

KATEDRA TEORII I INŻYNIERII PROCESÓW METALURGICZNYCH

DZIAŁALNOŚĆ STATUTOWA (2005 r.)

11.11.180.136

Kierownik: Prof. zw. dr hab. inż. Z. Kolenda

Analiza zjawisk termodynamicznych oraz transportu masy i ciepła w procesach metalurgicznych.

Zad. 1

Implementacja algorytmów numerycznych predykcji do wspomagania klasycznych układów regulacji automatycznej na przykładzie procesu elektrolizy aluminium.

Efektywnie działający system kontroli i automatyzacji procesu elektrolizy aluminium powinien posiadać możliwość rozpoznania nadchodzącego efektu anodowego, który jest najsilniej destabilizującym elektrolizer zjawiskiem zachodzącym podczas procesu elektrolizy aluminium. Efekt anodowy zachodzi gdy stężenie tlenku glinowego w elektrolicie spada poniżej wartości krytycznej (ok. 1.5 do 2%), a zdarza się to okresowo wskutek ciągłej konsumpcji tlenku w reakcji elektrodowej. Podczas efektu anodowego następuje gwałtowny wzrost spadku napięcia prądu elektrycznego na anodzie (30-60V) co powoduje powstanie bardzo intensywnego źródła ciepła i powoduje nadmierną stratę energii elektrycznej. Wyeliminowanie (przynajmniej częściowe) efektów anodowych jest głównym celem sterowania automatycznego. W pracy zastosowano sieć neuronową o prostej topologii do analizy typowego sygnału pomiarowego rezystancji elektrycznej warstwy międzybiegunowej elektrolizera i predykcji z wyprzedzeniem w czasie zmian rezystancji, tak by możliwe było podjęcie adekwatnych dla zgaszenia lub uniknięcia efektu anodowego działań podyktowanych technologią procesu. Dodatkową zaletą zastosowania sieci neuronowej dla takiego zagadnienia, jest to, że w przypadku zastosowania procesu treningu sieci neuronowej w trybie on-line, pozyskuje ona zaktualizowane informacje o charakterystyce indywidualnego elektrolizera, która podlega zmianom w trakcie kampanii produkcyjnej. Dalsze prace nad tym tematem są niezbędne, ale wymagać będą skojarzenia zaprojektowanej sieci neuronowej z eksploatowanymi obecnie układami automatyki.

An Analysis of Thermodynamic and Transport Phenomena in Metallurgical Processes.

Implementation of the Predictive Numerical Algorithms to Assist Classical Automatic Regulation Systems for Aluminium Electrolysis Process.

An efficient control of the cell requires the standard control logic to take anticipated actions to prevent the anode effects, which is the strongest destabilizing event during the cell operation. The anode effect occurs when the alumina concentration in the electrolyte drops below the critical value (about 1.5-2 %), and it happens periodically as the alumina is consumed during the process. During the anode effect voltage cell drop is rising up to 30-60V producing very intensive heat source and consuming excessively the electric energy. Elimination of the anode effects is the main objective of the process control. For the analysis and prediction of electric current resistance of aluminium electrolysis cell the simple neural network has been constructed and trained. The results obtained shows that the oncoming anode effect can be predicted using trained neural network. Also, the predictive neural network can be trained on-line using standard control equipment, acquiring the knowledge on the continuously changing characteristics of the individual cell during its campaign. Further study are required on incorporation of the neural network into existing control equipment.

11.11.180.161

Kierownik: Prof. zw. dr hab. inż. Z. Kolenda

Analiza energetyczna procesów technologicznych metalurgii metali nieżelaznych.

Zad. 1

Lokalna analiza egzergetyczna i energetyczna sprzężonych procesów transportu masy i ciepła w pirometalurgicznych procesach technologicznych.

