

Дудченко А. В., Тарасевич Н. И.*, Примак И. Н.*, Щеглов В. М.*

ПАО «Новокраматорский машиностроительный завод», Краматорск

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

Особенности сифонного способа заполнения формы при получении крупной стальной отливки в условиях скоростной заливки

Приведены результаты исследований, раскрывающие характер скоростных режимов заливки крупных стальных отливок с использованием сифонного способа заполнения формы. Установлены оптимальные условия применительно к указанному типу заливки.

Ключевые слова: сифонная заливка, литье, отливки, математическое моделирование, гидродинамика

Настоящая публикация является завершающей в серии из трех [1, 2], описывающих исследования в области скоростной заливки форм, изготовленных из холоднотвердеющих смесей.

Способ заливки форм с сифонным подводом металла имеет принципиальное отличие от двух описанных выше. Кроме того, следует отметить, что в зарубежной практике основная ставка специалистов-литейщиков была сделана именно на такой способ заливки.

Как и в предыдущих случаях, в качестве объекта исследования принята опытная отливка «Плита» с размерами Д×Ш×В: 1500×180×2000 мм. Особенности заливки изучали при четырех скоростных режимах заливки металла в форму: 30, 60, 90 и 120 с. Масса жидкого металла отливки составила 7164 кг.

Металл подавали в форму через три щелевых питателя и расширяющуюся литниковую систему при постоянном значении расхода.

Исследования проводили с использованием метода компьютерного моделирования и программного комплекса «MagmaSoft» v. 4.4.

Для оценки значений скорости металла в литниковой системе и форме установили виртуальные датчики (рис. 1). Расходные характеристики литниковой системы представлены в табл. 1.

Ниже проведен анализ гидродинамических и теплофизических процессов, происходящих при использовании сифонного способа заливки форм.

Воздействие динамического напора в литниковой системе данной конструкции неминуемо вызывает значительную неравномерность расхода металла по питателям. По мере увеличения скорости разлива эта неравномерность становится ярче выраженной. Максимальный расход металла происходит в третьем питателе. Именно благодаря его работе в центре отливки возникает вихревое течение. Формирование вихря становится явно выраженным по мере подъема металла до второй трети высоты формы и окончательно формируется при начале заполнения прибыльной надставки (рис. 2).

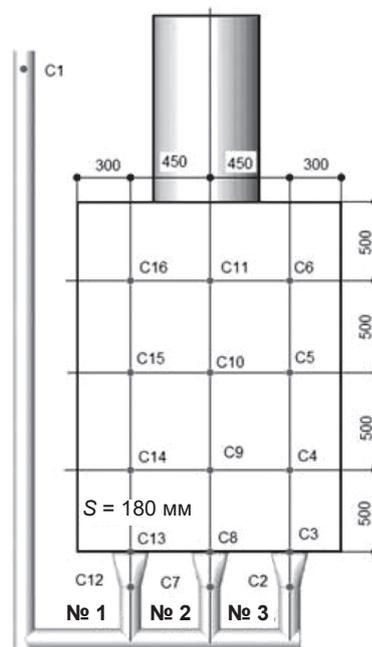


Рис. 1. Схема расположения виртуальных датчиков при моделировании заполнения формы.

Более интенсивная работа третьего питателя, по сравнению с двумя другими, вызывает увеличение скорости движения потоков металла, что влечет за собой падение давления в этой области. Схема движения потоков металла от второго и первого питателей определяется зоной пониженного давления вблизи канального течения, создаваемого третьим питателем. Образующееся вращательное движение

Таблица 1

Величина расхода металла при заливке.

Время заливки τ , с	Скорость заливки формы	
	кг/с	мм/с
120	59	28
90	79	37
60	118	55
30	237	109

