

3. Прошкина Т.Г., Одегов Н.И., Белов А.Н. Сыропригодность молока, поступающего на ООО ЭСЗ г. Барнаула // Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов / ГНУ Сибирский НИИ сыроделия СО РАСХН. – Барнаул, 2006. – Вып. 3. – С. 33-40.

4. Антимиров В.В. Молочная продуктивность коров разных линий // Молочное и мясное скотоводство. – 2008. – № 3. – С. 18.

5. Иванов В.А., Саморуков Ю.В., Тохов М.Х. Технологические качества коровье-го молока // Переработка молока. – 2014. – № 12. – С. 62-64.

6. Hartung H., Gernandt E. Einfluss der Protein-Genotypen des Kappa- und Betacaseins der Milch von SMR-Kuehen auf die Milchzusammensetzung und das Gerinnungsverhalten. Kongressband 1993 Hamburg. VDLUFA-Kongresses vom 20-25. Sept. 1993 in Hamburg: Qualitaet und Hygiene von Lebensmitteln in Produktion und Verarbeitung. – S. 129-432.

7. Трушников В.А. Селекционно-племенная работа с молочным скотом в Алтайском крае // Земля и бизнес. – 2007. – № 6. – С. 33-35.

8. Клименок И.И., Герасимчук Л.Д., Яранцева С.Б., Шишкина М.А., Гугля В.Г. Создание новой породы на базе черно-пестрого скота Сибири // Современные технологии в животноводстве Сибири: сб. науч. тр. / Россельхозакадемия. Сиб. регион. отд-ние. ГНУ СибНИИЖ. – Новосибирск, – 2012. – С. 3-7.

9. Чекушкин А. Молочная продуктивность коров различных родственных групп // Молочное и мясное скотоводство. – 2011. – № 2. – С. 8-9.

10. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. – М.: Колос, 1969. – 256 с.

References

1. Altaiskii krai vnosit oshchutimyi vklad v obespechenie prodovol'stvennoi bezopasnosti

strany / Interv'yu s gubernatorom Altaiskogo kraia A.B. Karlinym // Syrodellie i maslodellie. – 2013. – № 5. – S. 5-6.

2. GOST R 52054-2003 «Moloko natural'noe korov'e – syr'e».

3. Proshkina T.G., Odegov N.I., Belov A.N. Syroprigodnost' moloka, postupayushchego na ООО ESZ g. Barnaula // Aktual'nye problemy tekhniki i tekhnologii pererabotki moloka: sbornik nauchnykh trudov. Vyp. 3 / GNU Sibirskii NII syrodeliya SO RASKhN. – Barnaul, 2006. – S. 33-40.

4. Antimirov V.V. Molochnaya produktivnost' korov raznykh linii // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2008. – № 3. – S. 18.

5. Ivanov V.A., Samorukov Yu.V., Tokhov M.Kh. Tekhnologicheskie kachestva korov'ego moloka // Pererabotka moloka. – 2014. – № 12. – S. 62-64.

6. Hartung H., Gernandt E. Einfluss der Protein-Genotypen des Kappa- und Betacaseins der Milch von SMR-Kuehen auf die Milchzusammensetzung und das Gerinnungsverhalten. Kongressband 1993 Hamburg. VDLUFA-Kongresses vom 20-25. Sept. 1993 in Hamburg: Qualitaet und Hygiene von Lebensmitteln in Produktion und Verarbeitung. – S. 129-432.

7. Trushnikov V.A. Selektionno-plemennaya rabota s molochnym skotom v Altaiskom krae // Zemlya i biznes. – 2007. – № 6. – S. 33-35.

8. Klimenok I.I., Gerasimchuk L.D., Yarantsева S.B., Shishkina M.A., Guglya V.G. Sozdanie novoi porody na baze cherno-pestrogo skota Sibiri // Sovremennye tekhnologii v zhivotnovodstve Sibiri: Sb. nauch. tr. / Rossel'khoz-akademiya. Sib. region. otd-nie. GNU SibNIIZh. – Novosibirsk, 2012. – S. 3-7.

9. Chekushkin A. Molochnaya produktivnost' korov razlichnykh rodstvennykh grupp // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2011. – № 2. – S. 8-9.

10. Plokhinskii N.A. Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov. – M.: Kolos, 1969. – 256 s.



УДК 630:674.812.2:6666.035.38

С.В. Макарычев
S.V. Makarychev

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОПЛАСТОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ ИЗ ОТХОДОВ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF THERMOPLASTICS MADE ON THE BASIS OF WOOD WASTES

Ключевые слова: композиционные материалы, барометрическая обработка, термопласты, древопласты, температура, теплоемкость, теплопроводность.

