

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра физики твердого тела

УДК 538.91

ЕСИПЕНКО

Денис Викторович

**Влияние хрома и молибдена на термическую
стойкость титана**

Дипломная работа

Научный руководитель

Доцент кафедры физики

твердого тела, к.ф.-м.н.

Шиманский Виталий Игоревич

«ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ»

«___» _____ 2020г.

Зав. кафедрой физики твердого тела

Доктор физико-математических наук, профессор В.В. Углов

МИНСК 2020

Оглавление

Реферат	3
Рэферат	4
Abstract	5
Введение	6
Глава 1 Теоретические основы окисления металлов	7
1.1 Механизмы окисления металлов	7
1.2 Кинетика окисления титана в кислороде.	10
1.3 Окисление титана на воздухе.	11
1.4 Диаграмма состояния Ti-O	11
1.5 Анализ современных методов снижения оксидообразования в металлах, в частности, в титановых сплавах.	12
Глава 2 Объект и методы исследования	18
2.1 Объект исследования	18
2.2 Методы исследования.	19
2.2.1 рентгеноструктурный анализ.	19
2.2.2 Измерение микро твёрдости	21
Глава 3. Структура и фазовый состав нелегированного титана, и титана имеющего в своем составе легирующие элементы.	23
3.1 структурные изменения при окислении нелегированного титана.	23
3.2 структурные изменения при окислении титана легированного хромом.	28
3.3 структурные изменения при окислении титана легированного хромом и молибденом	33
3.4 Заключение	41
Список используемых источников	42

Реферат

Дипломная работа 43 с., 26 рис., 3 табл., 14 источников.

Окисление, титан, легирование, микротвердость, диффузия, окисление.

Цель работы – Изучить влияние хрома и молибдена на термическую стойкость титана. Провести исследование фазового состава сплавов на основе титана с легирующими элементами такими как Cr и Mo. Провести исследование физико-механических свойств данных сплавов. Установить закономерности изменения фазового состава и физико-механических свойств сплавов после изотермического отжига.

Методы исследования – рентгеноструктурный анализ, теоретические расчеты параметров решетки, измерение твердости методом виккерса.

В ходе проведенного эксперимента были установлены особенности структурных превращений в сплавах Ti-Cr-Mo и Ti-Cr при изотермическом отжиге при температуре 600°C в течение 7 часов, выявлено влияние легирующих элементов на изменение фазового состава. Изменения, произошедшие в фазовом составе исходного титана, показывают образование фазы оксида титана TiO₂ модификации рутил. Со временем отжига происходит увеличение данной фазы. При добавлении в поверхностный слой Cr хрома, происходит образование β-фазы и образование оксидной фазы титана TiO₂ модификации рутил, но после 3 часов отжига β-фаза распадается, что способствует быстрейшему насыщению сплава атомами кислорода и росту оксидной фазы титана. При добавлении в поверхностный слой Cr и Mo, так же происходит образование β-фазы титана и оксидной фазы титана TiO₂ модификации рутил. В данном сплаве β-фаза не распадается на всем протяжении времени отжига образцов. Так же повышается доля оксидной фазы со временем отжига. Твердость образцов исходного титана и образцов сплава Ti-Cr-Mo увеличивается со временем отжига. У сплава Ti-Cr твердость сначала растет, а после 3 часов отжига уменьшается. Объемная доля кислорода во всех образцах растет со временем. В образцах сплава Ti-Cr-Mo доля оксидной фазы растет быстрее чем в образцах сплава Ti-Cr. Предположительно это связано с действием полей напряжений. Было установлено что для повышения стабильности фазового состава титана рекомендовано осуществить его легирование атомами из группы β-стабилизаторов, обеспечив тем самым постоянство фазового состава.

реферат

Дыпломная праца 43 с., 26 мал., 3 табл., 14 крыніц.

Акісленне, тытан, легіраванне, мікротвердосьць, дыфузія, акісленне.

