

## Список литературы

1. Макаров Л. С., Урецкий И.З. Заливка роторов электродвигателей больших габаритов. - М.-Л.: изд-во «Энергия», 1966. - 128с.
2. Антонов, М.В. Технология производства электрических машин: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 592с.
3. Любецкий, Д.Г., Макаров, Л.С., Урецкий, И.З. Литые обмотки роторов асинхронных электродвигателей. – М.: Энергия, 1979. – 169с.
4. Гудченко, А.П., Васильева, И.Н. Влияние состава сплава и скорости охлаждения на образование газовой пористости в отливках из алюминиевых сплавов// Исследование процессов литья алюминиевых, магниевых и титановых сплавов. – М.: Машиностроение, 1969. – 320с.

УДК 669.018.42:62-405

**В. Ю. Шейгам, В. М. Дука, А. Г. Борисов, А. Г. Вернидуб**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

### **ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЗЕРНА ОТЛИВКИ В ФОРМЕ С НИЗКИМИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Измельчение зерна отливки является эффективным направлением для повышения твердости, ударной вязкости и циклической прочности детали. Особенно актуально это для отливок, получаемых в песчано-глинистых формах с низкими теплофизическими характеристиками.

Открытая поверхность металла в слитках и литейной форме в разное время привлекала внимание исследователей. Одни из них считали, что она самостоятельно без внешнего вмешательства может быть источником образования опускающихся в жидкий металл кристаллов [1]. Другие считали, наоборот, что она не может быть источником образования изолированных кристаллов [2]. В работе [3] модельными экспериментами на гипосульфите ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) и натурными опытами на отливке из сплава АЛ2, которая затвердевала в сухой песчано-глинистой форме, установили, что по сравнению со спокойным процессом затвердевания периодическое взламывание корочки, образовавшейся на свободной поверхности расплава ускоряет процесс зарождения в ней зародышей твердой фазы в несколько раз. На свободную поверхность авторы воздействовали перемешиванием расплава стальным прутиком,

опущенным на глубину 3 см от поверхности и перемешивали его в горизонтальных направлениях. Авторы подсчитали, что такое действие на расплав позволило получить в отливке дополнительно 9500 зерен. За счет этого повышаются механические свойства отливок.

В работе [4] авторы ссылаются на ряд работ, в которых обработка поверхности жидкого металла водоохлаждаемыми вибрирующими стержнями производится при непрерывной разливке стали. Это интенсифицирует зародышеобразование и существенно изменяет тепло- и массообмен в зоне их функционирования. Кроме того, на промышленных 6 т. слитках в зоне равноосных кристаллов получено измельчение структуры, а протяженность зоны столбчатых кристаллов уменьшилась.

В настоящей работе исследовали влияние генерируемых в поверхностном слое кристаллов на структуру отливки в форме, обладающей чрезвычайно низкими теплофизическими характеристиками. Для этой цели использовали вологран, который разработан в Физико-технологическом институте металлов и сплавов НАН Украины.

Выбран состав волограны из 50 % каолинового волокна и 50 % высокоглиноземистого цемента. Этот материал широко используется в качестве огнеупорного материала для футеровки каналов электромагнитных насосов и индукционных печей. При таком соотношении компонентов он обладает теплопроводностью (0,16 ккал/м·ч·°С), которая в 4 раза ниже теплопроводности сухой песчано-глинистой смеси (0,65 ккал/м·ч·°С). Форма имела полость в виде усеченного конуса с размерами  $\varnothing 60 \times \varnothing 70 \times 70$  мм. Толщина стенок формы – 25 мм. Вес образца из алюминия А7 (ДСТУ 11069-2003) составляет ~500 гр. Как известно, алюминий в условиях низких скоростей затвердевания образует крупные кристаллы.

Для проведения экспериментов в полость формы устанавливали три термопары. Одну – в нижнем углу формы, другую – по оси на расстоянии 35 мм от дна, третью – на половине радиуса на расстоянии 10-12 мм под зеркалом жидкого металла. Форму устанавливали в лабораторную печь сопротивления и нагревали до 760 °С. Металл плавил в графитовом тигле в другой печи. При температуре металла 770 °С металл переливали в форму. Очищали зеркало металла от окислов и печь выключали. Затвердевание металла в форме происходило вместе с печью с преобладающим охлаждением через открытую поверхность расплава.

