

УДК 551.15.03.15.17

А.И. Бугаенко, Б.В. Климович

РАСЧЕТ СКОРОСТИ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ МОДИФИКАТОРА В РЕАКЦИОННОЙ КАМЕРЕ МЕТОДОМ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Анализ состояния вопроса

Процесс внутриформенной обработки чугуна (INMOLD - процесс) считается крупнейшим достижением в области технологии производства ЧШГ. Процесс предусматривает размещение модифицирующей присадки внутри литейной формы в специальной реакционной камере, расположенной между стояком и питателем отливки [1].

В результате модифицирования наблюдается повышение механических свойств, улучшение однородности структуры и свойств по сечению отливки. Во всех случаях следует иметь в виду, что эффективное модифицирование требует тщательного контроля исходных материалов, процесса плавки и заливки.

Установлено, что между скоростями растворения модификатора и заливки существует физически обоснованная взаимосвязь. Это позволяет контролировать скорость растворения данного модификатора в зависимости от условий плавки при постоянной температуре заливки [2]. Возникает предположение о связи между скоростью заливки расплава и скоростью растворения модификатора, которое обосновано и подтверждено проведенными экспериментами.

Постановка задачи

Целью данной работы является расчет скорости передвижения частиц имитирующих модификатор и выявление зависимости между скоростью передвижения частиц и конфигурацией полости экспериментальной модели формы.

Методика исследования

Основным элементом литниковой системы, необходимым для внутриформенного модифицирования, является реакционная камера, которая представляет собой полость с разной конфигурацией в нижней полуформе, и располагается между стояком и

© Бугаенко А.И., Климович Б.В., 2009

шлакоуловителем. При оптимальном сочетании температуры и скорости потока жидкого чугуна в литниковой системе расчетное количество модификатора в реакционной камере равномерно и полностью растворяется в металле синхронно с процессом заполнения формы.

Для определения скорости передвижения частиц модификатора в потоках используемой жидкости выполнили серию экспериментов на прозрачной модели из органического стекла, что позволило визуально наблюдать процесс перемещения исследуемых частиц и проводить его видеосъемку.

В качестве вещества, имитирующего частицы модификатора, использовали порошок гранулированного абсорбента карболонга (англ. CFRBOLONGUM), а в качестве расплава - проточную воду. Порошок рассеивали по фракциям на стандартном наборе сит. Было отмечено, что порошок, имеющий фракцию 014, легко переносился потоками воды, описывая разнообразные вихри, и при проточном движении жидкости не оседал на дно резервуара служащего в качестве модели отливки.

На дно реакционной камеры засыпали абсорбирующий порошок в количестве 5 гр. После чего производилось заполнение полости водой с давлением 2,5 атм. Процесс заполнения экспериментальной модели водой фиксировался при помощи видеосъемки [3].

Результаты исследования

Использовали экспериментальные модели из органического стекла двух конфигураций: квадратной и цилиндрической. Исследовали нижний подвод жидкости в полости экспериментальных моделей, имеющих в сечении форму квадрата 200 x 200 мм, и цилиндрической формы с высотой 200 мм и основанием Φ 200 мм. Подвод осуществлялся по следующей схеме:

- а) модель квадратной формы
 - по центру одной из боковых стенок (рис 1а);
 - в нижнем углу стенки модели (рис 1б).
- б) модель цилиндрической формы
 - перпендикулярно к высоте модели (рис 1в);
 - по касательной (рис 1г).

