

УДК 647.817-14

В.В. Тулейко, В.Б. Снопков

Тулейко Валерий Валентинович родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Белорусский государственный технологический университет, младший научный сотрудник лаборатории огнезащиты строительных конструкций и материалов при кафедре технологии клееных материалов и плит БГТУ. Имеет 14 печатных работ в области исследования процессов тепломассопереноса при пьезотермическом воздействии на древесно-клеевые композиции и древесные слоистые материалы, а также разработки режимов их изготовления.



Снопков Василий Борисович родился в 1952 г., окончил в 1974 г. Белорусский технологический институт, кандидат технических наук, заведующий кафедрой технологии клееных материалов и плит Белорусского государственного технологического университета. Имеет 125 печатных работ в области технологии древесных плит и пластика, гидротермической обработки и защиты древесины.

**ПРЕССОВАНИЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ УВЕЛИЧЕННОЙ ТОЛЩИНЫ. 2. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕССЫ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА**

Установлено, что увеличение плотности и начальной влажности древесностружечного брикета, а также размеров древесных частиц, из которых он сформирован, влияет на процессы тепло- и массопереноса во время прессования.

древесностружечный брикет, горячее прессование, контактный нагрев, тепломассоперенос, температура, влажность, парогазовая смесь.

В ранее опубликованном сообщении* было показано, что прессование древесностружечных плит (ДСтП) увеличенной толщины сопровождается изменением температуры, влажности и давления внутри стружечного брикета. Указанные изменения являются следствием фазового перехода влаги. Парогазовая смесь перемещается как вглубь плиты (что приводит к более быстрому прогреванию), так и к ее кромкам (что способствует удалению парогазовой смеси) [1].

Логично предположить, что на явления тепло- и массопереноса внутри стружечного брикета оказывают влияние различные технологиче-

* Тулейко В.В., Снопков В.Б. Прессование древесностружечных плит увеличенной толщины. 1. Явления тепло- и массопереноса в древесностружечном брикете // Лесн. журн. – 2001. – № 3. – С. 95 – 101. – (Изв. высш. учеб. заведений).

ские факторы производства ДСтП. В частности, такие как размеры использованной стружки, плотность брикета, его начальная влажность. Изучению влияния этих факторов посвящен следующий этап наших исследований.

Методика формирования древесностружечного брикета, а также измерения его параметров в процессе прессования описаны в предыдущей работе*. В опытах использовали стружку, полученную в промышленных условиях цеха ДСтП АО «Мостовдрев» на стружечных станках ДС-7. Размеры и фракционный состав мелкой и крупной стружки приведены в таблице.

Стружка	Средняя толщина, мм	Доля, мас. %, фракции размером, мм							
		-/4,5	4,5/3,5	3,5/2,5	2,5/1,6	1,6/1,0	1,0/0,6	0,6/0,4	0,4/0,0
Мелкая	0,1	–	–	–	4,0	57,0	4,5	11,5	23,0
Крупная	0,8	35,0	22,6	2,4	20,5	17,5	2,0	–	–

На рис. 1, а приведены графики изменения температуры в зависимости от продолжительности прессования брикетов, сформированных из мелкой и крупной стружки. Для сравнения представлены кривые, отображающие изменение этого параметра в трехслойном стружечном брикете (кривые 3, 3'). Анализируя ход кривых 1, 1', можно сделать следующие выводы. До температуры 100 °С прогрев наружного и внутреннего слоев стружечного брикета, сформированного из мелкой стружки, происходит быстрее, чем в трехслойном брикете. Достигнув отметки 103 °С, температура наружного слоя остается постоянной на этом уровне в течение 3 мин (с 4-й по 7-ю минуту), затем начинает медленно возрастать. В трехслойном брикете такого явления не наблюдается. Еще одно отличие состоит в том, что у брикета из мелкой стружки температура внутреннего слоя стабилизируется на уровне 103 °С на более длительное время. Полученные особенности можно объяснить тем, что мелкие древесные частицы, плотно расположенные в теле стружечного брикета, препятствуют перемещению в нем влаги в виде пара. Анализируя ход кривых 2, 2' (рис. 1, а) для стружечного брикета, сформированного из крупной стружки, отметим, что он почти полностью совпадает с аналогичными кривыми трехслойного стружечного брикета. Имеющие место незначительные отличия говорят о том, что первый из них имеет несколько большую проницаемость для пара. В частности, об этом свидетельствует более быстрый прогрев наружного слоя после 100 °С: образующийся в наружных слоях водяной пар легко уходит, не создавая трудностей для нагрева до более высокой температуры. Следующее подтверждение большей проницаемости брикета из крупной стружки – стабилизация температуры внутреннего слоя на более короткое время (18 мин против 22 мин).

