

АРМИРУЮЩИЕ И МОДИФИЦИРУЮЩИЕ ЛИГАТУРЫ НА ОСНОВЕ ЛИТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ AL-TI-SiC

П. Е. Лущик, И. В. Рафальский

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

Одним из важнейших направлений разработки новых сплавов, обладающих повышенными механическими и эксплуатационными свойствами, является синтез композиционных материалов, состоящих из металлической основы и наполнителей в виде тугоплавких частиц, волокон и др.

В качестве металлической основы часто используются алюминиевые сплавы, получившие широкое распространение в промышленности из-за относительно невысокой стоимости их получения. Повышение свойств литейных сплавов на основе алюминия путем введения в качестве наполнителей дисперсных частиц оксидов или карбидов, не смачиваемых матричным расплавом, как правило, является высокочувствительной операцией ввиду необходимости использования дорогостоящего оборудования и сложности технологического процесса.

В работе представлены результаты синтеза армирующих и модифицирующих алюмоматричных композиционных лигатур системы Al-Ti-SiC. Отличительной особенностью разработанного метода получения алюмоматричных композиционных лигатур является синтез упрочняющих фаз непосредственно в расплаве. Технология получения лигатур оптимизирована с точки зрения температурных параметров плавки матричного состава, легирующих добавок, повышающих смачиваемость частиц наполнителя, предварительной подготовки наполнителя, условий ввода и дальнейшей термической обработки композиции.

Исходными материалами для получения композиции являлись алюминий технической чистоты, порошок карбида кремния, различной фракции (от 5 до 200 мкм).

Повышение смачиваемости частиц SiC достигалось легированием алюминиевого расплава добавками Ti. После ввода титана, при значениях выше предела его растворимости в расплаве алюминия, возможно фор-

мирование интерметаллидных фаз AlTi и Al₃Ti. Наиболее вероятным является протекание реакции с образованием интерметаллидов Al₃Ti, однако при избытке титана в локальных областях сплава формирование фазы AlTi также не исключено. Таким образом, перед вводом порошка SiC в расплаве могут присутствовать следующие фазы: раствор титана в Al, Al₃Ti и AlTi. Расчеты значений изобарно-изотермического потенциала возможных реакций компонентов системы с карбидом кремния показали, что наиболее вероятными являются реакции с образованием упрочняющих фаз карбида титана TiC и силицида титана TiSi₂.

Микроструктура литейного композиционного материала на основе системы Al-Ti-SiC представлена на рисунке 1 при различном увеличении. Результаты рентгенофлуоресцентной спектроскопии показали, что частицы карбида кремния взаимодействуют в расплаве алюминия с титаном с образованием на поверхности частиц карбидов кремния тонких слоев, обогащенных титаном и углеродом, толщиной до 1-10 мкм. Образующаяся оторочка, обогащенная титаном и углеродом, позволяет расплаву алюминия смачивать частицы карбида кремния даже после последующих переплавов, не позволяя им отслаиваться от алюминиевой матрицы.

Рентгенофлуоресцентный анализ состава пограничного слоя указывает на большое скопление дисперсных кристаллических фаз с высоким содержанием Ti, C, Si и Al (рисунок 1, таблица 1).

Металлографический анализ сплавов системы Al-Si с добавками алюмоматричных композиционных лигатур показал, что введение в заэвтектические силумины алюмоматричных композиций на основе системы Al-Ti-SiC обеспечивает модифицирующий эффект, заключающийся в уменьшении размеров первичных кристаллов кремния.

