

УДК 676.038.2

А.В. Кулешов¹, А.С. Смолин¹, Е.В. Новожилов², А.В. Кондаков²¹С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров²Архангельский государственный технический университет

Кулешов Александр Васильевич родился в 1980 г. окончил в 2005 г. С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, аспирант, ассистент кафедры технологии бумаги и картона СПбГТУРП. Имеет более 10 научных работ в области использования вторичного волокна.
Тел.: (812) 786-86-25



Смолин Александр Семенович окончил в 1962 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии бумаги и картона С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 130 научных трудов в области изучения процессов бумажно-картонного производства, химии бумаги, использования вторичного волокна.



Тел.: (812) 786-86-25

Новожилов Евгений Всеволодович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологии Архангельского государственного технического университета, чл.-корреспондент РАЕН, лауреат премии им. М.В. Ломоносова. Имеет около 150 научных трудов в области технологии комплексной переработки сульфитных и сульфатных щелоков, ферментных технологий в химической переработке древесины, технологий очистки сточных вод.
E-mail: biotech@agtu.ru



Кондаков Александр Васильевич родился в 1983 г., окончил в 2006 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры биотехнологии АГТУ. Имеет 5 научных работ в области процессов биотехнологии в ЦБП.
E-mail: biotech@agtu.ru



ХАРАКТЕРИСТИКИ МАКУЛАТУРНОГО ВОЛОКНА 8* Э ФЕРМЕНТАТИВНОГО УДАЛЕНИЯ КРАХМАЛА

Установлено, что ферментативное удаление отработанного крахмального связующего из макулатурного волокна обработкой α -амилазой позволяет повысить прочностные и деформационные характеристики бумажного листа и эффективность действия катионного крахмала, вводимого в качестве связующего.

Ключевые слова: макулатура, крахмал, α -амилаза, прочность бумаги.

Крупнотоннажным источником волокна для производства тароупаковочных видов бумаги и картона (в основном картона для плоских слоев

гофрокартона и бумаги для гофрирования) является макулатура марки МС-5Б. В технологии производства гофротары широко используются различные виды крахмалов: катионный крахмал в качестве флокулянта и связующего для повышения прочности; нативный крахмал для склейки слоев гофрокартона; окисленный крахмал для поверхностной проклейки и как связующее в составе мелованного покрытия [2, 6].

В принятой технологии подготовки бумажной массы из макулатуры данной марки не предусмотрены специальные операции для удаления отработанного крахмального связующего, поэтому крахмалопродукты в основном остаются в волокне, что приводит к их накоплению при повторных циклах использования. Процесс переработки такой макулатуры сопровождается существенными технологическими трудностями. Способность крахмала к набуханию в водной среде вызывает ухудшение обезвоживания макулатурной массы. Это проявляется в завышении степени помола водно-волокнистой суспензии по сравнению со степенью помола волокна. В литературе для описания этого явления применяют такие термины как «псевдопомол», «кажущаяся степень помола», «нетехнологическая степень помола». Из-за низкой водоотдачи массы при формовании бумажного полотна на сеточном столе увеличивается расход пара на сушку и уменьшается производительность бумагоделательных машин.

Многочисленный возврат макулатуры в производство приводит к необратимым изменениям в физико-химической и морфологической структурах вторичных волокон, что вызывает частичную потерю ими способности к набуханию и образованию межволоконных связей. Проблема восстановления бумагообразующих свойств вторичных волокон очень актуальна.

Вклад отработанного крахмала в прочностные характеристики продукции, вырабатываемой на основе макулатуры из гофротары, пока не совсем ясен. Крахмалопродукты из вторичных волокон могут быть удалены с помощью ферментативной обработки [5, 8, 9]. Было показано [5], что высокая степень извлечения старого крахмала из волокна достигается при действии α -амилазы на промытую макулатурную массу, о чем свидетельствует значительное уменьшение ее степени помола. Удаление отработанного крахмального связующего при ферментативной обработке привело к снижению показателей прочности бумаги на 6...8 %, поэтому утверждалось [6], что остаточный крахмал сохраняет свойства слабого упрочняющего агента. Однако более принятым является мнение [1, 5, 7], что содержащиеся в макулатурной массе различные виды крахмалов в очередном цикле переработки сырья оказывают отрицательное влияние на прочностные свойства бумажной продукции. Это объяснялось потерей крахмальными связующими клеящих свойств, по этой причине в очередном цикле переработки требуется добавление в качестве упрочняющего реагента катионного крахмала в количестве 6...20 кг/т волокна.

