

KATEDRA TEORII I INŻYNIERII PROCESÓW METALURGICZNYCH

DZIAŁALNOŚĆ STATUTOWA (2006 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

Modelowanie matematyczne transportu tlenku glinowego (Al_2O_3) w kąpieli elektrolizera aluminium.

Implementacja modelu śledzenia cząstek dyskretnych z uwzględnieniem turbulენტnej dyspersji zbiorowiska cząstek dla analizy procesu rozpuszczania tlenku glinowego w elektrolicie przemysłowego elektrolizera posiada duże znaczenie dla oceny prawidłowej pracy elektrolizy. Równomierne rozpuszczenie tlenku glinowego w elektrolicie warunkuje stabilną pracę elektrolizera. Proces rozpuszczania tlenku glinowego jest zdominowany konwekcją elektrolitu. Pole przepływu elektrolitu, wymuszone przez oddziaływania elektromagnetyczne, posiada zindywidualizowane cechy związane z konstrukcją elektrolizera oraz warunkami jego pracy (przez ukształtowanie geometrii obszaru stopionego elektrolitu w warunkach równowagi cieplnej elektrolizera). Ukształtowanie się niekorzystnego (z punktu widzenia zdolności do rozpuszczania tlenku glinowego) charakteru przepływu elektrolitu prowadzi do lokalnego przesycania elektrolitu tlenkiem glinowym i w konsekwencji wykrystalizowywania trudno-topliwych osadów zaburzających przepływ prądu i ciepła w elektrolizerze.

Punktem wyjścia analizy numerycznej procesu rozpuszczania nadawy tlenku glinowego jest symulacja przepływu elektrolitu dla określonej konstrukcji elektrolizera w oparciu o parametry konstrukcyjne i technologiczne procesu elektrolizy. Przepływ elektrolitu jest wymuszonym burzliwym przepływem cyrkulacyjnym o maksymalnych prędkościach rzędu 20 cm/s. Opracowano zatem deterministyczno-stochastyczny model migracji cząstek tlenku glinowego w wannie elektrolitycznej uwzględniający wpływ burzliwości przepływu na dyspersję cząstek tlenku w obszarze przepływu. Wspomniany model ruchu cząstek uzupełniony został dyfuzyjnym modelem kinetyki procesu rozpuszczania tlenku glinowego w elektrolicie. Symulacje trajektorii cząstek i szybkości rozpuszczania przeprowadzono dla pól prędkości elektrolitu uzyskanych dwoma metodami symulacji turbulენტnego przepływu cieczy:

metodą k-ε opartą na koncepcji lepkości turbulentnej (klasa RANS - Reynolds Averaged Navier-Stokes method) oraz metodą symulacji wielkich wirów (LES - Large Eddy Simulation method). Pierwsza z nich (k-ε), choć posiada szereg wad, z powodu względnej prostoty i niewygórowanych wymagań jest nadal najpowszechniej wykorzystywana metodą w zagadnieniach inżynierskich. Druga (LES), bardziej zaawansowana i kosztowna obliczeniowo, opisuje bardziej precyzyjnie charakter przepływu turbulentnego.

Elektrolizery pracujące w przemyśle polskim zasilane są z boku (konsekwencja stosowania anod samospiekających), a ponieważ pole prędkości elektrolitu jest niesymetryczne, symulację obróbki przeprowadzono dla obydwóch boków długich elektrolizera. Jak wykazały obliczenia istnieją znaczne różnice w rozkładzie trajektorii cząstek, a tym samym w szybkości rozprzestrzeniania tlenu w elektrolicie. Patrząc z kierunku napływu prądu, zasilanie tlenkiem po stronie lewej, powoduje migrację tlenu praktycznie w całej objętości elektrolitu. Inna sytuacja występuje przy zasilaniu po stronie prawej. Tu charakter przepływu elektrolitu uzyskany metodą k-ε odbiega istotnie o pola prędkości otrzymanego metodą LES. Występujący w części centralnej wir powoduje że cząstki Al_2O_3 podawane z tej strony nie będą rozprzestrzeniane w całej wannie, a elektrolit przesycony zostanie tlenkiem (pole przepływu metoda k-ε). W wypadku zastosowania pola przepływu symulowanego metodą LES centralny wir jest zredukowany, a cząstki wędrują wzdłuż boku elektrolizera przesycając elektrolit w miejscu nadawy tlenu.

