

УДК 66. 092 – 977

Д. Ф. Зиятдинова, Д. А. Ахметова, А. Л. Тимербаева,
А. Р. Хабибуллина

ТЕРМОМОДИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: термомодификация, температура, пиломатериалы, шпон, древесные частицы, нагрев, среда, топочные газы, деструкция.

Представлен обзор исследований по термомодификации древесных материалов в различных средах. Раскрыт механизм термохимических явлений, происходящих в древесине при температурном воздействии.

Keywords: thermomodification, temperature, sawn timber, veneer, wood particles, heating, environment, flue gases, destruction.

Provides an overview of research on thermo-wood materials in different environments. The mechanism of chemical phenomena occurring in the wood at temperature influence.

На кафедрах лесотехнического профиля: переработки древесных материалов, архитектуры и дизайна изделий из древесины, химической технологии древесины ведутся исследования по 15 научным направлениям [1,2].

Одним из этих направлений является - термомодификация древесины и древесных материалов, с целью придания им дополнительным свойств [3,4,5].

Рынок потребления термообработанной древесины в последние годы постоянно расширяется, что объясняется значительным улучшением эксплуатационных свойств древесины: повышается биологическая стойкость, снижается равновесная влажность, сокращается коэффициент разбухания древесины при увлажнении, существенно уменьшается возможность проникновения воды в материал, улучшаются декоративные свойства и т.д. На сегодняшний день технологии термомодифицирования находятся на стадии разработки и оптимизации, как с экономической, так и с технической точки зрения. Исследования в данной области ведутся последние 10-15 лет. Признанным лидером по производству термодревесины в мире является финская компания VTT, разработавшая технологию термомодифицирования древесины в перегретом паре Termowood. Кроме того, наиболее крупными мировыми производителями термодревесины являются компании Lunawood Oy, Valutec Oy и Tekmaheat Oy (Финляндия); Baschild (Италия); «Superior Termowood» (Канада); «Mühlböck-Holztrocknungsanlagen» (Австрия), Tre Timber (Эстония). В числе основных российских компаний следует выделить «Проминвест ДИАРС», ООО «Вест-Вуд Рус», ООО «Термодревпром».

Механизм термомодификации работает следующим образом. В результате теплового воздействия в древесных материалах происходят сложные термохимические процессы, включающие реакции деструкции [6,7,8] компонентов древесины: гемицеллюлозы (пентозаны, гексозаны, ксиланы), лигнина, целлюлозы. При этом распад древесины наблюдается уже при сравнительно низких температурах даже в технологических процессах сушки

древесины, прессовании, экструдирования. Поэтому важно иметь представление о химических превращениях древесины при температурах, предшествующих экзотермическому разложению. Термохимическая устойчивость составных частей древесины неодинакова: быстрее всего разрушаются пентозаны, наиболее устойчив лигнин [9]. Наименее термостойким компонентом, судя по температуре начала потерь массы, является ксилан, а наиболее термостойкой - целлюлоза. Лигнин занимает промежуточное положение. В лигнине уже в момент его плавления (при температуре 180°C) происходят конденсационные превращения, а при температуре выше 200°C начинается деструкция с образованием летучих веществ. При этом за счет расщепления эфирных связей между элементарными звеньями макромолекулы и образования новых преимущественно углерод-углеродных связей начинается глубокая перестройка первичной структуры.

Одним из основных компонентов гемицеллюлоз является ксилан. В ксилане по мере повышения температуры уменьшается доля высокомолекулярной фракции и увеличивается доля низкомолекулярной. Уже на первой стадии распада одновременно с расщеплением макромолекулы происходят химические изменения элементарных звеньев: увеличивается содержание углерода и уменьшается содержание водорода и кислорода. Исследование термохимической деструкции ксилана березовой древесины при низких температурах (155 и 175 °C) показало, что уже при этих температурах отмечается изменение макромолекулы ксилана вследствие разрыва глюкозидных связей в отдельных ослабленных местах и нарушения межмолекулярных ассоциированных связей с образованием олигосахаридов со свободными редуцирующими группами, без глубокого разрушения вещества.

Гемицеллюлозы хвойных пород имеют большую термическую устойчивость, чем ксилан березы, что связано с наличием химической связи между пентозанами и гексозанами гемицеллюлоз.

