

# KATEDRA TEORII I INŻYNIERII PROCESÓW METALURGICZNYCH

## DZIAŁALNOŚĆ STATUTOWA (2002)

### **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.*

***Oszacowanie globalnego źródła entropii w procesie elektrolizy aluminium.***

Powszechnie prowadzona analiza termodynamiczna przebiegu różnego rodzaju procesów cieplnych i chemicznych opiera się zazwyczaj na I-szej zasadzie termodynamiki. W przypadkach, gdy wymagane jest głębsze zrozumienie mechanizmu i natury procesów elementarnych, takie podejście nie jest wystarczające. Bardziej efektywne wyniki otrzymać można łącząc I-szą i II-gą zasadę termodynamiki. Szczególnie wartościowe jest wprowadzenie pojęcia produkcji entropii w celu wykrycia wszystkich źródeł nieodwracalności termodynamicznej i ich wielkości. Takie rozszerzenie analizy zostało zaproponowane w artykule w odniesieniu do procesu elektrolizy aluminium. Jej celem jest wskazanie możliwości obniżenia zużycia energii elektrycznej. Ponadto pokazano jak ortogonalna metoda najmniejszych kwadratów umożliwia uzyskanie bardziej wiarygodnych wyników obliczeń rozkładu źródeł entropii.

**An Analysis of Thermodynamic and Transport Phenomenon in Metallurgical Processes.**

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

***Least Squares Evaluation of the Global Entropy Generation in the Aluminium Electrolysis Cell.***

Classical thermodynamic analysis of any thermal and chemical process is usually based on the first law of thermodynamics. Such an approach is not sufficient when deeper understanding of the mechanism and nature of each elementary process is required. The use of the first and second law of

thermodynamics together is necessary to solve practical problems more effectively. Especially, application of the entropy generation rate and lost available energy (or exergy) concepts enhance our understanding of thermal processes. Such an extended analysis is proposed in this paper to evaluate thermodynamic efficiency of the aluminium electrolysis process to detect possible ways to decrease of electric energy consumption. Additionally, least squares adjustment procedure is proposed to make mathematical models of elementary processes taking place inside electrolysis cell more reliable.

## 11.11.180.161

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

### **Analiza energetyczna procesów technologicznych metalurgii metali nieżelaznych.**

#### *Zad. 1*

*Radiacyjna wymiana ciepła w piecach metalurgicznych z zapyloną atmosferą na przykładzie pieca zawieszinowego do produkcji Cu.*

Wymiana ciepła w piecach metalurgicznych z zapyloną atmosferą wymaga zastosowania odrębnego modelu transportu energii przez promieniowanie, który uwzględnia zjawiska rozpraszania, absorpcji i emisji własnej drobin rozproszonych w gazach piecowych. W opracowaniu zastosowano metodę 6-ciu strumieni do modelowania tych zjawisk bazującego na równaniu transportu energii promienistej. W bieżącym etapie pracy uzupełniono algorytm o moduły pozwalające na włączenie do analizy numerycznej palników olejowych oraz sformułowano rozbudowany warunek brzegowy dla zagadnienia transportu energii w sytuacji gdy drobin pyłu osiadają na ścianach pieca.

#### *Zad.2*

*Opracowanie modelu matematycznego procesu elektorafinacji miedzi - analiza numeryczna transportu ciepła oraz substancji w pojedynczej przestrzeni międzyelektrodowej wanny do elektorafinacji Cu.*

W sprawozdaniu opisano przebieg kontynuacji pracy, której celem jest sformułowanie modelu matematycznego procesu elektrochemicznej rafinacji miedzi. W odróżnieniu od poprzednich etapów, w ramach których zaprezentowano symulację pola prędkości i temperatury w obszarze całej wanny przy określonych założeniach upraszczających, obecnie rozważa się jedynie niewielki jej segment tj. wycinek poprzeczny zawierający dwie elektrody różnoimienne (anodę oraz katodę) zanurzone w przepływającym ciekłym elektrolicie. Planuje się wyznaczenie wzajemnie współzależnych trójwymiarowych pól prędkości liniowej elektrolitu oraz temperatury zarówno w cieczy jak i w elektrodach, formułując warunki brzegowe na przekrojach odpowiadających dopływowi oraz odpływowi elektrolitu. Wymienione pola będą stanowić dane wejściowe do analizy numerycznej transportu składników elektrolitu w przestrzeni międzyelektrodowej w trakcie procesu elektorafinacji miedzi. W ramach zakończonego etapu opracowano odpowiedni program komputerowy oraz wykonano przykład obliczeniowy. Wyniki obliczonego dyskretnego pola prędkości w warunkach konwekcji swobodnej przedstawiono w postaci graficznej.

