

KATEDRA TEORII I INŻYNIERII PROCESÓW METALURGICZNYCH

DZIAŁALNOŚĆ STATUTOWA (2004 r.)

11.11.180.136

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

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

Zad. 1

Porównanie metod symulacji transportu ciepła drogą promieniowania w środowisku atmosfery pieców metalurgicznych.

Niniejszy etap pracy poświęcony został podsumowaniu wieloletnich działań w kierunku implementacji modelu transportu energii promienistej z oprogramowaniem do symulacji pieców metalurgicznych z zapyloną atmosferą. Dokonano przeglądu wielu metod numerycznych. Wybrano do implementacji metody kierunków dyskretnych, bazujące na równaniu transportu energii promienistej. Wykonano oprogramowanie i przetestowano dla wzorcowych rozwiązań dokładnych w prostych geometriach. Wykonano symulacje transportu energii dla pieca zawieszinowego do produkcji miedzi.

An Analysis of Thermodynamic and Transport Phenomena in Metallurgical Processes.

Comparison of the Simulation Methods of Radiative Heat Transfer in Metallurgical Furnaces.

The review of mathematical modeling of radiation heat transfer has been done, looking for the optimal model for the implementation with the CFD code, developed for the simulation of the pirometallurgical processes in furnaces with absorbing, emitting and scattering atmosphere. Finally, the family of the discrete ordinate method has been chosen and the computer code developed. The code was tested against classical exact solutions in simple geometries. After integration with CFD code, the simulations for the flash furnace for copper concentrates smelting has been conducted.

11.11.180.161

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

Analiza energetyczna procesów technologicznych metalurgii metali nieżelaznych.

Zad. 1

Modelowanie przepływu turbulentnego w elektrolizerze Al.

Oddziaływania elektromagnetyczne występujące podczas procesu elektrolizy aluminium z soli stopionych mają bardzo istotny wpływ na wiele zjawisk towarzyszących temu procesowi.

Część tych zjawisk można zakwalifikować jako sprzyjające procesowi elektrolizy, ale istnieją też zjawiska niekorzystne. W związku z tym istotnym problemem technologii jest panowanie nad skutkami oddziaływań elektromagnetycznych w takim stopniu, by elektrolizę prowadzić w najlepszych warunkach. Ponieważ wielkość i charakter oddziaływania pola magnetycznego z elektrolitem i metalem w stanie ciekłym w dużym stopniu zależy od ukształtowanego pola elektromagnetycznego w samym elektrolizerze jak i jego bezpośrednim pobliżu, w etapach poprzednich opracowano model matematyczny pola elektromagnetycznego i oprogramowanie do jego symulacji. Właściwa interpretacja wyników symulacji pola elektromagnetycznego wymaga jednak rozwiązania zagadnienia przepływu cieczy wewnątrz wanny elektrolizera wymuszanego siłą pochodzenia elektromagnetycznego. Opracowano zatem oprogramowanie do symulacji przepływu turbulentnego wewnątrz wanny elektrolizera, w warunkach izotermicznych i stacjonarnych. Uzyskane wyniki są satysfakcjonujące, pozwolą na szacowanie oczekiwanej wydajności prądowej elektrolizera oraz symulację zjawiska transportu cząstek tlenku glinowego w elektrolizie, w celu oceny przebiegu procesu elektrolizy. Ponadto, w perspektywie pozwolą na opracowanie modelu niestacjonarnego i nieizotermicznego, który w szczególności pozwoli zinterpretować zjawiska dynamiczne, utrudniające prowadzenie procesu (niestabilność hydromagnetyczna elektrolizera, konsekwencje nieprawidłowej pracy cieplnej elektrolizera, itp.).

An Energy Analysis of Non-Ferrous Technological Processes.

Modeling of Turbulent Flow in Aluminium Electrolyser.

