

**В. Н. Цуркин, А. В. Иванов, Н. А. Федченко, С. С. Череповский,
М. Л. Фещук, Я. Ю. Дмитришина**

Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, Николаев

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ СПЛАВА А390 ПРИ КОНДУКЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОТОВОЙ ОБРАБОТКЕ РАСПЛАВА

На сегодня не существует универсальных рекомендаций по выбору параметров рафинирования, модифицирования и микролегирования расплавов заэвтектических поршневых силуминов (ЗПС) [1]. Но однозначно можно утверждать, что высокими служебными свойствами обладают ЗПС, у которых Si_1 имеет компактную форму с размером < 20 мкм, а Si_2 модифицирован до размера < 10 мкм. Для рафинирования расплава используют соли Na, который также является модификатором эвтектики, для модифицирования Si_1 – фосфор в лигатуре Al-Cu-P. Но их одновременное использование не даёт суммарного эффекта. Энергетическое модифицирование при магнитогидродинамической обработке расплава [2] или кондукционной обработке выпрямленным током [3, 4] являются более эффективными. Но в первом случае требуется длительное время обработки, что сопряжено с повышенным уровнем энергозатрат, а во втором не анализировались функциональные возможности разных режимов тока [5]. В данной работе на одном экспериментальном стенде с использованием трёх разных источников тока, генерирующих постоянный по величине ток, импульсный высоковольтный и низковольтный при разных принципах обработки сплава А390 (в печи и вне печного агрегата). Масса сплава – 200 гр. Выплавку выполняли в шахтной печи сопротивления в графитовых тиглях, где и проводили обработку, температуру расплава регистрировали термоконтроллером ТК-4М и хромель-алюмелевыми термопарами. Использованы для введения в расплав электрического поля параллельные титановые электроды. Исследован для обработки только температурный интервал жидкого состояния. Традиционно для ЗПС выплавку выполняют при 760...780 °С [1], но, как известно, для такого сплава температура порядка 1000 °С может выступать дополнительным методом модифицирования. Так, в работе [6] в сплаве Al-18%Si показан переход от упорядоченной кластерной структуры к разупорядоченной при 950 °С. Выплавку проводили в диапазоне температур от 750 до 950 °С с термостатирующей выдержкой от 10 до 30 мин. Обработку током в печи выполняли как при постоянной температуре, так и при её увеличении или уменьшении. Вне печи – при естественном

остывании тигля до температуры 685 °С. Дополнительно проводили обработку током в комплексе с предварительным введением флюса NaCl (1%, мас.) и AlCu₂5P₃ (мас. P – от 0,01 до 0,075%). Заливку осуществляли в медный кокиль. Анализировали микроструктуру литого состояния на микроскопе Неофот-32М. Обработка в печи тремя источниками показала активное модифицирование Si₃ вплоть до 5 мкм, Si₁ смогли измельчить до 40 мкм, но с разбросом до 200 мкм. Причины этого могут быть объяснены медленным нагреванием (охлаждением), хотя методические резервы такого принципа обработки ещё не исчерпаны. Обработка вне печи с наилучшим результатом получена (без NaCl и Al-Cu-P) с использованием высоковольтного источника тока в температурном интервале от 800 до 685 °С. Si₁ измельчили до 30 мкм, Si₃ до 12 мкм. Низковольтные биполярные импульсы с частотой 40 Гц измельчили Si₁ до 40 мкм, Si₃ до 20 мкм. Энергозатраты соответственно равны 1,5 кВт·час/т и 0,1 кВт·час/т. Т. о. обработка импульсами тока может составить конкуренцию модифицированию P. При комплексировании обработки низковольтными импульсами тока после введения в расплав NaCl и Al-Cu-P получены размеры Si₁ 20 мкм, Si₃ 12 мкм. При этом по сравнению с обработкой только P σ_v увеличилось на 14%, а относительное удлинение от 0,8 до 2,8%. При этом объём частиц Si₁ увеличен от 12 до 17%.

Список литературы

1. Белов Н. А., Белов В. Д., Савченко С. В., Самошина М. Е., Чернов В. А., Алабин А. Н. Поршневые силумины. – М.: Изд. дом «Руда и металлы». – 2011. – 248 с.
2. Скоробогатько Ю. П. Фізичне модифікування заевтектичних алюмінієвих сплавів з використанням електромагнітної дії // Металознавство та обробка металів. – 2011. – №4. – С. 44 – 49.
3. Петров С. С., Пригунов С. В., Пригунова А. Г., Ключкин Д. Н. Структурные и фазовые превращения в силуминах под действием жидкофазной обработки электрическим током // Металлофизика и новейшие технологии. – 2009. – Т. 31. – №8. – С. 1161 – 1168.
4. Петров С. С., Пригунова А. Г., Пригунов С. В. Трансформация структуры силуминов при воздействии на расплав постоянного электрического тока // Теория и практика металлургии. – 2006. – №(4-5). – С. 89 – 91.
5. Иванов А. В., Синчук А. В., Цуркин В. Н. Электротоксовая обработка жидких и кристаллизующихся сплавов в литейных технологиях // Электронная обработка материалов. – 2011. – №47(5). – С. 89 – 98.
6. Chen Zhong-hua, Han Yan-fa, Huang Zhong-yue, Yang Dong-dong, Zu Fang-qiu // Metallic Functional Materials. – 2011. – №3. – P. 28 – 31.