

VII SCHOOL ON ENERGY AND MASS TRANSFER, FREE BOUNDARY PROBLEMS, AND APPLICATIONS

Rosario (Argentina), November 28th - December 3rd, 2005

WORKSHOP ON MATHEMATICAL MODELLING OF ENERGY AND MASS TRANSFER PROCESSES, AND APPLICATIONS

Rosario (Argentina), December 5th - 7th, 2005



Dpto. Matemática, Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Austral,
Paraguay 1950, (S2000FZF) Rosario, Argentina.

Tel: (0341) 522 - 3094 / 3093 / 3000, Fax: (0341) 522 - 3001.

E-Mail: tem@fce.austral.edu.ar

Web page: www.austral.edu.ar/tem

Within the frame of activities planned for the Project PAV2003-00120: Applications and Interdisciplinary Integration of Mathematics, Subproject # 5: Mathematics and Physics: "Modeling and Mathematical Analysis of the Heat and Mass Transfer and its Applications", financed by the National Agency of Scientific and Technological Promotion of Argentina (ANPCyT), the VII School on Energy and Mass Transfer, Free Boundary Problems and Applications and the Workshop on Mathematical Modeling of Energy and Mass Transfer Processes and Applications will be made in Rosario, Argentina, from November 28th to December 7th, 2005.

SCIENTIFIC COMMITTEE

- Gottifredi, Juan Carlos (INIQUI (CONICET - UNSa), Salta)
E-mail: gottifre@unsa.edu.ar
- Mascheroni, Rodolfo (CIDCA (CONICET - UNLP), La Plata)
Email: rmmasche@volta.ing.unlp.edu.ar
- Piacentini, Rubén (IFIR (CONICET - UNR), Rosario)
Email: ruben@ifir.edu.ar
- Tarzia, Domingo A. (UA – CONICET, Rosario), Coordinator
Email: Domingo.Tarzia@fce.austral.edu.ar

LOCAL ORGANIZING COMMITTEE

- Briozzo, Adriana (UA, Rosario), Coordinator
Email: Adriana.Briozzo@fce.austral.edu.ar
- Luccini, Eduardo (UCA, Buenos Aires and IFIR (CONICET-UNR), Rosario)
Email: luccini@ifir.edu.ar
- Natale, Maria Fernanda (UA, Rosario)
Email: Maria.Natale@fce.austral.edu.ar
- Olguin, Mariela (UA - UNR, Rosario)
Email: Mariela.Olguin@fce.austral.edu.ar
- Santillan Marcus, Eduardo (UA, Rosario)
Email: Eduardo.Santillan@fce.austral.edu.ar
- Sanziel, Maria Cristina (UNR, Rosario)
Email: sanzziel@fceia.unr.edu.ar

GOALS

- Physical-chemical treatment and mathematical modeling of energy and mass transfer problems related to diverse applications.
- Theoretical and numerical study of parabolic and elliptical differential equations with constant and temperature variable thermal coefficients, and Volterra integral equations, and also of variational inequalities involved in these processes.
- Entailment and accomplishment of agreements with research groups and/or other Argentine and foreign basic and applied research institutions of international level, in which analogous problems to those proposed in the Project are studied in order to induce a useful scientific interaction.
- Formation of Doctors and young researchers in the energy and mass transfer applied mathematical techniques, of fundamental importance in a great number of practical applications.

VII SCHOOL ON ENERGY AND MASS TRANSFER, FREE BOUNDARY PROBLEMS, AND APPLICATIONS

November 28th - December 3rd, 2005

Registration: Monday 28/11 from 08:00 to 18:00 hs.

Schedule

	Monday 28/11	Tuesday 29/11	Wednesday 30/11	Thursday 01/12	Friday 02/12	Saturday 03/12
8:30		Course	Course	Course	Course	Course
10:30		Tarzia	Durán	De Pablo	De Pablo	Lesino
10:30						
11:00		Coffee Break	Coffee Break	Coffee Break	Coffee Break	Coffee Break
11:00	Course	Course	Course	Course	Course	Course
13:00	Spies	Broadbridge	Broadbridge	Broadbridge	Mascheroni - Salvadori	Gottifreddi
13:00	Lunch Break	Lunch Break	Lunch Break	Lunch Break	Lunch Break	
14:30						
16:30	Course	Course	Course	Course	Course	
16:30		Durán	Alfano	Mascheroni - Salvadori	Mascheroni - Salvadori	
16:30	Spies					
17:00		Coffee Break	Coffee Break	Coffee Break	Coffee Break	
17:00	Coffee Break					
17:30		Course	Course	Course	Course	
17:30						
18:00	Course	Tarzia	Alfano	Mascheroni - Salvadori	Gottifreddi	
18:00						
18:30	Durán					
18:30						
19:00						
19:00						
19:30						

Contents

Course 1 (8hs.): Modelling and Simulation in Food Technology.

Rodolfo H. Mascheroni – Viviana O Salvadori (CIDCA (CONICET - UNLP), La Plata).

- A) General introduction. Objectives of modelling and simulation in food engineering
- B) Operations and processes of food industry that can be simulated through analytical models.
 - 1) Heating and cooling. Sterilization. Blanching.
 - 2) Drying. Salting. Diffusion of preservatives.
 - 3) Biochemical reactions with simple kinetics.
- C) Operations and processes of food industry that must be simulated with models without analytical solution.
 - 1) Freezing and thawing.
 - 2) Dehydration and drying with volume contraction.
 - 3) Systems with heating/cooling coupled to mass transfer.
 - 4) Biochemical reactions with complex kinetics.

Course 2 (6hs.): Nonlinear Diffusion Equations: Applications, Models and Solutions.

Philip Broadbridge (Australian Mathematical Sciences Institute, University of Melbourne, Australia).

- A) Overview of modeling applications. Heat conduction, solute dispersion, porous media, surface evolution, population dynamics, population genetics, cell chemotaxis, and pricing of bonds and stock options.
- B) Symmetry methods for PDE. Classical and non-classical Lie symmetries. Point, contact, Lie-Backlund, and potential symmetries. Classification of integrable nonlinear evolution equations.
- C) Solution of nonlinear heat conduction with solidification. Continuous casting of steel.
- D) Solutions for unsaturated flow in soil.
- E) Some problems in mathematical biology. Population genetics. Tumor cell migration.
- F) Unsolved ubiquitous free boundary problems and complications due to degenerate models.

Course 3 (6hs.): Numerical Analysis of Parabolic Equations.

Ricardo Duran (UBA-CONICET, Buenos Aires).

Finite element approximation of parabolic equations. Semidiscretization in space. Complete discretization: explicit and implicit methods. Stability and error estimates.

Course 4 (4 ½ hs.): Inverse Problems in Heat Conduction: Regularization Methods.

Rubén D. Spies (IMAL (CONICET-UNL), Santa Fe).

Characteristics of inverse problems, inverse ill-posed problems, examples. The Moore-Penrose Generalized Inverse and its singular value decomposition, degree of ill-posedness, the Picard Criterion. Operators and regularization methods, mollification methods: the approximate inverse method. Applications to inverse heat conduction problems: the sideways and backwards heat equations. Computing the reconstruction kernel for different mollifiers. Numerical approximations and numerical results.

Course 5 (4hs.): The Blow-up Problem for Semi Linear and Quasilinear Parabolic Equations.

Arturo De Pablo (Univ. Carlos III de Madrid, Leganés, España).

- A) Blow-up problems for the heat equation with reaction in a bounded domain and in R^n
- B) Blow-up appearance, blow-up rate, blow-up set and asymptotic behaviour.
- C) Blow-up for quasilinear equations. Non linear boundary conditions.

Course 6 (4hs.): Differential Equations: Perturbation Technics and Superposition.

Juan Carlos Gottifreddi (INIQUI (CONICET - UNSa), Salta).

Introduction. Applications. Heat and mass transfer in systems with chemical reactions. Discussion of the non linearity of the kinetic model problem. Presence of the decontamination of the catalyst. Diffusion and simultaneous swelling.

Course 7 (3 ½ hs.): Moving and Free Boundary Problems for the One-Dimensional Heat Equation.

Domingo A. Tarzia (Univ. Austral – CONICET, Rosario).

- A) The heat equation. The maximum principle. The initial boundary-value problem for the quarter plane.
- B) Moving boundary problems. Volterra integral equations of the second kind.
- C) Free boundary problems. The Stefan (phase-change) and the diffusion-consumption oxygen problems. Lamé-Clapeyron and Neumann explicit solutions, and applications. Existence theorems of the solution. Asymptotic behavior of the free boundary.

Course 8 (3hs.): Energy and Mass Transfer in Photo Reactors. Application to Advanced Oxidation Processes for the Reduction of the Environmental Pollution.

Orlando M. Alfano (INTEC (CONICET-UNL), Santa Fe).

- A) General methodology for the modelling of photo reactors. Mass balances. Reaction speed. Photons absorption speed. Radiation Specific Intensity. Radiative transfer equation (ETR) in homogeneous and heterogeneous participative media. Boundary conditions. Absorption and radiation dispersion coefficients. A numerical method to solve the ETR.
- B) Application to homogeneous system in liquid phase: Solar reactor with parallel plane plates for the degradation of a pollutant in water solution.
Application to a heterogeneous system in liquid phase: Photo-catalytic reactor with suspended layer for the degradation of an organic pollutant in water solution.
Application to a gas phase system: Photo-catalytic reactor for the destruction of an organic pollutant in an air current.

Course 9 (2hs.): Simulation and Monitoring of Thermal Performance in Buildings.

Graciela Lesino (INENCO, (CONICET – UNSa), Salta).

Thermal performance of buildings. General considerations. Energy Balances. Multiroom thermal simulation. Simedif. Other simulation programmes including CFD. Validation. Monitoring.

WORKSHOP ON MATHEMATICAL MODELLING OF ENERGY AND MASS TRANSFER PROCESSES, AND APPLICATIONS

Rosario (Argentina), December 5 – 7, 2005

PROGRAM

Monday, December 5, 2005

- 9:45 – 9:50 Opening.
- 9:50 – 10:30 Philip Broadbridge (Melbourne, Australia), *"Exact solution of nonlinear boundary value problems for surface diffusion"*.
- 10:35 – 11:15 Ricardo Simpson (Valparaíso, Chile), *"Simple, practical, and efficient on-line correction of process deviations: batch retort operations"*.
- 11:15 – 11:30 Break.
- 11:30 – 13:30 TEM in Foods
- R. Lozano (Salta), A. Boucíguez (Salta), M. A. Lara (Rosario), *"Control de temperaturas en productos agrícolas utilizando sustancias de cambio de Fase"*
 - M. C. Olguin, M. A. Medina, M. C. Sanziel, D. A. Tarzia (Rosario), *"Análisis del comportamiento de la solución al problema de Stefan con respecto a la variación en las propiedades físicas de una sustancia"*
 - L.A. Campañone, A. Paola, R. H. Mascheroni (La Plata), *"Modelado y simulación de la transferencia de energía y materia durante el calentamiento de alimentos en hornos microondas"*.
 - R. Lespinard, P. R. Salgado, R. H. Mascheroni (La Plata), *"Modelado de la transferencia de calor en alimentos particulados en medio líquido, envasados en frascos de vidrio"*
 - D. F. Olivera, V. O. Salvadori (La Plata), *"Empleo de un software comercial en la simulación de la cocción de alimentos en hornos convectivos"*
 - D. Stechina, O. Iribarren, M. Pauletti, N. Bogdanoff, R. Maffioly (UNER), *"Modelación de la extracción batch de sólidos solubles de cáscara de limón aplicando un modelo posinomial"*
- 13:30 – 15:00 Lunch.
- 15:00 – 15:40 Noemí Zaritzky (La Plata), *"Modelado matemático de la transferencia de energía en los procesos de calentamiento y descongelación por microondas"*.
- 15:45 – 16:15 Amelia Rubiolo, (Santa Fe), *"Multicomponent diffusion during salting and ripening cheeses"*.
- 16:15 – 16:45 Break.
- 16:45 – 17:25 Alberto Cassano (Santa Fe), *"Modeling and experimental verification of the degradation of trichloro-ethylene in air streams employing a fixed*

bed photocatalytic reactor made of glass fiber meshes coated with TiO₂”.

17:30 – 17:45 Break.

17:45 – 19:45 TEM in Chemical Reactors

- G. B. Ortiz de la Plata, O. M. Alfano, A. E. Cassano (Santa Fe), “*Estimación de las propiedades ópticas de suspensiones de Goetita para modelar el campo radiante en su uso como catalizador en el proceso foto-fenton heterogéneo*”
- M. Ballari, O. Alfano, A. Cassano (Santa Fe), “*Efectos de la transferencia de materia en el comportamiento de un reactor fotocatalítico de lecho suspendido*”
- G. Imoberdorf, A. Cassano, H. Irazoqui, O. Alfano (Santa Fe), “*Simulación de un reactor fotocatalítico multianular para la eliminación de Perclororetileno en fase gas*”
- J. Farias, E. D. Albizzati, O. M. Alfano (Santa Fe), “*Efecto de la temperatura en el modelado de un reactor solar para la degradación de un contaminante orgánico*”
- J. A. Francesconi, M. C. Mussati, N. J. Scenna, P. A. Aguirre (Santa Fe), “*Modelling and optimization of a Bioethanol steam reformer for fuel cell systems*”
- M. L. Satuf, R. J. Brandi, A. E. Cassano, O. M. Alfano (Santa Fe), “*Transferencia de materia y energía radiante en un reactor fotocatalítico de lecho suspendido*”

Tuesday, December 6, 2005

8:30 – 9:10 Nelson Moraga (Santiago, Chile), “*Mathematical modeling and numerical simulation of energy and mass transfer processes with finite volume method*”.

9:15 – 9:45 Juan Carlos Reginato (Río Cuarto), “*Some aspects on the dynamical modeling of nutrient uptake for root crops*”

9:45 – 10:15 Break.

10:15 – 10:55 Luis Saravia (Salta), “*Solar systems development in the Argentinian Northwest*”.

11:00 – 11:40 Hugo Grossi (Luján), “*Evaluación de la irradiación solar global incidente en la superficie terrestre en Argentina: estado del conocimiento*”.

11:45 – 12:00 Break.

12:00 – 13:00 TEM in Solar Energy and Atmosphere

- L. Cardón, A. Aramayo, D. Alberto, B. Copa, C. Barboza (Salta), “*Modelado y simulación numérica de pisos radiantes calefaccionados con sistemas hidrónicos. migración de humedad y efecto de transferencia de calor*”.
- M. Aramayo, S. Esteban, L. Cardón (Salta), “*Transferencia térmica conjugada en recintos trapezoidales apilados separados con distintos materiales*”
- G. Salum, M. Raponi, E. Wolfram, E. Quel, R.D. Piacentini (Buenos Aires, Rosario), “*Determination of cloud optical depth from comparison of solar irradiance measurements with mathematical modeling of the atmospheric radiative transfer*”

13:00 – 14:30	Lunch
14:30 – 15:10	Rubén Piacentini (Rosario), <i>“Modelización matemática y mediciones de radiaciones solares”</i> .
15:15 – 15:45	José Antonio Rabi (São Paulo, Brasil), <i>“Mathematical modelling and numerical simulation of radon-222 exhalation from phosphogypsum-bearing materials and its air-borne concentration”</i> .
15:45 – 16:00	Break.
16:00 – 17:00	TEM in Mathematical Modeling and Experimentation <ul style="list-style-type: none"> • C. Briozzo, D. A. Tarzia (Rosario), <i>“Un problema de Stefan para una ecuación no clásica del calor con condición de flujo de calor en el borde fijo”</i> • C. Briozzo, M. F. Natale, D. A. Tarzia (Rosario), <i>“Solución exacta a un problema de Stefan a una fase con coeficientes térmicos no lineales”</i> • M. A. Lara, R. D. Piacentini, M. C. Sanziel (Rosario), <i>“Selection of an appropriate boundary condition for a source of heat injected on a metal plate”</i>
17:00 – 17:30	Pedro Morín (Santa Fe), <i>“Finite element methods for surface evolution and applications”</i>

Wednesday, December 7, 2005

8:30 - 9:10	Sergio Preidikman (Río Cuarto), <i>“Developing Nonlinear Models for Aeroelastic Behavior”</i> .
9:15 - 9:55	Pablo Marino (Centro de Investigación Industrial – Tenaris, Campana), <i>“La aplicación de modelos numéricos al control de hornos de recalentamiento de acero”</i> .
10:00 - 10:30	Break.
10:30 - 11:50	TEM in Mathematical Modeling and Experimentation <ul style="list-style-type: none"> • M. A. Medina (Rosario), Y. du Terrail Couvat (Grenoble, Francia), <i>“Simulación del proceso de eliminación de zinc en un baño de acero líquido”</i> • P. L. Dammig Quiña, L. Herrera, V. Pastor, N. Altamirano, I. M. Irurzun, E. E. Mola (La Plata), <i>“Modelo de ruptura dieléctrica por avalancha”</i> • H. López Menéndez, R. L. Hecker, V. C. Gessaghi (UNLPa), <i>“Estimacion de la temperatura en la superficie de corte en torneado mediante la solución del problema inverso mediante la técnica de Levenberg-Marquardt”</i> • N. Moraga, L. Silva (Santiago, Chile), <i>“Solidificación de aleación de aluminio-cobre considerando convección natural y fluido no newtoniano de Ostwald-De-Waele”</i>
11:50 - 12:05	Break.
12:05 – 12:35	Luis T. Villa (Salta), <i>“Some considerations on the wellposedness model formulation of a immersion frying process in hot oil applied to natural potato”</i> .

- 12:40 - 13:20 TEM in Foods
- R. J. Aguerre, M.Tolaba, C. Suarez (Luján), “*Modeling volume changes in food processing*”
 - N. Moraga, E. Cabalín (Santiago, Chile), “*Estudio 2d en descongelación de alimento sólido con modelo conjugado de convección/difusión*”.
- 13:20 - 14:50 Lunch.
- 14:50 - 15:30 Julio Deiber (Santa Fe), “*Modeling fluid flow and heat transfer in consolidated and saturated porous media*”.
- 15:35 – 16:05 Manuel Elgueta (Santiago, Chile), “*Difusión no local*”
- 16:10 – 16:40 Break.
- 16:40 – 18:00 TEM in Transport Phenomena
- N. Moraga, C. Rosas, J. Tobar (Santiago, Chile), “*Estudio de frente móvil de combustión en intercambiador de doble tubo aire-combustor con medio poroso*”
 - E. A. Santillan Marcus – A.C. Briozzo (Rosario), “*Un problema de desublimación en un medio poroso húmedo*”
 - A. Gastón, R. Abalone, A. Cassinera, M. A. Lara (Rosario), “*Modelización y simulación de la temperatura de granos almacenados en silos*”
 - L. Martínez-Suátegui, C. Treviño (UNAM-México), “*Análisis de transferencia de calor por convección mixta por flujo opuesto en un canal vertical cuadrado con calentamiento diferencial asimétrico*”
- 18:00 - 18:15 Break.
- 18:15 - 18:45 Arturo De Pablo (Leganés, España), “*Blow-up for the porous medium equation with a localized reaction*”
- 18:50 – 19:30 Mahdi Boukrouche (Saint Etienne, France), “*On a nonisothermal non-newtonian lubrication problem with Tresca law. Existence and asymptotics of solutions*”.

