



Республика Таджикистан

(19) **TJ** ⁽¹¹⁾ **1418**
(51) **МПК (2022):**
C22C21/00

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО

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

1

(21) 2301812
(22) 03.04.2023
(46) Бюл. №198, 2023
(71) Институт химии имени В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана (ТJ).
(72) Ганиев И.Н. (ТJ); Сафаров А.М. (ТJ); Амиров А.Дж. (ТJ); Зокиров Ф.Ш. (ТJ); Джайлоев Дж.Х. (ТJ); Ганиева Н.И. (ТJ).
(73) Институт химии имени В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана (ТJ).
(54) **АЛЮМИНИЕВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ СПЛАВ**
(56) 1. Патент США №3512221, кл.29-183, 5, 19.05.1970.
2. Патент РФ № 2636548, C22C21/00, опубл. 23.11.2017г.
3. ГОСТ Р 58019-2017.
(57) Изобретение относится к области металлургии алюминиевых электротехнических сплавов и может

2

быть использовано для изготовления изделий электротехнического назначения, в частности гибких кабелей или экранов и оболочек силовых кабелей. Задачей изобретения является повышение коррозионной стойкости и технологичности катанки из сплава при волочении в проволоку малых диаметров, а также расширение арсенала электротехнических алюминиевых сплавов системы Al-Fe с добавкой титана и редкоземельных металлов обладающих высокой электропроводностью, коррозионной стойкостью и прочностью, в том числе после высокотемпературных нагревов. Алюминиевый электротехнический сплав содержит, мас. в %:

железо	-	0,1-1,0
титан	-	0,05-0,25
один из элементов группы лантан, церий, празеодим	-	0,05-1,0
алюминий и его примеси	-	остальное.

Изобретение относится к металлургии сплавов, в частности к сплавам на основе алюминия, предназначенным для изготовления проводов, кабелей, стержней, шин и других изделий для электропромышленности.

Известен проводниковый сплав на основе алюминия [1], содержащий, мас. %:

Железо	0,45-0,95
Кремний	≤0,15
Алюминий	98,95-99,45

Недостаток известного сплава - его низкие прочностные свойства. Типичные свойства сплава в отожженном состоянии: предел прочности 10 кгс/мм²; относительное удлинение 20%; число перегибов до разрушения 20.

Известен алюминиевый сплав [2], содержащий, мас. %:

Цирконий	0,2-0,32
Железо	0,15-0,42
Кремний	0,02-0,1
Титан, хром, ванадий, марганца в сумме	0,01-0,04
Магний, медь, цинк в сумме	0,01-0,07
Никель	0,005-0,1
Бор	0,001-0,01
Одного из редких или редкоземельных металлов из группы, включающей ниобий, церий, иттрий, скандии	0,005-0,2
Алюминий	остальное.

Основными недостатками этого сплава - низкая технологичность сплава при волочении тонких проволок и высокое удельное электрическое сопротивление, что требует использования продолжительных выдержек при термической обработке.

Наиболее близким к предложенному изобретению является сплав типа 8176 [3]. Сплав 8176 в качестве легирующего элемента содержит, мас. %:

железо	0,40-0,65
силиций	0,07
сумму примесей титана, хрома, ванадия и марганца	0,015
алюминий и неизбежные примеси	остальное.

Основной недостаток этого сплава - низкая коррозионная стойкость и технологичность сплава при волочении проволок диаметрами менее 1,0 мм.

Задачей изобретения является повышение коррозионной стойкости и технологичности катанки из сплава при волочении в проволоку малых диаметров, а также расширение арсенала электротехнических алюминиевых сплавов системы Al-Fe с добавкой титана и редкоземельных металлов обладающих высокой электропроводностью, коррозионной стойкостью и прочностью, в том числе после высокотемпературных нагретов.

Цель изобретения является повышение коррозионной стойкости, стабильности прочностных свойств при сохранении высокой электропроводности. Это достигается тем, что в сплав на основе алюминия, содержащий железо, дополнительно вводятся титан и

один элемент из группы лантан, церий, празеодим, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

железо	0,1-1,0
титан	0,01-0,25
один из элементов группы лантан, церий, празеодим	0,05-1,0
алюминий и его примеси	остальное.

Синтез сплавов проводился в шахтном лабораторном печи сопротивления типа СШОЛ при температуре 750 - 800 °С. Для получения алюминиевого сплава AlTi_{0,1} (Al+0,1 мас. % Ti), в качестве шихты был использован алюминий марки А6, который дополнительно легировали расчётным количеством титана. При легировании алюминия использовалось лигатура алюминия с 2,0 мас. % титаном. Металлический лантан марки ЛаМ-1 ТУ 48-4-218-72, ГОСТ 23862.5-79, церий марки ЦеМ-1 ТУ 48-4-529-90, ГОСТ 48-295-85, празеодим марки ПрМ-1 ТУ 48-4-215-72, ГОСТ 23862.0-79, вводились в расплав в завернутом в алюминиевой фольге виде с помощью колокольчика. Химический анализ полученных сплавов на содержание титана проводился в Центральной заводской лаборатории ОАО "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 удалялся 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 3,0 %-ного NaCl, согласно рекомендациям, ГОСТ 9.017 - 74, т.е. в имитаторе морской среды, с целью определения влияния хлорид-иона на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого проводниковой сплава AlTi_{0,1} с лантаном, церием, празеодимом.

