

УДК 676.024

ИССЛЕДОВАНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ МАКУЛАТУРНОГО ФЛЮТИНГА РАЗЛИЧНЫМИ СВЯЗУЮЩИМИ «УЛЬТРАРЕЗ DS»

© *С.Ю. Кожевников*

*Общество с ограниченной ответственностью «СКИФ Спешиал Кемикалз»,
Восточная промзона, 7, Дзержинск, Нижегородская обл., 606000 (Россия),
e-mail: skif@skif.us*

Рассмотрены результаты исследования влияния 9 синтезированных полиакриламидных полимерных связующих на ζ -потенциал, катионную потребность массы, физико-механические показатели макулатурного флютинга – абсолютное сопротивление продавливанию, удельное сопротивление разрыву, сопротивление плоскостному сжатию, сопротивление торцевому сжатию. Синтезированы 9 образцов связующего для повышения прочности картона в сухом состоянии. Все они представляют группу продуктов с общей торговой маркой «Ультразрез DS», имеющих полиакриламидную основу, но отличающихся содержанием в своем составе некоторых специфических мономеров.

Проверку всех образцов связующего для сухого упрочнения бумаги «Ультразрез DS» осуществляли с учетом содержания активных (сухих) веществ в связующем. За норму принята смола с содержанием сухих веществ 12,5%. Перед подачей смола «Ультразрез DS» разбавляется в 10 раз водой для ее более равномерного распределения в бумажной массе.

Композиция бумажной массы, в которую вводилась смола, состояла из 100 % макулатуры марки МС-5Б, 2 сорт, в сухом состоянии, в виде обрезков гофрированного картона. Для изготовления флютинга использовали макулатурный флютинг, для лайнера – макулатурный лайнер, которые отделяли от гофрированного картона, составляющего пробу макулатуры. Макулатурная масса размалывалась в мельнице Йокро при концентрации 6% до 30 °ШР, и из размолотой массы изготавливались отливки массой 125 г/м².

Непосредственно перед введением связующего в бумажную массу подается раствор полиоксихлорида алюминия (ПОХА) с расходом 0,5 кг/т (по сухому полиоксихлориду алюминия). После смешения с раствором ПОХА в бумажную массу добавляется предварительно разбавленное связующее «Ультразрез DS». Вначале производили образец флютинга без химикатов (холостая проба 1), затем отливали образец флютинга с ПОХА, расходом 0,5 кг/т (холостая проба 2), а после этого изготавливали образцы флютинга с различными расходами связующего – 2, 4, 6, 8 кг/т.

Контролируемыми показателями бумажной массы был электрокинетический потенциал (ζ -потенциал) и катионная потребность, а флютинга – физико-механические свойства. Механические испытания проведены по стандартным методикам после кондиционирования образцов при температуре 23±1 °С и относительной влажности воздуха 50±%. Установлено, что все связующие оказывают влияние на свойства массы и качество картона, но наиболее сильный эффект снижения ζ -потенциала и практически до нулевого уровня уменьшение катионной потребности имеет место при добавках связующих 3, 4 и 5. Эти же связующие способны с наибольшим эффектом повышать механические свойства флютинга.

Ключевые слова: полиакриламидное связующее, макулатура, флютинг.

Введение

Значение химических вспомогательных веществ (ХВВ), часто называемых функциональными химическими веществами (ФХВ), в технологии бумаги, картона и изделий из них велико и постоянно возрастает. К их числу принадлежат химические средства для повышения механической прочности. Одни, как, например, продукты на основе крахмала различного происхождения (картофельный, кукурузный, топиоковый и др.), на основе целлюлозы – натрийкарбоксиметилцеллюлоза, широко применяются. Другие, относящиеся к синтетическим, значительно уступают первым в востребованности и, естественно, в объемах потребления [1–5]. Однако, учитывая возможности современного химического синтеза, получаемым продуктам можно

Кожевников Сергей Юрьевич – руководитель научно-технических программа развития отдела инновационного развития, кандидат технических наук, e-mail: skif@skif.us

придавать целевой комплекс свойств, превосходящий возможности природного синтеза [5].

