

Министерство образования и науки Российской Федерации
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
Ангарская государственная техническая академия
Астраханский государственный технический университет
Institute of Hydrodynamics Academy of Sciences of the Czech Republic
Ивановский государственный химико-технологический университет
Институт вычислительной математики РАН
Институт проблем управления РАН
Казанский национальный исследовательский технологический университет
Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (ТУ)
Тамбовский государственный технический университет
Ярославский государственный технический университет

XXVI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ

ММТТ - 27

СБОРНИК ТРУДОВ

ТОМ 2

СЕКЦИЯ 3

Саратов
2014

УДК 51.001.57:65.015.13
ББК В181 + Б1
М 33

Редакционная коллегия:

Доктор технических наук, профессор А.А. Большаков (общая редакция)
Доктор технических наук, профессор В.С. Балакирев
Доктор технических наук, профессор Т.Б. Чистякова

Одобрено

Редакционно-издательским советом

Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

М 33 Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-27 [текст]:
сб. трудов XXVII Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 2. Секция 3 / под общ.
ред. А.А. Большакова. – Тамбов : Тамбовск. гос. техн. ун-т, 2013. – 164 с.

ISBN 978-5-7433-2386-9

В сборнике публикуются труды участников XXVII Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях», состоявшейся 3 – 5 июня 2014 г в Тамбовском государственном техническом университете.

Представленные материалы отражают современные подходы к построению и численному анализу математических моделей сложных технологических процессов и систем.

Сборник ориентирован на специалистов, занимающихся применением математических методов и компьютерных технологий для анализа и синтеза технологических процессов и производств.

Доклады рецензированы и отредактированы Программным комитетом конференции ММТТ-27.

Сборник издан при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-08-06023 Г).

УДК 51.001.57:65.015.13
ББК В181 + Б1

ISBN 978-5-7433-2386-9

© Саратовский государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А., 2013

© Международная научная
конференция ММТТ

Функция компенсации U_k – зеркальное отображение экспериментально полученной функции U_p относительно оси абсцисс, и при точном отображении функция U_k полностью компенсирует влияние других контуров на выбранный контур регулирования МИЛР.

Использование МИЛР в системе управления дистилляционной колонной позволяет снизить перерегулирование рН жидкости на выходе из СМ и повысить точность регулирования.

Работа выполнена при поддержке гранта СФ БашГУ №В14-2.

Библиографический список

1. Каяшев А.И., Муравьева Е.А., Антипин А.Ф. Система автоматического управления элементами дистилляции на базе многомерного логического регулятора // Вестник УГАТУ. 2010. Т.14, № 4. С.126-131.
2. Муравьева Е.А., Антипин А.Ф. Многомерный дискретно-логический регулятор расхода воздуха парового котла с минимизацией времени отклика // Вестник УГАТУ. 2009. Т.13, № 2 (35). С.83-87.

УДК 548:533:951

О СИНЕРГЕТИЧЕСКОМ МЕХАНИЗМЕ ТЕПЛООВОГО ВЗРЫВА ПРИ СИНТЕЗЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ

В.П. Солнцев*, **А.М. Шахновский****, **К.Н. Петраш*****, **В.В. Скороход******

**Институт проблем материаловедения имени Францевича И.Н. НАН Украины, Украина, Киев,
(Тел. (+38044)4242264 e-mail: SolntcevVP@gmail.com).*

***Национальный технический университет Украины „КПИ”, Украина, Киев,
(Тел. (+38044)4549401 e-mail: ArcadyShakhn@rambler.ru).*

****Национальный технический университет Украины „КПИ”, Украина, Киев,
(Тел. (+38044)4549401 e-mail: Kostya_Petrash@rambler.ru).*

*****Институт проблем материаловедения имени Францевича И.Н. НАН Украины, Украина, Киев,
(Тел. (+38044)4242264 e-mail: dir@ipms.kiev.ua).*

Аннотация: Построена физико-химическая модель процесса реакционного взаимодействия инициированного контактным плавлением в порошковых смесях с учетом зависимости от температуры равновесной концентрации тугоплавкого компонента в перитектической жидкости. Исследовано влияние температур инициирования и внешней среды на характер протекания процесса.

Abstract: The physicochemical model of the process initiated by reacting contact melting of powder mixtures, taking into account the temperature dependence of the equilibrium concentration of refractory component in the peritectic liquid, was built. The influence of initiation temperature and external environment temperature on the nature of the process of synthesis of intermetallic compounds was investigated.

Ключевые слова: термокинетика, физико-химическая модель контактное плавление, титан, алюминий.

Keywords: thermokinetics, physicochemical model, contact melting, titanium, aluminium.

Ранее предложена термокинетическая модель процесса синтеза соединения со скрытым максимумом [1]. В настоящей работе представляется уточненный вариант модели с учетом зависимости равновесной концентрации реакционного компонента от температуры.

