

УДК 676.017.42

У. Цибульский¹, В.И. Комаров², Л.А. Миловидова², Т.А. Королева²¹«Vim Kemi» (Финляндия)²Северный (Арктический) федеральный университет

Миловидова Любовь Анатольевна родилась в 1946 г., окончила в 1970 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии ЦБП Северного (Арктического) федерального университета. Имеет более 100 печатных трудов в области производства белых 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, доцент кафедры информатики Северного (Арктического) федерального университета. Имеет около 20 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. 2. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КИСЛОРОДНО-ЩЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Установлено, что кислородно-щелочная обработка лиственной целлюлозы приводит к повышению деформационных характеристик, т.е. снижает способность лиственной целлюлозы к деформации; для хвойной целлюлозы наблюдается обратная зависимость.

Ключевые слова: сульфатная хвойная и лиственная целлюлоза, кислородно-щелочная обработка, деформационные характеристики.

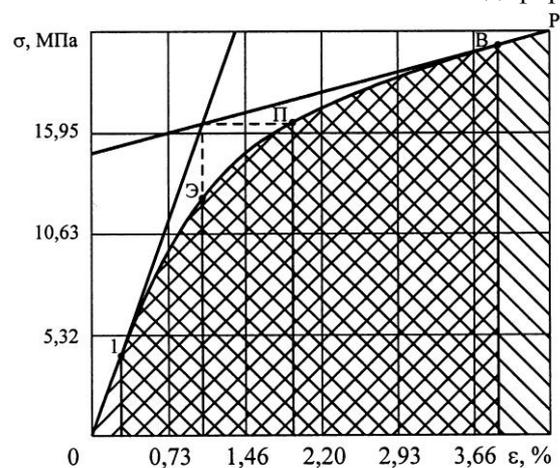
Механическая прочность целлюлозного волокна характеризуется теми значениями напряжений, которые приводят к нарушению его целостности и необратимому изменению структуры. Однако при приложении нагрузки структура листа претерпевает существенные изменения еще до момента ее разрушения. Именно эти явления протекают в процессе эксплуатации волокнистых материалов. Степень изменения структуры листа, а также степень обратимости изменений характеризуются деформационными свойствами волокна. Изменение прочностных характеристик хвойной и лиственной целлюлозы при различных условиях кислородно-щелочной обработки (КЩО) представлено в первой части нашей работы*.

* Влияние условий кислородно-щелочной обработки на деформационные и прочностные свойства сульфатной целлюлозы. 1. Влияние условий кислородно-щелочной обработки на прочностные свойства сульфатной целлюлозы / У. Цибульский [и др.] // Лесн. журн. – 2010. – № 3. – С. 130–136. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Цель данной работы – исследование изменения деформационных характеристик для получения более полной картины влияния КЩО на свойства лиственной и хвойной целлюлозы.

Оценить изменения деформационных характеристик волокна в процессе деформирования образца позволяет кривая напряжение – деформация (см. рисунок), полученная при обработке индикаторной диаграммы нагрузка – удлинение. Деформационные характеристики волокна зависят от межволоконных сил связи, его длины и плотности (толщины) образца. Увеличение межволоконных сил связи должно снижать способность волокон к деформированию при растяжении, при этом должна возрастать жесткость образца

Стадии развития деформации в капиллярно-пористом теле (образец целлюлозы): 0–1 – упругая зона; 1–П – замедленно-упругая зона; П–В – зона предразрушения; В–Р – зона разрушения; Э – точка, усредненно характеризующая замедленно-упругую зону; П – точка, характеризующая появление пластической



при растяжении, т.е. его сопротивление деформации. В свою очередь, плотность отливки зависит также от длины волокна и наличия мелкой фракции. В связи с этим, кроме деформационных характеристик целлюлозы (табл. 1), было определено изменение фракционного состава лиственной и хвойной целлюлозы до и после КЩО (табл. 2).