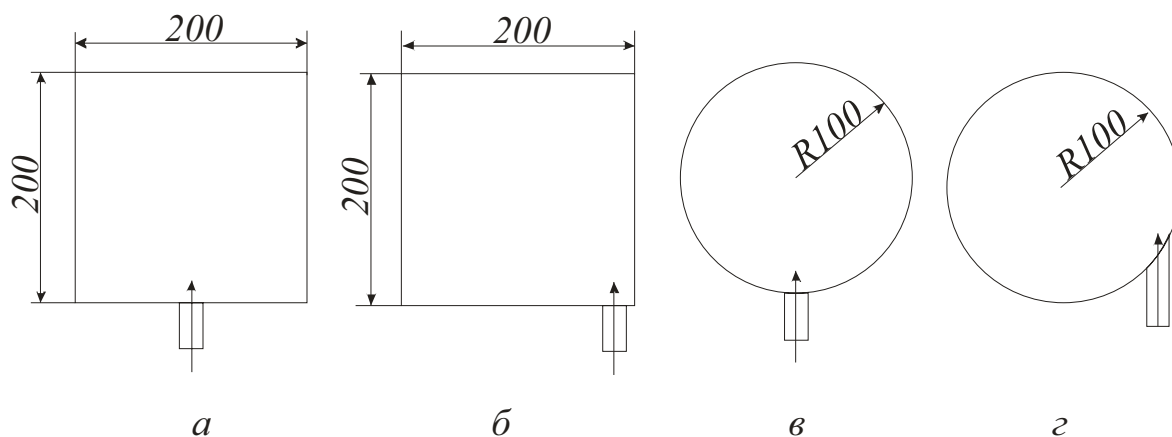


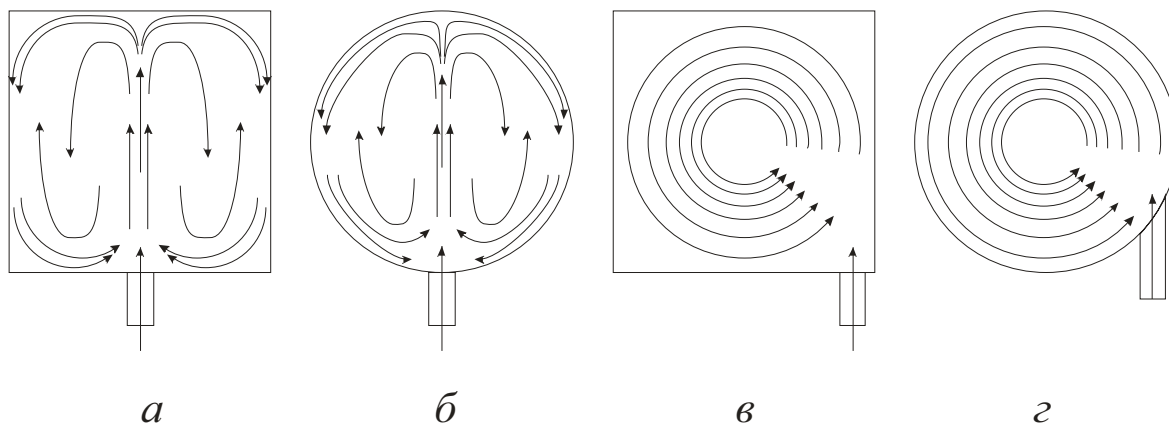
Рисунок 1 – Конфигурация сечений экспериментальных моделей и способы подвода к ним проточной воды

По мере прохождения через реакционную камеру вода захватывала частицы модификатора и постепенно заполняла полость модели. Весь объем модификатора, содержащийся в реакционной камере, переносился потоком воды в полость модели и равномерно распределялся по всему объему. Частицы модификатора, переносимые различными вихрями, имели в каждом отдельном опыте свое значение скорости, отличное от предыдущего.

Видеосъемка движения частиц модификатора в реакционной камере и модели отливки производилась цифровым фотоаппаратом Samsung NV3 в формате AVI (MPEG-4) разрешением 720×480 и частотой 20 кадр/с. Из полученных видео файлов при помощи программы Ulead Video Studio 7.0 были отобраны последовательные кадры, на которых четко прослеживается траектория движения отдельных частиц во времени. Далее при помощи программы Corel Draw 12 были построены векторы движения частиц.

