

## РЕФЕРАТ

### Исследование взаимодействия компонентов и условий образования фморфных сплавов системы Cu–Ni–Hf

Магистерская работа по специальности: 8.05040201 «Литейное производство черных и цветных металлов и сплавов».

Студент гр. ЛП-10м, ДГМА, А.А. Солянова– Краматорск, 2015.

Научный руководитель – д.х.н., проф. Турчанин М.А.

Работа содержит 146 стр., 51 рис., 16 табл., 22 слайда.

Изложение содержания работы:

Объект исследования. Расплавы системы Cu–Ni–Hf.

Предмет исследования. Термодинамические функции смешения расплавов, закономерности их температурно-концентрационной зависимости, связь этих закономерностей с характером взаимодействия компонентов и склонностью расплавов к аморфизации; равновесные и метастабильные превращения с участием жидких сплавов, теплофизические свойства расплавов.

Цель и задачи исследований. Цель работы заключалась в установлении особенностей температурно-концентрационной зависимости термодинамических функций смешения расплавов аморфообразующей системы, их взаимосвязи со способностью к образованию быстрозакаленных и объемных аморфных сплавов.

Для достижения цели был решен ряд задач, основными из которых были:

– калориметрическое исследование концентрационной зависимости энтальпии смешения расплавов системы Cu–Ni–Hf при 1873 К;

– моделирование термодинамических функций смешения расплава Cu–Ni–Hf и их температурно-концентрационной зависимости в рамках феноменологических и математических моделей;

– моделирование метастабильных фазовых превращений с участием переохлажденных расплавов системы Cu–Ni–Hf;

– моделирование процессов охлаждения расплавов в медном кокиле.

Методы исследования. Высокотемпературная изопериболическая калориметрия для экспериментального исследования энтальпии смешения жидких сплавов; математическое моделирование энтальпии смешения; моделирование термодинамических функций смешения в рамках модели идеального ассоциированного раствора (ИАР); моделирование и метастабильных превращений с участием жидких сплавов в рамках CALPHAD-метода, исследование микроструктуры сплавов методом оптической микроскопии, исследование микротвердости фаз, пакет LWMFlow для моделирования скорости охлаждения расплавов.

Результаты исследования.

1. Впервые калориметрическим методом изучены термодинамические свойства расплавов аморфообразующей системы Cu–Ni–Hf при температуре 1873 К.

2. Впервые получены значения интегральной энтальпии смешения компонентов расплавов вдоль изученных разрезов. Данная функция знакопеременна с преобладанием отрицательных значений.

3. Показано, что в рамках модели ассоциированного раствора, учитывающей образование в расплаве двойных ассоциатов CuHf, CuHf<sub>3</sub>, HfNi<sub>3</sub> и HfNi, экспериментальные значения энтальпии смешения расплавов системы Cu–Ni–Hf могут быть описаны с удовлетворительной точностью.

4. Полученные экспериментальные результаты и результаты расчетов указывают на преобладание парных взаимодействий медь–гафний и никель–гафний в тройных расплавах.

5. Разработана база данных, содержащая параметры моделей термодинамических свойств расплавов и твердых растворов на основе чистых компонентов, для расчетов в рамках CALPHAD-метода.

6. С использованием пакета программ LVMFlow выполнен расчет скорости охлаждения жидкого сплава эквипотного состава системы Cu–Ni–Hf в медном водоохлаждаемом кокиле. Показано, что в заданных условиях возможно получение объемного аморфного сплава системы.

