

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Канд. техн. наук, доц. ВОРОНОВА Н. П., инж. ГРИБКОВА С. М.

Белорусский национальный технический университет

Проблема энергообеспечения во всем мире считается одной из приоритетных. Энергосбережению как важнейшей ее составляющей в рамках общенациональных задач промышленно развитых стран уделяется самое серьезное внимание. Современные сложные, быстро протекающие и энергоемкие процессы уже невозможно реализовать без дополнения их современными системами автоматического управления. Существуют такие процессы, которые в принципе не могут идти без соответствующей системы управления хотя бы потому, что они являются существенно неустойчивыми.

Международная федерация по автоматическому управлению классифицирует математические модели, включающие в себя описание реальных объектов в виде алгебраических или обыкновенных дифференциальных уравнений или их систем, как системы с сосредоточенными параметрами. Но, к сожалению, такое при-

ближение далеко не всегда адекватно реальному объекту. Математические модели, содержащие уравнения в частных производных или интегральные уравнения, называют системами с распределенными параметрами. Задачи управления такого рода объектами важны и интересны, так как возникают в самых различных областях современной науки. Огромное число таких задач возникает в теоретической физике, в теории сплошных сред, где приходится сталкиваться с уравнениями математической физики, описывающими состояние полей различной природы. Наука об управлении должна устанавливать принципы управления всевозможными процессами, выявляя предельные, оптимальные свойства, которые можно получить с помощью тех или иных распределенных регуляторов.

Разработка теории и техники автоматического управления для объектов с распределен-

ными параметрами в общем обуславливается следующими факторами [1]:

- состояние объекта описывается функциями нескольких независимых переменных;
- движение объекта описывается дифференциальными уравнениями с частными производными, интегродифференциальными уравнениями в частных и полных производных;
- управляющие воздействия на объект могут носить самый разнообразный характер. Они могут описываться функциями одной и многих независимых переменных;
- на управляющие воздействия и функции состояния объекта могут накладываться дополнительные ограничения типа равенств и неравенств;
- техническая реализация управляющих систем связана с большими трудностями и проблемами новой технологии.

Помимо чисто научного интереса, проблема управления распределенными системами имеет множество практических приложений в различных отраслях промышленности при решении ряда технических задач. Существо таких задач таково, что оно требует использования сложного математического аппарата. Учитывая эту специфику, необходимо сопоставлять возможность как аналитического, так и численного методов решения поставленных задач.

При решении задач методом математического моделирования объект, подлежащий изучению, заменяется математической моделью. Математическая модель представляет собой совокупность математических соотношений, отображающих взаимосвязь между существенными с точки зрения решаемой задачи параметрами. Математические соотношения могут представлять собой функциональные зависимости или логические связи. Под признаками моделируемого объекта понимаются параметры его структуры, различные свойства, особенности и закономерности функционирования.

Разработка математических моделей, описывающих всевозможные взаимосвязи между всеми параметрами моделируемого объекта, практически невозможна. Это и не всегда требуется, так как в зависимости от предпринимаемого исследования те или иные параметры и их взаимосвязи являются несущественными и могут быть проигнорированы.

Если математическая модель построена корректно, то существенные признаки ее и объекта

оригинала идентичны степени достоверности, достаточной с точки зрения решаемой задачи.

Исследование реальных объектов методом математического моделирования представляет собой последовательное выполнение следующих этапов:

- 1) формулировка цели исследования;
- 2) анализ моделируемого объекта;
- 3) разработка физической модели и обоснование ее соответствия по существенным признакам моделируемому объекту;
- 4) разработка математической модели;
- 5) разработка алгоритмов решения поставленной задачи;
- 6) разработка пакета программ для численного решения задачи;
- 7) отладка и тестирование программ;
- 8) анализ результатов исследования.

При решении задач методами математического моделирования неизбежны погрешности получаемых результатов. По источнику происхождения таких погрешностей их можно разбить на четыре группы:

- погрешности формализации, возникающие при переходе от объекта оригинала к его физической модели. Обычно оценку таких погрешностей получают при экспериментальных исследованиях;

- погрешности исходных данных, связанные с физическими измерениями объекта оригинала. При измерениях в технических системах погрешность измерения в статических условиях обычно составляет 1–5 %, в динамических – 5–20 %;

- погрешности вычислительного алгоритма, связанные с приближенным решением математических соотношений численными методами. Такая погрешность должна быть в 2,5 раза меньше погрешности исходных данных;

- погрешности машинного округления, связанные с тем, что все вычисления выполняются с определенным числом значащих цифр. Эта погрешность зависит от типа компьютера и программы и должна быть в 5–10 раз меньше погрешности вычислительного алгоритма.