## **An Energy Analysis of Non-Ferrous Technological Processes.**

*Radiative Heat Transfer in the Metallurgical Furnaces with Scattering and Absorbing Atmosphere. An Application for the Flash Smelting Furnace for Copper Production.*

The heat transfer problem in metallurgical furnaces with solid particles dispersed in the furnace gases should be solved using distinct radiation transfer model capable for representing the absorption, emission and scattering phenomena. In the presented work 6-flux model based on the general radiation transport equation has been utilized. In addition to the model previously used, the oil burners were introduced into consideration using particle in cell model for simulation of the oil droplets flow and oxidation reactions, together with heat transfer. The new boundary condition for the combined heat transfer problem has been used. Since the new furnace mathematical model predicts the flow rate of the particles settles on the walls, the boundary condition for the heat transfer problem has been rebuilt, to account for the particles enthalpy brought to the wall.

*The Electrochemical Refinator of Copper Numerical Modelling. Numerical Analysis of Heat and Mass Transfer Problem in the Single Interelectrode Region.*

The report presents description of the continued work, the objective of which is a development of the mathematical model of the electrochemical refining of copper. In contradistribution to the previous works, in which the numerical simulation of the flow and temperature fields at some simplifications have been presented for the whole electrolyzer domain, the small its fragment is presently considered, The mentioned fragment is a part of the tank containing two electrodes (anode and cathode) to be plunged in the fluid electrolyte. The numerical prediction of the conjugated fields of flow and temperature inside this domain will be performed at boundary conditions defined for both inlet and outlet cross-section. The mentioned discrete fields may be adopted as input data for numerical analysis of the transfer of electrolyte components between anode and cathode surfaces during refining process. In the presented stage of the suitable program has been performed and the single example of numerical solution has been carried out. The results of the obtained electrolyte flow field during free convection have been graphically elaborated.

## **11.11.180.162**

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

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

*Zad. 1*

*Model numeryczny turbulentnego transportu ciepła w ciekłych metalach w przepływach typu eliptycznego.*

Opracowano model numeryczny turbulentnego transportu ciepła w ciekłych metalach w przepływach typu eliptycznego. W celu wyznaczenia turbulentnego transportu ciepła zastosowano model algebraiczny. Aby ocenić dokładność otrzymanych wyników obliczeń numerycznych, należałoby dokonać ich weryfikacji poprzez porównanie z rozwiązaniem analitycznym. Dla badanego przepływu rozwiązanie analityczne nie jest jednak znane. Weryfikacji można dokonać więc poprzez porównanie obliczeń numerycznych z wynikami uzyskanymi z eksperymentu.

### **Numerical Modelling of Liquid Metals and Oxides Turbulent Heat Transfer.**

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

The elliptic turbulent flow has been treated numerically. For this purpose, the algebraic model for turbulent heat transfer has been employed. The validity of the results can be checked by the comparison of numerical results with the analytical solution. Unfortunately the analytical solution for the described flow is still unknown. That's why, the numerical results can be compared with the experimental data.

### **11.11.180.193**

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

#### **Modelowanie termodynamicznych właściwości roztworów metali.**

##### *Zad. 1*

*Pomiary prężności nasyconych par selenu nad układem ołów-selen oraz ich termodynamiczna interpretacja*

W 2002 roku rozpoczęto opracowanie tematu, zmierzającego do określenia prężności nasyconych par selenu w układzie ołów – selen w całym zakresie zmienności składu roztworów. Celem tych pomiarów jest wykonanie termodynamicznej analizy badanego roztworu. W dalszej części zamierza się powiązać termodynamiczne właściwości siarczku, selenku i tellurku ołowiu z chemiczną strukturą tych związków a w szczególności z położeniem odpowiedniego tlenowca w układzie okresowym. Realizację pomiarów własnych poprzedzono wykonaniem w minionym roku szerokiej analizy literaturowej w odniesieniu do układu ołów-selen. Ponadto, dla PbS, PbSe i PbTe wykonano odpowiednie obliczenia termodynamiczne w celu porównania ich własności.

