



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО

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

1

(21) 2201749
(22) 08.11.2022
(46) Бюл. 194, 2023
(71)(73) Государственное научное учреждение
“Институт химии им. В.И. Никитина Национальной
академии наук Таджикистана.
(72) Ганиев Изатулло Наврузович (TJ)
Сафаров Ахрор Мирзоевич (TJ)
Абуали Элмурод (TJ)
Джаббаров Бахриддин Бурхонович (TJ)
Шоназаров Раджабали Саидахмадович (TJ)
Файзуллоев Убайдулло Нарзуллоевич (TJ)
Ганиева Наргис Изатуллоевна (TJ)
Джайлоев Джамшед Хусейнович (TJ)
(54) **СПЛАВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ**
(56) [1] – ОСТ1 90048-90 - Сплавы алюминиевые
деформируемые. Марки. Дата введения: 01.02.1991.
Утвержден и введен в действие Распоряжением МАП
от 26.11.1990 № 080/4.
[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 алю-
миний-медь-магний. Полуфабрикаты из этих сплавов
используют в качестве конструкционных материалов
для авиакосмической техники.
Данные сплавы не обладают достаточным уровнем
коррозионной стойкости. Целью изобретения является
повышение коррозионностойкости алюминиевых
сплавов, содержащих меди и магний, при сохранении
усталостной прочности.
Сплав и изделие, выполненное из данного сплава, со-
держат следующие компоненты, мас. %:
Медь 3,8-4,5
Магний 1,2-1,6
по крайней мере один
элемент из группы
литий, натрий, калий 0,05 – 1,0
Алюминий и его примеси остальное
Техническим результатом изобретения является созда-
ние сплава, обладающего наряду с высокими характе-
ристиками прочности, трещиностойкости и долговеч-
ности 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	<0,5

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	2,7·10 ⁻⁵ -5,0·10 ⁻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:

$\sigma_B = 460$ МПа, $\sigma_{0,2} = 55$ МПа, $d(2l)/dN = 1,1$ мм/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 литий, натрий, калий, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Медь	3,8-4,5
Магний	1,2-1,6
по крайней мере один элемент из группы литий, натрий, калий	0,01 – 1,0
Алюминий и его примеси	остальное.

Повышение коррозионностойкости как важной характеристики сплава достигается дополнительным легированием по крайней мере одним элементом из группы литий, натрий, калий.

Растворимость меди в твердом алюминии при эвтектической температуре 548°C составляет 2,48 ат.% и уменьшается с понижением температуры. Плотность алюминия от добавки меди растёт. Удельная теплоёмкость сплавов системы Al-Cu повышается при увеличении содержания меди и в большей степени зависит от структуры, чем от состава сплава. Теплопроводность сплавов от содержания меди уменьшается. Удельное электросопротивление возрастает почти пропорционально количеству растворённой меди в алюминии.

При повышении содержания меди наблюдается непрерывное увеличение твердости, а прочность и особенно пластичность зависят от того, в каком виде находится медь в твердом растворе алюминия. Коррозионная стойкость сильно зависит от структуры сплавов.

Введение в алюминий магния в количествах до 6% в качестве легирующего компонента дает упрочнение твердого раствора сплава алюминия и высокую эффективность деформационного упрочнения. Это обеспечивает сплавам серии 5xxx свойства – выше, чем у сплавов серии 3xxx при сохранении хорошей формируемой у сплава. Достижения высокой прочности за счет упрочнения твердого раствора магнием возможно потому, что магний в этой роли является очень эффективным. Кроме того, его высокая растворимость позволяет увеличивать его содержание до 5% в наиболее легированных сплавах.

Модифицирующее влияние лития, натрия и калия на

структуру эвтектики Al-CuAl₂ в сплавах системы Al-Cu-Mg сводится к следующему: 1) сильное измельчение частиц интерметаллида Al₂Cu в эвтектике и их сфероидизация; 2) состав эвтектики в система Al-Cu сдвигается в сторону повышенной концентрации меди и чем больше введено модификатора (лития, натрия, калия), тем выше скорость охлаждения расплава; 3) модифицирование щелочными металлами увеличивает вязкость и уменьшает жидкотекучесть расплава; 4) кристаллизация сплавов в присутствии модификатора протекает при заметном переохлаждении, величина которой зависит от количества модификатора и скорости охлаждения.

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

Присутствие по крайней мере одного элемента из группы, включающей литий, натрий, калий обеспечивает повышение наряду с коррозионной стойкостью, также прочностных характеристик сплава - предела прочности и предела текучести.

Предложенный сплав по сравнению с известным сплавом обладает практически одинаковыми характеристиками прочности, пластичности, трещиностойкости, долговечности. Однако по коррозионной стойкости, определяемой гравиметрическим методом, предложенный сплав по сравнению с известным сплавом имеет превосходство на 10-15%.

