

ния соответственно до 180 и 310 с. При определенных условиях этого времени достаточно для нанесения ППУ на древесные частицы и формирования древесностружечной плиты.

Применение в качестве катализаторов раствора солей хлорида магния и перхлората магния в диметилформамиде позволяет не только замедлить реакцию пенообразования, но и улучшить физико-механические свойства пенопласта.

Л и т е р а т у р а

1. Патент Франции № 2193351.
2. Заявка Франции № 2276922.
3. Древесностружечные плиты с пенопластом. — "Деревообрабатывающая промышленность", 1969, № 2.

УДК 536.51

Г.М.Шутов, канд.техн.наук,
Е.Б.Шалькевич, А.С.Гальперин

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МАТЕРИАЛА, НАГРЕВАЕМОГО ЭНЕРГИЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

В последнее время большое внимание уделяется вопросам интенсификации технологических процессов различными физическими методами, в том числе воздействием энергии электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ) [1, 2]. Данный метод используется в том случае, когда требуется быстрый и эффективный нагрев обрабатываемого материала. В результате СВЧ-нагрева вследствие диэлектрических потерь происходит выделение энергии в объеме материала в виде тепла. Данная тепловая энергия может использоваться в деревообрабатывающей промышленности для ускоренного склеивания древесины, отверждения и сушки модифицированной древесины [3]. Измерение температуры в электромагнитном поле СВЧ не может быть произведено термометрами и типовыми термометрами, поскольку на их показания заметное влияние оказывает электромагнитное поле.

Для качественного наблюдения распределения температуры в материале может быть использовано свойство фенолоформальдегидных клеев (КБ-3, ВИАМ-Б-3) изменять свою окраску под действием температуры. После воздействия энергии СВЧ окраска клеевой прослойки изменяет свой черный цвет на цвет от розового до бордового. По изменению окраски клея можно

судить о распределении температуры, а также плотности потока энергии СВЧ. Однако использование данного метода не позволяет получить количественную зависимость распределения температуры.

В настоящее время для контроля температуры промышленностью выпускаются термоиндикаторы марки ТИ, термоиндикаторы плавления ТП и термоиндикаторные карандаши [4, 5].

Термоиндикаторы ТИ представляют собой суспензии тонкодиспергированных веществ определенной температуры плавления с наполнителями и связующими на основе синтетических смол. Окраска суспензии изменяется от белого до светло-бежевого цвета. Диапазон измерения температуры находится в пределах от 25 до 220^oC (через 5–15^oC).

Термоиндикаторы плавления ТП представляют собой суспензии термочувствительных соединений и пигментов в лаке на основе синтетической смолы. При достижении температуры перехода происходит необратимое изменение цвета в результате плавления термочувствительного вещества и абсорбции его цветным пигментом. Температура перехода не зависит от времени теплового воздействия и изменяется от 36 до 254^oC через 4–10^oC с точностью $\pm 2^{\circ}$ C. Термоиндикаторы плавления наносят в виде сплошного покрытия или отдельной метки стеклянной палочкой, кистью или краскораспылителем в один слой. Время высыхания нанесенного слоя при температуре 18–22^oC не менее 20 мин. Замер следует производить после полного высыхания нанесенного слоя. При необходимости покрытие термоиндикаторами плавления смывается этиловым спиртом.

Термоиндикаторные карандаши представляют собой восковые карандаши, содержащие термочувствительные вещества. Определение температуры также основано на изменении цвета штриха, нанесенного термоиндикаторным карандашом. При необходимости штрихи наносятся один вблизи другого несколькими термоиндикаторными карандашами разных марок. Диапазон измерения температуры изменяется от 130 до 470^oC через промежутки от 10 до 90^oC. Цвет нанесенных штрихов после нагрева необратим. Температура перехода цвета действительна при условии подъема температуры в течение 2 мин и выдержки 15–30 с. В случае отклонения от данного режима термоиндикаторные карандаши необходимо переградуировать с учетом условий их применения. Карандаши содержат токсичные вещества (соединения свинца, меди, органические красители и

др.), поэтому при обращении с ними необходимо соблюдать меры предосторожности.

Действие термоиндикаторов плавления экспериментально проверялось при отверждении клеев в электромагнитном поле СВЧ. На бумажный кружок по радиусам были нанесены метки термоиндикаторами плавления с температурами перехода, близкими к предполагаемой температуре. Термоиндикаторы приклеивались к основанию чашки Петри с клеем. После воздействия энергии СВЧ в течение 10 с термоиндикаторы изменили свой цвет. Параллельный контроль температуры термодатчиками показал соответствие температур, полученных термоиндикаторами и термопарой.