Время заполнения формы, с

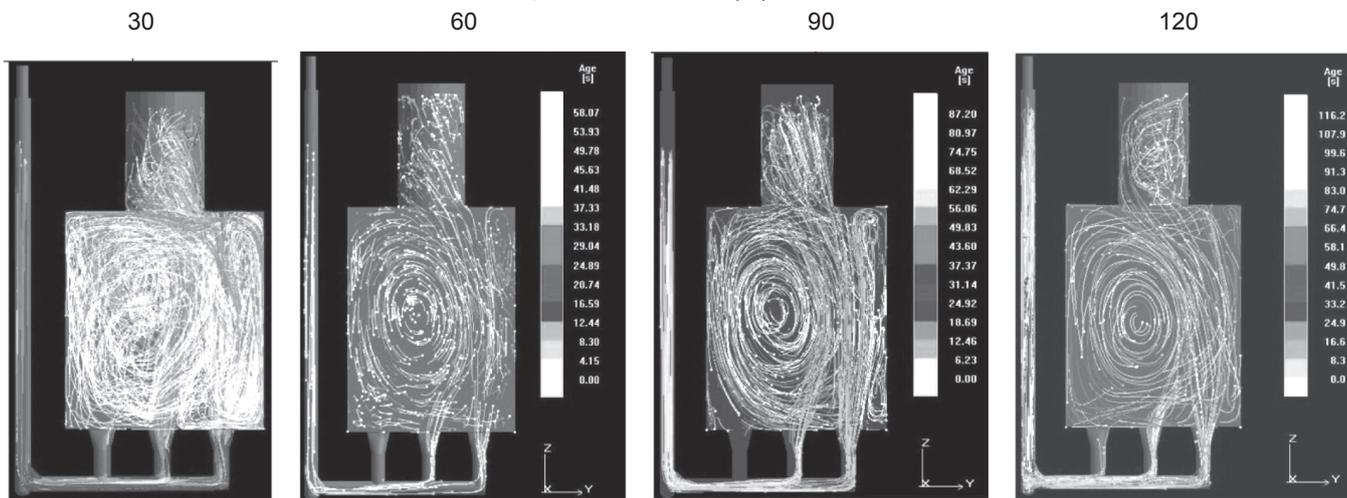


Рис. 2. Поля траекторий перемещения пробных частиц после полного заполнения формы при различном времени заполнения через сифонный подвод

