Литература

1. Колкунов, Н.В. Основы расчета упругих оболочек / Н.В. Колкунов. − Москва: Высшая школа, 1963. − 278 с.
2. Флюгге, В. Статика и динамика оболочек / В. Флюгге. − Москва: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961. − 306 с.
3. Ван Цзи-Де. Прикладная теория упругости. − Москва: Государственное издательство физко-математической литературы, 1959. − 400 с.

УДК 621.01: 658.512

МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ТОЧЕЧНОЙ ТКАНИ ПЕРЕДАЧИ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА ПРИ АДДИТИВНОМ СИНТЕЗЕ И ОБРАБОТКЕ ИЗДЕЛИЯ

С.А. Чижик [1], М.Л. Хейфец [1], С.А. Филатов [2]
[1]Президиум НАН Беларуси, Минск
[2]Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, Минск

На базе передачи доминирующих свойств функциональных слоев, рассмотрены аддитивные методы послойного синтеза с управляемым наследованием свойств материала, использующие технологические барьеры в процессах высокоинтенсивной обработки.

Для изучения явлений пространственно-временного распределения результатов технологических воздействий при аддитивном синтезе или интенсивной обработке материала потоками энергии следует его рассматривать с позиции общей теории систем, как систему распределенную. Такой подход предполагает, что свойства системы определяются как свойствами элементов, из которых она построена, так и организацией взаимодействий этих элементов.

Для описания свойств композиционного материала в первую очередь рассматривается распределенная система взаимодействующих элементов в масштабе технологической среды. Состояние материала и его изменения можно моделировать на дискретной однородной среде логических функций, относящихся к классу моделей «непрерывных сред» с дискретными модификациями.

Для выделения моделей тканей с локальными взаимодействиями точек – клеток используют название «точечная ткань», поскольку передача возбуждения здесь осуществляется по принципу «от точки к точке». Точечная ткань – это множество локально взаимодействующих точек – клеток. Как модель непрерывной возбудимой среды, точечная ткань является

PolotskSU

кинематической моделью и удобна для изучения глобальных свойств распространения волн возбуждения без учета динамических эффектов, присущих реальным технологическим средам.

Дискретные модели ткани определяют на сетевых графах. При формальном подходе вершинам приписываются некоторые свойства клеток, а ребрам – свойства передачи некоторых воздействий, влияющих на свойства вершин-клеток.

В общем случае свойства каждой вершины $x \in X$ можно описывать некоторым множеством состояний $Z=\{z_1,\ldots,z_m\}$ с указанием:

1) графа переходов P(Z) в этом множестве состояний;

2) свойств переходов в P для разных воздействий действующих на данную клетку x через внутренние или внешние связи;

3) связи состояний ребер-связей, выходящих из x, с состоянием клетки x.

Математическое содержание этих общих формальных отношений может широко варьироваться. Рассмотрим упрощенную формальную схему процесса миграции одиночного акта смены состояний клеток. Выделим какую-либо одну возбудимую клетку и определим ее поведение как поведение конечного автомата.

Идея метода клеточных автоматов заключается в дискретном описании реальной системы большим числом составляющих ее элементов – клеток. Каждая из этих клеток изменяет свое состояние при новом шаге дискретного времени в зависимости от того, какими были эта клетка и ее ближайшее окружение прежде.

Процесс возбуждения клетки основывается на понятиях стимула и порога с выделением состояний: z_0 – покоя, z_+ – возбуждения, z_- – рефрактерности.

Состояние покоя z_0 является устойчивым при отсутствии внешних, по отношению к данной клетке, стимулов, которые обозначим через j_+, и которые называются входными. Чтобы совершился переход в возбужденное состояние $z_0 \to z_+$ необходимо выполнение условия $j_+ \geq \aleph$, т. е. стимул должен превышать некоторый пороговый уровень $\aleph$, который будем полагать равным единице, $\aleph = 1$.

Возбуждение или переход $z_0 \to z_+$ при $j_+ \geq 1$ происходит мгновенно, но затем в состоянии z_+ клетка находится конечное время θ_+, по истечении которого автоматически происходит переход в рефрактивное состояние $z_+ \to z_-$. Если θ_- – время жизни клетки в рефрактерном состоянии z_-, которое является состоянием невозбудимости клетки, то полный цикл одиночного возбуждения: $z_0 \to z_+ \to z_- \to z_0$ длится время $m = \theta_+ + \theta_-$. Этот цикл клетки всегда проходит по автономной программе и внешней стимуляцией можно регулировать только момент запуска цикла возбуждения.

PolotskSU

В пределе, когда клетка находится под постоянным действием надпорогового стимула, в конце цикла вместо перехода $z_- \to z_0$ сразу осуществляется переход $z_+ \to z_+$, т. е. новое возбуждение. Возбужденное состояние z_+ отличается от прочих главным образом тем, что в нем клетка является сама источником стимулирующего воздействия, которое называется выходным и обозначается j_-.