Lokalna analiza energetyczna i egzergetyczna stała się w ostatnim okresie podstawowym narzędziem oceny dobroci termodynamicznej procesów przemysłowych. Umożliwia ona wyznaczenie nie tylko całkowitych strat energii i egzergii, ale także wskazać miejsca, w których wewnętrzne straty egzergii są największe. Lokalna analiza termodynamiczna jest zadaniem skomplikowanym gdyż opiera się na pełnym modelu matematycznym badanego urządzenia. Model taki musi obejmować wszystkie zjawiska nieodwracalne i szczegółowo opisywać zachowanie badanego obiektu. Przedstawiona w pracy analiza procesu elektrolizy aluminium w solach stopionych wymagała wyznaczenia rozkładu temperatury, strumieni ciepła, potencjału elektrycznego w elementach konstrukcyjnych oraz rozwiązania równań bilansu pędu, ciągłości i bilansu energii dla fazy ciekłej. Konieczne było uwzględnienie sił masowych wynikających z istnienia silnego pola elektromagnetycznego. Obliczenia przeprowadzono na ortogonalnej siatce obejmującej ponad 1200 000 elementów różnicowych. Uzyskane wyniki posłużyły do obliczenia wielkości strat egzergii każdego elementu różnicowego. Pozwoliło to na wyznaczenie rozkładu wewnętrznych strat egzergii w obszarze elektrolizera i obliczenie strat zewnętrznych związanych z przepływem ciepła do otoczenia.

An Energy Analysis of Non-Ferrous Technological Processes.

The Conjugated Local Energy and Exergy Analysis of Mass and Momentum Transport Processes in Metallurgical Furnaces.

The local energy and exergy analysis become the powerful tool in the thermodynamic evaluation of the industrial processes. Such analysis gives the estimations not only the global energy and exergy losses, but is also capable for indication of sub regions where the highest internal exergy losses occur. Local thermodynamic analysis must be based on the comprehensive mathematical model of the analyzed process. The model should describe all the irreversible processes taking place and should describe in detail the behaviour of the investigated system. The presented herein aluminium electrolysis analysis is based on the mathematical model which describes the following irreversible

processes: heat transfer, flow of the electric current, momentum transfer in the molten electrolyte and aluminium. In the description of the bath flow the electromagnetic interaction has been incorporated. The mathematical model has been solved using about million finite difference elements (3D mesh) to obtain scalar and vectorial fields distribution (i.e. temperature, electric potential, velocity, etc.). Finally, exergetic analysis leads to obtain spatial distribution of internal exergy losses in the electrolyser and to calculate external losses due to heat transfer to surroundings.

11.11.180.162

Kierownik: Prof. dr hab. inż. J. Szmyd

Modelowanie numeryczne turbulentnego transportu ciepła w ciekłych metalach oraz tlenkach metalicznych.

Zad. 1

Analiza numeryczna transportu ciepła w cieczach niemetalicznych.

Za pomocą termoanemometrii została zmierzona pełna charakterystyka turbulencji obejmująca składowe prędkości średniej, temperaturę średnią oraz jej wariancję, normalne i styczne naprężenia Reynoldsa oraz składowe turbulentnego strumienia ciepła. Uzyskane wyniki przedstawione zostały na rysunkach.

Po analizie otrzymanych wyników można stwierdzić, że po wpłynięciu do kanału pomiarowego strugi kołowej i strugi pierścieniowej następuje ich mieszanie. Przy odpowiednich warunkach prędkościowo-geometrycznych uzyskuje się strefę recyrkulacji.

Obszar bezpośredniego kontaktu obu strug charakteryzuje się dużą intensywnością transportu wszystkich wielkości opisujących turbulencję.

Numerical Modelling of Liquid Metals and Oxides Turbulent Heat Transfer.

Numerical Analysis of heat transfer in Non-metallic Fluids.

Using the triaxial thermoanemometer probe with a temperature sensor provided an experimental analysis of turbulent heat transfer in the recirculation zone of a confined jet. The measured raw data were analysed to obtain time-averaged characteristic of turbulence. The results allowed an evaluation of the turbulent heat flux components, which took their maximal values in the mixing region of primary and secondary streams. For better understanding of the heat transfer processes, a budget of turbulent heat flux was analysed, based on the derived equations presented in the cylindrical coordinate system. Applying derived equations and the measured turbulence characteristic; the values of particular components of heat flux budget were estimated and discussed.