LECTURES

- 1) **Mahdi Boukrouche** (Univ. de Saint Etienne, Saint Etienne, France), *"On a nonisothermal non-newtonian lubrication problem with Tresca law. Existence and asymptotics of solutions"*.
- 2) **Philip Broadbridge** (Australian Mathematical Sciences Institute, University of Melbourne, Australia), *"Exact solution of nonlinear boundary value problems for surface diffusion"*.
- 3) **Alberto Cassano** (INTEC (CONICET-UNL), Santa Fe), *"Modeling and experimental verification of the degradation of trichloro-ethylene in air streams employing a fixed bed photocatalytic reactor made of glass fiber meshes coated with TiO_2 "*.
- 4) **Arturo De Pablo** (Univ. Carlos III, Leganés, España), *"Blow-up for the porous medium equation with a localized reaction"*
- 5) **Julio Deiber** (INTEC (CONICET - UNL), Santa Fe), *"Modeling fluid flow and heat transfer in consolidated and saturated porous media "*.
- 6) **Manuel Elgueta** (P. Universidad Catolica de Chile), *"Difusión no local"*
- 7) **Hugo Grossi** (Univ. Nac. de Luján, Luján), *"Evaluación de la irradiación solar global incidente en la superficie terrestre en Argentina: estado del conocimiento"*.
- 8) **Pablo Marino** (FUDE/FISI – SIDERCA, Buenos Aires), *"La aplicación de modelos numéricos al control de hornos de recalentamiento de acero"*.
- 9) **Nelson Moraga** (Fac. de Ingeniería, Univ. de Santiago de Chile, Santiago, Chile), *"Mathematical modeling and numerical simulation of energy and mass transfer processes with finite volume method"*.
- 10) **Pedro Morín** (IMAL (CONICET – UNL), Santa Fe), *"Finite element methods for surface evolution and applications"*
- 11) **Rubén Piacentini** (IFIR (CONICET - UNR), Rosario), *"Modelización matemática y mediciones de radiaciones solares"*.
- 12) **Sergio Preidikman** (Fac. de Ingeniería, UNRC, Río Cuarto), *"Developing Nonlinear Models for Aeroelastic Behavior"*.
- 13) **José Antonio Rabi** (Univ. São Paulo, Brasil), *"Mathematical modelling and numerical simulation of radon-222 exhalation from phosphogypsum-bearing materials and its air-borne concentration"*.
- 14) **Juan Carlos Reginato** (UNRC, Río Cuarto), *"Some aspects on the dynamical modeling of nutrient uptake for root crops"*
- 15) **Amelia Rubiolo**, (INTEC (CONICET – UNL), Santa Fe), *"Multicomponent diffusion during salting and ripening cheeses"*.
- 16) **Luis Saravia** (INENCO (CONICET - UNSa, Salta), *"Solar systems development in the Argentinian Northwest"*.
- 17) **Ricardo Simpson** (Univ. Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile), *"Simple, practical, and efficient on-line correction of process deviations: batch retort operations"*.
- 18) **Luis T. Villa** (INIQUI (CONICET-UNSa), Salta), *"Some considerations on the wellposedness model formulation of a immersion frying process in hot oil applied to natural potato"*
- 19) **Noemí Zaritzky** (CIDCA (CONICET – UNLP), La Plata), *"Modelado matemático de la transferencia de energía en los procesos de calentamiento y descongelación por microondas"*.

Conferences

Conferencias

ON A NONISOTHERMAL NON-NEWTONIAN LUBRICATION PROBLEM WITH TRESCA LAW. EXISTENCE AND ASYMPTOTICS OF SOLUTIONS

Mahdi Boukrouche

Laboratory of Mathematics LaMUSE EA 3989 Saint-Etienne University France

Abstract

In many problems of lubrication theory the widely assumed no-slip condition when the fluid has the same velocity as surrounding solid boundary seems not respected any more since the shear rate becomes too high. This phenomenon has been studied in a lot of mechanical papers, see e.g. [1, 2, 3, 4, 5]. Continuous experimental studies are conducted [6, 7], but are still difficult due to thickness of the gap between the solid surfaces which can be as small as 50 manometers. In such operating conditions, no slip condition is induced by chemical bounds between the lubricant and the surrounding surfaces and by the action of the normal stresses, which are linked to the pressure inside the flow. On the contrary, tangential stresses are so high that they tend to destroy the chemical bounds and induce slip phenomenon. This is nothing else than a transposition of the well-known Coulomb law between two solids in [8] to the fluid-solid interface. See also [9, 10, 11, 12] Although being implicitly used in numerical procedures for lubrication problem, a Reynolds thin film equation taking account of such slip phenomenon seems not to have been studied in a somewhat mathematical aspect until recently in [13, 14, 15, 16], where the effect of temperature was neglected. In this present talk, we consider a problem describing the motion of a nonisothermal, non-Newtonian, and incompressible fluid in a thin three-dimensional bounded domain, with Tresca fluid-solid boundary conditions. We first prove an existence result for weak solutions of the considered problem, then we study the asymptotic behaviour of its solutions when the thickness of fluid domain tends to zero. The strong convergence of the velocity is proved, a specific Reynolds limit equation and the limit of Tresca free boundary conditions are obtained.

References

- [1] BO. Jacobson, B.J. Hamrock, Non Newtonian fluid model incorporated into elastohydrodynamic lubrication of rectangular contacts. *Journal of Tribology*, 106, (1984), 275-284.
- [2] JL. Tevaarwerk, The shear of hydrodynamic oil films. Phd Thesis: Cambridge, England, 1976.
- [3] BO. Jacobson, At the boundary between lubrication and wear. First world tribology conference, London, (1997), 291-298.
- [4] J. Shieh, B.J. Hamrock, Film collapse in ehl and micro-ehl. *Journal of Tribology*, 113, (1991), 372-377.
- [5] J. Serrin, Mathematical principles of classical fluid mechanics. In *Handbuch der Physik*, 8(1), (1959), 125-263.
- [6] Pit R. Mesure locale de la vitesse à l'interface solide-liquide simple: Glissement et rôle des interactions. Thèse Physique Université Paris XI, 1999.
- [7] R. Pit, H. Hervet, L. Léger, Direct experimental evidences for flow with slip at hexadecane solid interfaces. *La revue de Métallurgie-CIT/Science*, February (2001).
- [8] G. Duvaut, Équilibre d'un solide élastique avec contact unilatéral et frottement de Coulomb. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 290, (1980), 263-265.
- [9] H. Fujita, A mathematical analysis of motions of viscous incompressible fluid under leak or slip boundary conditions. *Mathematical fluid mechanics and modeling (Kyoto, 1994)*, Surikaiseikikenkyusho Kokyuroku, 888, (1994), 199-216.
- [10] H. Fujita, H. Kwarada, Variational inequalities for the Stokes equation with boundary conditions of friction type. Recent developments in domain decomposition methods and flow problems (Kyoto, 1996; Anacapri, 1996), GAKUTO International Series. Mathematical Sciences and Applications, 11, (1998), 15-33.
- [11] H. Fujita, Remarks on the Stokes flow under slip and leak boundary conditions of friction type. *Topics in mathematical fluid mechanics, Quaderni di Matematica, Dept. Math., Seconda Univ. Napoli, Caserta*, 10, (2002), 73-94.
- [12] H. Fujita, A coherent analysis of Stokes flows under boundary conditions of friction type. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 149, (1), (2002), 57-69.
- [13] G. Bayada, M. Boukrouche, On a free boundary problem for Reynolds equation derived from the Stokes system with Tresca boundary conditions. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 282, (2003), 212-231.
- [14] M. Boukrouche, G. Lukaszewicz, Asymptotic analysis of solutions of a thin film lubrication problem with Coulomb fluid-solid interface law. *International Journal of Engineering Science*, 41, (2003), 521-537.
- [15] M. Boukrouche, G. Lukaszewicz, On a lubrication problem with Fourier and Tresca boundary conditions. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*. 14 (6), (2004), 913-941.
- [16] M. Boukrouche, R. El Mir, Asymptotic analysis of a nonNewtonian fluid in a thin domain with Tresca law. *Nonlinear Analysis, Theory Methods and Applications*. 59, (2004), 85-105.
- [17] M. Boukrouche, F. Saidi, Non-isothermal lubrication problem with Tresca fluid-solid interface law. Part I and Part II. Submitted.

EXACT SOLUTION OF NONLINEAR BOUNDARY VALUE PROBLEMS FOR SURFACE DIFFUSION

Philip Broadbridge

Australian Mathematical Sciences Institute

Abstract

Curvature-driven surface diffusion on crystalline surfaces is modeled by the nonlinear 4th order Mullins equation. There is a class of weakly anisotropic nonlinear models that is fully integrable. Exact solutions are constructed for development of a grain boundary groove and for smoothing of an initial ramp dislocation. For the grooving problem, a piecewise nonlinear but solvable model can be made arbitrarily close to the isotropic nonlinear Mullins equation. The solution shows that unlike in the linear model, the groove depth remains bounded as the dihedral angle approaches vertical.

At a dislocation point of infinite curvature, the quasilinear Mullins model should be extended to a fully nonlinear model to account for Gibbs-Thompson evaporation-condensation. An exactly solvable fully nonlinear degenerate diffusion model shows that unlike in the quasilinear model, deposition rate at the dislocation point is bounded, and the slope remains discontinuous for a finite time. The presentation will suit a general audience.

MODELING AND EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE DEGRADATION OF TRICHLORO-ETHYLENE IN AIR STREAMS EMPLOYING A FIXED BED PHOTOCATALYTIC REACTOR MADE OF GLASS FIBER MESHES COATED WITH TiO₂

Carlos Esterkin, Antonio Negro, Orlando Alfano and Alberto Cassano

INTEC (Universidad Nacional del Litoral and CONICET).
Güemes 3450. (3000) Santa Fe.
acassano@ceride.gov.ar

Abstract

In this work, the degradation of trichloroethylene (TCE) in an air stream is studied using different values of the pollutant feed concentration, relative humidity and light intensity under operating conditions where kinetic control of the process is established. The reactor was made of several TiO₂ coated, parallel, flat glass fiber meshes, bilaterally UV irradiated. A kinetic model based on a reaction scheme that involves atomic chlorine as an active reaction intermediate is developed for describing concentration dependencies. It includes, explicitly, the effect of the absorbed light intensity on the rate. With this purpose, the modeling and experimental verification of the radiation field inside a was accomplished. The interaction of the existing radiation field with the solid semiconductor to generate electrons and holes in the reaction catalyst activation step the is also modeled. All kinetic parameters are estimated from experiments. The results show good agreement between predictions derived from the proposed kinetic expression and TCE experimental concentration data at the reactor's exit.

BLOW-UP FOR THE POROUS MEDIUM EQUATION WITH A LOCALIZED REACTION

Arturo De Pablo

Departamento de Matemáticas, U. Carlos III de Madrid,
28911 Leganés, Spain.
arturop@math.uc3m.es

Joint work with
Raúl Ferreira, UCM, Madrid, Spain.
Juan Luis Vazquez, UAM, Madrid, Spain.

Abstract

We study nonnegative solutions of the porous medium equation with a localized source,

$$u_t = (u^m)_{xx} + a(x)u^p \quad \text{in } x \in \mathbb{R}, \quad 0 < t < T,$$

$$u(x,0) = u_0(x) \quad \text{in } x \in \mathbb{R}$$

where $a(x) \geq 0$ is a compactly supported function and $m > 1$, $p > 0$ are parameters. We prove that the global existence exponent is $p_0 = (m + 1)/2$ while the Fujita exponent is $p_c = m + 1$: if $0 < p \leq p_0$ every solution is global in time, if $p_0 < p \leq p_c$ all solutions blow up and if $p > p_c$ both global in time solutions and blowing up solutions exist. These are precisely the critical exponents for the problem posed in the half line with a boundary flux

$$u_t = (u^m)_{xx} \quad \text{in } x > 0, \quad 0 < t < T,$$

$$-(u^m)_x(0,t) = u^p(0,t) \quad \text{in } 0 < t < T,$$

$$u(x,0) = u_0(x) \quad \text{in } x > 0.$$

In the case of blow-up, and fixing $a(x)$ the characteristic function of the interval $[-L, L]$, we prove that our problem can be considered as an intermediate problem between that with $a(x) \equiv 1$ and that with a nonlinear boundary flux as above. We find the blow-up rates, the blow-up sets and the blow-up profiles, showing that the reaction term tends to extend to the whole line if $p > m$ or to concentrate to a point in the form of the mentioned boundary flux if $p < m$. If $p = m$ the asymptotic behaviour is given by a self-similar solution of the original problem.

MODELING FLUID FLOW AND HEAT TRANSFER IN CONSOLIDATED AND SATURATED POROUS MEDIA

Julio A. Deiber

Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC)
Güemes 3450 - 3000 Santa Fe – Argentina

Abstract

The flow and heat transfer in consolidated and saturated porous media is a classical subject of technological interest for the design of industrial equipments. Typical examples are catalytic reactors, energy storage units, heat exchangers, thermal insulations, grain storage and solar receiver devices. In addition, there are natural systems formed by different porous media, which are important sources of energy, like geothermal and oil-gas reservoirs. All these systems, and others used in modern techniques of analytical chemistry, have in common the need of modeling appropriately the flow and heat transfer of fluids in the porous matrix. Thus, depending on the fluid rheology and the porosity and permeability values, different phenomena are in general expected.

In this presentation, first an analysis of the two-field model for natural and forced convections of a Newtonian fluid in consolidated and saturated porous media is presented in relation to the one-field model, which is the result of the local thermal equilibrium assumption between phases. The conceptual differences between these models are shown within the context of the theory of mixtures of continuum mechanics. Criteria are generated to determine when the one-field model can be applied in practical situations as a good approximation, and without introducing errors in the evaluation of the temperature field and wall heat fluxes. Then, two additional problems involving fluid flow and heat transfer in porous media, which are relevant in novel applications like, for instance, industrial processing of non-Newtonian fluids and species separation via electro-chromatography, are also discussed. They are: (a) effect of fluid pseudoplasticity on the heat transfer in porous media by natural convection and (b) effect of electrokinetic phenomena on the heat transfer in porous media when an electrolyte solution is flowing by electro-osmosis. Trends for further research are also provided.

DIFUSION NO LOCAL

Manuel Elgueta

P. Universidad Católica de Chile

Resumen

Se estudiará procesos de difusión no local, incluyendo algunos cuyas soluciones desarrollan una frontera libre.

Abstract

We will study non local diffusion processes, including some of them that have solutions that develop a free boundary.

EVALUACIÓN DE LA IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL INCIDENTE EN LA SUPERFICIE TERRESTRE EN ARGENTINA: ESTADO DEL CONOCIMIENTO

H. Grossi Gallegos

GERSolar, Universidad Nacional de Luján / Servicio Meteorológico Nacional
E-mail: grossi@mail.unlu.edu.ar

Resumen

Se presentan las razones que llevan a la instalación de una Red Solarimétrica y se hace una breve reseña de la que operó en Argentina, describiendo el instrumental utilizado, el uso dado a la información obtenida, su estado actual y perspectivas. Se presentan las cartas con la distribución espacio-temporal de los promedios de la irradiación solar global diaria recibida en la superficie terrestre y se describe la metodología seguida para su trazado. Se analizan algunas alternativas para la evaluación del recurso solar.

LA APLICACIÓN DE MODELOS NUMÉRICOS AL CONTROL DE HORNOS DE RECALENTAMIENTO DE ACERO

Pablo Marino

Centro de Investigación Industrial – Tenaris, Campana, Provincia de Buenos Aires

Resumen

En los procesos industriales de fabricación de productos de acero, éstos son recalentados en hornos a gas para llevarlos a las temperaturas necesarias para la laminación y los tratamientos térmicos. En este trabajo se desarrollan modelos numéricos del calentamiento de estos productos en hornos a gas, que se basan en una descripción detallada de los intercambios de calor por radiación en el interior de los hornos. Los resultados de los modelos desarrollados son validados con mediciones industriales. Con las aproximaciones realizadas, es posible simular los procesos en tiempo real, lo que permite utilizarlos para el control automático. Se presentan los resultados obtenidos en el control del recalentamiento de planchones en hornos de empuje, barras de acero en hornos de solera giratoria y para la optimización del calentamiento de tubos en hornos de barras móviles.

Abstract

In the steel product manufacturing processes, steel parts are reheated in gas-fired furnaces up to temperatures suited for the rolling and heat treatment operations. In this work, numerical models of steel product reheating in gas-fired furnaces are developed. These models are based in a detailed description of the radiative heat exchanges in the furnace interior. The results of the developed models are validated with measurements made in the industrial processes. With the performed approximations it is possible to simulate the processes in real time, thus allowing their use to automatically control the furnaces. The results obtained in the control of slab reheating in pusher type furnaces and round-bar reheating in rotary hearth furnaces along with the optimization of tube reheating in walking beam furnaces are presented.

MATHEMATICAL MODELING AND NUMERICAL SIMULATION OF ENERGY AND MASS TRANSFER PROCESSES WITH FINITE VOLUME METHOD

Nelson O. Moraga

Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Santiago de Chile
Alameda 3363, Santiago, CHILE , email: nmoraga@lauca.usach.cl

Resumen

Se revisan aspectos físicos, de modelamiento matemático y de simulación computacional relativos al transporte de energía y de materia, en sólidos, líquidos y gases. El análisis se presenta en el contexto de modelos matemáticos en base a las ecuaciones de continuidad, momento lineal, energía y transporte de materia. La solución de los modelos se obtiene empleando el método de volúmenes finitos, cuyos fundamentos se presentan y discuten. La metodología propuesta se utiliza en la descripción de aspectos esenciales de la mecánica de fluidos, transferencia de calor y de materia en varias aplicaciones. Los ejemplos se orientan a la predicción de fenómenos de transporte que involucran términos fuentes, transientes, convectivos y de difusión. Los resultados se muestran para aplicaciones que incluyen los procesos de: convección mixta en cavidades, solidificación de metales y aleaciones en medios porosos, secado de madera, congelación y descongelación de alimentos. Mediante el estudio de algunos de los casos anteriores se compara el uso de modelos clásicos de difusión con el de modelos originales conjugados que incluyen simultáneamente difusión, convección y cambio de fase líquida a sólida. Finalmente, se presentan ejemplos del uso de la metodología en aplicaciones industriales, relacionados con el diseño de equipos como refrigeradores y hornos en la industria de alimentos y de campanas y cámaras de enfriamiento de gases empleadas en industrias de minería de cobre.