The electromagnetic interactions take important in the Hall-Herault electrolysis process. Some phenomena, both useful and harmful from the technological point of view, are induced by the electromagnetic forces. Therefore control of the electromagnetic interactions is a basic problem of this

technology, especially for the high-power modern cells. Electromagnetic interactions intensity depends mainly on the strength of magnetic field build up by the pot line current and the ferromagnetic materials used in cells constructions, the previous work has been done on the development of effective code for simulation of magnetic stirring forces. The proper interpretation of magnetic force field requires the solution of the forced turbulent convection problem of the molten aluminium and electrolyte inside the cell. The model consists of stationary state Reynold's equations closed by the k- ϵ turbulence model for the 3D pot geometry. Numerical simulation using 178x78x44 grid gave satisfactory results, and authors expect to utilize obtained results for the estimation of current efficiency and simulation of alumina dissolution in electrolyte in near future. Transient and non-isothermal problem seems to be possible to be resolved using modern computers, with equal level of preciseness as stationary one. This will give us a tool for studying and interpreting dynamic phenomena during electrolysis process, which make the process difficult to control.

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 turbulentnego transportu ciepła ciekłych metali w przepływach typu eliptycznego i parabolicznego.

Przeprowadzono analizę numeryczną konwekcji swobodnej w układzie geometrycznym zbliżonym do procesu wytwarzania monokryształów metodą Czochralskiego. Analizowano wpływ kształtu tygla na rozkład pola temperatury i pola prędkości fazy ciekłej w procesie wytwarzania monokryształów metodą Czochralskiego.

Numerical Modelling of Liquid Metals and Oxides Turbulent Heat Transfer.

Numerical Model of the Liquid Metals Turbulent Heat Transfer in the Elliptic and Parabolic Flow.

Numerical analysis of buoyancy driven convection was carried out in Czochralski crystal growth system. Three different crucibles have been employed in the analysis. The fluid was assumed to be incompressible, Newtonian and Boussinesq. The numerical results have shown different flow patterns for different shape of crucibles. This suggests that the shape of crucible can have effect on the crystal growth processes.

11.11.180.194

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

Dystrybucja międzyfazowa metali towarzyszących i ich związków w procesach metalurgii metali nieżelaznych.

Zad. 1

Zachowanie się kobaltu w procesie konwertowania kamienia miedziowego i rafinacji ogniowej miedzi konwertorowej.

W ramach działań badawczych podjętych przez zespół wykonawców w okresie ostatniego roku analizowano wpływ powstających odpadów hutnictwa miedzi na zagrożenia środowiskowe. Hasłem naczelnym było efektywne wykorzystanie dostępnych zasobów naturalnych w sposób zgodny z wymogami wynikającymi z implementacji zasad zrównoważonego rozwoju. Wyniki ocen opublikowano w dwóch artykułach: „Pojęcie BAT a zrównoważony rozwój – analiza krajowych technologii produkcji miedzi” i „Zachowanie się kobaltu w procesie zawieszinowego topienia koncentratów miedzi”.

W pierwszym przedstawiono rozważania dotyczące możliwości minimalizacji ilości odpadów powstających w trakcie produkcji miedzi w obu stosowanych w Polsce technologiach: pieca szybowego i zawieszinowego. W drugim z artykułów ograniczono się do analizy strumieni kobaltu w produktach i odpadach technologicznych z pieca zawieszinowego, jako podstawy wyboru ekonomicznie uzasadnionego źródła odzysku tego metalu.

Interfacial Distribution of Metals and its Compounds in Non-Ferrous Technological Processes.

Cobalt Behavior in Two Phases of Cooper Production Scheme; Matte Converting and Copper Refinement.

As a main topic of scientific work, done by research team during last year, was chosen problem of cooper industry waste influence to environment. Mainstream of elaborations was; usage effectiveness of available wastes from cooper technologies according principles of sustainable development. Results were presented in two papers entitled: “BAT conception and equable development – Polish copper production technology analysis” and “Cobalt behavior during copper flash smelting process”.

In first were presented a considerations related to possibility of minimization of wastes amount generated from copper technologies both used in Poland: shaft furnaces technology and flash smelting. In following paper topic was limited to evaluation of cobalt streams in products and wastes from flash smelting technology. This consideration was used as the base for selection of the

most economic source for cobalt production. Evaluation has shown that there is not available, economical acceptable, source for any known cobalt recovering technology.

11.11.180.278

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

Gospodarka odpadami.

Zad. 1

Źródła powstawania i utylizacja odpadów w cyklu technologicznym produkcji miedzi w Polsce.

