

тур проводили под защитными шлаками. Исследовали лигатуры ЖКМК1, ЖКМК2 и ЖКМК6, составы и температуры плавления которых приведены в таблице 3. Температуры ликвидуса для этого ряда лигатур составили 1010, 1170 и 1200°C соответственно.

Таблица 3 - Составы и температуры плавления сфероидизирующих лигатур

Марка лигатуры	Содержание, % (по массе)						$t_{пл}^{\circ}, ^{\circ}C$	
	Ca	Mg	PЗМ	Ba	Si	Fe	солидус	ликвидус
ЖКМК1	16,1	12,8	-	-	47,0	21,0	950	1010
ЖКМК2	14,9	9,4	-	-	46,5	27,0	1000	1170

Температуры плавления ЖКМК1 и ЖКМК2 более низкие, что можно объяснить наличием в их составе бария. Лигатура ЖКМК6 имеет относительно небольшое содержание магния (3-6%) и, соответственно, большее – кремния и железа, что повышает её температуру плавления.

Сравнение полученных расчетных данных с экспериментальными показало достаточно близкие значения температур плавления сфероидизирующих лигатур. Это позволяет использовать расчетный метод для определения температуры плавления по фазовому составу лигатур.

### Список литературы

1. Рябчиков И.В. и др. Ферросплавы с PЗМ и щелочно-земельными металлами / М.: Metallurgy. – 1983. – 272 с.

УДК 621.771.11

**Н.В. Суло, В.Т. Калинин**

Криворожский национальный университет, Кривой Рог; Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

### **ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОДИФИКАТОРА В ОБЪЁМЕ КОВША НА ТВЕРДОСТЬ И УДАРНУЮ ПРОЧНОСТЬ ЧУГУННЫХ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ**

Эффективность работы шаровых мельниц для помола руды, цемента и других материалов в значительной степени зависит от стойкости мелющих ша-

ров [1,2]. На конвейерно - кокильной установке в условиях ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» проведены эксперименты по модифицированию чугуна нанодисперсными (размер фракции менее 100 нм) модификаторами на основе TiCN, TiC, SiC и B<sub>4</sub>C при отливке мелющих шаров Ø 60мм. Модификатор вводили в пакетированном виде на дно ковша. Эксперименты проводили с разным количеством вводимого модификатора – 0,01%, 0,03% и 0,05% от массы жидкого металла. Равномерность распределения модификатора по высоте ковша оценивали по остаточному содержанию основного элемента (Ti Si и B) в пробах, отобранных из верхней, средней и нижней частей ковша при заливке металла в формы. Из анализа полученных результатов установлено, что распределение основного элемента модификатора по объему ковша неравномерно и колеблется от 68.09% до 93.63% в зависимости от расхода модификатора. Наиболее равномерное распределение наблюдается при вводе модификатора TiCN в количестве 0.03% (рисунок).

Исследовали влияние вида наномодификатора и распределение его основного элемента по высоте ковша на свойства отлитых шаров. Для этого производили отбор шаров с разным содержанием модификатора при заливке чугуна сверху, из середины и низа ковша (по 6 шаров с каждой партии). На шарах измеряли твердость и их подвергали испытанию на ударную прочность на специальном копре. Полученные результаты показали, что при повышении количества вводимого модификатора свойства шаров соответственно повышаются: твердость в диапазоне 45 - 51 HRC; ударная прочность - 25 – 33 удара. Наиболее стабильные и равномерные свойства шаров получены в образцах с расходом модификаторов 0,03%, что объясняется большей равномерностью распределения модификатора по объему ковша.

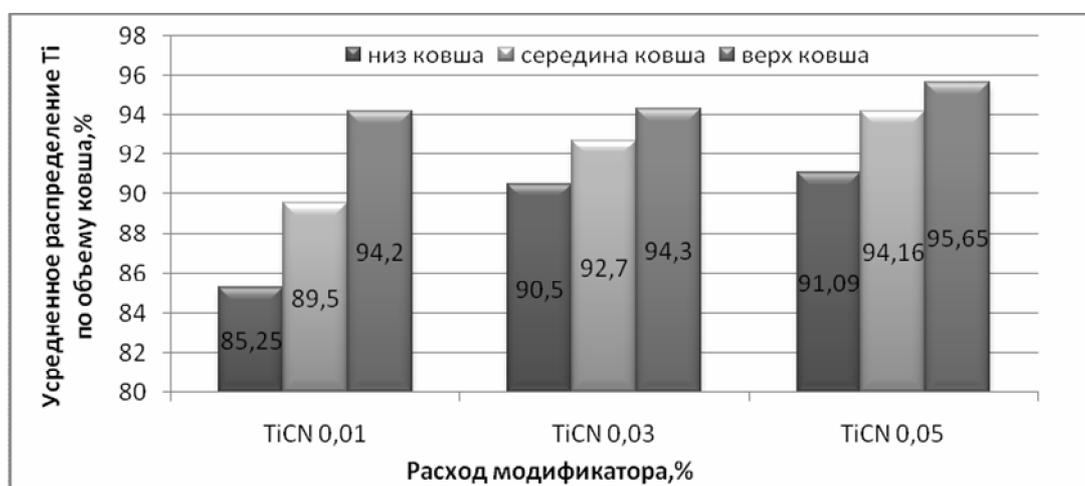


Рис.1 – Распределение наномодификатора TiCN по объему ковша с чугуном

Из рассмотренных модификаторов лучшие свойства с наименьшими отклонениями (твердость 49 - 51 HRC; ударная прочность – 29-32 удара) получены при модифицировании чугуна TiCN с расходом 0,03%.

В дальнейшем проведены эксперименты по введению выбранного модификатора в чугун в виде брикетов «сэндвич – процессом» [3]. Главное преимущество брикет - модификатора заключается в кинетике растворения в расплаве по сравнению с растворением традиционных модификаторов. Уменьшается время растворения с 8...10 до 4...5 мин. при этом наблюдается увеличение усвоения модификатора до 97%, что, соответственно, приводит к повышению основных свойств мелющих шаров (твердость – 58 - 60 HRC, ударная стойкость – 30-33 удара).

### **Список литературы**

1. *Калинин В. Т., Сусло Н. В.* Технологические особенности производства литых шаров повышенного качества // Збірник наукових праць «Вісник Криворізького технічного університету», м. Кривий Ріг, - 2009. – С. 87 – 91.
2. *Калинин В. Т., Сусло Н. В.* Исследования по использованию наномодификаторов при производстве чугунных мелющих шаров // Наукові вісті: 3б. Сучасні проблеми металургії. – 2009. – Т.12. – С.59-65.
3. Учитель А. Д., Калинин В. Т., Сусло Н.В., Михайленко М. В. Технология ввода брикет – модификаторов в чугун для производства мелющих шаров // Нові технології: Науковий вісник КУЕІТУ.- 2008.- №4(22). - С.167-170.

УДК 621.74:539.3

**Н.С. Тренёв, О.И. Пономаренко**

Харьковский технический университет  
«Харьковский политехнический институт», Харьков

### **РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Высокий уровень ресурса и надежности при минимальной металлоемкости являются важнейшими системными требованиями, предъявляемыми к отливкам высокого качества. Номинальные значения этих характеристик определя-