

УДК 621.74.002.6

## **ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ПОРИСТОСТИ В ХОДЕ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВКИ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ**

*И.Н. Ердаков, А.В. Герасимчук, К.С. Якшимбетова, Р.Д. Габбасов*

В статье с применением конечно-элементного пакета LVMFlow проведен анализ процесса образования пористости при затвердевании отливки сложной формы.

Ключевые слова: отливка, течение расплава, пористость, метод конечных элементов.

Качество отливки во многом определяется характером движения расплава в полости литейной формы [1]. Именно на последней стадии заполнения формы в отливке образуются многие дефекты такие, как засоры, рыхлоты, газоусадочная пористость и др. Перемещение расплава в этой части формы определяется скоростью вытекания металла из питателей, направлением потока, высотой его падения и конфигурацией полости.

В первоначальный момент заполнения формы струя металла либо будет плавно стекать по стенке, либо отрываться от неё и свободно падать, либо ударяться о противоположную стенку и стекать вниз. При любом из вариантов заполнения формы существует вероятность размыва её поверхности или местного разогрева. В следствие чего отливка может загрязняться неметаллическими включениями или из-за медленного охлаждения в разогретой части формы могут образоваться усадочные рыхлоты.

Наиболее опасным при заполнении формы является образование открытых вихрей, захват окислов воздуха и разбрызгивание расплава. Это в первую очередь касается сплавов склонных к окислению – алюминиевых или магниевых. Интенсивно выделяющийся на оксидных подложках замешанный в расплав водород при кристаллизации приводит к формированию газоусадочной пористости. Сложная конфигурация литейной полости только усугубляет проявление данного дефекта. Чем конфигурация сложнее, тем больше внимания следует уделять динамике потока металла в форме при разработке технологического процесса.

Современный уровень развития методов компьютерного моделирования позволяет проводить высокоточный анализ сложных физических процессов, протекающих в литейной форме. Например, течение расплава в форме и его затвердевание можно изучать для отливок с конфигурацией любой сложности. Для этого используют системы компьютерного моделирования CAE (computeraidedengineering), а перед расчётом твердотельная модель отливки с литниковой системой и прибылями строится в системе компьютерного конструирования CAD (computeraidedengineering).

В рамках данной статьи проведем исследование процесса образования пористости в алюминиевой отливке «корпус теплообменника», конфигурация которой считается сложной.

Сначала построим в САД-системе SolidWorks трехмерную модель литой детали (рис. 1). Затем достроим литниково-питающую систему, включающую два щелевых питателя и четыре прибыли (рис. 2).

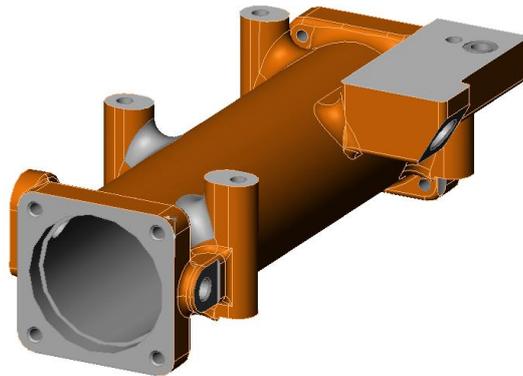


Рис. 1. Трёхмерные модели детали «корпус теплообменника»

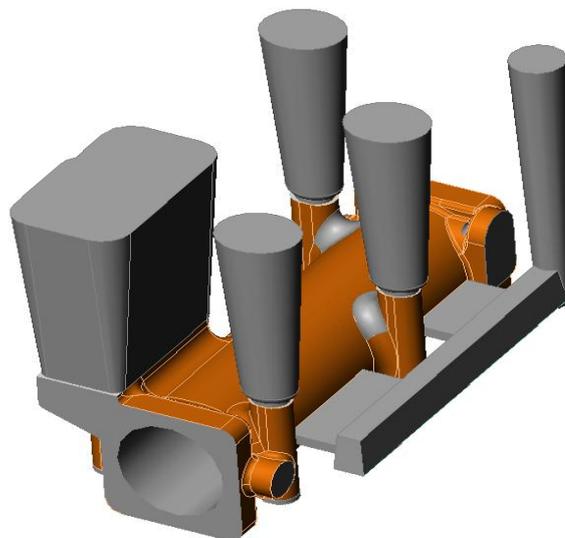


Рис. 2. Трёхмерные модели отливки с литниково-питающей системой

Большая прибыль исключит образование усадочную пористость в массивной части отливки и обеспечит качество плоской поверхности детали после механической обработки [2].