11.11.180.278

Kierownik: Dr hab. inż. J. Norwisz, Prof. AGH

Gospodarka odpadami.

Zad. 1

Źródła, powstawanie i utylizacja odpadów w cyklu technologicznym produkcji cynku i ołowiu w Polsce.

Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej nakłada na technologię produkcji metali w tym cynku i ołowiu przestrzeganie zasad nakreślonych w dyrektywie IPPC (Council Directive 96/61/EC of 26 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control). Celem IPPC jest zintegrowane zapobieganie i kontrola emisji powstających w związku z działalnością gospodarczą w obszarach ujętych w Aneksie I do dyrektywy. Kontrola procesów przemysłowych, podejmowanie przedsięwzięć zapobiegających emisji zanieczyszczeń, wdrażanie najlepszych dostępnych technik stwarza możliwość poprawy w zakresie oddziaływania instalacji przemysłowych na środowisko. W pracy przedstawiono charakterystykę technologii produkcji cynku i ołowiu w Polsce, aspekty środowiskowe związanych ze sposobem wytwarzania tych metali, źródła powstawania zanieczyszczeń, skalę emisji do środowiska, oraz wdrożone już sposoby zapobiegania i ograniczenia oddziaływania technologii produkcji cynku i ołowiu na środowisko. Sugestie zawarte w pracy mogą być pomocne w procesie wdrażania BAT (Najlepszych Dostępnych Technik w ramach IPPC) w zakresie metalurgii cynku i ołowiu.

Refuse Management

As a result of Poland's accession to the EU metals production technology (including zinc and lead) needs to comply with the regulations stipulated in the IPPC directive (Council Directive 96/61/EC of 26 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control). IPPC aims to develop the integrated prevention of emissions created in connection with commercial activity in the areas specified in Annex I and a system of their control. Controlling industrial processes, undertaking actions preventing pollution emission and implementing the best technologies (techniques) available lessen the extent of damage done to natural environment by industrial installations. The work characterizes zinc and lead production technology in Poland and environmental issues connected with this technology, in particular the main sources of pollution, its scale, and already implemented techniques of preventing and reducing negative influence of this technology on environment. The suggestions included in the work may be helpful while implementing BAT (best

available techniques-technologies?) as far as zinc and lead metallurgy is concerned.

11.11.180.279

Kierownik: Dr hab. inż. J. Norwisz, Prof. AGH

Poszanowanie energii – polityka energetyczna Polski.

Zad. 1

Implementacja dyrektywy energetycznej UE.

Zad. 2

Podatki o charakterze proekologicznym.

W ramach tej tematyki analizowano wybrane zagadnienia cząstkowe dotyczące polityki energetycznej, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki odnawialnych źródeł energii i aspektów ekologicznych użytkowania energii. Problemy te oglądano poprzez tworzone w tym zakresie prawo, których jakość jest wciąż nie zadowalająca, również pod względem technicznym czy naukowym, występujących przy formułowaniu ustawowo zalecanych procedur postępowania.

Wyniki analiz przedstawiono w trzech publikacjach:

1. Boryczko B., Norwisz J., (2005); *Cele i zadania podatków „ekologicznych” jako metody wspierania zasad racjonalnego użytkowania nieodnawialnych zasobów energetycznych*, Materiały XIX Zjazdu Termodynamików, Sopot, 5-8.09.2005, Wersja skrócona, s.133-135, CD.
2. J.Norwisz J., (2005); *Implementacja europejskich standardów efektywności energetycznej urządzeń powszechnego użytku*, Rynek Energii, Nr 3 (58), s. 11-19.
3. Norwisz J., Wojtulewicz J., (2005); *Handel emisjami w warunkach polskich*, Materiały Seminarium Technicznego „Aktualne problemy energetyki hutniczej” 10-13.05.2005, OSW „Turnia”, Wisła, Komitet Energetyki Hutniczej SITPH, Katowice, CD.

