

жащие реагенты. Однако использование хлоридов, фторидов и серосодержащих реагентов приводит к существенным экологическим проблемам на производстве.

Анализ литературных данных показал, что получение сплавов и лигатур на основе системы алюминий-кремний осуществляться следующими основными способами:

- 1) сплавлением шихтовых материалов;
- 2) восстановлением легирующего компонента из его соединений.

Основными достоинствами способа получения сплавов и лигатур на основе системы Al–Si непосредственным сплавлением шихтовых материалов являются высокая производительность и возможность получения сплавов с низкой загрязненностью металлическими примесями и неметаллическими включениями со строго заданным химическим составом и необходимыми физико-химическими и механическими свойствами. Однако данный способ обладает рядом недостатков: большие безвозвратные потери металла (алюминия до 10 % и легирующих компонентов до 25 %), низкое усвоение кремния мелких фракций (менее 5–6 мм), высокие энергетические затраты. Следует отметить, что получение сплавов системы Al–Si на основе технологического процесса сплавления компонентов предполагает наличие двух металлургических производств – первичного алюминия и кристаллического кремния.

Получение сплавов системы алюминий-кремний методом восстановления кремния из его оксидов алюминием основано на возможности протекания реакции:



С учетом стоимости шихтовых материалов синтез алюминиевых сплавов методом прямого восстановлением кремния из кремнезема может позволить сократить материальные затраты. Ориентировочный расчет затрат на материалы, применяемые для получения сплавов системы Al–Si из лома и отходов алюминиевых сплавов с использованием формовочного кварцевого песка марки 2K₂O₂O₃ взамен кристаллического кремния, показывает, что при получении синтетического сплава системы Al–Si с содержанием кремния в сплаве около 30 % экономия материалов может составить свыше 350 дол. США на тонну сплава (при использовании лома алюминиевых сплавов с повышенным содержанием магния). При этом показатели ресурсосбережения существенно повышаются при получении высококремнистых сплавов системы Al–Si.

УДК 669.715

Анализ технологических решений получения алюмоматричных композиционных сплавов, упрочненных дисперсными материалами

Студенты гр. 104110 Киселев Р.В., Тетерина Т.С., Джураев Т.Х.,
гр. 104119 Иваненко О.С.

Научные руководители Арабей А.В., Рафальский И.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В последние десятилетия значительный научный и практический интерес вызывают вопросы получения алюмоматричных композиционных сплавов, т.е. сплавов на основе алюминия, упрочненных различными дисперсными материалами (наполнителями), в частности, оксидами, карбидами, нитридами и другими неметаллическими материалами, с целью повышения физико-механических свойств. В этом направлении непрерывно ведется активный научный поиск, в том числе по созданию эффективных способов введения дисперсных частиц упрочняющей фазы в виде оксидов различных элементов в алюминиевые сплавы.

Алюмоматричные композиционные сплавы обычно используются в аэрокосмической промышленности, автомобилестроении (например, изготовление жаропрочных деталей вы-

соконагруженных двигателей, деталей тормозных дисков, карданных валов, блоков цилиндров повышенной износостойкости и др.), строительной индустрии. Использование алюминиевых сплавов в качестве металлической основы является предпочтительным ввиду их очевидных сравнительных преимуществ перед другими сплавами, включая низкую стоимость, высокие технологические и эксплуатационные свойства. Структура дисперсно-упрочненных композиционных сплавов представляет собой металлическую матрицу, в которой равномерно распределены дисперсные частицы упрочняющей фазы. Часто при производстве композиционных материалов используются достаточно доступные материалы, имеющие относительно невысокую стоимость, и в ряде случаев являющиеся побочными продуктами различных технологических процессов (например, SiO_2 , SiC , Al_2O_3 , алюмосиликаты, зола, графит и др.).

В зависимости от агрегатного состояния металлической основы получение композиционных материалов на основе алюминия могут осуществлять следующим образом:

- твердофазные процессы (в том числе методы порошковой металлургии);
- жидкофазные процессы (методы жидкого прессования, вортекс-процесс, методы механического и электромагнитного замешивания, замешивания с подачей газовой среды, вакуумной и компрессионной пропитки, плазменной инъекции, центробежного литья, литье под низким и высоким давлением, лигатурный метод, в том числе метод легирования таблетками и порошковыми брикетами и др.);
- жидко-твердофазные процессы, в которых ввод частиц наполнителя осуществляется в интервале кристаллизации сплавов, включая композиционное литье жидко-твердых суспензий (semi-solid процесс).

