

KATEDRA TEORII I INŻYNIERII PROCESÓW METALURGICZNYCH

DZIAŁALNOŚĆ STATUTOWA (2001)

11.11.180.136

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

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

Zad.1

Minimalizacja źródła entropii jako uogólniona metoda rozwiązywania zagadnień transportu ciepła.

Minimalizacja źródeł entropii w procesach przewodzenia ciepła jest zawsze możliwa w drodze wprowadzenia dodatkowych wewnętrznych źródeł ciepła. Najistotniejszy wniosek wyprowadzony z rozważań teoretycznych jest bezpośrednio związany z rozwiązaniem problemu brzegowego dla ciała stałego ze współczynnikiem przewodzenia ciepła zależnym od temperatury. W takich przypadkach, dodatkowe wewnętrzne źródła ciepła mogą być arbitralnie dobrane jako źródła (dodatnie) lub upusty (ujemne). Istnieje możliwość rozszerzenia praktycznego zastosowania uzyskanych rezultatów poza te prezentowane przez Bejan'a. Sformułowanie i rozwiązanie wielowymiarowych problemów brzegowych z minimalizacją źródeł entropii jest nowym wynikiem wykonanej pracy. W wielowymiarowym zagadnieniu niezbędne jest sformułowanie odpowiednich warunków brzegowych, które mogą zapewnić minimalizację źródła entropii.

An Analysis of Thermodynamic and Transport Phenomenon in Metallurgical Processes.

On the Minimum Entropy Production in Steady State Heat Conduction Processes.

Minimization of entropy generation in heat conduction processes is always possible by introducing additional internal heat sources. Most important conclusion derived from the presented theoretical considerations is directly connected with the solutions of the boundary value problems for solids with temperature dependent heat conduction coefficients. In such cases, additional internal heat sources can be arbitrarily chosen as positive or negative. It makes possible to extend practical applications presented in the literature by Bejan. Formulation and solution of multidimensional boundary value problems with

entropy generation minimization is a new result. In this case, an important aspect becomes in boundary conditions mathematical formulation necessary to ensure entropy generation minimum value.

11.11.180.161

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

Analiza energetyczna procesów technologicznych metalurgii metali nieżelaznych.

Zad. 1

Cyfrowa wizualizacja transportu cząsteczek zawieszonych w produktach reakcji w trakcie przebiegu procesu spalania w reaktorach metalurgicznych z palnikami pyłowymi.

Zagadnienie właściwej prezentacji i interpretacji wyników symulacji złożonych procesów metalurgicznych wymaga zastosowania zaawansowanych metod numerycznych z wykorzystaniem współczesnych technik grafiki cyfrowej. Praca poświęcona została przygotowaniu oprogramowania do wizualizacji zjawisk przebiegających przy przepływie zawiesiny cząstek skondensowanych w gazach pieców przemysłowych. Opracowaniu graficznemu w formie statycznych map wartości funkcji skalarnych i wektorowych towarzyszą także animacje komputerowe, które ułatwiają interpretację wyników symulacji, zwłaszcza w zagadnieniach przepływowych i niestacjonarnych.

Zad.2

Opracowanie modelu matematycznego procesu elektrorafinacji miedzi. Numeryczne wyznaczenie trójwymiarowych pól prędkości oraz temperatury w przestrzeni elektrolitu.

Prezentowana praca stanowi kontynuację badań, których celem było opracowanie modelu matematycznego procesu elektrorafinacji miedzi. Zagadnienie jest istotne z uwagi na konieczność zagwarantowania efektywnej wymiany elektrolitu w przestrzeniach międzyelektrodowych. W ramach sprawozdania przejściowego przedłożonego w roku ubiegłym zaproponowano symulację numeryczną ruchu elektrolitu w obszarze wanny elektrorafinacyjnej przy założeniu, że przepływ ten posiada charakter „częściowo-paraboliczny”. Umożliwiło to zastosowanie szybko zbieżnej procedury numerycznej o dużej efektywności obliczeniowej. W wyniku przeprowadzonych obliczeń komputerowych stwierdzono, że intensywność konwekcji naturalnej (jedynej formy transportu substancji umożliwiającego penetrację elektrolitu do przestrzeni międzyelektrodowych) jest słaba, z uwagi na spowodowany przepływem prądu elektrycznego wzrost temperatury w górnej części reaktora. Obecnie dokonano modyfikacji modelu matematycznego traktując przepływ jako całkowicie eliptyczny, w celu zbadania czy założenie częściowej paraboliczności nie wprowadza istotnych zmian w wynikach obliczeniowych dotyczących pola prędkości oraz temperatury.

