

температурах, существенно превышающих температуру ликвидус металлической основы композиции.

Установлено, что ТВО ЖТФ-композиций системы Al-Ti/SiC при нагреве до 800–900 °С приводит к тому, что титан локализуется по границам раздела частиц карбидной керамики, образуя контактный слой, содержащий продукты реакций титана с карбидом кремния. Образование на контактной поверхности реакционного слоя сопровождается эффектом самопроизвольного смачивания и усвоения расплавом карбидной керамики в композиционной суспензии Al-Ti/SiC. При проведении ТВО частицы карбидной керамики не отделяются от расплава, образуя однородную высоковязкую смесь.

Экспериментально подтверждена способность SiO<sub>2</sub> к химическому взаимодействию с алюминием во всем объеме дисперсных частиц кремнезема, что позволяет использовать дисперсные кварцевые материалы в качестве исходного сырья для управляемого реакционного синтеза алюмооксидной керамики в процессе ТВО композиционной суспензии Al/SiO<sub>2</sub>. В результате реакции SiO<sub>2</sub> с алюминием в композиционной суспензии Al/SiO<sub>2</sub> при заданных технологических режимах ТВО, помимо оксида алюминия, происходит образование свободного кремния. Это позволяет рассматривать композиции Al/SiO<sub>2</sub> как в качестве металлургического сырья для производства функциональных дисперсно-упрочненных композиционных сплавов, так и для получения литейных сплавов системы Al-Si конструкционного назначения.

УДК 669

**Г. А. Румянцева, П. Э. Ратников**

Белорусский национальный технический университет, Минск

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УГАРА ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВЫПЛАВКЕ ХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ В ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧАХ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ**

Проблеме угара легирующих элементов при плавке стали и чугуна в индукционных тигельных печах повышенной частоты (ИТППЧ) в технической литературе уделяется недостаточно внимания. В то же время, принимая во внимание, что в литейном производстве машиностроительных предприятий большая часть сплавов

производится именно в ИТППЧ, суммарные потери легирующих элементов могут достигать весьма значительных объемов. По данным [1] в печах с основной футеровкой угар элементов составляет: вольфрама – до 2 %, хрома, марганца и ванадия – от 5 до 15 %, кремния – от 10 до 20 %, титана 25–35 %; в печах с кислой футеровкой: угар марганца составляет от 10 до 20 %, угар молибдена ~ 2 %, хрома – до 5 %. И хотя при выплавке металла в печи с кислой футеровкой интенсивность протекания окислительных процессов низка, при наличии в шихте оксидов, например, железа, последние могут восстанавливаться, что приведет к потерям легирующих элементов, имеющих более высокое сродство к кислороду. При производстве сложнолегированных сплавов необходимо отдельно рассматривать вопросы взаимной химической активности легирующих элементов, их взаимодействия со шлаком и футеровкой печи и т. д. с целью разработки оптимальной технологии дозировки и последовательности подачи ферросплавов при плавке в индукционных печах, а также нормирования угаров легирующих компонентов.

С целью набора экспериментальных статистических данных для определения величин угаров легирующих элементов при выплавке многокомпонентных высоколегированных железоуглеродистых сплавов была проведена серия опытных плавов чугуна ЖЧХ30 в индукционных печах повышенной частоты с кислой футеровкой. В качестве шихтовых материалов применялись сталь 3 (ГОСТ 4757-91), сталь 08пс (ГОСТ 4757-91), ферромарганец ФМн78 (ГОСТ 4757-91), ферросилиций Фс90 (ГОСТ 1415-93), феррохром ФХ800А (ГОСТ 4757-91). Перед началом плавов шихтовые материалы проходили входной контроль с целью определения истинного химического состава. Шихтовка подбиралась с целью получения указанного сплава по верхним, нижним и средним пределам содержания легирующих элементов с целью определения влияния их концентраций на угар.

Технология плавки выбрана следующая. Вначале в тигель печи загружали феррохром и ферросилиций с добавлением стального лома, затем по мере расплавления шихты производили довалку стальным ломом. После полного расплавления шихты температуру расплава доводили до 1480–1490 °С и за 3–5 мин до окончания плавки подавали ферромарганец. Разливку производили в подогретый газовой горелкой до температуры 800 °С ковш, в который предварительно подавали алюминий и модификатор. Расплав разливали в песчаные формы. Для определения металлургического пригара ковш взвешивался до и после разливки чугуна, также были взвешены шлак и всплески. Образец на химический анализ брали из прибыль-

ной части отливки. Угары определялись путем сравнения результатов химического анализа с расчетными значениями содержания легирующих элементов в шихте.

Анализ плавов показал:

- угар хрома и углерода практически не зависит от их концентраций в шихте и находятся соответственно в пределах 4,6–5,9 % и 10–12 %;

- угар марганца и кремния по абсолютному значению практически неизменен, а в процентном соотношении зависит от концентраций этих элементов в шихте (для марганца – от 8 до 20 %, для кремния 13–24 %);

- угар железа незначителен и находится в пределах от 1,7 до 3,4 % (в среднем около 2,5 %). Основным определяющим фактором угара железа является фракционный состав металлошихты;

- угары вредных примесей – серы и фосфора – находятся в среднем в пределах 40–45 %.

### Список литературы

1. *Поволоцкий Д. Я.* Электрометаллургия стали и ферросплавов / М.: Металлургия, 1974. – 551 с.

УДК 669.295-131.4

**О.О. Савінок, В.І. Гонтаренко, О.С. Сергієнко**

Запорізький національний технічний університет, Запоріжжя

### ТЕХНОЛОГІЇ 3D ДРУКУ У ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

3D друк – процес виготовлення фізичного об'єкту, шляхом пошарового нанесення матеріалу(звідси походить узагальнена назва Additive Manufacturing – від слова additive – добавка, доповнення). Перші прилади з'явилися у «80-тих роках у Японії, Хідео Кодама винайшов систему швидкого прототипування [1], у якій застосовувалися фотополімери. Згодом, у 1984р. Чарльз Хал (засновник компанії 3D Systems Corporation – і до сьогодні один з лідерів галузі) винайшов стереолітографію»[1], і поступово, крок за кроком, інноваційна технологія, шляхом удосконалення та застосу-