

УДК 621.74.002.6

Н.В. Суло, В.Т. Калинин

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ  
МЕЛЮЩИХ ШАРОВ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОГО  
НАНОМАТЕРИАЛАМИ ЧУГУНА**

*Анотація. Розглянуті існуючі технології отримання чавунних куль, що мелють. Приведена установка для литва куль. Приведені результати комп'ютерного моделювання процесів кристалізації чавунних куль, що мелють.*

В промышленно развитых странах доля производства чугунных мелющих шаров достигает 45% всего объема и продолжает быстро увеличиваться [1]. Обзор проспектов зарубежных фирм, выпускающих литые мелющие шары, показывает, что в зарубежной практике применяют, в основном, литые шары из высокохромистых, хромомолибденовых и хромоникелевых чугунов, которые, имея высокие эксплуатационные характеристики, отличаются высокой стоимостью.

В Украине для производства чугунных мелющих шаров применяются низкохромистые чугуны. Существенное повышение износостойкости мелющих шаров достигается при получении отбеленного слоя на их поверхности, который можно получить за счет быстрого охлаждения отливки. Кроме износостойкости, мелющие шары должны обладать хорошей ударной стойкостью.

После проведенного анализа существующих технологий производства чугунных мелющих шаров и способов повышения их износо- и ударной стойкости, установлено, что наибольшее применение получило литые шары в кокиль из модифицированного чугуна.

Существует множество шаролитейных кокильных установок, которые отличаются конструкцией (рис.1), технологическими параметрами и технической характеристикой.

---

© Суло Н.В., Калинин В.Т., 2010

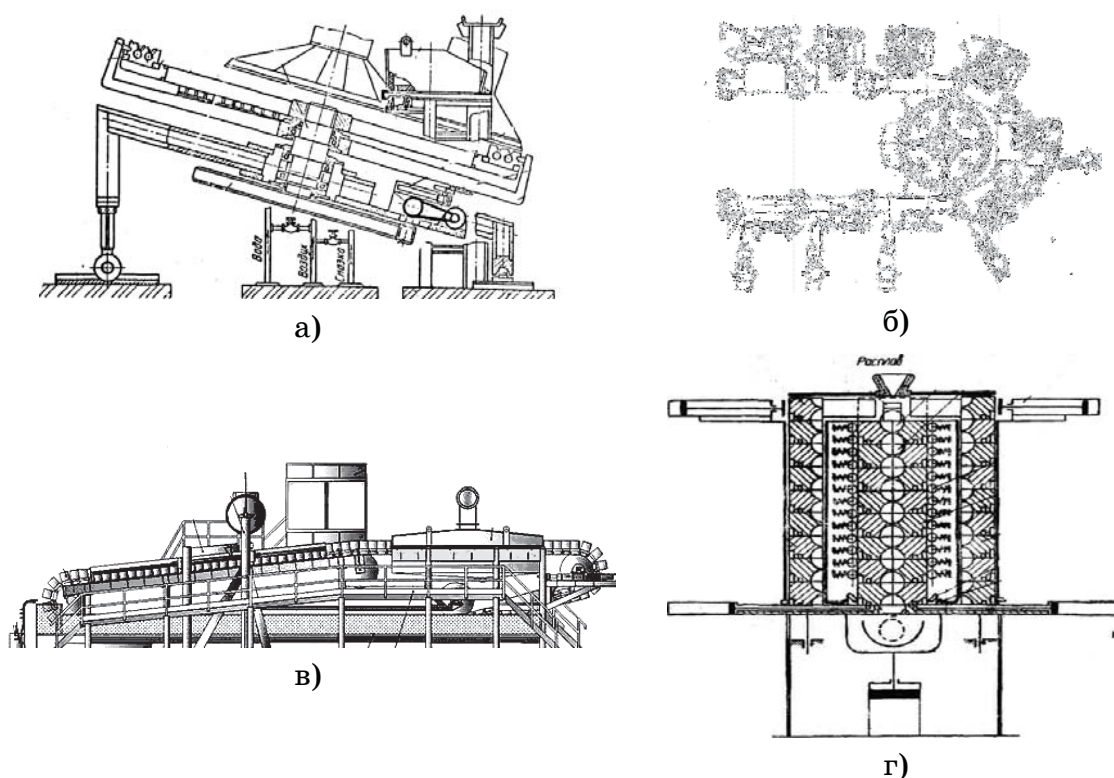


Рисунок 1 – Схемы шаролитейных кокильных установок: а – горизонтально замкнутая конвейерная шаролитейная; б – вертикально – стопочная; в – конвейерно – кокильная с горизонтальным разъемом кокилей; г - конвейерно – кокильная с вертикальным разъемом кокилей