Как видно из представленных данных, для хвойной целлюлозы, имеющей стандартное для целлюлозы, предназначенной для отбелки, значение числа Каппа 34,6, КЩО приводит к снижению абсолютных значений всех деформационных характеристик, что соответствует некоторому увеличению способности целлюлозы к деформации в зоне упругих деформаций. Возможное объяснение этому – некоторое повышение толщины отливки, что связано с изменением фракционного состава волокна, а именно – снижением содержания мелочи в образце, т.е. доли промая (табл. 2). Повышение толщины отливки снизило напряжение и модуль упругости в зоне упругой деформации. Следует также отметить и снижение прочности хвойной целлюлозы, что проявляется в уменьшении как работы разрушения, так и деформации в зоне разрушения. Причина снижения прочности – деструкция целлюлозы на стадии КЩО и уменьшение вязкости.

Все деформационные характеристики лиственной целлюлозы, число Каппа которой также соответствует уровню значений числа Каппа лиственных видов целлюлозы для отбелки, ниже, чем для хвойной. Особенно заметно снизились напряжение и деформация в зоне упругих деформаций. По-видимому, здесь проявляется преобладающее влияние более низких значений межволоконных сил связи. Уменьшение напряжения в зоне упругих деформаций снижает модуль упругости и жесткость при растяжении. Из-за того, что волокно лиственной целлюлозы (образец II) короче, снизилась его прочность, при этом сохранилась деформация в зоне разрушения, что также можно объяснить невысокими межволоконными силами связи. КЩО этого образца снизила толщину отливки и повысила межволоконные силы связи. Как следствие, возросли напряжение и деформация в зоне упругих деформаций и жесткость при растяжении. Рост плотности и межволоконных сил связи привел

Таблица 1

Деформационные характеристики хвойной и лиственной сульфатной целлюлозы													
Номер образца	Характеристика образца	Условия КЩО		Характеристики целлюлозы									
		Температура, °С	Расход щелочи, кг/т	Число Каппа	L_0 , м	$F_{св}$, МПа	δ , мк	σ_1 , МПа	ϵ_1 , %	E_1 , МПа	S_l , кН/м	ϵ_p , %	A , кДж
Хвойная целлюлоза													
1	Небеленая	–	–	34,6	14 100	4,66	95,0	23,27	0,36	6 660	632,5	2,55	205,3
2	После КЩО	100	20	16,7	14 000	6,18	96,6	21,09	0,34	5 870	568,3	2,44	169,0
Лиственная целлюлоза (образец I)													
3	Небеленая	–	–	14,5	15 200	3,68	94,4	24,09	0,31	5 610	529,6	2,95	200,3
4	После КЩО	100	20	10,1	15 300	5,00	95,6	21,10	0,39	5 600	540,1	2,93	210,1
5	« «	115	20	8,6	14 400	5,34	84,4	22,10	0,34	6 680	564,4	3,10	231,3
6	« «	100	25	10,8	15 800	4,85	92,2	19,34	0,33	6 070	559,6	2,93	200,5
Лиственная целлюлоза (образец II)													
7	Небеленая	–	–	18,3	14 900	3,76	85,5	19,95	0,29	6 300	537,9	2,64	170,6
8	После КЩО	100	20	13,2	14 900	6,19	84,4	20,53	0,34	6 210	555,1	2,93	214,1
9	После КЩО с добавкой ДЗ	100	20	12,5	14 800	8,67	88,4	19,48	0,34	5 820	514,6	3,36	244,0

Примечание. L_0 – нулевая разрывная длина; $F_{св}$ – межволоконные силы связи; δ – толщина отливки; σ_1 – напряжение в зоне упругой деформации; ϵ_1 – деформация в зоне упругой деформации; E_1 – модуль упругости в зоне упругой деформации; S_l – жесткость при растяжении; ϵ_p – деформация разрушения; A – работа разрушения.