#### **Description of Experimental Data in Thermodynamic Analysis of Binary Solutions.**

*Selenic Saturated Vapour Pressure Measurements over Pb-Se Alloys and their Thermodynamic Interpretation.*

In 2002 the measurements of selenic saturated vapour pressure over Pb-Se alloys in the wide range of composition were started. The aim of these measurements is to make thermodynamic characteristic of this alloy. Later, the correlation between thermodynamic properties of lead sulphide, selenide and telluride and chemical structure of these compounds, especially the place of chalcogens in period table of elements, will be examined. Before experimental analysis the literature investigation in Pb-Se system was performed. Moreover, for PbS, PbSe and PbTe thermodynamic calculations were made for the comparison of their properties.

### **11.11.180.194**

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

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

*Zad. 1*

*Rozdział ołowiu, arsenu i żelaza w procesie odmiedziowania żużła zawiesinowego w piecu elektrycznym.*

W prezentowanej pracy zawarto ogólną charakterystykę procesu odmiedziowania żużła zawiesinowego w piecu elektrycznym. Po wprowadzeniu tych informacji możliwe stało się przeprowadzenie termodynamicznej charakterystyki procesu redukcji w piecu elektrycznym. W następnej części podane zostały informacje na temat materiałów wsadowych i produktów procesu odmiedziowania żużła zawiesinowego w Hucie Miedzi „Głogów”. Na podstawie danych bilansu rocznego Wydziału Pieca Elektrycznego w tym zakładzie zestawiono informacje na temat rozdziału ołowiu, arsenu i żelaza pochodzących z materiałów wsadowych do procesu na produkty odmiedziowania żużła zawiesinowego.

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

*Lead, Arsenic and Iron Distribution during Flash Smelting Slag Decopperization in Electric Furnace.*

In presented paper, general characteristic of flash smelting slag decopperization in electric furnace was presented. In the next step, the thermodynamic analysis was performed for copper oxide reduction reactions. In this paper, information about charge and products in decopperization process in Copper Plant „Głogów” was presented. On the base of Electric Furnace Department balances in this factory, the distribution of lead, arsenic and iron from charge between slag decopperization products was shown.

### **11.11.180.127**

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

## **Urządzenia energetyczne hutnictwa metali nieżelaznych w Polsce.**

### ***Piece obrotowo-wahadłowe w hutnictwie polskim.***

Technologia pieca obrotowo-wahadłowego, traktowana przez wielu jako przestarzała, jest wciąż stosowana. Stan taki nie wynika z braku nowych rozwiązań konstrukcyjnych w metalurgii ołowiu, lecz z twórczej adaptacji znanych i sprawdzonych metod do zwiększonych wymagań technologicznych, operacyjnych i środowiskowych. Wprowadzenie nowych rozwiązań newralgicznych węzłów procesowych pozwoliło na wykorzystanie zalet technologii pieca obrotowo-wahadłowego, przerobu zróżnicowanych wsadów ołowionośnych przy wysokim poziomie wykorzystania energii chemicznej wsadu, umożliwiając jednocześnie zmniejszenie emisji substancji szkodliwych ze wsadu i produktów procesu. Nagromadzone doświadczenia doprowadziły do zwiększenia precyzji sterowania zachodzącymi w piecu reakcjami i zapewniły sprawniejszy przebieg poszczególnych operacji technicznych. Taki rezultat działań modernizacyjnych można uznać za przykład wciąż istniejących możliwości polepszenia pracy różnych technologii otrzymywania metali nieżelaznych w wyniku cierpliwego modyfikowania aktualnych rozwiązań przy wykorzystaniu pojawiających się nowych możliwości materiałowych i AKPiA.