Затем подготовленные изображения раскладывали на листы программы и при помощи масштабирования определяли путь передвижения конкретной частицы.

По результатам анализа видеосъемок построены схемы движения потоков в экспериментальной модели при различных ее конфигурациях (рис. 2). Приведенные схемы показывают, что возникающие при заполнении модели вихри двигались по определенной траектории, которую нельзя назвать хаотичной. Съемка, проведенная в других ракурсах, дала те же результаты. Было отмечено, что вихревые потоки, возникающие в полости модели, по мере ее заполнения описывали окружность или эллипс.



а *б* *в* *г*
Рисунок 2 – Схема перемещения потоков жидкости в экспериментальной модели

Так как движение частицы в потоке имеет нелинейный характер, и одновременно описывает окружность, рассматривается несколько вариантов расчета скорости выделенной частицы.

Первый вариант предполагает определение пройденного частицей пути измерением длины кривой перемещения, как показано на рис. 3.

Во втором варианте за пройденный путь принимается найденное значение дуги сектора, лежащего на усредненном радиусе движения потока (рис. 4).

Длину дуги определяли по формуле:

$$l = \frac{\pi R \alpha}{180} \quad (1)$$

где, R – радиус окружности, описываемый частицей;
 α – угол сектора.

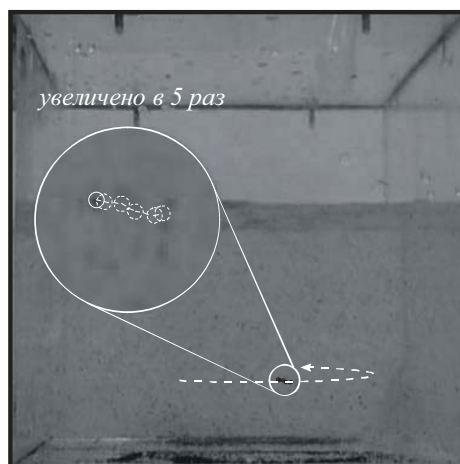


Рисунок 3 – Кривая перемещения частицы: 1 – вектор движения потока; 2 – последовательность перемещения частицы

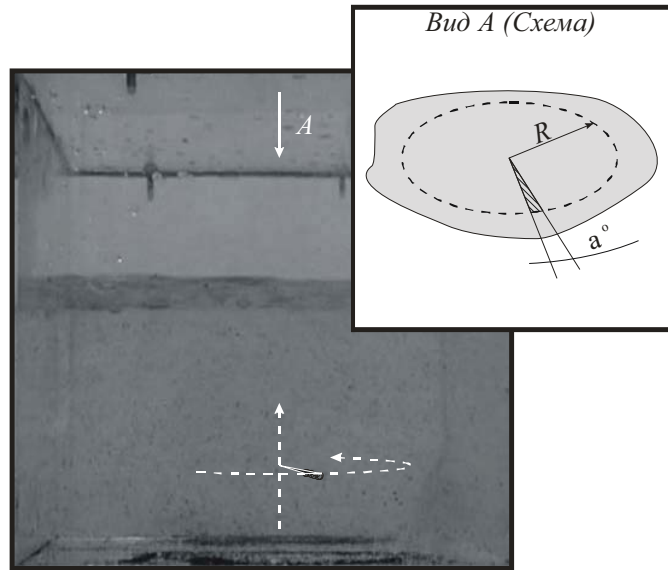


Рисунок 4 – Радиальное движение частицы

Значение пройденного пути и промежутка времени позволяют определить скорость передвижения исследуемой частицы по формуле:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}, \quad (2)$$

где v – скорость движения частицы;

Δs – путь, пройденный исследуемой частицей;

Δt – время, потраченное на прохождение данного отрезка пути.

Результаты проведенных расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчета скорости движения частицы.