Продолжительность заполнения формы, с

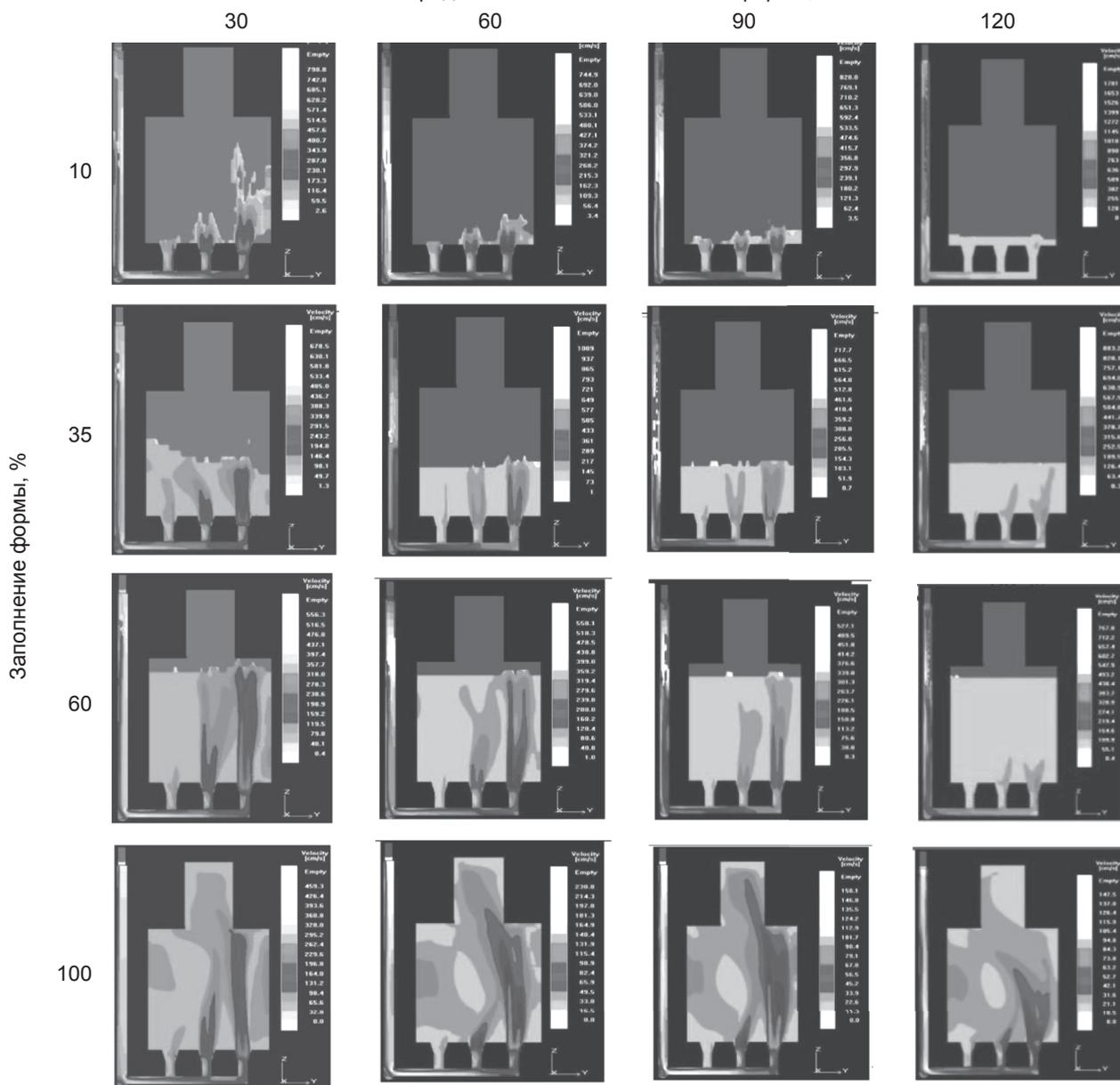


Рис. 3. Поля скоростей металла на разных этапах заливки при различной продолжительности заполнения формы через сифонный подвод

вызывает отклонение потока металла из второго и третьего питателей от вертикальной оси.

Высота столба металла в форме и общая величина расхода литниковой системы оказывают взаимно противоположное влияние на работу первого питателя. Когда противодавление столба металла в форме становится достаточным, работа питателя выражена слабо или полностью прекращается (рис. 3). При этом необходимо отметить, что процесс инжекции металла обратно в литниковую систему также слабо проявляется. При низкой скорости заливки (120 с и выше) заполнение формы происходит практически через три питателя. Увеличение скорости разливки приводит к перераспределению расхода металла через питатели – снижается количество

металла, поступающего через первый питатель, и увеличивается объем металла, который проходит через третий питатель. Время включения питателей не зависит от величины расхода металла в литниковой системе, но последовательность включения всегда сохраняется – от третьего питателя к первому.

Практически во всех вариантах заливки присутствует мощное канальное течение, при котором интенсивные потоки металла, истекающие из второго и третьего питателей в вертикальном направлении, обладают достаточной энергией для преодоления зоны вихревого течения. Огибающая зону завихрения, которая формируется в левой части отливки, они достигают полости прибыли, тем самым способствуя формированию однородного температурного поля,

