

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Комаров В.И., Лигутина Т.Ф. Лабораторная оценка физико-механических свойств сульфатной небеленой целлюлозы // Изв. вузов. Лесн. журн. – 1985. – №6. – С. 85 – 90.
- 2 Пузырев С.С., Виролайнен Э.В., Поляков Ю.А., А.М. Кряжев. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. I. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 3. Производство полуфабрикатов. – СПб.: Политехника, 2004. – 316 с.
- 3 Дулькин Д.А, Спиридонов В.А., Комаров В.И., Блинова Л.А. Свойства целлюлозных волокон и их влияние на физико-механические характеристики бумаги и картона; под ред. Комарова В.И. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2011. – 176 с.
- 4 Бабаевский П.Г., Кулик С.Г. Трещиностойкость отвержденных полимерных композиций. – М.: Химия, 1991. – 336 с.
- 5 Пейдж Д. Теоретические исследования механизма сопротивления разрыву бумаги при растяжении // Tappi. – 1969. – № 4. – С. 674–681.

УДК 676.017.2

А.Н. Романова, асп. anastasiaromanov@gmail.com;

Я.В. Казаков, доц., д-р техн. наук

j.kazakov@narfu.ru (С(А)ФУ имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск)

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМОВАНИЯ АНИЗОТРОПНЫХ ОБРАЗЦОВ НА ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ БУМАГИ

Бумага обладает сложной композицией структурных элементов, которая включает волокна различной природы, размеров, формы и обработки, а также вспомогательные вещества. Структуре бумаги присуща анизотропия распределения, ориентации и взаимодействия структурных элементов в объеме листа, главным образом растительных волокон, связанная с особенностями технологии. Взаимодействия структурных компонентов определяют наличие связей, возникающих между ними в процессе изготовления бумажного листа, что во многом обуславливает механические и другие свойства бумаги.

Анизотропия структуры бумаги формируется при отливе бумажного полотна, и напрямую связана с морфологическими особенностями строения элементов структуры, а также технологическим факторами процесса, техническими характеристиками используемого оборудования и пр [1]. Направленное регулирование анизотропии бумаги за счет варьирования параметров отлива открывает путь к оптимизации деформационных и прочностных свойств бумаги.

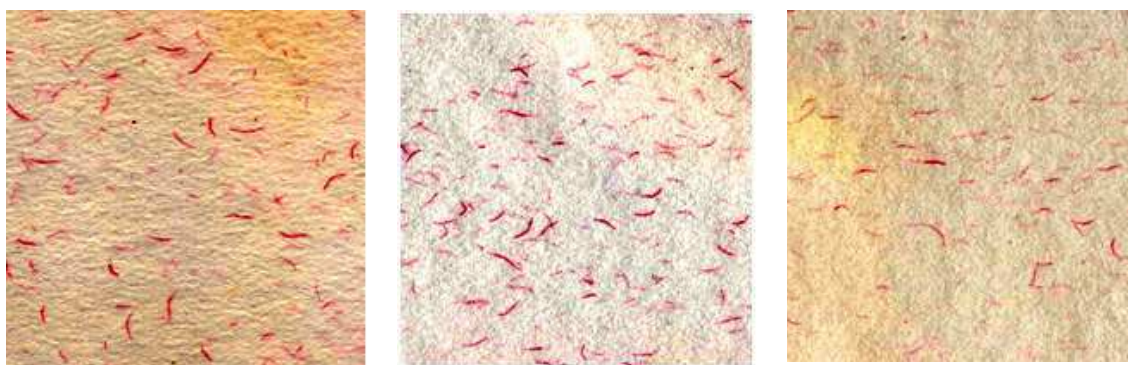
В проведенном эксперименте по влиянию параметров отлива на свойства бумаги, изготовление образцов производилось в ИТЦ «Современные технологии переработки биоресурсов Севера» САФУ (г.Архангельск) на лабораторном комплексе (TechPap, Франция), который включает динамический листоотливной аппарат (ДЛОА), пресс с регулируемой нагрузкой и устройство контактной сушки с регулируемой температурой [1]. Комплекс дает возможность моделировать, изготавливать и исследовать волокнистые структуры с регулируемой степенью анизотропии и позволяет максимально приблизить свойства получаемых образцов бумаги и картона к продукции БДМ и КДМ при скорости движения формующей сетки ДЛОА от 700 до 1300 м/мин.