Wygłoszono referaty dotyczące tej tematyki zarówno w ramach forum naukowego:

- XIX Zjazd Termodynamików,
- jak i na dwóch spotkaniach organizacji zawodowych:
- Seminarium Techniczne „Aktualne problemy energetyki hutniczej”,
 - VIII Warsztaty Energetyczne nt. Energetyka przemysłowa w świetle restrukturyzacji hutnictwa żelaza i stali.

Energy Conservation- - Polish Energy Policy.

Implementation of EU Directives into Polish Energy Policy.

Ecological Taxes.

Within the scope of the above mentioned title there were analyzed a few partial topics related to different aspects of polish energy policy, with special attention to renewable energy resources and ecological influences of energy usage. The problem was analyzed based on new energy policy acts created by polish government an parliament. Quality of different acts and ordinances, related to use scientific or technical terms is still not enough good.

Results of such analyses were published in a few papers.

1. Boryczko B., Norwicz J., (2005); *Aim and goals of ecological taxes as a method supporting rational use of nonrenewable energy resources*, Proc. 19th National Congress of Thermodynamicists, Sopot, 5-8.09.2005, Abstract book, pp. 133-135, CD.
2. Norwicz J., (2005); *Implementation of European standards on energy efficiency household equipment*, Rynek Energii, No. 3 (58), pp. 11-19.
3. Norwicz J., Wojtulewicz J., (2005); *Emissions trading in Poland*, Proc. Technical Seminar „Current Problems of Energy Use by Metallurgical Plants”, 10-13.05.2005, OSW „Turnia”, Wisła, Komitet Energetyki Hutniczej SITPH, Katowice, CD.

Some results were also presented in oral form on scientific and professional meetings:

- Technical Seminar „Current Problems of Energy Use by Metallurgical Plants”,
- VIII Energy Workshop „Energy Management of Polish Metallurgy Plants during Economical Transition Period”.

11.11.180.47

Kierownik: Dr inż. L. Pasierb

Wykonanie algorytmów numerycznych dla opracowania eksperymentalnych wyników badań ciepłno-przepływowych w rurach dwustronnie żebrowanych.

Zad. 1

Wymiana ciepła w rurach żebrowanych o rozwiniętej kanalikowej powierzchni wewnętrznej – kontynuacja.

Zastosowanie w konstrukcjach zwartych wymienników ciepła rur żebrowanych o rozwiniętej powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej podlega pewnym ograniczeniom. Ograniczenia te związane są z oporami cieplnymi i przepływowymi występującymi po obu stronach powierzchni rury. Zwarte wymienniki ciepła są chłodnicami powietrznymi i transport ciepła od powierzchni zewnętrznej limitowany jest dobozem wentylatora. Obowiązujące obecnie europejskie normy hałasu nie pozwalają na wprowadzenie wentylatorów wysokoobrotowych, co ogranicza stosowanie dużych prędkości napływu powietrza i zmniejsza dyspozycyjny spręż. Rozwinięcie powierzchni od strony wewnętrznej wprowadza z kolei zwiększenie kontaktu w przepływie i generuje procesy tarciove, co prowadzi do znacznego wzrostu oporów przepływu.. Bazując na wynikach badań Autora i danych literaturowych, w opracowaniu przedstawiono analizę wpływu oporów cieplnych i przepływowych na efektywność rury dwustronnie żebrowanej jako elementu konstrukcyjnego wymiennika ciepła.

Numerical Algorithm for the Experimental Data Mathematical Treatment Describing Heat transfer and Flow Phenomena Taking Place on Extruded Longitudinal and Helican Fins on Internal and Outer Tube Surfaces.

A Study of the Flow in the Tubes on Finned on both Side.