Термокинетическая модель с учетом этого имеет вид:

$$CT = -k_1(a - X)h + k_2XH + g - l(T - T_a), \quad \dot{X} = k_1[a(T) - X] - k_2X - k_3l / h(T - T_a), \quad (1)$$

где X – концентрация растворяющегося компонента в жидком расплаве, $a(T)$ – его равновесная концентрация в расплаве, k_1 и k_2 – константы скоростей растворения и реакции синтеза, h – энтальпия растворения твердого компонента в расплаве или кристаллизация его из него и H – энтальпия реакции синтеза, C – теплоемкость, l – коэффициент теплопередачи, T – температура, T_a – температура окружающей среды. Функция равновесной концентрации $a(T)$ определялась на основе экспериментальных данных равновесной диаграммы состояния системы титан-алюминий [2].

В качестве аппроксимирующей функции наиболее целесообразно принять логарифмическую функцию следующего вида:

$$a(T) = 99944,758 - 44426,468 \ln(T) + 6588,649 \ln(T)^2 - 325,684 \ln(T)^3.$$

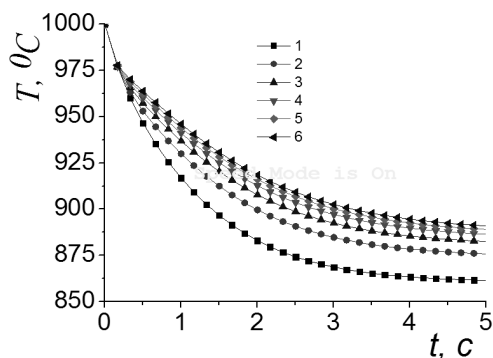


Рис. 1. Термокинетика реакционного взаимодействия титана с алюминием при температурах иницирования 1000 °С и внешней среды 800 °С при $k_1 = 2, 4, \dots, 12$ и $k_2 = 1$

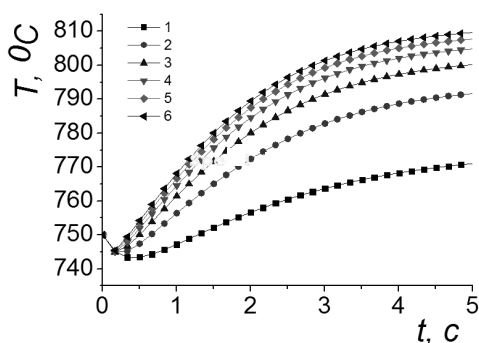


Рис. 2. Термокинетика реакционного взаимодействия титана с алюминием при температурах иницирования 750 °С и внешней среды 710 °С при $k_1 = 2, 4, \dots, 12$ и $k_2 = 1$

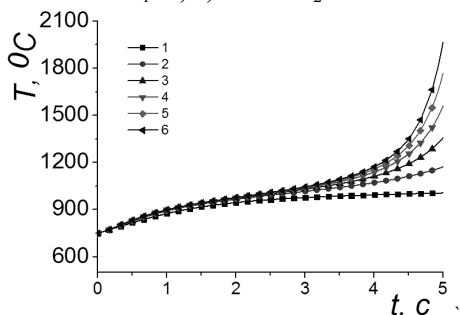


Рис. 3. Термокинетика реакционного взаимодействия титана с алюминием при температурах иницирования 750 °С и внешней среды 950 °С при $k_1 = 1, 5, \dots, 21$ и $k_2 = 1$

иницирования и внешней среды получаем набор значений, каждое из которых характеризует качественный характер протекания процесса. Полученный результат наиболее наглядно представ лен на графике в координатах T_e, T_i (рис. 4).

На рис. 4 выделенная область соответствует тем значениям температур T_e, T_i , при которых характер изменения температуры реакционной системы будет смешанным (рис. 2).

Решение системы осуществлялось методом Рунге-Кутты в системе MathCad 14. В качестве начальных условий, необходимых для решения, приняты следующие значения параметров: $X_0 = 0, T_0 = T_i$, где T_i – температура иницирования процесса, которая может быть разной для разных экспериментов, но не менее температуры плавления алюминия, которая составляет 660 °С.

Термокинетическое поведение системы титан-алюминий изучалось во множестве управляющих параметров: температуры иницирования реакции синтеза, температуры внешней среды и константы скорости растворения. Результаты компьютерного эксперимента свидетельствуют о многовариантности термокинетического поведения системы титан-алюминий (рис. 1-3).

Из результатов, представленных на рис. 1-3, видна в большей степени роль температур иницирования (T_i) и внешней среды (T_e) на характер протекания процесса.

Следовательно, важно знать, при каких значениях температур иницирования и внешней среды, характер зависимости будет обеспечивать безопасную технологию синтеза, исключаяющую режимы резкого возрастания температуры или теплового взрыва.

