

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра физики твердого тела

БУШКЕВИЧ

Иулиана Алексеевна

**СТРУКТУРА, МИКРОТВЕРДОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ СПЛАВОВ
СИСТЕМЫ Al-Mg, ПОЛУЧЕННЫХ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ
КРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ**

Дипломная работа

Научный руководитель
профессор, доктор физ.-мат.
наук, профессор
Шепелевич В.Г.

Допущена к защите

«__» _____ 202__ г.

Зав. кафедрой физики твердого тела

доктор физ.-мат. наук, профессор В.В. Углов

Минск, 2020

РЕФЕРАТ

Дипломная работа 51 страница, 20 рисунков, 5 таблиц, 54 источника.

ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ, СПЛАВЫ Al-Mg, МИКРОСТРУКТУРА, ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, МИКРОТВЕРДОСТЬ, ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Объектом исследования являются быстрозатвердевшие фольги промышленных сплавов Al-Mg-Li-Sc-Zr (1421) и Al-Mg-Cu-Mn-Fe (1191).

Цель работы – исследовать влияние отжига на структурно-фазовое состояние и микротвердость сплавов системы Al-Mg, синтезированных сверхбыстрой закалкой из расплава.

Использованы методы рентгеноструктурного анализа, растровой электронной микроскопии, мгновенных ядерных реакций, а также метод измерения микротвердости. Количественный анализ интерметаллидных включений выполнен методом секущих в математическом пакете OriginPro.

Установлены закономерности изменения структурно-фазового состояния фольг сплава 1421 при отжиге. Выявлено, что частотные распределения размеров выделений имеют логнормальный характер. В результате термической обработки степень неоднородности микроструктуры растет, приводя к флуктуациям амплитуды пиков распределения размеров частиц. Впервые обнаружен эффект перераспределения Li после отжига при 380°C: в приповерхностном слое толщиной 0,1 мкм его концентрация достигает ~38,0 ат. %, что в 4,8 раз выше расчетного содержания в сплаве.

Определены температурные интервалы фазовых превращений в сплавах при отжиге. Впервые обнаружено, что в интервале температур отжига 300-400°C фольг сплава 1421 происходит распад пересыщенного твердого раствора с выделением частиц метастабильной фазы, содержащей Li, Mg, Sc и Zr. Установлен эффект упрочнения фольг при высокотемпературном отжиге, обусловленный выделением Li-содержащих метастабильных фаз. Получено, что легирование системы Al-Mg медью приводит при низкотемпературном отжиге до 190 °C к повышению значений микротвердости фольг за счет формирования метастабильных выделений Cu- и Mg-содержащих фаз.

Степень внедрения – результаты опубликованы в 3 статьях и 1 тезисах доклада в материалах международных конференций.

Результаты исследований могут быть использованы для производства новых материалов с уникальными свойствами, включающими высокую прочность, коррозионную стойкость и пластичность. Разработка быстрозатвердевших сплавов системы Al-Mg и оптимизация режимов их термической обработки имеют практический интерес для машиностроения, авиационной промышленности и предприятий порошковой металлургии РФ.

ESSAY

Thesis 51 pages, 20 figures, 5 tables, 54 sources.

HIGH SPEED CRYSTALLIZATION, Al-Mg ALLOYS,
MICROSTRUCTURE, PHASE COMPOSITION, MICRO HARDNESS,
THERMAL PROCESSING

The object of the study is the rapidly hardened foils of industrial alloys Al – Mg – Li – Sc – Zr (1421) and Al – Mg – Cu – Mn – Fe (1191).

The aim of this work was to study the effect of annealing on the structural phase state and microhardness of Al – Mg system alloys synthesized by superfast quenching from a melt.

Used methods of x-ray structural analysis, scanning electron microscopy, instant nuclear reactions, as well as a method of measuring microhardness. Quantitative analysis of intermetallic inclusions was performed by the secant method in the OriginPro mathematical package.

The regularities of changes in the structural-phase state of the foils of alloy 1421 during annealing are established. It was revealed that the frequency distributions of the precipitate sizes are lognormal. As a result of heat treatment, the degree of heterogeneity of the microstructure increases, leading to fluctuations in the amplitude of the peaks of the particle size distribution. For the first time, the effect of redistribution of Li after annealing at 380 ° C was discovered: in a surface layer 0.1 μm thick, its concentration reaches ~ 38.0 at. %, which is 4.8 times higher than the calculated content in the alloy.

