

В. И. Темрук, директор УП «Бумажная фабрика Гознака»; В. В. Горжанов, инженер;
А. А. Пенкин, аспирант; Т. П. Шкирандо, науч. сотрудник; Т. В. Соловьева, профессор

УПРОЧНЕНИЕ БУМАГИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПРОКЛЕЙКОЙ ФЕРМЕНТИРОВАННЫМ КРАХМАЛОМ

Modification of native potato starch with BAN enzyme was carried out. Influence of average molecular weight on strength properties of sized paper was investigated.

На сегодняшний день поверхностная проклейка является одним из самых эффективных и действенных методов регулирования потребительских свойств бумаги для печати [1].

Поверхностная проклейка бумаги заключается в нанесении на нее связующих веществ с целью улучшения качества поверхности, увеличения сил связи между образующими бумагу волокнами и, вследствие этого, повышения прочности полотна. Поверхностная проклейка улучшает структурно-механические, печатные и оптические свойства бумаги. Кроме того, поверхностная обработка бумаги обеспечивает значительную экономию проклеивающих веществ, так как при добавлении их в бумажную массу обычно происходят потери в результате промывов.

Связующими веществами, используемыми для поверхностной проклейки, как правило, являются высокомолекулярные соединения полярной природы, обуславливающей сродство их макромолекул к макромолекулам целлюлозы.

Эффективность проклейки, сравнительно низкая стоимость, возможность легкого получения в больших количествах, экологичность использования и простота ежегодного воспроизводства растительного сырья для производства крахмала обусловили его применение в качестве одного из основных проклеивающих веществ.

Нативные крахмалы не вполне удовлетворяют необходимым требованиям вследствие высокой вязкости крахмального клейстера и склонности к ретроградации, поэтому применение их в проклеивающих составах требует модифицирования.

Модифицирование крахмалов путем окисления, кислотного гидролиза, катионирования и ферментирования применяют как для снижения вязкости крахмального клейстера, так и для повышения его технических свойств [2].

Одним из самых простых и эффективных способов модифицирования крахмалов является их ферментирование.

Ранее использованные для этой цели такие ферментные препараты, как амилоризин, амилодиастатин и амилосубтилин, обладали рядом недостатков, главными из которых являлись необходимость тщательного соблюдения температурного режима приготовления и варьирование рН среды, что затрудняло их промышленное применение.

При выполнении наших исследований было использовано модифицирование отечественного картофельного крахмала новым доступным в современных условиях ферментным препаратом БАН, представляющим собой бактериальную альфа-амилазу, способную гидролизовать 1,4-альфа-глюкозидные связи в амилозе и амилопектине.

Полученные с его использованием ферментированные крахмалы показали следующие достоинства: крахмал характеризуется высокой технологичностью, так как при остывании он не склонен к студнеобразованию и вследствие этого не создает затруднений во время перекачивания и исключает необходимость дополнительного подогрева в процессе хранения; ферментативную обработку крахмала можно осуществлять одновременно с его варкой на имеющейся установке для приготовления крахмального клейстера без использования какого-либо дополнительного оборудования; решается вопрос импортозамещения, поскольку используемый крахмал выпускается отечественными предприятиями.

Одной из основных характеристик крахмальных составов для поверхностной проклейки бумаги является средняя молекулярная масса крахмала, которая определяет вязкость получаемого клейстера и характер его течения, обуславливающие адгезионные свойства, нанос и глубину проникновения крахмального состава в толщу бумаги и, следовательно, упрочняющий эффект поверхностной проклейки.

Поскольку ферментирование крахмала приводит к получению составов с различной молекулярной массой, то основное внимание в проведенных исследованиях было уделено влиянию средней молекулярной массы ферментированного крахмала на физико-механические свойства бумаги.

Молекулярную массу крахмала определяли по феррицианидному методу Форлея и Хинсона, основанному на определении концевых групп крахмала; вязкость крахмальных клейстеров измеряли с помощью вискозиметра ВЗ-4. Расход фермента определялся значениями вязкости крахмальных клейстеров в пределах 12-45 с (по ВЗ-4), необходимыми для нормального функционирования лабораторного клейного пресса.

Полученные данные приведены в табл. 1.

Свойства крахмального состава для поверхностной проклейки бумаги

Расход фермента, % от а. с. крахмала	Состав для поверхностной проклейки	Концентрация, %	Средняя молекулярная масса	Вязкость по ВЗ-4, с
—	Нативный крахмал	4	629 700	—
0,003	1	4	164 400	26
0,006	2	4	102 200	22
0,012	3	4	57 600	14
0,024	4	4	29 000	13
0,048	5	4	11 000	12
0,004	6	6	128 000	34
0,008	7	6	75 600	18
0,014	8	6	43 700	16
0,020	9	6	35 600	13
0,032	10	6	21 200	12

Таблица 2

Физико-механические свойства бумаги

Показатель	Без проклейки	Состав для поверхностной проклейки									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сопротивление разрыву, кН/м	1,85	2,07	2,17	2,12	2,06	2,00	2,28	2,36	2,33	2,25	2,20
Разрывная длина, м	2620	3220	3400	3300	3160	3080	3580	3680	3660	3500	3630
Растяжение при разрыве, %	2,24	2,87	2,75	2,65	2,6	2,52	2,74	2,66	2,59	2,53	2,41
Поглощение энергии при разрыве, Дж/м ²	35,5	40,3	40,7	40,4	39,7	39,3	45,8	46,4	46,1	44,1	42,8
Стойкость поверхности к выщипыванию, ед. по Деннисону	9	13	13	12	11	10	14	14	13	12	11
Сопротивление излому, ч. д. п.	8	12	13	12	10	10	12	14	13	11	11
Сопротивление раздиранью, мН	180	300	310	290	260	220	360	380	380	370	330

Как видно из табл. 1, ферментирование крахмала в значительной степени снижает его среднюю молекулярную массу. Как для 4%-ного, так и для 6%-ного крахмального клейстера наблюдается закономерное снижение средней молекулярной массы и, вследствие этого, снижение вязкости клейстера.

