

ВЛИЯНИЕ ВОЛЛАСТОНИТА НА МИКРОСТРУКТУРУ И СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА AK21M2,5H2,5

(Представлена академиком НАН РК С. М. Кожахметовым)

Введение. Поршневые силумины – это, как правило, сплавы с большой объемной долей кремниевой и Ni-содержащих фаз, что обеспечивает высокую прочность при повышенных температурах и низкий коэффициент термического расширения. Наибольший интерес представляет сплав AK21M2,5H2,5. Сплав AK21M2,5H2,5 содержит более 20% Si, т.е. является типичным заэвтектическим силумином, однако кроме кремниевой фазы первично может кристаллизоваться и соединение Al_9FeNi . Именно эти первичные кристаллы позволяют легко отличить по структуре сплав AK21M2,5H2,5 от других стандартных силуминов. Остальные элементы структуры примерно такие же, как и в других поршневых силуминах: алюминиево-кремниевая эвтектика и частицы фаз $Al_5Cu_2Mg_8Si_6$ и Al_2Cu . Образование силицида магния и β -фазы маловероятно. Сплав AK21M2,5H2,5 характеризуется высокой твердостью, в том числе при повышенных температурах; из-за высокой объемной доли избыточных фаз его пластичность очень мала, в то же время у него наименьший среди всех стандартных литьевых сплавов коэффициент термического расширения. Сплав изготавливают из первичных и

вторичных материалов, его выплавка существенно более трудоемка по сравнению с другими силуминами: необходимо вводить большое количество труднорастворимого первичного кремния при температуре около 800⁰С. Применяется для производства тяжелонагруженных поршней, к которым предъявляются повышенные требования по жаропрочности и линейному расширению. В предоставленной работе исследуется влияние природного минерала волластонит, широко распространенного в нашей стране, на структуру и свойства сплава AK21M2,5H2,5 с целью увеличения твердости и износостойкости.

Методическая часть. Процедура приготовления исходных образцов заключалась в следующем. Сплавы AK21M2,5H2,5 + волластонит приготавливались в лабораторных условиях весом 100 грамм. Шихтовыми материалами служили сплав AK21M2,5H2,5 и волластонит чистотой 95%.

Навески готовились с точностью 0,001 гр. Опытные образцы выплавляли в высокочастотной индукционной печи типа ВЧМУ-1094. Схема приготовления сплавов показана на рис. 1. Индукционная печь имеет следующие характеристики:

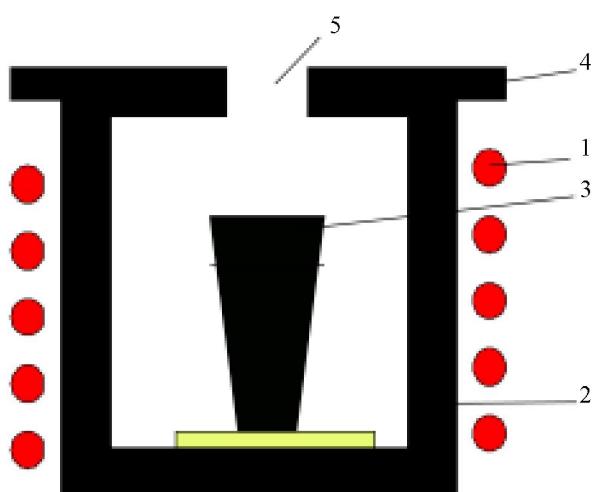


Рис. 1. Схема приготовления опытных образцов сплавов

1. Мощность, потребляемая от печи 18 кВт.
2. Колебательная мощность высокой частоты 10 кВт.
3. Рабочая частота $440 \pm 2,5\%$ кГц.

Плавку вели следующим образом. В индуктор 1 вставляли графитовый тигель 2, выточенный из электродного графита. Навеску засыпали в алюндовый тигель 3 и помещали в графитовый тигель и закрывали крышкой 4 с обзорным окошком 5. После включения нагрузки на индуктор за счет индукционного поля нагревается графитовый тигель, а от него алюндовый тигель и находящаяся в нем навеска. За счет выгорания графитового тигля образуется восстановительная атмосфера с избытком углерода С, что предохраняет расплав от окисления и насыщения посторонними газами. Нагрев вели до расплавления навески, с перегревом до ≈ 1800 °С и выдержкой при этой температуре в течение 5 минут и перемешивали кварцевой трубкой, затем разливали в металлическую изложницу. Состав опытных образцов сплавов показан в таблице.

