

Определив законы движения $y_i(t)$, находим силы инерции $F_i^{(n)}(t) = -m_i \ddot{y}_i(t)$, действующие на балку со стороны i -й массы. Уравнение изгибающих моментов для произвольного поперечного сечения с координатой ξ ($0 \leq \xi \leq 1$) представляется в следующем виде:

$$M(\xi, t) = R(t) \xi - \sum_{i=1}^n F_i^{(n)}(\xi - \xi_i) H(\xi - \xi_i),$$

где $R(t)$ – реакция на левой опоре; ξ_i – координата расположения i -й массы; $H(\xi - \xi_i)$ – функция Хевисайда.

Выполнены расчеты параметров напряженно деформированного состояния механической системы с двумя степенями свободы для различных уровней демпфирования. Результаты позволяют сделать вывод о том, что учет сил трения даже малой величины (например, внутреннее трение в материале конструкции) заметно снижает с течением времени уровень напряжений в конструкции от воздействия мгновенных импульсов, а также качественно изменяет картину процесса колебаний.

УДК 621.3.029.6:674.8

СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА БЕСКОМПЕНСАТОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

В. И. ВРУБЛЕВСКАЯ, В. А. МАТУСЕВИЧ, А. Б. НЕВЗОРОВА

Белорусский государственный университет транспорта

В БелГУТе создан новый класс износостойких подшипников скольжения самосмазывающихся на основе древесины торцово-прессового деформирования (ПСС). Для промышленного выпуска малогабаритных ПСС изготовлены полуавтоматы производительностью 650–700 подшипников в смену. ПСС взаимозаменяемы с подшипниками качения и подшипниками скольжения из традиционных антифрикционных материалов. При работе в абразивно-агрессивных средах ПСС по долговечности превосходят их в 2–5 раз, а в некоторых случаях и в десятки раз.

Существующий технологический процесс производства ПСС имеет один недостаток – установку компенсатора после высокотемпературной пропитки. При этом из древесного вкладыша удаляется почти вся влага и происходит его усушка. Образуется зазор, устраняемый компенсатором (рисунок 1). Данная часть процесса производится исключительно вручную, что не способствует ускорению процесса производства и удешевлению изделия. Компенсатор является слабым местом подшипника, поскольку в цельном вкладыше образуется два стыка.

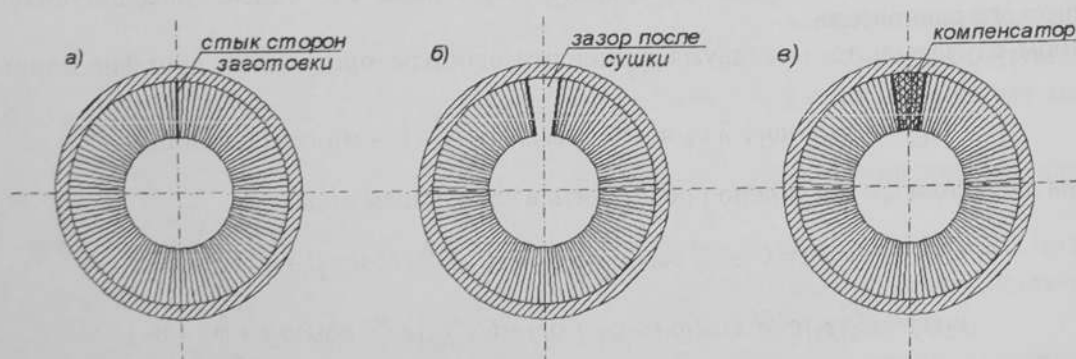


Рисунок 1 – Устранение зазора компенсатором

При выпадении компенсатора или его разрушении из строя выходит весь подшипник. Можно исключить использование компенсатора, если произвести перепрессовку вкладыша до его пропитки при нулевой влажности в меньший корпус. Древесина при влажности 0 % становится очень хрупкой, но если повысить ее температуру до 130–140 °С, то ее лигнинный компонент размягчается, повышая этим эластичность.

В нашем же случае, когда размеры вкладыша измеряются одним, двумя десятками сантиметров и при этом он запрессован в металлический корпус, имеющий свою теплоемкость и массу, применение традиционных способов сушки неприемлемо. Сверхвысокочастотная сушка протекает за счет диэлектрических потерь в материале, облучаемом электромагнитным полем, и позволяет произвести объемный нагрев материала. При этом градиенты температуры ΔT , давления Δp и влажности ΔW направлены в противоположную сторону (рисунок 2).