Opracowany model matematyczny rozprzestrzeniania tlenu aluminium w elektrolicie wykazał swoją przydatność. Model ten w połączeniu z turbulentnym modelem przepływu cieczy może być stosowany do przewidywania przebiegu pracy elektrolizera w momencie nadawy Al_2O_3 np. do eliminowania zagrożeń tworzenia się osadów na dnie elektrolizera przez takie kształtowanie pola przepływu, które powoduje równomierne rozprowadzanie tlenu, i szczególną uwagę przy realizacji zasilania elektrolizera nową porcją tlenu glinowego.

An Analysis of Thermodynamic and Transport Phenomena in Metallurgical Processes.

Numerical Simulation of Alumina Dissolution in Cryolite Electrolyte in the Söderberg Pots.

An implementation of discrete particle tracing method for the simulation of alumina dissolution process during feeding of Soderberg pots was the main aim of presented investigations. Aluminium electrolysis pot has to be periodically fed by certain amount of alumina. In the case of older type electrolysis pot (equipped with continuous Söderberg anode) feeding is performed by crushing surface crust along the side walls of the pot. After crushing alumina powder (heated between feeding on the surface of the crust) is

dipped rapidly into electrolyte, and then convected out with electrolyte stream. Depending on local flow condition and alumina grain size the alumina particle flows along individual path and dissolve in electrolyte. The dissolution process is controlled by diffusion. In the implemented deterministic-stochastic algorithm for the simulation of particle dynamics several particle ensembles are traced taking into account successive dispersion of the traced ensemble due to turbulent diffusion. Simulation were based on predicted electrolyte flow. Two method of electrolyte flow were used: classical $k-\epsilon$ RANS method and large eddy simulation method. Due to unsymmetrical electrolyte flow field simulation of alumina feeding were carried out for both electrolyzer side walls. Simulation results show substantial differences in the estimated electrolyte supersaturation tendency by alumina, depending on the feeding on left and right side of electrolyzer. Feeding et the right side can lead to the corundum reach phase precipitation in the center of electrolyser ($k-\epsilon$ flow field) or locally at the feeding region (LES flow field) . In contrary, feeding at the left side of electrolyser should run without corundum precipitation, because alumina is spread over the entire electrolyte volume.

Obtained results show the suitability of the implemented deterministic-stochastic method of multiphase flow simulation for the prediction of alumina dissolution in the electrolysis cell. Further investigations should concern on the reliable kinetics of alumina dissolution kinetics.

11.11.180.161

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

Analiza energetyczna procesów technologicznych metalurgii metali nieżelaznych.

Zad. 1

Analiza źródeł entropii w procesie zawieszinowego wytopu Cu.

Analiza termodynamiczna procesów metalurgicznych oparta na II zasadzie termodynamiki wykonywana jest, w zależności od potrzeb, w skali lokalnej lub globalnej. Badania te prowadzona jest dwoma równoważnymi metodami. Pierwsza to bezpośrednio wyznaczanie entropii generowanej w wybranym urządzeniu najczęściej na podstawie wyników rozwiązań modelu matematycznego procesu. Metoda druga, oparta na bilansie egzergii, wynika z faktu, że straty egzergii i źródła entropii w rozważanym obszarze powiązane są zależnością

$$\delta B = T_o S_{irr} = T_o \iiint_V \sigma dV$$

gdzie

- δB - strata egzergii,
- T_o - temperatura otoczenia,
- S_{irr} - generowana entropia,
- σ - źródło entropii,
- V_e - objętość obszaru.