Свои проблемы создает та часть «старого» крахмала, которая в результате механического воздействия в процессах разволокнения, сортирования и размола переходит в оборотную воду. Накапливаясь в ней в виде кол-

лоидных частиц и агрегатов с другими компонентами макулатурной массы, фрагменты растворенного крахмала при повторной переработке приобретают отрицательный заряд, становясь источником анионных загрязнений («анионный мусор»). Наличие таких загрязнений приводит к увеличению катионной потребности бумажной массы и резкому снижению эффективности дорогостоящих химических вспомогательных веществ, проклеивающих реагентов, свежего катионного крахмала [3]. Было показано [9], что продукты деструкции крахмала являются нежелательными примесями оборотных вод, после их удаления путем сгущения массы прочностные показатели картона возросли на 15...16 %.

Цель данного исследования – выяснить, как удаление крахмала из вторичного волокна посредством обработки ферментом α -амилазой влияет на его бумагообразующие свойства.

Ферментативную обработку можно проводить до или после размола макулатурной массы. На стадии размола и рафинирования массы происходит набухание и фибриллирование волокон, что сопровождается интенсивным удалением крахмала с их поверхности. Об увеличении степени загрязненности оборотных вод в ходе размола макулатурной массы свидетельствует повышение показателя ХПК [5]. Прирост этого показателя становится особенно заметным при степени помола массы выше 30 °ШР. В данном исследовании была поставлена задача максимально полно извлечь отработанный крахмал из вторичного волокна, что достигается при сочетании размола и ферментативной обработки размолотой массы.

Макулатуру марки МС-5Б после роспуска размалывали на дисковой мельнице НДМ до степени помола 35 °ШР и делили на несколько частей: одну часть оставляли для сравнения (контрольный опыт); вторую часть массы при концентрации 3 % обрабатывали в течение 3 ч α -амилазой (Aquazyme 120L компании «Novozymes A/S», Дания) в количестве 5 кг/т абс. сухого волокна при температуре 50 °С; в третью часть размолотой массы и в размолотую после ферментативной обработки массу (четвертая часть) дополнительно добавляли катионный крахмал Perlcore B35 со степенью замещения 0,04 в количестве 10 кг/т волокна. Лабораторные отливки бумаги (масса 1 м² – 100 г) изготавливали на листоотливном аппарате ЛА-4. Чтобы исключить влияние компонентов оборотной воды, для разбавления массы и приготовления отливок использовали только техническую воду. В отливках определяли прочностные и деформационные характеристики [4].

Ферментативная обработка α -амилазой ускоряет гидролиз и деполимеризацию крахмала, в результате чего продукты его деструкции в виде декстринов легко отделяются от волокон и переходят в раствор. Как видно из данных таблицы, удаление отработанного крахмального связующего из вторичного волокна позволяет значительно повысить прочностные и деформационные характеристики бумажного листа. Так, рост показателей прочности массы, прошедшей ферментативную обработку, по сравнению с образцами из исходной массы по разрывной длине и сопротивлению про-

давливанию составил 9 %, по сопротивлению раздиранию – 17 %, а рост сопротивления на излом при многократных перегибах достиг почти 60 %.

Добавление к размолотой массе катионного крахмала привело к значительному увеличению прочности отливок по всем показателям. Однако наиболее эффективно введение в качестве упрочняющей добавки свежего крахмала при высокой степени очистки вторичного волокна от старого крахмального связующего (см. таблицу).

Ранее было показано [3], что даже частичное удаление загрязнений при роспуске макулатуры в щелочной среде увеличивает эффективность действия катионного крахмала. Щелочную обработку применяют при облагораживании макулатурной массы в сочетании с отбелкой пероксидом водорода, потому что процесс отбеливания также проводится в щелочной среде [1]. Такая обработка гофротары менее целесообразна, так как после нее необходимо дополнительное введение кислых химикатов для обеспечения нейтральной или слабокислой среды перед проклейкой бумажной массы, что неизбежно приведет к накоплению минеральных солей в оборотной воде.

Влияние ферментативной обработки бумажной массы из макулатуры МС-5Б и добавления катионного крахмала на показатели механической прочности отливок бумаги

Показатель	Значение показателя для массы			
	без добавок (контроль)	с добавкой		
		амилазы	крахмала	амилазы + крахмала
Сопротивление разрыву, Н	84	91	101	109
Разрывная длина, м	5700	6200	6850	7400
Относительное удлинение в момент разрушения, %	2,1	2,2	2,4	2,5
Сопротивление:				
продавливанию, кПа	230	250	280	340
раздиранию, мН	700	820	950	1090
излому, ч.д.п.*	223	353	266	543

* ч.д.п. – число двойных перегибов.

