

усваиваемость модификаторов составляет 85–95 % (по основному модификатору лигатуры).

Таким образом, применение модификаторов длительного действия в виде комплексных лигатур для обработки промышленных алюминиевых сплавов дает возможность существенно улучшить свойства отливок, обеспечивая при этом стабильность результатов крупносерийного и массового производства литья, после многократных переливов и переплавов силуминов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 1520673 (Великобритания). Сплав на основе алюминия. 2. А.с. 376472 (СССР). Модификатор для алюминиево-кремниевых сплавов / И.Н.Золинова, В.В.Зуни-на, В.Н.Иванова и др. З у п р и я н о в а И.Ю., Пархутик П.А., Савицкая Е.В. Модифицирующее влияние добавок сурьмы на структуру и свойства силуминов // Металлургия. — Мн., 1988. — Вып. 22. — С. 25–27. 4. М о н д о л ь ф о Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов: Пер. с англ. — М., 1979. — 640 с.

УДК 621.74:669.715

П.А.ПАРХУТИК, И.Н.БУЛЫГА

### ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СТРОНЦИЙСОДЕРЖАЩИХ ЛИГАТУР НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИЛУМИНОВ

При получении качественного литья из алюминиевых сплавов большое внимание привлекает модифицирование силуминов стронцием, который характеризуется (по сравнению с традиционным модифицированием натрийсодержащими флюсами) продолжительностью действия на расплав и возможностью многократных переливов и переплавов [1]. Однако промышленное использование стронция как модификатора сдерживается главным образом из-за технических трудностей его ввода в расплав и высокой газопоглощаемости, что приводит к повышенной пористости отливок особенно при медленном их затвердевании (литье в песчаные формы). Практика показала, что для снижения пористости отливок и улучшения технологичности процесса литья силуминов стронций целесообразно вводить в виде комплексных лигатур на основе алюминия с различным содержанием модификатора.

Технологические (литейные) свойства и герметичность широко применяемого промышленного алюминиевого сплава АЛ4 (ГОСТ 2685–75) исследовались в зависимости от состава стронцийсодержащих лигатур для модифицирования силуминов. Были опробованы двойные алюминievedостронциевые лигатуры с 30, 10 и 5 % стронция и тройная лигатура Al–32 % Sr–20 % Si производства Гиредмета.

Лигатуры, содержащие 10 и 5 % стронция, готовили на основе базовой Al–30 % Sr (ТУ 48-0516-8/0–83, Исфаринский гидрометаллургический завод). Переплав осуществляли в двух условиях — на воздухе в индукционной тигельной печи ИСТ-016 и в вакуумной печи ИСВ004 ПИМ1 с основной футеровкой. В шихте использовали технический алюминий АЛ7. Содержание стронция в разбавляемых лигатурах определяли химическим методом.

Модифицирующую обработку жидкого сплава АЛ4 лигатурой осуществ-

вляли непосредственно в плавильной печи при температуре расплава 750–780 °С с использованием метода колокольчика из расчета содержания стронция в готовой отливке 0,02–0,05 %. После выдержки 15–30 мин проводили рафинирование расплава препаратом “Дегазер” (0,1 % от массы металла). Заливку расплава при температуре 730–740 °С осуществляли в кокили, подогретые до 180–200 °С.

Содержание стронция в отливках определяли на стилоскопе СЛ12 “Спектр”. Выявлено, что лучшей усваиваемостью стронция (70–80 %) характеризуются двойные лигатуры с 5 и 10 % Sr, самая низкая усваиваемость (~50 %) отмечалась при использовании тройной лигатуры Al–32 % Sr – 20%Si.

Был изучен следующий комплекс литейных свойств сплавов: жидкотекучесть (по спиральной пробе, ГОСТ 16438–70), формозаполняемость по пробе Энглера–Эллерброка, суммарная объемная усадка по конусной пробе Татора.

Герметичность отливок определяли на специальных отлитых в кокиль плоских образцах в виде дисков диаметром 60 мм и толщиной 4 мм с литейной коркой и после ее удаления механической обработкой. Для этого использовалась видоизменяемая схема гидроустановки, описанная в [2]. Пористость материала оценивали по характеру и количеству пузырьков в воде, возникающих под действием проникающего через образец воздуха. Кроме того, пористость определяли на микрошлифах по стандартной методике ВИАМ.