Затем образцы разрезались пополам и места срезов подвергали шлифовке, полировке и химическому травлению. В качестве методов исследования использовались металлография, рентгеноструктурный анализ (РСА), растровая электронная микроскопия (РЭМ), элементный анализ и измерение микротвердости. Металлографический анализ образцов проводился на микроскопе «МЕТАЛ В-31 (ЛОМО)». Для проведения РСА использовался рентгеновский дифрактометр «X-Pert MPD PRO» с Cu-K_α-излучением при неподвижном образце, расположенным под углом

Состав опытных образцов

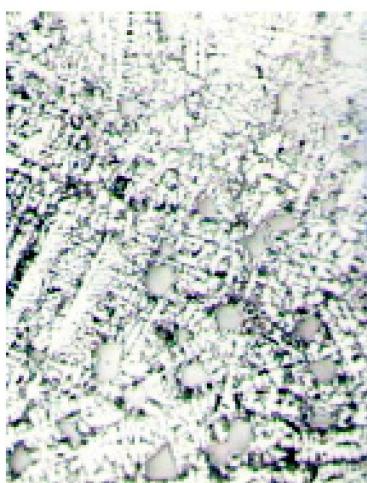
№	Содержание компонентов в % по массе	
	AK21M2,5H2,5	(Ca ₃ (Si ₃ O ₉)
0	100	0
1	99	1
2	98	2
3	96	4
4	92	8
5	90	10
6	85	15
7	80	20
8	75	25

20-30° к его поверхности. Микротвердость измерялась на приборе ПМТ-3М с нагрузкой на инденторе от 5 до 20 грамм.

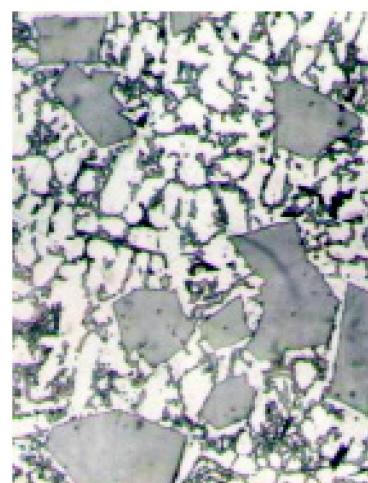
Результаты и обсуждение

Микроструктуры исходного сплава AK21M2,5H2,5 и сплавов с добавкой волластонита приведены на рис. 2-4. Структура исходного сплава (рис. 2) состоит из трех составляющих: первичного кремния, эвтектики, которая образует тонкую ячеистую структуру и θ (Cu_2Al), которая выявляется в виде темной фазы в небольшом количестве.

Добавка 1% волластонита к исходному сплаву приводит к некоторому увеличению размеров зерен первичной кремнистой фазы. А эвтектика становится более грубой и кроме θ фазы выявляется новая фаза в виде иголок, которая травится быстрее, чем кремнистая и α твердый раствор. Увеличение содержания волластонита до 2% приводит к дальнейшему росту размеров кремнистой фазы. Меняется строение эвтектики, она неравномерно распределена на поверхности шлифа. Наблюдается скопление θ фазы и увеличивается количество новой составляющей. У сплава с 4% волластонита величина зерен кремнистой фазы несколько уменьшается, но остается больше, чем у исходного сплава. Эвтектика приобретает более однородное строение. Заметного изменения в строении и количестве новой фазы не наблюдается. Увеличение волластонита до 8% (рис. 3) приводит к заметному росту величины зерен кремнистой фазы, она становится более рыхлой. Эвтектика становится более однородной, но кремний входящий в состав