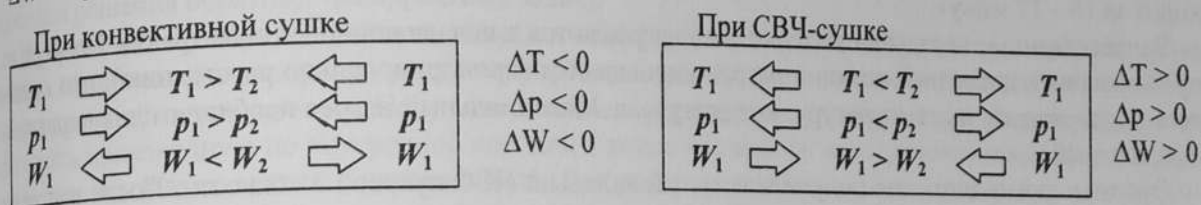


Рисунок 2 – Направление градиентов ΔT , Δp , ΔW в процессах конвективной и СВЧ сушки

Конвективная сушка производится с применением нагрева теплым воздухом: нагрев производится путем передачи тепла снаружи во внутрь за счет теплопроводности. Градиенты ΔT , Δp и ΔW направлены внутрь объема древесины, что приводит к пересыханию и короблению наружных слоев.

При СВЧ-сушке тепло выделяется непосредственно внутри древесины, точнее, в содержащейся в древесине влаге. Это обусловлено разницей диэлектрической проницаемости древесины и воды (соответственно 3 и 81). Свободная влага в капиллярно-сосудистой системе начинает интенсивно испаряться, повышается давление водяных паров, т.е. появляется избыточное давление пара внутри древесины по отношению к давлению окружающей среды. Это избыточное давление и является двигателем процесса сушки, поскольку движение молекул воды направлено от области большего давления к области меньшего. Градиенты ΔT , Δp и ΔW направлены изнутри наружу. Испарение влаги происходит с поверхности образца. При СВЧ-сушке никаких дефектов в образцах не наблюдалось.

Для обеспечения равномерного нагрева древесины заданного объема необходимо знать глубину проникновения СВЧ-излучения, которая зависит от частоты источника (разрешенный диапазон промышленных частот: 0,433; 0,915; 2,45 ГГц). Длина волны электромагнитного излучения λ зависит от частоты f : $\lambda = c / f$, где c – скорость света ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с). Для разрешенных частот λ будет иметь соответственно значения: 0,693; 0,328; 0,122 м. Равномерный нагрев возможен на глубине 1–2 длины волны. Для гнутья вкладышей ПСС применяются заготовки шириной 24 мм, из которых набирается блок толщиной 0,12 м, поэтому излучение частотой 2,45 ГГц является достаточным.

В наших исследованиях из карточек набирались блоки объемом 0,00162432 м³, для сушки которых необходима мощность 1 кВт. Такие источники используются в бытовых микроволновых печах. Продолжительность СВЧ-сушки образцов влажностью 25 % до влажности 0 % составляет 17 мин, в то время как при конвективной сушке это время превышает 1,5 часа.

На основе этих исследований нами разработана установка для сушки вкладышей ПСС, запрессованных в металлический корпус (рисунок 3).

