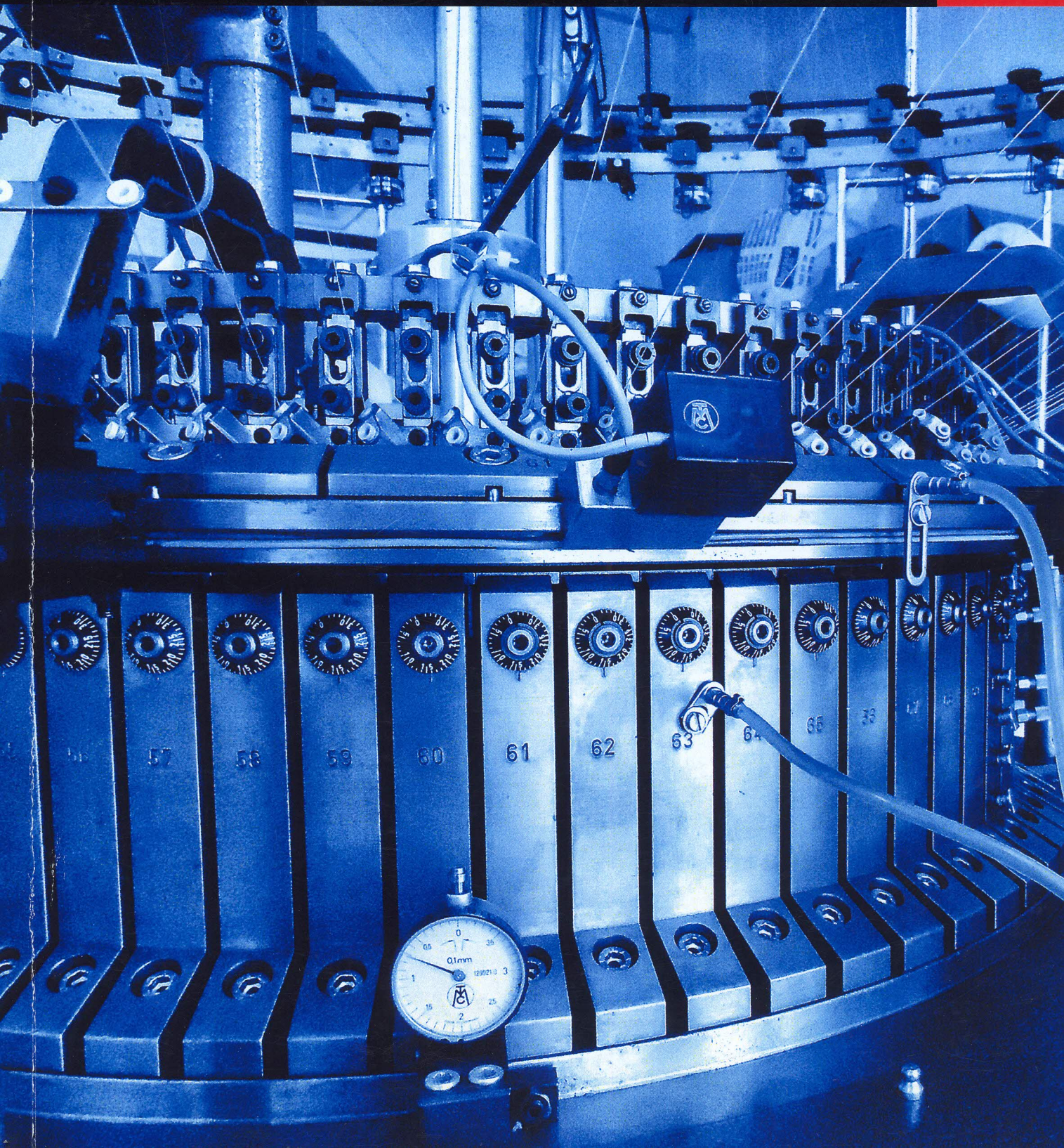


ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1/39
2018



УДК 66.023.2

Н. П. Мидуков, В. С. Куров, А. С. Смолин, А. П. Михайловская, В. А. Липин

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18

МЕЖСЛОЕВАЯ ПРОЧНОСТЬ МНОГОСЛОЙНОГО КАРТОНА

© Н. П. Мидуков, В. С. Куров, А. С. Смолин, А. П. Михайловская, В. А. Липин, 2018

В статье представлены материалы по межслоевой прочности картона, полученного при различных способах подготовки макулатурных волокон. Рассматриваются основные факторы, влияющие на образование связей между волокнами. Исследуются различия межслоевой прочности при использовании различных технологий подготовки макулатуры, в том числе с фракционированием и размолом. Снижение связеобразующих свойств при включении слоя, подготовленного без фракционирования и размола, определяется сравнением по показателю межслоевой прочности. Для сравнения представлены результаты межслоевой прочности образцов, полученных с добавкой целлюлозных волокон с использованием технологии фракционирования и подмола макулатурной массы в водной среде. Полученные результаты могут быть использованы при производстве многослойного картона с высокой межслоевой прочностью.