В выполненной работе ставилась цель проведения сравнительных исследований свойств серии синтезированных полимерных связующих для установления их упрочняющей способности при добавках в макулатурную массу при производстве бумаги для гофрирования (флютинг).

Проведение исследований и обсуждение результатов

Для исследований в ООО «СКИФ Специал Кемикалз» были синтезированы 9 образцов связующего для повышения прочности картона в сухом состоянии. Все они представляют собой группу продуктов с общей торговой маркой «Ультрарез DS», имеющих полиакриламидную основу, но отличающихся содержанием в составе некоторых специфических мономеров. Характеристика образцов представлена в таблице 1. Композиция бумажной массы, в которую вводилась смола, состояла из 100% макулатуры марки МС-5Б, 2 сорт, в сухом состоянии в виде обрезков гофрированного картона. Для изготовления флютинга использовали макулатурный флютинг, для лайнера – макулатурный лайнер, которые отделяли от гофрированного картона, составляющего пробу макулатуры. Макулатурная масса размалывалась в мельнице Йокро при концентрации 6% до 30 °ШР, и из размолотой массы изготавливались отливки массой 125 г/м².

Проверку образцов связующего для сухого упрочнения бумаги «Ультрарез DS» осуществляли с учетом содержания активных (сухих) веществ в связующем. За норму принята смола с содержанием сухих веществ 12,5%. Например, при расходе смолы «Ультрарез DS» с концентрацией 12,5% – 4 кг/т, расход смолы «Ультрарез DS» с концентрацией 10% принят 5 кг/т, а расход смолы «Ультрарез DS» с концентрацией 15% – 3,3 кг/т. Перед подачей смола «Ультрарез DS» разбавляется в 10 раз водой для более равномерного распределения смолы в бумажной массе.

Непосредственно перед добавлением связующего в бумажную массу подается раствор полиоксихлорида алюминия (ПОХА) с расходом 0,5 кг/т (по сухому полиоксихлориду алюминия). После смешения с раствором ПОХА в бумажную массу подается предварительно разбавленное связующее «Ультрарез DS». Вначале производили образец флютинга без химикатов (холостая проба 1), затем отливали образец флютинга с ПОХА, расходом 0,5 кг/т (холостая проба 2), после этого изготавливали образцы флютинга с различными расходами связующего – 2, 4, 6, 8 кг/т.

Контролируемыми показателями бумажной массы были: электрокинетический потенциал (ζ -потенциал) и катионная потребность, а флютинга – физико-механические свойства. Механические испытания проведены по стандартным методикам после кондиционирования образцов при температуре $23 \pm 1^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 50%.

Экспериментальные данные о влиянии связующих на ζ -потенциал и катионную потребность представлены в таблице 2.

Результаты экспериментов, приведенные в таблице 2, показывают следующее:

а) все вводимые в массу связующие приводят к снижению ее ζ -потенциала, хотя и в разной степени, а также катионной потребности (кроме образца 6 – DS-150, цеховой стандартный), введение которого не приводит к снижению катионной потребности;

б) сильный эффект снижения отрицательного ζ -потенциала дает введение связующих 1–5; меньшее снижение дают образцы 6, 7 и 9; наибольший эффект дают связующие 1, 3 и 5, которые перезаряжают массу: ζ -потенциал переходит в положительный диапазон при расходах 4 кг/т (по товарному связующему);

в) резкое снижение катионной потребности обеспечивают связующие 2, 4; практически до 0 снижают катионную потребность связующие 3, 4 и 5.