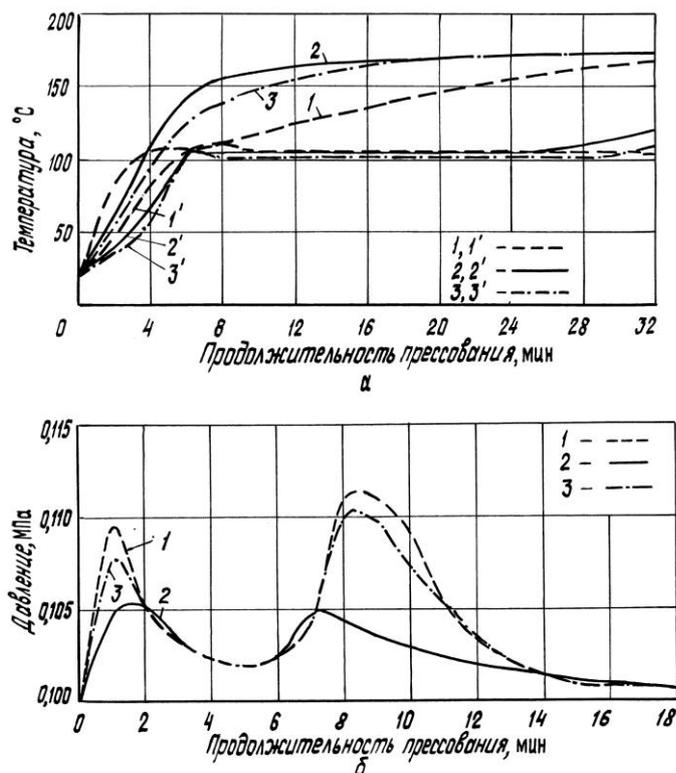


Рис. 1. Влияние размеров стружки на изменение температуры (а) и давления (б) парагазовой смеси внутри стружечного брикета: 1, 2, 3 – наружный слой; 1', 2', 3' – внутренний слой; 1, 1' – мелкая стружка; 2, 2' – крупная стружка; 3, 3' – трехслойный брикет

Выводы, полученные при анализе кривых изменения температуры в процессе прессования, подтверждаются результатами измерения давления парагазовой смеси внутри стружечных брикетов, сформированных с использованием стружки разных размеров (рис. 1, б). Отметим, прежде всего, что все кривые имеют два максимума. Первый является следствием защемления воздуха внутри брикета при смыкании плит пресса, второй объясняется накоплением внутри брикета парагазовой смеси, образующейся при прессовании. Однако высота максимумов неодинаковая. Наибольшее давление развивается в однослойных брикетах, сформированных из мелкой стружки (1-й максимум – 0,109 МПа, 2-й – 0,112 МПа), наименьшее – в брикетах из крупной стружки (соответственно 0,106 и 0,105 МПа). По нашему мнению, это говорит о том, что плотно расположенная мелкая стружка препятствует выходу из брикета парагазовой смеси.

В всех предыдущих опытах плотность стружечного брикета поддерживалась постоянной и составляла $(620 \pm 7) \text{ кг/м}^3$. Однако можно предположить, что этот параметр существенно влияет на изменение температуры и давления внутри брикета во время прессования. Для подтверждения этого, проведен эксперимент, результаты которого представлены на рис. 2. Сопоставляя графические зависимости 1 и 2, отмечаем, что наружные слои более плотного (800 кг/м^2) брикета прогреваются значительно быстрее. Уже через 2 мин после начала прессования их температура достигает $130 \text{ }^\circ\text{C}$, еще через 6 мин – $175 \text{ }^\circ\text{C}$. На этих же временных отметках наружный слой брикета плотностью 620 кг/м^3 разогревался соответственно до температуры 60 и $130 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 2, б).

