

3. Данная работа является существенным "сигналом" о необходимости дальнейших работ в этом направлении. Для более глубоких выводов процесса горения древесностружечных плит вообще в настоящее время необходимы теоретические и экспериментальные исследования с постановкой экспериментов на плитах различной характеристики. При этом исследуемый процесс должен изучаться не только в лабораторных или в моделируемых камерных условиях, но и в реальных помещениях.

УДК 62.505

Д.С. Карпович
(БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ МАССО- И ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ПРОЦЕССЕ ПАЙКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Качество изготовления деревообрабатывающего инструмента оказывает большое влияние на качество получаемых изделий. В связи с этим процесс изготовления инструмента является очень ответственным, требующим сложной системы управления и детального рассмотрения тех явлений, которые протекают при пайке, для последующего использования этой информации в системе управления. Рассмотрим процессы массо- и теплопереноса, возникающие во время пайки режущего инструмента.

Процесс теплопереноса при пайке описывается дифференциальным уравнением в частных производных:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

где T – температура, К;

τ – время, с;

a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$;

x, y, z – координаты соответствующих осей, м.

Для численного решения данного дифференциального уравнения по одной координате можно воспользоваться методом сеток. При этом уравнение (1) примет вид:

$$\frac{T_{i,k+1} - T_{i,k}}{l} + \varepsilon_1 = a \left(\frac{T_{i-1,k} - 2T_{i,k} + T_{i+1,k}}{h^2} + \varepsilon_2 \right). \quad (2)$$

Формула (2) позволяет вычислять значения T в узлах горизонтального ряда $(k+1)$ по значениям T , находящимся только в предшествующем ряду (k) . Поэтому с помощью формулы (2) можно найти значения T в узлах первого горизонтального ряда (при $\tau=1$) по известным из краевых условий

значениям температуры в узлах самой оси Ox (при $\tau=0$). Получив таким образом значения T в первом ряду, по той же формуле находим значения в узле второго горизонтального ряда (т.е. при $\tau=2l$). Этот процесс построения можно продолжать как угодно далеко, поскольку значения температуры в узлах прямых $x=0$ и $x=L$ будут известны из граничных условий. При численном моделировании принимаем ϵ_1 и ϵ_2 в уравнении (2) равными нулю.

Большое значение для последующего анализа имеет нахождение функции чувствительности, которую в дальнейшем можно ввести в систему управления. С помощью этой функции можно судить о влиянии на процесс таких параметров, как: неравномерность прижима деталей, неравномерность нанесения припоя, наличие шероховатостей на зубьях и пиле и т.д. Эта функция представлена на следующем рис. 1.

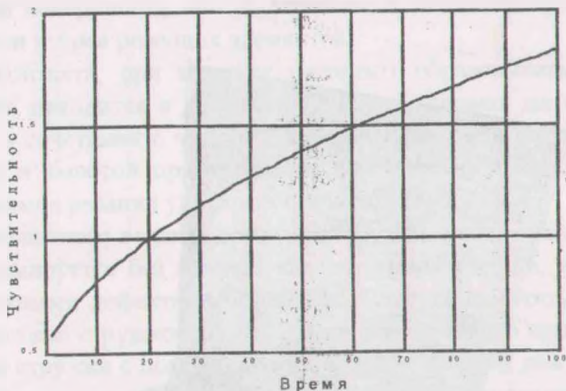


Рис. 1. Функция чувствительности

Процесс диффузии по одной координате при пайке описывается следующим дифференциальным уравнением в частных производных:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + B(x, T, F) \frac{\partial c}{\partial x}, \quad (3)$$

$$\text{где } B(x, T, F) = \frac{D}{RT} \left[\frac{Q}{T} \cdot \frac{\partial T}{\partial x} + \xi F \right];$$

R — постоянная $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$;

F — сила, действующая на атомы;

Q — экспериментальная энергия активации;

ξ — величина, учитывающая изменение коэффициента диффузии в зоне искажения кристаллической решетки;

D – коэффициент диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$;

C – концентрация, $\text{г}/\text{м}^3$.

Для получения численной модели можно использовать тот же метод, что и при решении уравнения теплопереноса. Тогда уравнение (3) можно переписать:

$$C(i, k+1) = C(i, k) + (D \frac{(C(i-1, k) - 2C(i, k) + C(i+1, k)))}{\Delta x} + \frac{D}{R \cdot T(i, k)} \cdot \frac{Q}{T(i, k)} \cdot \left(\frac{T(i, k+1) - T(i, k)}{\Delta x} \cdot \frac{C(i+1, k) - C(i, k)}{\Delta x} \right)) \cdot \frac{1}{\Delta t} \quad (4)$$

Решение этого уравнения для проникновения цинка из припоя в сталь Ст45 представлено на рис.2

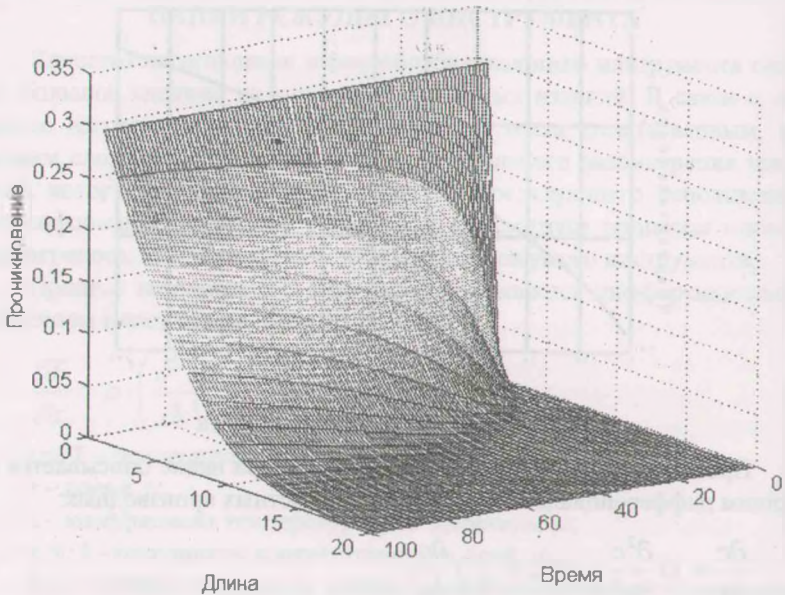


Рис.2. График проникновения цинка из припоя в сталь Ст45

Полученные результаты можно использовать при построении различных систем управления процессом пайки режущего инструмента, в том числе и робастных.