## **Furnaces as Energy Arrangement for Non-Ferrous Metallurgy.**

### ***Rotary-Rocking Furnaces in the Polish Metallurgy.***

The rotary-rocking furnace technology has still been in use, although many consider it to be obsolete. The reason for that is not that no new design solutions in the lead metallurgy have been developed, but results from creative implementation of known and verified methods in the conditions of increased technological, operational and environmental requirements. New solutions implemented at critical process stages enabled successful use of all advantages of the rotary-rocking furnace technology and processing of diversified lead-bearing materials at the high level of use of the chemical energy of a charge and, at the same time, made it possible to reduce considerably emission of harmful matter both from the input charge and process products. The experience gathered enables more precise control of the processes taking place in the furnace and more efficient run of particular technological operations. Such an approach to modernization is an example of still existing possibilities to improve



various technologies used to fabricate non-ferrous metals by the endured modification of the solutions used at present.

**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 równania kryterialnego opisującego ten proces. W badaniach zastosowano rurę dwustronnie żebrowaną, która wykazała najwyższą efektywność cieplną w eksperymentach w poprzednim etapie.. Zastosowano również tą samą ciecz wrzącą. Uzyskane wyniki badań pozwoliły na razie na wyznaczenie wzoru do obliczenia pozornego współczynnika wnikania ciepła  $\alpha$  w tej rurze i w tym procesie. Nie jest to jednak równanie kryterialne. 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 by using the modified experimental apparatus. The purpose of this research was to formulate the criteria equation describing the free boiling process. The extruded longitudinal on the inside surface and helical fin on the outside surface tubes, which shown the highest heat transfer efficiency in the previous stages of the experiment, were applied. As the boiling fluid the Freon R 113 was reused. The obtained results allow determination of the equation describing the apparent thermal diffusivity  $\alpha$  in the studied tubes and in the process, but it is not the criterial equation yet. Continuation of the realized investigations in the next year is advisable.

## **11.11.180.68**

*Kierownik: Dr inż. J. Nowakowski*

### **Badania nad możliwością usuwania lub odzysku metali z procesów technologicznych.**

#### *Zad.1*

*Badanie nad usuwaniem arsenu z materiałów międzyoperacyjnych przemysłu miedziowego.*

Prowadzone w tym etapie badania miały na celu otrzymywanie związków arsenu bezpiecznych do składowania, które otrzymuje się w wyniku przerobu surowej gąbki miedziowo-arsenowej. W obecnym etapie badań przeprowadzono pracę nad możliwością otrzymania z gąbki arsenianu żelaza. Ponieważ arsen w gąbce występuje głównie jako związki z miedzią, ważnym jest aby otrzymać roztwór o unormowanym stopniu utleniania. Roztwór ten poddano utlenianiu (NaOCl lub H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), następnie zakwaszeniu (HCl), wprowadzano bufor i jony Fe<sup>+3</sup>, dekantowano i sączono. Otrzymany osad zawierał arsenian żelaza.

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

*Investigations of Arsenic Removal Cascade Sludge from Inter-operation Materials of the Copper Industry.*

The aim of investigations conducted at this stage was obtain arsenic compounds, formed as a result of processing raw copper – arsenic sponge whose storage is safe as regards the environment. At this stage the work was concentrated on the possibility of obtaining iron arsenic from the sponge. Since arsenic in the sponge is present mainly as a component of copper-arsenic compounds, it is important to obtain a solution of normalised degree of oxidation. This solution was oxidised (NaOCl or H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), then acidified (HCl), the buffer and the Fe<sup>+3</sup> ions were introduced, next it was decanted and filtered. The obtained precipitate contained iron arsenic.

## PRACE WŁASNE

**10.10.180.197**

*Kierownik: Dr inż. M. Zembura*

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

*Zad. 1*

*Opis matematyczny transportu fazy rozproszonej w roztworach elektrolitycznych.*

W pracy omówiono analizę dynamiki zmian temperatury elektrolitu w elektrolizerze aluminium powodowanymi operacjami technologicznymi. Przedstawiono uproszczony model energetyczny elektrolizera zawierający składowe źródła ciepła i określono równanie opisujące całkowity opór cieplny elektrolizera.