Значительно большее сходство имеют кривые 1', 2', показывающие изменение температуры внутренних слоев стружечных брикетов разной плотности. В обоих случаях температура $103 \text{ }^\circ\text{C}$ достигается через 6 ... 7 мин после начала прессования и остается постоянной на длительное время. Здесь также имеются два различия. Первое состоит в том, что на временном отрезке от 0 до 8 мин температура внутреннего слоя более плотного брикета возрастает линейно без характерного изгиба на 4-й минуте. Второе отличие – это более длительный промежуток времени, в течение которого температура удерживается на уровне $103 \text{ }^\circ\text{C}$ (брикет плотностью 800 кг/м^3 – 26 мин (с 8-й по 34-ю минуту), плотностью 620 г/м^3 – 22 мин). Объяснение расхождений в ходе кривых 1 и 2, а также 1' и 2', на наш взгляд, заключается в следующем. Более плотный брикет имеет менее развитую капиллярную систему, поэтому процессы парообразования и перемещения пара по брикету протекают с большими затруднениями. Следовательно, прогрев брикета плотностью 800 кг/м^3 происходит в большей степени за счет теплопроводности, в меньшей – за счет молярного переноса пара.

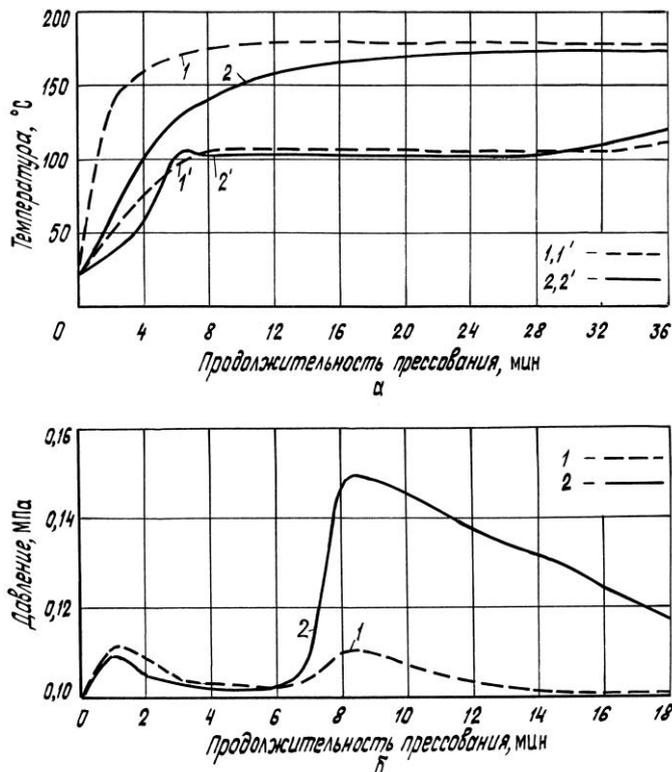


Рис. 2. Влияние плотности на изменение температуры (а) и давления (б) парогазовой смеси внутри стружечного брикета: 1, 2 – наружный слой; 1', 2' – внутренний слой; 1, 1' – плотность 800 кг/м³; 2, 2' – 620 кг/м³

На меньшую подвижность парогазовой смеси в стружечном брикете большей плотности указывают и данные, приведенные на рис. 2, б, где изображено изменение давления внутри брикета плотностью 800 кг/м³ в сравнении с обычным (контрольным) брикетом (плотность 620 кг/м³). В случае более плотного брикета (кривая 1) давление парогазовой смеси на 8-й минуте прессования достигает 0,150 МПа, что почти в 1,5 раза больше, чем в контрольном. Снижается давление в процессе прессования очень медленно. Даже через 18 мин после начала прессования оно остается достаточно высоким – 0,118 МПа. Все это говорит о том, что выход парогазовой смеси из брикета высокой плотности крайне затруднен.