Abstract

Physical principles, mathematical modeling and computational simulation aspects related to energy and mass transfer in solids, liquids and gases are reviewed. The analysis is formulated in the context of mathematical models based on the partial differential equations of continuity, linear momentum, energy and conservation of species. The overall resolution of the basic governing equations is obtained by the finite volume method, with a discussion of the strategies and efficient resolution techniques. The proposed methodology is used to describe fundamentals aspects of fluid mechanics, energy and mass transfer in several applications. Examples towards the simulation of transport phenomena involving unsteady, convective, diffusion and source terms are provided. Results are given for a wide range of applied problems that includes the processes of: mixed heat convection in cavities, alloy and metals solidifications in moulds, wood drying, food freezing and thawing. A discussion on the use of the classical diffusion model or the use of complete conjugate models simultaneously including diffusion, convection and liquid-solid phase changes for some of the problems is presented. Finally, examples are presented to show the way that the methodology has been used to design equipments such as refrigerators and ovens in the food industry and gas cooling devices for the copper mining industry.

Acknowledgements. To CONICYT for supporting the Fondecyt 1030209 project.

FINITE ELEMENT METHODS FOR SURFACE EVOLUTION AND APPLICATIONS

Pedro Morin

IMAL (CONICET – UNL), Santa Fe

Abstract

Using shape differential calculus, which expresses variations of bulk and surface energy with respect to domain changes, and Euler implicit time discretization, we formulate gradient flows for these energies which yield geometric laws for the motion of domain boundaries (curves or surfaces).

We next present a semi-implicit variational formulation which requires no explicit parametrization of the surface, and is sufficiently flexible to accommodate several scalar products for the computation of normal velocity, depending on the application. This leads to linear systems of lower order elliptic PDE to solve at each time step, in both the surface and bulk. We develop adaptive finite element methods (AFEM), and propose a Schur complement approach to solve the resulting linear SPD systems.

We first apply this idea to surface diffusion, namely to the geometric motion of a surface with normal velocity proportional to the surface Laplacian of mean curvature, and couple it with elasticity in the bulk; this is a simple model for epitaxially stressed films. We present several numerical experiments for surface diffusion including pinch-off in finite time and topological changes.

We also present computations for the coupled system exhibiting formation of dislocations. We next discuss applications to shape optimization and image processing, that is to the minimization of functionals subject to differential constraints, and present preliminary simulations.

We briefly discuss time and space adaptivity to handle the multiscale nature of these problems, as well as mesh generation, mesh distortion and mesh smoothing.

This work is joint with G. Dogan, R.H. Nochetto, and M. Verani.

MODELIZACIÓN MATEMÁTICA Y MEDICIONES DE RADIACIONES SOLARES

Rubén D Piacentini

Instituto de Física Rosario (CONICET – UNRosario) y Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura/UNRosario, Rosario, Argentina (ruben@ifir.edu.ar)

Resumen

Las radiaciones que emite el Sol y llegan a nivel de la Tierra en los rangos ultravioleta (UV), visible e infrarrojo, presentan una distribución espectral que sigue aproximadamente la ley de Planck del emisor ideal a la temperatura de unos 5770 K. Si bien el Sol muestra una gran actividad, con un ciclo característico de 11 años, la variación promedio entre los extremos del ciclo solar, de la irradiancia integrada -también llamada *constante solar*-, es de menos del uno por mil.

La atmósfera terrestre en general atenúa estas radiaciones, describiéndose teóricamente la atenuación mediante la solución de la ecuación de transferencia radiativa, a la cual se le incorporan los valores de los coeficientes, correspondientes a cada lugar geográfico y a un dado tiempo. Entre los coeficientes más importantes que contribuyen a la reducción de la componente UV solar en días de cielo claro, caben destacarse los relacionados con las partículas en suspensión (aerosoles) y el ozono, determinados tanto a través de mediciones terrestres como satelitales. También influye la reflectividad del suelo.

Se presenta esta ecuación de transferencia radiativa y soluciones en el rango UV para determinados periodos de tiempo y lugares, desde el extremo norte al sur argentinos. También, mapas climatológicos y predicciones del índice solar ultravioleta, a través de la determinación de la irradiancia de acción biológica eritémica (de enrojecimiento de la piel). Se muestran los efectos sobre el índice UV, de la altura en el norte argentino y del pasaje del agujero de ozono antártico. Se comparan mediciones con resultados de la modelización matemática.

DEVELOPING NONLINEAR MODELS FOR AEROELASTIC BEHAVIOR

Sergio Preidikman

Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Río Cuarto
Ruta Nacional 36 Km 601, 5800 - Río Cuarto, Argentina; e-mail: spreidikman@vt.edu

Abstract

Unsteady aeroelastic behavior is a topic of long-standing importance. Of special interest are such aeroelastic instabilities as wing, panel, and aileron flutter; buffeting; and divergence, among others. The new aircraft concepts have opened the doors to many exciting opportunities for modeling as well as for carrying out innovative and nontraditional designs. Despite the conservativeness in the structural designs of the conceived aircraft systems, they are lightweight and they have high aspect-ratio wings. The aeroelastic behavior of these wings, which is not quite well understood yet, can have a significant influence on the considered aircraft's performance. Hence, the ability to estimate reliable margins for aeroelastic instabilities is expected to be of major importance for an aircraft designer. In this regard, there is an urgent need to develop a set of robust, accurate, and reliable prediction methods based on coupled aeroelasticity, flight mechanics, structural dynamics, control systems, and nonlinear analysis. In particular, it is necessary to enhance and calibrate existing numerical tools and develop new numerical tools for predicting complex aeroelastic phenomena, including those due to aerodynamic and structural nonlinearities with a high level of accuracy. One of the objectives of this talk is aimed in this direction.

In this effort, a method to simulate unsteady, nonlinear, incompressible, aeroelastic behavior is presented, and to demonstrate the method, the focus is on wing flutter. The approach is to treat the flowing air, the wing structure, and control system (when there is one) as elements of a single dynamic system and to numerically integrate all of the governing equations simultaneously and interactively in the time domain. In so doing, the flowfield and the motion of the wing are calculated simultaneously. To develop the present simulations, it was necessary to overcome the following fundamental problem: to calculate the flowfield, and then, the aerodynamic loads, one must know the motion of the wing, and to calculate the motion of the wing, one must know the loads. Since these simulations are not restricted to linear equations of motion or periodic responses, the classical approaches to resolving this dilemma could not be used. The present simulations are used to predict the onset of flutter as well as some post-flutter behavior, and this approach is very effective for developing active-control strategies to suppress flutter and reduce the response to wind gust. The developed numerical simulations captured transient as well as steady-state responses, showed the merging of multiple frequencies in the pre-flutter response as the first critical speed is approached, and revealed consequences of a secondary Hopf bifurcation in the post-flutter response at the second critical speed, resulting in modulated amplitudes and frequencies; that is, a two-period quasi-periodic motion.

The current aeroelastic simulations required the development of five essential components: (1) a model of the flowfield to predict the loads on the wing, (2) a model of the structure to predict the response of the wing to these loads and to provide the boundary conditions for the flowfield, (3) a model of the control system when there is one, (4) a scheme for inter-model communication, and (5) a method to numerically integrate all of the nonlinear, coupled governing equations simultaneously and interactively in the time domain. Each will be briefly described, and then a few numerical examples will be presented.

MATHEMATICAL MODELLING AND NUMERICAL SIMULATION OF RADON-222 EXHALATION FROM PHOSPHOGYPSUM-BEARING MATERIALS AND ITS AIR-BORNE CONCENTRATION

José Antonio Rabi

Departamento de Engenharia de Alimentos
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Universidade de São Paulo
Av. Duque de Caxias Norte, 225
Pirassununga, SP, 13635-900, Brasil
E-mail: jrabi@fzea.usp.br

Resumen

Fosfoyeso es un subproducto de la industria de fertilizantes fosfatados que en la actualidad tiene su valor en escala de explotación comercial disminuido debido al potencial impacto radiológico relatado para el ^{222}Rn y su corta progenie de vida. El ^{222}Rn es un radionuclideo (resultado del α -decaimiento del ^{226}Ra , una impureza comúnmente encontrada en el fosfoyeso) que puede ser inhalado por humanos o penetrar en materiales orgánicos. Comprender toda la complejidad de la exhalación del ^{222}Rn desde materiales que contienen fosfoyeso es un problema típico de simulación numérica, particularmente si la dependencia del tiempo, dominios 2-D o 3-D o efectos convectivos deben ser investigados. De esta forma un simulador de volumen finito, empleado con éxito para transferencia de calor y masa en medios parcial o completamente compuestos de material poroso, fue continuamente adaptado para suministrar la distribución de la concentración en el aire del ^{222}Rn relacionada a los materiales con fosfoyeso utilizados en la formación de pilas, terraplén, ladrillos de construcción y piezas semi-prontas para obras.

Abstract

Phosphogypsum is a by-product from the phosphate fertilizer industry, which has presently little (if any) economic value and whose large-scale commercial exploitation deals with potential radiological impact related to radiation from ^{222}Rn and its short-lived progeny. As ^{222}Rn is a gaseous radionuclide (resulting from the α -decay of ^{226}Ra , an impurity commonly found in phosphogypsum), it can be inhaled by humans and/or penetrate into organic materials. Comprehensive understanding of ^{222}Rn exhalation from phosphogypsum-bearing materials and its accumulation into air is likely to rely on numerical simulation, particularly if time-dependence, 2-D or 3-D domains and convective effects should be investigated. Accordingly, an existing finite-volume numerical simulator (successfully employed for heat and mass transfer in media partially or fully filled with porous material) has been continuously adapted in order to provide air-borne ^{222}Rn concentration distributions concerning phosphogypsum-bearing materials such as stacks, embankments, building blocks and housing panels.

SOME ASPECTS ON THE DYNAMICAL MODELING OF NUTRIENT UPTAKE FOR ROOT CROPS

Juan C. Reginato¹ – Domingo A. Tarzia²

¹ Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales.
Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nacional 36 - Km. 601, X5804BYA Río Cuarto,
Córdoba, Argentina

E-mail: jreginato@exa.unrc.edu.ar

² Departamento de Matemática – CONICET, Facultad de Ciencias Empresariales,
Universidad Austral, Paraguay 1950, S2000FZF Rosario, Argentina

Resumen

La toma de nutrientes por raíces de cultivos es un fenómeno complejo que involucra a un sistema radical desde el punto de vista de su fisiología, genética, bioquímica, crecimiento y arquitectura así como al suelo y su status químico, mecánico y microbiológico. Asimismo es de gran importancia la interfase raíz suelo (rizósfera y micorrizósfera). Los primeros modelos muy simplificados de toma de nutrientes por raíces de cultivos ha sido estudiada mediante la formulación de modelos mecanísticos basados en ecuaciones diferenciales de transporte y absorción de iones sobre dominios fijos (Cushman, 1979, Barber, 1995) y los mismos han sido empleados en la aplicación de fertilizantes y otras técnicas agrícolas. A partir de 1990 se proponen modelos también simplificados de crecimiento de raíces y toma de nutrientes similares mediante la formulación de modelos de frontera libre y móvil que tienen en cuenta el volumen variable de suelo disponible que el sistema radical encuentra en su crecimiento (Reginato, 1990; Reginato, 2000). Así para nutrientes de baja disponibilidad (P y K) el modelo de frontera libre nos provee con criterios de optimización de toma de nutriente en función de parámetros relevantes del sistema raíz-planta y en consecuencia de las tecnologías empleadas (biotecnología, fertilización y laboreo). En este modelo las soluciones son obtenidas mediante la aplicación del método cuasi-estacionario. Por otra parte el modelo de frontera móvil el cual es resuelto mediante la aplicación del método del balance integral es aplicado a diferentes cultivos obteniéndose una mejor predicción de la toma de nutrientes en aproximadamente un 5%. Por ser de vital importancia en los errores estimados en la toma predicha se presenta un método alternativo de determinación de parámetros cinéticos de absorción de nutrientes y su comparación con otros métodos utilizados. El método combina un procedimiento analítico con un método de cuadrados mínimos no lineales.

Abstract

Nutrient uptake by roots of crops is a complex phenomenon that it involves to a radical system from the point of view of his physiology, genetics, biochemistry, growth and architecture as to the soil and its chemical, mechanical and microbiological status. Also it is of great importance the interface root-soil (rhizosphere and mycorrhizosphere). The first very simplified models of nutrients uptake by roots of crops has been studied by means of the formulation of mechanistic models based on transport and absorption differentials equations on fixed dominions (Cushman, 1979, Barber, 1995) being used in the application of fertilizers and other agricultural techniques. From the 90's similar models of root growth and nutrient uptake by means of the formulation of free and moving boundary models taking into account the variable available soil volume that the radical system finds in its growth (Reginato, 1990; Reginato, 2000) had been proposed. Thus for nutrients of low availability (P and K) the free boundary model provides to us with optimization criteria of nutrient uptake based on relevant parameters of the system root-plant and consequently of the used technologies (biotechnology, fertilization and tillage). In this model the solutions are obtained by means of the application of the quasistationary method. On the other hand the moving boundary model which is solved by means of the application of the integral balance method it is applied to different crops to allows one better prediction of nutrient uptake in approximately 5%. By being of vital importance in the estimated errors of the predicted uptake we propose an alternative method of determination of kinetic parameters of absorption of nutrients and its comparison with other used methods. The method combines an analytical procedure with a method of nonlinear minimum squares.

MULTICOMPONENT DIFFUSION DURING SALTING AND RIPENING CHEESES

Amelia C. Rubiolo

Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, CONICET-UNL, Instituto de Tecnología de Alimentos. FIQ, UNL.
Güemes 3450, S3000GLN Santa Fe, Argentina.

Resumen

Utilizando las soluciones de la segunda ley de Fick de la difusión de solutos en sólido en estado no estacionario con las condiciones de contorno apropiadas se obtuvieron las ecuaciones matemáticas que permitan modelar la transferencia de NaCl y KCl durante el salado y la maduración de quesos. Se consideró que la resistencia externa a la transferencia de materia es despreciable y el equilibrio entre el queso y la salmuera es alcanzado como las condiciones de contorno para el salado y que el sólido es homogéneo con una distribución de concentración de sal no uniforme y las superficies del queso impermeables después del ingreso fueron las correspondientes para el proceso de maduración. Las concentraciones de las sales fueron experimentalmente determinadas y calculadas a distintos tiempos y en diferentes fracciones en el queso con pequeños errores. El tiempo de salado para alcanzar un valor final y uniforme de concentración después de la distribución y el tiempo para conseguir dicha distribución durante la maduración fueron estimados por el modelo y verificado experimentalmente.

La difusión simultánea del ácido láctico y el agua en el queso durante el salado, también fueron experimentalmente y teóricamente estudiadas usando los modelos de transporte de materia de multicomponente. Los datos de concentración promedio experimental de este soluto en el queso a distintos tiempos del proceso de salado fueron correlacionados para obtener el valor del coeficiente de difusión. Utilizando un modelo de tres componentes, los valores de los coeficientes principal y secundario para el NaCl y el ácido láctico mostraron que la interacción entre ellos no es recíproca. La velocidad de difusión del NaCl resultó ser independiente del gradiente de concentración del ácido láctico, mientras que la difusión del ácido láctico fue doce veces mayor debido al cambio de concentración de la sal en el queso. Los resultados mostraron la importancia del uso de modelos de transporte de multicomponentes para evaluar la variación de solutos en la variación global de los flujos.

Abstract

Fick's second law for unsteady-state diffusion in solid media with the appropriate surrounding conditions was used to develop mathematical equations for modelling the mass transfer of NaCl and KCl in cheese during salting and ripening. Negligible external mass transfer resistance, and an equilibrium between cheese and brine solution were bounding conditions assumed for salting process and a homogeneous solids with non uniform initial concentrations distributions and cheese surfaces rendered impermeable after brining were those for the case of ripening process. Solute concentrations were experimentally and theoretically determined at different times and in different positions. The salting time to reach an average salt concentration in cheese after distribution was evaluated and the time to reach homogeneous distributions during ripening was estimated by the model and verified experimentally.

The simultaneous diffusion of NaCl, lactic acid and water in cheese during brining, also were experimentally and theoretically evaluated using multicomponent and pseudobinary mass transport models. The average concentration data of each solute in the solid at different process times were correlated with theoretical models determining the diffusion coefficient values for each solute. Applying a ternary model, main and cross diffusion coefficient values for NaCl and lactic acid showed a non-reciprocal flux interaction. The NaCl diffusion rate resulted independent of the lactic acid concentration gradient, while the lactic acid diffusion rate was increased twelve times due to NaCl concentration changes in the cheese. The results established the importance of using multicomponent mass transport models to evaluate the flux variation of solute in the global flux value.

SOLAR SYSTEMS DEVELOPMENT IN THE ARGENTINIAN NORTHWEST

Luis Saravia

INENCO (CONICET – UNSa), Salta

SIMPLE, PRACTICAL, AND EFFICIENT ON-LINE CORRECTION OF PROCESS DEVIATIONS: BATCH RETORT OPERATIONS

Simpson, R.

Departamento de Procesos Químicos, Biotecnológicos, y Ambientales; Universidad Técnica Federico Santa María; P.O. Box 110-V; Valparaíso, Chile.

Phone: 56-32-654302

Fax: 56-32-654478

E-mail: ricardo.simpson@usm.cl

Abstract

This paper describes a practical and efficient (nearly precise, yet safe) low-cost strategy for on-line correction of thermal process deviations during retort sterilization of canned foods. The strategy is intended for easy implementation in any cannery around the world with no need for on-site access to computer-based control systems and/or computer software of any kind. Commercial systems currently in use for on-line correction of process deviations do so by extending process time to that which would be needed had the entire process been carried out at the lower retort temperature reached at the lowest point in the deviation. This method of correction often results in significant unnecessary over-processing with concomitant deterioration in product quality, and costly interruption to the retort loading/unloading rotation schedules in retort cook room operations. These problems are addressed by a novel control strategy that takes into account the duration of the deviation in addition to the magnitude of the temperature drop. It calculates a "proportional" extended process time at the recovered retort temperature that will deliver the final specified target lethality with very little over processing in comparison to current industry practice. Results from an exhaustive "optimization" search routine using the complex method are also reported, that show the proposed strategy will always result in a corrected process that delivers no less than the final target lethality specified for the originally scheduled process. The proposed strategy will be of practical and easy implementation in any cannery around the world with no need for on-site access to computer-based control systems.

KEY WORDS: On-line Control, Low Acid Foods, Batch Retort g, Process Deviations.

SOME CONSIDERATIONS ON THE WELLPOSEDNESS MODEL FORMULATION OF A IMMERSION FRYING PROCESS IN HOT OIL APPLIED TO NATURAL POTATO

Luis T. Villa

INIQUI (CONICET-UNSa), Salta

Resumen

El objetivo del presente trabajo, consiste en abordar un análisis concerniente a la cuestión básica del buen planteo de la solución de un Problema de Frontera Libre-Móvil, unidimensional a dos fases para la ecuación del calor y difusión de materia. Tal problema, emerge del modelado de la Etapa Principal de un Proceso de Freído de papa natural por inmersión en aceite comestible caliente. Se provee un resultado sobre la unicidad de la solución del modelo analizado.

También se obtiene un resultado de dependencia monótona del avance de la Frontera Libre con la temperatura del baño de aceite y con la temperatura inicial de la porción de papa sometida a freído.

Abstract

The goal of the present work concern to the basic question of well-posedness of mathematical model formulation consisting in a one-dimensional two phase Initial Free-Moving Boundary Value Problem for the heat - diffusion equation. Such problem arise from the corresponding mathematical modeling of the so called Principal Stage(Bubbling Stage) during an Immersion Frying Process, applied to natural potato.