Keywords: composite materials, barometric treatment, thermoplastics, wood/plastic composites, temperature, thermal capacity, thermal conductivity.

Термопласты, или композиционные материалы, состоят из древесины и полимерного связующего. Методика, разработанная в лаборатории АГУ, позволяет в качестве наполнителя использовать наряду с древесиной и кору древесных пород, что улучшает их теплоизоляционные свойства. При этом связующим при изготовлении плит является сам лигнин, содержащийся в древесине. Применение импульсного метода позволило определить теплоемкость, тепло- и температуропроводность термопластов. Оказалось, что при температуре около 50°C их теплопроводность имеет максимальное значение. Эта температура соответствует температуре стеклования смол, содержащихся в древесине. Использование коры в качестве наполнителя увеличивает теплоемкость и теплопроводность термопластов, тогда как их температуропроводность остается постоянной. Показано также, что теплопроводность древесно-стружечных плит ниже, чем наполненных термопластов.

Thermoplastics or composite materials consist of wood and polymeric bonding material. The technique developed in the laboratory of the Altai State University enables using tree bark along with wood as filler, and that improves the thermal insulation properties of thermoplastics. The bonding material in board manufacture is lignin contained in the wood. The use of pulse method enabled determining the thermal capacity, thermal conductivity and thermal diffusivity of thermoplastics. It was found that at a temperature of about 50°C their thermal conductivity has the maximum value. This temperature corresponds to the glass-transition temperature of the resins contained in the wood. The use of tree bark as filler increases the thermal capacity and thermal conductivity of thermoplastics while their thermal diffusivity remains constant. It is also shown that the thermal conductivity of wood chipboards is lower than that of thermoplastic composites.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-57. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Введение

Термопласты, или композиционные материалы, полученные на основе древесины, состоят из двух компонентов – древесного наполнителя и полимерного связующего. Синтетические связующие неэкологичны и дороги, поскольку их стоимость составляет до 60% стоимости готовых изделий.

Основные макромолекулярные компоненты древесины – целлюлоза, полиозы и лигнин. Они присутствуют в древесине всех видов и составляют до 97-99% ее массы. Целлюлоза – линейный полимер с высокой молекулярной массой, выполняет функцию основного структурного компонента клеточных стенок растений. Основными звеньями полиозов являются пять нейтральных сахаров. Их молекулярные цепи короче целлюлозы, разветвлены, содержат заместители. В лиственных породах полиозов больше, чем в хвойных. Лигнин – ароматический полимер, макромолекула которого построена из финилпропановых единиц. Он способствует увеличению механических характеристик растительных тканей, благодаря чему высота деревьев может достигать 100 м. Лигнин в древесине является цементирующим веществом.

Результаты исследований

В настоящее время разработан ряд способов получения древесных пластиков без применения синтетических связующих веществ. Это метод взрывного автогидролиза, сущность которого заключается в кратковременной обработке древесных опилок или щепы нагретым паром при последующем мгновенном снижении давления до атмосферного

[1-2]. Наиболее перспективным является **метод баротермической обработки**, в основу которого заложен принцип «парового взрыва». Такая обработка позволяет легко превратить древесную щепу в продукт волокнистой формы, пригодный для изготовления плитных материалов. В результате образуется древесно-волоконистая масса, из которой после физико-химической модификации древесины в лаборатории древопластов АГУ методом горячего прессования под давлением изготавливаются плиты [3]. Прессование проводилось в разборной пресс-форме, позволяющей нагреть и охладить материал до заданной температуры. Образец охлаждался без снятия давления. При этом лигнин древесины приобретает более низкую молекулярную массу, становится «высокореакционным» и может успешно заменять дорогостоящие фенолы при производстве фенолформальдегидных смол и адгезивов.

Аналогичной обработке может быть подвержена и щепка лиственных и хвойных древесостоев. Достаточно большие размеры частиц древесной массы и их волокнистая форма, которые сохраняются при данном методе, позволяют получить композиционные материалы с высокими прочностными характеристиками [4]. В то же время ненаполненные древопласты, изготовленные из прошедшей баротермическую обработку щепы, имеют низкие теплоизоляционные свойства. Поэтому для их улучшения была использована смесь отходов древесины и коры ели, сосны и березы. Выбор древесной коры в качестве наполнителя обусловлен тем, что в настоящее время она практически

не используется, но имеет низкую теплопроводность. В связи с этим особый интерес представляет исследование возможностей практического применения коры как составной части строительного теплоизоляционного материала.