Таблица 2

**Влияние условий КЩО на фракционный состав хвойной
и лиственной целлюлозы**

Номер образца	Характеристика образца	Условия КЩО		Фракционный состав, %				
		Температура, °С	Расход щелочи, кг/т	16	30	50	100	Промой
Хвойная целлюлоза								
1	Небеленая	–	–	28,4	45,7	1,2	15,3	9,4
2	После КЩО	100	20	33,0	41,6	4,0	15,9	5,5
Лиственная целлюлоза I								
3	Небеленая	–	–	0,03	3,0	36,7	49,6	10,7
4	После КЩО	100	20	0,03	3,0	39,1	48,4	9,4
5	« «	115	20	0,04	3,0	40,6	47,8	8,6
6	« «	100	25	0,03	3,2	40,7	49,2	6,9
Лиственная целлюлоза II								
7	Небеленая	–	–	0,03	2,4	36,6	49,2	11,8
8	После КЩО	100	20	0,03	2,5	39,1	48,0	10,4
9	После КЩО с добавкой D3	100	20	0,02	2,8	39,8	47,0	10,4

к повышению работы разрушения и деформации в зоне разрушения. Несмотря на имеющиеся отличия во фракционном составе лиственной и хвойной целлюлозы, КЩО также снизила содержание мелочи в лиственной целлюлозе II (табл. 2). Добавка диспергатора на ступень КЩО, как уже отмечалось, вызывает интенсивное набухание волокна. В результате несколько возросли межволоконные силы связи из-за увеличения площади контакта между волокнами и толщина отливки. Это привело к снижению абсолютных значений всех деформационных характеристик целлюлозы и повышению работы и деформации разрушения.

Для более мягкой лиственной целлюлозы (образец I) отмечены практически те же закономерности, но из-за более низкого содержания мелочи отливки имеют меньшую плотность и, как следствие, еще более низкие абсолютные значения деформационных характеристик.

Повышение температуры на стадии КЩО существенно снизило толщину отливки как за счет некоторого уменьшения содержания мелкой фракции (табл. 2), так и за счет повышения межволоконных сил связи. В результате происходит повышение абсолютных значений всех деформационных характеристик, а также работы разрушения, что свидетельствует о снижении способности волокон к деформации.

Увеличение расхода щелочи на стадии КЩО сопровождается дополнительным растворением мелкой фракции (табл. 2), что снижает толщину отливки по сравнению с контролем, однако по сравнению с опытом, который проводили при повышенной температуре, толщина отливки увеличивается. Одновременно несколько снижаются межволоконные силы связи. Соответственно,

уровень деформационных характеристик имеет промежуточные значения между контролем и результатами КЩО при повышенной температуре. Наиболее существенные отличия в этом случае отмечены для напряжения в зоне упругих деформаций: уменьшение межволоконных сил связи привело к снижению этой характеристики.

Таким образом, КЩО хвойной целлюлозы снижает абсолютные значения деформационных характеристик и работу разрушения, что обусловлено растворением мелкой фракции волокна и, как следствие, повышением толщины и снижением плотности отливки, а КЩО лиственной целлюлозы способствует некоторому повышению деформационных характеристик и работы разрушения. Это зависит от различного фракционного состава лиственных и хвойных видов целлюлозы, вследствие чего плотность лиственной целлюлозы после КЩО возрастает при одновременном повышении межволоконных сил связи.

Рост температуры на стадии КЩО лиственной целлюлозы приводит к дальнейшему повышению деформационных характеристик вследствие дополнительного увеличения плотности отливки и межволоконных сил связи. Одновременно возрастает работа разрушения, т.е. динамическая прочность волокна.

Использование на стадии КЩО добавок диспергаторов обеспечивает интенсивное набухание волокна, повышает его гибкость, вследствие чего снижается напряжение в зоне упругих деформаций и жесткость при растяжении при одновременном росте деформации и работы разрушения.

Сопоставление характера изменения деформационных и стандартных характеристик лиственной целлюлозы показало, что максимальные значения модуля упругости, жесткости при растяжении и работы разрушения имеют образцы с наиболее высокими значениями разрывной длины и индекса прочности при растяжении.

Поступила 17.03.10

U. Cibulsky¹, V.I. Komarov², L.A. Milovidova², T.A. Koroleva²

¹«Bim Kemi» (Finland)

²Arkhangelsk State Technical University

Influence of Conditions of Oxygen-Alkali Treatment on Deformation and Strength Properties of Sulphate Pulp. 2. Influence of Oxygen-Alkali Treatment Conditions of on Deformation Properties of Sulphate Pulp

It is established that toughening of oxygen-alkali treatment conditions of hardwood pulp results in increase of deformation properties, i.e. reduces the ability of hardwood pulp to deformation. The reverse tendency is observed for softwood pulp.

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