

Для повышения точности расчета распределения элементов необходимо моделирование массопереноса в процессе кристаллизации и последующего охлаждения, сопровождаемого фазовыми превращениями, путем построения статистических физико-математических моделей.



### Список литературы

1. Поттер Д. Вычислительные методы в физике. – М.: Наука, 1978. – 392 с.
2. Гиришович Н. Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. - М.; Л.: Машиностроение, 1966. - 562 с.
3. Справочник по чугунному литью /Под ред. Н. Г. Гиришовича. - Л.: Машиностроение, 1978. - 761 с.
4. Арсентьев П. П., Коледов Л. А. Металлические расплавы и их свойства. - М.: Металлургия, 1976. - 376 с.
5. Андронов В. Н., Чекин Б. В., Нестеренко С. В. Жидкие металлы и шлаки: Справочник. - М.: Металлургия, 1977. - 127 с.
6. Лепинских Б. М., Кайбичев А. В., Савельев Ю. А. Диффузия элементов в жидких металлах группы железа. - М.: Наука, 1974. - 192 с.
7. Ершов Г. С., Майборода В. П. Диффузия в металлических расплавах. - Киев: Наук. думка, 1990. - 224 с.

Поступила 11.02.2009

УДК 621.74.045

**Л. П. Вишнякова, Н. Намдармогадам\***

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

\*Компания, "Azarin Nam Co", Иран

### **ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ОТЛИВОК ПРИ ЛИТЬЕ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ**

*Рассмотрено влияние плотности пенополистироловой модели, скорости подъема металла в форме и температуры заливаемого металла на качество поверхности отливки при литье по газифицируемым моделям.*

*Розглянуто вплив щільності пінополістиролової моделі, швидкості підйому металу в формі та температури металу, що заливається, на якість поверхні виливків при литті за моделями, що газифікуються.*

*It was considered the inherence of density of foamy polystyrene model, shed of fill the metal in mould and temperature of the metal on the quality of the casting surface by Lost Foam Process*

**Ключевые слова:** пенополистирол, газифицируемые модели, деструкция, противопожарные покрытия, дефекты.

Формирование поверхностного слоя отливок при литье по газифицируемым моделям происходит под влиянием продуктов разложения пенополистироловой модели. Как известно, пенополистирол при заливке формы металлом разлагается на газообразную, жидкую и твердую фазы [1]. На качество поверхности отливок из чугуна наибольшее влияние оказывает жидкая фаза продуктов деструкции модели [2], состоящая из тяжелых углеводородов, не летучих при данной температуре.

Опыт изготовления чугунных отливок по газифицируемым моделям показал, что качество получаемых отливок в основном зависит от плотности материала моделей, скорости подъема металла в форме, качества противопригарного покрытия (газопроницаемости и огнеупорности), температуры заливки металла.

На поверхности чугунных отливок, полученных литьем по газифицируемым моделям, возникают специфические дефекты, обусловленные взаимодействием заливаемого металла с продуктами газификации модели.

К таким характерным дефектам относятся:

- «Волнистость» — дефект, который наиболее характерен для боковых и верхней поверхности отливки. На поверхности отливки появляются волнистые разнообразной формы неровности, между которыми находится сажистый углерод. Величина этих неровностей не превышает 0,5 мм, но заметно ухудшает товарный вид литья (рис. 1).

- «Раковины, заполненные углеродом», — вид дефекта, встречающегося на верхних и боковых поверхностях отливок. Внутренняя поверхность раковин покрыта пленами блестящего углерода. Раковины обычно располагаются локальными скоплениями, занимая иногда значительную поверхность, и достигают глубины до 5 мм. Они значительно ухудшают внешний вид отливок и приводят к браку (рис. 2).

- Металлические плены — дефект, встречающийся на боковых поверхностях отливок в виде металлических плен, основание которых прочно связано с поверхностью отливки. Металлические плены — устранимый дефект, ухудшающий товарный вид отливки и требующий значительных затрат на его устранение (рис. 3).

- Газовые раковины — дефект, который может быть расположен в любой части отливки. Поверхность газовых раковин обычно покрыта слоем плен блестящего углерода. Раковины могут располагаться на значительную глубину и являются причиной брака отливок (рис. 4). На поверхности отливок, полученных литьем по газифицируемым моделям, также может быть пригар (рис. 5), возникающий по тем же причинам, что и при литье в песчано-глинистые формы.

- Пригар — дефект, чаще встречающийся в нижней части и тепловых узлах отливки (рис. 5). Сильный пригар в труднодоступных для обработки местах приводит к браку.