Была поставлена **цель** – изучить теплофизические свойства новых термопластов, поскольку исследования по особенностям процессов теплопереноса в композиционных материалах, изготовленных на основе коры и древесной щепы, практически отсутствуют. Решена **задача** измерения теплофизических коэффициентов **импульсным методом** плоского нагревателя [5, 6].

Оказалось, что для температурной зависимости теплопроводности композитов в интервале температур от 0 до 100°C характерно наличие максимума при температуре 45-50°C (рис.).

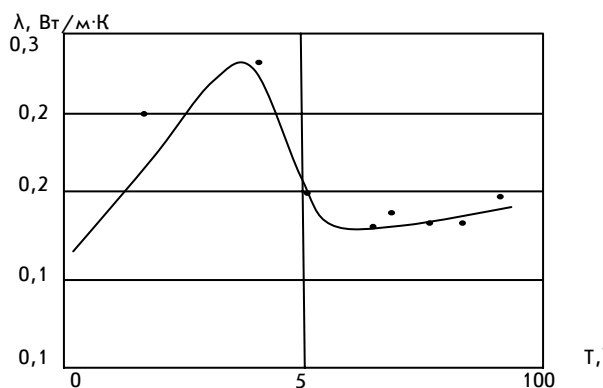


Рис. Зависимость теплопроводности древопластов от температуры

Это соответствует температуре стеклования смол, содержащихся в древесине. Ниже этой температуры теплопроводность возрастает при нагревании, а выше снижается [7].

В данном случае теплоперенос можно рассматривать как результат двух самостоятельных процессов: обмена энергией между атомами главной цепи макромолекулы, соединенными между собой химическими связями, а также между группами атомов, не входящих в главную цепь (боковые группы). При температуре стеклования накладывается дополнительный эффект – резко возрастает свободный объем и увеличивается термическое сопротивление. Интерпретация законо-

мерностей теплопроводности исследуемых нами материалов требует опоры на двухфазную модель. При этом количественное различие теплопроводностей аморфной и кристаллической фаз нужно рассматривать как следствие различий их плотностей. Упаковка молекул в кристалле плотнее, чем в аморфной массе, поэтому силовые константы связей в кристаллическом состоянии выше, что дает меньшее термосопротивление.

Возрастание температуры в интервале 20-100°C приводит также к линейному увеличению теплоемкости древопластов. Такое изменение теплоемкости осуществляется за счет поглощения энергии, вызванного увеличением подвижности кинетических элементов макромолекул при нагревании. Скачок теплоемкости при переходе полимера из стеклообразного состояния в высокоэластичное объясняется тем, что появляются подвижные сегменты. При этом энергия внутримолекулярного движения достигает величины, достаточной для перестройки ближнего порядка. Это сопровождается выделением тепла и выражается перегибом на температурной зависимости теплоемкости.

Величины теплофизических коэффициентов термопластов зависят также от концентрации наполнителя (древесной коры) (табл. 1).

Таким образом, увеличение концентрации наполнителя приводит к росту объемной и удельной теплоемкости, а также теплопроводности древопласта, в то время как температуропроводность практически не изменяется.

Кроме того, нами было исследовано влияние плотности древесно-стружечных плит на величины теплофизических характеристик (табл. 2).

Из данных таблицы 2 следует, что объемная теплоемкость и теплопроводность древопластов возрастают при уплотнении.

При этом увеличивается плотность числа частиц, участвующих в тепловом движении или элементарных волноводов. В свою очередь температуропроводность этих материалов практически не изменяется. Сравнение теплофизических свойств наполненных древопластов и древесно-стружечных плит показывает, что теплопроводность последних ниже, что указывает на их более высокие теплоизоляционные способности.

Таблица 1

Зависимость теплофизических коэффициентов термопластов от количественного содержания древесной коры

Образец, % коры	Объемная теплоемкость, 10 ⁶ Дж/(м·К)	Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)	Температуропроводность, 10 ⁻⁶ м ² /с	Теплопроводность, Вт/(м·К)
25%	1,587	1203	0,139	0,221
50%	1,735	1314	0,142	0,264
75%	2,034	1529	0,139	0,283

*Влияние плотности
на величины теплофизических коэффициентов древесно-стружечных плит*

Плотность, Кг/м ³	Объемная теплоемкость, 10 ⁶ Дж/(м ³ ·К)	Температуропроводность, 10 ⁻⁶ м ² /с	Теплопроводность, Вт/(м·К)
806	1,559	0,147	0,230
797	1,329	0,149	0,198
778	1,290	0,149	0,192
690	1,202	0,149	0,178
630	1,180	0,150	0,180

Следует отметить, что при изготовлении ДСП в качестве связующего используется фенолформальдегид, который снижает их экологические качества и увеличивает стоимость изделий.

