

УДК 676.014:537.5280

Н.А. Матонина, Д.Г. Чухчин, О.М. Соколов

Архангельский государственный технический университет

Матонина Наталья Александровна родилась в 1977 г., окончила в 2000 г. Поморский государственный университет, аспирант кафедры биотехнологии Архангельского государственного технического университета.

Тел.: (8182) 21-61-45



Чухчин Дмитрий Германович родился в 1971 г., окончил в 1993 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии Архангельского государственного технического университета. Имеет более 70 печатных работ в области химической переработки древесины.

Тел.: (8182) 21-61-45



Соколов Олег Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1960 г. Ленинградский технологический институт ЦБП, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой биотехнологии, президент Архангельского государственного технического университета, академик Международной академии наук, РИА, РАЕН, Академии проблем качества РФ, чл.-кор. МИА, заслуженный деятель науки РФ. Имеет около 200 научных трудов в области исследования процессов сульфатной варки, изучения свойств и применения технических лигнинов.

Тел.: (8182) 21-89-65



ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Предложено использовать электрогидравлический эффект для обработки целлюлозных образцов.

Ключевые слова: электрогидравлический эффект, разрядная ячейка, электронно-пучковая плазма, формирующий воздушный промежуток.

Существуют различные химические и физические способы воздействия на древесину и ее компоненты.

Гидролитическая деструкция. Под гидролитической деструкцией обычно понимают процесс разрушения полисахаридов под действием воды, проявляющийся разрывом гликозидных связей с присоединением воды по месту разрыва; это разрушение может катализироваться кислотами различных концентраций и некоторыми ферментами [6].

Деструкция, вызванная γ -излучением. В области энергии γ -квантов от 20 кэВ до 10 МэВ, к которой относится излучение, генерируемое изотопными источниками и радиационными контурами, основными процессами взаимодействия с веществом являются фотоэлектрический эффект и эффект Комптона [3]. Гамма-излучение изменяет структурные, химические, физические и механические свойства древесины. Эти изменения зависят от дозы облучения и породы дерева.

Фотохимическая деструкция. Кванты УФ-излучения обладают энергией, равной той, которая необходима для разрушения химических связей в полимерах древесины. Практически из широкого спектра электромагнитного излучения ощутимое влияние на древесину оказывает только его коротковолновая часть [5]. У целлюлозы в результате воздействия УФ-лучей уменьшается степень полимеризации и увеличивается содержание карбоксильных и карбонильных групп, причем глубина превращения в этих реакциях строго пропорциональна продолжительности облучения.

Деструкция ускоренными электронами. Этот вид обработки может быть альтернативой γ -обработке. Себестоимость электронного излучения в 2–2,5 раза меньше себестоимости γ -излучения ^{60}Co [2]. В промышленности для различных технологий используются ускорители с энергией электронов от 100 кэВ до 3 МэВ. Основные причины ограниченного распространения этих методов на обработку древесины – низкий КПД и высокая энергоемкость процесса.

Электронно-пучковая плазма (ЭПП) используется как способ воздействия на различные материалы. Принципиальное отличие ЭПП от пучка ускоренных электронов состоит в том, что активными частицами являются не только «быстрые» электроны, но и ионы, радикалы и медленные электроны плазмы. Обработку ЭПП можно проводить в широком диапазоне температур и давлений с любыми плазмообразующими газами, при этом КПД преобразования электроэнергии в химическую энергию ионов и радикалов составляет более 90 % [1]. К недостаткам ЭПП можно отнести низкую глубину проникновения ее в обрабатываемый материал.

Актуальны поиск и разработка новых технологий, основанных преимущественно на физических воздействиях на древесное сырье, таких, которые приводили бы к его деструктивному разложению, сопоставимому с химической деструкцией.

Нами обращено внимание на достаточно известный, но сравнительно мало изученный в применении к растительным материалам метод дисфункции высокомолекулярных соединений, называемый электрогидравлическим эффектом (ЭГЭ).

ЭГЭ – многофакторный физико-химический процесс, в котором участвуют ударные волны с гидростатическим давлением $10^2 \dots 10^3$ МПа, плазма с температурой до $1 \cdot 10^4$ К, импульсное электромагнитное поле, рентгеновское, световое и тепловое излучения [4]. Поэтому можно предположить, что ЭГЭ может служить альтернативой ЭПП.

