ALGUNAS APLICACIONES DE LA SIMULACIÓN NUMÉRICA EN LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO

Alfredo Bermúdez de Castro[1], Luis M. Díaz Gutiérrez[2]
[1] Dep. de Matemática Aplicada, Univ. de Santiago de Compostela
[2] INESPAL METAL S.A., La Coruña

Abstract

Se presentan problemas matemáticos surgidos en la modelización de procesos que tienen lugar en la industria del aluminio y que han sido estudiados en el Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad de Santiago, en el marco de una colaboración con la empresa INESPAL METAL S.A. (fábrica de La Coruña).

La primera parte trata de la simulación termoeléctrica de cubas electrolíticas. En el proceso inventado por Hall y Héroult, el aluminio se produce por electrolisis a partir de la alúmina (óxido de aluminio). El proceso de reducción es enormemente complejo: el metal se forma a unos 960 grados en el cátodo de una cuba, mientras que el oxígeno se libera en el ánodo de carbón, reaccionando con él y produciendo dióxido de carbono (ver [8]).

En los últimos años la simulación numérica se utiliza en la industria del aluminio para diseñar cubas que, junto a un mejor rendimiento, tengan larga vida (ver por ejemplo [1], [10], [9])

Una cuba electrolítica consta de un cajón de acero de forma rectangular aislado en su interior mediante ladrillos refractarios y aislantes. Contiene un cátodo formado por un bloque de carbón atravesado por una barra de acero en cuyo interior circula la corriente eléctrica. La alúmina se disuelve en un baño electrolítico de criolita. En las zonas cercanas a las paredes, este baño se solidifica dando origen al llamado "talud", cuya forma es determinante para el buen funcionamiento de la cuba y su duración. Su presencia añade serias dificultades al modelo matemático, pues su superficie es una "frontera libre".

Presentamos un modelo matemático constituido por un sistema de ecuaciones en derivadas parciales no lineal, que suministra el potencial eléctrico y el campo de temperaturas, así como la forma del talud. Se propone un método de dominio fijo (ver por ejemplo [6], [7]) para el análisis matemático del problema y su resolución numérica ([3], [2]). La discretización se lleva a cabo con elementos finitos prismáticos con seis grados de libertad.

Como un estudio teórico del problema completo resulta difícil, se ha considerado un problema simplificado para el que se obtienen varios resultados importantes: existencia de solución, propiedades cualitativas y también la unicidad bajo hipótesis adicionales ([4]).

Finalmente se muestran resultados obtenidos en la simulación de cubas reales, para varios supuestos de intensidad de corriente, aislamiento, etc.

La segunda parte estará dedicada a presentar, de una forma más somera, otros problemas matemáticos, esta vez relacionados con la solidificación del aluminio tras su extracción de las cubas. En particular mencionaremos los modelos que se utilizan para simular numéricamente una "colada electromagnética", proceso que ha sido implantado recientemente en la fábrica de La Coruña de INESPAL METAL y cuya simulación numérica está siendo abordada en el Departamento de Matemática Aplicada

Referencias

[1] Y. Arita, N. Urata and H. Ikeuchi, Estimation of frozen bath shape in aluminium reduction cell by computer simulation, Light Metals (1978) 59-72.

[2] A. Bermúdez, L. Carpintero, M.C. Muñiz, P. Quintela, An inverse problem related to the three-dimensional modelling of aluminium electrolytic cells, en Computational Modelling of Free and Moving Boundary Problems. Editado por L.C. Wrobel y C.A. Brebbia. Computational Mechanics Publications/De Gruyter. 1993.

[3] A. Bermúdez, M.C. Muñiz, P. Quintela, Numerical solution of a three-dimensional thermoelectrical problem taking place in an aluminium electrolytic cell, Computer Meth. in Appl. Mech. and Eng., 106, 129-142, (1993).

[4] A. Bermúdez, M.C. Muñiz, P. Quintela, Existence and uniqueness for a free boundary value problem in aluminium electrolysis, Journal of Mathematical Analysis and Applications 191, 497-527 (1995)

[5] N.J. Bruggemen and D.J. Danka, Two-dimensional thermal modelling of the Hall-Héroult cell, Light Metals (1990) 203-209.

[6] C. Elliot and J.R. Ockendon, Weak and Variational Methods for Free Boundary Problems, (Pitman, London,1985).

[7] A. Fasano and M. Primicerio, Free Boundary Problems: Theory and Applications,(Pitman, London, 1983).

[8] K. Grjotheim, C. Krohn, M. Malianovsky, K. Matiasovsky and J. Thonstad, Aluminium Electrolysys (Aluminium Verlag, Dusseldorf, 1982).

[9] B. Sulmont and G. Hudault, Application of thermoelectric model to the investigation of reduction cell thermal equilibrium, Light Metals (1978) 73-86.

[10] P. Utne, Freeze profile in side-break cells: calculations and measurements, Light Metals (1982) 359-371.