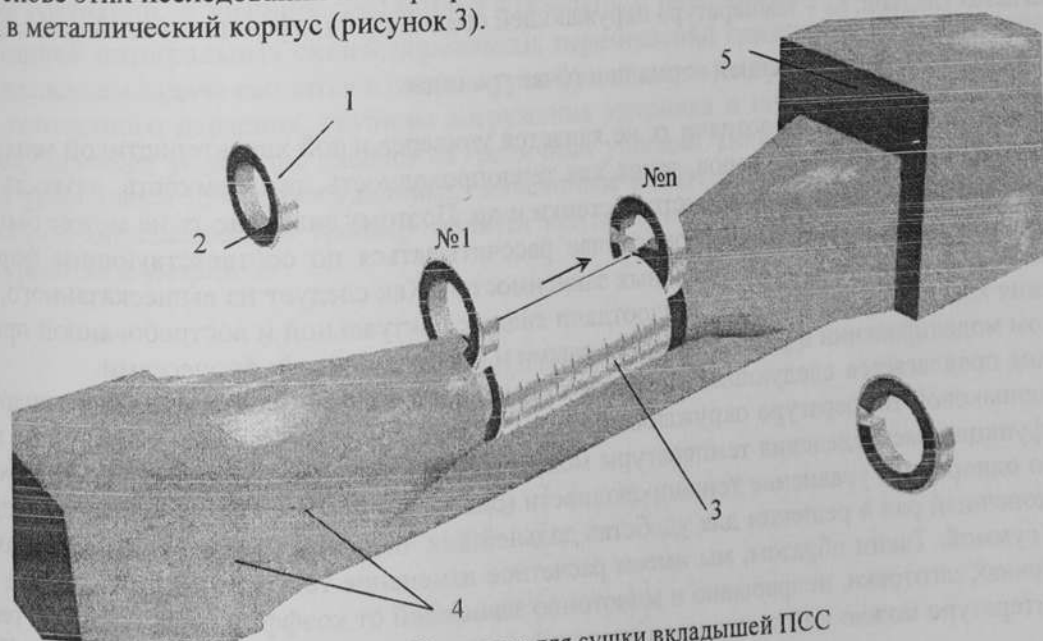


Рисунок 3 – Установка для сушки вкладышей ПСС

Принцип работы установки состоит в следующем. Запрессованные в металлический корпус 1 вкладыши 2 составляют в виде трубы, образуя волновод 3. СВЧ-излучение от источника 4, проходя по волноводу 3, высушивает запрессованные вкладыши 2 и ослабленным попадает в нагрузочную камеру 5, которую можно использовать для нагрева заготовок. Работа установки циклическая. Из волновода 5 извлекается последний корпус №п с высушенным вкладышем. Новый корпус 1 с запрессованным вкладышем устанавливается на место корпуса №1, сдвигая его. Полный цикл проходит за 15 – 17 минут.

Запрессованные вкладыши максимально нагреваются в начале волноводного тракта. По мере их продвижения к последней позиции нагрев уменьшается (пропорционально расстоянию), что позволяет поддерживать их температуру, не перегревая. Максимальный нагрев необходим для первых 3–4 вкладышей.

Эта технология позволит получить цельный вкладыш ПСС нулевой влажности. После расточки и пропитки его модификаторами мы получим уже готовое изделие, исключая ручной труд.

УДК 539.3

К ПРОБЛЕМЕ ВЫБОРА КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ КОНВЕКТИВНОМ ТЕПЛООБМЕНЕ

С. Л. ГАВРИЛЕНКО

Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАНБ

При теоретическом определении температуры в стальных заготовках, находящихся в металлургических печах, поле температур в которых считается известным, возникает математическая задача, сводящаяся к следующей постановке. Требуется решить уравнение теплопроводности (двумерное или трехмерное уравнение параболического типа) с некоторой температурой внутри области в начальный момент (начальные условия). Кроме этого, необходимо задать граничные условия, которые делятся на три основных типа, остальные получаются комбинациями последних.

При конвективном теплообмене между поверхностью стальной заготовки и окружающей средой, имеют место граничные условия третьего типа. В предположении, что теплообмен происходит по закону Ньютона, граничные условия имеют вид:

$$\lambda \frac{\partial u}{\partial n}(\Gamma, t) = \sigma(u(\Gamma, t) - u_0), \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала заготовки (стали); Γ – граница области, которая предполагается гладкой; u_0 – температура окружающей среды; σ – коэффициент внешней теплоотдачи; $\frac{\partial}{\partial n}$ – производная по внутренней нормали в точке границы.

Коэффициент внешней теплоотдачи σ не является универсальной характеристикой материала и среды, а зависит от многих факторов, таких как теплопроводность, теплоемкость, вязкость среды, скорость и характер ее движения, геометрия стенки и др. Поэтому значение σ не может быть взято из таблиц, а должно в каждом частном случае рассчитываться по соответствующим формулам, имеющим вид определенных критериальных зависимостей. Как следует из вышесказанного, задача определения коэффициента внешней теплоотдачи является актуальной и востребованной при математическом моделировании и управлении тепловыми и диффузионными процессами.

Автором предлагается следующий алгоритм определения коэффициента внешней теплоотдачи σ . При одинаковой температуре окружающей среды вблизи поверхности заготовки путем замены искомой функции распределения температуры можно свести граничные условия (1) к однородным, после чего однородное уравнение теплопроводности (без тепловых источников) станет неоднородным. Бесконечный ряд в решении для удобства дальнейших численных расчетов следует заменить конечной суммой. Таким образом, мы имеем расчетное изменение температуры от времени в конкретных точках заготовки, непрерывно и монотонно зависящей от коэффициента внешней теплоотдачи. В литературе можно найти диапазон значений σ для стальных заготовок и воздуха. При на-