

С. А. МАЛАЕВ, С. Д. ДЖУМАХАМБЕТОВА

ВЛИЯНИЕ ВОЛЛАСТОНИТА НА МИКРОСТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО АЛЮМИНИЯ МАРКИ А8

(Представлена академиком НАН РК С. М. Кожахметовым)

Введение. Литейные алюминиевые сплавы – широко распространенные материалы, потребление которых растет с каждым годом почти во всех отраслях современной промышленности.

Благодаря высокой удельной прочности, коррозионной стойкости, относительно низкой трудоемкости производства литейные алюминиевые

сплавы широко используются и в транспортных отраслях машиностроения: автомобильной промышленности, аэрокосмическом комплексе, судостроении, железнодорожном транспорте и т.д. Серьезными потребителями и производителями отливок из алюминиевых сплавов у нас в стране и за рубежом являются оборонная промышлен-

ность, электроника, ядерная энергетика и многие другие.

Успехи дальнейшего совершенствования существующих и разработки новых сплавов в значительной мере определяются состоянием металловедения этих сплавов, т.е. уровнем наших знаний о зависимости их свойств от состава и структуры. Во второй половине XX века этот уровень был существенно повышен, однако и сейчас остается много вопросов по закономерностям и природе структуры и свойств отливок. В данной работе мы попытаемся выяснить закономерности изменения структуры и свойств технического алюминия в зависимости от модификации широко распространенным в нашей стране природным минералом.

Методическая часть. Процедура приготовления исходных образцов заключалась в следующем. Сплавы алюминия, свинца и волластонита изготавливались в лабораторных условиях весом 100 грамм. Шихтовыми материалами служили алюминий марки А8, волластонит чистотой 95% Босачинского месторождения.

Навески готовили с точностью до 0,001 грамма. Опытные образцы также готовились в высокочастотной индукционной печи типа ВЧМУ-1099.

В индуктор вставляли специально изготовленный тигель, сделанный из огнеупорной глины, шамота и волластонита. Навеску металла засыпали в тигель. После включение печи за счет индукционного поля разогревается навеска металла. Нагрев вели до расплавления навески с перегревом до $\sim 1300^{\circ}\text{C}$ и выдержкой при этой температуре в течение пяти минут. Затем вводили волластонит, завернутый в алюминиевую фольгу. Выдерживали в течение пяти минут и проводили разливку. В зависимости от условий, разливку проводили в кокиль или охлажденную медную пластину. Вместе с условиями охлаждения меняли и процентное соотношение компонентов.

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 «МЕТАМ ЛВ-31 (ЛОМО)». Для проведения РСА

использовался рентгеновский дифрактометр «X'Pert MPD PRO» с $\text{Cu}-\text{K}_{\alpha}$ -излучением при неподвижном образце, расположеннном под углом 20-30° к его поверхности. Проекция сфокусированного рентгеновского пучка на образце представляла собой полоску размером 1x4 mm^2 . Съемки проводились на исходных участках алюминия и в области появления новых фаз. РЭМ и элементный анализ проводился на микроскопе фирмы LIO. Микротвердость измерялась на приборе ПМТ-3М с нагрузкой на инденторе от 5 до 20 грамм.

Результаты и обсуждение

Результаты микроскопического исследования алюминия с разным содержанием волластонита ($\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$) приведен на рис. 1. Образцы проправлены 1%-ным раствором плавиковой кислоты. На чистом алюминии только слегка выявляются границы зерен (рис. 1, а). Добавка к алюминию 1% волластонита существенно не изменяет микроструктуру образца. Увеличение концентрации волластонита в сплаве до 2% приводит к выявлению второй фазы (рис. 1, б), которая проправливается сильнее, чем основа и располагается по границам зерен.

При добавке к алюминию 4% волластонита, количество новой структурной составляющей становится больше (рис. 1, в) и более четко выявляется расположение по границам зерен. На рис. 1, г приведена микроструктура сплава с 8% волластонита. Как следует из фотографии, «новая» составляющая утолщается, т.е. увеличивается ее количество. Увеличение количества волластонита до 10% (рис. 1, д) повышает количество новой составляющей и одновременно меняет морфологию этой составляющей. А именно, четко выявляется эвтектическая природа этой составляющей и новая фаза, которая входит в состав эвтектики, имеет зернистую форму.

Проведение термического анализа алюминия А8 и сплавов алюминия с волластонитом показывает плавление алюминия при температуре 660°C с поглощением тепла. Добавка 1% волластонита к алюминию снижает температуру плавления до 642°C , т.е. на 18°C . Кроме того, наблюдается еще заметный перегиб при температуре 634°C . До этой температуры скорость плавления замедлена, затем заметно ускоряется.