Analiza lokalna dotyczy wyznaczania rozkładu źródeł entropii lub strat egzergii wewnątrz urządzenia, wynikających z nieodwracalności przebiegających zjawisk: transportu ciepła przepływu masy i prądu elektrycznego oraz reakcji chemicznych. Rozważania lokalne oparte są najczęściej na szczegółowym modelu matematycznym wybranego procesu, wymagają bowiem pełnej informacji o parametrach fizyko-chemicznych w dowolnym miejscu urządzenia. Zebranie takich danych na drodze eksperymentu jest niebywale kosztowne i czasochłonne, a niektórych agregatach jak np. piec zawieszinowy niewykonalne.

Analiza globalna, czyli wyznaczanie całkowitych strat egzergii lub entropii generowanej pojedynczego pieca albo całego ciągu technologicznego wykonywana jest na podstawie danych pomiarowych przy uzgodnionym bilansie masy, energii i egzergii. W przypadku gdy analizowane jest wybrane urządzenie podstawowymi wskaźnikami dobroci termodynamicznej są wewnętrzne i zewnętrzne straty egzergii. Przez straty zewnętrzne rozumieć należy egzergię związaną z oddawaniem do otoczenia ciepła natomiast straty

wewnętrzne określają stopień nieodwracalności wszystkich zjawisk przebiegających w badanym urządzeniu. Przy ocenie całego ciągu technologicznego oceną jakości termodynamicznej najczęściej jest skumulowane zużycie energii i egzergii czyli całkowite zużycie energii i egzergii we wszystkich etapach wytwarzania produktu finalnego, wyrażające zmniejszanie zasobów nieodnawialnych bogactw naturalnych. W tym przypadku w rozważaniach uwzględnić należy zużycie egzergii procesie podstawowym, wytwarzającym produkt główny, oraz wszystkich procesach pomocniczych wytwarzających konieczne półprodukty. Innym często stosowanym, wskaźnikiem dobroci ciągu technologicznego jest koszt termo-ekologiczny czyli skumulowane zużycie egzergii uwzględniające szkodliwe oddziaływanie procesów produkcyjnych na środowisko naturalne. Odprowadzanie do otoczenia produktów odpadowych procesu technologicznego narusza stan środowiska naturalnego a przywrócenie stanu pierwotnego związane jest z nakładem egzergii czyli kolejnym uszczupleniem ilości bogactw naturalnych. Koszt termo-ekologiczny stosowany jest zwykle przy ocenie porównawczej kilku technologii prowadzących do tego samego produktu końcowego. W pracy dokonano oceny porównawczej procesu szybowego i zawieszinowego wytopu miedzi metodą kosztu termo-ekologicznego.

An Energy Analysis of Non-Ferrous Technological Processes.

An Analysis of Entropy Sources in Copper Production Processes.

The thermodynamic analysis of metallurgical processes is based on II Thermodynamic Principle. The local thermodynamic analysis concerns on the determination of the entropy sources distribution or exergetic losses occurring inside the studied installation due to irreversible processes : energy/mass transfer and chemical reactions. An analysis is based on the local distribution of thermodynamic parameters describing progress of the process. An experimental investigation which could deliver required information is very expensive for the real industrial processes, therefore local thermodynamic analysis is based on the simulation results obtained from mathematical modeling.

On the other hand, thermodynamic analysis based on the energy and exergy balances of the installation in study can be easily done using experimental data. Prior to the thermodynamic calculations, experimental results are rectified using material and energy balances adjustment. Both methods should lead to conforming results.

External exergy losses connected with heat losses to surroundings and internal exergy losses defining irreversibility of all physical and chemical processes inside industrial installation are commonly used thermodynamic quality factors. For the comparison of competitive technological processes useful thermodynamic quality indicators are: cumulative exergy and energy

consumption factor and thermo-economic cost factor. These factors take into account energy or exergy consumption in all stages of the production processes starting from raw materials (i.e. fossil fuels instead of electric energy), thus taking into account all auxiliary processes. Also, thermo-economic factor allow for inclusion of damaging influence of the process in study on natural environment. The thermo-economic analysis were conducted to compare two copper production processes: blast smelting and flash one-stage smelting.

