

УДК 621.74

АРМИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПОРОШКОВЫМИ ЛИГАТУРАМИ Ni-Si₃N₄

© Янкина Е.Ю., Кузина А.А.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: yankina_lena96@mail.ru

Сейчас активно развиваются технологии изготовления композитов на алюминиевой основе, армированных тугоплавкими соединениями. Изучение введения наночастиц тугоплавких соединений в расплавленный алюминий – постоянная тема исследований [1–7]. Это связано с трудностью смачивания таких частиц в жидком металле, их склонностью к агрегации и другими факторами [7]. Главная задача заключается в равномерном распределении и усвоении наночастиц тугоплавких соединений в матрице. Использование таких наночастиц в металлах имеет большой потенциал для улучшения их свойств, таких как прочность, жаропрочность, коррозионная стойкость и т. д. Однако внедрение наночастиц в материалы является сложным процессом из-за их особых свойств и требует дополнительных исследований и разработок. Целью данного исследования было изучение возможности ввода в алюминиевые расплавы наночастиц дисперсной фазы с повышенным содержанием Si₃N₄.

Исследовано введение наночастиц нитрида кремния в виде порошковых образцов (прессовок) состава Ni-(2,5-7,5%)Si₃N₄ в расплавленный АК12. Основным материалом для прессовок выбран порошок никеля (ПНЭ-1) с размером частиц от 30 до 75 мкм. Армирующая фаза представляет собой порошок Si₃N₄ с размером частиц до 100 нм, полученный методом азидного самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в СамГТУ.

Порошки Ni-Si₃N₄ были приготовлены с использованием шаровой и планетарной (Пульверизетте-5) мельниц. При механическом перемешивании порошков варьировали время (5–15 мин) и скорость (50–300 об./мин) перемешивания. Из приготовленных композиций Ni-Si₃N₄ холодным компактированием при давлении от 70 до 700 МПа изготовили прессовки разной плотности (70–95%). В полученных прессовках Ni-Si₃N₄ минимальные значения относительной плотности получены при давлении прессования 70 МПа: 80 % – (Ni+2,5%Si₃N₄), 78 % – (Ni+5%Si₃N₄) и 73 % – (Ni+7,5%Si₃N₄); максимальные значения относительной плотности получены при давлении прессования 700 МПа: 92 % – (Ni+2,5%Si₃N₄), 91% (Ni+5%Si₃N₄) и 87 % (Ni+7,5%Si₃N₄).

Прессовки Ni-Si₃N₄, имеющие относительную плотность 85–90 %, вводили в алюминиевый расплав АК12 при температуре 900±5 °С в печи типа GRAFICARBO в стальном тигле объемом до 0,2 кг. Равномерное распределение армирующей фазы Si₃N₄ в алюминиевом расплаве обеспечивалось перемешиванием.

Экспериментально установлено, что однородное распределение частиц армирующей фазы в приготовленных образцах достигается при перемешивании со скоростью 300 об./мин в течение 5 мин в планетарной мельнице. Определено, что при увеличении содержания армирующей фазы в приготовленных композициях Ni-Si₃N₄ отмечается уменьшение размера частиц, насыпной массы и плотности, увеличение удельной поверхности.

Для отливок на основе АК12 твердость увеличивается с 56 до 67 МПа по шкале НВ (твердость сплава АК12 по ГОСТ 1583-93 составляет НВ 50 МПа); для образца АК12+2,5%(Ni+7,5%Si₃N₄) прирост твердости незначителен – НВ 56 МПа. Этот результат связан с тем, что прессовка Ni+7,5%Si₃N₄ не полностью растворилась в АК12. Наибольший прирост твердости наблюдался у образца АК12+2,5 % (Ni+5%Si₃N₄) – НВ 67 МПа.

Использование порошковых образцов Ni-Si₃N₄ позволяет вводить наночастицы Si₃N₄ в алюминиевый расплав в небольших количествах (<0,1 %). Оптимальное содержание армирующей фазы Si₃N₄ в прессованном порошковом брикете составляет 5 %.

Библиографический список

1. Крушенко Г.Г. // Нанотехника. 2011. № 3. С. 55.
2. Петрунин А.В., Панфилов А.В., Панфилов А.А. // Литейное производство. 2009. № 10. С. 17.
3. Крушенко Г.Г. // Металлургия машиностроения. 2011. № 1. С. 20.
4. Косников Г.А., Баранов В.А., Петрович С.Ю. // Литейное производство. 2012. № 2. С. 4.
5. Кузина А.А., Титова Ю.В. // Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки». 2017. № 4 (56). С. 166.
6. Панфилов А.В. // Литейщик России. 2008. № 7. С. 23.
7. Амосов А.П., Никитин В.И., Никитин К.В., Рязанов С.А., Ермошкин А.А. // Научные технологии в машиностроении. 2013. № 8. С. 3.