Ключевые слова: многослойный картон, межслоевая прочность, макулатура, картон, размол, фракционирование.

При производстве картона макулатура на сегодняшний день является основным. Производители каждого из видов бумажной продукции выдвигают свои требования к поставщикам макулатуры, в зависимости от особенностей технологии производства макулатурной массы, от механических и поверхностных показателей готовой продукции.

Одним из главных свойств многослойного картона является повышение межслоевой прочности, которая определяется способностью волокон к связеобразованию.

Основными факторами, влияющими на образование связей между волокнами на границе между слоями многослойного тест-лайнера, являются водородные связи, природа самих волокон (размеры, прочность отдельных волокон), взаимное расположение волокон (ориентация), равномерность распределения в массе (степень роспуска и размола, фракционный состав), наличие примесей (крахмала, лигнина, наполнителя, красителя), механические силы сцепления (поверхность контакта на границе раздела слоёв). Наибольшее влияние на межслоевую прочность оказывают водородные связи. Для их образования в ходе производства прочных видов картона используются особые способы подготовки макулатурной массы. Фракционирование и дальнейший размол являются ключевыми стадиями подготовки макулатурной массы с высокой межслоевой прочностью. Целью фракционирования массы является распределение волокон по размерам. Эта стадия в определённой степени усиливает практически все факторы, определяемые и механическими силами сцепления (классификация волокон впоследствии даёт положительный эффект), и равномерностью распределения волокон в массе.

После фракционирования длинные волокна идут на подмол. Эта стадия при подготовке макулатуры

существенно отличается от размола первичных волокон. Основным отличием является низкая нагрузка на кромки ножей размалывающей гарнитуры. Размол снимает верхний слой волокна, открывая внутренний, при этом появляются фибриллы, которые повышают связеобразующие свойства.

При размоле в первую очередь усиливается фактор, обусловленный наличием водородных связей, повышается способность волокон к набуханию.

Материалы и методы исследований

В экспериментальных исследованиях использованы волокнистые материалы из различных видов макулатуры. Для нижнего слоя — макулатура МС-5Б, приблизительный состав которой был рассмотрен выше. Для покрывного слоя — макулатура МС-7А писче печатных видов бумаг. В средний слой трёхслойного тест-лайнера добавлялись вторичные волокна не размолотые без фракционирования: макулатура МС-5Б, макулатура МС-8Б.

Размол и фракционирование проводились на образцах с добавлением первичных волокон. В качестве первичных волокон использовалась сульфатная небелёная целлюлоза из хвойных пород древесины СФАНХЦ, скандинавской сосны.

Роспуск макулатуры проводился в дезинтеграторе согласно стандартной методике ISO 5263–1. Размол длиноволокнистой фракции макулатуры проводился в мельнице согласно ISO 5264/2. Каждый слой формовался, спрессовывался согласно ISO 5269–2. Силы межволоконных связей трёхслойного тест-лайнера определялись по методу Скотта.

Для визуального анализа различия между межволоконным взаимодействием в слоях и на границе раздела были выполнены микроскопические снимки на электронном микроскопе.

Результаты и обсуждения

При анализе снимка поперечного среза тест-лайнера явно выражены области каждого слоя и границы раздела слоёв. Эта область характеризуется повышением долей пустот. Контакт между двумя слоями осуществляется взаимодействием отдельных волокон. Оба слоя на данном снимке были получены традиционным мокрым способом формования согласно стандартным методам получения образцов. Предварительно при этом были проведены фракционирование и размол в водной среде. Верхний слой был получен из макулатуры МС-7А, очищенной от печатной краски, а нижний слой из макулатуры МС-5Б.

В пограничной области между слоями основным фактором, влияющим на связеобразование, является взаимное сцепление волокон. Межслоевая прочность зависит от количества волокон, участвующих в образовании связей. Очевидно, что доля воздействия фактора взаимного сцепления волокон между слоями будет намного ниже, чем внутри самих слоёв, так как волокон, участвующих во взаимодействии, меньше в пограничной области.