Таблица 1. Характеристика исследованных продуктов «Ультрарез DS»

№ образца	*Образец	Характеристики образца		
		сухой остаток T.S., %	pH	вязкость при 25 °C, cПз
1	DS-Q, цеховая варка 12,5% на мономере X	12,44	4,04	2300
2	DS, 12,5% на мономере Y	12,48	3,90	1100
3	DS, 12,5% на мономере Y ₁	12,72	3,31	1180
4	DS, 10,5% на мономере Z	10,42	3,20	1600
5	DS-Q, цеховая варка 10,5% на мономере X	10,63	3,87	1960
6	DS-150, цеховой стандартный	15,3	4,47	2640
7	DS-30, цеховой стандартный	30,77	4,55	1640
8	DS, сополимер крахмала с акрилатами	15,72	4,47	700
9	DS, на мономере W	12,79	–	6800

* Полный химический состав образцов не раскрывается, так как проводится патентование

Таблица 2. Результаты определения электрокинетических характеристик бумажной массы с добавками синтезированных связующих

Расход смолы, кг/т	Дзета потенциал, mV	Катионная потребность, мл
Без химикатов	-16,65	0,127
С добавками ПОХА	-14,10	0,222
1 – DS-Q, цеховая варка 12,5% на мономере X		
2	-7,30	0,157
4	-3,50	0,109
6	-0,20	0,078
8	2,00	0,053
2 – DS, 12,5% на мономере Y		
2	-8,30	0,150
4	-5,90	0,139
6	-3,10	0,107
8	-1,80	0,075
3 – DS, 12,5% на мономере Y ₁		
2	-8,65	0,144
4	-4,00	0,125
6	-0,60	0,082
8	4,90	0,001
4 – DS, 10,5% на мономере Z		
2,4	-8,45	0,113
4,8	-5,40	0,102
7,2	-2,60	0,085
9,5	-0,20	0,018
5 – DS-Q, цеховая варка 10,5% X		
2,4	-6,10	0,162
4,8	-0,25	0,104
7,2	3,10	0,053
9,5	5,15	0,004
6 – DS-150, цеховой стандартный		
1,6	-11,55	0,200
3,3	-10,75	0,228
4,9	-10,00	0,223
6,5	-9,65	0,241
7 – DS-30, цеховой стандартный		
0,8	-12,90	0,148
1,6	-11,10	0,148
2,4	-9,90	0,142
3,3	-9,30	0,136
8 – DS, сополимер крахмала с акрилатами		
1,6	-10,25	0,193
3,2	-7,15	0,156
4,8	-4,40	0,114
6,4	-2,35	0,105
9 – DS, на мономере W		
1,95	-15,10	0,202
3,91	-10,60	0,171
5,86	-11,65	0,174
7,82	-8,25	0,123

В образцах изготовленной бумаги с добавками связующего «Ультрарез DS» определяли: абсолютное сопротивление продавливанию, удельное сопротивление разрыву, сопротивление плоскостному сжатию, сопротивление торцевому сжатию. Результаты представлены в таблице 3.

При изготовлении образцов бумаги с первым и пятым связующим отмечены значительные смоляные затруднения, особенно при расходе смолы 6, 8 кг/т, образец после отлива плохо отделялся от сетки, сетка засмаливалась. С образцами связующего 2,4,6,9 смоляные затруднения возникали при расходах более 4 кг/т.

Практически не возникало смоляных затруднений при использовании связующих 3, 7, 8.

