

УДК 621.74

А.А. Колесов (пятый курс, каф. ФХЛСиП),
Г.А. Косников, проф., д.т.н. (СПбГПУ), В.И. Зарембо, проф., д.т.н. (СПбГТУ)

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБРАБОТКА ЖИДКОГО И ЗАТВЕРДЕВАЮЩЕГО СПЛАВА

Современные исследования показывают, что массовая кристаллизация металлов и сплавов сопровождается радиоизлучением. Модели, основанные на гетерофазных флуктуациях, и метод молекулярной динамики подтверждают кооперативный механизм движения частиц в конденсированной фазе. При исследовании кристаллизации металлов и сплавов в электромагнитном поле (ЭМП) от 30 до 15000кГц мощностью не более 10Вт/м обнаружено: при кристаллизации металлов и сплавов, содержащих никель, хром, молибден, железо, свинец, олово, цинк, алюминий, кремний, марганец и цирконий, снижается переохлаждение; подавляются или исчезают дендритные образования; изменяются механические свойства; снижается склонность к старению, кристаллизация сопровождается анизотропией микротвердости твердой фазы, изменением дисперсности и соотношения структурных образований. Влияние ЭМП такого рода на кинетику кристаллизации металлов и сплавов проявляется не только на энергетическом, но и на информационном уровне, что подтверждается исследованием структуры сплавов методом сканирующей электронной микроскопии. Влияние ЭМП на структуру и свойства твердой фазы носит резонансный характер. Наблюдаемые резонансные эффекты объясняются в рамках представлений о структурных единицах в конденсированной фазе, имеющих размер порядка единиц нанометров. Используя соотношения для уровней энергии колебательно-вращательных и трансляционных движений частиц и предположения о возможности перехода колебательных движений (финитных) во вращательные и поступательные (инфинитные), проведена оценка массы и размеров частиц конденсированной фазы, участвующих в резонансном взаимодействии с ЭМП. Возможность такой конверсии движений, приводящей к изменению коэффициентов диффузии, констант скорости химических реакций и свойств твердой фазы, связана с флуктуациями объема и энергии частиц среды.

Управление с помощью ЭМП радиочастотного диапазона при кристаллизации важно не только для получения материалов с заданными свойствами. Открывается возможность исследовать свойства и явления с помощью радиоспектроскопии, управлять ликвацией, получать образцы с требуемым расположением кристаллических зерен.

Объектом исследования являлся сплав А357 (7.0% Si, 0.5% Mg, 0.16% Fe, 0.014% Sr, Al - остальное) в виде целых или разрезанных на части заготовок диаметром 70-80мм. Эти заготовки выплавляли в НТЦ ВАМИ в печи сопротивления и заливали в кокиль. Из полученных литых заготовок путем механической обработки получили образцы Ø70×80мм. Отходы от литых заготовок и частично образцы Ø70×80мм использовали в литейной лаборатории кафедры ФХЛСП в качестве шихты при получении сплава А357.

Образцы для исследования структуры сплавов (шлифы) вырезались из полученных литых образцов и приготавливались по стандартной методике.

Для проведения экспериментов использовали две электрические печи СШОЛ – 1.1,6/12-МЗ-У4, компьютерную установку для дифференциального термического анализа (ДТА) и генератор электромагнитного излучения специальной конструкции.

Одна из печей СШОЛ была отрегулирована на поддержание температуры $650\pm 5^\circ\text{C}$, вторая - $595\pm 5^\circ\text{C}$. Температура 650° обеспечивала минимальный перегрев сплава А357 над температурой ликвидус (610°), а температура 595° – нахождение сплава в твердо-жидком состоянии.

Для проведения экспериментов были отлиты специальные тигли из высокоалюминиевого чугуна, которые помещались в печи СШОЛ.

Генератор подключался непосредственно к тиглю с исследуемым сплавом, обеспечивая электромагнитную обработку (ЭМО); расплава использовалась частота 200кГц.

Условия экспериментов приведены в табл. 1.

Таблица 1

№эксп	Содержание экспериментов	Примечание
12	Нагрев до 650°С. Подключение ЭМО, охлаждение на воздухе.	Снятие термической кривой
13	Нагрев до 650°С. Подключение ЭМО, заливка в кокиль.	
14	Нагрев до 650°С. Подключение ЭМО, закалка в воду.	Количественная оценка структуры
16	Нагрев до 650°С. Подключение ЭМО, охлаждение до 595°С. Выдержка 10мин. Охлаждение на воздухе.	Количественная оценка структуры
16-1	Нагрев до 650°С. Подключение ЭМО, охлаждение до 595°С. Выдержка 10мин. Закалка в воду.	

Результаты экспериментов показали, что воздействие ЭМО обеспечивает измельчение и компактирование α -твердого раствора, причем этот эффект проявляется тем полнее, чем выше скорость охлаждения расплава. Это является основанием для проведения дальнейших экспериментов по оптимизации параметров процесса электромагнитной обработки различных литейных сплавов.