При работе на листоотливном аппарате могут быть изменены ряд параметров формования, среди которых регулирование скорости сетки и нагнетания волокнистой массы, выбор форсунки с различным диаметром напускного отверстия. Регулирование этих параметров с учетом композиции по волокну позволяет получить лабораторные образцы с различной анизотропией структуры. Параметры отлива, использованные для изготовления лабораторных образцов из сульфатной хвойной и лиственной блененной целлюлозы со степенью помола 30°ШР с высокой, средней и низкой анизотропией приведены в таблице 1. Получены отливки массой 90 г/м² и размерами 245×900 мм.

Таблица 1 – Параметры отлива при изготовлении опытных образцов на динамическом листоотливном аппарате

| Фактор | Регулируемый параметр | Величина параметра для режима | | |
|---------------------------------|--|-------------------------------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Скорость сетки | Окружная скорость формующей сетки ДЛОА, v , м/мин | 800 | 950 | 1200 |
| Скорость струи (давление струи) | Обороты насоса, подающего массу на сетку, p , об/мин | 1400 | 1200 | 600 |
| Диаметр форсунки | Типоразмер форсунки, d | 2504 | 2510 | 2504 |
| Анизотропия | Анизотропия | min | med | max |

Визуально степень анизотропии можно оценить по степени ориентации окрашенных волокон, введенных в композицию бумаги при отливе. Изображения полученных анизотропных образцов, изготовленных из хвойной целлюлозы, приведены на рис.1. Последующий визуальный анализ окрашенных волокон позволяет количественно оценить степень ориентации и геометрические параметры волокон в структуре бумаги [2].



a

б

в

Рисунок 1 – Сканированные изображения анизотропных отливок из хвойной целлюлозы с частично окрашенными волокнами, полученные по режимам: *a* – «min»; *б* – «med»; *в* – «max»

Степень анизотропии жесткости при растяжении измерена посредством ультразвукового тестера L&W TSO SE 150. Были определены характеристики: TSI_{MD} – индекс жесткости при растяжении в машинном направлении; TSI_{CD} – индекс жесткости при растяжении в поперечном машинному направлению; $TSI_{MD/CD}$ – соотношение индексов жесткости в машинном и поперечном направлении, таблица 2.

Таблица 2 – Сравнение характеристик полученных лабораторных отливок с минимальной, средней и максимальной анизотропией

| Характеристика | Лиственная целлюлоза | | | Хвойная целлюлоза | | |
|--|----------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|
| | 1 (min) | 2 (med) | 3 (max) | 1 (min) | 2 (med) | 3 (max) |
| Характеристики анизотропии жесткости при растяжении TSI , кН·м/г | | | | | | |
| TSI_{MD} | 15,1 | 20,1 | 21,4 | 13,6 | 18,4 | 19,73 |
| TSI_{CD} | 8,1 | 5,0 | 4,5 | 7,8 | 5,6 | 5,0 |
| $TSI_{MD/CD}$ | 1,87 | 3,98 | 4,76 | 1,75 | 3,29 | 3,93 |
| Физические характеристики | | | | | | |
| Масса 1 м^2 , г | 84,9 | 89,7 | 87,1 | 82,4 | 89,6 | 89,8 |
| Плотность ρ , г/см ³ | 0,80 | 0,75 | 0,77 | 0,74 | 0,72 | 0,74 |
| Индекс формования I_{ϕ} | 38,8 | 33,7 | 32,7 | 50,2 | 42,3 | 46 |
| Степень ориентации волокна, λ | 0,516 | 0,610 | 0,715 | 0,511 | 0,601 | 0,636 |

Результаты однозначно подтверждают различную степень анизотропии по жесткости при растяжении лабораторных образцов, которая составляет для лиственной целлюлозы от 1,87 до 4,76, для хвойной от 1,75 до 3,93. При увеличении степени анизотропии, неоднородность структуры отливок, оцениваемой по индексу формования, снижается, что связано с повышением степени ориентации волокна λ , измеренной по методике [2].

Оценка деформационных свойств при растяжении с получением и математической обработкой зависимости «напряжение-деформация» (σ – ϵ), проводилась на лабораторном испытательном комплексе, включающем разрывную машину «ТЕСТ СИСТЕМА 101» и ПЭВМ по методике [3] с применением программного обеспечения [4].