11.11.180.162

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

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

Zad. 1

Analiza numeryczna transportu ciepła w cieczech niemetalicznych – kontynuacja.

Przeprowadzono trójwymiarową analizę numeryczną powstawania tzw. "struktur szprychowych" w procesie Bridgmana. Założono, że analizowany płyn jest płynem nieściśliwym, newtonowskim i płynem Boussinesq. Dokonane porównania ewolucji "struktur szprychowych" uzyskanych w wyniku obliczeń numerycznych z wynikami eksperymentalnymi Kowalewskiego i Cybulskiego wskazują na wzajemną zgodność. Obliczenia przeprowadzono w zakresie liczby Rayleigha od 1.3×10^5 do 1.3×10^7 , to znaczy w rejonie przejścia od przepływu laminarnego do przepływu turbulentnego. Wraz ze wzrostem wartości liczby Grashofa struktury mają charakter niestacjonarny i zaczyna dominować w osi przepływu struktura typu "cold jet". Niestabilność typu Rayleigha-Benarda jest czynnikiem decydujący o pojawianiu się struktur szprychowych w procesach krystalizacji metodą Bridgmana.

Numerical Modelling of Liquid Metals and Oxides Turbulent Heat Transfer.

Numerical Analysis of Heat Transfer in Non-metallic Fluids.

The three-dimensional numerical simulations of spoke pattern in a vertical cylinder (like the Bridgman top seeding convection) were performed. The fluid was assumed to be incompressible, Newtonian and Boussinesq. Comparison of numerical result and experimental observation given by Kowalewski and Cybulski of evolution of spoke pattern has shown good agreement. Calculations were presented at Rayleigh number in the range between 1.3×10^5 and 1.3×10^7 (for the transient region from laminar to turbulent flow). With increasing Grashof number the flow structure became unsteady, unstable and the vertical "cold jet" started to be dominant in the melt. The Rayleigh-Benard instability is an indispensable factor in forming the surface spoke pattern in Bridgman top seeding convection.

11.11.180.278

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

Gospodarka odpadami.

Zad. 1

Źródła powstawania i zagospodarowania odpadów w hutnictwiealuminium.

Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej nakłada na technologię produkcji metali w tym aluminium 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 aluminium w Polsce, aspekty środowiskowe związane ze sposobem wytwarzania tego metalu, źródła powstawania zanieczyszczeń, skalę emisji do środowiska, oraz wdrożone już sposoby zapobiegania i ograniczenia oddziaływania technologii produkcji aluminium na środowisko. Sugestie zawarte w pracy mogą być pomocne w procesie wdrażania BAT (Najlepszych Dostępnych Technik w ramach IPPC) w zakresie metalurgii aluminium.

Refuse Management

As a result of Poland's accession to the EU metals production technology (including aluminum) 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 aluminum 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) as far as aluminum 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 w zakresie gospodarki energetycznej zakładu przemysłowego.

Analizy wykonane w roku 2006 dotyczyły polityki polskiej w zakresie odnawialnych nośników energii, ze szczególnym uwzględnieniem szerokiej implementacji biopaliw w transporcie. Wyniki rozważań i analiz zostały zaprezentowane w pięciu opublikowanych artykułach recenzowanych.