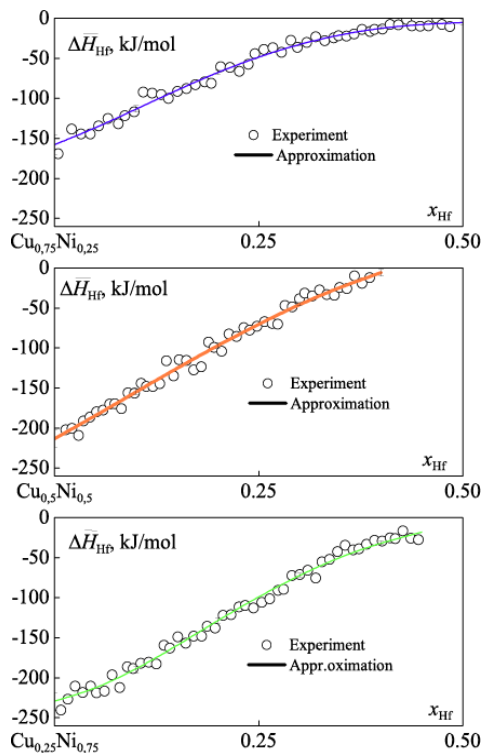
Область применения. Практическое значение полученных результатов подтверждается их использованием для термодинамического описания и расчета диаграммы состояния трехкомпонентной системы Cu–Ni–Hf. Полученные в работе экспериментальные данные и результаты моделирования термодинамических функций смешения двухкомпонентных и трехкомпонентных расплавов, также как рассчитанные в ней диаграммы состояния двухкомпонентных систем и трехкомпонентной системы Cu–Ni–Hf могут быть использованы в термодинамических базах данных и в справочных изданиях.

**Публикации:** По теме диссертационного исследования опубликована 1 статья в научном журнале и 1 тезисы доклада в материалах конференции, а именно:

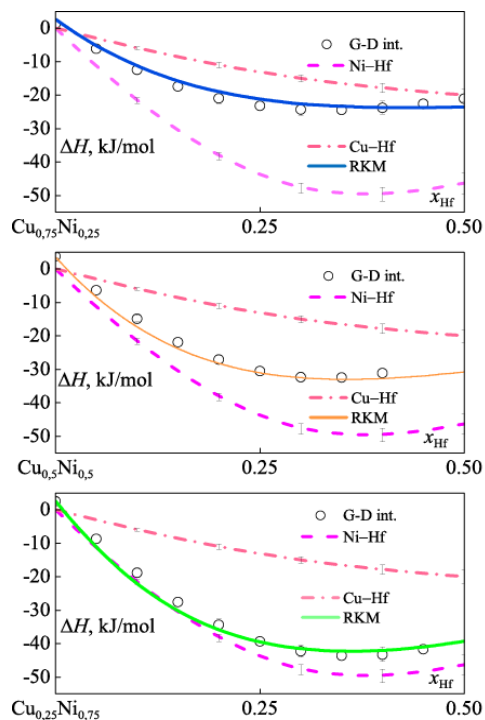
1. Agraval, P., Investigation of the components interaction in the liquid glass forming Cu–Ni–Hf alloys / P. Agraval, M. Turchanin, L. Dreval, A. Solyanova, e.a. // XVI Intern. Scientific Conf. New techn. achiev. in metallurgy, mat. eng. prod. eng., Czestochowa, Poland, 28-29 May, 2015

2. Агравал, П.Г. Экспериментальное изучение термодинамических свойств жидких сплавов системы Cu–Ni–Hf / Агравал П. Г., Древаль Л. А., Солянова А. А. и др. // Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейном производстве: материалы V международной научно-технической конференции, 21–25 сентября 2015 г. – Краматорск : ДГМА, 2015. – С. 13-14.

АМОΡФНЫЙ СПЛАВ, ИЗОПЕРИБОЛИЧЕСКИЙ КАЛОРИМЕТР, ЭНТАЛЬПИЯ СМЕШЕНИЯ, МЕТАСТАБИЛЬНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ, CALPHAD-МЕТОД.



а



б

Рисунок 1. Результаты калориметрического исследования парциальной (а) и интегральной (б) энтальпий смешения расплавов системы Cu-Ni-Hf при 1873 К

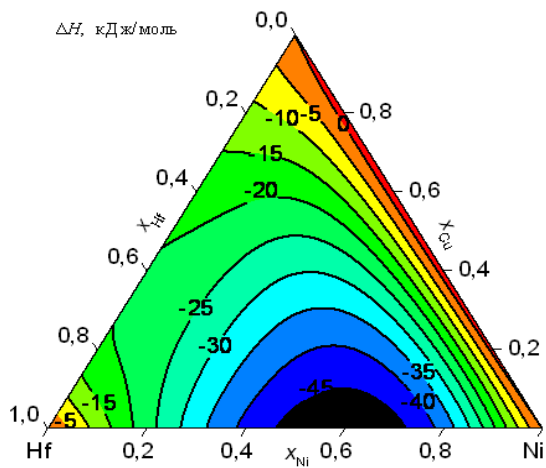


Рисунок 2. Изотерма интегральной энтальпии смешения  $\Delta H$  Cu-Ni-Hf при 1873 К