A result regarding the uniqueness of the solution is provided. Also, a result on monotone dependence for the progress of the free boundary with the oil bath temperaure and with the initial temperature of the potato sample are consigned.

MODELADO MATEMÁTICO DE LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA EN LOS PROCESOS DE CALENTAMIENTO Y DESCONGELACIÓN POR MICROONDAS

Laura Campañone y Noemí Zaritzky

Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos CIDCA (CONICET – UNLP) y Depto de Ing. Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata
zaritzky@volta.ing.unlp.edu.ar

Resumen

La utilización de equipos de microondas tanto para la descongelación como para el calentamiento de alimentos, ha ido creciendo en los últimos años. La congelación es un método muy difundido y eficiente de preservación de alimentos; la industria suele conservar sus materias primas en forma congelada y los procesos de descongelación empleados habitualmente son muy lentos, con el riesgo de crecimiento microbiano, deterioro del producto y excesiva pérdida de agua causada por exudado. El empleo de microondas para la descongelación acelera el proceso ya que aumenta la velocidad de calentamiento de los productos, debido a su capacidad de generar energía dentro del sistema por interacción de la radiación electromagnética con las moléculas de agua. Si embargo, durante la descongelación y el calentamiento de alimentos con microondas se generan algunos problemas asociados a la distribución de la temperatura dentro del sistema. Uno de los inconvenientes más importantes es la aparición de puntos calientes en distintas zonas, lo cual depende fuertemente de la geometría del producto. En el caso de la descongelación, los problemas asociados a la desigual distribución de temperaturas están además generados por la absorción preferencial de la energía electromagnética por parte del agua no congelada, debido a las diferencias entre sus propiedades dieléctricas y las correspondientes al hielo (“runaway”); durante la descongelación puede ocurrir que mientras el hielo aun permanezca en algunas zonas, en otras el agua líquida se evapore y el producto se seque. Este ha sido un factor determinante en la aplicación de la tecnología de microondas a nivel industrial.

Con el fin de caracterizar las distribuciones de temperatura dentro de los productos, se ha abordado la simulación matemática del calentamiento y descongelación con el empleo de microondas a través de la solución numérica de las ecuaciones diferenciales a derivadas parciales en estado transiente, lo cual proporciona una descripción del comportamiento del material durante el proceso. Al respecto se analizó el calentamiento de productos alimenticios con distintas propiedades térmicas y dieléctricas, y se consideraron alimentos de tamaños similares a los que se usan industrialmente. Para describir el término no lineal de generación interna que representa la absorción de energía electromagnética, se ha empleado la aproximación de la Ley de Lambert, válida en sistemas de gran tamaño para los cuales se obtienen resultados equivalentes a los calculados por la aplicación de las leyes de Maxwell. Dicha ley considera la potencia superficial y el factor de atenuación que a su vez es función de la constante dieléctrica y del factor de pérdida. La solución numérica del balance térmico se obtuvo empleando un método de diferencias finitas implícito en sistemas unidimensionales y un método de dirección alternante en sistemas bi y tridimensionales. Se utilizaron en la simulación, propiedades térmicas y dieléctricas del alimento, variables con la temperatura. En el caso de calentamiento el modelo ha permitido analizar el efecto de la geometría, en la posición de los puntos calientes del sistema, simulando la transferencia térmica en esferas, cilindros finitos y paralelepípedos. Los resultados mostraron que los máximos de temperatura en cilindros y esferas se localizaban en los correspondientes centros geométricos, mientras que en el caso de paralelepípedos los puntos calientes se producían en los vértices. Para el caso de descongelación, se simularon a distintos tiempos, los perfiles de temperatura en el alimento; asimismo se analizó el efecto de diferentes factores en los tiempos de proceso, tales como presencia de grasa en el alimento, utilización de aire forzado, potencia aplicada, y ciclos de encendido y apagado del equipo.

En todos los casos los perfiles de temperatura predichos fueron validados con datos experimentales obtenidos en nuestro laboratorio y datos publicados en la literatura.

El modelo numérico ha podido emplearse satisfactoriamente como una herramienta de diseño y optimización del proceso de calentamiento y descongelación de alimentos con microondas a los efectos de obtener productos de alta calidad.

Communications

Comunicaciones

MODELING VOLUME CHANGES IN FOOD PROCESSING

R. J. Aguerre¹, M. Tolaba², and C. Suarez²

¹ Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján (CONICET), Cruce Rutas 5 y 7, C.C. 221, (6700) Luján, Buenos Aires, Argentina. email: rojagu@mail.unlu.edu.ar.

² Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria. (1428) Buenos Aires. email: suarez@di.fcen.uba.ar

Abstract

Many processes in food technology involve water migration from or into the processed product. Rewetting is an important operation during the processing of grains as in rice parboiling, and corn wet milling. During soaking the kernels takes up water by diffusion and swells. Also, food dehydration is an important processing technique used to provide low cost, high quality, shelf stable products. Improvement of food water migration knowledge could result speeding up the processes, improving the quality of final products, and reducing energy costs. Modelling could help to achieve such improvements.

Our objective was to develop a mathematical model to describe the water migration process in a solid that undergoes volume changes, taking into consideration the variation of the diffusion coefficient with moisture concentration.

The adopted approach to simulate water migration in a spherical shape solid food is by means of Fick's second law. We assume volume additivity for water and dry solid ($\rho_A/\rho_w + \rho_B/\rho_S = 1$).

$$\frac{d\rho_A}{dt} = \frac{\partial\rho_A}{\partial t} + \frac{\partial\rho_A}{\partial r} \cdot \frac{dr}{dt} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \mathcal{D} \frac{\partial\rho_A}{\partial r} \right) + \frac{\partial\rho_A}{\partial r} \cdot \frac{dr}{dt} \quad (1)$$

Defining $r = z \cdot \mathcal{R}$, equation 1 can be rewritten as

$$\frac{d\rho_A}{dt} = \frac{1}{(z \cdot \mathcal{R})^2} \frac{\partial}{\partial z} \left(z^2 \mathcal{D} \frac{\partial\rho_A}{\partial z} \right) + \frac{1}{\mathcal{R}} \frac{\partial\rho_A}{\partial z} \cdot z \cdot \frac{d\mathcal{R}}{dt} \quad (2)$$

Where $\mathcal{R} = \mathcal{R}_0 (\rho_{B_0}/\bar{\rho}_B)^{1/3}$. Defining:

$$R = \frac{\mathcal{R}}{\mathcal{R}_0}; \quad D = \frac{\mathcal{D}}{\mathcal{D}_0}; \quad c = \frac{\rho_A - \rho_\infty}{\rho_0 - \rho_\infty}; \quad Fo = \frac{\mathcal{D}_0 t}{\mathcal{R}_0^2}$$

Introducing into equation 2 we obtain:

$$\frac{dc}{dFo} = \frac{1}{(z \cdot R)^2} \frac{\partial}{\partial z} \left(z^2 D \frac{\partial c}{\partial z} \right) + \frac{z}{R} \frac{\partial c}{\partial z} \frac{dR}{dFo} \quad (3)$$

The surface flux of water is:

$$\phi = -\mathcal{D} \frac{\partial\rho_A}{\partial r} \Big|_{r=\mathcal{R}} = -\frac{(\rho_0 - \rho_\infty)}{\mathcal{R}} \cdot \mathcal{D} \frac{\partial c}{\partial z} \Big|_{z=1} = -\frac{(\rho_0 - \rho_\infty)}{R \cdot \mathcal{R}_0} \cdot \mathcal{D} \frac{\partial c}{\partial z} \Big|_{z=1} \quad (4)$$

But also is

$$\phi = \frac{dm_A}{A \cdot dt} = \frac{\rho_w}{A} \frac{dV}{dt} = \rho_w \frac{d\mathcal{R}}{dt} = \frac{\mathcal{D}_0}{\mathcal{R}_0} \rho_w \frac{dR}{dFo} \quad (5)$$

Then

$$\frac{dR}{dFo} = -\frac{(\rho_0 - \rho_\infty)}{R \cdot \rho_w} \cdot \mathcal{D} \frac{\partial c}{\partial z} \Big|_{z=1} \quad (6)$$

Hence, equation 2 can be rewritten as

$$\frac{dc}{dFo} = \frac{1}{(z \cdot R)^2} \frac{\partial}{\partial z} \left(z^2 D \frac{\partial c}{\partial z} \right) - \frac{z(\rho_0 - \rho_\infty)}{R^2 \cdot \rho_w} \left(\left[D \frac{\partial c}{\partial z} \right]_{z=1} \right) \frac{\partial c}{\partial z} \quad (7)$$

To solve equation 7, the following initial and boundary conditions are assumed:

$$c = 1 \quad \text{at} \quad Fo = 0 \quad \text{and} \quad 0 \leq z \leq 1 \quad (8)$$

$$\frac{\partial c}{\partial z} = 0 \quad \text{at} \quad Fo > 0 \quad \text{and} \quad z = 0 \quad (9)$$

$$c = 0 \quad \text{at} \quad Fo > 0 \quad \text{and} \quad z = 1 \quad (10)$$

Equation 7 together with the initial and boundary conditions (8, 9, 10) were solved numerically in order to simulate the behaviour of food solids. The non-linear differential equation with variable diffusivity was solved numerically using the Lees tree-time-level method. The numerical results obtained differ from the solution of Fick's equation without volume change and constant diffusivity commonly used in literature. The present model could be applied to grain processing as drying and parboiling.

Nomenclature

A	Sphere surface area, m^2
c	Water concentration, dimensionless
D	Effective diffusion coefficient, $m^2 s^{-1}$
D_o	Effective diffusion coefficient at initial moisture content, $m^2 s^{-1}$
D	Effective diffusion coefficient, dimensionless
Fo	Fourier number
m_A	Water content, kg
r	Radial coordinate, m
R	Sphere radius at time t, m
R_o	Initial sphere radius, m
R	Sphere radius at time t, dimensionless
t	Time, s
V	Sphere volume, m^3
z	Radial coordinate, dimensionless
ϕ	Water flux, $kg m^{-2} s^{-1}$
ρ_A	Water concentration, $kg m^{-3}$
ρ_B	Solid concentration, $kg m^{-3}$
ρ_B	Solid concentration, $kg m^{-3}$
ρ_w	Water density, $kg m^{-3}$
ρ_S	Solid matrix density, $kg m^{-3}$
ρ_{B_o}	Initial solid concentration, $kg m^{-3}$
$\bar{\rho}_B$	Average solid concentration, $kg m^{-3}$
ρ_o	Initial water concentration, $kg m^{-3}$
ρ_∞	Equilibrium water concentration, $kg m^{-3}$

TRANSFERENCIA TERMICA CONJUGADA EN RECINTOS TRAPEZOIDALES APILADOS SEPARADOS CON DISTINTOS MATERIALES

Ana María Aramayo, Sonia Esteban, Luis Cardón

INENCO, Departamento de Matemática y de Física.
Facultad de Ciencias Exactas, UNSa
Buenos Aires 177, 4400 Salta, Argentina (aramayo@unsa.edu.ar)

Resumen

En los desalinizadores de múltiple efecto, el calor de condensación liberado en una etapa se reutiliza para evaporar más líquido contenido en la etapa superior. En ellos, se usa un apilamiento de bateas (que se modela bidimensionalmente como recintos trapezoidales), separadas por algún material (superficie separadora) que permita la transferencia de calor de una etapa a otra y a su vez facilita el deslizamiento del condensado. La temperatura de la superficie de separación está controlada por los flujos convectivos desarrollados en los recintos superior e inferior adyacentes a esta superficie. En este trabajo se realiza un análisis del efecto del material y espesor de la superficie separadora, en la transferencia de calor global y local. En otro trabajo (Esteban, et. al. MECOM 2005), se estudia los aspectos relacionados con la transferencia de masa. La superficie de separación se modela imponiendo viscosidad elevada de manera de bloquear el movimiento. Se ha optado por discretizar la superficie separadora con un número fijo de nodos, lo que resulta en un espesor determinado, en general, diferente del espesor del material real y dependiente de la discretización. Para solucionar este inconveniente se modifican las propiedades del material discreto, de manera que la resistencia y la capacidad térmica del modelo discreto y el real sean las mismas, volviendo así a retomar el modelo físico, cualquiera sea el espesor del material utilizado.

En este trabajo, se estudia el comportamiento térmico de ambos recintos, acoplados por la conducción de calor de la superficie de separación. El dominio de cálculo se discretiza con el método de volúmenes de control y se resuelve sobre ellos las ecuaciones de Navier Stokes bajo la aproximación de Boussinesq, la de continuidad y la conservación de la energía. Se presentan los resultados para el caso en que la superficie sea de vidrio, de acero o de aluminio y con espesores e de 2, 3, 4 y 6 mm. Se obtuvieron distintas correlaciones lineales múltiples de Nusselt global (Nu), para los tres materiales, en función del número de Rayleigh (Ra_T) y del espesor adimensional de la superficie separadora (d), a fin de analizar la dependencia de la transferencia de calor con los distintos materiales utilizados. La correlación encontrada es $Nu_v = 0.010651 d^{-0.60007} Ra_T^{0.14994}$

cuando la superficie separadora es de vidrio; $Nu_{ac} = 0.14081 d^{-0.085} Ra_T^{0.20523}$ para el caso del acero y $Nu_{al} = 0.19625 d^{-0.03431} Ra_T^{0.20629}$ para el aluminio. Se observa, en todos los casos, que a medida que aumenta el espesor de los materiales la transferencia de calor disminuye (exponente negativo en d); en cambio, el aumento de Ra_T produce un incremento en el Nu . Observando los valores de los exponentes, se deduce que existe una mayor dependencia de Nu con el espesor para el caso de una superficie de vidrio; que para los dos materiales restantes, donde dicha dependencia es mínima. Por otro lado la dependencia de Nu con Ra_T es mayor para el aluminio.

En este trabajo, además, se describen los patrones de temperatura, de flujo; los cuales corresponden a flujos tipo convectivo unicelular y multicelular. En la superficie separadora, dependiendo del material, la temperatura se mantiene constante o bien se establece un gradiente de temperatura, se muestran en estos casos los perfiles obtenidos.

REFERENCIAS

1. "CONVECCION NATURAL CONJUGADA CON TRANSFERENCIA DE VAPOR EN RECINTOS TRAPEZOIDALES APILADOS", Sonia Esteban, Ana María Aramayo, Luis Cardón, MECOM, 2005.

EFFECTOS DE LA TRANSFERENCIA DE MATERIA EN EL COMPORTAMIENTO DE UN REACTOR FOTOCATALÍTICO DE LECHO SUSPENDIDO

M. Ballari, O. Alfano, A. Cassano

INTEC (CONICET – UNL) Güemes 3450, 3000, Santa Fe, Argentina.
ballari@ceride.gov.ar

Resumen

La fotocatalisis es una técnica avanzada de oxidación para descontaminación de agua y aire. Este proceso utiliza un semiconductor como catalizador, generalmente dióxido de titanio, que es activado por radiación ultravioleta. La ventaja de esta técnica es que logra mineralizar completamente los compuestos orgánicos contaminantes.

Uno de los tantos compuestos clorados estudiados es el ácido dicloroacético, cuya cinética intrínseca fue desarrollada por Zalazar et al. (2005), y ha sido seleccionado como compuesto modelo para este trabajo. La mayoría de estos estudios fueron realizados bajo condiciones ideales de operación del reactor, es decir, admitiendo la hipótesis de mezcla perfecta. En el presente trabajo se modela el comportamiento de un reactor fotocatalítico de placas planas y lecho suspendido bajo condiciones parcialmente alejadas del régimen cinético puro. Esto implica que la velocidad de reacción deja de aumentar con la concentración de catalizador, y comienza a disminuir, ya que la reacción está controlada parcialmente por difusión. Esto ha sido observado experimentalmente por Mehrotra et al. (2003), pero no se lo ha situado bajo un marco teórico cuantitativo.

Para ello se plantea un balance de materia bidimensional y la ecuación de transferencia de radiación (RTE) en la zona de reacción, que pertenece a un sistema de recirculación batch. Para resolver el balance de materia, representado por una ecuación diferencial en derivadas parciales de segundo orden no lineal, se aplica el método de diferencias finitas. Además se emplea el método de la ordenada discreta para resolver la ecuación integro diferencial correspondiente a la RTE. Con este método numérico se resuelve el perfil de intensidad de radiación en el reactor, que sirve para calcular la velocidad local de absorción de fotones (LVRPA). La LVRPA, a su vez, es necesaria para resolver el balance de materia, ya que la expresión de la velocidad de reacción es función de esta variable de radiación. De este modo se predice bajo que condiciones de operación del reactor (caudal de recirculación y concentración de catalizador) comienzan las limitaciones a la transferencia de materia y desaparece el control cinético. Esta simulación se compara con el modelo de mezcla perfecta, para verificar la consistencia del modelo propuesto.

REFERENCIAS

- K. Mehrotra, G. S. Yablonsky, A. K. Ray, "Kinetic Studies of Photocatalytic Degradation in a TiO₂ Slurry Systems: Distinguishing Working Regimes and Determining Rate Dependences", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 42, 2273-2281, 2003.
- C. Zalazar, R. L. Romero, C. A. Martín, A. E. Cassano, "Photocatalytic intrinsic reaction kinetics I: Mineralization of dichloroacetic acid", *Chem. Eng. Science*, 60, 5240-5254, 2005.

SOLUCIÓN EXACTA A UN PROBLEMA DE STEFAN A UNA FASE CON COEFICIENTES TÉRMICOS NO LINEALES

Adriana C. Briozzo (1) - Ma. Fernanda Natale (1) - Domingo A. Tarzia (1) (2)

(1) Depto. de Matemática, FCE, Univ. Austral,
Paraguay 1950, S2000FZF Rosario, Argentina.

(2) CONICET.

Resumen

Se estudia un problema de Stefan a una fase con coeficientes térmicos no lineales siguiendo la idea de [Ti]. Se considera el siguiente problema de fusión para un material semi-infinito

$$\begin{aligned}\rho(T) c(T) T_t &= (k(T) T_x)_x, & 0 < x < s(t), & \quad 0 < t < T \\ T(0, t) &= T_b, & T(s(t), t) &= T_m, & \quad 0 < t < T \\ k(T(s(t), t)) T_x(s(t), t) &= -\rho_0 l s'(t), & \quad 0 < t < T \\ s(0) &= 0\end{aligned}$$

donde $T = T(x, t)$ es la temperatura de la fase sólida, $\rho(t), c(T), k(t)$ son la densidad, el calor específico y la conductividad térmica respectivamente, T_m es la temperatura de cambio de fase, $T_b > T_m$ es la temperatura sobre el borde fijo $x = 0$, $\rho_0 > 0$ es la densidad de masa constante a la temperatura de fusión, $l > 0$ es el calor latente de fusión por unidad de masa y $s(t)$ es la posición de la frontera libre. Se obtienen condiciones suficientes sobre los datos a fin de obtener existencia de solución de tipo similaridad usando un doble punto fijo a través de una ecuación integral de tipo Volterra acoplada con una ecuación trascendente en \mathbb{R} .

