

**Получение нанодисперсных соединений с целью повышения эффективности модификаторов раскислителей**

Студент гр. 104140 Заноско О.А.  
Научный руководитель Зык Н.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Комплексные научные исследования показали, что модифицирующая обработка расплава чугуна различными ПАЭ и их комбинациями открывает новые аспекты воздействия на наноструктуру расплава чугуна и управление через это воздействие процессами структурообразования в графитизированных чугунах. В процессе модифицирования в расплаве образуются искусственные эндодральные наносоединения на основе фуллеренов и ПАЭ, которые активно изменяют характер кристаллизации железоуглеродистых расплавов. Такой метод воздействия на структуру железоуглеродистых расплавов получил название «наномодифицирование».

Установлено, что наномодификатор эффективно влияет на кристаллизацию не только графитной фазы, но и на фосфидную эвтектику, и на первичное зерно чугуна, и на фазу неметаллических включений, активизируя последнюю в качестве дополнительных гетерогенных центров графитизации.

Другой важнейшей особенностью наномодифицирования является его низкая чувствительность к значительным колебаниям химического состава расплава чугуна и к способам плавки, а также подавление проявления «наследственности» шихтовых материалов в структуре чугуна отливки, поскольку ПАЭ, входящие в состав модификатора, воздействуют избирательно на формирование структуры чугуна и структурообразование при его кристаллизации. Также наномодифицирование противодействует явлению увядания инокулирующего эффекта в процессе выдержки расплава в ковше перед заливкой формы, что увеличивает технологический цикл живучести расплава чугуна.

Согласно литературным данным, применение модификаторов позволяет сократить длительность графитизирующего отжига до 1...5 часов при снижении температуры процесса до 850...950 °С. Модифицирование алюминиевых литейных сплавов, бронз и латуней ликвидировало полностью усадочные явления в отливках и повысило качество механообработки за счет повышения и стабилизации твердости при существенном измельчении структуры сплавов. Анализируя литературные источники по данному вопросу необходимо отметить значительные успехи в практике наномодифицирования сплавов. Однако актуальным является вопрос разработки способов ввода нанопорошков в состав модификатора.

Целью исследований является повышение эффективности модификатора раскислителя на основе алюминия за счёт введения в его состав дисперсных соединений активных элементов.

В качестве дисперсных порошков активных элементов использовали нитрид титана. Опытный образец такого нанопорошка был предоставлен нам лабораторией материаловедения Республики Корея согласно договора о научно-техническом сотрудничестве с БНТУ.

На первом этапе работы проводили исследование данного порошка с использованием таких методов идентификации как рентгенофазовый и ИК спектроскопический анализы. Рентгенограммы всех исследованных соединений записаны на рентгеновском дифрактометре ДРОН-4-13 с медным  $\text{CuK}_\alpha$  излучением (никелевый фильтр). Образцы для съемки дифрактограмм применяли в виде порошка. Образец поворачивался от 10 до 90 °. На основании записи потенциометра КСП-4 были установлены значения углов  $\theta$ , соответствующие

дифракционным максимумам на диаграмме и определены их относительные величины (интенсивности отражения). Зная угол  $\theta$ , по таблицам межплоскостных расстояний были найдены величины межплоскостного расстояния, соответствующего этому углу отражения.

Инфракрасные спектры поглощения анализируемых соединений записаны в диапазоне частот  $400-4000 \text{ см}^{-1}$  путем непосредственного анализа индивидуальных веществ без предварительного смешения с KBr при использовании DTGS-детектора.

Из рисунков видно, что значения критических точек на кривых охлаждения исходного образца модификатора и с добавками наночастиц нитрида титана совпадают. Это означает, что добавки в состав базового модификатора, наночастиц не оказывают воздействия на фазовые составляющие полученного слитка. Испытания эффективности модифицирования проводили при выплавке стали 35Л в индукционной тигельной печи с кислой футеровкой емкостью 60 кг.

Модификатор в виде брикетов в количестве 0,05% вводился в ковш ёмкостью 10 кг. По каждому варианту модифицирования были отлиты специальные пробы из которых вырезались образцы для изучения структуры и свойств, как в литом состоянии, так и после термической обработки.

Обработка углеродистой стали модификатором с добавками нитрида титана изменила перлитоферритную структуру отливок. У стали обработанной модификатором, содержащим 6 и 9 % нитрида титана, более высокие показатели твердости. В литой стали наблюдается крупнозернистая перлитная структура с включениями феррита игольчатой формы (видманштеттова структура). По мере увеличения добавок нанопорошка балл зерна литой структуры увеличивается. В структуре отливок из такой стали после отжига отмечается также равномерное распределение включений пластинчатого и зернистого перлита. Ряд исследователей отмечает положительную роль добавок нанопорошков в углеродистую сталь на глобуляризацию неметаллических включений и более равномерное их распределение в отливке.

Проведены лабораторные испытания модификатора в виде брикетов при ковшевой графитизирующей обработке серого чугуна, выплавленного в индукционной тигельной печи ИСТ-006. Наличие в составе базового модификатора нитридов титана снизило склонность чугуна к отбелу с 7,0 до 2,0 мм. Это отразилось на количестве и распределении графитных включений. При этом твердость сплава несколько снизилась, особенно при использовании модификатора содержащего 3 % нитридов титана. Таким образом, проведенные предварительные исследования показали перспективность применения в составе базового модификатора на основе алюминия дисперсных порошков соединений титана.

УДК 666.946

### **Осаждение нитридов титана и кремния из газовой фазы**

Студенты гр. 104112 Сидоркин А.С., гр. 101610 Шевченко А.А.

Научный руководитель Медведев Д.И.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В последние 20 лет наблюдается возрастающий интерес к структурам, размеры отдельных элементов которых сравнимы с нанометровыми. Объясняется это тем, что наноструктурные объекты обладают уникальными механическими, электрическими, магнитными, оптическими, химическими и другими свойствами и характеристиками, открывающими путь к созданию принципиально новых материалов, устройств и технологий.

Одним из перспективных методов получения трехмерных нанопорошков является метод их осаждения из газовой фазы путем плазмохимического или высокотемпературного синтеза из галогенидов металлов. Последний при значительно более низких температурах