An Energy Analysis of Non-Ferrous Technological Processes.

A Digital Visualization of Solid Particles Transport in Metallurgical Furnaces.

An adequate presentation and interpretation of metallurgical processes computer simulation require an application of advanced numerical methods and digital image processing. Usually, the computer simulation results are composed from large 3 dim scalar and vector fields, which are difficult to be interpret without graphical representation. The work resulted in development of the software package for visualization of the multi-phase flow simulation for metallurgical processes. The software is capable to plot static flow distributions and prepare animations, which are very useful for flow simulations and non-stationary transport processes simulations.

The Electrochemical Refinator of Copper. Numerical Prediction of the Threedimensional Fields of the Flow and Temperature inside the Electrolyte Domain.

In the presented work the examinations are continued to obtain the mathematical model of electrochemical copper refinement. The problem is important because of the necessity of electrolyte exchange between electrodes. At the numerical simulation described in the previous report the partially-parabolic character of electrolyte flow was assumed and therefore the suitable effective numerical procedure could be used. After the mentioned calculations were carried out it was found that natural convection (source of fluid penetration towards the surfaces of electrodes) is too faint because of unprofitable temperature field created at the top of reactor by electrical current. In this work the modification of mathematical model is performed and the elliptic electrolyte flow is considered to examine the influence of the partially-parabolic character assumption on the numerical results relative to velocity and temperature field.

11.11.180.193

Kierownik: Prof. dr hab. M. Sukiennik

Wykonawcy: Dr inż. Piotr Jarosz, Dr inż. Krzysztof Gargul, Mgr inż. Wojciech Gierlotka

Modelowanie termodynamicznych właściwości roztworów metali.

Zad. 1

Zastosowanie formalizmu Krupkowskiego do opisu roztworów podwójnych ze związkami międzymetalicznymi.

W pracy przeanalizowano wpływ różnych sposobów opisu danych eksperymentalnych na wartości funkcji termodynamicznych w roztworach dwuskładnikowych. Stwierdzono, że duże znaczenie w poszerzonej analizie roztworów dwuskładnikowych posiada znajomość współczynników strukturalnych. Otrzymanie wyników zgodnych z diagramem fazowym jest możliwe tylko przy zastosowaniu metod interpolacyjnych. Na przykładzie analizy termodynamicznej roztworu Hg-In pokazano, że opis aktywności funkcjami sklejanymi pozwala na określenie stechiometrii związków międzymetalicznych.

Description of Experimental Data in Thermodynamic Analysis of Binary Solutions.

An Application of Krupkowski Formalism in the Case of Binary Alloys with Intermetallic Compounds.

In this work one analysed influence of manner of description of experimental data on counted values of thermodynamical function in binary solution. One ascertained, that large meanings in widened thermodynamical analysis of binary solutions has acquaintance of structural coefficients. Obtainment of peaceable results with phase diagram is however possible only at use of interpolations method. One showed on the ground of thermodynamical analyses of solution Hg-In, that description of activity with functions cubic spline permits on qualification stoichiometrics of intermetallic compounds.

11.11.180.194

Kierownik: Prof. dr hab. M. Sukiennik

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

W pracy podjęto problematykę konwertowania kamienia miedziowego i ogniowej rafinacji miedzi konwertorowej. W oparciu o zrealizowane próby technologiczne przedyskutowano rozdział arsenu i ołowiu w produktach procesu. Przedstawiono termodynamiczne uzasadnienie zaistniałych zjawisk zaobserwowanych w próbach technologicznych. Scharakteryzowano zjawisko lotności arsenu w procesie konwertowania i rafinacji, oraz zdolność przechodzenia tych pierwiastków do fazy żużlowej. Wyznaczono graniczne stężenia arsenu w fazie miedzi metalicznej. Przedyskutowano właściwości fizyczne żużli determinujących skuteczność metod rafinacji. Rozpatrywane zagadnienia dotyczyły warunków technologicznych istniejących w HM Głogów.