1. J. Norwisz (2006); *Nowa ustawa o biopaliwach już podpisana. Za późno na zmiany?*, Rynek Energii, nr 6 (67), s. 55-67.
2. P. Fima, P. Palimąka, J. Norwisz (2006); *Liquid Biofuels – Current Legal Status in Poland*, Proceedings of the XI Internal Symposium “Heat Transfer and Renewable Sources of Energy” – HTRSE-2006, (ed. J. Mikielawicz, W. Nowak and A. A. Stachel), Szczecin - Międzyzdroje, 13-16.09.06, Polish Academy of Science – Committee of Thermodynamic and Combustion, Organizator: Szczecin University of Technology – Department of Heat Engineering, s. 47 – 54.
3. J. Norwisz (2006); *Energia odnawialna w przemyśle*, Materiały Seminarium Technicznego „Aktualne Problemy Energetyki Przemysłowej”, Janowice k. Zakliczyna, 17-19.05.06, Organizator: Komitet Energetyki SITPH, Dysk CD.
4. J. Norwisz, P. Fima, P. Palimąka (2006); *Możliwości stymulacyjne ustawy o biopaliwach – konieczne zmiany*, Rynek Energii, nr 2 (62), s. 2-11.
5. J. Norwisz, T. Musielak, B. Boryczko (2006); *Odnawialne źródła energii – polskie definicje i standardy*, Rynek Energii, nr 1 (62), s. 10-20.

Energy Conservation- - Polish Energy Policy.

Implementation of EU Energy Directive on Energy Management in Industry.

Analyses done in 2006 were devoted for Polish energy policy evaluation. The main of this topic was renewable, and special remark was done to possibilities of biofuels use in transport. Results were presented in five essays (as above), published in some Polish papers and presented on conferences.

11.11.180.127

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

Urządzenia energetyczne hutnictwa metali nieżelaznych w Polsce.

Zad. 1

Gospodarka energetyczna zakładu przemysłu metali nieżelaznych.

Praca statutowa, nie obciążona kosztami, ze względu na nie przyznanie stosownych środków finansowych. W trakcie jej realizacji kontynuowano przygotowanie do druku podręcznika dla studentów w zakresie gospodarki energetycznej „Gospodarka energetyczna zakładu przemysłowego. Elementy”

Energy Equipment in Non-Ferrous Metallurgy.

Energy Management in Non-ferrous Metallurgy.

Project was not charge for any financial cost, because there was not budget granted for this enterprise. Beside this there were done some work for the manual on energy management entitled “Energy Management in Industry. Essentials“ preparation to printing

11.11.180.47

Kierownik: Dr inż. L. Pasierb

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

Zad. 1

Badania nad wirowym ruchem cieczy w ożebrowaniu wewnętrznym rur.

Praca zakończona publikacją. Artykuł dotyczy analizy cieplno-przepływowej procesu chłodzenia wodorem generatora bloku nr.6 w Elektrowni Jaworzno III. Analiza oparta jest na podstawie dostarczonych danych z ciągłego monitoringu pracy nowych, zmodernizowanych chłodnic wodorowych, wykonanych z rur żebrowanych. W układzie chłodzenia rolę czynnika odbierającego ciepło spełnia woda rzeczna, która w czasie eksploatacji generuje osady w przekrojach wewnętrznych rur. Powoduje to z czasem spadek efektywności chłodzenia i prowadzi do wzrostu temperatury wodoru ponad wartość krytyczną. W artykule w oparciu o obliczenia symulacyjne, bazujące na rzeczywistych danych, przeprowadzono analizę wpływu narastania osadów na wydajność cieplną chłodnicy wodoru.

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.

The Researches on Fluid Tornado Flow Inside Tube with Inside Fins.

The paper refers to thermal-flow analysis of the process of cooling and electric power generator with hydrogen in unit No 6 at the Jaworzno III Power Plant. This analysis is based on the data acquired from continuous monitoring of operation of new, modernised hydrogen coolers made from finned tubes. The role of heat collecting medium in a cooling system plays a river water, which causes that deposits appear on the cross-sections of the tubes. This results sometimes in the decrease of cooling efficiency leading to the temperature increase over the critical level. The simulation calculations based on real data were made in order to analyse an effect of accumulation of deposits on the caloric effect of the hydrogen cooler.