Этой упрощенной схеме можно дать графовое отображение $\mathrm{P}(Z)$, где $Z = \{z_0,\ z_+,\ z_-\}$. При дискретном представлении времени τ удобно считать целыми длительности θ_+ и θ_-, чтобы в графе $\mathrm{P}(Z)$состояния z_+ и z_- заменить цепочками состояний $z_+ = (z_1,..., z_i)$, $z_- = (z_{i+1},..., z_m)$ где $i = \theta_+$, $m = 1 + \theta_+ + \theta_-$. Модификация графа P(*Z*) при разбиении на тактовые подсостояния состояния $z_0 = (z_1,..., z_i)$, где $i = \theta_0$, дает жизненный цикл клетки $m = \theta_0 + 2$. Состояние клетки в произвольный момент τ можно характеризовать вектором $\mathbf{z} = \mathbf{z}(\tau)$ порядка $m+1$. Если в данный момент τ клетка находится в состоянии *k,* то $\mathbf{z}(\tau) = \mathrm{e}_k$, т. е. в этот момент только *k*-я компонента вектора **z** равна 1, а остальные – нулю.

Смена состояний за один такт описывается линейным уравнением:

$$\mathbf{z}(\tau+1) = \mathbf{P}\mathbf{z}(\tau)$$

с матрицей перехода, которая является функцией времени $\mathbf{P} = \mathbf{P}(\tau)$, что заложено в свойствах переменных элементов *p* и *q.*

Эти элементы выражаются через эпсилон-функцию единичного скачка, аргументом которой является разность стимула и порога: $p = \varepsilon(j_+ - 1)$, $q = 1 - \varepsilon(j_+ - 1)$, т. е. если $j_+ \geq 1$, то $p = 1, q = 0$, а если $j_+ < 1$, то $p = 0, q = 1$.

Для описания межклеточных взаимодействий необходимо определить поведение во времени выходного стимула клетки $j_-(\tau)$. Эту функцию можно выразить в виде скалярного произведения вектора состояния $\mathbf{z}(\tau)$ с вектором $\mathbf{a}_+ = \mathbf{e}_1 + \ldots + \mathbf{e}_{\theta+}$, который является «индикатором» состояний возбуждения:

$$j_-(\tau) = \mathbf{a}_+ \cdot \mathbf{z}(\tau).$$

На основании описанной автоматной схемы возбуждения клетки можно указать стохастические модификации модели возбуждения. В такой модификации вектор **z** представляет распределение вероятностей находиться клетке в каждом из состояний множества *Z*, а элементы матрицы **P** представляют вероятности переходов между состояниями. Тогда, *p* – вероятность перейти в возбужденное состояние при действии стимула j_+, $p = \alpha\varepsilon(j_+ - 1)$, где число $\alpha < 1$;при этом $q = 1 - p$. Наиболее общей является модель, в которой все переходы между состояниями случайны, тогда и длительности состояний возбуждения и рефрактивности θ_+ и θ_- представ-

PolotskSU

ляют собой случайные величины. Однако достаточно содержательной является модель с детерминированными длительностями θ_+ и θ_-, когда вероятностным образом определяется только переход $z_0 \to z_+$.

Рассмотренные графы состояний возбудимой клетки-автомата, в совокупности описывают поведение клеточного автомата технологической среды при последовательности воздействий в интенсивных физических полях на операциях обработки потоками энергии и при аддитивном синтезе.

Таким образом, для понимания функциональной организации технологических сред моделируемых дискретными точечными тканями требуется определить необходимые и достаточные условия невырожденного распространения, инициированного начальным возбуждением точек, со своей конфигурацией связей, с последующим определением топологии траектории фронта волны возбуждения, при тех же начальных условиях. Начальные условия при высокоинтенсивной обработке в процессах послойного синтеза определяются источниками энергии, подачей материала, их мощностью, расходом и распределением в пространстве и во времени.

В рассматриваемой континуальной модели точечной ткани, каждая точка-клетка не отличается по свойствам от клеток дискретной модели и может находиться в одном из трех состояний: покоя, возбуждения и рефрактивности. В результате волны возбуждения ткани могут быть описаны с применением классических волновых принципов распространения интенсивных воздействий в технологической среде, что позволяет эффективно моделировать изменение и передачу состояния, структур и свойств материала.

Такой подход дает возможность, с позиций теории распределенных систем, представить технологический барьер, как границу распространения в материале воздействий высокоинтенсивными физическими полями, в результате вырождения распространения фронта волны возбуждения. Для определения фронта волны требуется знать необходимые и достаточные условия невырожденного распространения и топологию связей фронта волны возбуждения.

PolotskSU

УДК 536.12:621.891

АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

О.П. Штемпель, В.И. Сороговец, В.А. Фруцкий
Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Рассмотрены материалы из диффузионно-легированной стружки чугуна, обоснован подход к анализу антифрикционных свойств материалов, при котором оценивается износ трибосопряжения, выявлены структуры покрытий, обладающих максимальной стойкостью к изнашиванию.