REFERENCIAS

[Ti] G.A. Tirsikii, "Two exact solution of Stefan's nonlinear problem", Soviet Physics Doklady, 4 (1959), 288-292

UN PROBLEMA DE STEFAN PARA UNA ECUACIÓN NO CLÁSICA DEL CALOR CON CONDICIÓN DE FLUJO DE CALOR EN EL BORDE FIJO

Adriana C. Briozzo (1) - Domingo A. Tarzia (1) (2)

(1) Depto. de Matemática, FCE, Univ. Austral,
Paraguay 1950, S2000FZF Rosario, Argentina.

(2) CONICET.

Resumen

Se considera el siguiente problema de frontera libre (problema de Stefan a una fase) para la temperatura $z(x, t)$ y la frontera libre $x = s(t)$ para una ecuación no clásica del calor [Ta]. Se supone la existencia de una fuente de energía modelizada por una función de control F que depende de la evolución de la temperatura en el extremo $x = 0$ dado por las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned}z_t - z_{xx} &= -F(z(0, t)), & 0 < x < s(t), & 0 < t < T \\z_x(0, t) &= -g(t) \geq 0, & 0 < t < T \\z(s(t), t) &= 0, & z_x(s(t), t) &= -\dot{s}(t), & 0 < t < T \\z(x, 0) &= h(x), & 0 \leq x \leq b = s(0)\end{aligned}$$

Se prueba que el problema de frontera libre es equivalente a un sistema de ecuaciones integrales en las incógnitas $w(t) = z_x(s(t), t)$ y $W(t) = z(0, t)$. Para adecuados datos F , g y h , se demuestra la existencia y unicidad de solución para tiempos pequeños mediante la aplicación de un teorema de punto fijo usando técnicas de [Fr, Ru].

REFERENCIAS

- [Fr] A. Friedman, "Free boundary problems for parabolic equations I. Melting of solids", J. Math. Mech. 8 (1959), 499-517.
[Ru] I. Rubinstein, "The Stefan problem", Trans. Math. Monographs # 27, Amer. Math. Soc., Providence (1971).
[Ta] D.A. Tarzia, "A Stefan problem for a non-classical heat equation", MAT – Serie A, 3 (2001), 21-26.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA Y MATERIA DURANTE EL CALENTAMIENTO DE ALIMENTOS EN HORNO MICROONDAS

CAMPAÑONE, L.A. (1,2), PAOLA, A. (3) Y MASCHERONI, R.H (1,2)

- (1) MODIAL, Dpto. Ing. Qca., Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. lacampa@ing.unlp.edu.ar
- (2) Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (UNLP-CONICET). Calle 47 y 116. La Plata (1900) Argentina.
- (3) Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

Resumen

El empleo de las microondas durante el calentamiento de alimentos acelera el proceso, debido a su capacidad de generar energía dentro del producto por interacción de la radiación con las moléculas de agua. Un alimento que posea un bajo valor de conductividad térmica puede calentarse rápidamente utilizando microondas, lo cual no ocurre en los métodos tradicionales.

Sin embargo, existen algunos problemas asociados a la distribución no uniforme de la temperatura dentro del producto. Con el fin de caracterizar dicha distribución de temperatura se resolvieron los balances de energía y materia acoplados, teniendo en cuenta la absorción de energía electromagnética y considerando las propiedades térmicas, de transporte y electromagnéticas variables con la temperatura. Ambos balances constituyen ecuaciones diferenciales acopladas altamente no lineales, sin solución analítica, por lo tanto, se abordó la temática desde un punto de vista numérico. Para la resolución de las ecuaciones, en este trabajo se implementó el Método de Diferencias Finitas Implícito de Crank-Nicolson. Asimismo, los balances también se resolvieron empleando un software comercial (Femlab-Mathworks).

Para describir la interacción de la radiación electromagnética con los alimentos expuestos al calentamiento se emplearon las leyes de Maxwell; las mismas permiten calcular la distribución y absorción de energía dentro del alimento. Los resultados se compararon los obtenidos aplicando la ley de Lambert, la cual es válida para productos cuyos tamaños sean mayores a un valor crítico. Este valor crítico depende principalmente de la geometría del producto y de sus propiedades electromagnéticas.

Las predicciones numéricas se validaron exitosamente con datos experimentales obtenidos en nuestro laboratorio en bandejas de puré de papas y de carne picada. La simulación numérica permite evaluar el efecto de las condiciones particulares de los productos (composición y tamaño) y de las condiciones de operación (nivel de potencia) en los tiempos de proceso, en los perfiles de temperatura y concentración de humedad durante el calentamiento de alimentos.

MODELO DE RUPTURA DIELECTRICA POR AVALANCHA

P. L. Dammig Quiña^{a)}, L. Herrera^{b)}, V. Pastor^{a)}, N. Altamirano^{a)}, I. M. Irurzun^{a)}, E. E. Mola^{a)}.

a) Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas. INIFTA. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata. República Argentina.

b) Facultad de Química e Ingeniería "Fray Roger Bacon". Universidad Católica Argentina. Rosario, República Argentina. Correspondencia: eemola@inifta.unlp.edu.ar

Resumen

El modelado del proceso de ruptura dieléctrica de materiales sometidos a alto voltaje es importante para el desarrollo de nuevos materiales aislantes en las industrias eléctrica y de comunicaciones. Información experimental detallada muestra que el proceso de ruptura dieléctrica involucra la transferencia de energía con la consecuente acumulación progresiva de daño en el material. Esta acumulación de daño produce finalmente la ruptura macroscópica del material, creando un camino conductor que inutiliza al material como aislante.

Experimentalmente se observa que la estructura geométrica de la ruptura tiene forma de árbol fractal. La dimensión fractal de estos árboles eléctricos depende de las características físicas del material y de las condiciones a las que está sometido. También es de interés el tiempo medio y la distribución de tiempos de ruptura.

Más recientemente se ha podido observar experimentalmente que el proceso dinámico de ruptura es de naturaleza caótica.

En los últimos años se han desarrollado diversos modelos para simular el proceso de ruptura, como el DLA (Agregación Limitada por Difusión) (1) o el DBM (modelo de Ruptura Dieléctrica) (1-5). Si bien estos modelos son capaces de predecir la naturaleza fractal de los árboles de ruptura, no pueden reproducir la dinámica del proceso. Además no es posible relacionar los parámetros de los modelos con las características físicas del material. Tampoco tienen en cuenta la transferencia de energía que produce daño en el material.

Actualmente estamos desarrollando un modelo de ruptura capacitivo, el cual es capaz de representar adecuadamente la geometría de los árboles fractales considerando explícitamente las características del material, así como su distribución espacial. Por ejemplo, las diferentes fases cristalinas que pueden presentar los materiales poliméricos, se representan con diversas distribuciones espaciales de voltajes de ruptura, de acuerdo con las medidas experimentales. Es posible simular procesos de envejecimiento y ensayos en los que el material está sometido a rampas de potencial. Este modelo capacitivo reproduce cualitativamente la dinámica del proceso de ruptura (acumulación de daño progresivo) que se observa experimentalmente.

Sin embargo el modelo no considera explícitamente la transferencia de energía y por lo tanto no muestra la acumulación de daño en el material. Tampoco representa la dinámica caótica del proceso de ruptura.

El modelo de ruptura por avalancha que estamos desarrollando, es un modelo detallista, de primeros principios, del proceso de ruptura dieléctrica. Tiene en cuenta explícitamente el proceso de transferencia de energía del campo eléctrico al material con la consiguiente acumulación del daño eléctrico. Es capaz de predecir la geometría de los árboles eléctricos, así como la naturaleza caótica del proceso dinámico de ruptura. Los resultados están de acuerdo con las medidas experimentales de extensión y velocidad de propagación del daño eléctrico.

En esta comunicación se presentan, en comparación con resultados experimentales, el modelo capacitivo y en particular el modelo de ruptura por avalancha, y los procesos de transferencia de energía y acumulación de daño asociados.

REFERENCIAS

1. Thermodynamic Approach to Electrical Tree Formation, E E Mola, et al, *Phys Rev E* 57 (1998)R1
2. Fractal analysis of electrical trees in a cross-linked synthetic resin. E E Mola, et al *Phys Rev E* 63 (2000) 016110.
3. Dielectric Breakdown in Solids modeled by DBM and DLA, E E Mola, et al *Chaos, Solitons and Fractals* 13 (2002) 1333.
4. Dielectric Breakdown Model for Composite Material, E E Mola et al, *Phys Rev E* 67 (2003) 066121.
5. Dielectric Breakdown Model for Conductor-loaded and insulator-loaded composite materials, E E Mola et al, *Phys Rev E* 69 (2004) 016123

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL MODELADO DE UN REACTOR SOLAR PARA LA DEGRADACIÓN DE UN CONTAMINANTE ORGÁNICO

Jorgelina Farias¹, Enrique D. Albizzati², Orlando M. Alfano¹

(1) Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y Universidad Nacional del Litoral (UNL). E-mail:alfano@intec.unl.edu.ar

(2) Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral (UNL).

Resumen

En este trabajo se presenta el modelado de un reactor asistido con radiación UV solar, que permite evaluar el efecto de la temperatura en la degradación de un contaminante orgánico modelo, el ácido fórmico, usando las reacciones de Fenton y foto-Fenton. La radiación solar incidente sobre la ventana del reactor, construida con dos placas planas paralelas de acrílico transparente a la radiación ultravioleta, se discrimina en sus componentes directa y difusa. La transmitancia UV solar se determina aplicando el método de los flujos netos y adoptando para la componente difusa el valor de la transmitancia de la radiación directa incidente con un ángulo cenital de 60°. Los valores teóricos de la transmitancia fueron verificados mediante la medición en un espectrofotómetro UV-Visible. Resolviendo el balance de materia en el sistema y teniendo en cuenta los volúmenes irradiado y no irradiados, se obtiene la evolución temporal de las concentraciones de ácido fórmico y peróxido de hidrógeno, según lo propuesto en [1,2]. La expresión cinética considera la dependencia con la temperatura dada por la ecuación de Arrhenius [3]. La relación funcional de la temperatura con el tiempo resulta de aplicar un balance de energía térmica en el volumen de fluido en el reactor y en el resto del sistema, constituido fundamentalmente por el tanque de almacenamiento. La expresión resultante incluye un parámetro térmico del sistema global y otro óptico del reactor solar. Para el conjunto de variables de operación analizadas, las predicciones teóricas del modelo del reactor solar proveen la evolución temporal de las concentraciones del ácido fórmico y del peróxido de hidrógeno, como así también la conversión de los mismos, en un rango fijado para la relación molar inicial peróxido de hidrógeno /ácido fórmico.

REFERENCIAS

1. Rossetti G. H., Albizzati E. D., Alfano O. M., 2002, Descomposition of Formic Acid in a Water Solution Employing the Photo-Fenton Reaction. *Ind. Eng. Chem. Res.* 41, 1436-1444.
2. Rossetti G. H., Albizzati E. D., Alfano O. M., 2004, Modeling of a flat-plate solar reactor. Degradation of formic acid by the photo-Fenton reaction. *Solar Energy* 77, 461-470.
3. G.E. Rossetti, E.D. Albizzati, O.M. Alfano, Effects of Temperature and Ultraviolet Solar Radiation on Degradation of Formic Acid using the Fenton Reactions, *Actas del 2º Congreso de Ingeniería Química del Mercosur y 4º Congreso del Mercosur de Ingeniería de Sistemas y Procesos - ENPROMER 2005*, Río de Janeiro, Brasil, agosto de 2005.

MODELLING AND OPTIMIZATION OF A BIOETHANOL STEAM REFORMER FOR FUEL CELL SYSTEMS

Javier A. Francesconi, Miguel C. Mussati, Nicolas J. Scenna and Pio A. Aguirre.

INGAR-Instituto de Desarrollo y Diseño / CONICET
Avellaneda 3657, (3000) Santa Fe, Argentina
E-mail: paguir@ceride.gov.ar

Abstract

Fuel cell power systems for transportation applications have received increased attention in last years because of their potential for high fuel efficiency and lower emissions. The operation conditions of automotive vehicles require short times of start-up, light equipment, volumes reduced and efficient operation at different conditions [1]. Thus, small size process units and specific designs are required. A model-based reactor optimization permits to obtain both designs for reducing volumes and optimal operation conditions as temperature and pressure profiles [2]. Many research and development projects have been conducting in both the fuel cell itself and the fuel processors for generating hydrogen. There exist several routes for hydrogen production from the primary fuels [3]. Ethanol presents several advantages related to natural availability, storage and handling safety, ethanol can be produced renewably from several biomass sources. Besides the bioethanol-tohydrogen system has the significant advantage of being nearly CO₂ neutral, since the produced carbon dioxide is consumed for biomass growth, thus offering a nearly closed carbon loop [4-5]. It is the goal of this communication to investigate the reformer reactor design of a bioethanol processor for proton exchange membrane (PEM) fuel cells. This works combines well-known models for the chemistry in the fixed-bed tube with energy modelling of the furnace chamber. A one-dimensional heterogeneous model of catalytic fixed-bed reactor located in a furnace chamber is developed and implemented for steam reforming of bioethanol into hydrogen for fuel cell applications. Differentialalgebraic equations (DAEs) describing conservation laws for mass, energy and radiation are solved. Two concepts of steam reforming with different configuration of the furnace chamber are evaluated. The reforming process is endothermic and requires an external heat supply from hydrocarbon combustion. Then, a design for improving the heat transfer and satisfying the production levels required and the restrictions of admissible pressure drop is needed. By modelling the combustion chamber coupled to the reformer allowed optimizing the design variables to reduce the total equipment volume. The model computes the exigencies required for the constructive materials, such as maximum operation temperature for steel, refractory and insulating materials.

An optimization problem was formulated to optimize the operative and design variables that minimize the system volume or weight. The optimization problem determines the optimal value for reactor length, reactor diameter, catalyst particle diameter, furnace thickness, refractory and insulation thickness.

The DAEs system was implemented in gPROMS software (general Process Modelling System). The solver used in gPROMS is based on variable time step/variable order Backward Differentiation Formulae. The gPROMS optimization solver implements a "single-shooting" optimization algorithm. The developed model is useful for estimating the minimum and relative sizes of the reactor components and, more importantly, identifying the optimization opportunities for an improved global system performance.

Keywords: steam reforming; bioethanol; reformer, optimization.

REFERENCES

- [1] S. Ahmed, M. Krumpelt. *Hydrogen form hydrocarbon fuels for fuels cells*. Int.J.Hydrogen Energy, **26** (2001), 291-301.
- [2] J.A. Francesconi, M.C. Mussati, E.E. Miró, R.O. Mato, P.A. Aguirre. *Model-based optimization of reactors involved in the steam reforming of bioethanol*. Proceedings of 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering and 4th Mercosur Congress on Process Systems Engineering, (2005).
- [3] M. Krumpelt, T.R. Krause, J.D. Carter, J.P. Kopasz, S. Ahmed. *Fuel processing for fuel cell systems in transportation and portable power applications*. Catalysis Today **77**, (2002), 3-16.
- [4] E.Y. Garcia, M.A. Laborde. *Hydrogen Production by the Steam Reforming of Ethanol: Thermodynamic Analysis*. Int. J. Hydrogen Energy **16**, (1991), 307-312.
- [5] T. Ioannides. *Thermodynamic Analysis of Ethanol Processors for Fuel Cell Applications*. J. Power Sources **92**, (2001), 17-25.

MODELIZACION Y SIMULACION DE LA TEMPERATURA DE GRANOS ALMACENADOS EN SILOS

A. Gastón^{1,2}, R. Abalone^{2,3}, A. Cassinera³, M. A. Lara^{3,1}

¹-Consejo de Investigaciones (UNR).

²-Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (UNR).

³-Instituto de Física Rosario - IFIR - (CONICET- UNR).

⁴-Facultad de Ciencias Agrarias (UNR).

e-mail: analiag@fceia.unr.edu.ar / rabalone@fceia.unr.edu.ar / cassinera@ifir.edu.ar / malara@fceia.unr.edu.ar

Av. Pellegrini 250, (2000) Rosario. Argentina.

Resumen

La temperatura y la humedad son los dos factores más importantes que afectan la calidad de los granos durante el periodo de almacenamiento.

La temperatura del grano ensilado puede ser modificada tanto por fuentes internas como externas de calor alterando localmente las condiciones de equilibrio del grano con su medio ambiente. Las fuentes internas están asociadas a la respiración propia del grano, a la proliferación de insectos y hongos, siendo estas fuentes dependientes de la temperatura y del contenido de humedad del grano y del aire intergranular. Las fuentes externas dependen principalmente de la variación de las condiciones climáticas estacionales durante el tiempo de almacenamiento.

Gradientes de temperatura dentro de la masa de granos producen la migración de la humedad desde las zonas más calientes a las más frías y esta redistribución puede generar focos con condiciones propicias para el deterioro del grano almacenado.

Una metodología empleada para reducir estos riesgos es enfriar los granos por medio de sistemas de aereación. El conocimiento preciso de cómo evoluciona la distribución de temperatura y humedad durante largos periodos es fundamental para el diseño y mejoramiento de estos sistemas. La modelización numérica resulta ser una herramienta de gran utilidad para predecir el deterioro potencial en comparación con un costoso monitoreo permanente de la temperatura y de la humedad.

En este trabajo se comparan dos modelos bidimensionales para predecir la evolución de la distribución de temperatura de una masa de granos almacenados en un silo cilíndrico teniendo en cuenta las variaciones de la temperatura ambiente, la radiación solar y el viento. Se realizó un estudio de sensibilidad para determinar el efecto del diámetro del silo en la distribución de la temperatura.

El primer modelo considera simetría axial y permite calcular la distribución promedio de la temperatura del grano ensilado a partir de valores promedios de radiación solar incidente sobre la pared vertical.

El segundo modelo permite estimar las diferencias de temperaturas que se establecen en el plano horizontal en la zona media del silo debido a la diferencia que existe en la radiación solar incidente sobre las caras Norte, Sur, Este y Oeste.

Los modelos propuestos fueron resueltos por el método de elementos finitos y fueron empleados para evaluar la evolución de la temperatura de soja almacenada desde Mayo a Diciembre para las condiciones climáticas de Rosario.

SIMULACIÓN DE UN REACTOR FOTOCATALÍTICO MULTIANULAR PARA LA ELIMINACIÓN DE PERCLORORETILENO EN FASE GAS

Gustavo Imoberdorf, Alberto Cassano, Horacio Irazoqui and Orlando Alfano

INTEC (Universidad Nacional del Litoral and CONICET)

Güemes 3450, (3000) Santa Fe, Argentina

Fax: +54-342-455 9185, e-mail: alfano@intec.unl.edu.ar

Resumen

Los niveles de contaminación del aire atmosférico y de ambientes cerrados se han incrementado notablemente en los últimos años y constituye uno de los mayores problemas que enfrenta el hombre. Frecuentemente se encuentran contaminantes tales como los compuestos orgánicos clorados, los cuales son tóxicos, cancerígenos y extremadamente persistentes en el medio ambiente. Una alternativa efectiva para su eliminación es mediante reacciones fotocatalíticas que utilizan radiación UV y TiO_2 como catalizador, lo cual es una de las líneas de investigación de nuestro grupo.