Таблица 3. Результаты испытаний упрочнения флютинга образцами связующего

Расход связующего, кг/т	Сопротивление продавливанию		Разрывная длина		Удельное сопротивление разрыву		Сопротивление плоскостному сжатию		Сопротивление торцевому сжатию, кН/м	
	кПа	%	м	%	кН/м	%	Н	%		
Без добавок	334	100	4150	100	4,93	100	208	100	1,66	100
С ПОХА	351	105,1	4150	100,0	4,93	100,0	216	103,8	1,74	104,8
1 – DS-Q, цеховая варка 12,5% на мономере X										
2	392	117,4	4500	108,4	5,83	118,3	233	112,0	2,00	120,5
4	351	105,1	3800	91,6	4,25	86,2	239	114,9	1,76	106,0
6	403	120,7	4150	100,0	5,12	103,9	267	128,4	2,33	140,4
8	422	126,3	3300	79,5	3,89	78,9	253	121,6	2,26	136,1
2 – DS, 12,5% на мономере Y										
2	416	124,6	4000	96,4	5,03	102,0	240	115,4	2,10	126,5
4	377	112,9	4300	103,6	5,41	109,7	269	129,3	2,41	145,2
6	406	121,6	3850	92,8	4,74	96,1	256	123,1	2,40	144,6
8	447	133,8	4550	109,6	5,61	113,8	258	124,0	2,41	145,2
3 – DS, 12,5% на мономере Y ₁										
2	380	113,8	4050	97,6	5,14	104,3	268	128,8	2,19	131,9
4	419	125,4	3700	89,2	4,54	92,1	250	120,2	2,29	138,0
6	359	107,5	3600	86,7	4,53	91,9	267	128,4	2,21	133,1
8	508	152,1	4350	104,8	5,77	117,0	268	128,8	2,68	161,4
4 – DS 10,5% на мономере Z										
2,4	536	160,5	3150	75,9	4,37	88,6	217	104,3	2,05	123,5
4,8	489	146,4	4000	96,4	4,92	99,8	207	99,5	2,04	122,9
7,2	494	147,9	4700	113,3	5,85	118,7	237	113,9	2,29	138,0
9,5	484	144,9	4700	113,3	5,92	120,1	249	119,7	2,46	148,2
5 – DS-Q, цеховая варка 10,5% на мономере X										
2,4	487	145,8	3500	84,3	4,59	93,1	236	113,5	2,05	123,5
4,8	511	153,0	4300	103,6	5,31	107,7	249	119,7	2,37	142,8
7,2	515	154,2	3350	80,7	4,61	93,5	265	127,4	2,23	134,3
9,5	458	137,1	4950	119,3	6,28	127,4	238	114,4	2,32	139,8
6 – DS-150, цеховой стандартный										
1,6	531	159,0	2850	68,7	3,75	76,1	229	110,1	2,33	140,4
3,3	514	153,9	3150	75,9	4,22	85,6	237	113,9	2,34	141,0
4,9	501	150,0	4250	102,4	5,77	117,0	251	120,7	2,17	130,7
6,5	476	142,5	4800	115,7	6,02	122,1	250	120,2	2,42	145,8
7 – DS-30, цеховой стандартный										
0,8	384	115,0	4350	104,8	5,38	109,1	220	105,8	1,99	119,9
1,6	433	129,6	4550	109,6	5,68	115,2	242	116,3	2,00	120,5
2,4	446	133,5	4550	109,6	5,72	116,0	230	110,6	2,02	121,7
3,3	401	120,1	4200	101,2	5,29	107,3	221	106,3	2,00	120,5
8 – DS, сополимер крахмала с акрилатами										
1,6	427	127,8	4550	109,6	5,74	116,4	222	106,7	2,04	122,9
3,2	444	132,9	4350	104,8	5,34	108,3	238	114,4	2,22	133,7
4,8	482	144,3	4650	112,0	5,74	116,4	261	125,5	2,25	135,5
6,4	472	141,3	4650	112,0	5,80	117,6	258	124,0	2,05	123,5
9 – DS, на мономере W										
1,95	449	134,4	4800	115,7	6,30	127,8	198	95,2	2,25	135,5
3,91	491	147,0	5000	120,5	6,54	132,7	151	72,6	2,34	141,0
5,86	495	148,2	5000	120,5	6,63	134,5	141	67,8	2,45	147,6
7,82	468	140,1	5000	120,5	6,76	137,1	160	76,9	2,41	145,2

Анализ данных таблицы 3 свидетельствует о том, что положительный эффект от использования связующих имеется, хотя и не во всех случаях. В каждой из серий отмечены «провалы» механики, что характерно для расходов 4-6 кг/т.

Использование 1, 2 и 3-го связующих показало похожее увеличение механической прочности – увеличилось сопротивление продавливанию и сопротивление сжатию, причем с увеличением дозировки эф-

фekt усиливается. При этом прочность при растяжении (разрывная длина практически не увеличивается, а в ряде случаев – снижается). В наибольшей степени повышается сопротивление торцевому сжатию (ССТ), которое составляет 20–60%, особенно со связующим 3.

