

УДК 621.745.01:669.716

Б43

Рецензент

доктор технических наук, профессор *А.И. Батышев* (МГОУ)

Белов В.Д.

Б43 Плавка и литье заэвтектических силуминов: Учеб. пособие. – М.: МИСиС, 2003. – 85 с.

Приведены общие сведения о заэвтектических силуминах, основы технологии плавки (типы плавильных печей, приготовление заэвтектических силуминов из различных шихтовых материалов, рафинирование от водорода и неметаллических включений, модифицирование и микролегирование редкоземельными металлами), технологические особенности изготовления отливок «поршень» литьем в кокиль, под регулируемым газовым давлением и с кристаллизацией под давлением и производства слитков методом полунепрерывного литья в вертикальный кристаллизатор скольжения. Рассмотрены некоторые закономерности ликвации кристаллов первичного кремния при затвердевании отливок из заэвтектических силуминов и влияние примесей на процесс кристаллизации этих сплавов.

Содержание учебного пособия соответствует программе курса «Производство отливок из сплавов цветных металлов».

Предназначено для студентов специальности 110400 «Литейное производство черных и цветных металлов». Может быть также использовано студентами специальности 110500 «Металловедение и термобработка металлов».

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Общие сведения о заэвтектических силуминах	6
1.1. Легирующие компоненты и примеси.....	9
1.2. Химический состав	15
1.3. Физические и механические свойства	16
1.4. Литейные свойства	18
1.5. Микроструктура.....	18
2. Основы технологии плавки заэвтектических силуминов	20
2.1. Печи для плавки заэвтектических силуминов	20
2.1.1. Электрические печи сопротивления	20
2.1.2. Индукционные тигельные печи.....	26
2.1.3. Индукционные каналные печи	29
2.1.4. Дуговые электрические печи постоянного тока	29
2.1.5. Топливные плавильные печи.....	30
2.2. Приготовление заэвтектических поршневых силуминов	34
2.2.1. Приготовление заэвтектических поршневых силуминов из первичных шихтовых материалов	34
2.2.2. Приготовление заэвтектических поршневых силуминов из вторичных шихтовых материалов.....	35
2.3. Рафинирование заэвтектических силуминов	37
2.3.1. Дегазация.....	37
2.3.2. Очистка от неметаллических включений.....	40
2.4. Модифицирование и микролегирование заэвтектических силуминов	43
2.5. Комплексная технология обработки расплавов заэвтектических силуминов	49
3. Некоторые особенности кристаллизации заэвтектических силуминов.....	52
3.1. Влияние примесей на процесс кристаллизации заэвтектических силуминов	52
3.2. Некоторые закономерности ликвации кристаллов первичного кремния при затвердевании отливок из заэвтектических силуминов	55
4. Производство отливок из заэвтектических силуминов.....	61
4.1. Изготовление поршней литьем в кокиль	61
4.2. Изготовление поршней литьем под регулируемым газовым давлением.....	67

4.3. Изготовление поршней литьем с кристаллизацией под давлением	70
4.4. Некоторые особенности производства слитков из заэвтектических силуминов	75
Заключение	79
Библиографический список	80
Приложение 1. Формы и размеры керамических тиглей для тигельных печей.....	81
Приложение 2. Области применения и основные свойства кокильных противопригарных красок фирмы «SHÄFER»	84

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время объем производства отливок из сплавов на основе алюминия во всем мире неуклонно растет. Это закономерно и легко объяснимо, если сравнить уровень физико-химических, механических, технологических и эксплуатационных свойств алюминиевых сплавов с аналогичными свойствами, например, чугуна или стали.

В номенклатуре алюминиевых сплавов объем заэвтектических силуминов невелик, но без них не может обойтись практически ни одна отрасль промышленности, так как основное их применение – поршни для самых разнообразных двигателей, компрессоров и т.д. Требования к уровню свойств этих сплавов со стороны конструкторов изделий и потребителей постоянно растут.