W pracy przedyskutowano aspekty ochrony środowiska związane z technologią produkcji miedzi w Polsce. Szczególną uwagę zwrócono na źródła powstawania, utylizację, składowanie i zagospodarowanie odpadów towarzyszących cyklowi produkcyjnemu miedzi. Odpady powstające w trakcie wydobywania i przeróbki surowców miedzi podzielono na trzy grupy:

- skała płonna pochodząca z prac wydobywczych,
- odpady z flotacji rud miedzi,
- żużle oraz pyły hutnicze pochodzące z pirometalurgii miedzi.

Przedstawiono ogólnie charakterystykę produkcji miedzi w oparciu o technologię pieca szybowego i zawieszinowego oraz strumienie odpadów powstających w tych cyklach. Osobny rozdział stanowią odpady procesu wydobywczego i flotacji koncentratu będącego wsadem do ogniowego uzyskania miedzi. Skorelowanie informacji odnośnie ochrony środowiska z danymi technologicznymi umożliwi weryfikację sposobu prowadzenia procesu produkcji miedzi pod kątem uzyskania optymalnych produktów finalnych, w sposób maksymalnie ekonomiczny i ekologiczny.

Waste Economy.

Sources of Generation and Utilization of Waste Connected with Copper Production Cycle in Poland.

The paper discusses aspects of protection of natural environment connected with copper production technology in Poland. Special attention has been paid to sources, utilization, storing and management of waste connected with copper production cycle. The wastes created during mining and processing has been divided into three groups. Basic characteristics of copper production have been given. A separate chapter is devoted too. Combining information regarding protection of natural environment with technological data verification of copper production process should improve process and lead to the best final products ensuring the most ecological and economical means.

11.11.180.279

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

Poszanowanie energii – polityka energetyczna Polski.

Zad. 1

Polityka rozwoju odnawialnych źródeł energii.

Wraz z kolejnymi problemami o globalnym charakterze takimi jak: wzrost ceny ropy naftowej, wzrost zapotrzebowania na nośniki energetyczne, zagrożenie efektem szklarniowym i podpisanie, między innymi przez Polskę, tzw. protokołu z Kito, rośnie znaczenie problematyki racjonalnej i powszechnie akceptowalnej, efektywnej polityki energetycznej państwa. Jako przyczynek, do tego konglomeratu zadań, powstał w ramach realizowanej pracy badawczej, w minionym okresie, szereg artykułów dotyczących wybranych problemów cząstkowych:

1. J. Norwisz, A. Panek, (2004); *Wprowadzanie w Polsce Dyrektywy 2002/91/EU w sprawie jakości energetycznej budynków*, Materiały XV Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo – Technicznej “Wentylacja, klimatyzacja ogrzewnictwo, zdrowie”, Zakopane - Kościelisko, 2-4 czerwca 2004, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych - Oddział w Krakowie, i inni, s. 383-392.
2. J. Norwisz, A. Panek, (2004); *Rola i zadania systemu oceny energetycznej budynków* (skrót referatu), *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo i Wentylacja*, nr 4/2004, s. 5-9.

oraz książka, pod redakcją J. Norwisza; opublikowana za zgodą Ministerstwa Środowiska, w ramach Biblioteki Fundacji Poszanowania Energii:

1. J. Norwisz, (red.) (2004); *Termomodernizacja budynków dla poprawy jakości środowiska. Poradnik dla audytorów energetycznych, inspektorów środowiska, projektantów oraz zarządców budynków i obiektów budowlanych*, Gliwice, Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii, (książka).