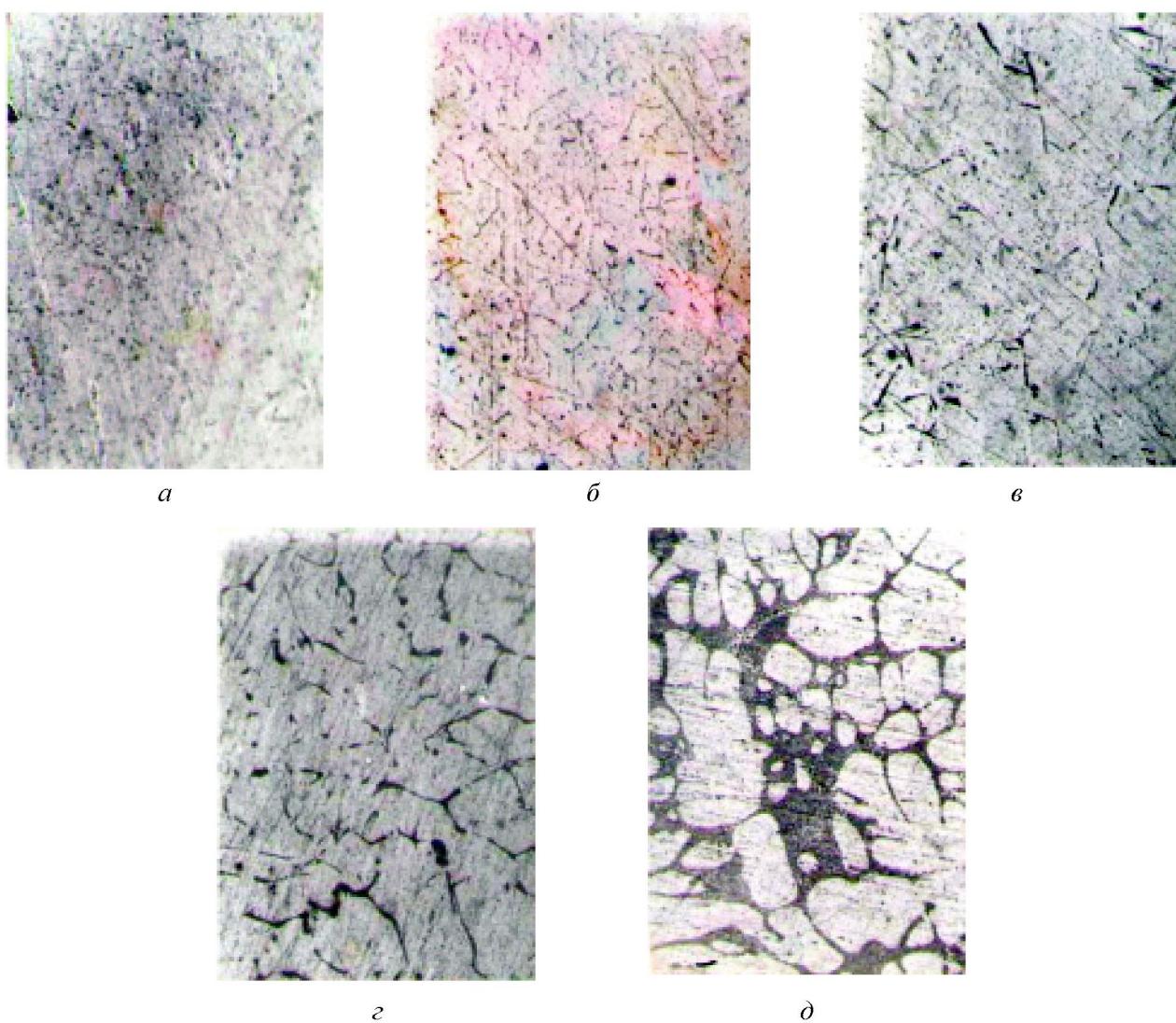


Рис. 1. *a* – чистый алюминий А8; *б* – А8+2% $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$; *в* – А8+4% $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$; *г* – А8+8% $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$; *д* – А8+10% $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$

Увеличение содержания волластонита до 2% приводит к дальнейшему снижению температуры плавления до 639°C и перегиб при температуре 634°C становится более заметным.

Добавка к алюминию 4% волластонита уменьшает температуру плавления до 634°C, а перегиб становится более четче и смещается в сторону низких температур до 608°C. У данного сплава, после выравнивания температуры образца с температурой эталона, идет процесс выделения тепла до 680°C, затем температура сплава выравнивается с температурой эталона.