Для решения поставленной задачи создана программа, которая для каждой пары значений температур иницирования и внешней среды рабочей области решает систему дифференциальных уравнений (1) и фиксирует термокинетическое поведение реакционной системы.

При обнаружении определенного характера изменения температуры системы, который характеризуется наличием перегиба (рис. 2), некоторой переменной присваивается положительное значение, а при отсутствии – не присваивается ничего. В результате для каждой пары значений температур

Исследовано, что ниже этой области лежат значения T_e , T_i , при которых характер зависимости температуры реакционной системы со временем будет возрастающим (рис. 3) и над этой областью находятся значения T_e , T_i , при которых будет наблюдаться снижение температуры реакционной системы со временем (рис. 1).

Полученные результаты являются очень важными при разработке технологии синтеза и позволяют установить рабочие области во множестве управляющих параметров, исключая режимы теплового взрыва.

Библиографический список

1. Солнцев В.П., Скороход В.В. Термокинетическая модель и механизм реакционного взаимодействия, инициированного перитектическим плавлением // Доп. НАНУ. 2009. №11. С. 91-97.

2. Корнилов И.И. Титан. Источники, составы, свойства, металлохимия и применение. М.:Наука, 1975. 310 с.

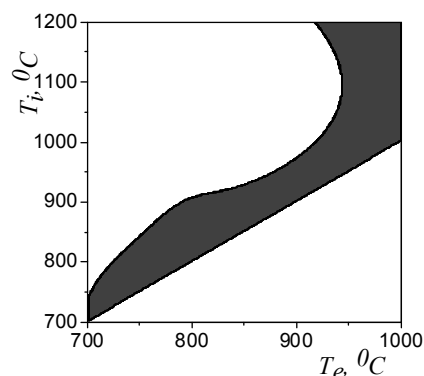


Рис. 4. Качественный характер изменения температуры реакционной системы TiAl со временем для разных значений T_e , T_i

УДК 685.5.011

УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОЙ И ДАВЛЕНИЕМ В ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ КАМЕРНОГО ТИПА

М.Ревун, В.Зинченко, В.И. Иванов, А.Чепрасов

Запорожская государственная инженерная академия, Украина, Запорожье,
(e-mail: .colourmet@zgia.zp.ua)

Аннотация: Предложена система автономного управления температурой и давлением греющих газов в рабочем объеме печей камерного типа для термической обработки металла, которая обеспечивает автоматическую оптимизацию технологии отопления по стоимости топливных газов. В процессе управления в режиме реального времени с оптимизацией по стоимости происходит самонастраивание данной системы.

Abstract: It is offered system of individual control by a temperature and pressure of warming gases in the working volume of furnaces chamber type for heat treatment of metal, which provides automatic optimization of heating technology on the cost of fuel gases. At the process of management for regime of real-time with optimization on a cost it is self-tuning of this system.

Ключевые слова: температура, давление, автономное управление, отопление, стоимость газовых компонентов, оптимизация.

Keywords: temperature, pressure, individual control, heating, cost of gas components, optimization.

Тепловая работа пламенной термической печи как объекта управления определяется температурой и избыточным давлением греющей среды в рабочей камере, заданные значения которых обеспечиваются при помощи локальных систем автоматических регулирования. Структуру и настройки таких систем, как правило, выбирают независимо без учета их взаимосвязи, что особенно проявляется при изменении в широких пределах тепловой мощности термической печи. Так, при управлении расходом топлива и воздуха изменяется не только температура, но и давление в рабочей камере печи, что, в свою очередь, приводит к изменению газообмена с окружающей средой (подсосом холодного воздуха или выбиванием продуктов горения) и оказывает существенное влияние на уровень температуры в рабочей камере печи. Это, в конечном счете, сопровождается перерасходом топлива и, как следствие, повышением стоимости термической обработки металла.

В настоящее время актуальной задачей является снижение стоимости термической обработки сокращения потребления топливных энергоресурсов, в частности, природного газа, а также повышения качества управления тепловой работой печей.

Управление температурой и давлением в рабочей камере термических печей осуществляют непрерывно в течение 20...40 ч, которые технологически необходимы для прохождения процессов термической обработки металла. Оптимизацию подобного управления целесообразно осуществлять на многошаговой дискретной модели, кото-

Научное издание

«МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ»

ММТТ-27

Сборник трудов XXVII Международной научной конференции

Том 2

Секция 3

Технический редактор С.В. Пчелинцева

Корректор Я.М. Исенгалиева

Компьютерная верстка Я.М. Исенгалиева

Подписано в печать 25.05.14

Формат 60×84 1/16

Бум. офсет.

Усл. печ. л. 9,53 (10,25)

Уч.-изд. л. 10,1

Тираж 100 экз.

Заказ

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
410054, Саратов, Политехническая ул., 77

Отпечатано в типографии «Поли-Экс»

г. Саратов, ул. Чернышевского, д. 120а; тел.: 32-23-76