На кафедре технологии литейных процессов МИСиС проф., д-ром техн. наук А.В. Курдюмовым, доц., канд. техн. наук С.В. Инкиным, проф., д-ром техн. наук В.Д. Беловым, кандидатами технических наук В.В. Гусевой, Т.В. Куликовой, Л.В. Глотовой и В.А. Палачевым проведены всесторонние исследования влияния примесей, редкоземельных металлов, различных модифицирующих препаратов на кристаллизацию сплавов АК21М2,5Н2,5 и КС 740, а также исследование дегазации расплавов высокоскоростной струей инертного газа, ликвации кристаллов первичного кремния и по ряду других направлений.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАЭВТЕКТИЧЕСКИХ СИЛУМИНАХ

К заэвтектическим силуминам относятся алюминиево-кремниевые сплавы, массовая доля кремния в которых – более 12,3 %. Диаграмма состояния системы алюминий – кремний эвтектического типа: в равновесии находятся твердый раствор кремния в алюминии и твердый раствор алюминия в кремнии (рис. 1.1) [1]. Положение точки эвтектики и температура ее плавления в различных источниках приводятся по-разному. Наиболее признанными являются следующие ее координаты: 12,3 % масс. кремния и температура плавления 577 °С.

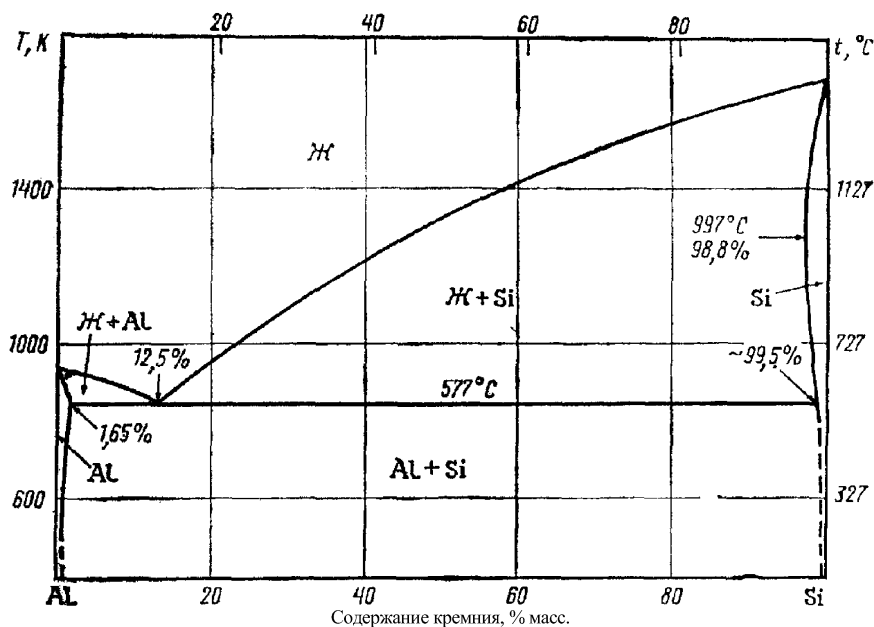


Рис. 1.1. Диаграмма состояния системы алюминий – кремний

Растворимость кремния в алюминии при 577 °С составляет 1,65 % масс. Давление в $3 \cdot 10^9$ Па смещает эвтектическую точку до концентрации 25 % кремния, повышает эвтектическую температуру до 1027 °С и увеличивает предельную растворимость кремния до 7 %.

В силуминах, массовая доля кремния в которых более 4 %, повышение его концентрации приводит к снижению вязкости расплава (рис. 1.2) [2].

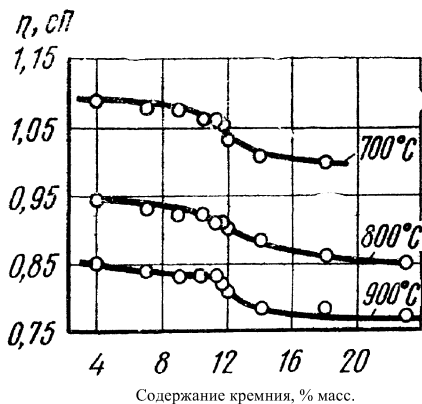


Рис. 1.2. Изменение вязкости расплава силумина в зависимости от содержания в нем кремния

Плотность кремния в жидком состоянии больше его плотности в твердом, поэтому при увеличении содержания кремния плотность силуминового расплава повышается. С ростом температуры расплава его плотность уменьшается (рис. 1.3) [2].