Тип экспериментальной модели	Способ подвода	S_1 (по кривой)	S_2 (по дуге)	t , с	V_1 , м/с	V_2 , м/с
Куб	а	5,86	3,11	0,3	0,0195	0,0104
Цилиндр	б	8,52	4,47	0,3	0,0284	0,0149
Куб	а	11,43	5,15	0,3	0,0381	0,0172
Цилиндр	б	17,38	15,63	0,2	0,0869	0,0782

Анализируя полученные данные можно отметить, что наиболее высокая скорость переноса модифицирующих частиц наблюдается в цилиндрической модели с подводом жидкости по касательной. Скорость в модели кубической конфигурации с подводом в нижнем углу стенки на несколько порядков ниже предыдущей. Еще ниже скорость частиц в цилиндрической модели с подводом

перпендикулярно к высоте модели, и самая низкая в модели кубической формы с подводом по центру одной из боковых стенок.

Анализируя значения скорости движения частицы по первому варианту расчета (определение пройденного частицей пути измерением длины кривой перемещения), можно наблюдать следующую зависимость (рис. 5).

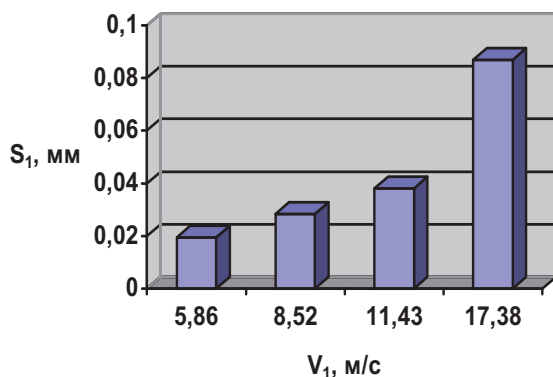


Рисунок 5 – Зависимость скорости движения частицы от пройденного пути по кривой

При рассмотрении значений скоростей, вычисленных по второму варианту расчета (за пройденный путь принимается найденное значение дуги сектора лежащего на усредненном радиусе движения потока), можно отметить, что они ниже из-за усреднения кривой движения частицы (рис. 6).

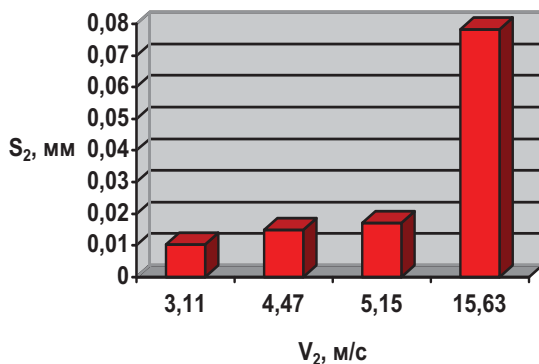


Рисунок 6 – Зависимость скорости движения частицы от пройденного пути по дуге

Выводы

Установлено, что при заполнении экспериментальной модели потока движутся по определенной траектории, описывая окружность или эллипс.

Рассчитана скорость передвижения частиц имитирующих модификатор как в модели кубической конфигурации, так и в модели цилиндрической формы.

Выявлено существование зависимости между скоростью передвижения частиц и конфигурацией полости экспериментальной модели формы.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Модифицирование чугуна ферросилицием в форме», Кривошеев А.Е., Эссельбах С.Б. «Литейное производство», 1976, №6.
2. «Внутриформенное модифицирование серого чугуна», Тен Е.Б., Изьуров А.Л., «Литейное производство», 1988, №6.
3. «Технология модифицирования серых чугунов», Васильев В.А., «Литейное производство», 1989, №2.
4. «Компьютерное моделирование вихревых потоков в реакционной камере литейной формы с фильтром», Бугаенко Г.И, Соценко О.В. «Теория и практика металлургии», 2007, №2-3.
5. «Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом», Захарченко Э. В., Левченко Ю. Н., Горенко В. Г., Вареник П. А. – Киев: Наука. думка, 1986. – 248 с.

Получено 02.02.2009г.