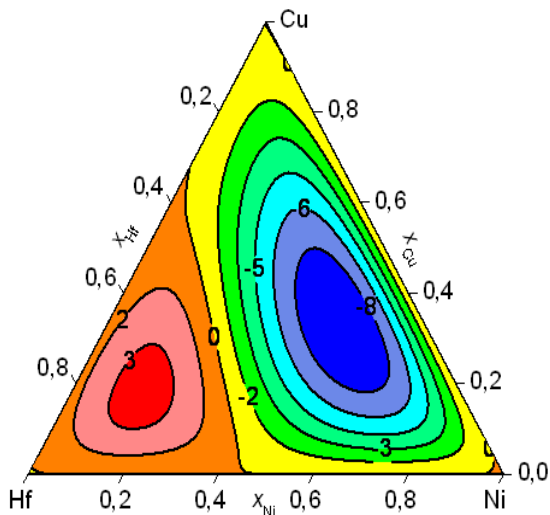


Рисунок 3. Вклад тройного взаимодействия  $\Delta H^{TP}$  Cu-Ni-Hf в интегральную энтальпию смешения

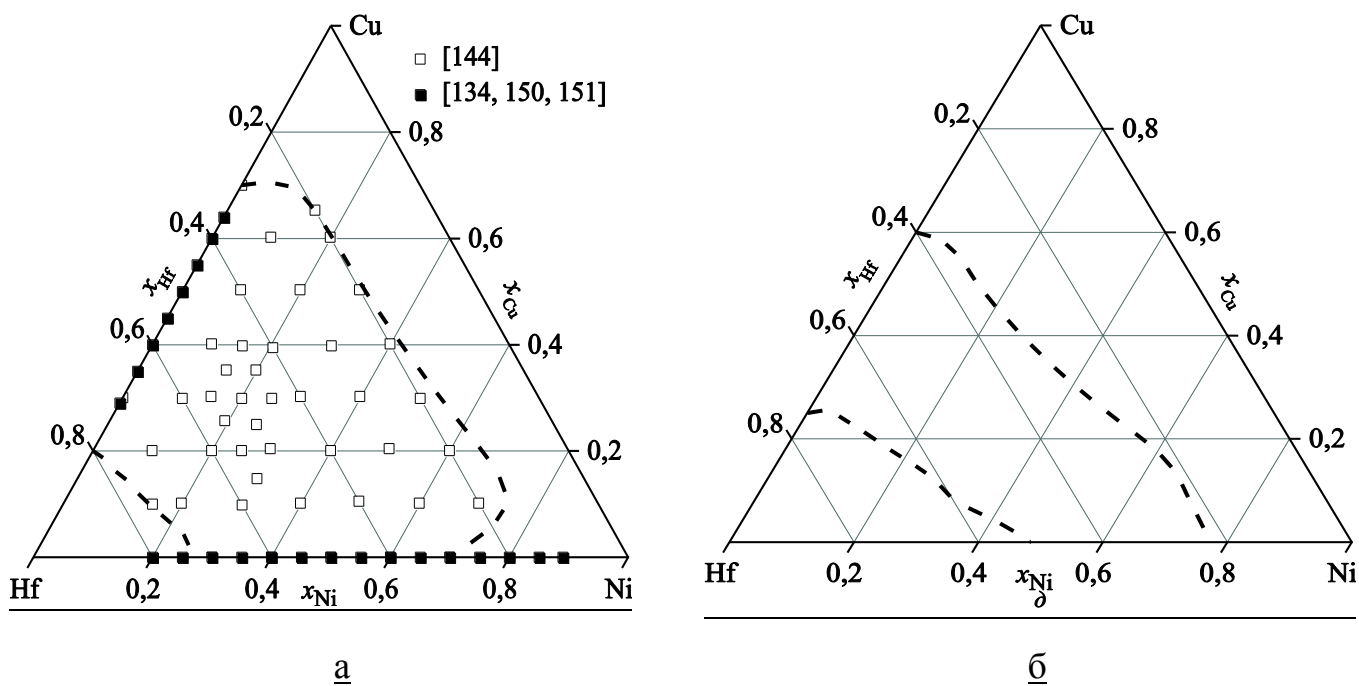


Рисунок 4. Экспериментальные составы и прогнозируемые концентрационные области получения быстрозакаленных (а) и объемных (б) аморфных сплавов в системе Cu–Ni–Hf

## РЕФЕРАТ

### Дослідження взаємодії компонентів та умов утворення аморфних сплавів системи Cu–Ni–Hf

Магістерська робота за фахом: 8.05040201 "Ливарне виробництво чорних і кольорових металів і сплавів".

Студент гр. ЛВ-10м ДДМА, Г.О. Солянова. – Краматорськ, 2015.

Науковий керівник – д.х.н., проф. Турчанін М.А.

Робота містить 146 стор., 51 мал., 16 табл., 22 слайда.

Виклад змісту роботи :

Об'єкт дослідження. Розплави системи Cu–Ni–Hf.

Предмет дослідження. Термодинамічні функції змішування розплавів, закономірності їх температурно-концентраційної залежності, зв'язок цих закономірностей з характером взаємодії компонентів і схильністю розплавів до аморфізації; рівноважні і метастабільні перетворення за участю рідких сплавів, теплофізичні властивості розплавів.

Мета і завдання досліджень. Мета роботи полягала у встановленні особливостей температурно-концентраційної залежності термодинамічних функцій змішування розплавів аморфообразующей системи, їх взаємозв'язку зі здатністю до утворення швидкозагартованих і об'ємних аморфних сплавів.

Для досягнення мети було вирішено ряд завдань, основними з яких були:

- калориметричне дослідження концентраційної залежності ентальпії змішування розплавів системи Cu–Ni–Hf при 1873 К;
- моделювання термодинамічних функцій змішування розплаву Cu-Ni-Hf і їх температурно-концентраційної залежності в рамках феноменологічних і математичних моделей;