Application of finned pipe with developed external and internal surfaces to the construction of compact heat exchangers is restrained by. The thermal and flow resistances on both sides of pipe surfaces. Compact heats exchangers are cooled by air; therefore heat transfer from the external surface depends on a fan selection. Obligatory European noise standards do not allow introducing into service the high-speed fans, which limits application of high velocity air flow and reduces a disposable compression. Development of pipe internal surface increases the friction due to the larger contact area and causes the substantial growth of flow resistance. In the present paper the analysis of influence of

thermal and flow resistances on the thermal efficiency of pipes is discussed. The discussion bases on the author's results and literatures.

11.11.180.311

Kierownik: Dr inż. A. Ziemia

Wpływ komputerowej reprezentacji liczb rzeczywistych, stanowiącej przestrzeń liczb zmiennoprzecinkowych, na dokładność wyników obliczeń numerycznych.

Zad. 1

Wpływ błędu operacji zmiennoprzecinkowych na zbieżność i stabilność rozwiązania numerycznego, na przykładzie schematu Cranka-Nicolsona

Zbieżność i stabilność schematów numerycznych jest zazwyczaj udowodniona w przestrzeni liczb rzeczywistych, będącej abstrakcyjnym pojęciem matematycznym. Obliczenia są realizowane w zbiorze liczb zmiennoprzecinkowych, będącym niedoskonałym komputerowym modelem liczb rzeczywistych. Podstawowe właściwości liczb rzeczywistych w niewielkim stopniu odpowiadają właściwościom liczb zmiennoprzecinkowych, co może być przyczyną błędów obliczeń uniemożliwiających uzyskanie poprawnego rozwiązania. Schemat bezwarunkowo zbieżny i stabilny w przestrzeni liczb rzeczywistych, w wyniku nieprawidłowego doboru parametrów obliczeniowych może stać się niezbieżny i niestabilny, a nawet prowadzić do rozwiązania problemu innego niż zamierzony, a uzyskane tak rozwiązanie mogłoby nadal być uważane za poprawne.

Na tym etapie pracy przedyskutowano problem zbieżności i stabilności schematu Cranka-Nicolsona, na przykładzie rozwiązania problemu brzegowo-początkowego wymiany ciepła w układzie cylindrycznym z wewnętrznym źródłem ciepła, uzyskanego po analizie błędu rozwiązania. Wskazano na niezbędne do uzyskania poprawnego rozwiązania ograniczenie doboru parametrów obliczeniowych, które można uznać za komputerowe kryterium zbieżności i stabilności schematu numerycznego.

Influence of computer representation of the real numbers system called the floating-point numbers system on the accuracy of numerical computations.

Influence of the Floating-point Computations Error on the Convergence and Stability of Numerical Solution, on the Example of Crank-Nicolson Scheme.

Convergence and stability of the numerical schemes are usually proved for the real numbers system, which is an abstract mathematical concept. Computations are realized in the floating-point numbers system, which is an imperfect discrete representation of the real numbers system in computer's memory. Basic properties of the real numbers do not correspond well enough to basic properties of the floating-point numbers, what can cause the computational

errors and make impossible of an obtaining proper solution. Unconditionally convergent and stable scheme in the real numbers system can be not convergent and unstable due to an improper choice of the computational parameters, what can even lead to solution of different problem. Solution obtained in such a way can still be taken as a proper solution, what is quite wrong.

At this stage of work, convergence and stability problem of the Crank-Nicolson scheme is discussed, on the example of initial-boundary problem solution of heat transfer in cylindrical coordinates system, with inner heat source. The results are obtained with an error analysis calculation. Supplementary restriction in choice of the computational parameters, indispensable for obtaining proper solution, is pointed. It could be treated as a computer criterion for the convergence and stability of numerical scheme.

PRACE WŁASNE (2005 r.)

10.10.180.197

Kierownik: Dr inż. M. Zembura

Strumienie dyfuzyjne reagentów a szybkość reakcji: ciało stałe - roztwór elektrolityczny.