На рис. 3, а показано изменение температуры внутри стружечного брикета из стружки с начальной влажностью 12 % (кривые 2, 2'). Для сравнения проведена запрессовка брикета из стружки влажностью 7 % (кривые 3, 3'). Как видно, повышенная влажность способствует более быстрому прогреву в первые четыре минуты прессования. Сказанное в равной степени относится как к наружному, так и к внутреннему слою. Позже, когда температура наружного слоя достигает 110 °С (4-я минута прессования) и в

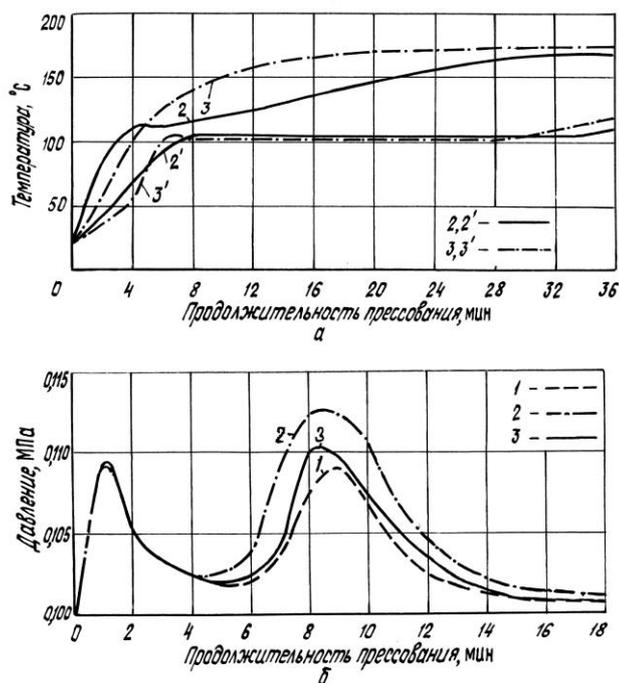


Рис. 3. Изменение температуры (а) и давления (б) парогазовой смеси внутри стружечного брикета при различной начальной влажности стружки: 1 – 2 %; 2, 2' – 12 %; 3, 3' – 7 %; 2, 3 – наружный слой; 2', 3' – внутренний слой

течение двух минут остается постоянной, она снова начинает увеличиваться, но с большим отставанием от температуры наружного слоя брикета из стружки с начальной влажностью 7 %. Изменения температуры внутреннего слоя у брикетов разной влажности после 5-й минуты прессования почти совпадают. Однако на постоянном уровне (103 °С) температура удерживается разное время: при влажности стружки 12 % – 28 мин, 7 % – 22 мин. Такое поведение кривых на рис. 3, а нетрудно объяснить. Вначале повышенная влажность играет положительную роль, увеличивая теплопроводность брикета, что способствует более быстрому его прогреву. Однако после достижения температуры фазового перехода большая часть поступающей тепловой энергии начинает расходоваться на испарение влаги. Скорость прогрева наружного слоя брикета при этом замедляется. Выигрыша в прогреве внутреннего слоя также нет, поскольку имеющегося количества влаги достаточно, чтобы быстро довести его до нужной температуры. Следовательно, для полного удаления влаги из брикета (о чем судили по началу повышения температуры внутреннего слоя) необходимо гораздо больше времени – 35 мин.

Сказанное подтверждают данные рис. 3, б. Анализ графических зависимостей показал, что чем выше начальная влажность используемой стружки, тем более высокое давление достигается внутри стружечного брикета на 8-й–9-й минуте прессования: 2 % – 0,108 МПа, 7 % – 0,111 МПа, 12 % – 0,113 МПа. Соответственно увеличивается время, за которое давление внутри брикета снижается до 0,101 МПа: 14,0; 14,5 и 18,0 мин.

Следовательно, увеличение плотности древесностружечного брикета, а также использование для его формирования мелкой стружки приводит к более плотной компоновке древесных частиц. В результате чего брикет приобретает менее развитую капиллярную структуру. Это приводит к тому, что процессы парообразования и перемещения парогазовой смеси внутри него протекают со значительными трудностями. Время, необходимое для достижения требуемой влажности брикета, а значит, и продолжительность прессования увеличивается. Снижение плотности брикета и формирование его из крупной стружки приводит к обратному результату.

Увеличение начальной влажности стружечного брикета способствует более быстрому его прогреву, однако при этом возрастает влажность его внутреннего слоя. Соответственно увеличивается количество образующейся парогазовой смеси и время, необходимое для ее удаления из брикета.

Белорусский государственный
технологический университет

Поступила 25.01.01

V.V. Tuleiko, V.B. Snopkov

Pressing of Particleboards of Enlarged Thickness. 2. Influence of Technological Factors on Heat- and Masstransfer Processes

It has been established that density increase and initial humidity of particle briquettes, as well as the size of wood particles that form briquettes, provide influence on heat- and masstransfer processes during pressing.
