



Республика Таджикистан
21/06; 21/12

(19) **TJ** ⁽¹¹⁾ **1528**
(51) **МПК** С 22 С21/00;

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО

(12) **Описание изобретения** К МАЛОМУ ПАТЕНТУ

1

(21) 2401937
(22) 13.03.2024
(46) Бюл. 210, 2024
(71) Государственное научное учреждение «Физико-технический институт имени С.У. Умарова» Национальной академии наук Таджикистана
(72) Ганиев И.Н., Холмуродов Ф., Шоназаров Р.С., Джабборов Б.Б., Файзуллоев У.Н., Сафаров А.Г., Ботуров К.
(73) Государственное научное учреждение «Физико-технический институт имени С.У. Умарова» Национальной академии наук Таджикистана
(54) **СПЛАВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ**
(56) [1] – ГОСТ 4784-2019 - Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки. Дата введения: 27.06.2019. Москва. Стандартинформ. 2019
[2] – Патент США №4336075 А, 22.06.1982г.
[3] – Патент США №5213639 А, 25.05.1993г.
[4] – Патент РФ №2163941 С1, 10.03.2001г.

2

(57) Изобретение относится к области металлургии, а именно к сплавам на основе алюминия системы алюминий-медь-магний. Полуфабрикаты из этих сплавов используют в качестве конструкционных материалов для авиакосмической техники.
Сплав и изделие, выполненное из данного сплава, содержат следующие компоненты, мас. %:
Медь 3,8-4,5
Магний 1,2-1,6
по крайней мере один элемент из группы кальций, стронций, барий 0,05 – 1,0
Алюминий и примеси остальное
Техническим результатом изобретения является создание сплава, обладающего наряду с высокими характеристиками прочности, трещиностойкости и долговечности повышенной коррозионной устойчивости.

Изобретение относится к области цветной металлургии, а именно к сплавам на основе алюминия системы Al-Cu-Mg. Полуфабрикаты из этих сплавов используются в качестве конструкционных материалов для авиакосмической техники в виде обшивки и силового набора.

Известен алюминиевый сплав Д16ч, имеющий следующий химический состав (% по массе):

Медь	3,8-4,9
Магний	1,2-1,8
Марганец	0,3-0,9
Железо	<0,3
Кремний	<0,2
Цинк	<0,1
Титан	<0,1
Никель	<0,05

Алюминий

остальное [1].

Известны также американские сплавы системы Al-Cu-Mg серии 2000, например сплав, имеющий следующий химический состав (% по массе):

Медь	4,2-4,7
Магний	1,3-1,8
Марганец	0,8-1,3
Цирконий	0,08-0,15
Цинк	<0,25
Титан	<0,15
Хром	<0,1
Железо	<0,15
Кремний	<0,12
Алюминий	остальное [2].

и сплав следующего химического состава (% по массе):

Медь	3,8-4,5
Магний	1,2-1,8
Марганец	0,3-0,9
Железо	<0,15
Кремний	<0,15
Алюминий	остальное [3].

Известные сплавы и изделия из них, имея высокую прочность, пластичность, долговечность, вязкость разрушения, малую скорость роста усталостной трещины, в ряде случаев обладают недостаточной коррозионной стойкостью. Эта характеристика наряду с другими для определенной группы изделий авиакосмической техники является определяющей.

Наиболее близким по химическому составу и назначению, принятым за прототип, является сплав на основе алюминия системы Al-Cu-Mg следующего химического состава (% по массе):

Медь	3,8-4,5
Магний	1,2-1,6
Марганец	0,4-0,8
Титан	0,01-0,07
Никель	0,01-0,05
Водород	$2,7 \cdot 10^{-5}$ - $5,0 \cdot 10^{-5}$
Алюминий	остальное [4].

Данный сплав обладает улучшенным сочетанием предела прочности, вязкости разрушения и скорости роста трещины усталости. Лист, изготовленный из этого сплава, обладает следующими свойствами:

$$\sigma_B = 460 \text{ МПа}, K_{Ic} = 55 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}, d(2l)/dN = 1,1 \text{ мм/к цикл}.$$

Однако сплав обладает недостаточной коррозионной стойкостью, что ограничивает его использование в качестве обшивки или силового набора в самолетах нового поколения.

Технической задачей настоящего изобретения является создание сплава, обладающего наряду с высокими характеристиками прочности, пластичности, трещиностойкости, долговечности, повышенной коррозионной стойкостью, для конструкционного применения в авиакосмической технике в виде обшивки и силового набора.

Для решения поставленной технической задачи предложен сплав на основе алюминия, содержащий медь, магний, отличающийся тем, что он дополнительно содержит, по крайней мере, один элемент из группы кальций, стронций, барий, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Медь	3,8-4,5
Магний	1,2-1,6

по крайней мере один элемент из группы кальций, стронций, барий 0,05 – 1,0

Алюминий и примеси остальное.

Повышение коррозионностойкости как важной характеристики сплава достигается дополнительным легированием по крайней мере одним элементом из группы кальций, стронций, барий.

С увеличением содержания меди в алюминии зерно непрерывно измельчается. Показано, что увеличение прочности алюминия при легировании его медью сопровождается укрупнением зерна в центральной зоне слитка, а уменьшение прочности ведёт к обратному явлению. Плотность сплавов системы Al-Cu с ростом содержания меди растёт. Температурный коэффициент линейного расширения сплавов снижается пропорционально до значения, соответствующего коэффициенту для сплава Al_2Cu . Удельная теплоемкость плавно повышается при увеличении содержания меди.

