



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО

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

1

(21) 2101603
(22) 02.11.2021
(46) Бюл. 184, 2022
(71)(73) Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана (TJ)
(72) Ганиев И.Н. (TJ); Сафаров А.М. (TJ); Ашурматов Дж.Т. (TJ); Ганиева Н.И. (TJ); Якубов У.Ш. (TJ); Файзуллоев У.Н. (TJ); Гулов С.С. (TJ)
(54) **АЛЮМИНИЕВЫЙ ЛИТЕЙНЫЙ СПЛАВ**
(56) [1] ГОСТ 1583-93
[2] ГОСТ1593-83
[3] WO 2009/010264, опуб. 09.04.2009
(57) Изобретение относится к области металлургии, конкретно к литейным сплавам на основе алюминия и может быть использовано при получении отливок различными методами литья в металлические формы, в частности методом литья под давлением.

2

Сущность изобретения заключается в том, что для повышения коррозионной стойкости алюминиевый литейный сплав содержит кремний, железо, марганец, медь, магний, цинк и празеодим или неодим при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Кремний	8,0-10,0
Железо	1,2-2,2
Марганец	0,2-1,2
Медь	1,0-3,0
Магний	0,05-0,8
Цинк	0,2-3,0
Празеодим	или 0,01-0,5
неодим	остальное
Алюминий и примеси	

Изобретение относится к области металлургии, конкретно к литейным сплавам на основе алюминия, и может быть использовано при получении отливок различными методами литья в металлические формы, в частности методом литья под давлением.

Корпусные детали транспортных средств, в частности автомобильных двигателей, отличаются сложной формой, поэтому их в большинстве случаев изготавливают из силуминов (сплавов на основе системы Al-Si) различными методами фасонного литья: в землю, кокиль, под давлением и др. В массовом производстве наибольшее распространение получил метод литья под давлением, который отличается наибольшей производительностью. Наилучшей технологичностью при указанном виде литья обладают силумины с повышенным содержанием железа, которые, как правило, выплавляют из вторичного сырья.

Примером является эвтектический силумин АК12М2, который содержит 11-13% Si, 1,5-2,5% Cu и 0,6-1,0% Fe (ГОСТ 1583-93) [1]. Недостатком сплава АК12М2, а также его многочисленных зарубежных аналогов является относительно высокое содержание кремния, что требует подшихтовки первичным кремнием. Второй недостаток заключается в низкой пластичности (гарантируемое значение относительного удлинения сплава АК12М2 по ГОСТ 1583-93 составляет всего 1,5%) и коррозионной стойкости. Это связано с тем, что отливки, полученные литьем под давлением, не подлежат высокотемпературной термообработке, позволяющей сфероидизировать частицы кремниевой фазы. Большая объемная доля хрупких кремниевых включений, имеющих неблагоприятную морфологию, и является основной причиной низкой пластичности и коррозионной стойкости.

Известен доэвтектический малокремнистый силумин АК5М2 (ГОСТ 1593-83), который содержит 4-6% Si, 1,5-3,5% Cu, 0,2-0,8% Mg, 0,2-0,8% Mn, до 1,3% Fe, до 1,5% Zn [2]. Этот экономнолегированный сплав в наибольшей степени подходит для вторичного сырья (его выплавка, как правило, не требует подшихтовки). Однако из-за широкого диапазона концентраций легирующих элементов и примесей сплав АК5М2 имеет еще меньшую пластичность ($\delta=0,5\%$ для литья под давлением), чем АК12М2. Его прочность также находится на низком уровне (гарантируемое значение временного сопротивления σ_b составляет всего 147 МПа). В значительной мере это связано с неблагоприятной морфологией железистых фаз, образующих иглообразные включения фазы Al_5FeSi .

Наиболее близким сплавом к предложенному является сплав, раскрытый в WO 2009/010264, опуб. 09.04.2009 [3].

Сплав содержит кремний, железо, медь, магний, марганец, цинк и церий при следующем содержании компонентов, мас. %:

Кремний	2,6-7,5
Железо	<1,4
Медь	<0,3
Магний	0,05-3,0

Марганец	0,001-0,3
Цинк	<3,0
Церий	<0,4
Алюминий	остальное

при суммарном содержании железа, марганца, цинка и церия менее 4,0%.

