцов бумаги, для которых разрывная длина уменьшается следующим образом: для целлюлозы – от 6100–6150 до 5030–5050 м (в среднем на 18%) и для макулатуры – от 3900–3930 до 2000–2500 м (на 37–49%).

Таким образом, целлюлозные и макулатурные суспензии отличаются способностью к размолу и, следовательно, бумагообразующими свойствами. Продолжительность и скорость протекающих процессов набухания, фибриллирования и укорочения («рубки») волокон зависят от первоначальной средней длины волокон и концентрации волокнистых суспензий. Установлено, что основным процессом, улучшающим бумагообразующие свойства суспензий, является фибриллирование. Процесс набухания предшествует процессу фибриллирования. Макулатурные волокна набухают в воде в 1,5 раза быстрее, чем целлюлозные, что связано, по нашему мнению, с ускоренным проникновением молекул воды в люмены более коротких волокон. Процесс фибриллирования целлюлозных и макулатурных волокон протекает в течение 40–50 и 20–35 мин соответственно; при этом максимально сохраняется первоначальная длина волокон (целлюлозных – 2,5 мм; макулатурных – 1,7 мм) и увеличивается разрывная длина образцов бумаги в 1,7 и 1,9 раза соответственно. Процесс укорочения целлюлозных и макулатурных волокон в 2,5 и 2,8 раза соответственно приводит к ухудшению разрывной длины образцов бумаги и картона на 18 и 37–49%.