Другой способ заключается в измерении температуры материала после прекращения воздействия энергии СВЧ. В этом случае более целесообразным является применение термопар, которые позволяют получить более точный отсчет температуры. Точность измерения повышается по мере уменьшения времени, прошедшего с момента выключения СВЧ-генератора до момента начала записи температуры регистрирующим прибором, а также по мере уменьшения инерционности термопары.

С целью сравнения двух различных способов измерения температуры было проведено экспериментальное исследование измерения температуры нагрева материала термопарой (после прекращения воздействия энергии СВЧ) и термоиндикаторами плавления (в процессе воздействия энергии СВЧ). На поверхность образца размером 20 x 100 x 200 мм были нанесены термоиндикаторы плавления ТП-36, ТП-44, ТП-52, ТП-55, ТП-67, ТП-95, ТП-109 узкими полосками шириной 2-3 мм через 3 мм. Для термопар были выфрезерованы четыре специальные канавки. Из данных образцов набирался пакет и производилось облучение его от СВЧ-генератора. Напряженность электрического поля составляла 213 В/см, продолжительность воздействия - 10 и 20 с. После прекращения воздействия энергии СВЧ в образец по канавкам вводились термопары. Их показания регистрировались на электронном автоматическом потенциометре. Температурные зависимости по ширине образца, измеренные термопарами и термоиндикаторами плавления, показаны на рис. 1. Как видно из рис. 1, значения температуры, определенные двумя способами, отличались незначительно.

Сравнение данных экспериментального исследования распределения температуры по высоте пакета, полученных с помощью термопар, вводимых в клеевые швы после прекращения воздей-

ствия энергии СВЧ, с теоретическими расчетными данными показало хорошее совпадение. Экспериментальные и теоретические зависимости приведены на рис. 2.

Следует отметить, что использование термоиндикаторов плавления не всегда удобно, а иногда и совсем невозможно, в частности при измерении температуры образцов малых размеров. Кроме того, применение термоиндикаторов плавления требует знания приблизительной температуры в измеряемой точке.

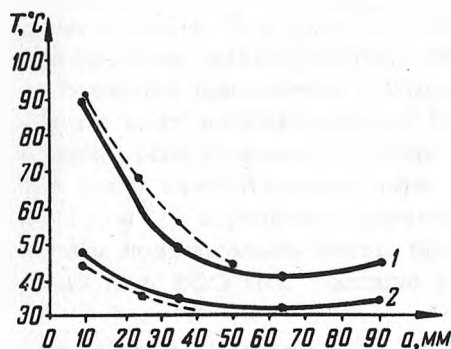


Рис. 1. Зависимость распределения температуры по ширине образца, измеренная термопарами (сплошные линии) и термоиндикаторами плавления (штриховые) при длительности воздействия СВЧ 20 (1) и 10 с (2) соответственно.

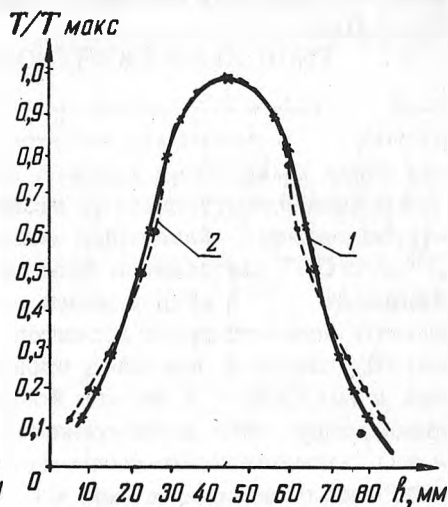


Рис. 2. Зависимость распределения нормированной температуры по высоте пакета: 1 — теоретическая кривая; 2 — экспериментальная.

Проведенные исследования показали, что измерение температуры в любой точке материала, нагреваемого в электромагнитном поле СВЧ, наиболее удобно, быстро и с достаточной точностью можно проводить с помощью термопар, которые вводятся в материал после прекращения воздействия энергии СВЧ. Данный способ требует только некоторой аппроксимации полученной температурной кривой и измерения времени, прошедшего с момента прекращения воздействия энергии СВЧ до момента включения электронного самопишущего прибора.

Л и т е р а т у р а

1. Пюшнер Г. Нагрев энергией СВЧ. М., 1960.
2. СВЧ-энергетика. т. 1, 2, 3. Под ред. Окресса Э.М., 1971.
3. Шутов Г.М.Использование СВЧ-нагрева для склеивания древесины. - В сб.:Механическая технология древесины, вып.6. Минск, 1976.
- 4.Сладков А.З.Цветные термоиндикаторы плавления для контроля тепловых режимов. - "Заводская лаборатория", 1972, № 2.
5. Абрамович Б.Г. Термоиндикаторы и их применение М.. 1972.