Ксилан имеет невысокую термическую стойкость, что предопределяется его физико-

химической структурой и строением. Ксилан как разветвленный, хотя и слабо, нерегулярно построенный полимер имеет аморфное строение и в изолированном виде, и в клеточной стенке древесины. Неупорядоченное расположение макромолекулы в аморфной массе с небольшим числом водородных связей и наличием в ксилозных звеньях основной цепи электроотрицательных заместителей обуславливает низкую термическую стойкость ксилана и случайный характер разрыва ослабленных глюкозидных связей.

Термопревращения целлюлозы начинаются задолго до ее активного распада с интенсивной потерей массы и характеризуются снижением степени полимеризации. Область, в пределах которой происходит снижение степени полимеризации, а потеря массы идет с незначительной скоростью, можно приблизительно ограничить температурами 140-220°C. Бурный распад целлюлозы с интенсивной потерей массы начинается при температуре около 270-280 °C.

Этим объясняется максимальная температура термомодификации древесных материалов не превышающая 250 °C.

Различные способы температурного воздействия (вакуум-кондуктивный метод, нагрев топочными газами, водяным паром, в органических жидкостях) на широкий ассортимент древесных материалов (пиломатериалы, шпон, измельченные древесные частицы) обусловили развитие новых технологий и аппаратных оформлений процесса термомодификации. Внедрение в промышленность вакуумно-кондуктивных способов термомодифицирования древесины позволяет снизить пожароопасность процесса [3,4,10], произвести улов ценных летучих компонентов, удаляемых из нее в процессе воздействия высокой температуры, существенно снизить энергозатраты вследствие предотвращения тепловых потерь в окружающую среду, значительно интенсифицировать процесс.

Современные способы термомодифицирования имеют общий существенный недостаток: высокие энергозатраты, поскольку в качестве агента обработки зачастую используется дорогостоящий водяной пар, кроме того, являющий еще и агрессивной средой для оборудования. В то же время на стадии опытных экземпляров термокамер остается технология термической обработки в среде инертных газов. При этом в качестве среды предлагается использование азота. С экономической точки зрения рациональнее использование углекислого газа, который может представлять собой продукты сгорания отходов деревообработки (топочные газы), что может не только значительно сократить энергозатраты на введение процесса, но и получить тепловую энергию для технологических нужд и обогрева производственных площадей [11]. Несмотря на высокую стоимость водяного пара и, как следствие, энергоемкость процесса многие зарубежные производители термодревесины остановили свой выбор на водяном паре, как наиболее оптимальном агенте обработки для получения термоматериала высокого качества, выделяя среди преимуществ высокий ко-

эффициент теплоотдачи, высокую пожароопасность и качество готовой продукции, определяемое однородностью цвета по всему сечению термодерева. Кроме того, абсолютно герметичные условия проведения процесса термообработки снижают вред для рабочего персонала, исключая утечку продуктов разложения древесины из аппарата, обеспечивая, тем самым, позитивную экологическую обстановку в зоне работы термокамеры. Данная технология также может быть эффективной для производств, где имеется дешевый водяной пар [12]. В работах Ахметовой Д.А., Кайнова П.А., Шайхутдиновой А.Р., Салимгараевой Р.Д., Зиятдинова Р.Р., Разумова Е.Ю., выполненные под руководством Сафина Р.Р. [10-15] представлены результаты этих исследований. Результаты исследований по термомодификации древесины позволяют организовать производство не только атмосферостойких или декоративных пиломатериалов [10,15], но и наладить производство влагостойкой фанеры [14], древесных композиционных материалов повышенного качества [13].

Процесс нагрева древесных материалов в органических жидкостях позволяет получить двойной эффект: 1 – от термомодификации древесного материала, 2 - от его пропитки. Одним из областей применения данного способа термомодификация является термомодификация пеллетов в горючих жидкостях.

В результате такой обработки пеллеты помимо влагостойкости приобретают повышенную механическую прочность и энергетическую эффективность.