The work investigates the problems of refining of copper matt and blister copper. On the basis of technological data the distribution of arsenic and lead according to the quantity of Na_2O was discussed. The thermodynamic explanation of the phenomena observed in the technological experiments was presented. The limiting concentration of lead and arsenic in the phase of refined copper was established.

11.11.180.162

Kierownik: Dr hab. inż. J. Szmyd, prof. AGH

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

Opracowano model numeryczny przepływu turbulentnego typu eliptycznego. W celu obliczeń tensora naprężeń Reynoldsa zastosowano model algebraiczny. Wyniki obliczeń porównano z danymi eksperymentalnymi (wizualizacja struktur przepływu, dystrybucja ciśnienia). Porównanie wyników obliczeń z danymi eksperymentalnymi wskazuje na prawidłowe obliczenia rozwijania się struktury przepływu w obszarze mieszania się strug. Poprawnie zostały także wyznaczone punkty oderwania, przyklejania się strugi jak również centrum wiru.

Numerical Modelling of Liquid Metals and Oxides Turbulent Heat Transfer.

The elliptic turbulent flow has been treated numerically. For this purpose, the algebraic model for Reynolds stress components has been employed. The flow patterns and pressure distribution observed in the experimental study were compared with the numerical results. The trends for the developing velocity profiles are predicted well in the various regimes, which extend from the initial mixing to the fully developed state. Comparison of the numerical results with the experimental data indicates that the location of separation points the locations of reattachment points and recirculations are predicted very well. This suggests the validity of the computational procedure.

11.11.180.127

Kierownik: Dr hab. Inż.. J. Norwisz, prof. AGH

Urządzenia energetyczne hutnictwa metali nieżelaznych w Polsce.

Praca poświęcona była zgromadzeniu i przetworzeniu dostępnych materiałów dotyczących rozwoju konstrukcji pieca obrotowo - wahadłowego w Polsce na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat. Aktualnie artykuł *Piece obrotowo-wahadłowe w hutnictwie polskim* autorstwa zespołu w składzie: dr hab. inż. J. Norwisz, prof. nadz. AGH, mgr inż. L. Wesolek, dr hab. inż. K. Dziędziniewicz, prof. nadz. AGH. 1.Akademia Górniczo - Hutnicza, Kraków, 2.BPPMN Bipromet SA Katowice jest przedmiotem końcowych uzgodnień autorów przed skierowaniem do publikacji w **czasopiśmie Rudy i Metale Nieżelazne**. Obecny etap dotyczy opracowaniu informacji na temat rozwoju pieca szybowego do produkcji cynku i ołowiu jaki miał miejsce w HC "Miasteczko Śl."

Furnaces as Energy Arrangement for Non-Ferrous Metallurgy.

The elaboration have devoted to gathering and evaluation of available information about the Doerschel furnaces construction development in Poland in the last twenty years. Recently the manuscript of paper entitled "Development of Doerschel furnaces in Polish non ferrous metallurgy" written by J. Norwisz, L. Wesolek and K. Dziędziniewicz, from Technical University of Mining and Metallurgy and Project Office Bipromet is under last agreements before sending to publication in professional journal Rudy i Metale Nieżelazne. The last period of time was aimed on gathering of constructional and industrial data related to improvements on Shaft Furnace for zinc and lead production ISP. (Imperial Smelting Process).