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

Opracowanie algorytmu wyznaczania pochodnej funkcji na podstawie definicji, z maksymalną dostępną dokładnością, z zastosowaniem typu liczbowego wysokiej precyzji.

Na tym etapie badań wybrano język programowania *java* i bibliotekę arytmetyczną *apfloat* do obliczeń z zadaną i kontrolowaną precyzją. Język *java* powstał z wykorzystaniem współczesnej wiedzy informatycznej połączonej z przejrzystą składnią. Umożliwia pisanie wydajnych, niezależnych sprzętowo aplikacji. Biblioteka *apfloat* umożliwia obliczenie wartości podstawowych funkcji matematycznych, także w środowisku wieloprocessorowym i rozproszonym. Wybór *java* i pakietu *apfloat* wydaje się być odpowiedni do wykonywania obliczeń z wykorzystaniem liczb zmiennoprzecinkowych o zadanej precyzji. Opracowano algorytm do wyznaczania z definicji pochodnych funkcji z określoną z góry dokładnością i wskazano obszary jego możliwych zastosowań.

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

Algorithm for Computation of Derivatives with from above Given Precision from Definition, with Application of Arbitrary Precision Floating-point Numbers.

On this stage of investigation programming language *java* and an arbitrary and controlled precision arithmetic library *apfloat* were chosen. *Java* language was created with using of modern informatics knowledge connected with clear syntax. It enables writing efficient, platform independent applications. Library *apfloat* is capable to compute basic mathematical functions, also in the multiprocessor and distributed environments. Choice of the *java* and *apfloat* seems to be right for the computations with application of arbitrary precision floating-point numbers. Algorithm for computation of derivatives with from above given precision from definition is elaborated and fields of possible applications are pointed.

PRACE WŁASNE (2006 r.)

10.10.180.345

Kierownik: Dr inż. E. Fornalik

Zjawisko konwekcji magnetycznej w różnych układach geometrycznych.

Zad. 1

Analiza konwekcji magnetycznej w sześciacie.

Jedna ze ścianek sześciangu była ogrzewana a druga, przeciwległa do pierwszej chłodzona. Pozostałe ścianki traktowane były jako adiabatyczne. Naczynie wypełnione było cieczą paramagnetyczną (roztwór wodny gliceryny z dodatkiem uwodnionego azotanu gadolinu). Tak przygotowane naczynie eksperymentalne zostało umieszczone w silnym polu magnetycznym. Przeprowadzona została wizualizacja pola temperatury w zależności od indukcji magnetycznej. Wyniki wskazują na intensyfikację, bądź też zatrzymanie konwekcji naturalnej w zależności od wzajemnego kierunku sił grawitacyjnej oraz magnetycznej.

Magnetic Convection in Various Geometrical Systems.

Analysis of Magnetic Convection in a Cubic Enclosure.

One of the cube walls was heated and the opposite one was cooled. The other walls were treated as adiabatic. The experimental enclosure was filled with paramagnetic fluid consisted of 80% aqueous solution of glycerol with addition of gadolinium nitrate hexahydrate and placed in the bore of superconducting magnet. The temperature field in the middle cross-section was visualized with thermochromic liquid crystals illuminated by the white-light sheet. The observations suggest or the intensified or suppressed convection in dependence on the relation between the gravitational and magnetizing forces.

10.10.180.222

Kierownik: Dr inż. M. Jaszczur

Wizualizacja formowania się wirów w procesach konwekcyjnych.

Zad. 1

Analiza procesu mieszania się płynów o różnych właściwościach termofizycznych.