Образцы связующего 4, 6 уже в малых количествах (2 кг/т) приводит к резкому росту сопротивления продавливанию флютинга – на 45–55%, а при увеличении дозировки эффект несколько снижается.

Значительное увеличение разрывной длины наблюдается для связующих 7 и 8 – до 10%, особенно для связующего 9 – до 20%.

Учитывая экспериментальные результаты, можно руководствоваться следующими положениями:

- для увеличения сопротивления продавливанию больше подходят связующие 4–6;
- увеличения разрывной длины лучше использовать связующие 7–9, при этом хороший эффект наблюдается уже при малых дозировках;
- увеличения сопротивления плоскостному сжатию наиболее эффективно связующее 3;
- увеличения всех механических показателей лучшее связующее – 3, при наилучшей «технологичности» применения, под которой понимается отсутствие отрицательных явлений – «смоляных затруднений» и «провалов» механики для отдельных точек; несколько уступают связующему 3 связующие 7 и 8, но, в целом, также показывают хороший упрочняющий эффект, без видимых технологических затруднений; также хорошая технологичность и высокий упрочняющий эффект наблюдаются у образцов 7 и 8.

Если обратиться к таблице 2, то можно видеть, что добавка связующего 3 к бумажной массе интенсивно снижает ζ -потенциал массы, вплоть до перезарядки на положительный потенциал, а также интенсивно снижает, практически до нуля, катионную потребность. Это свидетельствует о высоком удержании связующего и мелкого волокна в образцах картона, создаваемом благоприятном уровне потенциального электростатического барьера в момент формирования межволоконных связей, которые обеспечивают максимальный эффект повышения прочности бумаги.

Выводы

1. Проведены исследования эффективности влияния 9 различных синтезированных полиакриламидных полимерных связующих на свойства макулатурной бумажной массы и механическую прочность макулатурного флютинга.
2. Установлено, что все связующие оказывают влияние на свойства массы и качество картона, но наиболее сильный эффект снижения ζ -потенциала и практически до нулевого уровня уменьшение катионной потребности имеет место при добавках связующих 3, 4 и 5.
3. Наиболее эффективными и технологически приемлемыми связующими для повышения механической прочности флютинга являются связующие 3, 7 и 8.
4. Связующее 3 и близкие к нему по эффективности 4, 5, 7 и 8 рекомендуются для широкого использования в производстве макулатурных видов бумаги и картона.

Список литературы

1. Иванов С.И. Технология бумаги. М., 2006. 696 с.
2. Кожевников С.Ю., Андреева С.Л. Упрочнение бумаги синтетической катионно-анионной полиакриламидной смолой // Химия растительного сырья. 2011. №2. С. 177–182.
3. Шабиев Р.О., Смолин А.С., Ковернинский И.Н., Кожевников С.Ю. Химия бумаги: исследование действия упрочняющих и обезвоживающих добавок // Химия растительного сырья. 2014. №4. С. 263–270.
4. Кожевников С.Ю., Вдовина О.С., Ковернинский И.Н. Химические продукты и инновации «СКИФ Спешиал Кемикалз» для бумаги и картона // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2015. №5. С. 64–66.
5. Карманова Т.Е., Казаков Я.В., Попова А.В., Вдовина О.С., Кожевников С.Ю. Управление электрокинетическими характеристиками макулатурной бумажной массы при производстве флютинга // Использование и разработка инновационных экологически безопасных технологий переработки макулатуры при производстве всего спектра бумажно-картонной продукции : материалы 15-й Междунар. научн.-техн. конф. Караваяево, 2014. С. 50–58.
6. Кожевников С.Ю., Ковернинский И.Н. Химия и технология СКИФ для бумаги. Иматра (Финляндия), 2010. 91 с.

Поступило в редакцию 20 января 2016 г.

После переработки 25 февраля 2016 г.