Исследования коррозионностойкости сплавов проводили на потенциостате ПИ-50-1-1 потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме при скорости развертки потенциала 2 мВ/с, с помощью программатора ПР-8 и само записи ЛКД-4. Температура раствора поддерживалась постоянно 20°С, с помощью термостата МЛШ-8. Электродом сравнения служил хлорид серебряный, а вспомогательным - платиновый.

Результаты исследования коррозионно-электрохимических свойств сплавов, в среде электролита 3.0%-ного NaCl обобщены в таблице. Из приведённых в таблице электрохимических характеристик и скорости коррозии алюминиевого сплава AlTi_{0,1} с лантаном, церием и празеодимом следует, что добавка по крайней мере одного элемента из группы лантан, церий, празеодим в пределах 0,05÷1,0 мас. % способствуют смещению в область положительных значений потенциалов свободной коррозии (Е_{св.кор.}), питингообразования (Е_{п.о.}) и репассивации (Е_{рп.}) сплавов, результатом чего является снижение скорости коррозии и плотности тока коррозии сплавов. 40-50% по сравнению с прототипом.

Анализ данных, приведенных в таблице, свидетельствует о хорошем комплексе антикоррозионных свойств предложенного сплава.

Это позволяет использовать описываемый сплав в качестве жилы электропроводов с изоляционной оболочкой и оболочки кабеля, при производстве которых проводят отверждение оболочки при повышенных температурах.

Титан, лантан, церий, празеодим, оказывая модифицирующее воздействие, измельчают структуру алюминия и его сплавов с железом, взаимодействуют с газами, растворёнными в алюминии. У модифицированных указанными металлами сплавов в отличие от не модифицированных процесс межкристаллитной коррозии ограничивается поверхностным слоем металла и не получает сильного развития даже после длительных коррозионных испытаний.

Роль титана как легирующего элемента алюминиевых сплавов не ограничивается его модифицирующим действием. Помимо этого, он резко повышает температуру рекристаллизации алюминия и его сплавов, как после горячей, так и холодной деформации. Исследованные сплавы оптимального состава характеризуются уменьшением скорости коррозии от 40,2 г/м²•час для сплава - прототипа, до 23,1 г/м²•час для сплава оптимального состава в среде электролита 3,0%-ного NaCl.

Механизм действия редкоземельных металлов (РЗМ) на структуру и свойства алюминиевых сплавов сводится к следующему:

1. РЗМ измельчают кристаллы твердого раствора на основе алюминия.

2. РЗМ рафинируют расплав от неметаллов-кислорода, азота, фосфора, серы, ухудшающих многие свойства сплавов.

3. РЗМ улучшают структуры поверхностной оксидной плёнки расплава и за счёт этого увеличивают коррозионную стойкость сплавов.

4. РЗМ повышают температуру рекристаллизации алюминия.

5. В алюминиевых сплавах от легирования их РЗМ наблюдается эффект механического упрочнения сплавов.

Повышение коррозионной стойкости сплава алюминия, содержащего как примесь железо (0,1-1,0%) путём легирования титаном (0,01-0,25%) и одним металлом из группы лантан, церий, празеодим (0,05-1,0%) позволяет на 13% повысить коррозионную стойкость исходного алюминиевого сплава с железом.

Расчёт экономической эффективности использования предлагаемого сплава показывает, что 10%-ное снижение металлоёмкости изготавливаемых из него изделий при объёме годового производства 1000тн равняется: 10%-е снижение от 1000тн равняется 100тн сплава. При стоимости 1тн сплава 3000\$ США экономия 100тн сплава в денежном выражении составляет 100тн•3000\$ США=300 000\$ США.

Формула изобретения

Алюминиевый электротехнический сплав, включающий железо, отличающийся тем, что дополнительно содержит титан и один из элементов группы лантан, церий, празеодим при следующем соотношении ингредиентов, мас. %:

железо	-	0,1-1,0
титан	-	0,05-0,25
один из элементов группы лантан, церий, празеодим	-	0,05-1,0
алюминий и его примеси	-	остальное.

Алюминиевый электротехнический сплав

Таблица

Коррозионно-электрохимические характеристики алюминиевого сплава AlTi0,1 с лантаном, церием и празеодимом, в среде электролита 3,0 %-ного NaCl

Содержание лантана, церия и празеодима в сплаве, мас. %	Электрохимические потенциалы, В (х.с.э.)			Скорость коррозии	
	-E _{св.кор.}	-E _{п.о.}	-E _{рп.}	i _{кор.} · 10 ² , А/м ²	K · 10 ³ , г/м ² · час
0,0	0.809	0.700	0.750	8.6	28.8
0.05La	0.797	0.691	0.742	8.1	27.1
0.1 La	0.788	0.681	0.732	7.9	26.4
0.5 La	0.777	0.670	0.721	7.7	25.7
1.0 La	0.766	0.662	0.713	7.5	25.1
0.05Ce	0.782	0.680	0.730	7.8	26.1
0.1 Ce	0.768	0.669	0.720	7.6	25.4
0.5 Ce	0.753	0.659	0.709	7.4	24.7
1.0 Ce	0.739	0.650	0.700	7.2	24.1
0.05Pr	0.758	0.668	0.719	7.5	25.1
0.1 Pr	0.745	0.658	0.709	7.3	24.4
0.5 Pr	0.733	0.649	0.700	7.1	23.7
1.0 Pr	0.710	0.640	0.689	6.9	23.1
Сплав по: ГОСТ Р 58019-2017.	0.530	0.420	0.520	0.120	40.20