Полученные экспериментальные данные приведены в табл. 1. Анализ результатов не выявил существенных различий в литейных свойствах сплава АЛ4, обработанного лигатурами с различным содержанием стронция. По сравнению с немодифицированным сплавом у модифицированных тройной лигатурой несколько улучшается жидкотекучесть и заполняемость формы. Суммарная объемная усадка при этом незначительно уменьшается.

Микроструктурный анализ образцов показал устойчивый эффект модифицирования — измельчение и сфероидизацию эвтектического кремния во всех случаях литья. Наибольшая дисперсность и распределение составляющих в

**Табл. 1. Литейные свойства и газонасыщенность сплава АЛ4, модифицированного стронцийсодержащими лигатурами**

Состав лигатуры	Содержание Sr в сплаве, % (по массе)	Показатели свойств			
		жидкотекучесть, мм	формозаполняемость, %	суммарная объемная усадка	микропористость, баллы
Al– 30 % Sr	0,03	700	90,5	5,78	2...3
Al– 10 % Sr	0,038	740	91,0	5,8	1...2
Al–10 % Sr (вакуум)	0,037	750	90,8	5,83	0...1
Al– 5 % Sr	0,04	720	91,2	5,83	1...2
Al– 5 % Sr (вакуум)	0,039	760	91	5,82	0...1
Al– 32 % Sr – 20 % Si	0, 03	780	90,5	5,78	1...2
АЛ4 (немодифицированный)	—	720	92	6,2	1...2

$\alpha$ -Si-эвтектике наблюдается в сплаве, обработанном лигатурой Al—32 % Sr — 20 % Si.

Газонасыщенность сплавов, определяемая на установке LGT (ПНР), оказалась максимальной у сплава, обработанного базовой лигатурой Al— 30 % Sr. Она значительно ниже у сплавов, модифицированных лигатурами с 10 и 5 % стронция, и особенно приготовленными в вакууме.

При микроскопическом наблюдении пористости структура сплава АЛ4, модифицированного лигатурами разного состава, практически не отличается от немодифицированного, за исключением обработанного лигатурой Al — 30 % Sr; в этом случае плотность микропустот повышается.

В то же время испытания на герметичность образцов, модифицированных разными лигатурами, показали большое различие их способности сопротивляться протеканию нагнетаемого воздуха. Все образцы с литейной коркой вообще не пропускали воздуха под давлением до 600 кПа (6 атм.). После механической обработки образцы из сплавов, модифицированных исходной лигатурой Al — 30 % Sr, оказались негерметичными уже при давлении воздуха в сети 400 кПа (4 атм.). Сплавы, модифицированные лигатурами с 5 и 10 % Sr, пропускали газ под давлением 600 кПа (6 атм.), а сплавы, обработанные тройной лигатурой, при таком же давлении — в меньшей степени.

Таким образом, при номинальных добавках стронция (0,02—0,05 %) введение в расплав алюминиево-стронциевых лигатур с разным содержанием модификатора не оказывает существенного влияния на литейные свойства силуминов. Однако герметичность отливок сильно зависит от состава лигатуры и улучшается с понижением содержания в ней стронция.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Модифицирование силуминов стронцием / И.Н.Ганиев, П.А.Пархутик и др. — Мн., 1985. — 142 с. 2. П о с т н и к о в Н.Е. Высокогерметичные алюминиевые сплавы. — М., 1972. — 160 с.

УДК 669.35.871.017.3

Р.Л.ТОФПЕНЕЦ, Т.В.БАШУН

#### РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ДЕФЕКТОВ УПАКОВКИ В СПЛАВАХ Cu--Ge, Cu--Ga

Научное прогнозирование фазового состава и комплекса свойств промышленных сплавов требует учета влияния легирующих элементов на электронную структуру матричной составляющей и как следствие на изменение уровня энергии дефектов упаковки (ЭДУ), непосредственно связанного с дислокационной структурой сплава. Необходимость исследования дефектов упаковки вызвана прежде всего тем, что они влияют на кинетику всех процессов, при которых динамика структурных изменений в сплаве связана с реализацией деформационного упрочнения и разупрочнения. Энергия дефектов упаковки влияет на сопротивление пластической деформации, кинетику