W książce tej znalazły się również artykuły autorstwa J. Norwisza:

- A. Panek, J. Norwisz, rozdz. II, *Oddziaływanie sektora komunalnego na stan środowiska przyrodniczego*,
- J. Norwisz, A. Panek, rozdz. IV, *Poprawa efektywności użytkowania ciepła grzewczego elementem wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju*,
- J. Norwisz, rozdz. VI, *Audyty energetyczne – Cele, zadania i strategia realizacji*,
- J. Norwisz, T. Miernik, rozdz. VII, *Ocena ekonomiczna projektów energooszczędnych*,

- A. Panek, J. Norwisz, rozdz. IX, *Analiza wrażliwości wyników audytu na zmianę wartości parametrów technicznych i ekonomicznych obiektów i otoczenia.*

W publikacjach dotyczących polityki energetycznej stosowane są często nietypowe jednostki, jak np. tpu, quad, MMB, itp., niezgodne z układem SI. Dla uporządkowania tych zagadnień powstały również dwa artykuły dotyczące problemów jednostek:

1. J. Norwisz, (2004); *Przeszłość i teraźniejszość Międzynarodowego Układu Jednostek*, Rudy Metal, (49) nr 7, s. 355-340,
2. J. Norwisz, W. Sokolski, (2004); *Anglosaski system jednostek miar we współczesnym świecie*, Energetyka, nr 4(599), s. 255-263.

Energy conservation- - Polish energy policy.

Energy Policy; Energy Conservations and Development of Renewable Energy Resources.

At the present time, parallel to growing global problem like: crude oil price increase, increasing of energy usage, green house effect and related to this - Kyoto Protocol, signed by Polish government, is growing also the importance of rational, wide and deeply social accepted, national energy policy. As a contributions to this tasks conglomerate, there were published row of paper related to specific, partial topics

1. J. Norwisz, A. Panek (2004); *Implementation of EU directive 2002/91/EU in Poland*, Materiały XV Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo – Technicznej “Wentylacja, klimatyzacja ogrzewnictwo, zdrowie”, Zakopane - Kościelisko, 2-4 czerwca 2004, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych - Oddział w Krakowie i inni., s. 383-392.
2. J. Norwisz, A. Panek (2004); *Topics and aim of building energy use evaluation*, Ciepłownictwo Ogrzewnictwo i Wentylacja, nr 4/2004, s. 5-9. and manual, with J. Norwisz as editor, published by Ministry of Environment acceptance, as book of Energy Foundation Library.
1. J. Norwisz,(red.) (2004); *Building Modernization for Environment Improvement. Manual for energy auditors, environment’s inspectors, building designers and management*, Gliwice, Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii, (book),

There were also chapters prepared by J. Norwisz:

- A. Panek, J. Norwisz, rozdz. II, *Tertiary sector influence on natural environment*,
- J. Norwisz, A. Panek, rozdz. IV, *Improvement of energy usage as the element of sustainable development*,

- J. Norwicz, rozdz. VI, *Energy audits, aims, tasks and strategy*,
- J. Norwicz, T. Miernik, rozdz. VII, *Economic evaluation of energy saving investments*,
- A. Panek, J. Norwicz, rozdz. IX, *Sensibility analysis of audits results to changes of technical and economical parameters*.

In papers related to energy policy different units are used like tpu, quad, MMB, not belongs to SI system. For explanations of such problems two papers were published.

1. J. Norwicz (2004); *Present and past of international units system*, Rudy Metale, (49) nr 7, s. 355-340,
2. J. Norwicz, W. Sokolski (2004); *Anglo-saxon system of units in contemporary world*, Energetyka, nr 4(599), s. 255-263,.

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.

Wymienniki ciepła skonstruowane w oparciu na specyficznych rurach aluminiowych dwustronnie żebrowanych, stosowane w różnorodnych instalacjach i charakteryzują się zwartą budową oraz wysoką sprawnością cieplną. Poprawna praca wymiennika w znacznej mierze zależy od doboru pompy zapewniającej optymalny przepływ cieczy wewnątrz wymiennika. Konieczna jest więc w fazie projektowania jak i w fazie ruchowej znajomość rzeczywistych oporów przepływu w instalacjach w celu doboru pompy o właściwych parametrach. W artykule przedstawiono wyniki badań przepływowych, dotyczących monometalicznej rury dwustronnie żebrowanej, które są niezbędne do oszacowania wielkości oporów przepływu. Dokonano w ten sposób oceny walorów użytkowych rury pod kątem zastosowania jej w konstrukcjach zwartych wymienników 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.