Para el estudio de este tipo de reacciones se utilizamos percloroetileno (PCE) como contaminante modelo, el cual se emplea a escala industrial en operaciones de limpieza en seco, desengrasado de metales, fabricación de plásticos, fumigación y procesos de la industria textil.

En un trabajo previo se estudió la degradación de PCE en un reactor de placa plana sin limitaciones difusivas, para diferentes valores de concentración de PCE, humedad relativa y nivel de irradiación. Se desarrolló una expresión de la cinética intrínseca de reacción.

Esto permitió el diseño y la construcción de un reactor fotocatalítico multianular escala banco. El reactor está formado por cuatro tubos de borosilicato ubicados de forma concéntrica. En el centro del mismo se colocó una lámpara UV tipo luz negra. Los tubos fueron recubiertos de ambos lados con una delgada capa de TiO_2 , obtenida mediante un técnica tipo sol-gel. Los reactivos y productos circulan entre las regiones anulares formadas por los tubos, ingresando por el ánulo externo y saliendo por el interno.

Se desarrolló un modelo detallado para describir la degradación de PCE en el reactor descripto. Este modelo consiste en un balance de materia 2-D que contempla las limitaciones a la transferencia de materia, la expresión cinética para la degradación de PCE desarrollada previamente y un modelo de radiación. Este último permite predecir la velocidad superficial local de absorción de fotones (LSRPA) en cada punto del reactor, valor que es necesario para evaluar la velocidad de reacción. Para esto se utilizó el Modelo de Fuente Extensa con Emisión Superficial, y por medio de las ecuaciones de transferencia de fotones se consideró la atenuación producida por las películas de TiO_2 y los tubos de vidrio. Se realizó un programa en FORTRAN para resolver las ecuaciones diferenciales no-lineales a derivadas parciales obtenidas.

Las conversiones de PCE estimadas por el modelo desarrollado muestran un buen ajuste con los resultados experimentales. El uso de este simulador permitió además estudiar el efecto de las variables de diseño y operativas sobre la conversión de PCE y la eficiencia cuántica.

SELECTION OF AN APPROPRIATE BOUNDARY CONDITION FOR A SOURCE OF HEAT INJECTED ON A METAL PLATE

M.A. Lara (1,2), R.D. Piacentini (1,4) and M.C. Sanziel (3,4)

1. IFIR (CONICET – UNRosario), Rosario, Argentina
2. FCA/UNRosario, Rosario, Argentina
3. CIUNR, Rosario, Argentina
4. FCEIA/UNRosario, Rosario, Argentina

Abstract

The heating process of a metal plate at its center, in the perpendicular direction can be done in different ways. One of them is to inject heat through the direct contact with a metallic cylinder of high conductivity, which determines a rather homogeneous contact circular surface.

In the present work we use the time-dependent mathematical description of heat conduction in a solid, in order to identify the best formula for describing the temperature boundary condition for the heat injection zone, corresponding to the studied problem. In particular, the difference between the solution obtained with the simple approximation of a constant temperature step function as the initial condition and a more elaborated expression (like a sigmoidal one) is considered. The other temperature conditions at the four borders of the plate and for the ambient, and the emissivity of the (painted in black) metallic surface are determined from complementary measurements done with a thermograph and external thermocouples.

The temperature field of a 15 cm x 15 cm rectangular copper plate placed horizontally in a rather adiabatic enclosure, was determined with a Electrophysics PV320L thermograph. The time evolution after the heat is injected at the center of the plate was followed, until the (almost) stationary thermal behavior was obtained. Thermocouples were first intercompared (within ± 0.2 °C) and then placed in a quadrant along segments that connect the center with one corner and the two nearest middle points of the plate sides. They will serve as references for fixing the temperature profile of the quadrant and actually of all the surface, since the problem is symmetric.

The FEMLAB package was used for the mathematical simulation of the 3D temperature representation with different initial formulae for the description of the temperature boundary condition. The selection of the best formula was done minimizing the difference between theoretical and experimental data.

The present results could be applied for the more precise definition of boundary conditions in the mathematical treatment of a large variety of procedures used for heating by conduction.

MODELADO DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR EN ALIMENTOS PARTICULADOS EN MEDIO LIQUIDO, ENVASADOS EN FRASCOS DE VIDRIO

Alejandro R. Lespinard, Pablo R. Salgado y Rodolfo H. Mascheroni

CIDCA, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, calle 47 y 116, (1900) La Plata, Argentina. e-mail: alespinard@cidca.org.ar

Resumen

La esterilización es un proceso que se utiliza ampliamente para preservar alimentos; sin embargo, siempre se le ha dado gran importancia a los sistemas envasados en latas y recipientes plásticos y al procesamiento aséptico fuera de contenedores (en forma continua), pero casi ninguna al procesamiento de alimentos en recipientes de vidrio (Holdsworth, 1997).

En bibliografía se encuentran pocas referencias sobre el tema. Bimbenet y Michiels en 1974 presentaron una teoría inicial de la transferencia de calor en estos sistemas (recipiente de vidrio + productos en medio líquido). Existen algunos trabajos posteriores que han simulado casos particulares (Akterian y Fikiin, 1994; Akterian, 1995; Abril y col., 1998; Márquez y col., 1997, 2001, 2002, 2003).

El objetivo de este trabajo fue obtener un método de cálculo sencillo que permita predecir la evolución térmica de alimentos particulados en recipientes de vidrio, expuestos a temperatura externa variable (condiciones de procesamiento a pequeña escala), durante su esterilización, y relacionarla con cinéticas de destrucción de microorganismos, que posteriormente permitan optimizar los tiempos de procesamiento.

Para esto se utilizaron frascos de vidrio comerciales de 360 cm³ (diámetro externo 0.069 m). Estos se llenaron con cilindros de 0.01, 0.015 y 0.02 m de diámetro y 0.09 m de longitud, de polietileno de alta densidad, adoptado como material simulante. La cantidad de material colocado en cada frasco se calculó considerando una porosidad del 45%. Como líquido de cobertura se adicionó una solución de NaCl al 4% y ácido cítrico (3,7 < pH < 4,5) hasta ocupar el 90% del volumen total del frasco.

Se midió la temperatura del centro térmico del producto (previamente determinado), utilizando termocuplas tipo T cobre-constantan que atravesaban las tapas metálicas perforadas en su centro. Se empleó sellador de alta temperatura para lograr condiciones de hermeticidad. El registro de las historias térmicas se obtuvo utilizando un adquisidor Digi-Sense de Cole Parmer Ind. Inc. modelo 8528-40.

Las experiencias se realizaron, por triplicado, en autoclave comercial con capacidad para 9 frascos por nivel, contando la misma con tres niveles.

Las historias térmicas obtenidas para la etapa de calentamiento se regresionaron en forma sigmoideal (modelo de Boltzmann (1)) y en forma exponencial utilizando el modelo de Olson y Jackson (2).

$$(1) \quad T = \frac{(A_1 - A_2)}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

$$(2) \quad \frac{T_r - T}{T_r - T_0} = j \cdot e^{-2.303t/f}$$

Se calcularon las letalidades acumuladas, por medio de la ecuación (3), a partir de las temperaturas medidas experimentalmente y las alcanzadas mediante los modelos previamente mencionados, seleccionando como microorganismos de referencia a *Clostridium pasteurianum* ($D_{120^\circ\text{C}} = 0.01$ y $z = 10^\circ\text{C}$), por ser el más resistente en productos ácidos (3,7 < pH < 4,5).

$$(3) \quad F = \int 10^{(T_c(t) - T_{ref})/z_e} dt$$

En el modelo de Boltzmann el parámetro x_0 (min), da información del retardo del sistema y corresponde al tiempo que tarda el centro térmico en llegar una temperatura de $(A_1+A_2)/2$ °C. Este se podría relacionar con el parámetro j (retardo) que se obtiene del modelo exponencial. Ambos parámetros aumentan con la longitud característica (Tabla 1); una tendencia similar se observa con dx (min) y f_h (min). Estos últimos se podrían relacionar con la velocidad de calentamiento del sistema.

Se observó que el modelo exponencial simula satisfactoriamente la historia térmica del producto a tiempos largos y temperatura del medio T_r constante, pero a tiempos cortos los apartamientos fueron considerables. Este modelo sería adecuado en el procesamiento de alimentos de baja acidez, donde se requieren tratamientos térmicos más severos. Mientras tanto, el modelo sigmoidal simula con muy buena aproximación tanto a tiempos de autoclavado cortos como largos, lo que permitiría utilizarlo para predecir la evolución térmica en conservas con distintos pH.

En términos de letalidad, ambos modelos predicen valores similares (Tabla 2), siendo menores a los obtenidos utilizando la historia térmica del producto, lo que resulta favorable desde el punto de vista de seguridad sanitaria.

Tabla 1: Parámetros obtenidos por regresión

Geometría	Diámetro (m)	Parámetros			
		Olson y Jackson		Boltzmann con A2 prescrito*	
		j	f_h (min)	x_0 (min)	dx (min)
Cilindros	0.010	2.15	29.38	26.36	6.18
	0.015	1.64	37.17	28.07	6.31
	0.020	2.08	32.84	28.13	6.90

*A2 = Temperatura máxima del autoclave

Tabla 2: Valores de letalidad acumulada para la fase de calentamiento.

	0.01 m	0.015 m	0.02 m
Real	5.29	3.22	2.84
Modelo exponencial	3.30	1.42	1.88
Modelo sigmoidal	4.72	3.55	2.66

REFERENCIAS

- Abril, J., Vírveda, P. y Moure, J. Modelización de la penetración de calor en conservas vegetales. *II Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos (CD)*. Bahía Blanca, Argentina, IV.11. (1998).
- Akterian, S.G. y Fikiin, K.A. Numerical simulation of unsteady heat conduction in arbitrary shaped canned foods during sterilization process. *Journal of Food Engineering* 21:343-354 (1994).
- Akterian, S.G. Numerical simulation of unsteady heat transfer in canned mushrooms in brine during sterilization process. *Journal of Food Engineering* 25:45-53 (1995).
- Bimbenet, J.J. y Michiels, L. Transferts de chaleur par convection au cours de la stérilisation des conserves. *Proc. IV Int. Congress Food Sci. & Technol.*, Vol. IV: 361-379 (1974).
- Holdsworth, S.D. *Thermal processing of packaged foods*. London, Chapman Hall, (1997).
- Márquez, C.A., De Michelis, A., Salvadori, V.O. y Mascheroni, R.H. Application of transfer functions to the thermal processing of particulate foods enclosed in liquid medium. *J. of Food Engineering* 38:189-205, (1998).
- Márquez, C.A., Salvadori, V.O., De Michelis, A. y Mascheroni, R.H. Predicción y ajuste de tiempos de pasterización en conservas de cereza y guinda envasadas en recipientes de vidrio. Método simple y rápido. *Actas del 8 Congreso Iberoamericano de Transferencia de Calor y Materia*, 207-213, (2001).
- Márquez, C.A., Vullioud, M., De Michelis, A., Salvadori, V.O. y Mascheroni, R.H. Parámetros que caracterizan la transferencia de calor durante la esterilización de conservas de frutas en frascos en función de los tamaños de los frascos y de las frutas. *IX Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, Buenos Aires, 7-9 Agosto de 2002, Trabajo 12.23.
- Márquez, C.A., Salvadori, V.O., Mascheroni, R.H. y De Michelis, A. Application of transfer functions to the thermal processing of sweet and sour cherries preserves: influence of particle and container sizes. *Food Science and Technology International* 9 (2):69-76, (2003).
- Salvadori, V.O. *Transferencia de calor durante la congelación, el almacenamiento y la descongelación de alimentos*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina. (1994).

ESTIMACION DE LA TEMPERATURA EN LA SUPERFICIE DE CORTE EN TORNEADO MEDIANTE LA SOLUCION DEL PROBLEMA INVERSO MEDIANTE LA TÉCNICA DE LEVENBERG-MARQUARDT

H. López Menéndez, R. L. Hecker y V. C. Gessaghi

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Pampa
Calle 110 esq. 9, Gral. Pico, La Pampa, CP(6360), Argentina
e-mail: hlopez@ing.unlpam.edu.ar
e-mail: hecker@ing.unlpam.edu.ar
e-mail: gessaghi@ing.unlpam.edu.ar

Palabras claves: Problema Inverso de Transferencia de Calor, Solución Analítica, Maquinado.

Resumen

En el siguiente trabajo se propone un modelo para determinar la temperatura de corte en el proceso de maquinado basado en la medición de las temperaturas en puntos que resulten accesibles, para ello se resuelve el problema inverso de conducción de calor (IHCP). La solución del problema inverso requiere la solución del problema directo (DHCP), el que se resolvió mediante un modelo tridimensional, estacionario, de la distribución de temperaturas en la herramienta, que utiliza una función con parámetros a estimar como condición de temperatura en la superficie de corte. Se utilizó el método de separación de variables para resolver analíticamente la ecuación diferencial del calor con las condiciones de borde definidas, obteniéndose una distribución tridimensional dada por autofunciones y autovalores conocidos. Se empleo la técnica de Levenberg-Marquardt para la estimación no lineal de los parámetros de la función de la distribución de temperatura en la superficie de corte. Se valido el modelo simulando las mediciones con ruido de los puntos accesibles y se obtuvieron resultados con errores en la temperatura máxima del orden del 10%.

CONTROL DE TEMPERATURAS EN PRODUCTOS AGRÍCOLAS UTILIZANDO SUSTANCIAS DE CAMBIO DE FASE

Ricardo Lozano¹, Angélica Boucíguez¹ y Miguel Angel Lara²

¹ Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150. Salta

² Fac. de Cs. Agrarias. UNR. IFIR, CONICET. Av. Pellegrini 250. Rosario. e-mail: lozanor@unsa.edu.ar; bouciga@unsa.edu.ar; malara@fceia@unr.edu.ar

Resumen

Todos los productos agrícolas requieren para su conservación, determinadas condiciones de temperatura y humedad durante su almacenamiento y transporte; además, dado que mantienen activo su metabolismo, generan calor (tasa de respiración) .aún después de separados de la planta, Todo esto, si no es adecuadamente controlado lleva al deterioro del producto y por ende a la pérdida de su valor comercial. Cada producto presenta una tasa de respiración determinada y una temperatura óptima de almacenamiento. Las inferiores a ésta pueden producir daño por frío, las superiores reducen la calidad de conservación, las fluctuaciones son las responsables de la condensación, todo lo cual deteriora la calidad final del producto.

Por ello, es importante controlar las temperaturas tanto en el almacenamiento como en el transporte, lo que o bien no se realiza, con la consiguiente pérdida de calidad del producto; o se hace a costa de un gran consumo de energía, lo que lo encarece y de no ser adecuadamente controlado, produce generalmente daño por frío. Ambas situaciones extremas, conducen al deterioro del producto y a la reducción de su valor de mercado.

Para ello, se propone la utilización de sustancias de cambio de fase, las que convenientemente envasadas, formen parte del propio recipiente que contiene el producto agrícola o bien de las paredes del local donde se lo almacena, respetando las condiciones particulares de cada producto, pero con la premisa general, de que deben mantenerse a la temperatura adecuada. La sustancia de cambio de fase controlará tanto las fluctuaciones de la temperatura externa, así como también absorberá el calor generado por el producto a acondicionar.

La sustancia de cambio de fase, puede estar inicialmente sólida (líquida) a la temperatura de fusión, o bien a temperatura menor (mayor) que ésta y por aumento (disminución) de la temperatura circundante, llegar al estado de fusión y posteriormente a la fase líquida (sólida). El problema a resolver es el de Stefan a una o dos fases.

A los efectos de analizar su factibilidad de implementación, se han desarrollado varios modelos de simulación numérica que permiten predecir con gran exactitud, el comportamiento de la sustancia de cambio de fase. Estos modelos calculan la distribución de temperaturas en el interior del material y la posición de la interfase en función del tiempo, tanto para condiciones de contorno de temperatura o flujo de calor, constantes o variables, en cualquier dominio de trabajo. Todos ellos han sido validados frente a los resultados arrojados por el caso en que el problema presenta solución analítica, siendo por tanto, confiables para cualquier otra situación particular. La utilización de los programas es sencilla y fácil de implementar. Los resultados obtenidos muestran que es factible la utilización de tales sustancias, pudiendo controlar las temperaturas sin dificultades por un tiempo de 30 horas o más dependiendo esto de las condiciones ambientales y del producto a acondicionar.

Se han considerado temperaturas constantes y variables en el tiempo, aun el caso en que se presente fluctuación alrededor de la temperatura de fusión y condiciones de flujo de calor constante y variable, aún la más desventajosa como el crecimiento exponencial. Se ha analizado también la situación en que la sustancia de cambio de fase almacenada esté sujeta a diferentes condiciones de borde en cada uno de sus laterales.

La utilización de tales sustancia permitirá disminuir costos en el transporte y almacenamiento, no solo por el ahorro de energía, sino fundamentalmente porque contribuirá a mejorar la calidad final del producto agrícola y con ello mantendrá su competitividad y su valor de mercado.

SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ELIMINACIÓN DE ZINC EN UN BAÑO DE ACERO LÍQUIDO

Mabel A. Medina¹, Yves du Terrail Couvat²

¹Consejo de Investigaciones. Univ. Nac. de Rosario – FCEIA-UNR

²Laboratorio EPM Madylam. Institut Polytechnique de Grenoble, Francia

Resumen

En la industria siderúrgica se debe realizar un proceso de eliminación de zinc en los hornos de fundición de acero. La presencia indeseable de este metal es debida a la utilización de chatarra proveniente de la industria automotriz. En particular este estudio se refiere a los hornos de inducción del departamento de metalurgia de la École Centrale de Lille, que son agitados a través de campos magnéticos. El fenómeno de eliminación de zinc es posible a través de tres mecanismos: (i) la evaporación por la superficie libre del baño que se produce cuando la presión parcial del zinc es menor que la presión parcial de equilibrio a la temperatura del baño, (ii) la evaporación por germinación y crecimiento de burbujas de vapor de zinc en el seno del metal líquido, (iii) la evaporación del zinc en las burbujas de gas, ya existentes en el líquido, provenientes de la degasificación de óxidos de carbono, de nitrógeno y/o oxígeno.