Сплав содержит низкие количества железа и марганца, что приводит к созданию неблагоприятной структурной морфологии за счет возникновения игольчатой фазы Al_5FeSi , способствующей снижению пластичности и коррозионной стойкости сплава в литом состоянии. Кроме того, из-за низкого содержания железа сплав обладает недостаточной технологичностью при литье под давлением, что затрудняет получение фасонных отливок сложной формы.

Задачей изобретения является создание нового экономнолегированного сплава на основе алюминия, предназначенного для получения фасонных отливок, имеющего сочетание хорошей технологичности и коррозионной стойкости, в частности, при литье под давлением и высокой пластичности в литом состоянии.

Поставленная задача решена тем, что литейный сплав на основе алюминия содержит кремний, железо, марганец, медь, магний, цинк и празеодим или неодим при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Кремний	8,0-10,0
Железо	1,2-2,2
Марганец	0,2-1,2
Медь	1,0-3,0
Магний	0,05-0,8
Цинк	0,2-3,0
Празеодим или неодим	0,01-0,5
Алюминий и примеси	остальное

и имеет структуру, содержащую включения фазы $Al_{15}(Fe,Mn)_3Si_2$ со скелетообразной морфологией в количестве не менее 3 об. %. Сплав может быть выполнен в виде фасонных отливок, полученных литьем под давлением.

Железо в количестве 1,2-2,2 мас. % и марганец в количестве 0,2-1,2 мас. % формируют в сплаве эвтектическую фазу $Al_{15}(Fe,Mn)_3Si_2$, в которой все количество железа, входящее в сплав, связано в указанной фазе. Включения фазы $Al_{15}(Fe,Mn)_3Si_2$ имеют скелетообразную морфологию, повышающую пластичность и коррозионную стойкость сплава. Экспериментально установлено, что снижение в структуре содержания фазы $Al_{15}(Fe,Mn)_3Si_2$ менее 3 об. % приводит к снижению характеристик пластичности. Введение кремния в алюминиевый сплав повышает его жидкотекучесть при литье, однако при появлении фазы Al_5FeSi , имеющей игольчатую морфологию, приводит к охрупчиванию литого сплава. Содержание в сплаве марганца в количестве до 1,2 мас. % позволяет ввести кремний в количестве 2,8-4,4 мас. % без образования игольчатой фазы Al_5FeSi .

Содержание кремния в заявленных пределах обусловлено несколькими причинами:

- указанный диапазон позволяет максимально увеличить границу появления первичных кристаллов Fe-содержащих фаз, что является одним из главных условий использования железа как полезного легирующего элемента;

- нижний предел по кремнию обусловлен достижением необходимого уровня литейных свойств, учитывая, что кремниевая фаза входит в состав всех эвтектик, которые кристаллизуются в последнюю очередь (с участием фаз Al_2Cu , Mg_2Si и $\text{Al}_5\text{Cu}_2\text{Mg}_8\text{Si}_6$).

Содержание меди и магния в заявленных пределах обусловлено следующим:

- нижний предел должен обеспечивать достаточную легированность (Al) и, соответственно, заданный уровень прочностных свойств;

- верхний предел должен обеспечивать невысокую объемную долю образуемых ими эвтектических фаз и их компактную морфологию для достижения заданной пластичности.

Празеодим и неодим в заявленном диапазоне оказывая модифицирующее действие на структуру алюминиево-кремниевой эвтектики повышают коррозионную устойчивость сплава.

Алюминиевый сплав АК9М2 - это литейный силумин с содержанием кремния 9% (по массе) и меди 2% (по массе). Медистые силумины по жаропрочности и обработке резанием превосходят двойные сплавы алюминия с кремнием, легированные магнием, но по литейным качествам, герметичности и стойкости к коррозии уступают им. При оценке стойкости того или иного металла или сплава необ-

ходимо исследование его поведения в агрессивных средах. Устойчивость сплавов в различных средах определяется их структурой.

Примеры выполнения исследований

Химический состав и электрохимические характеристики исследованных сплавов приведены в таблице. Исследование коррозионноэлектрохимического поведения алюминиевых сплавов, легированного празеодимом и неодимом проводилось в растворе хлорида натрия с концентрацией 3.0%, с помощью потенциостата ПИ-50.1.1 с выходом на программатор ПР-8 и самописцем ЛКД-4. Температура раствора в ячейке поддерживалась постоянная (20°C) с помощью термостата МЛШ-8. Электродом сравнения служил хлорид-серебряный, вспомогательным – платиновый электрод.