Zad. 1

Wykonanie symulacji wpływu typowych zaburzeń pracy elektrolizera na wskaźniki techniczno-ekonomiczne procesu elektrolizy

W pracy przedstawiono wyniki szeregu symulacji zaburzeń pracy elektrolizera aluminium. Omówiono podstawowe wnioski wynikające z analizy stabilności cieplnej urządzeń. Przedstawiono rozbudowany model obliczeniowy serii elektrolizery aluminium partycjonowany do modelu elektrycznego, magnetoelektrycznego i cieplnego i obejmującego zjawiska fizykochemiczne towarzyszące rozpuszczaniu tlenku glinowego w elektrolicie.

Przedstawione w pracy wyniki symulacji opisują zjawiska fizyczne, zachodzące w trakcie trwania procesu oraz analizują parametry procesu, które ulegają fluktuacjom w czasie trwania kampanii produkcyjnej.

Diffusion Fluxes against Reaction Kinetics: Solid Electrolytic Solution.

The Simulation Execution of the Influence Typical Process Destructions for the Technical – Economic Index of Electrolyze Process.

This work contains discussion of the simulation results of aluminum electrolyzer process destruction. The basic conclusions followed from the analysis of the thermal stability devices aluminum electrolyzer has been presented.

The complex computational model of the series aluminum electrolyzer differentiated to the electrical, magneto electrical and heat model has been presented. To the model physicochemical phenomena has been incorporated.

The physical phenomena, presented in this work are describing process of the electrolysis during its duration. The process parameters, fluctuated during route of the process are also discussed.

10.10.180.222

Kierownik: Dr inż. M. Jaszczur

Wizualizacja formowania się wirów w procesach konwekcyjnych.

Zad. 1

Analiza numeryczna wpływ kształtu naczynia na proces formowania się wirów.

Na przykładzie numerycznego rozwiązania niestacjonarnego przewodzenia ciepła dokonano analizy różnych metod obliczeniowych pod kątem ich przydatności w realizacji obliczeń równoległych na komputerach z pamięcią rozproszoną (klastrach obliczeniowych). Analizowane zagadnienie w celu zrównoleglenia zostało podzielone na mniejsze zadania wykorzystując metodę dekompozycji obszaru tzw. „domain decomposition”. Badano wpływ dekompozycji na zbieżność rozwiązania oraz efektywność wybranych metod rozwiązania układu równań. Przedstawiono czynniki mające największy wpływ na wydajność procesu obliczeń numerycznych.

Visualization of the Vortex Generation in a Convective Processes.

Numerical Analysis of Vortex Generation in a Crucible.

A parallel computation has been done to solve unsteady heat transfer equations. Domain decompositions methods was described and used to split problem into computational blocks to make computation in parallel. Efficiency of different solvers commonly used in CFD has been tested and analyzed with focus on parallel computation using domain decompositions. Parallel efficiency and numerical efficiency as well as sources of decreasing in efficiency depending on hardware or not was presented in analyzed in more detailed

10.10.180.254

Kierownik: Dr inż. R. Kaczmarczyk

Analiza termodynamiczna procesu produkcji metalu Dore'a w piecu Kaldo.

Zad. 1

Analiza termodynamiczna wpływu natlenienia Ag9999 na technologię produkcji i jakość stopów srebra.

W opracowaniu podjęto próbę zinterpretowania od strony termodynamicznej procesu granulacji czystego srebra i jego wpływu na jakość wyrobów Ag925 w cyklu odlewniczym. Przedyskutowano jakie i jak parametry technologiczne oraz realizowane procedury wpływają na stopień natlenienia granulowanego czystego srebra. Przeanalizowano zjawiska zachodzące w realizowanej technologii dotyczące : rozpuszczalności tlenu w srebrze i jego determinującego wpływu na proces i jakość produktu. Przedstawiono możliwości zabezpieczenia srebra przed natlenianiem z wykorzystaniem stałych i gazowych reduktorów.