Выводы

Исследования теплофизических свойств наполненных термопластов и древесно-стружечных плит (ДСП) показали, что их температуропроводности близки по своим значениям. Теплопроводность же наполненных древопластов выше, поэтому теплоизоляционные показатели древесно-стружечных плит лучше. В то же время термопласты не содержат фенолов и с экологической точки зрения оказываются предпочтительнее в строительстве жилья. Кроме того, они имеют более высокие прочностные свойства.

Библиографический список

1. Каллауус У.Л., Гравитис Я.А. Деструкция березовой древесины и ее компонентов при взрывном автогидролизе // Строение древесины и его роль в процессах делигнификации. – Рига, 1986. – С. 85-88.
2. Тополцан Т., Цвиковски Т. Композиционные материалы на основе термопластов из измельченной древесины // Химия древесины. – 1985. – № 1. – С. 98-103.
3. Чемерис М.М., Старцев О.В., Макарычев С.В., Салин Б.Н. Синтез и физические свойства новых термопластов на основе древесины // Экспериментальные методы в физике структурно-неоднородных сред: тез. Всерос. науч.-практ. конф. – Барнаул, 1997. – С. 54-57.
4. Салин Б.Н., Скурыдин Ю.Г., Макарычев С.В. и др. Исследование физико-механических свойств композиционных материалов из древесины, полученных без использования связующих веществ // Экспериментальные методы в физике структурно-неоднородных сред: тез. Всерос. науч.-практ. конф. – Барнаул, 1997. – С. 80-83.
5. Макарычев С.В., Колесников А.Н. Использование импульсного метода для измерения теплофизических коэффициентов композиционных материалов // Ползуновский вестник. – 1999. – № 3. – С. 40-43.

6. Макарычев С.В., Колесников А.Н., Макарычев С.С. Теплофизические свойства наполненных древопластов // Ползуновский вестник. – 1999. – № 3. – С. 44-47.

7. Макарычев С.В., Колесников А.Н. Теплофизические свойства новых термопластов на основе древесины // Проблемы и прикладные вопросы физики: тр. Междунар. конф. – Саранск, 1997. – С. 65-66.

References

1. Kallavus U.L., Gravitis Ya.A. Destruktsiya berezovoi drevesiny i ee komponentov pri vzryvnom avtogidrolize // Stroenie drevesiny i ego rol' v protsessakh delignifikatsii. – Riga, 1986. – S. 85-88.
2. Topoltsan T., Tsvikovski T. Kompozitsionnye materialy na osnove termoplastov iz izmel'chennoi drevesiny // Khimiya drevesiny. – 1985. – № 1. – S. 98-103.
3. Chemeris M.M., Startsev O.V., Makarychev S.V., Salin B.N. Sintez i fizicheskie svoistva novykh termoplastov na osnove drevesiny // Eksperimental'nye metody v fizike strukturno-neodnorodnykh sred: tez. Vserossiiskoi nauch.-prakt. konf. – Barnaul, 1997. – S. 54-57.
4. Salin B.N., Skurydin Yu.G., Makarychev S.V. i dr. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoistv kompozitsionnykh materialov iz drevesiny, poluchennykh bez ispol'zovaniya svyazuyushchikh veshchestv // Eksperimental'nye metody v fizike strukturno-neodnorodnykh sred: tez. Vserossiiskoi nauch.-prakt. konf. – Barnaul, 1997. – S. 80-83.
5. Makarychev S.V., Kolesnikov A.N. Ispol'zovanie impul'snogo metoda dlya izmereniya teplofizicheskikh koeffitsientov kompozitsionnykh materialov // Polzunovskii vestnik. – 1999. – № 3. – S. 40-43.
6. Makarychev S.V., Kolesnikov A.N., Makarychev S.S. Teplofizicheskie svoistva napolnennykh drevoplastov // Polzunovskii vestnik. – 1999. – № 3. – S. 44-47.
7. Makarychev S.V., Kolesnikov A.N. Teplofizicheskie svoistva novykh termoplastov na osnove drevesiny // Problemy i prikladnye voprosy fiziki: tr. mezhdunarod. konf. – Saransk, 1997. – S. 65-66.