При исследовании влияния различных параметров на качество поверхности получаемых отливок, прежде всего, необходимо отметить, что поверхность отливки полностью повторяет состояние поверхности использованной для получения модели. На поверхности модели, спеченной недостаточно качественно, невооруженным взглядом видны границы соединения отдельных гранул пенополистирола, отмеченные углублениями. Этот рисунок переходит на поверхность отливки, определяя качество ее поверхности. Таким образом, при высоком требовании к шероховатости поверхности отливки необходимо добиваться соответствующего качества поверхности модели.

В данной работе исследовали зависимость качества поверхности отливок из высокопрочного чугуна в зависимости от толщины стенки модели, температуры заливаемого



Рис. 1. Дефект поверхности отливки "волнистость"

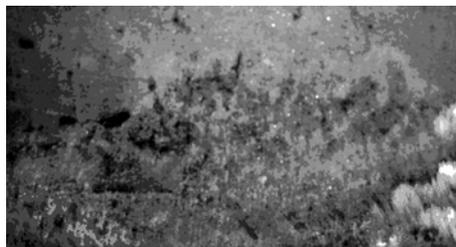


Рис. 2. Дефект поверхности отливки "раковины, заполненные углеродом"



Рис. 3. Дефект поверхности отливки "металлические плены"

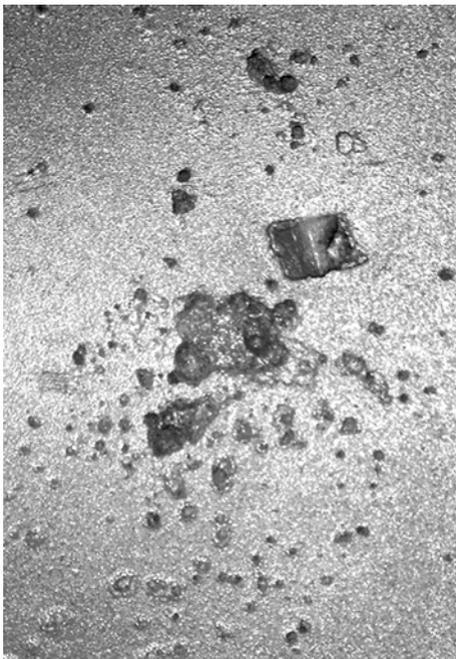


Рис. 4. Дефект поверхности "газовые раковины"



Рис. 5. Дефект поверхности отливки "пригар"

металла в плотности материала модели.

Влияние исследуемых параметров на образование дефектов поверхности отливок оценивали по отношению суммарной площади, занятой дефектами, к общей площади поверхности модели размером 100x200 мм с толщиной 5, 10 и 20 мм. Площадь, занятую дефектами, определяли с помощью планиметра. Площадь поверхности отливки - расчетом.

Влияние температуры заливки металла на качество поверхности отливок показано на рис. 6. Кривые 1, 1a, 1b характеризуют соответственно чистую, волнистую и дефектную поверхности для отливок с толщиной стенки  $\delta = 5$  мм; 2, 2a, 2b - соответственно для отливок толщиной 10 мм; 3, 3a, 3b - для отливок толщиной 20 мм. Как видно, температура заливки металла, соответствующая наиболее чистой поверхности отливки, смещается в сторону ее увеличения по мере уменьшения толщины стенки отливки. Оптимальную температуру заливки в зависимости от средней или преобладающей толщины стенки отливки можно определить по графику, приведенному на рис. 7.

Площадь поверхности отливок, занятая пригаром, увеличивается с повышением температуры заливки. На поверхности отливок толщиной 5 мм пригар практически отсутствует во всем интервале исследуемых температур. На поверхности отливок толщиной 20 мм пригар с повышением температур увеличивается до 25 %.

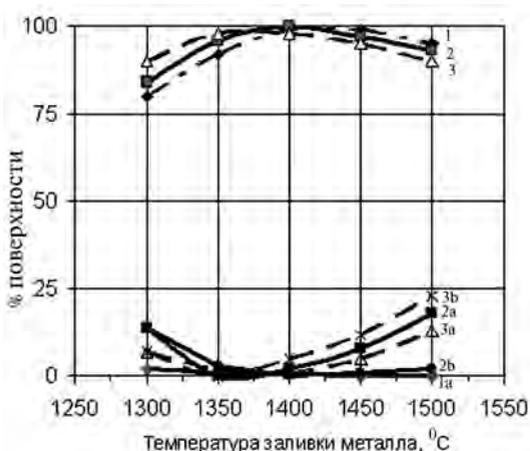


Рис. 6. Влияние температуры заливки металла на качество поверхности отливок: 1, 1a, 1b – чистая, волнистая и дефектная поверхности отливок при  $\delta=5$  мм; 2, 2a, 2b – при  $\delta=10$  мм; 3, 3a, 3b – при  $\delta=20$  мм

Плотность материала модели существенно влияет на качество полученных отливок (рис. 8). С увеличением плотности моделей увеличивается количество дефектов поверхности, при увеличении же плотности пенополистирола выше 0,03 г/см<sup>3</sup> трудно получить отливку без поверхностных дефектов (на 100 %). Для обеспечения качественных отливок, прежде всего, необходимо, чтобы плотность материала газифицируемых моделей находилась в пределах 0,020-0,025 г/см<sup>3</sup>. Применение таких моделей обеспечивает при оптимальной скорости подъема металла в форме и достаточной газопроницаемости материала формы и покрытия удаление продуктов деструкции модели из зоны их образования и устраняет условия образования дефектов отливок.