The heat exchangers, whose design is based on specific aluminium tubes finned on both side, are used in various installations and are characterized by a compact structure and high thermal efficiency. Their correct operation is conditioned to a great extent by an appropriate choice of a pump so as to enable an optimal flow of a liquid inside the exchanger. Therefore, it is necessary to know the magnitude of actual resistance to flow in the installation both at the stage of its designing and start-up, to be capable to select a pump with suitable specifications. The paper presents results of the flow tests performed for monometallic tube finned on both side, which were aimed to determine the magnitude of flow resistance. The tests enabled an assessment of applicational properties of the tube from the point of view of its use in the compact structures of heat exchangers.

PRACE WŁASNE (2004 r.)

10.10.180.197

Kierownik: Dr inż. M. Zembura

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

Zad. 1

Refaktoryzacja oprogramowania modelu matematycznego fazy rozproszonej w roztworach elektrolitycznych.

W sprawozdaniu omówiono zagadnienia refaktoryzacji złożonego oprogramowania modelu matematycznego fazy rozproszonej w roztworach elektrolitycznych. Refaktoryzacja jest traktowana jako proces przekształcania kodu źródłowego, który nie zmienia działania programu.

Po analizie istniejącego oprogramowania pod kątem weryfikacji warunków wstępnych możliwości dokonania zmian wydzielonych programów do wspomaganie refaktoryzacji wykonano różne rodzaje refaktoryzacji dla poszczególnych kodów źródłowych oprogramowania.

W pracy przedstawiono rodzaje stosowanych refaktoryzacji dla konkretnych kodów źródłowych rozwiązujących równania modelu matematycznego oraz organizującego strukturę danych wejściowych i wyjściowych opisujących układ fizyczny. Przedstawiono także uwarunkowania charakterystyczne dla złożonych refaktoryzacji.

Diffusion Fluxes against Reaction Kinetics: Solid Electrolytic Solution.

The Mathematical Model of Dispersion Phase in Electrolyte Solutions Software Refactoring.

This report contains discussion of refactoring complex software problem, containing the mathematical modeling transport dispersion phase in electrolyte solutions. Refactoring is here an convert software code process, adapting new conditions, which has no influence for working of computer program.

First refactoring step was spend for software analysis for verification of precondition possibility changing selected software code assisting refactoring. After then the different classes of refactoring was done for different software code.

This work present different kind of refactoring applied for selected software code describing the mathematical model solution and input output data

organization. The discussion of conditions complex software code refactoring was also presented.

10.10.180.222

Kierownik: Dr inż. M. Jaszczur

Wizualizacja formowania się wirów w procesach konwekcyjnych.

Zad. 1

Weryfikacja modelu matematycznego oraz algorytmów obliczeniowych procesu formowania się wirów w płynach newtonowskich.

W pracy wykorzystując opracowane modele matematyczne oraz biblioteki numeryczne dokonano analizy przepływu płynów wzajemnie się nierozpuszczalnych oraz posiadających ciągłą powierzchnię rozdziału płynów przez mikser statyczny jak również analizy numerycznej konwekcji naturalnej w pionowym cylindrze z różnym kształtem dna. W celu weryfikacji poprawności rozwiązań dokonano porównań wyników obliczeń z dostępnymi wynikami eksperymentalnymi. W pracy przedstawiono rozkłady pól podstawowych parametrów przepływu, a dla procesu mieszania się płynów również szereg parametrów związanych z mieszaniem takich jak intensywności i efektywności mieszania. Analiza numeryczna pozwoliła na określenie wpływu warunków brzegowych na przebieg każdego z analizowanych procesów.

Visualization of the Vortex Generation in a Convective Processes.

Verification of the Mathematical and Numerical Models in the Processes of Vortex Generation for Newtonian Fluids.

In the present work flow-mixing process in a static mixer for high viscous fluid and buoyancy driven convection of the fluid in a vertical cylinder has been treated numerically by a control volume method. A comparison of numerical results and measured data for flow processes has been made to check the results of numerical simulation. Numerical analysis was applied to calculate flow pattern, and in case of flow-mixing also pressure drop and intensity of segregation for Newtonian fluids. In the present work to solve the problem numerically the governing equations for conservation of mass, momentum and species concentration were solved. It has been found that presented processes can be improved significantly by incorporating numerical modeling

10.10.180.254

Kierownik: Dr inż. R. Kaczmarczyk

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

Zad. 1

Analiza termodynamiczna etapu redukcji wsadu w procesie produkcji stopu srebra surowego.