Рис. 1. Микроскопический снимок поперечного среза многослойного тест-лайнера: 1- область покрывного слоя; 2 — область границы двух слоёв; 3 — область нижнего бурого слоя

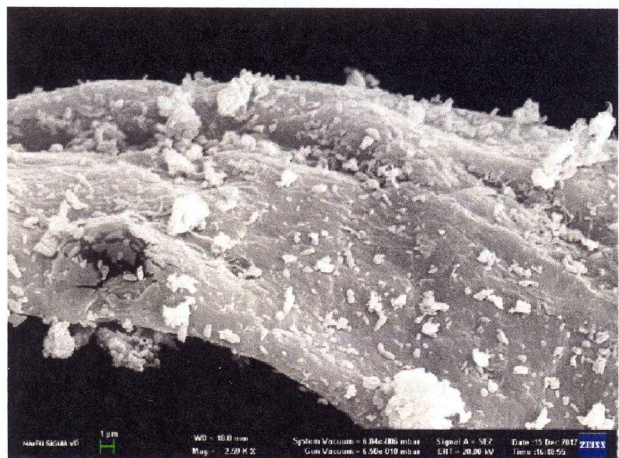


Рис. 2. Микроскопический снимок вторичных волокон с наличием участков деструкции: 1 — область деструкции волокон покрывного слоя тест-лайнера, полученного из макулатуры МС-7А; 2 — область деструкции волокна нижнего слоя тест-лайнера, полученного из макулатуры МС-5Б

Фактор, обусловленный водородными связями в пограничной области, также будет менее значимым. Это утверждение основано на том, что для образования прочных водородных связей необходимо сближение волокон на определённое расстояние.

Единичную прочность волокон определяют по специальной методике [1]. На снимках, полученных с помощью электронного микроскопа, можно разглядеть области деструкции волокон, которые будут влиять на прочность отдельно взятых волокон (рис. 2).

Вторичные волокна макулатуры МС-5Б, прошедшие не один цикл переработки, могут содержать области деструкции, вызванные неоднократным роспуском и размолем, а также термообработкой на стадии сушки и на гофроагрегате.

Кроме того, на вторичных волокнах могут быть продукты жизнедеятельности микроорганизмов. На волокне в некоторых областях было определено повышенное содержание азота, причём эти области заметно отличаются от поверхности самого волокна. Они очень редко встречаются на первичных волокнах, но характерны для вторичных волокон.

Перечисленные ранее факторы в большей степени влияют на межслоевую прочность. Этот механический параметр многослойного картона был определён для образцов с содержанием слоя (0, 30, 50%), подготовленного без фракционирования и размола. На рис. 3, 4 представлены данные по изменению межслоевой прочности в зависимости от содержания волокон, подготовленных без фракционирования и размола.

Наибольшей межслоевой прочностью обладает образец А (Эталон). Он представляет собой трёхслойный картон, содержащий вторичные волокна макулатуры МС-5Б, прошедшие фракционирование и размол. В его составе находилось не более 30% первичных волокон СФАНХЦ из скандинавской сосны, распределённой по крайним слоям. В центре находился слой из коротковолокнистой фракции макулатуры МС-5Б. Упрочняющие примеси в отливки не добавлялись. Как видно из графика, межслоевая прочность эталон (образец) на-



ходила в диапазоне от 150 до 200 кН/м². Этот образец по характеристикам соответствовал картону марки К2.

При нулевом содержании слоя, подготовленного без фракционирования и размола, отливка формовалась в два слоя с учётом постоянной массы метра квадратного картона 150 г/м². В данном случае межслоевая прочность снижается до 120 кН/м² по нескольким причинам. Во-первых, снижение количества слоёв картона уменьшает долю воздействия связеобразующего фактора, определяемого равномерностью распределения волокон. Во-вторых, двухслойный тест-лайнер выполнен из волокон различной природы. Верхний слой, белый покрывной, был получен из макулатуры МС-7А, а нижний слой из макулатуры МС-5Б. Вторичные волокна подготавливались без фракционирования и размола, что снижало долю воздействия факторов, определяемого водородными связями, прочностью отдельных волокон и их взаимным сцеплением.

Положительная динамика роста межслоевой прочности при повышении доли среднего слоя, сформированного без фракционирования и размола, наблюдается для слоев выполненных из макулатуры МС-5Б и МС-8Б. Причём наиболее ярко выражен рост межслоевой прочности при использовании макулатуры МС-5Б. Повышение механических показателей, характерное для многослойного формования картона, было изучено ранее [2]. Данные на рис. 3–4 подтверждают заключения авторов.

Отличие заключается в том, что опыты проведены с использованием волокон различной природы, и они косвенно отражают воздействие фактора, определяемого природой волокна, на межслоевую прочность. Интересным фактом, установленным в данном исследовании является то, что при повышении доли среднего слоя межслоевая прочность находится в положительной динамике (в интервале от 30 до 50%) для традиционного способа формования без размола и фракционирования. Особенно явно это выражено в образцах, содержащих волокна газетной макулатуры (рис. 4).