Исследование проводилось в потенциодинамическом режиме со скоростью развёртки потенциала 2 мВ/с. Электроды потенциодинамически анодно поляризовали от установившегося значения стационарного потенциала до резкого возрастания тока (до постоянного значения тока 2А), затем в обратном направлении до значения потенциала – 1.1 В, при котором происходит восстановление оксидной пленки. Затем образцы снова поляризовали в положительном направлении до потенциала питтингообразования. Из полученных потенциодинамических кривых определяли основные электрохимические характеристики сплавов: потенциал коррозии $E_{\text{кор.}}$ и ток коррозии $i_{\text{кор.}}$, потенциалы питтингообразования $E_{\text{п.о.}}$ и репассивации $E_{\text{реп.}}$.

Таблица

Коррозионно-электрохимические свойства литейного алюминиевого сплава АК9М2, модифицированного празеодимом и неодимом, в среде электролита 3%-ного NaCl

№ п/п	Химический состав сплавов. мас. %	Электрохимические потенциалы, В (х.с.э.)			Скорость коррозии $K \cdot 10^3$, г/м ² ·час
		-Есв.кор.	-Еп.о.	-Ерп.	
1	Известный сплав (прототип): Si – 8.0; Fe – 1.0; Mn – 0.5; Cu – 1.0; Mg – 0.2; Zn – 0.2; Al и примеси – остальное	0,625	0,520	0,700	12,73
2	Si – 8.0; Fe – 1.0; Mn – 0.5; Cu – 1.0; Mg – 0.2; Zn – 0.2; Pr – 0.05; Al и примеси – остальное	0,600	0,472	0,588	7,37
3	Si – 8.0; Fe – 1.0; Mn – 0.5; Cu – 1.0; Mg – 0.2; Zn – 0.2; Nd – 0.05; Al и примеси – остальное	0,565	0,463	0,580	6,70
4	Si – 8.0; Fe – 1.0; Mn – 0.5; Cu – 1.0; Mg – 0.2; Zn – 0.2; Pr – 0.5; Al и примеси – остальное	0,590	0,458	0,570	6,03
5	Si – 8.0; Fe – 1.0; Mn – 0.5; Cu – 1.0; Mg – 0.2; Zn – 0.2; Nd – 0.5; Al и примеси – остальное	0,554	0,452	0,565	5,36

Величину $E_{\text{реп.}}$ определяли графически как потенциал, при котором наблюдается первый перегиб

на обратном ходе анодной кривой, или как потенциал, при котором происходит пересечение прямого и

обратного хода анодной поляризационной кривой. Скорость коррозии определялась по формуле: $K = i_{\text{кор}} \cdot k$, где k – электрохимический эквивалент, численное значение которого для алюминия составляет 0.335 г/А·час. Воспроизводимость измерения электрохимических потенциалов равнялась $\pm 5 \div \pm 10$ мВ, а плотность тока коррозии составляла $(0,01 - 0,05) \cdot 10^{-2}$ А/м².

Потенциостатическое исследование коррозионно-электрохимических свойств алюминиево-кремниевых сплавов АК9М2, модифицированных празеодимом и неодимом, проводилось в среде электролита NaCl. Основными задачами данного исследования явились установление зависимости потенци-

алов свободной коррозии и питтингообразования, нахождение плотности тока и скорости коррозии сплавов от концентрации модифицирующего элемента.

Исследованный алюминиевый сплав АК9М2, модифицированный празеодимом и неодимом, имея потенциал свободной коррозии 0.625 ÷ 0.554 В, характеризуются в 2,0 – 2,5 раза меньшим значением скорости коррозии (таблица).

Снижение скорости коррозии сплава в результате модифицирования неодимом и празеодимом позволяет уменьшить металлоемкость изготавливаемых из него деталей и получить солидный экономический эффект

Формула изобретений

Алюминиевый литейный сплав, содержащий кремний, железо, марганец, медь, магний и цинк, отличающийся тем, что дополнительно содержит

празеодим или неодим при следующем соотношении компонентов, мас. %:

кремний	- 8,0-10,0
железо	- 1,2-2,2
марганец	- 0,2-1,2
медь	- 1,0-3,0
магний	- 0,05-0,8
цинк	- 0,2-3,0
празеодим или неодим	- 0,01-0,5
алюминий и примеси	- остальное

Компьютерный набор: Нигораи А.

Заказ	Тираж	Подписное
Национальный патентно-информационный центр РТ 734042, г. Душанбе, ул. Айни, 14а		