Пример осуществления

Синтез сплавов проводился в шахтном лабораторном печи сопротивления типа СШОЛ при температуре 750 - 800 °С. В качестве шихты при получении дюралюминиевого сплава AlCu_{4.5}Mg₁ использовали алюминий марки А6 с суммарным содержанием

примесей, который дополнительно легировалось расчётным количеством меди и магния. При легировании алюминия использовалась лигатура алюминия с 50 мас.% меди. Магний, завернутый в алюминиевую фольгу, вводился в расплав алюминия с помощью колокольчика. Металлический литий, натрий, калий вводились в расплав в завернутом в алюминиевой фольге виде. Химический анализ полученных сплавов на содержание меди и магния проводился в Центральной заводской лаборатории ГУП "Таджикская алюминиевая компания". Состав сплавов 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 производилось литьё образцов для коррозионно-электрохимических исследований, в графитовую изложницу. Образцы цилиндрической формы имели диаметр 10мм и длину 140мм.

Исследования проводили в среде нейтрального водного раствора, содержащего NaCl различной концентрации, согласно рекомендациям ГОСТ 9.017 - 74, т.е. в имитате морской воды, с целью определения влияния хлорид-иона на коррозионно-электрохимическое поведение дюралюминиевого сплава AlCu_{4.5}Mg₁ с литием, натрием, калием.

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

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

Таблица

Коррозионно-электрохимические характеристики алюминиевого сплава AlCu4.5Mg1 с литием, натрием и калием, в среде электролита 3,0 %- ного NaCl

Содержание лития, натрия и калия в сплаве, мас. %	Электрохимические потенциалы, В (х.с.э.)				Скорость коррозии	
	-E _{св.кор.}	-E _{кор.}	-E _{п.о.}	-E _{рп.}	i _{кор.} , А/м ²	K•10 ³ , г/м ² ·час
Сплав AlCu4.5Mg1 (прототип по патенту РФ №2163941 C1, 2001)	0.757	1.165	0.685	0.730	5.6	18.76
0.05Li	0.741	1.154	0.674	0.720	5.4	18.09
0.1Li	0.726	1.144	0.665	0.711	5.2	17.42
0.5Li	0.711	1.135	0.653	0.700	5.0	16.75
1.0Li	0.699	1.124	0.644	0.692	4.8	16.08
0.05Na	0.731	1.140	0.666	0.710	5.2	17.42
0.1Na	0.714	1.129	0.655	0.701	5.0	16.75
0.5Na	0.700	1.118	0.645	0.691	4.8	16.08
1.0Na	0.688	1.107	0.636	0.682	4.6	15.41
0.05K	0.720	1.130	0.657	0.700	5.0	16.75
0.1K	0.706	1.120	0.648	0.690	4.8	16.08
0.5K	0.691	1.110	0.639	0.680	4.6	15.41
1.0K	0.677	1.101	0.630	0.671	4.4	14.74

Из приведённых в таблице электрохимических характеристик и скорости коррозии алюминиевого сплава AlCu4.5Mg1 с литием, натрием и калием следует, что добавки по крайней мере одного элемента из группы литий, натрий, калий в пределах 0,05÷1,0 мас. % способствуют смещению в область положительных значений потенциалов свободной коррозии (E_{св.кор.}), питтингообразования (E_{п.о.}) и репассивации (E_{рп.}) сплавов, результатом чего является снижение скорости коррозии и плотности тока коррозии сплавов на 10-15%.

Механизм действия по крайней мере одного элемента из группы литий, натрий, калий на рост коррозионностойкости исходного алюминиевого сплава AlCu4.5Mg1 заключается в сдвиге всех электрохимических потенциалов сплавов в область положительных значений.

Таким образом, применение предлагаемого сплава в качестве конструкционного материала для авиакосмической техники в виде обшивки и силового набора из листов обеспечивает значительное повышение коррозионностойкости и соответственно продлению срока службы указанных изделий из него. Рост коррозионностойкости нового сплава на 10-15% позволяет на столько же снизить единицу материалоёмкости изделий из него и получить экономический эффект. При стоимости 1 тн. сплава 3000\$ США 10%-е. Снижение массы изделий при объеме производства 1000 тн. сплава составляет: 100тн·3000\$=300000\$.

Формула изобретения

Сплав на основе алюминия, содержащий медь, магний отличающийся тем, что дополнительно содержит по крайней мере один элемент из группы литий, натрий, калий при следующем соотношении компонентов, мас. %:	Медь	3,8-4,5
	Магний	1,2-1,6
	по крайней мере один элемент из группы литий, натрий, калий	0,05 – 1,0
	Алюминий и его примеси	остальное

Компьютерный набор: Алиева Л..