Thermodynamics Analysis of the Dore'a Metal Production Process in a Kaldo Furnace.

This work is an attempt to interpret the thermodynamic aspects of the granulation process of pure silver and its impact on the quality of Ag925 products. It discusses what technological parameters and what procedures influence the level of oxygen absorption of granulated pure silver and in what way (and to what extent, and how it is achieved). Furthermore it analyses the phenomena occurring in the technology implemented concerning oxygen dissolution in silver and oxygen's determining influence on the process and on the quality of the product. Possibilities of securing silver against oxygen absorption with solid and gas reducers have been outlined.

10.10.180.282

Kierownik: Dr inż. A. Piotrowski

Modelowanie matematyczne procesów transportu ciepła oraz substancji w procesach hydrometalurgicznych.

Zad. 1

Próba opracowania modelu matematycznego wymiany masy i ciepła w obszarze całej wanny.

Praca stanowi kontynuację badań, których celem jest opracowanie modelu matematycznego procesu elektorafinacji miedzi. Na obecnym etapie rozważań podjęto próbę symulacji numerycznej transportu tych składników elektrolitu wypełniającego wannę, które pochodzą z rozpuszczającej się anody, a nie gromadzą się w szlamie anodowym. Składnikami tymi są jon ołowiu Pb^{2+} oraz niklu Ni^{2+} . Jon Cu^{2+} , jak wiadomo, nie akumuluje się w przestrzeniach międzyelektrodowych, ponieważ procesowi roztwarzania miedzi anodowej towarzyszy równoczesne oraz równoważne, jeśli chodzi o strumień masy, wydzielanie się tego pierwiastka na powierzchni katody. W celu dokonania symulacji wykorzystano model matematyczny wykonany w ramach poprzednich prac, w którym instalacja elektrod wewnątrz wanny została potraktowana jako ośrodek „pseudoporowaty”. W celu identyfikacji pól odpowiednio, prędkości liniowej elektrolitu w warunkach konwekcji mieszanej, temperatury oraz stężeń jonów Pb^{2+} i Ni^{2+} . zastosowano procedurę numeryczną służącą do symulacji tzw. „przepływów częściowo-parabolicznych”. Opracowany model matematyczny posiada charakter trójwymiarowy (3-D). W wyniku obliczeń numerycznych uzyskano dyskretne wartości poszukiwanych pól fizycznych w punktach stanowiących węzły zadanej sieci numerycznej. Na rysunkach zamieszczonych w sprawozdaniu przedstawiono mapy koncentracji jonów Pb^{2+} i Ni^{2+} w przekrojach poprzecznych wanny dla różnych odległości od otworu wlotowego świeżego elektrolitu.

Mathematical Modeling of Heat and Mass Transfer in the Hydrometallurgical Processes.

The Trial of the Mathematical Model Performance for Prediction of the Mass and Heat Transfer within the Whole Reactor Space.

In the work the studies are continued, the subject of which is the mathematical model performance of electrochemical refining of copper. Presently, the trial of the numerical simulation is realised to predict the three-dimensional transfer of some species that are entering the electrolyte bulk during the anode dissolution. These species are Pb^{2+} lead ions and Ni^{2+} nickel ions. Cu^{2+}

ions, how it is known, do not accumulate inside electrolyte space, because the rate of the anode copper dissolution is accurately balanced by the rate of copper reduction on the cathode surface. In the order of the simulation performance the mathematical model made previously was adopted, in which the whole electrodes' installation was treated to be a pseudo-porous solid medium. To obtain the fields respectively, electrolyte flow due to mixed convection, electrolyte temperature, Pb^{2+} and Ni^{2+} ions' concentrations, the numerical solver elaborated in the previous works was applied. The predictions' results are the discrete values of the fields mentioned above due to the points of the numerical grid used in the calculations. The suitable maps of Pb^{2+} and Ni^{2+} ions' concentrations have been presented for the few cross sections of the reactor responded to the different distances from the electrolyte inlet.