

УДК 669.2.017

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ И СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ СИЛУМИНОВ НА ДИСПЕРГИРОВАНИЕ ИХ СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТЛИВОК

Усынина Г.П.

ООО «К и К», г. Красноярск

Гузенков Е.В., Таскин В.Ю.

Сибирский Федеральный Университет

Скорость охлаждения, равно как и степень модифицирования, являются одними из основных факторов, способствующих получению отливок из силуминов с определенными механическими и эксплуатационными свойствами.

В многочисленных монографиях и статьях по силуминам отсутствуют конкретные данные по механическим свойствам и структурным параметрам в зависимости от этих важных технологических характеристик в отливках из сплава АК12, который наиболее широко используется в практике. Оценка имеет, в основном, качественный, а не количественный характер.

В связи с этим не установлено насколько изменяется размер основных структурных составляющих сплава АК12: эвтектического кремния, дендритного параметра, Fe-содержащих фаз, пористости и неметаллических включений в зависимости от количества введенного модификатора и скорости охлаждения отливок.

Если учитывать, что определенное количество модифицирующей добавки и скорость охлаждения могут оказывать одинаковое влияние, например, на эвтектический кремний, то при разработке технологии конкретной отливки не представляется возможным определить, какое количество модификатора необходимо ввести, чтобы он был не в избытке или недостатке. Это имеет большое значение и из-за высокой стоимости модифицирующих добавок: лигатур Al-Sr и Al-Ti-B.

Не выясненным остается вопрос влияния модификаторов на образование так называемой «перемодифицированной» структуры, когда эвтектика Al + Si дробится и на границах зерен-колоний наблюдаются частицы укрупненного кремния и грубые игольчатые Fe – содержащие фазы.

Мальцев М.В., много занимающийся силуминами, в свое время показал, что такая структура образуется при введении несколько большего количества модификатора, чем требуется для получения тонкой равномерной структуры эвтектики. В то же время другие авторы огрубление структуры на границах эвтектических зерен (или грубых ободков) объясняют непостоянством теплового режима их роста, тепловыми режимами кристаллизации и влиянием примесей.

Неоправданным, на наш взгляд, является введение титана как модификатора в сплав АК12. Как показал Белов Н.А. в своей статье, кремний заметно снижает растворимость Ti в жидкой фазе. Поэтому при обычной для силуминов температуре литья (700 - 720° С) могут присутствовать первичные кристаллы Ti - фазы. Автор говорит, что при концентрации титана <0,1% вреда от него нет, но и польза сомнительна, поскольку эффективность модифицирования определяется, прежде всего, технологией ввода при кристаллизации отливки, а не просто присутствием этого элемента в расплаве. Учитывая, что введение титана (как правило, из лигатуры) приводит к повышению стоимости сплава, было бы разумным перевести этот элемент в примесь, ограничив предельную концентрацию (на примере сплава АК8л) до 0,1 – 0,15%.

В связи с этим в данной работе:

- определяли влияние лигатур Al-Sr и Al-Ti-B на измельчение дендритов альфа - твердого раствора, эвтектического Si, пористость и механические свойства отливок из сплава АК12,
- исследовали влияние дендритного параметра на скорость охлаждения, пористость и механические свойства отливок из сплава АК12. Кроме того, определяли влияние скорости охлаждения отливок на Fe-содержащие фазы и эвтектический кремний,
- определяли влияние размера и количества твердых и газовых неметаллических включений на механические и эксплуатационные свойства отливок из силуминов.

Установлено, что на отливках с идентичной скоростью охлаждения при небольшом количестве стронция ~0,015%, эвтектический кремний имеет достаточно дисперсное строение, и несколько укрупняется только на границах эвтектических колоний.

С введением стронция в сплав и повышением его количества происходит увеличение пористости в отливках. Содержание стронция в процессе литья уменьшается, т. к. он выгорает.

При введении лигатурного прутка Al-Ti-B в сплав АК12 образуется пористость, количество которой, а также размер пор возрастают с увеличением количества лигатуры в сплаве. Это можно объяснить тем, что титан, входящий в состав лигатуры Al-Ti-B, как и стронций, является гидридообразующим элементом и способствует поглощению водорода расплавом, вследствие образования и последующего распада гидридов.