Литература

1. Р.Р. Сафин, Р.Г. Сафин Анализ современного состояния лесопромышленного комплекса и перспективы его развития на базе кафедр лесотехнического профиля КГТУ // Вестник Казанского технологического университета. – 2010 г. - №4 - С. 120-130.
2. Р.Р. Сафин, Р.Г. Сафин Перспективы развития лесопромышленного комплекса Республики Татарстан на базе научных разработок кафедр лесотехнического профиля КНИТУ // Деревообрабатывающая промышленность. – 2012 г. - №3 – С. 22-27.
3. Р.Р. Сафин, Р.Г. Сафин, Л.Р. Юнусов, Д.А. Ахметова Вакуумно-кондуктивная сушка капиллярнопористых коллоидных материалов с периодическим подводом тепловой энергии // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология // – 2007 г. - №11 – С. 88-89.
4. Д.А. Ахметова, Н.Ф. Тимербаев, Д.Ф. Зиятдинова Термомодификация древесины при кондуктивном подводе тепла в герметичных условиях // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология // – 2008 г. - №7 – С. 76-78.
5. Р.Р. Сафин, Е.Ю. Разумов, М.К. Герасимов, Д.А. Ахметова Исследование вакуумно-кондуктивного термомодифицирования древесины // Деревообрабатывающая промышленность. – 2009 г. - №3 – С. 9-11.
6. Д.Ф. Зиятдинова, Р.Г. Сафин, Д.Б. Просвириков Исследование влияния высокотемпературной обработки на свойства продуктов, полученных методом паровзрывного гидролиза лигноцеллюлозного материала // Вестник Казанского технологического университета. – 2011 г. - №12 - С. 93-101.
7. Р.Г. Сафин, Д.Ф. Зиятдинова, Р.Р. Зиятдинов, М.А. Мо-
зохин Экспериментальный стенд для исследования про-

- цесса прогрева древесных частиц в среде насыщенного пара и явлений, сопровождающих процесс при сбросе давления // Вестник Казанского технологического университета. – 2011 г. - №15 - С. 205-209.
8. Р.Г. Сафин, Г.И. Игнатьева, И.М. Галиев Исследование высоконаполненных древесно-полимерных композиционных материалов, получаемых экструзионным методом // Вестник Казанского технологического университета. – 2013 г. - №2 - С. 87-88.
9. Д.Ф. Зиятдинова Разработка ресурсо и энергосберегающих технологий переработки древесных материалов, сопровождающихся выделением парогазовой фазы: Монография - Казань: КНИТУ, 2013. – 240 с.
10. Д.А. Ахметова Разработка энергосберегающей технологии термомодифицирования древесины // Автореферат дисс. канд. техн. наук, Казанский государственный энергетический университет, Казань, 2009 г. – 16 с.
11. П.А. Кайнов Энергосберегающая технология термического модифицирования пиломатериалов в среде топочных газов: Автореф. дисс. канд. техн. наук, Казанский государственный технологический университет, Казань, 2013 г. – 16 с.
12. А.Р. Шайхутдинова Термомодифицирование древесины в среде водяного пара: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук, Казанский государственный технологический университет, Казань, 2013 г. – 16 с.
13. Р.В. Салимгараева Технология термического модифицирования древесного наполнителя в производстве композиционных материалов: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук, Казанский государственный технологический университет, Казань, 2013 г. – 16 с.
14. Р.Р. Зиятдинов Технология производства влагостойкой фанеры из термомодифицированного шпона: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук, Казанский государственный технологический университет, Казань, 2013. – 18 с.
15. Е.Ю. Разумов Разработка технологий и оборудования термического модифицирования пиломатериалов: Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук, Казанский государственный технологический университет, Казань, 2013. – 40 с.
16. Хасаншин Р.Р., Тимербаева А.Л. Совершенствование технологии производства топливных гранул на основе древесного сырья // Вестник Казанского технологического университета. – 2014 г. - №5 - С. 72-75.

© **Д. Ф. Зиятдинова** – к.т.н., доцент кафедры переработки древесных материалов КНИТУ, ziatdinova@rambler.ru; **Д. А. Ахметова** - к.т.н., доцент кафедры переработки древесных материалов КНИТУ, liana4748@rambler.ru; **А. Л. Тимербаева** - магистрант кафедры переработки древесных материалов КНИТУ, ziatdinova@rambler.ru; **А. Р.Х абибуллина** - магистрант кафедры переработки древесных материалов КНИТУ, ziatdinova@rambler.ru.