

Технологические процессы получения литейных композиционных сплавов на основе алюминия

Студент гр. 10405114 Жук К. А.
Научный руководитель – Рафальский И. В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Разнообразие видов армирующих наполнителей, применяемых при производстве композиционных сплавов на основе алюминия (АКС), определяет и многообразие типов таких материалов (дисперсно-упрочненных, волокнистых, гибридных, слоистых), а также существующих способов (твердофазных, жидкофазных и газофазных) их получения [1]. Наиболее широко в научной литературе представлены дисперсно-упрочненные АКС с карбидными и оксидными керамическими наполнителями в виде частиц микронных и наноразмерных фракций [2–4]. В этих работах отмечается, что большой интерес к дисперсно-упрочненным сплавам на основе алюминия и его сплавов объясняется их более низкой стоимостью относительно других типов металломатричных композитов, изотропностью свойств композита, технологической простотой получения по сравнению с непрерывно-армированными волокнистыми АКС.

К наиболее перспективным способам получения АКС принято относить жидкофазные и жидко-твердофазные (ЖТ) технологии получения литых композитов: литье замешиванием (*stir casting*-процесс) и литье в жидко-твердофазном состоянии сплава (*semi-solid metal casting* или *SSM*-процессы). Технологии получения литых АКС с использованием жидко-твердофазного состояния сплава в зарубежных источниках информации обозначают терминами «комполитье» (*compcasting*) или «реолитье» (*rheocasting*). Подчеркивается преимущество литейных способов получения композитов по сравнению с другими методами, в том числе порошковой металлургии, из-за относительной простоты, технологичности, большей оперативности и меньших общих затрат на производство композитов [1].

Жидкофазные и жидко-твердофазные способы получения литых изделий из дисперсно-упрочненных АКС, для которых характерны минимальные производственные издержки (литье замешиванием и комполитье), включают несколько основных технологических и металлургических циклов:

- 1) технологический цикл обработки армирующих наполнителей (классификация, очистка от загрязнений, предварительный нагрев, нанесение покрытий);
- 2) металлургический цикл подготовки матричного расплава (рафинирование расплава от растворенных газов и примесей; введение добавок, повышающих смачиваемость частиц армирующих наполнителей расплавом; легирование сплава);
- 3) металлургический цикл получения жидкой композиционной суспензии (введение в расплав дисперсных наполнителей и распределение армирующих фаз в алюминиевом сплаве до однородного состояния);
- 4) технологический цикл получения литых изделий традиционными методами литейного производства.

Разработка процессов металлургического цикла является ключевым этапом создания эффективной жидкофазной технологии получения дисперсно-упрочненных АКС и заключается, прежде всего, в определении химического состава матричного сплава, выборе химического, фракционного состава и объемного (массового) содержания армирующих наполнителей, определении способа введения армирующих наполнителей в расплав, режимов термической и/или физико-химической обработки расплава.

Обзор работ, посвященных вопросам получения дисперсно-упрочненных АКС, показывает, что метод литья с перемешиванием (stir-процесс), также известный как вортекс-процесс, является одним из наиболее широко используемых при синтезе алюмоматричных композитов [1]. Процесс литья с перемешиванием включает в себя введение армирующих дисперсных частиц в воронку расплавленного сплава, создаваемого вращающимся механическим устройством (импеллером), и полученный сплав затем используется для получения изделий методами литья под давлением, литьем в постоянные металлические или разовые песчаные формы. Недостатками технологии литья с перемешиванием являются:

1. Неполное усвоение керамических наполнителей из-за их несмачиваемости расплавом алюминия, в особенности, если используются тонкодисперсные фракции упрочнителей.

2. Неоднородное (неравномерное) распределение армирующих фаз в объеме матричного сплава, в особенности, при использовании тонкодисперсных наполнителей, а также, если содержание упрочняющей фазы превышает 30 % от веса композита.

3. Агрегация (кластеризация) армирующих фаз, в особенности, при использовании тонкодисперсных наполнителей.

Чтобы получить дисперсно-упрочненный сплав с оптимальными механическими и эксплуатационными свойствами, на этапе получения и металлургической обработки жидкой композиционной смеси в плавильной печи требуется обеспечить полное усвоение и однородное распределение армирующих частиц в объеме матричного расплава. Выполнить это путем замешивания дисперсных частиц алюмооксидной или карбидной керамики в жидкий алюминий представляет сложную задачу, так как из-за несмачиваемости расплавом алюминия дисперсные частицы порошка керамических наполнителей после окончания процесса перемешивания вновь всплывают на поверхность металлической ванны.

Технологической альтернативой жидкофазным процессам получения литейных композиционных алюминиевых сплавов являются ЖТ-технологии, имеющие важные преимущества: обеспечиваются лучшие условия введения дисперсных керамических частиц в расплав алюминия, поскольку предотвращается всплывание, осаждение и агрегация армирующих частиц и их конгломератов в процессе приготовления композиционной суспензии; использование ЖТ-процесса смешивания компонентов способствует повышению смачиваемости, так как из-за абразивного воздействия со стороны высоковязкого расплава происходит эффективное разрушение адсорбированного на поверхности частиц армирующих наполнителей тонкого слоя газа, препятствующего смачиванию между частицами и матричным сплавом. В целом, эти факторы способствуют повышению однородности распределения армирующих частиц в матрице и, соответственно, улучшению качества АКС.

Список использованных источников

1. Рафальский, И. В. Ресурсосберегающий синтез сплавов на основе алюминия с использованием дисперсных неметаллических материалов и интеллектуальные методы контроля металлургических процессов их получения / И. В. Рафальский. – Минск: БНТУ, 2016. – 308 с.

2. Rohatgi, P. K. Metal-matrix Composites / P. K. Rohatgi // Defence Science Journal. – 1993. – Vol. 43, No 4. – PP. 323–349.

3. Satyanarayana, K. G. Recent developments and prospects in cast aluminium matrix composites / K. G. Satyanarayana, R. M. Pillai, Chandrasekhar Ballembettu Pai // Transactions-Indian Institute of Metals. – 2002. – Vol. 55, No 3. – PP. 115–130.

4. Surappa, M. K. Aluminium matrix composites: Challenges and opportunities / M. K. Surappa // Sadhana. – 2003. – Vol. 28, Parts 1 & 2. – PP. 319–334