– моделювання метастабільних фазових перетворень за участю переохолоджених розплавів системи Cu-Ni-Hf;

– моделювання процесів охолодження розплавів в мідному кокілі.

Методи дослідження. Високотемпературна ізопериболічний калориметрія для експериментального дослідження ентальпії змішування рідких сплавів; математичне моделювання ентальпії змішування; моделювання термодинамічних функцій змішування в рамках моделі ідеального асоційованого розчину (IAP); моделювання та метастабільних перетворень за участю рідких сплавів в рамках CALPHAD-методу, дослідження мікроструктури сплавів методом оптичної мікроскопії, дослідження мікротвердості фаз, пакет LWMFlow для моделювання швидкості охолодження розплавів.

Результати дослідження.

1. Вперше калориметричним методом вивчені термодинамічні властивості розплавів аморфообразующей системи Cu-Ni-Hf при температурі один тисячі вісімсот сімдесят три К.

2. Вперше отримані значення інтегральної ентальпії змішування компонентів розплавів уздовж вивчених розрізів. Ця функція знакоперемінність з переважанням негативних значень.

3. Показано, що в рамках моделі асоційованого розчину, що враховує освіту в розплаві подвійних асоціатів CuHf, CuHf<sub>3</sub>, HfNi<sub>3</sub> і HfNi, експериментальні значення ентальпії змішування розплавів системи Cu-Ni-Hf можуть бути описані за задовільною точністю.

4. Отримані експериментальні результати і результати розрахунків вказують на переважання парних взаємодій мідь-гафній і нікель-гафній в потрібних розплавах.

5. Розроблено базу даних, яка містить параметри моделей термодинамічних властивостей розплавів і твердих розчинів на основі чистих компонентів, для розрахунків в рамках CALPHAD-методу.