Специфические дефекты отливок, получаемых литьем по газифицируемым моделям, связаны с наличием модели в полости формы при заливке и взаимодействием заливаемого металла, кристаллизующейся и охлаждающейся отливки с продуктами деструкции пенополистирола.

Чтобы исключить отрицательное влияние этих продуктов на качество отливки, необходимо обеспечить условия, при которых они образуются в минимальном количестве, и возможность удаления их из зоны образования. Как показали исследования, при разработке технологического процесса необходимо:

- использовать модели оптимальной плотности, которая составляет 0,020-0,025 г/см<sup>3</sup>;
- выбирать температуру металла при заливке форм и скорость подъема металла в форме с учетом толщины стенки отливки; для тонкостенных отливок условиями получения качественных отливок являются температура заливки ( $T_3 = 1400^\circ\text{C}$ ); скорость подъема металла ( $\gamma_3 = 2,5 - 3,5$  см/с).

Использование газопроницаемого материала формы (сухой кварцевый песок без связующего) способствует удалению продуктов деструкции пенополистирола.

Газопроницаемые покрытия также обеспечивают свободное удаление паро- и газообразных продуктов разложения моделей.

Характер расположения пригара на отливках показывает, что этим видом дефекта поражается, в первую очередь, нижняя часть отливки в районе питателя. Для его устранения рекомендуется использовать рассредоточенный подвод металла и нанесение второго слоя противопригарного покрытия в местах возможного образования пригара. Не следует перегревать металл выше оптимальной температуры - это правило остается верным и для способа литья по газифицируемым моделям.

Результаты проведенных исследований позволяют выбрать технологические параметры получения отливок из ВЧ, обеспечивающие высокое их качество.

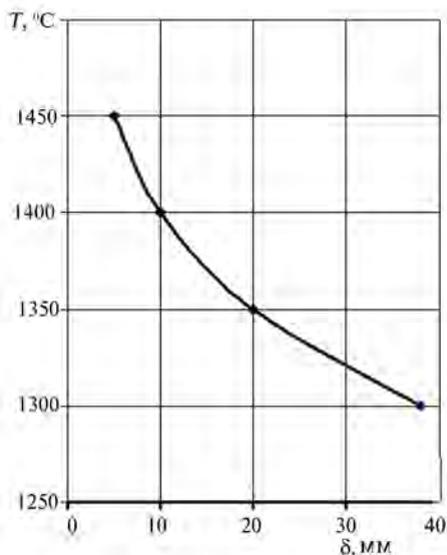


Рис. 7. Оптимальная температура заливки металла для высокопрочного чугуна в зависимости от толщины стенки отливки

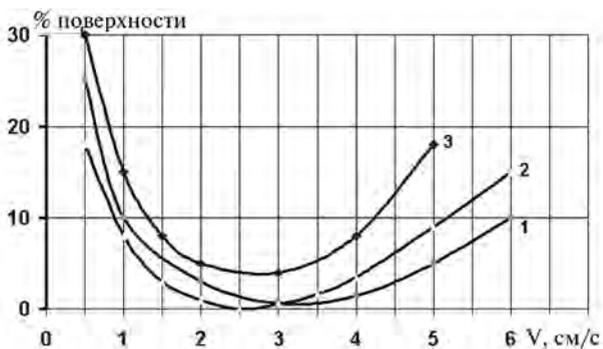


Рис. 8. Влияние скорости заливаемого металла на образование дефектов при различной плотности пенополистироловой модели, г/см<sup>3</sup>: 1 -  $\gamma=0,02$ ; 2 -  $\gamma=0,025$ ; 3 -  $\gamma=0,035$



### Список литературы

1. Литье по газифицируемым моделям / Под ред. Ю. А. Степанова. - М.: Машиностроение, 1976. - 223 с.
2. Шуляк В. С. Некоторые вопросы теории литья по газифицируемым моделям // Литье по газифицируемым моделям. - Киев: Ин-т пробл. литья АН УССР, 1975. - С. 3-20.

Поступила 12.09.2008