АРМИРУЮЩИЕ И МОДИФИЦИРУЮЩИЕ ЛИГАТУРЫ НА ОСНОВЕ ЛИТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ AL-TI-SiC

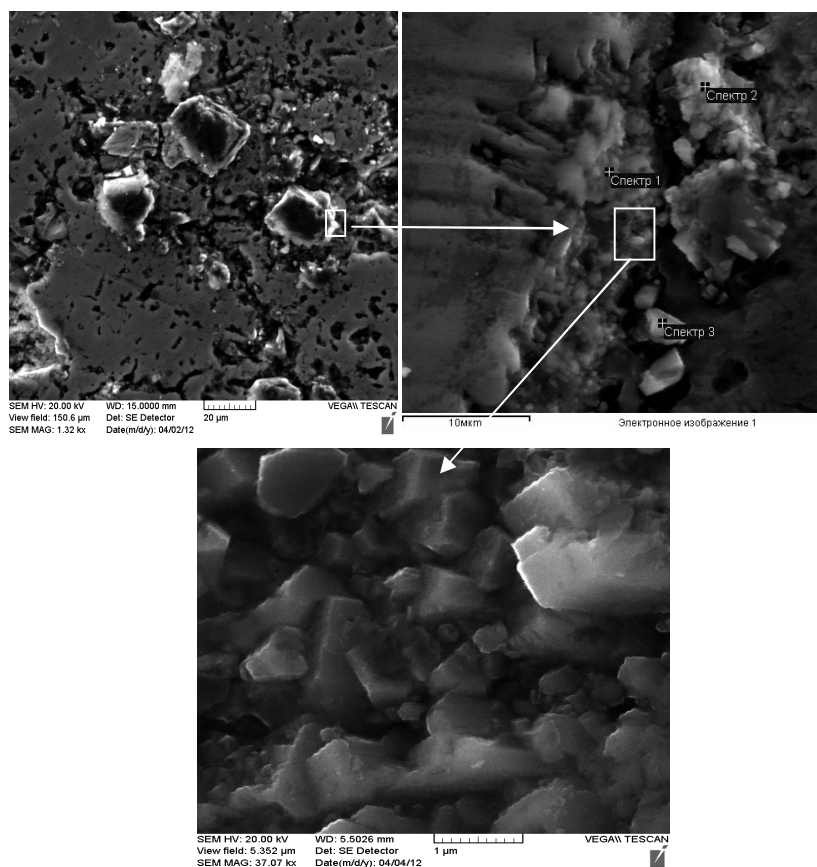


Рисунок 1 – Микроструктура литейного композиционного материала системы Al-1%Ti-10%SiC

Таблица 1 – Результаты рентгенофлуоресцентного анализа литейного композиционного материала системы Al-1%Ti-10%SiC (в точках, рисунок 1)

Спектр	C	O	Al	Si	Ti	Fe	Итог
Спектр 1	29.12	-	7.14	1.01	62.58	0.15	100.00
Спектр 2	30.75	6.07	39.45	4.06	18.93	0.40	100.00
Спектр 3	11.00	46.04	41.05	0.72	1.14	0.04	100.00

Процесс затвердевания литейного композиционного материала на основе системы Al-Ti-SiC сопровождается активацией межфазного взаимодействия частиц наполнителя и матричной основы, увеличением термических напряжений на поверхности частиц карбидов при неравновесном изменении объема компонентов композиции во время его затвердевания и охлаждения. В работе была выполнена оценка напряженного состояния компонентов алюмоматричных композиционных лигатур с использованием моделей равномерного распределения частиц наполнителя (SiC) сложной граненой формы в объеме алюминиевой матрицы (рисунок 2).

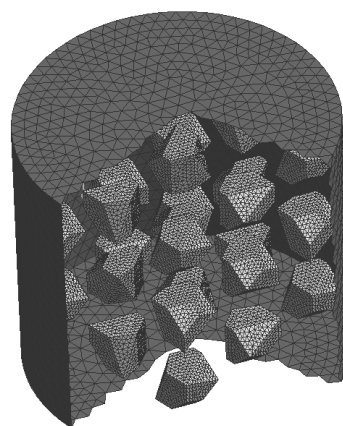


Рисунок 2 – Модель равномерного распределения частиц SiC сложной формы в единичном объеме матричного расплава литейного композиционного материала

Моделирование напряженного состояния компонентов структуры алюмоматричной композиции на основе системы Al-SiC показало, что при равномерном распределении неметаллических частиц сложной формы в объеме матричного расплава после начала затвердевания на них оказывается повышенное давление, обусловленное термическим

сжатием алюминиевой матрицы. При этом средние нормальные напряжения по поверхности частиц наполнителя распределяются достаточно неравномерно (рисунок 3). Абсолютные величины напряжений возрастают в направлении к вершинам ребер частиц и понижаются в центрах граней.

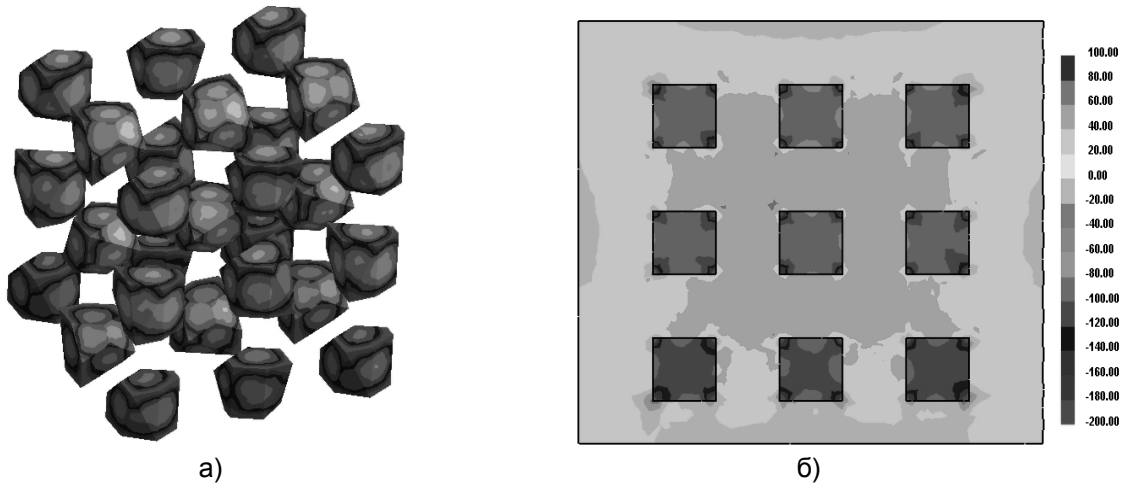


Рисунок 3 – Распределение средних нормальных напряжений на поверхности частиц (а) и по сечению модели системы «металлическая матрица-наполнитель» (б) на основе системы Al-Ti-SiC