11.11.180.47

Kierownik: Dr inż. L. Pasierb

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

W tym etapie przeprowadzono badania swobodnego wrzenia w rurach pionowych na zmodyfikowanym stanowisku badawczym. Celem tej pracy było uzyskanie jakościowych wyników porównawczych dla takiego procesu. W badaniach zastosowano rury dwustronnie żebrowane, które wykazały najwyższą efektywność cieplną w eksperymentach w poprzednim etapie oraz rurę obustronnie gładką o podobnej średnicy hydraulicznej. Zastosowano również tą samą ciecz wrzącą. Przeprowadzone badania prowadzą do wniosku, że uzyskane wyniki porównawcze nie pozwalają na razie na opis w postaci równań kryterialnych. Wskazana jest więc kontynuacja badań w przyszłym roku.

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.

At this stage of work, the process of free boiling in the vertical tubes was studied. The purpose of the research was to obtain the results for qualitative comparison of the mechanism of free boiling depending on the tube geometry. The modified experimental apparatus, including the extruded longitudinal on the inner surface and helican fin on the outer surface and the bond (non-fined) tubes with similar hydraulic diameter, was used. As boiling fluid Freon R. 113 was use.

The analysis of the experimental results lead to conclusion, that the results obtained do not allow to formulate heat transfer equations. More detailed investigations are necessary.

11.11.180.68

Kierownik: Dr inż. J. Nowakowski

Badania nad możliwością usuwania lub odzysku metali z procesów technologicznych.

Zad.1

Badania nad usunięciem arsenu poprzez utlenianie jego związków z gąbki miedziowo-arsenowej.

Praca dotyczy przerobu gąbki miedziowo-arsenowej, która jest materiałem odpadowym procesu elektorafinacji miedzi. Opracowanie przedstawia możliwości przeprowadzenia arsenu z gąbki do roztworu na poziomie powyżej 90%. Dla otrzymanych wysokoarsenowych roztworów opracowano technologię produkcji arsenianu glinowego, związku bezpiecznego do składowania.

Zad.2

Badania nad usunięciem nadmiaru cynku z metalu otrzymanego z topienia złomów aluminiowych.

Przedstawiono wyniki badań nad eliminacją magnezu i cynku ze stopów Al.-Si otrzymywanych w technologii recyklingu aluminium. Eliminację przeprowadzono podczas rafinacji stopów mieszaniną soli zawierających fluorek glinu, azotany i chlorki. Czas usuwania magnezu i cynku trwa 0,5-1,0 godz, ilość użytego rafinatora wynosi 2,5 do 5%.

Investigation of the Possibility of Removing or Recovery of Metals in Technological Processes.

The work deals with the processing of cooper-arsenic sponge as waste material in the process of cooper electrolysis. The work presents the possibility of passing arsenate from the sponge into the solution of the level of about 90%. To obtain high-arsenate solution specific chemical technology has been proposed.

The results of investigations on the elimination of magnesium and zinc from Al.-Si alloys obtained in the technology of aluminium recycling are presented. The process was performed in the course of refining alloys with a mixture of aluminium fluoride, nitrates and chlorides. Extraction time is about 0,5-1,0 h and amount of rafinator depends on magnesium and zinc final concentration level, usually not exceeding 2,5-5%.

PRACE WŁASNE

10.10.180.120

Kierownik: Dr inż. M. Zembura

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

W sprawozdaniu przedstawiono wyniki rozkładu strumieni dyfuzyjnych reagentów względem szybkości reakcji. Analizę czułości układu równań modelowych prowadzono dla procesów transportu masy z dołączonymi reakcjami chemicznymi. Rozwiązanie modelu matematycznego opiera się na zastosowaniu uogólnionej metody najmniejszych kwadratów i wyrównywania wieloetapowego. Analizę prowadzono w oparciu o model matematyczny, opisujący przebieg reakcji chemicznych zachodzących w reaktorze podczas roztwarzania miedzi techniką wirującego dysku w roztworze kwasu solnego.

Diffusion fluxes against reaction kinetics: solid electrolytic solution

This work presents the results diffusion fluxes distribution of reactants against reaction kinetics. Sensitivity analysis of the system of mathematical equations was based on model describing the mass transfer processes with chemical reactions. The solution of the mathematical model is based on the advanced unified least squares method and multistage adjustment of the measurement results. Mathematical model describing chemical reactions during rotating disc technique autocatalytic copper dissolution in HCl solutions is presented.