Преимущество жидкофазных технологий получения алюмоматричных композиционных сплавов является простота технологического процесса, минимальные припуски на механическую обработку, низкие затраты времени на подготовку технологического процесса. Однако жидкофазные технологии имеют и ряд недостатков, связанных с проблемой смачивания частиц упрочняющей фазы расплавом, что затрудняет широкое освоение этих методов в промышленности. Также из-за низкой смачиваемости частиц кремнезема расплавом алюминия затруднен их ввод в матричный расплав с использованием технологий суспензионной разливки.

Смачивание вводимых в расплав частиц обеспечивает непрерывный физический контакт между фазами, необходимый для достижения прочных адгезионных связей. Однако проведенные многочисленные исследования показали, что большинство вводимых в расплав алюминия частиц (оксиды, карбиды) обладают краевым углом смачивания, превышающим 90° , а, следовательно, не смачиваются расплавом. Данный факт является основной причиной, затрудняющей использование простых и экономичных жидкофазных технологий получения алюмоматричных композиционных сплавов.

Анализ литературных данных показал, что дисперсные материалы, не смачиваемые расплавом алюминия (карбиды, нитриды, оксиды и др.), могут быть введены в него с использованием методов принудительного воздействия на компоненты системы: интенсивным механическим замешиванием (вортекс-процесс), вдуванием в расплав с помощью плазменной струи аргона или другого инертного газа (инъекционный метод), методами реакционного литья (in-situ), центробежного литья, вакуумной и комплексной пропитки, введением в расплав в виде спеченных или спрессованных брикетов. В некоторых технологических процессах для улучшения смачивания дисперсных частиц при их вводе в расплав на частицы наносят специальные покрытия методами химического или газофазного осаждения, модифицируют расплав поверхностно-активными добавками (Li, Na, Mg, Ca).

Однако использование большинства описанных методов ввода дисперсных частиц в матричный расплав характеризуются высокими технологическими и экономическими затратами. Более простым и технологичным способом ввода несмачиваемых частиц в расплав алюминия является жидкофазная технология вортекс-процесса, при которой используется

интенсивное механическое перемешивание расплава и частиц наполнителя. Тем не менее и этот метод обладает рядом существенных недостатков: ограничение по размерам дисперсной фракции, трудность реализации интенсивного перемешивания большого объема расплава в условиях реального производства, окисление и газонасыщение расплава, высокая скорость износа (коррозии) импеллера.

Получение алюмоматричных композиционных сплавов в жидко-твердом состоянии с дисперсными наполнителями имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с жидкофазной технологией:

- обеспечивается возможность замешивания и равномерного распределения высокодисперсных частиц материалов, не смачиваемых расплавом алюминия в обычных условиях, в металлической матрице;

- не требуется высокая скорость перемешивания сплава с и, как следствие, существенно снижается стоимость оборудования для приготовления металломатричных композиционных материалов;

- снижаются энергозатраты, связанные с перегревом расплава выше температуры ликвидус.

К недостаткам процесса следует отнести низкую жидкотекучесть алюмоматричной композиции.

УДК 669.715

Анализ методов неразрушающего контроля для адаптивной информационной системы качества продукции литейного производства

Студенты гр. 104119 Поворотный Ю.С., Романов А.А.,
гр. 104110 Никитюк П.А.

Научные руководители Рафальский И.В., Арабей А.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Благодаря успехам, достигнутым в последние годы в области разработки аппаратных средств измерений и методов обработки данных, точность и возможности систем контроля качества литейной продукции в режиме реального времени значительно возросли. Однако практическая реализация и широкое применение систем экспрессного контроля на технологических этапах выплавки и обработки сплавов, используемых для получения литых изделий, сдерживается рядом причин: необходимостью постоянной корректировки математических моделей при изменении технологических условий процессов получения сплава (адаптация системы к изменяющимся технологическим условиям); сложностью выделения параметров, используемых для контроля технологических процессов выплавки и обработки сложнолегированных многокомпонентных литейных сплавов.

При математическом моделировании и формализованном описании объектов контроля качества в литейном производстве прежде всего принимают во внимание такие физические и химические процессы, как массо- и теплообмен между компонентами металлической системы и с окружающей средой, протекающие химические реакции и изменение химического состава сплавов, изменения агрегатного состояния, тепловые эффекты химических и физических процессов в процессе плавки и затвердевания отливок.

В процессе плавки литейного сплава, в общем случае, осуществляют контроль следующих параметров: содержание основных элементов химического состава; температура расплава; технологические свойства, определяемые методом отбора и анализа проб.

Одним из основных методов получения данных о свойствах литейных сплавов при диагностике процессов литья является термография, или термический анализ (ТА). Научные работы в области термического анализа, посвященные изучению диаграмм состояния сплавов