Таким образом, для получения достоверных результатов при математическом моделировании необходимо глубокое понимание всех существенных особенностей исследуемого объекта, его модели, вычислительных алгоритмов, программ, возможностей вычислительной техники.

В последнее время особый интерес вызывают конкретные производственные теплотехнологические процессы, для которых проблему их

управления необходимо исследовать как задачу управления системами с распределенными параметрами. К таким задачам относятся процессы, связанные с распределением теплоты или концентрации. Эти процессы относятся к классу диффузионных процессов. Они широко применяются в основных отраслях промышленности: строительной, металлургической, машиностроительной, химической и в ряде других отраслей промышленности и техники. Математически эти процессы описываются уравнениями параболического типа, типичным представителем которого является уравнение теплопроводности (диффузии).

Во многих производственных процессах большое значение придается экономичному в

плане окисления нагреву металла либо наискорейшему нагреву материалов, оптимизации термических процессов, процессов сушки. Нагрев изделий, как правило, происходит в печах, и температура печи может рассматриваться как управляющее воздействие. Путем изменения подачи топлива в печь или установки регулятора температуры можно реализовать те или иные температурные режимы [2].

В связи со сказанным выше возникла проблема разработки методики, позволяющей с минимальными затратами за минимальное время достичь требуемых параметров теплотехнологического процесса. На рис. 1 предлагается структурная схема методики оптимизации теплотехнологических процессов.

Рис. 1. Структурная схема решения проблемы оптимизации теплотехнологических процессов



На основании структурной схемы решения проблемы основными задачами исследований, связанных с энерго- и ресурсосбережением, являются следующие:

- 1) разработать общую постановку математической модели теплотехнологических процессов, на основании которых можно было бы решить конкретные производственные задачи;
- 2) предложить методы решения поставленных задач, учитывая общую постановку и возможные частные случаи;
- 3) проверить адекватность математической модели реальному теплотехнологическому процессу;
- 4) уточнить все параметры математической модели, найти теплофизические характеристики модели;
- 5) на основании уточненных либо эффективных теплофизических характеристик получить реальные температурные поля, соответствующие математической модели;
- 6) поставить и решить задачу оптимизации теплотехнологического процесса (по времени, получению конкретных технологически требуемых результатов, стоимости, материалопотреблению и др.);
- 7) внедрить результаты исследований в производство.

ВЫВОДЫ

Выявлено, что оптимизация теплотехнологических процессов состоит из следующих этапов:

- экспериментально-теоретические исследования теплотехнологических процессов;
- постановка, математическая формулировка задачи по определению температурных полей;
- определение основных параметров теплотехнических режимов;
- разработка алгоритма оптимального управления по заданному критерию;
- разработка рекомендаций по реализации оптимальных теплотехнологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутковский, А. Г. Методы управления системами с распределенными параметрами / А. Г. Бутковский. – М.: Наука, 1975. – 568 с.
2. Воронова, Н. П. Математическое моделирование энергосберегающих режимов нагрева, сушки и термообработки / Н. П. Воронова. – Минск: БНТУ, 2006. – 86 с.

Поступила 26.06.2009

УДК 546.273.171

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТЖИГА НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КНБ, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ПИРОЛИТИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА

**БАЙЛУК Н. Д., канд. техн. наук, доц. ДЕМИДКОВ С. В., канд. физ.-мат. наук, доц. ЗАНКЕВИЧ В. А.,
инж. КОСАРЕВ О. М., РАКИЦКАЯ Л. И., канд. техн. наук, доц. СИЗОВ В. Д.**

*Белорусский национальный технический университет,
Белорусский государственный аграрный технический университет,
НПЦ НАН Беларуси по материаловедению*

Интерес к кубическому нитриду бора (КНБ) вызван уникальностью его физико-механических свойств, в частности модулей упругости, микротвердости [1]. В связи с этим поликристаллические сверхтвердые материалы (ПСТМ)

на основе КНБ наиболее широко используются в качестве лезвийного и абразивного инструментов для обработки закаленных сталей с HRC = 50, труднообрабатываемых материалов, например вольфрамкобальтовых сплавов (ВК)