Исследование влияния количества вводимой прутковой лигатуры Al-Ti-B на степень измельчения дендритов альфа - твердого раствора и состояние Al-Si эвтектики в отливках из сплава АК12 показало, что дендриты алюминиевого твердого раствора имеют тонкое строение в периферийной зоне отливки и более грубое - в центре пробы. При этом такая структура наблюдается как при содержании в расплаве лигатурного прутка Al-Ti-B 0,6кг/т, так и при введении его в количестве 5,4 кг/т. Это обстоятельство свидетельствует о том, что размер дендритов алюминиевого твердого раствора, равно как и их ветвей, зависит только от скорости охлаждения отливки.

В сплаве АК12 содержание лигатуры Al-Ti-B выше определенного количества (0,6кг/т) приводит к коагуляции частиц кремния. Причем, в большей степени это имеет место быть в той части отливки, где скорость охлаждения была ниже. Т.е. увеличение скорости кристаллизации нивелирует процесс коагуляции кремния при содержании лигатуры Al-Ti-B >0,6кг/т.

Исследование структуры проб сплава АК12 с разным содержанием Sr и Ti показало, что при высоком титане в сплаве ослабляется действие стронция, как модификатора эвтектики Al+Si, даже при высоком содержании его в сплаве. В структуре с таким отношением Sr и Ti наблюдаются крупные частицы кремния. Возможно, это происходит за счет того, что стронций при введении лигатурного прутка AlTi5B1 в сплав, образует соединение B_6Sr согласно диаграмме B-Sr. В результате этого стронций, модифицирующий в эвтектике кремний, используется не по назначению, и как результат не работает эффективно как модификатор эвтектики.

Результаты определения механических свойств отливок сплава АК12 в зависимости от разного количества вводимой лигатуры Al-Sr и Al-Ti-B показали, что наилучшие и стабильные механические свойства получаются при легировании сплава АК12 одной лигатурой Al10Sr в количестве 2,8кг/т. Эвтектика Al+Si при этом приобретает тонкодисперсное строение. При комплексном легировании АК12 лигатурами Al10Sr и Al5Ti1B происходит увеличение пористости и снижение механических свойств.

Исследование влияния дендритного параметра на скорость охлаждения отливок осуществлялись на образцах из отливок, полученных при литье в кокиль, нагретого до разной температуры.

Полученные экспериментальные данные позволят по дендритному параметру оценивать скорость охлаждения отливок. Регулируя скорость охлаждения отливок, можно существенно измельчать структурные составляющие и тем самым повышать их механические свойства, а также снижать вес реальных отливок.

Установлено, что со снижением скорости охлаждения отливок происходит увеличение количества и размера газовых пор. Это происходит вследствие того, что при низких скоростях охлаждения водород, находящийся в α - твердом растворе при кристаллизации расплава успевает выделиться в виде газовых пузырей.

Повышение скорости охлаждения отливок приводит к диспергированию игл кремния. Увеличение скорости охлаждения отливок способствует также измельчению железосодержащих фаз, что положительно сказывается на качестве металла и его механических свойствах.

Определение влияния размера и количества твердых и газовых неметаллических включений на механические и эксплуатационные свойства отливок из силуминов показало, что наблюдается четкая закономерность в снижении не только пластичности, но и предела прочности при наличии в структуре в зоне разрушения образцов большого количества загрязнений и пор усадочного происхождения, располагающихся по границам эвтектических колоний.

Так, при наличии в отливках сплава АК7 (А 356.2) только твердых неметаллических включений (газовые поры отсутствуют) уровень механических свойств составил:

Табл. 1. Механические свойства отливок из сплава АК7 в зависимости от его загрязненности неметаллическими включениями

Количество, шт/ размер неметаллических включений, мм	Механические свойства		
	$\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ²	δ , %	НВ
5/ до 0,14-0,24мм и до 10 / до 0,006-0,012мм	27,11	7,0	76
12 / до 0,13-0,43 мм и >10 / до 0,03-0,08 мм	25,27	5,20	76
7/ до 0,18-0,4 мм и >10/ до 0,06 мм	23,28	4,40	80
12/ до 0,19-0,4 мм и >15/ до 0,024-0,17 мм	21,57	4,40	76

Установлено, что с увеличением количества пор в отливках сплава АК7 закономерно снижается относительное удлинение, при этом имеет место прямо пропорциональная зависимость. При наличии небольшого количества междендритной пористости в образцах относительное удлинение составило 4,9%, увеличение количества пор до 11, 13, 20 шт. привело к дальнейшему его снижению до 3,55%, 2,8% и 2,10% соответственно. При этом размер пор находился в пределах 30-403 мкм. Предел прочности отливок находился в пределах 27,77-30,51 кгс/мм², на него пористость мало повлияла.