Магний является поверхностно активным элементом по отношению к алюминию. С увеличением его содержания зерно алюминия измельчается и довольно интенсивно. Добавки магния к алюминию увеличивает, на сколько процентов коэффициент термического расширения и слегка уменьшает усадку при кристаллизации, вязкость расплавов увеличивает. Электросопротивление повышается почти линейно с ростом содержания магния в твердом растворе алюминия. С ростом содержания магния в алюминии твердость, прочность и усталостная прочность повышаются, а пластичность понижается.

Добавки кальция, стронция и бария к алюминиево-медным сплавам снижают поверхностное натяжение. Плотность по мере увеличения содержания щелочноземельных металлов в алюминии снижается линейно и находится в пределах ошибки расчета. Поверхностное натяжение жидкого алюминия заметно снижается; при добавке 1% Са – примерно на 50%. Электросопротивление меняется линейно.

Щёлочноземельные металлы способствует не-
большую повышению прочности алюминия.

Таким образом, механизм модифицирования
эвтектики Al-Al₂Cu в сплавах алюминия с медью объ-
ясняется следующим двумя основным концепциям: 1)
подавление зародышеобразования при температуре
кристаллизации немодифицированной эвтектики; 2)
ограничение роста кристаллов интерметаллида Al₂Cu
при распаде эвтектической жидкости.

Присутствие по крайней мере одного элемен-
та из группы, включающей кальций, стронций, барий
обеспечивает повышение наряду с коррозионной-
стойкости, также прочностных характеристик сплава -
предела прочности и предела текучести.

Предложенный сплав по сравнению с извест-
ным сплавом обладает практически одинаковыми ха-
рактеристиками прочности, пластичности, трещино-
стойкости, долговечности. Однако по коррозионно-
стойкости, определяемой гравиметрическим методом,
предложенный сплав по сравнению с известным
сплавом имеет превосходство на 10-12%.

Синтез сплавов проводилось в шахтном лабо-
раторном печи сопротивления типа СШОЛ при тем-
пературе 750 - 800 °С. В качестве шихты при получе-
нии дюралюминиевого сплава AlCu4.5Mg1 использо-
вали алюминий марки А6, который дополнительно
легировалось расчётным количеством меди и магния.
При легировании алюминия использовалось лигатура
алюминия с 50 мас.% меди. Магний, завернутый в
алюминиевой фольге, вводилось в расплав алюминия
с помощью колокольчика. Металлический кальций,
стронций, барий вводились в расплав в завернутом в
алюминиевой фольге виде. Химический анализ полу-
ченных сплавов на содержание меди и магния прово-
дилось в Центральной заводской лаборатории ГУП
“Таджикская алюминиевая компания”. Состав спла-
вов также контролировалось взвешиванием шихты и
полученных сплавов. При отклонении массы сплавов
более чем на 1-2% отн. синтез сплавов проводился
заново. Далее из расплава удалялось шлак и произво-
дилось литьё образцов для коррозионно-
электрохимических исследований, в графитовую из-
ложницу. Образцы цилиндрической формы имели
диаметр 10мм и длину 140мм.

Исследования проводили в среде нейтрально-
го водного раствора, содержащего NaCl различной
концентрации, согласно рекомендациям ГОСТ 9.017 -

74, т.е. в имитате морской воды, с целью определе-
ния влияния хлорид-иона на коррозионно-
электрохимическое поведение дюралюминиевого
сплава AlCu4.5Mg1 с кальцием, стронцием, барием.

Исследования коррозионной стойкости сплавов
проводили на потенциостате ПИ-50-1.1 потенциоста-
тическим методом в потенциодинамическом режиме
при скорости развертки потенциала 2 мВ/с, с помо-
щью программатора ПР-8 и самозаписи ЛКД-4. Тем-
пература раствора поддерживалась постоянно 20°C, с
помощью термостата МЛШ-8. Электродом сравнения
служил хлоридсеребряный, а вспомогательным - пла-
тиновый.

Результаты исследования коррозионно-
электрохимических свойств сплавов, в среде 3%-ного
NaCl обобщены в таблице.

Из приведённых в таблице электрохимических
характеристик и скорости коррозии алюминиевого
сплава AlCu4.5Mg1 с кальцием, стронцием и барием
следует, что добавка по крайней мере одного элемен-
та из группы кальций, стронций, барий в пределах
0,05÷1,0 мас. % способствуют смещению в область
положительных значений потенциалов свободной
коррозии (Е_{св.кор.}), питтингообразования (Е_{п.о.}) и ре-
пассивации (Е_{рп.}) сплавов, результатом чего является
снижение скорости коррозии и плотности тока корро-
зии сплавов на 10-12%.

Механизм действия, по крайней мере, одного
элемента из группы кальций, стронций, барий на рост
коррозионной стойкости исходного алюминиевого
сплава AlCu4.5Mg1 заключается в сдвиге всех элек-
трохимических потенциалов сплавов в область поло-
жительных значений.

Таким образом, применение предлагаемого
сплава в качестве конструкционного материала для
авиакосмической техники в виде обшивки и силового
набора из листов обеспечивает значительное повыше-
ние коррозионной стойкости и соответственно продле-
нию срока службы указанных изделий из него. Рост
коррозионной стойкости нового сплава на 10-12% поз-
воляет на столько же снизить единицу материалоем-
кости изделий из него и получить экономический эф-
фект.

Формула изобретения

Сплав на основе алюминия, содержащий медь,
магний, отличающийся тем, что дополнительно со-
держит, по крайней мере, один элемент из группы
кальций, стронций, барий при следующем соотноше-
нии компонентов, мас. %:

Медь	3,8-4,5
Магний	1,2-1,6

по крайней мере, один элемент из группы кальций, стронций, барий	0,05 – 1,0
Алюминий и примеси	остальное

Компьютерный набор: Газиев М.Х.