Наибольшее применение нашла конвейерно–кокильная установка (ККУ – 1). Машина обладает высокими эксплуатационными характеристиками, отличается надежностью, удобством обслуживания, простотой смены кокилей и имеет низкое энергопотребление.

ККУ оборудована необходимыми узлами, обеспечивающими выполнение всех технологических операций:

- подготовка кокильной оснастки к заливке;
- заливка форм;
- охлаждение и извлечение готового литья из форм.

Технология, применяемая в ККУ - 1, как и в других установках имеет общий недостаток - существенный брак продукции за счет литейных дефектов (усадки), износа металлической оснастки, и неравномерности заполнения рабочих полостей форм. Во многом появление этих дефектов связано с технологическими факторами:

температурой заливки, скоростью заливки, скоростью охлаждения и др.

Проведено компьютерное моделирование процессов заливки и кристаллизации чугуна на ККУ, с целью выбора оптимальной температуры заливки расплава и выбора химического состава.

Моделирование проводилось с помощью программы LVMFlow.

Для того, чтобы создать максимально реальные условия моделирования учтены следующие параметры:

- сплав и его теплофизические свойства (теплопроводность, удельная теплоемкость, кинематическая вязкость, коэффициент теплопередачи);
- материал кокиля и его свойства (теплопроводность, удельная теплоемкость);
- параметры сетки;
- исходные температуры металла и кокиля;
- условия заливки (вид ковша, струя металла, гидростатический напор);
- расположение элементов литниковой системы.

Ниже приведены результаты, которые были получены при моделировании чугунных шаров, химические составы которых приведены в таблице 1.

Для моделирования были выбраны 3 состава шаров:

- состав 1 соответствует чугуно серийного производства для шаров, изготавливаемых в ЛКПЧ ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог»;
- состав 2 получен в результате проведенных опытов по модифицированию чугуна серийного производства нанодисперсным модификатором на основе TiCN;
- состав 3 выбран в результате литературного анализа [2 - 5] как износостойкий для сравнительной характеристики.

Таблица 1  
Химический состав моделируемых мелющих шаров

Чугун	Химический состав, %							Ti
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	
1 -соответствующий ТТ090-008:2008	3,2- 3,6	0,3- 0,5	0,8- 1,5	До 0,1	До 0,12	0,3- 0,6	0,4- 1,2	-
2 - модифицированный TiCN	3,86	0,33	1,05	0,017	0,074	0,105	0,01	0,015
5 - ИЧХ28Н2	2.9	0.6	1	0.1	0.1	29	2.5	-

В производственных условиях применяют температуру заливки чугуна 13800С для повышения жидкотекучести. При этом высокая температура приводит к разгару кокилей. Поэтому проанализировано влияние температуры на усадочные дефекты в шарах с целью выбора оптимальной температуры заливки.

Анализ оптимальных температур заливки выполнялся для составов шаров № 1, 2 и 3 при температурах 12800С, 13200С, 13500С и 13800С. Результаты прогнозирования усадочных раковин приведены на рисунке 2.

Анализ результатов моделирования показал, что повышение температуры до 1380оС увеличивает объем усадочной раковины. Исходя из результатов, рекомендуется использовать температуру заливки в пределах 1280 – 13200С, а также установить на ККУ заливочное устройство с подогревом для поддержания рекомендуемой температуры.