У сплава с 8% волластонита температура плавления не меняется и равна 634°C, а перегиб почти не заметный. Экзотермическая реакция идет при более низкой температуре и обнаружива-

ется при 669°C и количество выделившейся теплоты больше. Увеличение содержания волластонита до 10% снижает температуру плавления до 626°C, а температуру экзотермической реакции до 662°C. Заметно увеличивается количество выделяемой теплоты.

Измерение микротвердости алюминия и сплавов алюминия с волластонитом провели на плоских образцах с параллельными поверхностями и отполированных с одной стороны. Определение микротвердости производили на приборе ПМТ-3, при нагрузке 5 грамм. Количество отпечатков, наложенных на образец при испытании, было таким, чтобы отчетливо выявился максимум на гистограмме, построенной по найденным точкам. На чистый алюминий ставили 60 отпечатков, а

Микротвердость исследуемых сплавов

Сплав	Al	Al + 1% Ca ₃ (Si ₃ O ₉)	Al + 4% Ca ₃ (Si ₃ O ₉)	Al+10% Ca ₃ (Si ₃ O ₉)
Нμ, МПа	84	124,143	124,136	157,171

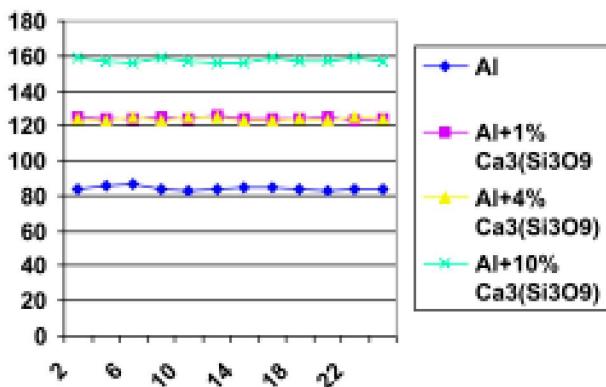


Рис. 2. Диаграмма микротвердости

на сплавы алюминия с волластонитом по 120 отпечатков. Результаты измерения приведены в таблице и рис. 2.

Как следует из таблицы и диаграммы (рис. 2), на образцах с добавками волластонита выявляется по два максимума с близкими значениями микротвердости. Микротвердость сплава алюминия с волластонитом при любом количестве волластонита выше, чем у чистого алюминия. Микротвердость алюминия с 10% волластонита почти в два раза выше, чем у чистого алюминия.

Таким образом, введение в алюминий волластонита в количестве от 1 до 10% приводит к образованию новой фазы. Причем она входит в состав эвтектики. При большом содержании (10%) волластонита меняется морфология эвтектики.

Из данных исследования микротвердости следует, что наличие двух фаз в сплавах алюминия с волластонитом подтверждается, кроме того, что микротвердость у мягкой фазы на 50% выше, чем у чистого алюминия, говорит о том, что волластонит упрочняет алюминий,

возможно, образуется твердый раствор на основе алюминия.

В заключении, приносим благодарность доценту кафедры «Металловедение и термическая обработка металлов» Н. А. Баимбетову за консультации в процессе съемки и подготовки образцов.

ЛИТЕРАТУРА

- Алюминиевые сплавы для подшипников и их применение // Сб. статей под ред. М. М. Хрущова. М.: Изд-во АН СССР, 1954.
- Бол А.Е. Строение и свойства двойных металлических систем. Т. 1. М.: Физматиздат, 1959.
- Золоторевский В.С., Белов Н.А. Металловедение литьевых алюминиевых сплавов. М.: МИСиС, 2005 г.

Резюме

Арзан, женіл және беріктігі жоғары материалдарға сұраныс жоғарылағанына байланысты, бүкіл дүниеде алюминий мен оның қорытпаларының өндірісі кеңеюде. Сонымен қатар алюминий корытпаларының қасиеттерін арттыру қазіргі таңда ең маңызды мәселе болып есептеледі. Ұсынылған жұмыс табиги минерал волластониттің A8 техникалық алюминийдің құрылымына және қасиеттегіне өсерін зерттеуге арналған.

Summary

Because of high demand for cheap, light and strong materials, the worldwide tendency for production of aluminium and its alloys is observed. At the same time the improvements of properties of aluminium alloys considered as the most important issue at the moment. The given work is devoted to study the influence of a natural mineral vollastonit on a microstructure and mechanical properties of technical aluminium A8.

УДК 669.017.621.78

КазНТУ им. К. И. Сатпаева,
Институт металлургии и полиграфии,
г. Алматы

Поступила 01.10.10г.