10.10.180.123

Kierownik: Dr inż. K. Gargul

Możliwości jednoznacznej interpretacji termodynamicznych właściwości roztworów zasocjowanych.

Zad. 1

Wpływ wyboru funkcji współczynników aktywności na rezultaty obliczeń modelowych w roztworach zasocjowanych.

W pracy przedstawiono procedurę identyfikacji związków międzymetalicznych w ciekłych roztworach metali. Do analizy zastosowano propozycję Bhatii i Thorntona wykorzystując do badań roztwór ind-rtęć. Dane eksperymentalne opisano wielomianami Peltona jak również zależnościami Krupkowskiego. Aproksymacja przy użyciu powyższych propozycji wskazuje na niedostateczną czułość zastosowanych krzywych aproksymacyjnych. Sugeruje się wykorzystanie do opisu danych doświadczalnych innych propozycji takich jak np. funkcje sklepane, przy zastosowaniu których istnieje duże prawdopodobieństwo zaobserwowania punktów charakterystycznych w przebiegu funkcji $S_{CC}(0)$ i $\Delta S_{CC}(0)$.

On the Unified Interpretation of Thermodynamic Properties of Associated Solutions.

The influence of choice of the activity functions on possibility of intermetallic compounds identification in metal solutions.

In this work the identification procedure of intermetallic compounds forming in liquid metallic solutions is presented. Bhatia and Thornton proposal was used; calculations were made on the base of mercury-indium system. Experimental data were approximated by Pelton polynomials and Krupkowski equations. Executed calculations show the insufficient tenderness of used functions, the course of examined parameters $S_{CC}(0)$ and $\Delta S_{CC}(0)$ indicates no intermetallic compounds in this system. It is suggested to use more subtle methods such spline line functions in the case of system with intermetallic compounds.

10.10.180.198

Kierownik: Mgr inż. Wojciech Gierlotka

Określenie wartości brzegowych funkcji termodynamicznych w układzie Hg-Tl.

W ramach pracy wykonano pomiary równowagowych prężności par rtęci nad roztworem Hg-Tl w zakresie granicznych stężeń rtęci w talu. Na podstawie pomiarów własnych określono wartości logarytmu aktywności, które następnie ekstrapolowano do wartości brzegowej, co pozwoliło na wyliczenie brzegowych wartości funkcji termodynamicznych.

Determination of the boundary values of thermodynamic functions in Hg-Tl solution.

Within the limits of ones research work one have done measurements of the saturated vapour pressure Hg above liquid solution Hg-Tl. On the basis of measurements, logarithm of activity coefficient had been calculated, next it had been extrapolated to boundary value. It allowed one to calculate boundary values of the thermodynamic functions.

10.10.180.199

Kierownik: Dr inż. P. Jarosz

Własności fizyko-chemiczne roztworów rtęć-tal.

W pierwszym etapie pracy wykonano stanowiska pomiarowe do określenia gęstości, lepkości i napięcia powierzchniowego stopów Hg-Tl. Wykonano ich kalibrację przyjmując jako ciecz wzorcową ciekłą czystą rtęć. Eksperymentalnie określono gęstość roztworu Hg-Tl w szerokim zakresie składu dla zakresu temperatur 273-333 K. Dane te wykorzystano do pomiarów i obliczeń lepkości i napięcia powierzchniowego analizowanych roztworów. Wyniki pomiarów lepkości i napięcia powierzchniowego przedstawiono graficznie w porównaniu z danymi literaturowymi.

Physical and chemical properties of mercury-thalium solutions.

In the first step of this work the measurement systems for density, viscosity and surface tension estimation in Hg-Tl alloys were proposed. The pure mercury was used as a reference liquid and the measurement systems were calibrated on the base of a liquid mercury. Experimental data gave the possibility to calculate the density of mercury-thalium alloys in a wide range of compositions for temperature 273-333 K. These data were also used during measurement and calculations for viscosity and surface tension. The measurement results are presented and compared with literature data.

10.10.180.200

Kierownik: Dr inż. R. Kaczmarczyk

Termodynamiczna analiza ciekłego roztworu As-Sn.

