

УДК 676.017.42

У.О. Цибульский, В.И. Комаров, Л.А. Миловидова, Т.А. Королева

Архангельский государственный технический университет

Комаров Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, член международного научного общества EUROMECH. Имеет более 400 печатных работ в области исследования свойств деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.

Тел.: (8182) 21-61-82



Миловидова Любовь Анатольевна родилась в 1946 г., окончила в 1970 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии ЦБП Архангельского государственного технического университета. Имеет более 60 печатных трудов в области производства беленых волокнистых полуфабрикатов.

Тел.: (8182) 65-00-92



Королева Татьяна Алексеевна родилась в 1974 г., окончила в 1996 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, ассистент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства АГТУ. Имеет 16 печатных работ в области исследования процессов отбелки целлюлозы.

Тел.: (8182) 65-00-92



ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КИСЛОРОДНО-ЩЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Исследовано влияние условий кислородно-щелочной обработки на характеристики прочности целлюлозы. Установлено что ужесточение условий КЩО лиственной сульфатной целлюлозы не оказывает отрицательного влияния на величину разрывной длины и индекс прочности при растяжении, но существенно снижает сопротивление раздиранию; добавка диспергатора на стадию КЩО повышает сопротивление излому.

Ключевые слова: лиственная и хвойная целлюлозы, кислородно-щелочная обработка, характеристики прочности.

Кислородно-щелочная обработка (КЩО) целлюлозы в современной технологии производства бленой целлюлозы – неотъемлемая часть схемы отбелки. Основная цель КЩО – снижение числа Каппа перед отбелкой и, следовательно, снижение расхода белящих реагентов. В связи с этим эффективность обработки оценивают по изменению числа Каппа. Для сохранения на необходимом уровне значений вязкости и стандартных прочностных характеристик целлюлозы эффективность одноступенчатой КЩО для хвойной целлюлозы по снижению числа Каппа составляет не более 50 %. Для лиственной целлюлозы этот показатель еще ниже – 30...35 %. Ранее нами было

показано, что, изменяя условия КЩО и используя некоторые добавки [1, 2], при обработках лиственной целлюлозы можно достигнуть некоторого дополнительного снижения числа Каппа и поднять эффективность КЩО. В литературе не удалось обнаружить работ, в которых была бы дана комплексная оценка деформационных и прочностных характеристик целлюлозы после КЩО и влияния условий КЩО на эти характеристики. Однако эти сведения представляют несомненный интерес, поскольку позволяют в дальнейшем оптимизировать режим отбеливания для формирования требуемых свойств целлюлозы.

В соответствии с этим целью нашего исследования было проведение комплексной оценки влияния КЩО на прочностные свойства лиственной и хвойной сульфатной целлюлозы.

Общая характеристика образцов целлюлозы и условия КЩО представлены в табл. 1.

Для определения прочностных и деформационных характеристик целлюлозу размалывали до 30 °ШР, из нее изготовляли отливки массой 1 м² 75 г. При обработке хвойной целлюлозы (табл. 1, образцы 1, 2) число Каппа снизилось с 34 до 16 при одновременном уменьшении вязкости целлюлозы до 650 мл/г, т. е. на 13 %. При этом существенно возросли силы связи – более чем на 30 %. Такое изменение показателей свидетельствует о развитии процессов деструкции целлюлозы (снижение вязкости) и заметном окислении поверхности волокна (образование дополнительных водородных связей за счет групп СО= и СООН–).

Несмотря на существенный прирост межволоконных сил связи, для хвойной целлюлозы после КЩО несколько снизилась плотность отливки. В данном случае увеличение толщины отливки и снижение плотности может быть вызвано растворением мелочи в процессе обработки волокна.

Результаты определения нулевой разрывной длины свидетельствуют о том, что в выбранных условиях КЩО прочность волокна хвойной целлюлозы не меняется.

Образцы лиственной небеленой целлюлозы при меньших числах Каппа имели более высокую вязкость и меньшие межволоконные силы связи (образцы 3, 7). Кислородно-щелочная обработка лиственной целлюлозы (образцы 3, 4 и 7, 8) привела к снижению числа Каппа не более чем на 30 %. При этом снизилась вязкость целлюлозы и существенно возросли межволоконные силы связи. Следовательно, при КЩО как лиственной,