W pracy wykorzystując opracowane modele matematyczne oraz biblioteki numeryczne dokonano analizy izotermicznego i nieizotermicznego przepływu turbulentnego z fazą dyspersyjną z wykorzystaniem techniki Direct Numerical Simulation (DNS). Badano wpływ liczby Reynoldsa na powstające wiry i struktury turbulentne analizując fazę ciągłą, dyspersyjną jak i ich korelacje. Sprawdzano jaki wpływ na koncentracje cząstek i rozkład ich temperatury miała liczba Stokesa (hydrodynamiczna i termiczna). Badano przyczynę powstawania różnic w transporcie pędu i ciepła dla płynu i dla cząstek. Dla weryfikacji poprawności rozwiązań dokonano porównań wyników obliczeń z dostępnymi wynikami eksperymentalnymi dla fazy ciągłej. W pracy przedstawiono rozkłady pól podstawowych parametrów przepływu dla każdej z faz. Analiza numeryczna pozwoliła na określenie wpływu warunków brzegowych na przebieg analizowanego procesu i zrozumienie fizyki zachodzących zjawisk.

Visualization of the Vortex Generation in a Convective Processes.

An Analysis of the Mixing Process for Fluids with Different Thermal Properties.

In the present work particle laden turbulent channel flow with heat transfer has been treated numerically using Direct Numerical Simulation method. To solve the problem numerically the governing equations for conservation of mass, momentum and energy and transport eq. for particles were solved. It has been found that presented processes can be improved significantly by incorporating numerical modeling. A comparison of numerical results and literature data for flow processes has been made for continuous phase to check the results of numerical simulation. Numerical analysis was applied to calculate flow structures and influence of Reynolds and Stokes number on particles behavior. All main quantities for continuous and discrete phase and its correlation has been presented. An analysis of the results allow us to understand physics of the phenomena.

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. Zaprezentowano mechanizm utleniania, nasiarczania i parowania składników stopu Ag-Cu-Zn, oraz interpretację przyczyn tzw. „oxydacji” odlewniczej Ag925 w procesie produkcji metodą traconego wosku.

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. The mechanism of oxidation, sulfurizing and evaporation of Ag-Cu-Zn alloy components was proposed together with the interpretation of Ag925 founding oxidation origins.

10.10.180.282

Kierownik: Dr inż. A. Piotrowski

Modelowanie matematyczne procesów transportu ciepła oraz substancji w procesach hydrometalurgicznych.

Zad. 1

Opracowanie modelu matematycznego wymiany ciepła i masy na powierzchni swobodnej elektrolitu wypełniającego wannę do elektrorafinacji miedzi.

Praca, której celem jest opracowanie modelu matematycznego procesów transportu ciepła i masy przebiegających podczas procesu elektrochemicznej rafinacji miedzi, realizowana jest od początku roku 2003. W ramach przeprowadzonych analiz zjawisk hydrodynamicznych, elektrochemicznych oraz energetycznych dokonano symulacji komputerowej procesów cyrkulacji elektrolitu (pole prędkości liniowej) w przestrzeni międzyelektrodowej (obszar między anodą i katodą) oraz uzależnionego od wymienionych zjawisk pola koncentracji jonów Cu^{2+} . Obliczenia wykonano dla granicznego przypadku czystej anody, gdy procesowi roztwarzania ulega jedynie miedź anodowa. Przyjmując założenie jednorodnego rozkładu gęstości prądowej na powierzchni anody wyznaczono na drodze numerycznej rozkładu grubości warstwy dyfuzyjnej oraz stężenia jonów Cu^{2+} . Umożliwia to (przy przyjętych uproszczeniach modelowych) prognozowanie ewentualnego procesu pasywacji anody na poszczególnych fragmentach jej powierzchni.