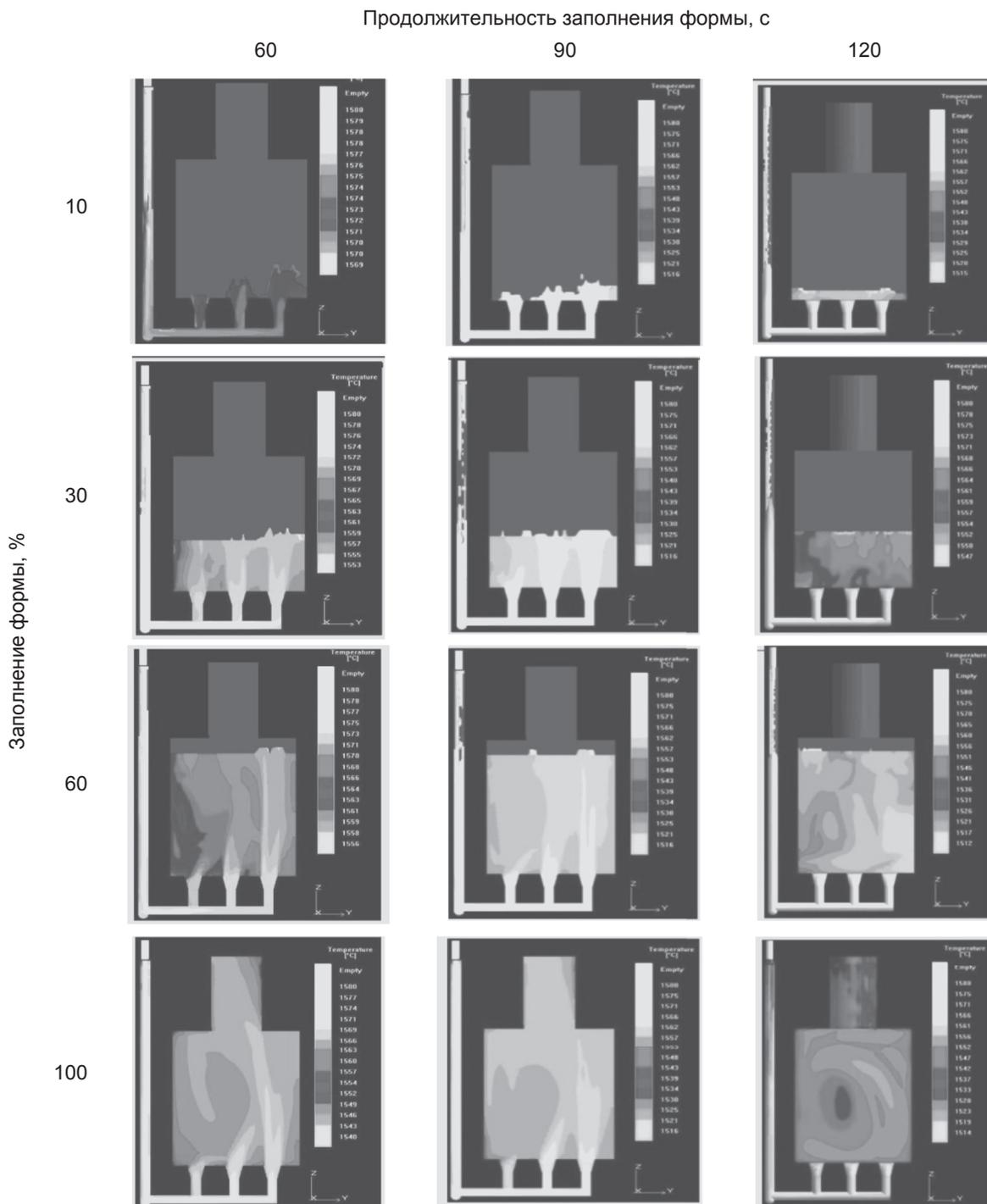


Рис. 4. Поле температур металла на разных этапах заливки при различной продолжительности заполнения формы через сифонный подвод

что положительно влияет на создание направленного температурного градиента при затвердевании отливки (рис. 4).

Для заливки за 30 с на начальном периоде заполнения формы характерным является образование волны металла, перемещающейся от одной стенки формы к другой. Это возмущение свободной поверхности нивелируется приблизительно через 15 с заливки вертикальными потоками металла, истекающими из питателей. При более медленном заполнении формы образования волн не наблюдается.

В процессе поступления металла под затопленный уровень одним из ключевых факторов в рассматриваемой системе является воздействие на металл силы тяжести, вектор которой направлен в сторону, противоположную вектору мгновенной скорости элементарных объемов металла, поступающих в форму. Скорость движения металла в форме представляет собой суперпозицию всех силовых факторов, сопровождающих заливку. Но только при рассматриваемом способе подвода скорость поступающего металла снижается максимально из-за воздействия именно силы тяжести.

Степень заполнения стояка при данной схеме заливки определяется количеством металла, поступившим в литниковую систему за конкретный промежуток времени. Для заливки за 30 с характерной является высокая степень наполненности стояка. В остальных вариантах, после заполнения формы на одну треть, уровни металла в стояке и форме выравниваются. Первоначальное превышение уровня металла в стояке для указанных вариантов можно объяснить неустановившимся режимом движения металла в литниковой системе. Для данного типа литниковой системы характерно сохранение оптимальных показателей движения потока на протяжении всего периода заливки за 120 и 90 с. В вариантах заливки за 60 и 30 с лучшие показатели наблюдаются во второй половине этого периода. Несмотря на то, что литниковая система удовлетворительно работает, начиная со скорости заливки 55 кг/с (заливка за 60 с), вполне закономерным было бы получение неудовлетворительного внутреннего качества реальной отливки. Причиной этого, как указывалось выше, может стать высокая динамика потоков в областях канального течения металла.

Следует отметить значительную неравномерность расхода металла по питателям литниковой системы, вследствие чего возникает необходимость изменения конструкции литниковой системы и придания ей симметричной конфигурации.