На рис. 2 представлены кривые «напряжение-деформация» для лабораторных образцов бумаги с различной степенью анизотропии.

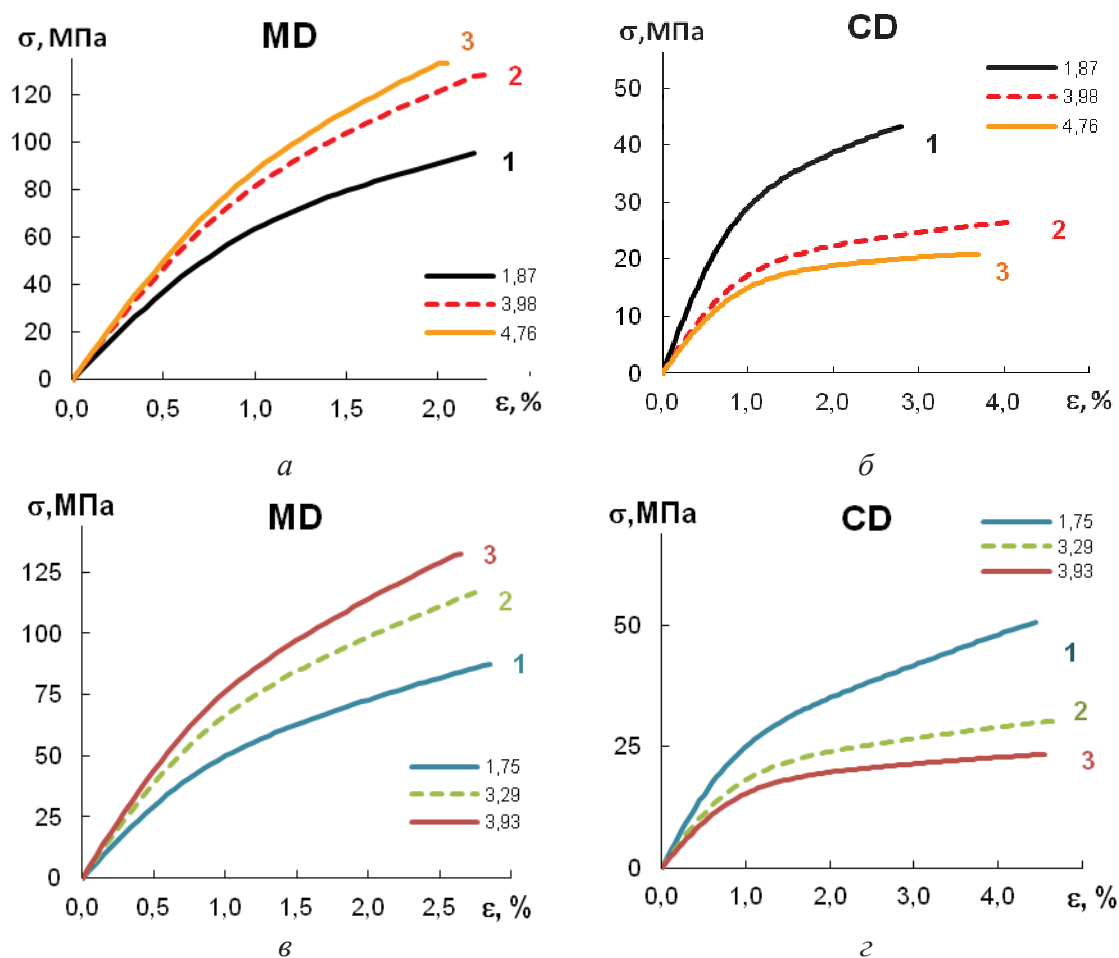


Рисунок 2 – Кривые «напряжение-деформация» для образцов из сульфатной беленой лиственной (а,б) и хвойной (в,г) целлюлозы с различной степенью анизотропии по TSI: а, в – машинное направление, MD; б, г – поперечное машинному направлению, CD; 1 – режим «min»; 2 – «med»; 3 – «max»

При увеличении степени анизотропии, кривые σ – ϵ для образцов в машинном направлении идут выше (повышается прочность), с большей крутизной (повышается жесткость), но при этом уменьшается их длина (снижается растяжимость). В поперечном направлении наоборот, при увеличении степени анизотропии, кривые идут ниже, и

длина их больше. Таким образом, наглядно демонстрируется изменение характера деформирования бумаги при растяжении, что отражается на величинах деформационных и прочностных характеристик. Обнаружено, что при одинаковых параметрах отлива, степень анизотропии образцов из лиственной целлюлозы выше, чем из хвойной, что связано с размерами волокон и их способностью к ориентации в движущейся водной суспензии.