Сущность ЭГЭ состоит в том, что при образовании зоны вокруг специально сформированного импульсного электрического (искрового, кистевого и др. форм) разряда внутри объема жидкости, находящейся в открытом или закрытом сосуде, в ней возникают сверхвысокие гидравлические давления, способные совершать полезную механическую работу и сопровождающиеся комплексом физических и химических явлений [7]. В основе ЭГЭ лежит явление резкого увеличения гидравлического и гидродинамического эффектов и амплитуды ударного действия при осуществлении импульсного электрического разряда в ионопроводящей жидкости.

Теоретически обосновано и подтверждено экспериментами, что ЭГЭ как метод механического, физического и химического воздействия на материалы можно эффективно применять в химической промышленности для полимеризации – усложнения молекулярной структуры веществ; получения блок-полимеров; деполимеризации – упрощения молекулярной структуры веществ; синтеза химических соединений; повышения активности катализаторов; ускорения химических реакций; образования многовалентных ионов; осаждения; ускорения растворения веществ [7].

Известно, что ЭГЭ обладает мощным комплексным воздействием на жидкость. Электромагнитные поля разрядов, образование плазмы и ее участие в последующей интенсивной ионизации и рекомбинации ионов в зоне разряда делают воздействие ЭГЭ на жидкость сходным с процессами радиационной химии и способствуют возникновению в жидкости сложных химических соединений.

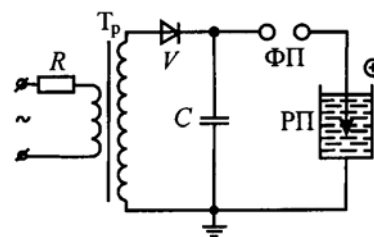
Осуществление ЭГЭ связано с относительно медленным накоплением энергии в источнике питания и практически мгновенным ее выделением в жидкой среде.

Цель данной работы – оценить эффективность воздействия ЭГЭ на деструкцию целлюлозы. Для создания электрогидравлических ударов использовали схему (см. рисунок), включающую источник питания с конденсатором C в качестве накопителя электрической энергии. Напряжение на конденсаторе повышали до значения, при котором происходит самопроизвольный пробой воздушного формирующего промежутка (ФП), и вся энергия, запасенная в конденсаторе, мгновенно поступала на рабочий промежуток (РП) в жидкости, где и выделялась в виде короткого электрического импульса большой мощности. Далее процесс при заданных емкости и напряжении повторяли с частотой, зависящей от мощности питающего трансформатора (Тр).

Воздушный формирующий промежуток позволяет накапливать заданное количество энергии с импульсной подачей ее на рабочий промежуток; значительно сокращать длительность импульса и предотвращать возникновение колебательных процессов; регулированием длины формирующего промежутка изменять форму импульса и характер разряда на рабочем промежутке в жидкости.

Именно формирующий промежуток обостряет импульс тока, что позволяет перейти к напряжениям гораздо большим, чем напряжение пробоя рабочего промежутка в жидкости.

Жидкость, получив ускорение от расширяющегося с большой скоростью канала разряда, перемещается от него



Электрическая схема для воспроизведения ЭГЭ с одним формирующим промежутком:
 R – зарядное сопротивление,
 V – выпрямитель

во все стороны, образуя на месте возникновения разряда значительную полость, названную кавитационной, и вызывая первый (основной) гидравлический удар. Затем полость с такой же большой скоростью смыкается, создавая второй кавитационный гидравлический удар. На этом единичный цикл ЭГЭ заканчивается, он может повторяться неограниченное число раз.

Частоты и амплитуды жестких режимов (напряжение $U \geq 50$ кВ) ЭГЭ способны сообщать интенсивные колебания даже отдельным молекулам. В этом случае внутренние напряжения могут и будут способствовать разрушению химических связей.

В работе [4] определены физические параметры ЭГЭ для обработки лигниновых продуктов. Для оценки снижения предпробойных потерь были проведены эксперименты при различной длине оголенного участка потенциального электрода постоянного диаметра. В пределах точности эксперимента при уменьшении длины не обнаружено снижения потерь [4].