Dokonano analizy wpływu intensywności przebiegu procesów fizykochemicznych towarzyszących procesom technologicznym. Przedstawiono rozszerzony model matematyczny obejmujący przepływ prądu elektrycznego przez elektrolizer i oszynowanie elektrolizera, pole magnetyczne indukowane przepływem prądu, pole prędkości przepływu w warstwach ciekłych, wymianę ciepła, zjawiska fizykochemiczne towarzyszące rozpuszczaniu tlenku glinowego w elektrolicie.

**Diffusion Fluxes against Reaction Kinetics: Solid Electrolytic Solution**

*The Mathematical Description of Transport Disperse Phase in Electrolytical Solutions.*

This work contains analysis of electrolyte temperature dynamics modification of aluminium electrolyzer, which are brought out by technological operations. The reduced energy model containing heat source was presented. The equation describing total aluminium electrolyzer heat resistance has also been presented. The influence of intensity of physicochemical processes during the technological processes was analyzed. The extended mathematical model containing electrical current flow inside the aluminium electrolyzer and bus bar system, electromagnetic field distribution, velocity field flow inside liquid layer, heat exchange and physicochemical processes during alumina powder dissolution in electrolyte was presented.

## **10.10.180.222**

*Kierownik: Dr inż. M. Jaszczur*

### **Wizualizacja formowania się wirów w procesach konwekcyjnych.**

*Zad. 1*

*Opracowanie algorytmów numerycznych do wizualizacji formowania się wirów.*

W pracy dokonano krótkiego przeglądu technik wizualizacyjnych, przedstawiono model matematyczny zagadnienia procesów konwekcji naturalnej i mieszanej płynów newtonowskich w układzie cylindra pionowego, który pozwala na pełną analizę trójwymiarowego oraz niestacjonarnego charakteru tego zjawiska.

W oparciu o model matematyczny i zaproponowane metody numeryczne opracowano algorytm komputerowy dla analizy numerycznej procesu konwekcji naturalnej płynów newtonowskich. Dla aproksymacji członów dyfuzyjnych zastosowano metodę QUICK pozwalającą na zmniejszenie dyfuzji numerycznej. W celu weryfikacji modelu matematycznego oraz algorytmów obliczeniowych przeprowadzono kilka porównań uzyskanych wyników obliczeń numerycznych z dostępnymi w literaturze rozwiązaniami analitycznymi oraz wynikami eksperymentalnymi i wizualizacjami.

Porównania te wykazują bardzo dobrą zgodność, co świadczy o poprawności konstrukcji modelu matematycznego i związanych z nim algorytmów obliczeniowych.

Prezentowany model matematyczny zastosowany zostanie w przyszłości do analizy procesu formowania się wirów na przykładzie metody Czochralskiego

### **Visualization of the Vortex Generation in a Convective Processes**

*Formulate of the Numerical Algorithm for Visualization of the Vortex Generation.*

Mathematical model and numerical method of the three-dimensional problem of unsteady free convection in the enclosed cylindrical space has been presented. Mechanisms of the natural and mixed convection heat transfer was introduced. To minimize “false diffusion” for approximation of the convection terms the QUICK scheme was used. In the first part of the paper mathematical model of free convection problem for low temperature fluids in cylindrical enclosure with cold lid was presented.

Numerical analysis has been applied for test cases to validate numerical procedure and to compare results with experimental data available in literature. Comparison of the numerical results shows good agreement.

## 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- kontynuacja.*

W pracy poruszono problem termodynamicznego opisu ciekłych roztworów metali. Szczególne znaczenie ma ten problem w przypadku opisu roztworów zasocjowanych tzn. tych, w których ma miejsce tworzenie się np. związków międzymetalicznych. Zastosowanie funkcji analitycznych (Redlicha-Küstera, wielomianów Peltona, itd.) nie przynosi oczekiwanych rezultatów z powodu stosunkowo niskiej czułości tych funkcji. Nie jest w tym przypadku możliwe uchwycenie niewielkich zmian w przebiegu badanych parametrów. W tej pracy zastosowano równania Redlicha-Küstera i funkcje sklejjane dla opisu roztworu Hg-Tl. Analizując przebieg parametrów strukturalnych  $S_{cc}(0)$  i  $\Delta S_{cc}(0)$ , które mogą wskazywać na istnienie w badanym roztworze związków międzymetalicznych, tylko w przypadku zastosowania funkcji sklejjanych zauważono taki przebieg tych parametrów, który sugerowałby istnienie w tym roztworze związku międzymetalicznego o stechiometrii  $Hg_3Tl$ . Przebieg parametrów strukturalnych obliczonych na bazie opisu danych doświadczalnych równaniami Redlicha-Küstera wskazuje na istnienie związku międzymetalicznego w obszarze, w którym według danych literaturowych powstaje eutektyka.