Para evaluar la importancia de cada uno de estos mecanismos se deben cuantificar algunos parámetros del proceso (controlados o no), como la temperatura del baño, las condiciones de agitación y las dimensiones características de las burbujas de gas en suspensión en el líquido. La cuantificación se puede llevar a cabo mediante una simulación numérica de las ecuaciones que describen los fenómenos involucrados como magnetismo, fluidos y transferencia de calor. Estas ecuaciones están acopladas y el resultado numérico de su simulación es obtenido a través de dos softwares industriales, Flux-Expert para los cálculos electromagnéticos y Fluent para los cálculos térmicos y de fluidos. La modelización incluye los cálculos de campos y fuerzas electromagnéticas, las interpolaciones de fuerzas hacia el modelo termo hidráulico y los cálculos de los campos de velocidades en el seno del metal líquido así como el campo de temperaturas. Una modelización fina necesita tener en cuenta los puntos siguientes: el espesor de la piel electromagnética, la forma de la superficie libre, el control de la instalación desde el punto de vista electrotécnico (corriente, tensión, potencia), la consideración del crecimiento y del transporte de burbujas de gas en el metal líquido, la estimación de la tasa de transferencia a la superficie libre del baño. Un modelo precedente [1] permitía por un lado calcular automáticamente la forma de domo del baño líquido bajo la presión electromagnética y el rendimiento de la instalación eléctrica y por otra parte calcular las velocidades del fluido sobre una malla fija del dominio en estudio utilizando una técnica de resolución de tipo SIMPLE de las ecuaciones térmicas y de fluidos. Los resultados obtenidos no presentaban una buena calidad en las cartas térmicas. En el presente trabajo, la utilización de un software como Fluent permite controlar mejor la resolución del problema termo hidráulico, de visualizar mejor los resultados pero además de realizar un análisis más fino, en especial determinando las zonas muertas durante la agitación. La localización de estas últimas brindan una información sobre la eficacia de la agitación y permite encontrar configuraciones de inductores más eficaces que otras. Además la posibilidad de escribir funciones por el usuario abre este código al acoplamiento con el exterior. Sin embargo, los dos softwares utilizados en este trabajo, Fluxexpert y Fluent, son más voluminosos y complejos para manejar.

En el modelo físico, el campo magnético es un campo sinusoidal con una frecuencia variable. Las fuerzas electromagnéticas motrices en el metal líquido son calculadas a partir de las corrientes inducidas y de la inducción electromagnética. Estas fuerzas son promediadas sobre un período e inyectadas en el modelo para la resolución térmica y de fluidos. En el modelo termo hidráulico se considera un escurrimiento turbulento y el modelo K-epsilon ha sido elegido para tener en cuenta este fenómeno. La resolución numérica del modelo electromagnético se realiza utilizando elementos finitos axisimétricos de orden 2 y para resolver el modelo térmico - fluidos se utilizan volúmenes finitos.

REFERENCIAS

[1] Fautrelle Y., Gagnoud A., Duterrail Couvat, Y. « Procédé de dézincification ». Rapport technique du laboratoire EPM Madylam. Novembre 1998.

ESTUDIO 2D EN DESCONGELACION DE ALIMENTO SOLIDO CON MODELO CONJUGADO DE CONVECCION/DIFUSION

Nelson Moraga y Eduardo Cabalín

Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Santiago de Chile
Av. Lib. Bdo. O'Higgins 3363 ; Fono/Fax (56-2) 6811140 ; E-mail: nmoraga@lauca.usach.cl

Palabras clave: descongelación, convección natural, método volúmenes finitos.

Resumen

Introducción: Una de las técnicas para conservar las propiedades de los alimentos sólidos es la congelación. El proceso de descongelación es parte de los procesos posteriores para la preparación que se requiere para la alimentación humana.

El objetivo de este trabajo es presentar una comparación de la predicción térmica de la descongelación de alimentos sólidos, empleando un modelo clásico, basados en la ecuación de difusión de calor y otro modelo original, que considera la convección natural en el aire exterior simultáneamente con la difusión de calor en el alimento.

Metodología: La mecánica de fluidos y el transporte de calor en el aire y de difusión de calor en el alimento se predicen usando un modelo conjugado de cuatro ecuaciones. Las ecuaciones de continuidad, momento lineal, energía se resuelven computacionalmente empleando el método de volúmenes finitos con el algoritmo SIMPLE, [1], considerando todas las propiedades termo-físicas variables con la temperatura. La discretización del dominio para el caso conjugado y de difusión de calor se efectúa utilizando malla no uniforme de 80x70 y 50x50 nodos y pasos de tiempo de 1 s. El procedimiento de cálculo iterativo se efectúa empleando el método de línea a línea. Los coeficientes de sub-relajación con valores de 0.01 y 0.5 para las velocidades y temperaturas permiten disminuir las iteraciones. La convergencia se verificó para cada instante de tiempo y para cada nodo, considerando que el error absoluto de las variables entre dos iteraciones sucesivas

$$\phi_i^{k+1} - \phi_i^k \leq 1 \times 10^{-6}.$$

Resultados y discusión: Se resuelve la descongelación de alimentos utilizando dos modelos matemáticos. En el primero un trozo de carne inicialmente a $T_f = -20^\circ\text{C}$ al interior de una cavidad de 0.4x0.4 m con $T_w = 30^\circ\text{C}$ impuesta en las paredes se calienta gradualmente por convección natural. Los resultados obtenidos incluyen la variación en el tiempo de la distribución de velocidades y temperaturas al interior del aire y alimento. Posteriormente se calculan los coeficientes convectivos (h) y temperatura ambiente al interior de la cavidad (T_{amb}) en función del tiempo. Conocidos la variación de h y T_{amb} se ajustan las curvas y se incorporan al segundo modelo que solo considera la difusión de calor al interior del alimento y condiciones de borde de tercera clase y se predice la variación temporal de la distribución de temperaturas.

La figura 1 a ilustra la variación temporal de la temperatura en el alimento durante la descongelación utilizando el modelo de difusión de calor para un tiempo $t = 6000$ s, donde se observa la simetría existente entre las isotemperaturas al interior de la carne. La figura 1 b muestra la evolución de la temperatura del centro geométrico del alimento, se aprecia que el cambio de estado (sólido/líquido) del agua contenida en la carne se produce aproximadamente a los 5000 s.

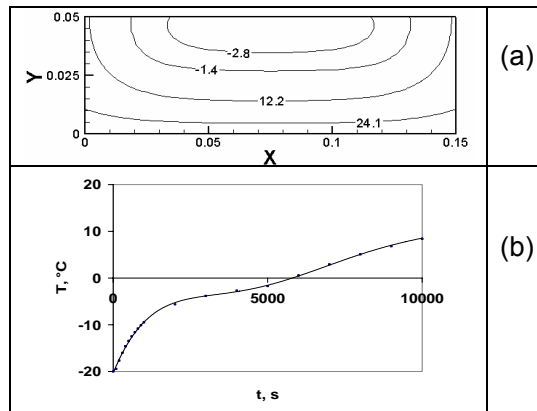


Fig. 1. (a) Se observa la distribución de temperaturas al interior del alimento y (b) la evolución de la temperatura del centro geométrico.

Conclusiones: La descongelación de un trozo rectangular de carne en aire se investigó utilizando un modelo conjugado transiente de convección natural en el aire y de difusión de calor en el alimento, empleando el método de volúmenes finitos. La comparación de los resultados con los del modelo clásico de difusión de calor en el alimento permiten concluir que se observan diferencias máximas de 10 % entre ambos modelos, producidos en la zona de cambio de fase del agua.

Agradecimientos. Los autores agradecen el apoyo de CONICYT-Chile en el proyecto Fondecyt 1030209.

REFERENCIAS

1. Patankar S. *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*. Hemisphere, Washington, 1980.
2. A. Delgado, D. Sun, One-dimensional finite difference modeling of heat and mass transfer during thawing of cooked cured meats, *Journal of Food Engineering* , 57 , 383-389, 2003.

ESTUDIO DE FRENTE MOVIL DE COMBUSTION EN INTERCAMBIADOR DE DOBLE TUBO AIRE-COMBUSTOR CON MEDIO POROSO

Nelson Moraga, César Rosas y José Tobar

Departamento de Ingeniería Mecánica – Universidad de Santiago de Chile
Av. Lib. Bdo. O'Higgins 3363; Fono/Fax (56-2) 6811140; E-mail: nmoraga@lauca.usach.cl

Palabras clave: Intercambiador aire- combustor, método volúmenes finitos.

Resumen

Introducción: En el presente trabajo se estudia un intercambiador de calor de doble tubo, que utiliza los gases de combustión de gas natural para calentar aire que circula en contracorriente por un ánulo cilíndrico exterior. El tubo cilíndrico interior está lleno por un medio poroso, formado por esferas de alúmina. La combustión se produce en una zona del tubo interior, de modo que antes de esa región el flujo es de aire y de metano y después de ella, es de productos de la combustión, [1].

El objetivo es caracterizar las distribuciones de velocidad y de temperatura en el espacio correspondiente al tubo interior y en el espacio anular, junto con describir el desplazamiento de la zona móvil de combustión. Adicionalmente, se presenta un análisis de los efectos de la variación del número de Reynolds en el ánulo exterior.

Metodología: El modelo matemático en el combustor poroso se constituye en base al modelo completo de Darcy-Brinkman-Forchheimer para describir la mecánica de fluidos, junto con las ecuaciones de continuidad, de energía y de especies químicas. La solución del problema permite describir la mecánica de fluidos y la transferencia de calor por convección forzada en el tubo interior y simultáneamente en el espacio cilíndrico anular, en base al método de volúmenes finitos, [2]. La discretización del dominio se efectúa utilizando malla no uniforme de 622x26 nodos y pasos de tiempo de variables de 0.00001s a 1s. El procedimiento de cálculo iterativo se efectúa empleando el método de línea a línea. La rapidez del algoritmo de cálculo se aumenta empleando coeficientes de sub-relajación de valores 0.1 y 0.5 para las velocidades y temperaturas, respectivamente. La convergencia se controla en todos los nodos y se exige que entre una iteración y otra exista una diferencia mínima de 1×10^{-4} para las velocidades y de 1×10^{-3} para el resto de las variables.

Resultados y discusión: El estudio se realiza para un intercambiador de calor cilíndrico de 0.5 m de largo y 0.164 m de diámetro y 0.076 de diámetro interior. Los resultados de la figura 1 muestran la posición instantánea del frente de combustión y las variaciones en el tiempo de la distribución de temperatura y de velocidad en función del número de Reynolds. La mezcla de combustible y comburente ingresa a temperatura ambiente y a una velocidad conocida, lo mismo sucede con el aire que fluye en el ducto exterior. El aire de la combustión se considera como gas ideal por lo que su densidad varía según la ecuación de estado. Para el combustor se consideran las siguiente condiciones: exceso de aire $\psi = 4.88$, velocidad de entrada $U_0 = 0.43$ m/s y porosidad $\varepsilon = 0.4$.

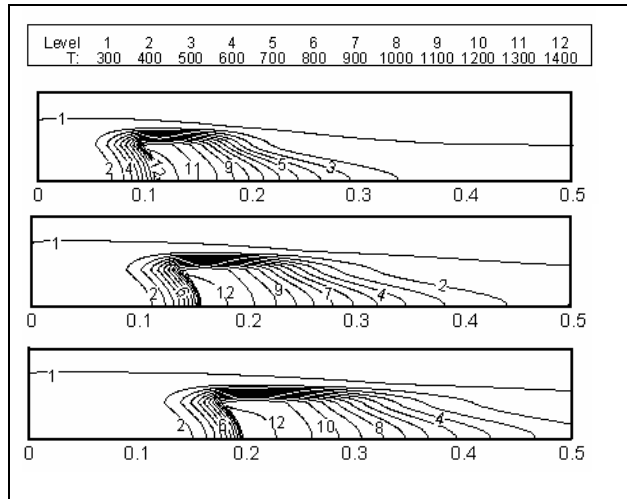


Fig. 1. Isotermas en el intercambiador de calor para $Re=1000$ en el flujo exterior, en intervalos de tiempos de 5, 15 y 25 minutos respectivamente.

Conclusiones: Al aumentar el número de Reynolds del flujo de aire exterior, de $Re=400$ a $Re=1000$, la transferencia de calor tiene valores medios de temperaturas inferiores en 10 K a los 10 minutos y de 17 K a los 25 minutos lo que significa una disminución de la cantidad de energía absorbida por el aire. Al aumentar el número de Reynolds se aumenta también la cantidad de masa que fluye por el intercambiador lo que indica que en la misma cantidad de tiempo circula una mayor cantidad de aire.

Agradecimientos. Los autores agradecen el apoyo de CONICYT / Chile en el proyecto Fondecyt 1040148.

REFERENCIAS

1. Solari, N. (2005). *Estudio de la transferencia de calor en combustión de gas en medio poroso con el método de volúmenes finitos*. Tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería Mecánica. Universidad de Santiago de Chile.
2. Patankar S. (1980). *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*. Hemisphere, Washington.

SOLIDIFICACIÓN DE ALEACIÓN DE ALUMINIO-COBRE CONSIDERANDO CONVECCION NATURAL Y FLUIDO NO NEWTONIANO DE OSTWALD-DE-WAELE

Nelson Moraga y Luis Silva

Universidad de Santiago de Chile, Departamento de Ingeniería Mecánica
Av. Lib. Bdo. O'Higgins 3363, fono (56-2) 681 1140, email: nmoraga@lauca.usach.cl.

Palabras Clave: Solidificación, fluido ley de potencia, cambio de fase.

Resumen

Introducción: Un buen conocimiento de la conducta de fluidos de naturaleza no-newtoniana es de suma importancia para problemas tan variados como la industria o la bioingeniería. Esta característica inherente en la mayoría de las sustancias presenta un efecto sobre la mecánica de fluidos, y por consiguiente sobre la transferencia de calor y materia.

El propósito del presente trabajo es la predicción numérica, con el método de volúmenes finitos, del efecto de la convección natural, considerando el comportamiento las zonas líquida y pastosa como fluido no newtoniano tipo ley de potencia (modelo de Ostwald-de-Waele), para la solidificación de una aleación Al – 4.5 wt%Cu, considerando los efectos de convección natural [1].

Metodología: La simulación numérica de los problemas estudiados se realizó a través del método de los volúmenes finitos con el esquema de ley de quinta potencia, utilizando el algoritmo SIMPLE Patankar 1980, [2], con una malla no uniforme de 60x60 nodos y un paso de tiempo de 5 segundos. El objetivo de dicha simulación es el estudio de la influencia en la mecánica de fluidos y en la transferencia de calor y en el desplazamiento de las fronteras móviles líquido-zona pastosa y zona pastosa-sólido del índice de potencia n del modelo de Ostwald de Waele para fluidos no newtonianos. El problema resuelto representa la solidificación de una aleación de aluminio-cobre dentro de un molde completamente tapado con condiciones de contorno de tercera clase.

Resultados y discusión: La evolución en el tiempo de las isothermas $T_L = 650\text{ °C}$, que corresponde a la de la frontera móvil líquido-zona pastosa y la de $T_S = 550\text{ °C}$, que es de la frontera móvil zona pastosa-sólido, dependen del valor del índice de potencia n . En la figura 1 se observa que cuando n aumenta de 0.6 a 1.4 la solidificación es más rápida.

Respecto a la evolución de las temperaturas máximas en el tiempo, en el comienzo de la solidificación no hay un efecto significativo, pero a medida que se incrementa el tiempo los valores máximos de la temperatura se distancian para distintos n , llegando a diferencias cercanas a los 13 °C . No ocurre lo mismo con las temperaturas mínimas, ya que éstas presentan variaciones no más allá de 2 °C , debido a que dichos valores se producen en el molde que es sólido y no siente el efecto de la naturaleza no newtoniana de la aleación.

Las velocidades máximas presentan un alto efecto ante la variación del índice de potencia, especialmente para los instantes donde los valores son altos en magnitud, entre 200 y 400 segundos. Respecto a los perfiles de velocidad a medida que n crece, lo hacen también los valores máximos, junto con esto se aprecia el crecimiento del frente de solidificación en el tiempo.

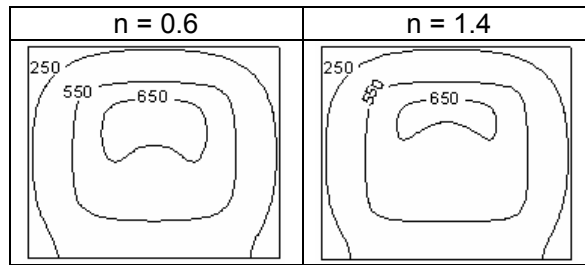


Fig. 1. Líneas de iso-temperaturas para dos valores de n en el instante $t = 400$ s.

Conclusiones: El estudio de solidificación considerando las fases líquida y pastosa como fluido de naturaleza no newtoniana, ha sido ilustrado en el presente trabajo mediante el método de volúmenes finitos a través del algoritmo SIMPLE. Se concluye que el cambio del índice de potencia no newtoniano, desde el valor $n = 0.6$ a $n = 1.4$, tiene una alta influencia en la mecánica de fluidos y poco efecto en la transferencia de calor.

Agradecimientos. Los autores agradecen el apoyo recibido de CONICYT/Chile en el proyecto Fondecyt 1030209.

REFERENCIAS

- [1] Celentano D., Cruchaga M., Moraga N., Fuentes J., Modeling natural convection with solidification in mould cavities, *Numerical Heat Transfer, Part A*, 39, 631-654, 2001.
- [2] Patankar S. V., *Numerical Heat Transfer and Fluids Flow*, Hemisphere, Washington, 1980.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE STEFAN CON RESPECTO A LA VARIACION EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UNA SUSTANCIA

Mariela C. Olguin(1), Mabel A Medina(2), Ma. Cristina Sanziel(3), Domingo A. Tarzia(4)

(1) Depto. de Matemática, FCE, Univ. Austral, Paraguay 1950, (S2000FZF) Rosario, Argentina. Depto. de Matemática, Fac. de Cs. Ex., Ing. y Agrimensura, Univ. Nac. de Rosario, Pellegrini 250, (S2000BTP) Rosario, Argentina. (mcolguin@fceia.unr.edu.ar)

(2) Consejo de Investigaciones, Depto. de Matemática .Fac. de Cs. Ex., Ing. y Agrimensura, Univ. Nac. de Rosario, Pellegrini 250, (S2000BTP) Rosario, Argentina. (mmedina@fceia.unr.edu.ar)

(3) Consejo de Investigaciones – Depto. de Matemática, Fac. de Cs. Ex., Ing. y Agrimensura, Univ. Nac. de Rosario, Pellegrini 250, (S2000BTP) Rosario, Argentina. (sanziel@fceia.unr.edu.ar)

(4) Depto. de Matemática – CONICET, Fac. de Cs. Empresariales, Univ. Austral, Paraguay 1950, (S2000FZF) Rosario, Argentina. (Domingo.Tarzia@fce.austral.edu.ar)

Resumen

Se considera un problema de Stefan a una fase (caso fusión) para una sustancia semi-infinita que inicialmente se encuentra en estado sólido a la temperatura de cambio de fase, con coeficientes térmicos constantes y dato de flujo de calor variable en el tiempo en el borde $x = 0$. En el presente trabajo se estudia la influencia de los coeficientes térmicos: densidad de masa, calor latente y calor específico en la penetración del frente de fusión y en la distribución de temperatura de dicha sustancia (y en particular la influencia en la temperatura en el borde fijo $x = 0$). Este análisis se lleva a cabo utilizando el principio del máximo para la ecuación del calor, obteniéndose propiedades de monotonía. También se obtienen expresiones aproximadas a la solución utilizando los métodos de: balance integral calórico de Goodman, variacional de Biot y cuasi-estacionario.

En el caso de la conductividad térmica se utiliza, además, el método de diferencias finitas implícitas con grilla variable en el tiempo para resolver el problema de Stefan a una fase que modela la situación física.