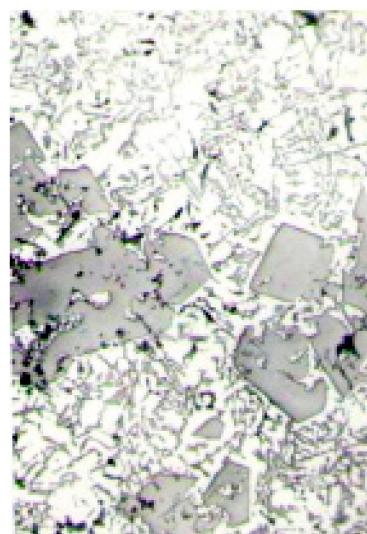


2a x100



2б x200

Рис. 2. Микроструктура исходного сплава AK21M2,5H2,5

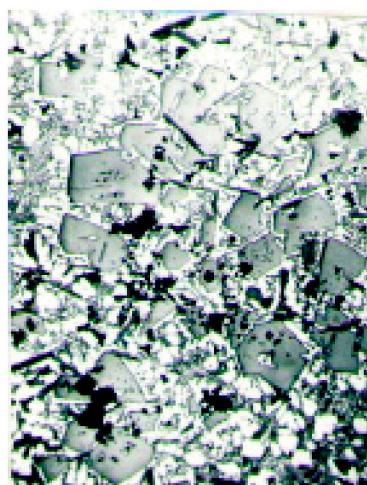


3a x100

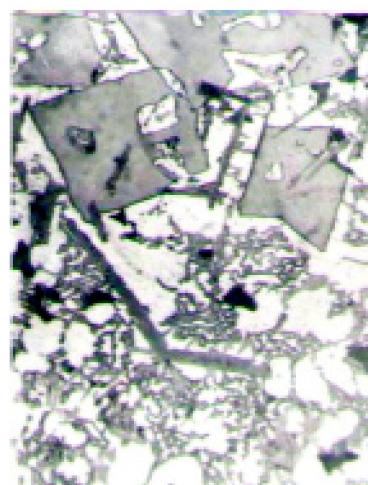


3б x300

Рис. 3. AK21M2,5H2,5 + 8% Ca₃(Si₃O₉)



4a x100



4б x200

Рис. 4. Микроструктура сплава AK21M2,5H2,5+ 25%(Ca₃(Si₃O₉))

эвтектики обретает более грубую и игольчатую микроструктуру. Структура сплава с 10 % меняется таким образом, что размер зерен первичного кремния несколько уменьшается и соответственно увеличивается количество. Эвтектика имеет ячеистую структуру и становится более тонкой. Наблюдается некоторое увеличение количества θ фазы. Количества новой фазы уменьшается и она становится более мелкодисперсной.

При добавлении к исходному сплаву 15% волластонита, размер зерен первичного кремния увеличивается. Увеличивается также количество θ фазы. Эвтектика имеет ячеистую структуру, игольчатая фаза в небольшом количестве. Увеличение волластонита в сплаве AK21M2,5H2,5 до 20%, приводит к резкому увеличению новой игольчатой фазы. Эвтектика имеет неоднородное строение, размер и рыхлость кремнистой фазы остается прежней.

Микроструктура сплава с 25% волластонита показана на рис. 4. Кремнистая фаза по величине зерен, по количеству и по строению существенному изменению не подвергается. Новая игольчатая фаза становится более широкой.

Таким образом, добавка волластонита к сплаву AK21M2,5H2,5 приводит, во-первых, к образованию новой фазы, во-вторых, к росту размера и количества первичного кремния, в-третьих, зерна кремнистой фазы становятся рыхлой, в-четвертых, строение эвтектики с изменением содержания волластонита изменяется неоднозначно, в-пятых, с увеличением содержания волластонита в сплаве, количество и размер

новой игольчатой фазы имеет тенденцию к увеличению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аллюминиевые сплавы для подшипников и их применение // Сб. статей под ред. М. М. Хруцова. М.: Изд-во АН СССР, 1954.

2. Вол А.Е. Строение и свойства двойных металлических систем. Т. 1. М.: Физматиздат, 1959.

3. Золоторевский В.С., Белов Н.А. Металловедение литьевых алюминиевых сплавов. М.: МИСиС, 2005.

Резюме

Қазіргі таңғы бүкіл әлем ғалымдары алдындағы басты мәселе – қасиеттері жоғары, өндіру технологиясы тиімді және арзан жаңа қорытпалар өндірісін зерттеу және енгізу болып табылады. Дүние жүзінде ең арзан және тиімді материал – алюминий. Ол қорытпалардың механикалық, физикалық қасиеттері болаттардың қасиеттеріне жақын. Сонымен қатар өндіру технологиясы экономикалық тиімді. Ұсынылған жұмыс AK21M2,5H2,5 алюминий қорытпасына волластониттің әсерін зерттеуге аналған.

Summary

For today the scientists of the entire world are tackling the problem of research and introduction of new alloys with comprehensive properties, productive and cheap manufacturing technology. The cheapest and productive material in the world is aluminium. Mechanical and physical properties of its alloys are close to the properties of steel. At the same time the manufacturing technology is economically profitable. The given work investigates the influence of wollastonite on AK21M2,5H2,5 aluminium alloy.

УДК 669.017.621.78

КазНТУ им. К. И. Саппаева,

Институт metallurgii и полиграфии,

г. Алматы

Поступила 01.10.10г.