Таблица 1

Общая характеристика технической целлюлозы

Но- мер об- раз- ца	Характеристика образца целлюлозы	Условия кислородной обработки		Число Каппа χ	Вязкость η , мл/г	Плотность ρ , г/см ³	Межволоконные силы связи $F_{св}$, МПА	Нулевая разрывная длина L_0 , м
		Температу- ра, °С	Расход щелочи, кг/т					
Хвойная целлюлоза								
1	Небеленая	–	–	34,6	750	0,803	4,66	14 100
2	После КЩО	100	20	16,7	650	0,764	6,18	14 000
Лиственная целлюлоза I								
3	Небеленая	–	–	14,5	1 000	0,805	3,68	15 200
4	После КЩО	100	20	10,1	900	0,830	5,00	15 300
5	« «	115	20	8,6	800	0,844	5,34	14 400
6	« «	100	25	10,8	950	0,820	4,85	15 800
Лиственная целлюлоза II								
7	Небеленая	100	20	18,8	1 000	0,860	3,76	14 900
8	После КЩО	100	20	13,2	870	0,826	6,19	14 900
9	После КЩО с добавкой D3	100	20	12,5	910	0,855	8,67	14 800

так и хвойной целлюлозы происходит ее деструкция и окисление поверхности волокна. Прочность листового волокна, оцениваемая по величине нулевой разрывной длины, после КЩО не изменяется, как это отмечено и для хвойной целлюлозы. Однако, образец 3 листовой целлюлозы с более низким значением числа Каппа (14,5) имел более высокую нулевую разрывную длину, чем образец с числом Каппа 18,8. Причина этого, скорее всего, – более глубокое растворение низкомолекулярных фракций целлюлозы и гемицеллюлоз при варке более мягкого образца.

Кроме того, для образца листовой целлюлозы с числом Каппа 14,5, в отличие от хвойной целлюлозы, наблюдается повышение плотности отливки, т.е. на такие характеристики, как плотность и толщина отливки образца 3, в большей степени влияет увеличение межволоконных сил связи. У образца 7 листовой целлюлозы (число Каппа 18,8) происходит некоторое снижение плотности отливки. Возможное объяснение такого явления – более высокое содержание мелочи в этом образце и последующее ее растворение на стадии КЩО. Косвенно это подтверждается и большей плотностью небеленой целлюлозы с числом Каппа 18,8. При кислородной обработке листовой целлюлозы II усиливается процесс окисления, что подтверждено более высокими значениями межволоконных сил связи, чем для листовой целлюлозы I (образцы 4, 8).

Повышение температуры КЩО при обработке листовой целлюлозы до 115 °С (образцы 4, 5) привело к снижению числа Каппа, вязкости целлюлозы и нулевой разрывной длины. При этом возросла плотность отливки и межволоконные силы связи. Эти факты свидетельствуют об усилении процессов окисления волокна и деструкции целлюлозы. В то же время, как это было показано ранее [2], увеличение температуры КЩО повышает белимость листовой целлюлозы.

Увеличение расхода щелочи (образцы 4, 6) снижает плотность отливки и межволоконные силы связи по сравнению с контрольной пробой (образец 4) при сохранении на уровне контрольной пробы числа Каппа, вязкости и некотором повышении нулевой разрывной длины. Следовательно, увеличение расхода щелочи сопровождается усилением процесса растворения низкомолекулярных фракций целлюлозы, в результате возрастает нулевая разрывная длина.

Добавка на ступень КЩО диспергатора D3 (образец 9) привела к снижению числа Каппа при одновременном повышении вязкости целлюлозы и плотности отливки. В этом случае отмечен также максимальный прирост межволоконных сил связи, что хорошо согласуется с изменением плотности и толщины отливки. Положительное влияние добавки диспергатора может быть обусловлено повышением гидрофильности и гибкости волокон при дополнительном снижении содержания экстрактивных веществ, более интенсивном набухании волокна и лучшей доступности его для химических реагентов.

Изменение стандартных характеристик целлюлозы приведено в табл. 2. Как следует из представленных данных, кислородно-щелочная обработка хвойной целлюлозы заметно снижает разрывную длину и, соответственно, удельное сопротивление разрыву и индекс прочности при растяжении. Такие характеристики, как сопротивление раздиранию и сопротивление излому, остаются на прежнем уровне.

Подобный характер изменения стандартных показателей согласуется с данными табл. 1: снижение вязкости коррелирует со снижением разрывной длины, незначительное уменьшение плотности – с сохранением величины сопротивления раздиранию, сопротивление излому – с сохранением нулевой разрывной длины, т.е. прочности волокна.

Для образцов лиственной целлюлозы имеет место только снижение сопротивления раздиранию, причем оно составляет более 50 % (образцы 3, 4 и 7, 8). В целом такая вариация показателей также согласуется с данными табл. 1, а именно с изменением плотности отливки и нулевой разрывной длины.

