

Dr inż. Miłosz Zabrocki

Promotor: Prof. dr hab. inż. Władysław Gąsior (IMIM PAN);

Tytuł rozprawy w języku polskim: Właściwości termodynamiczne ciekłych stopów z układów Ga-In-Li oraz Ga-Ge-Li;

Tytuł rozprawy w języku angielskim: Thermodynamic properties of Ga-In-Li and Ga-Ge-Li liquid alloys;

Słowa kluczowe: Właściwości termodynamiczne, Kalorymetria, Siła elektromotoryczna, Ga-In-Li, Ga-Ge-Li;

Keywords: Thermodynamic properties, Calorimetry; Electromotive force measurements, EMF, Ga-In-Li system, Ga-Ge-Li system;

Charakterystyka pracy w języku polskim:

Właściwości termodynamiczne, równowagi fazowe i przemiany fazowe to dane o kluczowym znaczeniu przy opracowywaniu elektrod do akumulatorów. Narzędziami używanymi w tym procesie są różnego rodzaju bazy termodynamiczne zawierające niezbędne informacje. Jednak nie wszystkie układy zostały przebadane eksperymentalnie, dlatego termodynamiczne bazy danych wymagają ciągłej aktualizacji.

W pracy zaproponowano do zbadania ciekłe stopy z układów Ga-In-Li i Ga-Ge-Li, które mogą znaleźć zastosowanie jako materiały elektrodowe dla akumulatorów z ciekłym metalem lub stopem. W literaturze brakuje danych termodynamicznych wymienionych wyżej dwóch układów trójskładnikowych, co było podstawą zaproponowania ich do badań eksperymentalnych w ramach programu badań pracy doktorskiej, poszerzając tym samym bazę danych termodynamicznych stopów o potencjalnych możliwościach zastosowania jako materiały elektrodowe.

Głównym celem przedstawionej pracy było określenie właściwości termodynamicznych ciekłych roztworów z układów trójskładnikowych Ga-In-Li i Ga-Ge-Li. Rozprawa doktorska podzielona jest na dwie części. W pierwszej części dokonano przeglądu literatury i opisano metody stosowane do pomiaru właściwości termodynamicznych.

W dalszej części pracy zbadano właściwości termodynamiczne układów trójskładnikowych za pomocą metody kalorymetrycznej oraz pomiaru sił elektromotorycznych. Dodatkowo został zbadany układ Ga-Li ze względu na zauważone duże odchylenia w wynikach przedstawionych w literaturze oraz uzyskanych w trakcie badań.

Aby osiągnąć cele postawione w rozprawie doktorskiej, zaproponowano następujące badania. Pomiary kalorymetryczne zmiany entalpii mieszania ciekłych stopów Ga-In-Li i Ga-Ge-Li. Pomiar aktywności litu w roztworach ciekłych Ga-In-Li i Ga-Ge-Li za pomocą pomiarów sił elektromotorycznych ogniw stężeniowych. Opracowanie trójskładnikowych parametrów oddziaływania metodą Muggianu na podstawie wykonanych pomiarów. Analiza korelacji danych eksperymentalnych i przewidzianych przez modele Muggianu oraz Toopa.

Wszystkie proponowane badania zostały wykonane, a uzyskane wyniki przedstawiono i omówiono w rozprawie doktorskiej.

The abstract of the thesis (in English):

In today's world, many new methods for storing as well as transmitting electricity are being researched. Although there are already many battery systems, more and more applications for lithium batteries are being found on the consumer market. Thermodynamic properties, phase equilibria and phase transitions are data of crucial importance when developing electrodes for batteries. Tools used for this process are different types of thermodynamic bases, containing the necessary information. However not all systems have been tested experimentally, therefore thermodynamic databases need to be constantly updated.

This work proposes liquid alloys from Ga-In-Li and Ga-Ge-Li systems as electrode materials for liquid metal batteries. Due to a lack of thermodynamic data in the literature on these two systems, there is a need for experimental studies on them to obtain the necessary data. The purpose of this work is to determine the thermodynamic properties of Ga-In-Li and Ga-Ge-Li systems. The work is divided into two parts. The first part consists of a literature review and a description of the methods used to measure thermodynamic properties. In the second part, the thermodynamic properties of ternary systems are investigated using calorimetry and the methods of measuring electromotive forces. The Ga-Li system is also tested due to large deviations in the results presented in the literature, and those obtained during research. In order to achieve the goals set in the doctoral dissertation, the following studies were proposed: Calorimetric measurements of the mixing enthalpy change of liquid Ga-In-Li and Ga-Ge-Li alloys. Measurement of lithium activity in Ga-In-Li and Ga-Ge-Li liquid solutions by the electromotive force measurements of concentration cells. Development of the ternary interaction parameters using the Muggianu-method based on the performed measurements. Correlation analysis of experimental data and those predicted by the Toop and Muggianu models. All proposed studies were carried out and the results obtained are presented and discussed in the work.

Publikacje z zakresu pracy:

- **M. Zabrocki, W. Gąsior, A. Dębski, Calorimetric study and thermodynamic description of Ga-Ge-Li liquid alloys, *Calphad*, 71, 2020, IF. 2.652
DOI: 10.1016/j.calphad.2020.102204**
- **M. Zabrocki, W. Gąsior, A. Dębski, Thermodynamic properties of Ga-In-Li alloys - a potential material for liquid metal batteries, *Journal of Molecular Liquids* 332(10):115765, 2021, IF. 5.065
DOI: 10.1016/j.molliq.2021.115765**