В данной работе были использованы импульсный конденсатор ($C = 0,1$ мкФ, $U = 70$ кВ) и высоковольтный трансформатор ($U = 50$ кВ). Разрядная ячейка была изготовлена из нержавеющей стали с медным электродом. В момент зарядки можно было определить силу тока на первичных обмотках цепи.

В наших исследованиях в качестве образцов использовали водные суспензии сульфатной хвойной беленой целлюлозы и хлопковой целлюлозы. Суспензию целлюлозы в воде (концентрация 50 г/л) помещали в цилиндрическую разрядную ячейку (диаметр 85 мм, длина 140 мм) вместимостью 1 л и обрабатывали высоковольтными разрядами. Длина оголенного участка медного электрода – 10 мм. При увеличении расстояния между электродами воздушного формирующего промежутка до 100 мм увеличивалось напряжение на конденсаторе. Эксперимент проводили при напряжении 48 кВ.

Степень помола сульфатной хвойной беленой целлюлозы, определенная на приборе СР-2 типа Шоппер–Риглера, составляла 18° ШР, после обработки серией из 20 электрогидравлических разрядов она уменьшилась на 2° ШР.

По окончании эксперимента в образцах также определяли количество растворимых в 5 %-м растворе NaOH веществ (ЩРВ), массовую долю легкогидролизуемых полисахаридов (ЛГП) и концентрацию редуцирующих веществ (РВ) в экстракте эбулиостатическим методом. Данные приведены в таблице.

Состав (% от абс. сухой древесины) образцов целлюлозы до (числитель) и после (знаменатель) ЭГЭ

Образец	ЩРВ	ЛГП	РВ
Сульфатная хвойная беленой целлюлоза	8,58/9,90	10,00/10,80	0,09/0,11
Хлопковая целлюлоза	6,84/8,60	10,25/8,00	0,09/0,10

В ходе исследований установлено, что в результате электрогидравлической обработки происходит механическая и химическая деструкция целлюлозы; удельные энергозатраты на обработку целлюлозы при установленной мощности 3,3 кВт составили 6,6 МДж/кг.

Можно предположить, что с увеличением напряжения на конденсаторе и продолжительности действия ЭГЭ будет происходить значительная деструкция целлюлозы. Это может стать предметом наших дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бычков, В.Л.* Электронно-пучковая плазма. Генерация, свойства, применение [Текст]: учеб. пособие / В.Л. Бычков, М.Н. Васильев, А.С. Коротеев. – М.: МГОУ, 1993. – 168 с.
2. *Джагацнаниян, Р.В.* Введение в радиационно-химическую технологию [Текст] / Р.В. Джагацнаниян, В.И. Косаротов, Н.Т. Филиппов. – М. Атомиздат, 1979. – 288 с.
3. *Долацис, Я.А.* Радиационно-химическое модифицирование древесины [Текст] / Я.А. Долацис. – Рига: Зинантне, 1985. – 218 с.
4. Теоретические и практические аспекты применения электрогидравлического эффекта для обработки гидролизного лигнина [Текст] / Н.В. Иванова, В.Г. Горохова, А.А. Шишко [и др.] // Лесн. журн. – 1999. – №4. – С.91–95. – (Изв. высш. учеб. заведений). – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. *Хенли, Э.* Радиационная химия [Текст] / Э. Хенли, Э. Джонсон. – М.: Атомиздат, 1987. – 317 с.
6. *Холькин, Ю.И.* Технология гидролизных производств [Текст]: учеб. / Ю.И. Холькин. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 496 с.
7. *Юткин, Л.А.* Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности [Текст] / Л.А. Юткин. – М.; Л.: Машиностроение, 1986. – 250 с.

Поступила 15.10.08

N.A. Matonina, D.G. Chukchin, O.M. Sokolov
Arkhangelsk State Technical University

Practical Aspects of Electrohydraulic Effect Application for Pulp Treatment

The electrohydraulic effect is suggested to use for pulp samples treatment.

Keywords: electrohydraulic effect, discharge cell, electron-beam plasma, shaping clearance.