Несомненным преимуществом обработки α -амилазой перед обработкой щелочью является то, что взаимодействие массы с ферментом может проводиться в нейтральной среде при низкой температуре (30...50 °С). При этом тенденция к значительному росту прочностных характеристик отливок сохраняется и при добавлении катионного крахмала. Если у исходной массы прирост сопротивления продавливанию составлял 22 %, то у массы, обработанной ферментом, этот показатель увеличивался на 36 %, а сопротивление излому – в 2 раза.

Механизм улучшения прочностных характеристик вторичного волокна при обработке α -амилазой можно объяснить следующим образом. В результате набухания крахмала в водной среде и его ферментативной деструкции происходит очистка поверхности волокна, что способствует более

тесному контакту волокон между собой и образованию более прочных межволоконных связей в листе бумаги. Кроме того, освобождаются для взаимодействия с добавляемым катионным крахмалом гидроксильные группы волокна, ранее блокированные деградированным крахмалом.

Таким образом, удаление отработанного крахмального связующего из вторичного волокна позволяет значительно повысить прочностные и деформационные характеристики бумажного листа, увеличить эффективность действия катионного крахмала, вводимого в качестве связующего. Тем не менее, это не позволяет в полной мере решить проблемы, связанные с наличием в поступающей на переработку макулатуре старого крахмала, так как в оборотной воде накапливаются продукты его деструкции, которые также необходимо удалять или разрушать, например, путем биологической обработки оборотной воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дулькин, Д.А. Современное состояние и перспективы использования вторичного волокна из макулатуры в мировой и отечественной индустрии бумаги [Текст] / Д.А. Дулькин, В.А. Спиридонов, В.И. Комаров. – Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2007. – 1118 с.
2. Копыльцов, А.А. Опыт применения катионных крахмалов при производстве бумаги и картона из макулатуры [Текст] / А.А. Копыльцов // Технология переработки макулатуры: науч. тр. 6-й науч.-техн. конф. – Караваево – Правда, 2005. – С. 120–123.
3. Крылов, А.Ю. Снижение анионных загрязнений при производстве бумаги и картона [Текст] / А.Ю. Крылов, И.Н. Ковернинский // Современные достижения в производстве и использовании бумаги и картона для печати: тез. докл. науч.-практ. конф. – СПб., 2004. – С. 78–84.
4. Кулешов, А.В. Бумагообразующие свойства целлюлозных волокон при их неоднократном использовании [Текст] / А.В. Кулешов, А.С. Смолин // Научные основы инновационных технологий бумаги и картона: тр. 1-й Всеросс. науч.-техн. конф. – Полотняный Завод, 2008. – С. 59–65.
5. Лапин, В.В. Загрязнения в бумажной массе из 100 % макулатуры: влияние на степень помола и прочность бумаги и картона [Текст] / В.В. Лапин, А.И. Смоляков, Н.Д. Кудрина // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2001. – № 7-8. – С. 32–34.
6. Лапин, В.В. Проблема прочностных свойств бумаги для гофрирования и картона для плоских слоев из 70...100 % макулатуры: роль помола [Текст] / В.В. Лапин, А.И. Смоляков, Н.Д. Кудрина // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2002. – № 9-10. – С. 32–34.
7. О применении катионного крахмала в производстве бумаги и картона из вторичного волокна [Текст] / А.М. Итиатуллин [и др.] // Теория и технология бумажно-картонной продукции из вторичного волокна: науч. тр. 5-й Междунар. науч.-техн. конф. – Правда – Караваево, 2004. – С. 58–62.
8. Петерсон, Х.Х. Применение ферментов в технологии переработки макулатуры [Текст] / Х.Х. Петерсон // Современные научные основы и инновационные технологии бумажно-картонных материалов с использованием вторичного волокна из макулатуры: науч. тр. 7-й Междунар. науч.-техн. конф. – Караваево, 2006. – С. 31–34.

9. Проблема переработки макулатуры, содержащей катионные и анионные виды крахмалов [Текст] / Н.И. Яблочкин [и др.] // Технология переработки макулатуры: науч. тр. 6-й науч.-техн. конф. – Караваево – Правда, 2005. – С. 19–21.

Поступила 23.01.09

A.V. Kuleshov¹, A.S. Smolin¹, E.V. Novozhilov², A.V. Kondakov²

¹ Saint-Petersburg State Technological University of Plant Polymers

² Arkhangelsk State Technical University

Characteristics of Waste Paper Fibers after Enzymatic Starch Removal

It is established that enzymatic removal of the worked-out starch adhesive of waste paper fibers by treatment with α -amylase allows to increase the strength and deformation characteristics of paper and efficiency of cationic starch actions injected as adhesive.

Keywords: waste paper, starch, α -amylase, paper strength.