Полученные составы были нанесены на бумагу основу массой 70 г/м². В соответствии с требованиями ГОСТ 9094-89 «Бумага для печати офсетная» проклеенные образцы бумаги испытывали по следующим показателям: разрывная длина (ГОСТ 13525.1-79), прочность на излом при многократных перегибах (ГОСТ 13525.1-79), сопротивление раздиранью (ГОСТ 13525.2-80).

Кроме того, дополнительно определяли такие показатели качества бумаги, как: сопротивление разрыву, растяжение при разрыве, поглощение энергии при разрыве, стойкость поверхности к выщипыванию по Деннисону. Испытания про-

водили на горизонтальной разрывной машине SE 064 фирмы Lorentzen and Wettre.

Результаты лабораторных испытаний бумаги, обработанной полученными составами, приведены в табл. 2. Как видно из табл. 2, в целом изменение показателей механической прочности в зависимости от средней молекулярной массы крахмала носит одинаковый экстремальный характер. В частности, максимальные значения сопротивления разрыву, раздиранью, разрывной длины, поглощения энергии при разрыве для 4%-ного состава находятся в области молекулярной массы от 90 000 до 120 000, тогда как для 6%-ного состава — в пределах от 55 000 до 85 000. Это можно объяснить тем, что с ростом молекулярной массы крахмала до указанных пределов составы имеют сравнительно низкую вязкость, обеспечивающую глубокое проникновение состава в толщу бумаги и, соответственно, больший упрочняющий эффект, свя-

занный с образованием дополнительных водородных связей между макромолекулами крахмала и целлюлозы. При дальнейшем увеличении средней молекулярной массы наблюдается затруднение диффузии состава в бумагу, что и приводит к некоторому спаду прочностных показателей бумаги. Абсолютные значения перечисленных показателей для 6%-ного состава выше, чем для 4%-ного. По-видимому, это связано с тем, что более высокая концентрация состава при одинаковой молекулярной массе обеспечивает больший нанос крахмала и, следовательно, в большей степени упрочняет бумагу.

Увеличение молекулярной массы крахмала приводит к концентрированию состава на поверхности обрабатываемой бумаги, что благоприятно сказывается на стойкости поверхности к выщипыванию, которая достигает максимума для 4%-ного состава при средней молекулярной массе крахмала около 90 000 и для 6%-ного состава около 70 000. Именно при этих значениях образуется минимально достаточная равномерная пленка крахмала на поверхности бумаги, и дальнейшее увеличение молекулярной массы крахмала практически не оказывает влияния на стойкость поверхности бумаги к выщипыванию.

Если разрывная длина характеризует прочность бумаги в условиях статической нагрузки при малых деформациях и мало зависит от гибкости и эластичности структурных элементов бумаги, то сопротивление бумаги излому, напротив, в первую очередь определяется способностью структурных элементов не разрушаться при значительных деформациях. Так, для бумаги, обработанной 4%-ным составом со средней молекулярной массой более 130 000 (для 6%-ного состава с массой более 110 000), характерно незначительное увеличение сопротивления изло-

му, что объясняется высокой вязкостью таких крахмалов и неглубоким проникновением их в бумагу. Эластичность сформированной пленки крахмала при этом достаточно высока. Область значений средней молекулярной массы от 60 000 до 100 000 (для 6%-ного состава от 50 000 до 80 000) соответствует наибольшему увеличению прочности бумаги на излом. Эластичность пленки крахмала в этой области молекулярной массы еще достаточно высока, и вязкость составов уже заметно ниже, что создает благоприятные условия для проникновения крахмала в бумагу и связывания волокон. При значениях средней молекулярной массы крахмала от 30 000 до 45 000 (для 6%-ного состава от 30 000 до 40 000) он становится более хрупким и не обеспечивает должного прироста прочности.

Увеличение эластичности крахмальной пленки при росте средней молекулярной массы крахмала косвенно подтверждается и соответствующим увеличением растяжения бумаги при разрыве.

Из результатов проведенных исследований можно сделать вывод об увеличении прочности бумаги за счет ее поверхностной проклейки крахмалом, ферментированным препаратом БАН. Рекомендуемая концентрация крахмального клейстера – 6%. Достаточный эффективный расход ферментного препарата – 0,008% от а. с. крахмала.

Литература

1. Махотина Л. Г., Рассказова Н. Я., Аким Э. Л. Современные тенденции поверхностной проклейки бумаги для офисной техники // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2001. – № 7/8. – С. 22–25.
2. Крылатов Ю. А., Ковернинский И. Н. Проклейка бумаги. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – С. 220–224.