Kozhevnikov S.Yu. STUDY OF COMPARATIVE EFFECTIVENESS OF INCREASING STRENGTH RECYCLED FLUTING VARIOUS BINDERS «Ultrarez DS»

Limited Liability Company "SKIF Special Chemicals", Vostochnaja promzona, 7, Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod region, 606000 (Russia), e-mail: skif@skif.us

The study of influence of 9 synthesized polyacrylamide polymer binders to the ζ -potential cationic demand mass, physical and mechanical properties of waste paper fluting – the absolute bursting strength, resistivity tear resistance plane compression, the compression resistance of the end considered in the work. 9 samples synthesized binder to improve strength paper-board in the dry state. All of them are a group of products with total sales "Ultrarez DS» mark with polyacrylamide based, but differ in the composition of the content of some specific monomers.

Check all the samples to dry binder hardening "Ultrarez DS» Paper take into account the content of active (dry) materials in the binder. The resin solids content of 12.5% is taken as normal. Resin "Ultrarez DS» diluted 10 times with water before being fed to a more uniform distribution of the resin in the paper pulp.

The composition of the pulp, which was introduced into the resin, composed of 100% recycled paper grade MS-5B, 2nd grade, in the dry state, in the form of scraps of corrugated cardboard. Recycled fluting used for the manufacture of fluting, junk ship – for the liner, which was separated from corrugated cardboard, waste paper constitutes a sample. Deinking Yokro milled in a mill at a concentration of 6% to 30 SHR and milled mass produced from castings weighing 125 g/m².

A solution of aluminum polyoxochloride (Pohang) at a rate of 0.5 kg/t (dry Polioksihlorid aluminum) is applied to the pulp directly before applying the binder. Binder "Ultrarez DS», pre-diluted, is fed into the paper pulp after mixing with a solution of Pohang. First, a sample of fluting made without the addition of chemicals (blank sample 1), then the sample fluting cast with the addition of Pohang, a rate of 0.5 kg/t (blank sample 2), and then fluting samples produced with different adhesive costs – 2, 4, 6.8 kg/t.

Monitored indicators of pulp were zeta potential (ζ -potential) and cationic demand and fluting – physical and mechanical properties. The mechanical tests carried out according to standard procedures, after conditioning the samples at 23 ± 1 °C and a relative humidity 50%. It was found that all the binders have an effect on the properties of mass and quality of cardboard, but the strongest effect of reducing the ζ -potential and almost to zero decrease in cationic demand occurs when additives binders 3, 4 and 5. These binders are able to most effectively improve the mechanical properties of fluting.

Keywords: polyacrylamide binder recycled paper, fluting.

References

1. Ivanov S.I. *Tekhnologiya bumagi*. [Paper technology]. Moscow, 2006, 696 p. (in Russ.).
2. Kozhevnikov S.Iu., Andreeva S.L. *Khimiya rastitel'nogo syr'ia*, 2011, no. 2, pp. 177–182. (in Russ.).
3. Shabiev R.O., Smolin A.S., Koverminskii I.N., Kozhevnikov S.Iu. *Khimiya rastitel'nogo syr'ia*, 2014, no. 4, pp. 263–270. (in Russ.).
4. Kozhevnikov S.Iu., Vdovina O.S., Koverminskii I.N. *Tseliuloza. Bumaga. Karton*, 2015, no. 5, pp. 64–66. (in Russ.).
5. Karmanova T.E., Kazakov Ia.V., Popova A.V., Vdovina O.S., Kozhevnikov S.Iu. *Ispol'zovanie i razrabotka innovatsionnykh ekologicheskii bezopasnykh tekhnologii pererabotki makulatury pri proizvodstve vsego spektra bumazhno-kartonnoi produktii: mater. 15-i mezhdunar. nauchn.-tekh. konf.* [The use and development of innovative environmentally friendly technologies for processing waste paper in the production of the entire spectrum of paper and cardboard products: materials 15th International Scientific and Technical Conference]. Karavaevo, 2014, pp. 50–58. (in Russ.).
6. Kozhevnikov S.Iu., Koverminskii I.N. *Khimiya i tekhnologiya SKIF dlia bumagi*. [SKIF Chemistry and technology paper]. Imatra, Finland, 2010. 91 p. (in Russ.).

Received January 20, 2016

Revised February 25, 2016