6. З використанням пакету програм LVMFlow виконаний розрахунок швидкості охолодження рідкого сплаву екіатомного складу системи Cu-Ni-Hf в

мідному водоохолоджуваному кокілі. Показано, що в заданих умовах можливе отримання об'ємного аморфного сплаву системи.

Сфера застосування. Практичне значення одержаних результатів підтверджується їх використанням для термодинамічного опису та розрахунку діаграми стану трикомпонентної системи Cu-Ni-Hf. Отримані в роботі експериментальні дані і результати моделювання термодинамічних функцій змішування двокомпонентних і трикомпонентних розплавів, також як розраховані в ній діаграми стану двокомпонентних систем і трикомпонентної системи Cu-Ni-Hf можуть бути використані в термодинамічних базах даних і в довідкових виданнях.

АМОРФНИЙ СПЛАВ, ІЗОПЕРИБОЛІЧНИЙ КАЛОРИМЕТР, ЕНТАЛЬПІЇ ЗМІШУВАННЯ, МЕТАСТАБІЛЬНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ, CALPHAD-МЕТОД.



## ABSTRACT

### Improvement of technology of iron castings with differentiated properties in different parts

Master's degree work on speciality: 8.05040201 «Foundry of ferrous and non-ferrous metals and alloys».

Student of group LP-10m DSEA, H.O. Solianova - Kramatorsk, 2014.

Supervisor - prof . Turchanin M.A.

Work contains 138 a page, 51 fig., 15 table., 19 sliding seats.

Presentation of the contents of the work:

The object of the research. The manufacturing process of iron castings with differentiated structure and properties of one base melt using the methods of in mold processing.

The subject of research. Patterns of interaction of different irons in the cavity of casting form and forming of double-layer and bilateral casting with differentiated structure and properties.

The purpose and objectives of the research. The aim of the research is to identify characteristics of the interaction of diverse cast iron foundry in the form of double-layer formation and bilateral castings with differentiated structure and properties and the development of the production technology of double-layer and bilateral casting.

To achieve this goal in the work delivered and covers the following main tasks:

- to conduct a critical analysis of existing methods of producing iron castings with differentiated structure and properties and the current state of technology through in mold modification of melt cast iron;

- method of computer simulation using the "LVMFlow" explore the hydrodynamic and thermodynamic processes of interaction of different irons in the cavity of the mould

and the main regularities of formation of double-layer and bilateral cast iron castings with differentiated structure and properties;

- perform a series of laboratory studies on experimental casts to confirm modeling results in "LVMFlow";

- to undertake experimentally-theoretical studies on influence of basic factors and parameters of casting on the structure of the double-layer and bilateral castings with the differentiated properties;

- to work out technological recommendations of receipt of the double-layer and bilateral castings with the differentiated structure and properties;

- to validate the developed recommendations for model castings with differentiated structure and properties and to make a study of macro- and microstructure of advanced castings.

Research methods. The research used an integrated method that includes computer simulation and theoretical analysis and experimental research of melt inoculation in mold processes and receiving bilateral and double-layer casts with differentiated structure and properties.

Results of the study.

1. Further understanding of the patterns of processes in mold modification of melt cast iron, a double-layer and bilateral iron castings with differentiated structure and properties in different parts or layers of the same base melt.

2. Computer simulation methods investigated hydrodynamic and thermodynamic processes of double-layer and bilateral cast iron castings. Regularities of influence of the basic technological parameters on formation processes of double-layer and bilateral cast iron castings.

3. On the basis of experimental researches possibility of receipt of the double-layer and bilateral castings from one base melt in mold modification technology of melt.

Field of application. The results of theoretical and experimental research have made it possible to develop science-based technological recommendations on modes of production from one base melt cast iron double-sided and dual layer castings with differentiated structure and properties. Developed technological recommendations about

manufacturing of industrial castings with differentiated structure and properties with a combination of white iron-gray iron and white cast iron-cast iron with Nodular graphite (ductile iron) from one base to melt iron.

AMORPHOUS ALLOY, ISOPERIBOLIC CALORIMETRY, ENTHALPY OF MIXING, METASTABLE TRANSFORMATION, CALPHAD-METHOD.