Los resultados obtenidos son de interés en diversos campos como en el transporte de sustancias alimenticias en los cuales es importante conocer la evolución de la temperatura en el borde del material de cambio de fase en contacto con la sustancia biológica.

EMPLEO DE UN SOFTWARE COMERCIAL EN LA SIMULACIÓN DE LA COCCIÓN DE ALIMENTOS EN HORNOS CONVECTIVOS

Olivera, Daniela F.^{1,2} y Salvadori, Viviana O.^{1,2}

¹CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos). Fac. de Ciencias Exactas (UNLP) y CONICET. 47 y 116, (B1900AAJ) La Plata, ARGENTINA. Tel. / Fax: (0221) 4890741 / 4254853 / 4249287 – e-mail: vosalvad@ing.unlp.edu.ar

²MODIAL – Departamento de Ingeniería Química – Facultad de Ingeniería (UNLP)

Resumen

En la actualidad se verifica a nivel mundial un marcado incremento en la producción de comidas precocidas, listas para recalentar y consumir.

Una premisa fundamental de la etapa de cocción es realizar la misma en condiciones de mínimo abuso térmico, es decir, regular temperatura y tiempo para conseguir la cocción y destrucción de microorganismos tratando de conservar las características organolépticas y nutricionales del alimento. Para ello se debe dar especial énfasis al estudio de la transferencia de calor en el proceso.

El modelado de la cocción se hace, en la actualidad, fundamentalmente, por medio de diferencias o elementos finitos, asumiendo importantes simplificaciones. En este aspecto, la simulación de la transferencia de calor en bandejas de comidas preparadas tiene dos condicionantes que la dificultan fuertemente: el carácter heterogéneo y generalmente anisotrópico de los alimentos y la falta de información y dificultad en la determinación o cálculo de las propiedades físicas involucradas.

En el presente trabajo se estudió la factibilidad de utilizar un software comercial de elementos finitos para modelar la cocción de una comida precocida: lasagna.

El software utilizado, Algor v. 13.36, está orientado principalmente a la simulación de eventos mecánicos, pero cuenta con módulos adicionales que permiten resolver problemas de transferencia de calor tanto estacionaria como transiente, con la posibilidad de incorporar propiedades variables, condición indispensable para simular el sistema modelo propuesto.

Los valores de las propiedades termofísicas se calcularon a partir de ecuaciones de literatura y el coeficiente de transferencia calórica fue determinado experimentalmente.

Si bien se encontraron dificultades para considerar en forma directa la evaporación superficial debido a limitaciones propias del software (no considera generación interna de energía dependiente de la temperatura), fue tenida en cuenta a través de la incorporación de un c_{pef} para valores de temperatura cercano de 100°C con $\Delta T = 5^\circ C$.

La malla de elementos finitos es generada en forma automática por el software. Debido a la simetría del sistema se trabajó sólo con un cuarto del mismo, el que se discretizó en elementos tipo "Brick", tridimensionales, específicos del módulo de transferencia de calor del software Algor.

Para validar los resultados numéricos, se realizaron determinaciones experimentales de historias térmicas durante la cocción de porciones individuales de lasagna en un horno convectivo eléctrico en condiciones de convección natural y forzada.

Los resultados obtenidos indican que el modelo numérico planteado predice con buena precisión el comportamiento experimental del sistema demostrando la aptitud del software para resolver sistemas multicomponentes de geometría compleja. El error relativo porcentual promedio entre los valores de temperaturas experimentales y calculados es de 6.7% y 10.6% para los casos de convección natural y forzada respectivamente.

ESTIMACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÓPTICAS DE SUSPENSIONES DE GOETITA PARA MODELAR EL CAMPO RADIANTE EN SU USO COMO CATALIZADOR EN EL PROCESO FOTO-FENTON HETEROGÉNEO

Guadalupe B. Ortiz de la Plata, Orlando M. Alfano, Alberto E. Cassano

INTEC- Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (CONICET-UNL). Güemes 3450, 3000 Santa Fe, Argentina
guadaortiz@ceride.gov.ar

Resumen

Tanto para el modelado de reactores fotocatalíticos como para la obtención de datos cinéticos confiables, es imprescindible el conocimiento del campo de radiación en el interior del reactor. Esto puede lograrse mediante la resolución de la ecuación de transferencia de radiación (ETR). Para la resolución de la ETR es necesario conocer tres propiedades ópticas de la suspensión: el coeficiente de absorción volumétrico, el coeficiente de dispersión volumétrico y la función de distribución espacial de radiación dispersada (función de fase), lo cual permite una adecuada representación del sistema de absorción y dispersión de la radiación en reactores fotocatalíticos de lecho suspendido.

En el presente trabajo se propone un método experimental novedoso para determinar dichas propiedades en suspensiones acuosas de goetita comercial marca Aldrich (α -FeOOH, 100-200 mesh), valores que no habían sido aún determinados para ningún catalizador del proceso foto-Fenton heterogéneo. Dichas propiedades se evaluaron a través de medidas independientes de extinción, transmitancia difusa y reflectancia difusa en la celda de flujo de un espectrofotómetro^{1,2}, y aplicando un modelo computacional del campo radiante dentro de la celda. Para la resolución numérica de la ecuación íntegro diferencial que representa la RTE, se aplicó el Método de la Ordenada Discreta³, que transforma este balance en un conjunto de ecuaciones algebraicas discretas, resolubles numéricamente. Se representó la función de fase mediante el modelo de Henyey y Greenstein, y se expandió dicha expresión en series de Legendre. Las propiedades obtenidas resultan imprescindibles para la determinación de la velocidad volumétrica de absorción de fotones del sistema y, a partir de ella, la predicción de la velocidad de degradación del contaminante y/o la determinación de la eficiencia cuántica del proceso foto-Fenton heterogéneo.

REFERENCIAS

1. Cabrera, M. I., Alfano, O. M., Cassano, A. E. Absorption and scattering coefficients of titanium dioxide particulate suspensions in water. *J. Phys. Chem.*, 100, 20043-20050, 1996.
2. Satuf, M. L., Brandi, R. L., Cassano, A. E., Alfano, O. M. Experimental Method to Evaluate the Optical Properties of Aqueous Titanium Dioxide Suspensions. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 44, 6643-6649, 2005.
3. Duderstadt, J.J., Martin, R. *Transport Theory*, cap. 8, Wiley, New York, 1979.

DETERMINATION OF CLOUD OPTICAL DEPTH FROM COMPARISON OF SOLAR IRRADIANCE MEASUREMENTS WITH MATHEMATICAL MODELING OF THE ATMOSPHERIC RADIATIVE TRANSFER

Salum G (1,2,3), Raponi M (4), Wolfram E (4), Quel, E (4) and Piacentini R D (1,5)

1. Instituto de Física Rosario (CONICET-UNRosario)
2. Facultad de Ingeniería (Universidad Nacional de Entre Ríos)
3. Universidad Tecnológica Nacional Regional Concepción del Uruguay
4. Centro de Investigaciones en Láser y Aplicaciones (CONICET-CITEFA)
5. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (Universidad Nacional de Rosario)

Abstract

The solar radiation that reaches the Earth surface is partially stopped by the atmospheric components (gases, aerosol and cloud particles). The attenuation due to clouds introduces a large variability in the final intensity registered at ground. In the present work we analyze the behavior of this variable measured at Rosario and Buenos Aires, Argentina, with solar UV meters in cloudy conditions, with respect to other nearby days with clear sky. In this way the *cloud UV attenuation factor* is determined. However, a more elaborated analysis can be made, with the determination of the *effective cloud optical depth (ECOD)*. It is made comparing the measurements with mathematical calculations based in the solution of the radiative transfer equation. All other atmospheric and ground variables and parameters than the ECOD value are assumed to be known, from ground as well as from satellite data. In particular, the ozone total column is given by the TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) instrument, on board of Earth Probe satellite. We present results for specific days with situations corresponding to thin, intermediate depth and thick clouds.

A DESUBLIMATION PROBLEM IN A HUMID POROUS MEDIUM

Eduardo A. Santillan Marcus – Adriana C. Briozzo

Dpto. de Matemática - FCE, Universidad Austral
 e-mail: Eduardo.Santillan@fce.austral.edu.ar
 e-mail: Adriana.Briozzo@fce.austral.edu.ar

Abstract

The following desublimation problem in a humid porous medium with a condition of heat flow in the fixed face is considered:

$$\begin{aligned}
 u_t &= a_1 u_{xx} \quad ; \quad 0 < x < s(t) ; 0 < t < T \\
 v_t &= a_2 v_{xx} \quad ; \quad s(t) < x < 1 ; 0 < t < T \\
 w_t &= a_m w_{xx} + a_m \delta v_{xx} \quad ; \quad s(t) < x < 1 ; 0 < t < T \\
 u_x(0,t) &= \frac{j(t)}{k_1} \quad ; \quad u(x,0) = \theta(x) \leq 0 \quad ; \quad v(x,0) = \varphi(x) > 0 ; \\
 v(1,t) &= h(t) > 0 \quad ; \quad w(x,0) = \phi(x) > 0 \quad ; \quad w(1,t) = w_0 \\
 u(s(t),t) &= v(s(t),t) = 0 \quad ; \quad w_x(s(t),t) + \delta v_x(s(t),t) = 0 \\
 k_1 u_x(s(t),t) - k_2 v_x(s(t),t) &= w(s(t),t) \rho_2 r \dot{s}(t)
 \end{aligned}$$

where u and v are the temperatures in regions 1 and 2 respectively; w is the mass transfer potential; $a_i, i=1,2$ the thermal diffusivity in region i ; $k_i, i=1,2$ the thermal conductivity of region i ; δ the coefficient of the thermal gradient; ρ_2 the density of the porous body in region 2; r the latent heat, and $j(t), h(t), \theta(x), \phi(x), \varphi(x)$ are data. The problem is equivalent to a system of integral equations, and a result of existence and uniqueness of the solution of this problem is found through the Fixed Point Theorem.

REFERENCES

- [BTTV] E. Bobula et al, "On a free-moving boundary diffusion problem in a catalytic gas-solid system with catalyst decay", SIAM J. Appl. Math. 60, 5 (2000) 1667-1685
 [Fr]A. Friedman, "Free boundary problems for parabolic equations I: Melting of solids", J.Math.Mech. 8, (1959) 483-498
 [SaTa] E. Santillan Marcus – D. A. Tarzia, "Explicit solution for freezing of humid porous half-space with a heat flux condition", Int.J.Eng.Sci. 38 (2000) 1651-1665
 [Sh] B. Sherman, "A free boundary problem for the heat equation with prescribed flux at both fixed face and melting interface", Quarterly Appl.Math. 25 (1967), 53-63

TRANSFERENCIA DE MATERIA Y ENERGÍA RADIANTE EN UN REACTOR FOTOCATALÍTICO DE LECHO SUSPENDIDO

María L. Satuf, Rodolfo J. Brandi, Alberto E. Cassano, Orlando M. Alfano

INTEC (Universidad Nacional del Litoral and CONICET)
Güemes 3450, S3000GLM, Santa Fe, Argentina.
Fax: + 54 342 4559185. e-mail: alfano@intec.unl.edu.ar

Resumen

La creciente necesidad de métodos eficientes para el tratamiento de la contaminación ambiental ha abierto el campo a la investigación de nuevas tecnologías tendientes a lograr la descomposición de las sustancias indeseables, evitando asimismo la formación de productos tóxicos. Dentro de estas tecnologías se encuentra la fotocatalisis heterogénea, que emplea radiación UV, oxígeno y un sólido semiconductor, como el dióxido de titanio (TiO_2), como catalizador.

En el presente trabajo se estudia la reacción de degradación fotocatalítica de un contaminante modelo, el 4-clorofenol (4-CP), en medio acuoso empleando TiO_2 en suspensión. Los experimentos fueron realizados en un reactor de lecho suspendido de caras planas, irradiado por lámparas UV. Se realizaron corridas experimentales variando la concentración de TiO_2 y los niveles de radiación incidente.

La primera etapa en la degradación fotocatalítica del 4-CP consiste en la activación del TiO_2 mediante la absorción de fotones en el rango UV. Por consiguiente, el conocimiento del campo de radiación dentro del reactor es esencial para modelar la cinética de la reacción. Una forma de obtener esta información resulta de la aplicación de la ecuación de transferencia radiativa (RTE, en inglés) al sistema en estudio. La complejidad de la resolución de la RTE reside en la existencia simultánea de fenómenos de absorción y dispersión de la radiación en el medio heterogéneo, los cuales otorgan a la RTE su carácter íntegro-diferencial. Para resolver el modelo de radiación se aplicó el método de la Ordenada Discreta, el cual transforma la RTE en un conjunto de ecuaciones algebraicas que pueden resolverse numéricamente.

Se obtuvieron expresiones que representan la cinética del 4-CP y del principal compuesto intermediario, el 4-clorocatecol. Los parámetros involucrados en el modelo cinético se estimaron a partir de los datos experimentales mediante la aplicación de un procedimiento de regresión no lineal derivativo (Levenberg-Marquardt modificado). Se obtuvo buena concordancia entre las predicciones del modelo y los datos experimentales, siendo la desviación máxima del modelo con respecto a la conversión de 4-CP de 14%.

MODELACIÓN DE LA EXTRACCIÓN BATCH DE SÓLIDOS SOLUBLES DE CÁSCARA DE LIMÓN APLICANDO UN MODELO POSINOMIAL

Stechina D., Iribarren O., Pauletti M., Bogdanoff, N. y Maffioly R.

U.N. Entre Ríos

Resumen

La producción de limón en Argentina fue, en el año 2000 de 900.000 toneladas. El 75 % de esta producción se deriva a industrialización, básicamente destinado a la obtención de jugo pasteurizado concentrado. Si tenemos en cuenta que el 40 - 45 % de la fruta que ingresa a una planta fabril está formada por cáscara y semilla que en la actualidad tiene un mínimo aprovechamiento, tenemos como residuo del limón 270.000 toneladas anuales. Las sustancias pécticas se encuentran en las paredes celulares de los vegetales, entre ellos en la cáscara del limón donde su contenido es alrededor del 30% (B. S.) y su valor comercial radica en sus propiedades gelificantes y espesantes en una amplia variedad de productos alimenticios farmacológicos y cosmetológicos.

El objetivo del presente trabajo es obtener los parámetros de un modelo para la optimización del proceso de eliminación de sólidos solubles en cáscara de limón determinando el volumen requerido de un extractor, por cada unidad de masa de soluto soluble transferido al solvente (factor de tamaño en un modelo posinomial de procesos batch) a diferentes tiempos y relaciones agua / cáscara.

En primer lugar se determinan la distribución en el equilibrio y el coeficiente de difusión a partir de extracciones realizadas en sistema batch aplicando distintas relaciones (variable de decisión) cantidad de agua / cantidad de cáscara, a una temperatura constante de 10 ° C. Aplicando el modelo posinomial se determina el factor de tamaño para cada una de las variables de decisión adoptadas.

El análisis de los resultados obtenidos indica que el factor de tamaño responde a una ecuación de tipo exponencial donde su valor disminuye con el incremento del tiempo de extracción.

En el intervalo de tiempo analizado dicho factor aumenta a medida que se incrementa la variable de decisión, siendo éste de 26,2 (para V.D.: 15:1) y de 40,5 (para V.D. 25:1), ambos calculados para un tiempo de proceso de 2,5 horas.

En otro orden de cosas el grado de avance de la extracción al mismo tiempo de 2,5 horas, definida como la cantidad extraída sobre la cantidad extraíble a tiempo infinito, es de 0,64 (para V.D.: 15:1) y de 0,88 (para V.D.: 30:1), pero teniendo en cuenta que la concentración de sólidos solubles en la cáscara en el mismo tiempo, es de 0,02 (para V.D.: 15:1) y de 0,039 (para V.D.: 30:1), indicaría que a menores valores de variable de decisión el proceso está más lejos del equilibrio aún cuando la concentración en la cáscara es menor.

Si bien la extracción de sólidos solubles parece ser necesario antes de concretar la extracción de pectina de la cáscara, a partir del análisis del proceso de optimización se deduce que a menores valores de variable de decisión tendremos mayores efectos de extracción y adicionalmente menor consumo de agua.

ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN MIXTA POR FLUJO OPUESTO EN UN CANAL VERTICAL CUADRADO CON CALENTAMIENTO DIFERENCIAL ASIMÉTRICO

L. Martínez ¹, C. Treviño ²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM, 04510 México D.F, México

²Facultad de Ciencias, UNAM, 04510, México D.F, México
Universidad Nacional Autónoma de México

Resumen

El fenómeno de convección mixta que ocurre cuando un flujo pasa por una placa plana vertical calentada es probablemente uno de los problemas más fundamentales en la transferencia de calor y por lo tanto es un problema de gran interés tanto teórico como práctico. A pesar de que existen una gran cantidad de resultados numéricos, experimentales y analíticos, dicho tema continúa siendo un tópico de gran importancia para muchas aplicaciones prácticas. La interacción entre un flujo que cae por inercia y que sube por flotación dentro de un canal vertical constituye una configuración física que es muy común en una gran cantidad de aplicaciones en ingeniería, incluyendo el enfriamiento de dispositivos electrónicos, el diseño de intercambiadores de calor compactos, colectores solares y reactores nucleares. Existe transferencia de calor por convección mixta siempre y cuando las velocidades del flujo forzado y del flujo por convección natural sean del mismo orden de magnitud. La mayoría de los trabajos publicados hacen referencia al caso en el que el flujo tiene una dirección vertical pero en sentido ascendente (flujo asistido), mientras que para el caso contrario en el que el flujo es vertical descendente y donde las fuerzas tanto de flotación como de inercia actúan en direcciones opuestas han recibido mucho menor atención. Para flujos de esta naturaleza, la capa límite puede llegar a separarse de la placa provocando que surjan características inusuales de transferencia de calor.

Se tiene un flujo que desciende por un canal vertical cuadrado debido a la fuerza de gravedad. En una de las paredes, el flujo es sometido a un calentamiento diferencial por medio de una placa de aluminio caliente. Esto ocasiona que el fluido tienda a subir cuando disminuye su densidad por efecto del calentamiento. Existe una competencia entre las fuerzas inerciales y las fuerzas de flotación, la cual se rige por el valor del número de Richardson. Cuando este parámetro adimensional es de orden unidad, las fuerzas de flotación e inercia son equiparables y se crea un vórtice en la vecindad de la placa. Empleando métodos numéricos, se estudian los campos de velocidad, vorticidad y temperatura. Para diversos valores del parámetro de flotación, $Ri=Gr/Re^2$, se reporta su influencia en el fenómeno de reversión de flujo y en el Nusselt promedio en la placa, encontrándose dos regímenes existentes de transferencia de calor: Estado permanente y oscilatorio. La ecuación de conservación de masa, junto con las dos ecuaciones de momentum y la ecuación de energía tienen un carácter parabólico en el tiempo e hiperbólico en el espacio. Dichas ecuaciones se encuentran fuertemente acopladas y se resuelven simultáneamente por medio de un código numérico desarrollado en FORTRAN.