### **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 paper the problem of thermodynamic description of liquid metals' alloys is presented. The special attention must be paid during analysing associated solutions, i.e. solutions with formed intermetallic compounds. The application of analytical function (Redlich-Küster equations, Pelton's polynomials, etc.) for experimental data description, in the case of solutions with intermetallic compounds, does not bring the expected results because of low sensitivity of these functions. They do not let to seize very subtle changes of examined parameters. In this paper for Hg-Tl solution, Redlich-Küster equations, and also

cubic spline functions were applied for experimental data description. Analysing  $S_{cc}(0)$  and  $\Delta S_{cc}(0)$  structural parameters, which can indicate the existence of intermetallic compounds in examined solution, only in the case of cubic spline function application it is seen that in Hg-Tl solution  $Hg_3Tl$  compound may appear. The shape of structural parameters calculated from Redlich-Küster equations suggests incompatibly with literature data that in this alloy compound may appear in the alloy composition where the eutectic exists.



## 10.10.180.199

*Kierownik: Dr inż. P. Jarosz*

### **Własności fizyko-chemiczne roztworów rtęć-tal.**

#### *Zad. 1*

*Pomiary lepkości i napięcia powierzchniowego roztworów Hg-Tl o różnym składzie oraz zależności temperaturowych tych wielkości.*

W pracy zaprezentowano dane doświadczalne dotyczące gęstości i lepkości czystej rtęci i podwójnych stopów Hg-Tl. Pomiary gęstości wykonano przy użyciu piknometru kwarcowego. Dla pomiarów lepkości zastosowano metodę kapilarną. Pomiary były zrealizowane w zakresie temperatur 298-410 K. Otrzymano temperaturową i stężeniową zależność dla gęstości i lepkości. Wyznaczono energię aktywacji przepływu lepkiego w zależności od stężenia. Podane wyniki wskazują, że w wąskim otoczeniu stężenia związku międzymetalicznego  $Hg_5Tl_2$  obserwuje się ekstremum lepkości i objętości mieszania.

### **Physical and Chemical Properties of Mercury-Thalium Solutions.**

*Viscosity and Surface Tension Measurement of Various Compositions of Hg-Tl Alloys in Dependence of Temperature.*

In this paper, experimental values of density and viscosity of Hg-Tl binary alloys and pure mercury are presented. Density measurements were performed using quartz pycnometer. For viscosity, capillary method was used. Measurements were realised in the range of temperature 298-410 K. The temperature and alloys compositions relationships for density and viscosity were obtained. The activation energy in adhesive flow as a function of alloy composition was determined. During research, in the close vicinity of  $Hg_5Tl_2$  intermetallic compound existence, extreme of viscosity and volume of mixing was observed.

## 10.10.180.200

Kierownik: Dr inż. R. Kaczmarczyk

### Termodynamiczna analiza ciekłego roztworu As-Sn.

Zad. 1

Pomiar prężności nasyconych par arsenu nad ciekłym roztworem 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  $\Delta G_{st-c}^0$ . 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 Raoula.

### 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 vapours in a function of the solution temperature and composition. The results gained for pure arsenic and its solution have been described by proper temperature 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  $\Delta G_{st-c}^0$ , 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. Some negative deviations from Raoult's law are characteristic for it.

## **10.10.180.201**

*Kierownik: Dr inż. R. Kaczmarczyk*

### **Dynamiczna rafinacja miedzi konwertorowej od arsenu metodą przeciwprądowego 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.

### **Dynamical Method of the Converter Copper Refining of Arsenic by the Flow Method.**

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