Мощное канальное течение, возникающее при скоростной заливке и имеющее несимметричное расположение относительно вертикальной оси отливки, оказывает в результате отрицательное влияние на формирование положительного температурного градиента отливки. В дальнейшем это подтвердили при анализе критериев, оценивающих ход процесса кристаллизации. Именно в местах с наибольшей интенсивностью потока прогнозировали образование дефектов усадочного (и газоусадочного) происхождения. В табл. 2 приведены значения скорости

потока металла, зафиксированные виртуальными термопарами в точках С6, С11, С16, находящихся у противоположной питателям стенки отливки.

Таблица 2

Замеры скорости движения потока металла

Номер датчика	Скорость потока, см/с при продолжительности заливки, с			
	120	90	60	30
С 6	0,1/0,2	0,3/0,5	0,5/1,3	1,2/1,8
С 11	0,1/0,3	0,3/0,4	0,3/0,4	0,2/0,6
С 13	0,1/0,2	0,2/0,5	0,1/0,5	0,3/0,4

Числитель – min скорость; знаменатель – max скорость.

Из приведенных данных можно сделать вывод о близости характера движения потоков металла в форме в районе установки датчиков С6 и С11 к режиму автомодельности. Наибольшие колебания скорости потока можно отметить только непосредственно над третьим питателем. То есть, основополагающими моментами движения металла в форме являются именно конструкция литниковой системы и конфигурация отливки.

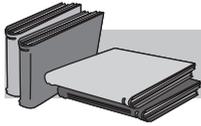
Пределы изменения скорости металла на выходе из 1-2-3 питателей составляют соответственно: (0,2/1,3)-(0,5/2,4)-(0,2/3,0) м/с.

Несмотря на то, что для исследований приняли вариант литниковой системы с прогнозируемой асимметрией работы питателей, полученные результаты дают возможность оценить работу литниковой системы с сифонным подводом металла как наиболее полно соответствующую требованиям скоростной заливки. Благодаря совместному использованию различных явлений гидравлической природы, таких как стабилизация формы свободной поверхности металла за счет вертикальных потоков металла из питателей, максимальное использование противодействия силы тяжести и прочих удается получить управляемый режим заливки с заданными параметрами потока.

Выводы

В процессе скоростной заливки можно достичь оптимальных параметров заполнения полости формы при сифонном подводе литниковой системы. Следовательно, для отливок ответственного назначения, заливаемых за минимально возможный промежуток времени, необходимо использовать подвод металла снизу через сифонную литниковую систему с оптимизацией параметров потока металла, истекающего из питателей, выравниванием расхода через питатели, снижением скорости потока на выходе металла из питателя.

Для различных конструкций отливок эффективными могут стать технологические решения по созданию «подушки» металла путем заполнения части формы через сифонный подвод с другими вариантами подвода металла.



ЛИТЕРАТУРА

1. Дудченко А. В., Тарасевич Н. И., Примак И. Н. Особенности заполнения формы крупной стальной отливки с использованием этажной литниковой системы с прямым стояком. – *Металл и литье Украины*. – 2013. – № 3. – С. 16-20.
2. Дудченко А. В., Тарасевич Н. И., Примак И. Н. Особенности заполнения формы крупной стальной отливки с использованием этажной литниковой системы с обратным стояком. – *Металл и литье Украины*. – 2013. – № 4. – С. 12-16.

Анотація

Дудченко А. В., Тарасевич М. І., Примак І. М., Щеглов В. М.

Особенности сифонного способа заполнения формы при получении большой стальной отливки в условиях высокой скорости заливки

Наведено результати досліджень, які розкривають характер швидкісних режимів заливки при одержанні крупних сталевих виливків з використанням сифонного способу заповнення форми. Встановлено оптимальні умови стосовно даного типу заливки.

Ключові слова

сифонна заливка, лиття, виливки, математичне моделювання, гідродинаміка

Summary

Dudchenko A. V., Tarasevich N. I., Prymak I. N., Shcheglov V. M.

Features of the siphon method of filling in the form when receiving a large steel casting in pouring speed

The results of investigations that explore the character of speed rates of large castings pouring in a storied gating system with the siphon method are given. There are defined the optimal by pouring speed limits of feasibility of the gating system with the siphon method.

Keywords

the siphon method, large steel casting, founding, castings, mathematical modeling, hydrodynamics

Поступила 10.07.13

**Редакция журнала «Металл и литье Украины»
может подготовить заказной номер издания**

Ориентировочная стоимость заказного номера – 6750 грн.
(объем до 5 уч.-изд. л.)

Ориентировочная стоимость заказного спаренного номера – 13000 грн.
(объем до 10 уч.-изд. л.)