Повышение как температуры КЩО, так и расхода щелочи не оказывает влияния на сопротивление раздиранию и индекс раздирания. Однако увеличение расхода щелочи приводит к повышению сопротивления излому, что совпадает с характером изменения нулевой разрывной длины. Следует также отметить, что после КЩО лиственной целлюлозы наблюдается некоторое увеличение разрывной длины и индекса прочности при растяжении, что согласуется с ростом межволоконных сил связи.

При проведении КЩО с добавкой диспергатора (образец 9) происходит увеличение сопротивления излому. Наиболее вероятное объяснение – повышение гибкости и способности к набуханию волокна с ростом его гидрофильности, как уже отмечалось выше. Снижение числа Каппа в этом случае обеспечивает уменьшение расхода белящих реагентов при сохранении белимости целлюлозы на уровне контрольной пробы (образец 7) [2].

Таким образом, одноступенчатая кислородно-щелочная обработка хвойной и лиственной целлюлозы приводит к развитию процессов окисления и деструкции волокна, что выражается в увеличении межволоконных сил связи и снижении вязкости.

Для хвойной целлюлозы развитие процессов деструкции снижает разрывную длину (индекс прочности при растяжении) при соответствующем уменьшении вязкости без изменения сопротивления раздиранию (индекс раздирания) и сопротивления излому.

Для лиственной целлюлозы развитие процессов деструкции способствует снижению сопротивления раздиранию (индекс раздирания) при соответствующем повышении плотности образцов без заметного уменьшения разрывной длины (индекс прочности при растяжении) и сопротивления излому.

Повышение температуры кислородно-щелочной обработки лиственной целлюлозы обеспечивает максимальное снижение числа Каппа (эффективность 41 %), не оказывая отрицательного влияния на остальные характеристики целлюлозы.

Таблица 2

Стандартные характеристики технической целлюлозы

Номер образца	Характеристика образца целлюлозы	Толщина отливки δ , мкм	Сопротивление раздиранию R , мН		Индекс раздиранья, мН/г	Разрывная длина L , м	Удельное сопротивление разрыву, Н/мм	Индекс прочности при растяжении, Н/м ²	Сопротивление излому N , ч.д.п.
			абсолютное	относительное					
Хвойная целлюлоза									
1	Небеленая	95,0	1 200	1 500	15,8	11 200	8,52	113,7	700
2	После КЩО	96,6	1 200	1 500	15,7	9 800	7,25	96,7	680
Лиственная целлюлоза I									
3	Небеленая	94,4	1 235	1 600	16,4	9 100	6,93	92,4	410
4	После КЩО	95,6	500	650	6,7	8 900	7,20	96,0	400
5	« «	84,6	530	707	7,0	10 000	7,51	100,1	440
6	« «	92,2	500	650	6,7	9 400	7,24	96,5	560
Лиственная целлюлоза II									
7	Небеленая	85,5	1 212	1 576	16,2	9 000	6,55	87,3	400
8	После КЩО	89,4	760	982	10,1	9 900	7,33	97,7	400
9	После КЩО с добавкой D3	88,4	530	690	7,1	9 800	7,37	98,3	520

Добавка диспергатора на стадию КЩО при обработках лиственной целлюлозы дает максимальный прирост межволоконных сил связи и повышение плотности при соответствующем снижении индекса раздиранья, она также повышает набухание и гибкость волокна, что сопровождается увеличением сопротивления излому.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние условий кислородно-щелочных обработок на показатели лиственной и хвойной целлюлозы [Текст] / У.О. Цибульский [и др.] // Целлюлоза, бумага, картон. – 2009. – № 9. – С.44–46.

2. Использование диспергаторов при кислородно-щелочной обработке лиственной и хвойной целлюлозы [Текст] / У.О. Цибульский [и др.] // Целлюлоза, бумага, картон. – 2009. – № 10. – С. 48–50.

Поступила 17.03.10

U. Cibulski, V.I. Komarov, L.A. Milovidova, T.A. Koroleva
Arkhangelsk State Technical University

Influence of Conditions of Oxygen Delignification on Deformation and Strength Properties of Sulphate Pulp

The influence of the conditions of oxygen-alkali treatment on pulp strength properties is investigated. It is established that toughening of oxygen-alkali treatment conditions of softwood sulphate pulp has no negative impact on the breaking length value and strength index under tension but results in considerable reduction of tear resistance; addition of disperser at the stage of oxygen-alkali treatment increases the breaking strength.

Keywords: hardwood and softwood pulp, oxygen-alkali treatment, strength properties.