Мэта работы - Вывучыць ўплыў хрому і малібдэна на тэрмічную стойкасць тытана. Правесці даследаванне фазавага складу сплаваў на аснове тытана з легіруючых элементаў такімі як Cr і Mo. Правесці даследаванне фізіка-механічных уласцівасцяў дадзеных сплаваў. Ўсталяваць заканамернасці змены фазавага складу і фізіка-механічных уласцівасцяў сплаваў пасля ізатэрмічнага адпалу. Метады даследавання - рэнтгенаструктурны аналіз, тэрэтычныя разлікі параметраў рашоткі, вымярэнне цвёрдасці метадам вیکкерса. У ходзе праведзенага эксперыменту былі ўсталяваны асаблівасці структурных ператварэнняў у сплавах Ti-Cr-Mo і Ti-Cr пры ізатэрмічнага адпале пры тэмпературы 600°C ў плыні 7 гадзін, выяўлена ўплыў легіруючых элементаў на змяненне фазавага складу. Змены, якія адбыліся ў фазавым складзе зыходнага тытана, паказваюць адукацыю фазы аксіднага тытана TiO₂ мадыфікацыі рутил. З часам адпалу адбываецца павелічэнне дадзенай фазы. Пры даданні ў павярхоўны пласт Cr хрому, адбываецца адукацыя β-фазы і адукацыя аксіднай фазы тытана TiO₂ мадыфікацыі рутил, але пасля 3-й гадзіне адпалу β-фаза распадаецца, што спрыяе найхутчэйшаму насычэнню сплаву атамамі кіслароду і росту аксіднай фазы тытана. Пры даданні ў павярхоўны пласт Cr і Mo, гэтак жа адбываецца адукацыя β-фазы тытана і аксіднай фазы тытана TiO₂ мадыфікацыі рутил. У дадзеным сплаве β-фаза не распадаецца на ўсім працягу часу адпалу узораў. Гэтак жа павышаецца доля аксіднай фазы з часам адпалу. Цвёрдасць узораў зыходнага тытана і узораў сплаву Ti-Cr-Mo павялічваецца з часам адпалу. У сплаву Ti-Cr цвёрдасць спачатку расце, а пасля 3-й гадзіне адпалу памяншаецца. Аб'ёмная доля кіслароду ва ўсіх узорах расце з часам. У узорах сплаву Ti-Cr-Mo доля аксіднай фазы расце хутчэй чым у узорах сплаву Ti-Cr. Мяркуецца, што гэта звязана з дзеяннем палёў высілкаў. Было ўстаноўлена што для павышэння стабільнасці фазавага складу тытана рэкамендавана ажыццявіць яго легіраванне атамамі з групы β-стабілізатараў, забяспечыўшы тым самым сталасць фазавага складу.

Abstract

Thesis 43

p., 26 fig., 3 tab., 14 sources.

Oxidation, titanium, alloying, microhardness, diffusion, oxidation.

Objective - To study the effect of chromium and molybdenum on the thermal stability of titanium. To study the phase composition of titanium-based alloys with alloying elements such as Cr and Mo. To conduct a study of the physicomechanical properties of these alloys. To establish patterns of phase composition and physicomechanical properties of alloys after isothermal annealing. Research methods - X-ray diffraction analysis, theoretical calculations of lattice parameters, measurement of hardness by the Wickers method. During the experiment, features of structural transformations in Ti-Cr-Mo and Ti-Cr alloys were determined during isothermal annealing at a temperature of 600 ° C for 7 hours, the influence of alloying elements on the change in phase composition was revealed. Changes in the phase composition of the initial titanium show the formation of a phase of titanium oxide TiO₂ modification of rutile. Over time, annealing occurs an increase in this phase. When Cr is added to the surface layer of chromium, the β phase forms and the titanium oxide phase forms TiO₂ rutile modifications, but after 3 hours of annealing, the β phase decomposes, which contributes to the fastest saturation of the alloy with oxygen atoms and the growth of the titanium oxide phase. When Cr and Mo are added to the surface layer, the formation of the β phase of titanium and the oxide phase of titanium TiO₂ of rutile modification also occurs. In this alloy, the β phase does not decompose over the entire duration of the annealing of the samples. The fraction of the oxide phase also increases with annealing time. The hardness of the initial titanium samples and Ti-Cr-Mo alloy samples increases with annealing time. In the Ti-Cr alloy, hardness initially increases, and after 3 hours of annealing, it decreases. The volume fraction of oxygen in all samples increases with time. In the samples of the Ti – Cr – Mo alloy, the fraction of the oxide phase grows faster than in the samples of the Ti – Cr alloy. Presumably this is due to the action of stress fields. It was found that to increase the stability of the phase composition of titanium, it was recommended that it be doped with atoms from the group of β-stabilizers, thereby ensuring the constancy of the phase composition.