В такой же последовательности проводили эксперимент по влиянию вибрирующего стержня-кристаллизатора, введенного в поверхностный слой жидкого металла на глубину 10-12 мм. Кристаллизатор представляет собой стальной стержень

диаметром 8 мм с коническим, вводимым в расплав участком стержня. Контактующая с жидким металлом коническая часть кристаллизатора окрашена краской на основе коллоидального графита.

При понижении температуры металла до 670 °С в расплав вводили вибрирующий кристаллизатор. Виброобработку затвердевающего металла проводили с частотой 50 Гц и амплитудой 0,5 мм в соответствии с рекомендациями [5].

Анализ макроструктур образцов в осевом сечении свидетельствует о том, что в нижней части образцов не обнаружено конуса осаждения. В таблице представлены средние размеры макрозерна, их максимальные и минимальные значения в различных зонах образца для условий затвердевания без вибрации (образец № 5) и с вибрацией (образец №8).

Таблица – Параметры макроструктуры образцов

№ образца	Значения замеров макрозерна	Размеры зерен по высоте, мм		
		верх	середина	низ
5	Средние	4,7	8	2,4
	Максимальные	10,3	32,7	6,3
	Минимальные	1,4	1,7	1,3
8	Средние	2,9	0,5	0,4
	Максимальные	6,8	1,6	0,8
	Минимальные	1,1	0,3	0,2

Сравнительные результаты свидетельствуют о том, что при обработке затвердевающего металла вибрирующим кристаллизатором средние размеры макрозерна в верхней, средней и нижней части образца уменьшаются в 1,62; 16,0 и 6 раз соответственно. Максимальные размеры зерна уменьшаются в 1,5; 20,4 и 7,9 раз, а минимальные размеры зерна уменьшаются в 1,3; 5,7 и в 5 раз.

Анализ полученных термограмм показывает, что время затвердевания образца при вибрационной обработке кристаллизатором сокращается более чем в 2 раза. Вибрирование открытой поверхности затвердевающего металла, введенным в расплав кристаллизатором является эффективным способом получения мелкокристаллической структуры в формах с низкими теплофизическими характеристиками.

#### Список литературы

1. Скобло С. Я., Донцов П. М. Механизм образования конуса осаждения в слитке// Сталь.-1951.- №6.-195, Москва.- С.534-543.

2. Ойкс Г. И. Вопросы кристаллизации слитка стали//Сталь, 1952.- №8.- С.735-741.

3. Скребцов А. М., Дан Л. А., Килочкин В. В. Исследование воздействий на свободную поверхность затвердевающей отливки или слитка// Известия ВУЗов, Черная металлургия.- №9.- 1995.- Москва.- С.54-57.

4. Смирнов А. Н., Пилюшенко В. Л., Минаев А. А., Момот С. В., Белобров Ю.Н. Процессы непрерывной разливки// Донецк.- 2002.- С.318-319.

5. Нурадинов А. С., Найдек В. Л., Эльдарханов А. С., Таранов Е. Д. Влияние вибрации на структуру и свойства алюминиевого сплава АК5М2// Литейщик России.- 2005.- №10.- С.23-25.

УДК 621.74.045.72

**В.О. Шинский**

Физико – технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРАМЕТРОВ ЛИТЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ  
КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ**

В целях использования компьютерной мониторинговой сети для реализации оперативного дистанционного контроля параметров технологических процессов и экологического состояния литейных объектов при получении отливок по газифицируемым моделям [1-3] разработан классификатор сбора и обработки информации, часть которого представлен в табл.

Таблица - Основные точки съема информации о параметрах технологических операций и оборудования в цикле изготовления отливок по газифицируемым моделям

№	Наименование	Контролируемые параметры оборудования и технологических операций
1	2	3
1. Технологический цикл изготовления литейных пенополистироловых моделей		
1.1	Установка вспенивания полисти-	Давление пара, Рп, Мпа Температура среды в камере вспенивания, Тс, °С