Положительный эффект наблюдается от того, что макулатура МС-5Б содержит прочные волокна СФАНХЦ. Возможно, контакт слоёв, полученных из волокон одной природы более прочный, чем соединение слоёв из волокон различных технологий производства (например, волокна сульфитной варки в газетной макулатуре и сульфатной в макулатуре МС-5Б). Важно также отметить, что прочность волокон гофрокартона выше прочности волокон газетной макулатуры.

Очевидно, что для производителей тест-лайнера наибольший интерес представляет композиция с использованием макулатуры МС-5Б в среднем слое с применением технологии фракционирования и размола.

Выводы

1. Дана качественная оценка влияния факторов, определяющих связеобразование многослойного тест-лайнера, один из слоёв которого произведён без фракционирования и размола.

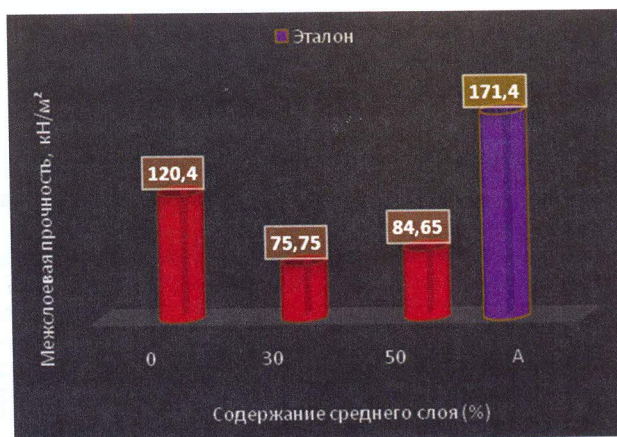


Рис. 3. Зависимость межслоевой прочности от содержания среднего слоя многослойного картона: ■ — эталон (трёхслойный тест-лайнер, с добавкой первичных волокон, с фракционированием и размолом массы); ■ — формование без фракционирования и размола с использованием макулатуры МС-5Б в среднем слое



Рис. 4. Зависимость межслоевой прочности от содержания среднего слоя многослойного тест-лайнера: ■ — эталон (трёхслойный тест-лайнер, с добавкой первичных волокон, с фракционированием и размолом массы); ■ — формование с использованием макулатуры МС-8Б в среднем слое, без фракционирования и размола

2. Рассмотрено влияние природы волокнистого материала на межслоевую прочность картона, содержащего слой из волокон, которые произведены без фракционирования и размола. Установлено, что композиция, содержащая слой из макулатуры гофрокартона? наиболее предпочтительна с точки зрения сохранения межслоевой прочности.

Список литературы

1. Кларк Дж. Технология целлюлозы (наука о целлюлозной массе и бумаге, подготовка массы, переработка ее на бумагу, методы испытаний) / пер. с англ. А. В. Оболенской, Г. А. Пазухиной. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 456 с.
2. Midukov N. P., Schrimmer T., Grossmann H., Smolin A. S., Kurov V. S. Effect of virgin fiber content on strength and stiffness characteristics of a three-layer testliner // BioRes. 2015. No 10 (1), P. 1747–1756.

N. P. Midukov, V. S. Kurov, A. S. Smolin, A. P. Mikhailovskaya, V. A. Lipin

Saint-Petersburg State University of Industrial Technology and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya str., 18

Interfiber strength properties of multilayer cardboard

The paper presents materials on comparison of the interlayer strength of cardboard obtained by various methods of preparation of recovered paper fibers. The main factors affecting the formation of bonds are considered. The difference in the interlayer strength is investigated using various recovered paper preparation technologies, including production of a cardboard layer without refining and fractionation. Reduction of bond-forming properties when the layer is prepared without refining and fractionation is determined by interlayer strength. For comparison, there are presented the results of the interlayer strength of the samples obtained with the addition of cellulose fibers using the technology of fractionation and grounding of recycled pulp. The obtained results can be used in the production of a multilayer test-liner in order to reduce energy costs and water consumption.

Keywords: multilayer cardboard, interfiber strength, recovered paper, cardboard, refining, fractionation.

References

1. Clark J. *Tehnologiya cellyulozy (nauka o cellyuloznoj masse i bumage, podgotovka massy, pererabotka ee na bumagu, metody ispytaniy)*. [Technology of cellulose (the science of pulp and paper, the preparation of the mass, processing it into paper, test methods)]. Trans. English. A. V. Obolensky, G. A. Pazukhina. Moscow. Lesnayapromyshlennost, 1983. 456 p. (in Rus.)
2. Midukov N. P., Schrinner T., Grossmann H., Smolin A. S., Kurov V. S. Effect of virgin fiber content on strength and stiffness characteristics of a three-layer testliner // *BioRes.* 2015. No 10 (1). 1747–1756 pp. (in Eng.)