W opracowaniu zinterpretowano od strony termodynamicznej proces redukcji wsadu i konwertowania stopu srebra. Są to etapy cyklu produkcyjnego metalu dore'a w piecu Kaldo. Przeanalizowano skuteczność prowadzonych aktualnie procedur rafinacji odnośnie domieszek (Pb, Cu) oraz oszacowano wpływ czynników technologicznych na efektywność procesu.

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

Thermodynamics Analysis of the Batch Reduction Cycle of the Raw Silver Production Process.

In this paper thermodynamic description of silver alloy (dore metal) converting process in Kaldo furnace is presented.. The effectiveness of metallurgical processes of silver refining from such impurities like Pb and Cu is discussed and technological parameters which influences on this process are discussed.

10.10.180.282

Kierownik: Dr inż. A. Piotrowski

Modelowanie matematyczne procesów transportu ciepła oraz substancji w procesach hydrometalurgicznych.

Zad. 1

Numeryczne wyznaczanie pola koncentracji głównych składników elektrolitu w przestrzeni międzyelektrodowej wanny do elektrorafinacji miedzi.

Praca stanowi kontynuację badań, których celem jest opracowanie modelu matematycznego procesu elektrorafinacji miedzi. Na obecnym etapie rozważań podjęto próbę symulacji numerycznej transportu najważniejszych składników elektrolitu wypełniającego wannę, a konkretnie jonów miedziowych w przestrzeni międzyelektrodowej. W tym celu wykorzystano program komputerowy, wykonany w ramach poprzednich prac, który umożliwia wyznaczenie pola przepływu elektrolitu w wymienionym obszarze podczas występującego tam zjawiska konwekcji swobodnej. Na drodze numerycznego rozwiązania układu równań Naviera-Stokesa w powiązaniu z równaniem ciągłości oraz polem temperatury uzyskuje się pole prędkości liniowej elektrolitu. W oparciu o znajomość wymienionego pola można wyznaczyć rozkład koncentracji dowolnego ze składników roztworu, o ile istnieje możliwość zdefiniowania odpowiednich warunków brzegowych na powierzchni elektrod (anody oraz katody). W ramach przedłożonego sprawozdania przedstawiono wyniki rozwiązania transportu konwekcyjno-dyfuzyjnego jonów Cu^{2+} w przestrzeni między anodą i katodą przy wykorzystaniu uproszczonej postaci warunku brzegowego na powierzchni tych elektrod. Przedstawione mapy pola koncentracji na powierzchniach wzajemnego styku zarówno anody jak i katody z roztworem wskazują, że istniejąca cyrkulacja elektrolitu nie zapewnia jednolitej kinetyki procesów elektrodowych. Pola stężeń innych składników pochodzących z roztwarzania anody nie były na razie wyznaczane z uwagi na trudności z określeniem warunków brzegowych na powierzchniach elektrod.

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

Numerical Prediction of the Main Electrolyte Components in the Space to be Found between Anode and Cathode Surfaces in the Reactor for Electrochemical Refinement of Copper.

In the work the studies are continued, the subject of which is the mathematical model performance of electrochemical refining of copper. Presently, in the numerical simulation is realized to predict the transfer of the main species of the electrolyte filling up the reactor (especially Cu^{2+} ions) in the space to be found between anode and cathode surfaces. In this order the computer solver elaborated in the previous works was applied to determine the flow field in the mentioned domain. By numerical solving of Navier-Stokes equations with continuity and energy equations together, the linear velocity and temperature field are initially predicted. Then, one can obtain the digital form of any component concentration field, if it is possible to describe the suitable boundary conditions on the surfaces of the particular electrodes. The maps of the component Cu^{2+} concentration fields on the "electrode-electrolyte" contact surfaces (due to the anode and cathode, respectively) show, that the existing circulation of the solution does not guarantee the uniform kinetics of electrode processes. The field of the different (than Cu^{2+}) components which enter the electrolyte bulk during anode dissolution, were not predicted because of the difficulties connected with defining of the boundary conditions for the electrodes' surfaces.