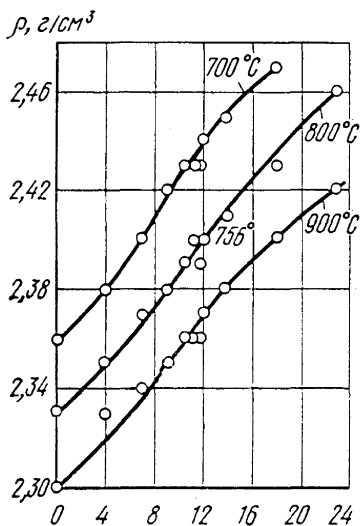


Рис. 1.3. Изменение плотности расплава силумина в зависимости от температуры и содержания в нем кремния

Плотность твердых силуминов определяется в соответствии с известным правилом аддитивности. В твердом состоянии плотность кремния несколько меньше плотности алюминия, поэтому при увеличении концентрации кремния плотность двойных силуминов снижается. Плотность многокомпонентных силуминов зависит от содержания в сплаве не только кремния, но и других легирующих элементов. Например, плотность сплава АК12М2МгН составляет 2720 кг/м^3 , а сплавов АК18ММгН и АК21М2,5Н2,5 соответственно 2710 и 2650 кг/м^3 .

Как отмечено выше, кремний кристаллизуется с увеличением объема (так как его плотность в твердом состоянии меньше, чем в жидком), поэтому объемная усадка при кристаллизации двойного силумина по мере увеличения содержания в нем кремния уменьшается линейно. При 25 % кремния сплав не имеет объемной усадки, а при более высоком содержании кремния при кристаллизации имеет место увеличение объема.

Добавка кремния не влияет заметно на поверхностное натяжение алюминия (рис. 1.4) [3]. При содержании кремния в двойном сплаве 12 % масс. величина поверхностного натяжения уменьшается лишь на 20...30 мН/м.

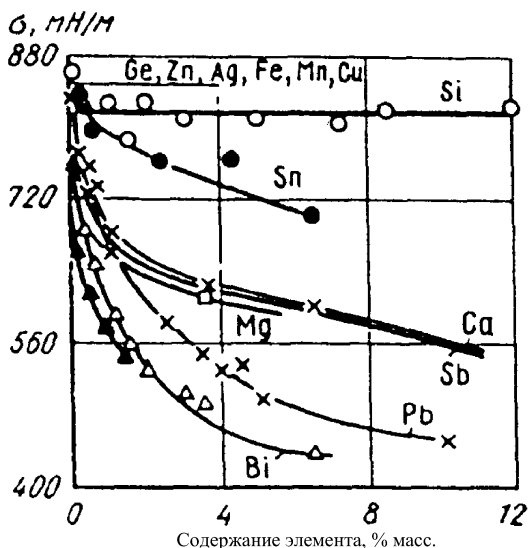


Рис. 1.4. Влияние ряда химических элементов на поверхностное натяжение алюминия

При кристаллизации заэвтектических силуминов кремний выделяется в виде полиэдрических включений первичного кремния и игольчатых частиц кремния в эвтектике. Эти частицы являются концентраторами напряжений, поэтому механические свойства заэвтектических силуминов в меньшей степени зависят от их химического состава, чем от формы, размера и количества частиц кремния в структуре.

Кремний уменьшает растворимость водорода в твердом алюминии. При 550 °С она составляет 0,011; 0,009 и 0,007 см³/100 г при содержании 0,46; 0,83 и 1,25 % масс. кремния. Вместе с тем количество водорода, поглощенного сплавами системы алюминий – кремний, резко возрастает при появлении в структуре второй фазы, что объясняется адсорбцией водорода на межфазных поверхностях раздела. Литературные данные о влиянии кремния на растворимость водорода в жидком состоянии противоречивы, однако большинство исследований достаточно убедительно показали, что кремний увеличивает растворимость водорода в расплаве алюминия.

В определенных пределах концентраций кремний может понижать скорость окисления алюминия. Это связано с тем, что кремний по сравнению с алюминием имеет меньший ионный радиус и больший коэффициент Пиллинга.

С увеличением концентрации кремния силумин интенсивнее взаимодействует с «черными металлами», которые, как известно, широко применяются в качестве материала тиглей в раздаточных печах.

1.1. Легирующие компоненты и примеси

Многокомпонентные заэвтектические силумины легируют магнием, медью, никелем, марганцем, что позволяет получить сплавы с высоким уровнем механических, технологических и эксплуатационных свойств.

Магний хорошо растворим в алюминии. При комнатной температуре равновесная растворимость составляет около 1 %. При повышенных скоростях охлаждения сплав может удерживать в твердом растворе до 7 % магния. Магний в Al–Si сплавах взаимодействует с кремнием с образованием интерметаллидного соединения Mg₂Si с весьма высокой микротвердостью (H_{μ20} = 6 ГПа). Растворимость фазы Mg₂Si в твердом растворе на основе алюминия при высокой температуре (596 °С) сравнительно велика (1,85 %), но резко снижается при понижении температуры и при 200 °С составляет лишь 0,27 %.