W pracy zbadano dwuskładnikowy układ arsen – cyna w zakresie stężeń $x_{As}=0.227-0.493$, wykorzystując metodę pomiaru prężności nasyconych par arsenu w funkcji temperatury i składu roztworu. Uzyskane wyniki dla czystego arsenu i roztworu opisano odpowiednimi zależnościami temperaturowymi $R T \ln P_{As} = A+B T+C T \ln T$. W odniesieniu do czystego arsenu współczynniki A, B, C, wyznaczono po uwzględnieniu informacji literaturowej standardowej entalpii swobodnej topnienia arsenu ΔG_{st-c}^0 . Opis wyników w zależności od stężenia wykonano stosując metodę wielomianów. Stwierdzono że roztwór arsen-cyna należy do roztworów nieregularnych. Charakteryzuje się ujemnymi odchyleniami od prawa Raoult'a.

Thermodynamic Properties of the As-Sn Liquid Solution.

The aim of this work is an investigation of the two component arsenic-tin system in the range of arsenic composition $x_{As}=0.227-0.493$, by using the measurement procedure for saturated arsenic vapour in a function of the solution temperature and composition. The results gained for pure arsenic and its solution have been described by relations $R T \ln P_{As} = A+B T+C T \ln T$. After taking into consideration the literature information about standard Gibbs energy of arsenic melting ΔG_{st-c}^0 , A, B, C coefficients have been determined. The results have been elaborated in relation to concentration via the polynomial method. It has been confirmed that arsenic-tin solution belongs to the group of irregular solutions, with negative deviations from Raoult's law.

10.10.180.201

Kierownik: Dr inż. R. Kaczmarczyk

Dynamiczna rafinacja miedzi konwertorowej od arsenu metodą przeciwpądowego przepływu w układzie metal-żużel.

W pracy podjęto problematykę ogniowej rafinacji miedzi konwertorowej od arsenu. Scharakteryzowano zjawisko lotności arsenu w procesie rafinacji, oraz zdolność przechodzenia tego pierwiastka do fazy żużlowej. Wyznaczono graniczne stężenie arsenu w fazie miedzi metalicznej. Przedyskutowano właściwości fizyczne żużli determinujących skuteczność metod rafinacji. Podano podstawowe założenia teoretyczne modelu matematycznego dynamicznej metody rafinacji miedzi konwertorowej. Rozpatrywane zagadnienia dotyczyły warunków technologicznych istniejących w HM Głogów.

The work investigates the problems of refining of blister copper. The thermodynamic explanation of the phenomena observed in the technological experiments was presented. The limiting concentration of lead and arsenic in the phase of refined copper was established. The basic theoretical assumptions of the mathematical model of the dynamic method of blister copper refining were formulated.

10.10.180.34

Wykonawcy; Mgr inż. K. Gajek, Mgr inż. G. Mika

Analiza numeryczna transportu ciepła ciekłych metali w obszarze konwekcji mieszanej.

W ramach pracy przeprowadzono analizę numeryczną konwekcji mieszanej w ciekłych metalach. Do powierzchni swobodnej ciekłego metalu przylegał kryształ, który obracał się ze stałą prędkością kątową Ω_χ . Powierzchnia swobodna była płaska, również pominięto wpływ napięcia powierzchniowego. Podczas realizacji projektu przyjęto następujące założenia upraszczające: płyn jest płynem newtonowskim, nieściśliwym. Dla wypornościowego założono aproksymację Boussinesqa.

Numerical Analysis of Liquid Metal Heat Transfer Mixed Convection Regime.

Numerical computations of the flow and thermal fields in the melt of liquid metals were performed. The melt was bounded at the top by a coaxially mounted crystal rotating with angular velocity Ω_χ . The free surface of the melt was assumed to remain flat at all times and to be free of surface tension effects. The flow in the melt was modelled as an incompressible Newtonian Boussinesq fluid. The calculations were presented for the natural-forced combined convection regime (mixed convection). For the problem of mixed convection, forced convection was introduced by rotating crystal and natural convection was introduced by the temperature gradient.