При увеличении степени анизотропии $TSI_{MD/CD}$, в машинном направлении наблюдается рост деформационных и прочностных характеристик образцов, а в поперечном направлении происходит снижение деформационных и прочностных показателей.

При этом анизотропия прочности при растяжении (2,22...6,27 для лиственной и 1,73...5,82 для хвойной целлюлозы) существенно выше, чем по жесткости TSI , определяемой ультразвуковым методом. Поэтому при оптимизации режима отлива нужно учитывать одновременное и разнонаправленное изменение свойств бумаги в машинном и поперечном направлении.

Таким образом, использование динамического листоотливного аппарата позволяет установить зависимость условий формования анизотропной структуры на степень анизотропии по упругим и разрушающим характеристикам бумаги и количественно оценить влияние степени анизотропии на величины деформационных и прочностных свойств лабораторных образцов.

*Работа выполнена в инновационно-технологическом центре
«Современные технологии переработки биоресурсов Севера»
(Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова)
при финансовой поддержке Минобрнауки России»*

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Казаков Я.В. Структура и свойства лабораторных анизотропных образцов целлюлозно-бумажных материалов. / Целлюлоза. Бумага. Картон. 2013. №6. С. 56–60.
- 2 Романова А.Н., Казаков Я.В. Измерение степени ориентации волокна в анизотропной структуре бумаги / В сб. «Актуальные проблемы метрологического обеспечения научно-практической деятельности» Матер. Всерос. научн.-техн. конфер. молодых ученых, аспирантов и студентов (21–23 ноября 2016 г.) // Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. Архангельск: САФУ, 2016. С. 219–227.
- 3 Комаров В.И., Казаков Я.В. Анализ механического поведения целлюлозно-бумажных материалов при приложении растягивающей нагрузки / Лесной вестник МГУЛ. 2000. №3 (12). С. 52–62.

4 Свид. № 2001610526. Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Программное обеспечение лабораторного испытательного комплекса для оценки деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов (KOMPLEX). / Я.В. Казаков, В.И. Комаров; заявитель и правообладатель ГОУ ВПО АГТУ (RU). – № 2001610250; заявл. 11.03.2001; опубл. 10.05.2001, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

5 Казаков Я.В., Романова А.Н., Чухчин Д.Г. Влияние анизотропии ориентации волокна на деформационные свойства бумаги / В сб. «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов»: материалы III Международ. науч.-техн. конф. (Архангельск, 9–11 сентября 2015 г.) // Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. Архангельск: САФУ, 2015. С. 298–303.

УДК 676.2.004.12

А.С. Смолин, проф., д-р техн. наук
smolin@gturp.spb.ru (СПбГУПТиД, г. Санкт-Петербург)

ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ КАРТОНА-ЛАЙНЕРА

Специалистам, работающим в области тароупаковочных материалов на основе растительных волокон, хорошо известно, что прочность и жесткость материалов – это различные понятия. Прочность материала определяется напряжением, необходимым для того, чтобы этот материал разрушить. При оценке качества целлюлозно-бумажных материалов наиболее значимым является испытание на растяжение.

При этом допускается определение прочности по трем связанным между собой, различным характеристикам: разрушающему усилию P , в ньютонах (Н), разрывной длины L в метрах (м), пределу прочности при растяжении σ , в мегапаскалях (МПа). Показатели L и σ являются расчетными, зависящими от массы 1 м^2 и площади поперечного сечения образца бумаги или картона. Для потребителя продукции важнее разрушающее усилие P , характеризующее прочность конкретного вида бумаги или картона. Для картона-лайнера в стандартах и технических условиях чаще всего используется показатель сопротивления продавливанию P , в килопаскалях (кПа). Абсолютное сопротивление продавливанию также характеризует прочность конкретного вида продукции и, в зависимости от различных технологических факторов, изменяется симбатно с разрушающим усилием. Кроме того, сопротивление продавливанию в большей степени, чем нагрузка при растяжении, соответствует реальным воздействиям на картон-лайнер в процессе эксплуатации.