The temperature ranges of phase transformations in alloys during annealing are determined. It was found for the first time that, in the annealing temperature range of 300–400 ° C, foils of alloy 1421 decompose a supersaturated solid solution with the release of particles of a metastable phase containing Li, Mg, Sc, and Zr. The effect of hardening of foils during high-temperature annealing due to the release of Li-containing metastable phases is established. It was found that alloying the Al-Mg system with copper during low-temperature annealing up to 190 ° C leads to an increase in the microhardness of the foils due to the formation of metastable precipitates of Cu- and Mg-containing phases.

The degree of implementation - the results are published in 3 articles and 1 abstract of the report in the materials of international conferences.

The research results can be used to produce new materials with unique properties, including high strength, corrosion resistance and ductility. The development of rapidly solidified Al – Mg system alloys and the optimization of their heat treatment modes are of practical interest for mechanical engineering, the aviation industry, and powder metallurgy enterprises of the Republic of Belarus.

РЕФЕРАТ

Дыпломная праца 51 старонка, 20 малюнкаў, 5 табліц, 54 крыніцы.

Высакахуткасны крышталізацыі, сплавы Al-Mg, мікраструктуру, фазавы СКЛАД, мікра цвёрдасць, тэрмічная апрацоўка

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца хутка зацвярдзелы фальгі прамысловых сплаваў Al-Mg-Li-Sc-Zr (1421) і Al-Mg-Cu-Mn-Fe (1191).

Мэта працы - даследаваць уплыў адпалу на структурна-фазавае стан і мікротвёрдасць сплаваў сістэмы Al-Mg, сінтэзаваных звыш хуткай загартоўкай з расплаву.

Выкарыстаныя метады рэнтгена структурнага аналізу, растравай электроннай мікраскапіі, імгненых ядзерных рэакцый, а таксама метады вымярэння мікра цвёрдасці. Колькасны аналіз интерметаллідных уключэнняў выкананы метадам сечная ў матэматычным пакеце OriginPro.

Ўсталяваныя заканамернасці змянення структурна-фазавага стану фальгой сплаву 1421 пры адпале. Выяўлена, што частотныя размеркавання памераў вылучэнняў маюць логнормальны характар. У выніку тэрмічнай апрацоўкі ступень неаднастайнасці мікраструктуру расце, прыводзячы да флуктуацый амплітуды пікаў размеркавання памераў часціц. Упершыню выяўлены эфект перамеркавання Li пасля адпалу пры 380 ° C: у прыпаверхневыя пласце таўшчыняй 0,1 мкм яго канцэнтрацыя дасягае ~ 38,0 ат. %, што ў 4,8 разы вышэй разліковага ўтрымання ў сплаве.

Вызначаны тэмпературныя інтэрвалы фазавых ператварэнняў у сплавах пры адпале. Упершыню выяўлена, што ў інтэрвале тэмператур адпалу 300-400 ° C фальгой сплаву 1421 адбываецца распад пересыщенного цвёрдага раствора з вылучэннем часціц метастабільным фазы, якая змяшчае Li, Mg, Sc і Zr. Усталяваны эфект ўмацавання фальгу пры высокатэмпературным адпале, абумоўлены вылучэннем Li-змяшчаюць метастабільным фаз. Атрымана, што легіраванне сістэмы Al-Mg медзю прыводзіць пры нізкатэмпературнага адпале да 190 ° C да павышэння значэнняў мікротвёрдасці фальгі за кошт фарміравання метастабільным вылучэнняў Cu- і Mg-змяшчаюць фаз.

Ступень ўкаранення - вынікі апублікаваныя ў 3 артыкулах і 1 тэзісах дакладу ў матэрыялах міжнародных канферэнцый.

Вынікі даследаванняў могуць быць выкарыстаны для вытворчасці новых матэрыялаў з унікальнымі ўласцівасцямі, якія ўключаюць высокую трываласць, каразійную стойкасць і пластычнасць. Распрацоўка быстрозатвердевших сплаваў сістэмы Al-Mg і аптымізацыя рэжымаў іх тэрмічнай апрацоўкі маюць практычны цікавасць для машынабудавання, авіяцыйнай прамысловасці і прадпрыемстваў парашковай металургіі РБ.