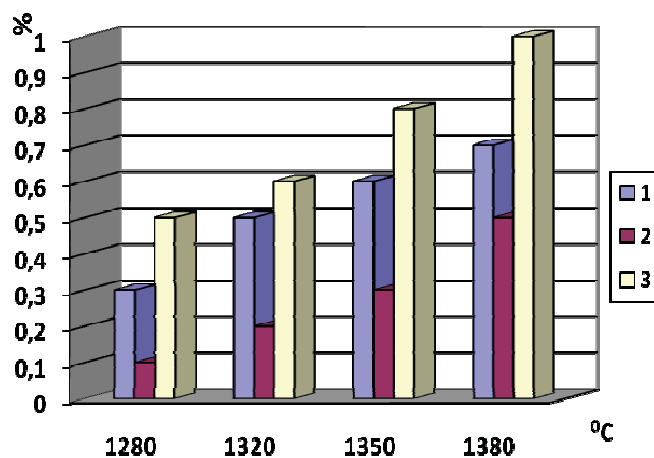


Рисунок 2 – Прогнозирование объема усадочных раковин: 1 – для состава шаров №1; 2 - для состава шаров №2; 3 - для состава шаров №3

Смоделирована также заливка и процесс кристаллизации шаров составов № 1, 2, 3 при одинаковых условиях с целью установления влияния химического состава на процесс образования усадочной раковины. Результаты приведены на рисунке 3.

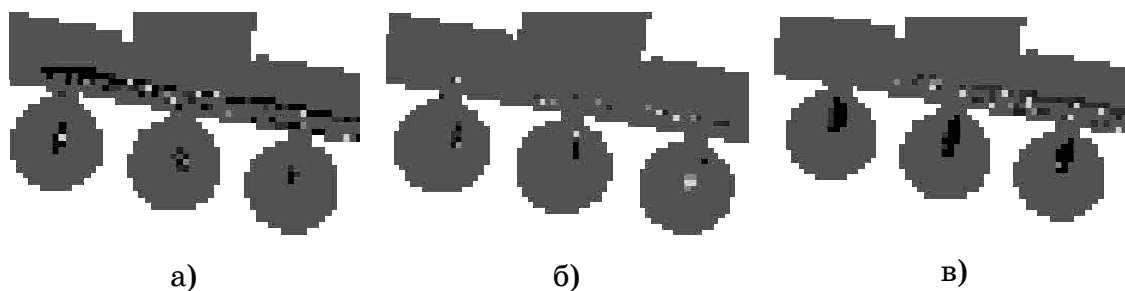


Рисунок 3 – Моделирование прогнозирования образования усадочной раковины в шарах в зависимости от химического состава:

- а – шары состава № 1 - усадка составила 0,5%
- б – шары состава № 2 - усадка составила 0,1%
- в – шары состава № 3 - усадка составила 0,11%

Как видно из результатов моделирования, наилучшие результаты показали шары отлитые из чугуна модифицированного карбонитридом титана в отличие от шаров действующего состава чугунов, изготавливаемых в ЛКПЧ ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и чугунов марки ИЧХ28Н2.

Выводы:

1 Разработана технология изготовления мелющих шаров из чугуна модифицированного нанодисперсным модификатором TiCN в количестве 0,1% от массы металла.

2 Проведено сравнительное компьютерное моделирование с целью прогнозирования образования усадочных дефектов в шарах в зависимости от температуры заливки и химического состава.

3 Результаты моделирования показали, что наименьшая вероятность образования усадочных дефектов наблюдается при снижении температуры заливки и применении модифицированного чугуна.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Дюков А.В., Кульбовский И.К., Александров Н.Н. и др. Производство чугунных мелющих шаров литьем в кокиль // Литейное производство. -1998.-№11.-С. 32-34.
2. Солнцев Л.А., Зайденберг А.М., Малый А.Ф. Получение чугунов повышенной прочности. - Харьков: Вища школа, 1986. - 152 с.
3. Рябов О.ф. Мелющие шары из легированного чугуна// Горн. Журнал. —1987. С. 17-18.
4. Александров Н.Н., Мильман Б.С., Капустина Л.С. Влияние модифицирования на процесс кристаллизации в чугуне // Литейное производство. - 1986. - № 10. - С. 2- 4.
5. Беседина Э.Б., Богданов А.И., Якунин И.А. и др. Мелющие тела, отливаемые на горизонтальной машине непрерывного литья // Литейное производство. - 1986. -№ 10. -С. 21-22.
6. Карпенко В.Ф., Белай Г.Е., Снаговский В.М. Влияние технологических режимов литья на качество шаров из белого чугуна // Сб. 4-й научно-технической конференции "Механизация и повышение эффективности технологических процессов". - Днепропетровск: ДМетИ. - 1986. - С. 80-81.

Получено 03.05.2010г.