Obliczenia symulacyjne wykonane w ramach pierwszych opracowań uwzględniały osłonięcie powierzchni elektrolitu płytą polietylenową w celu ograniczenia procesu parowania elektrolitu, z czym wiązało się z znaczne uproszczenie postaci warunków brzegowych. Z uwagi na istotne znaczenie wpływu pola temperatury na przebiegającą w przestrzeni elektrolitu konwekcję naturalną zdecydowano się uściślić zapis wymienionych warunków dla współzależnych ze sobą procesów transportu ciepła oraz substancji z powierzchni swobodnej do atmosfery z otoczenia, co stanowiło przedmiot analizy w roku 2006. W tym celu poddano rozważaniom proces parowania elektrolitu w zakresie temperatur 20,0-70,0 [°C] przy założeniu, iż przebiega on w warunkach kontroli dyfuzyjnej. Jest to równoznaczne z przyjęciem stanu równowagi lokalnej w układzie „elektrolit-mieszanina par składników” w najbliższym sąsiedztwie powierzchni swobodnej, która, jak wiadomo, rozdziela fazy ciekłą oraz gazową. W oparciu o prawo Raoult'a (z uwzględnieniem średnich współczynników aktywności składników roztworu) oraz równanie Clausiusa-Clapeyrona estymowano prawdopodobne wartości parcjalnych prężności par poszczególnych komponentów odpowiadające stanowi nasycenia dla określonej temperatury powierzchni swobodnej. Gęstości strumieni tych składników oraz ciepła na powierzchni swobodnej obliczano w oparciu o przyjęte z literatury wzory kryterialne, które definiują odpowiednie

współczynniki wnikania. W obliczeniach uwzględniano endotermiczny efekt procesu parowania, który prowadzi do pewnego schłodzenia wymienionej powierzchni. W wyniku symulacji komputerowej przeprowadzonej z uwzględnieniem opisaney wyżej modyfikacji warunku brzegowego na powierzchni swobodnej uzyskano dyskretne wartości trójwymiarowych (3-D) pól prędkości liniowej elektrolitu oraz koncentracji jonów Cu^{2+} , których obrazy graficzne przedstawiono w sprawozdaniu.

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

Performing of the Mathematical Model of Heat and Mass Transfer on the Free Surface of Electrolyte which Fills the Reactor for Electrochemical Refining of Copper.

The work, the aim of which is modelling of the heat and mass transfer occurring during the electrochemical copper refining process, is realized from 2003 year. Within the framework of analysis of the hydrodynamic, electrochemical and thermodynamic phenomena, the computer simulation of the electrolyte flow field and corresponding to this flow the concentration field of Cu^{2+} ions was achieved for the electrolyte space existing between electrodes' surfaces. The calculations were carried out for the special case of pure anode, when only metallic copper is dissolved. Assuming the uniform current density the distributions of the diffusion boundary layer thickness and Cu^{2+} ions concentration have been predicted at the anode surface. It enables (at the introduced model simplifications) to obtain the prognosis of the possible passivation process to be occurring on the some fragments of the mentioned surface.

Within the framework of the previous elaborations there was taken into consideration adoption of the polyethylene capture to limit the electrolyte evaporation process from the free surface. It has significantly simplified mathematical shape of the boundary conditions described for the mentioned surface. Considering the large influence of the local temperature on the electrolyte natural convection it has been decided to take the electrolyte evaporation into consideration. Therefore the mathematical description has been respectively extended in the part of work realized in 2006 year. In this order the process of the electrolyte evaporation was analyzed for the range of temperature $20 < T < 70$ [$^{\circ}\text{C}$] at the consideration of its diffusion control. In consequence the local equilibrium for the "electrolyte-vapour" system was assumed for the gas space neighbouring with free surface. The probable partial pressures of the vapours of the electrolyte species to be corresponding to the saturation state,

were estimated according to Raoult law and Clausius-Clapeyron equation due to the given temperature of the surface. The fluxes of the mentioned species and the heat fluxes were predicted due to the particular points of the free surface. It was realized by use the suitable criterial formulae that define the coefficients of the heat and mass exchange occurring between the phases of liquid and gas, respectively. The endothermic effect of the evaporation processes was taken into consideration in the calculations. How it is known, it generates a certain cooling of the free surface. After the computational analysis of the mentioned processes had been performed, the following numerical results of three-dimensional (3-D) fields of the electrolyte flow and Cu^{2+} concentration, respectively, were obtained. The graphical presentation of these results are placed in the full elaboration.