В САЕ-системе LVMFlow создадим конечно-разностную модель исследуемой системы (рис. 3), зададим начальные и граничные условия. При этом расчёт будем вести для сплава АК7ч и формы из холодно-твердеющей смеси, температура заливки сплава будет 720 °С, температура формы – 20 °С.

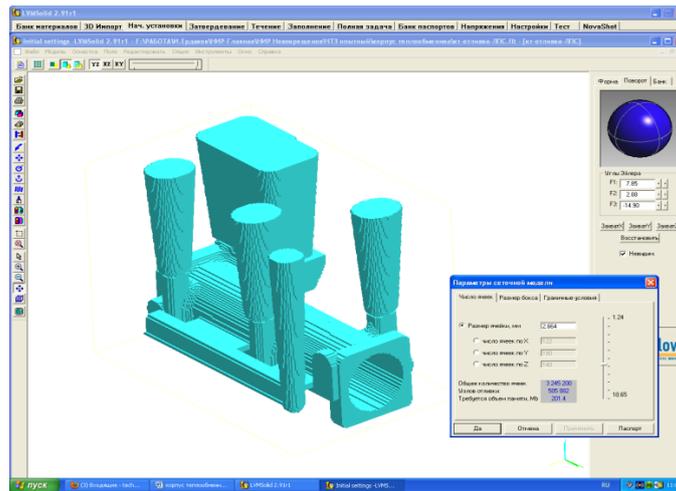


Рис. 3. Конечно-разностная модель в системе LVMFlow

Результаты компьютерное моделирование процесса заполнения формы и остывания расплава для отливки «корпус теплообменника» представим на рис. 4 и 5.

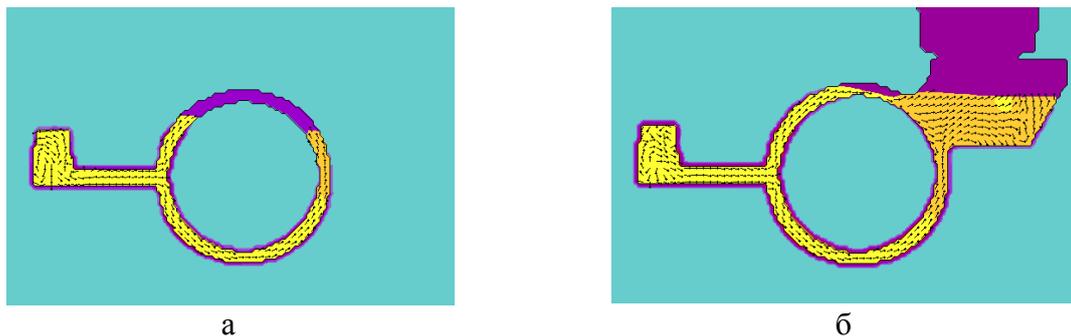


Рис. 4. Захват воздуха расплавом в конце заполнения литейной полости:  
а – поперечное сечение формы в средней части отливки;  
б – поперечное сечение формы в части отливки в с массивной прибылью

Заполнение формы сложной конфигурации начинается с соударения впускного потока металла о стержень. В этот момент поток силикона становится дисперсным и начинает насыщаться окислами. По мере заполнения формы дисперсный поток расплава становится сплошным.

В конце стадии заполнения в верхней цилиндрической части отливки запертый воздух замешивается в расплав (см. рис. 4). В следствие характерного распределения температуры расплава перед началом затвердевания распадающихся комплексов  $(Al_2O_3)_xH$ ,  $((Al_2O_3)_xH_2O)_yH$  начинает выделяться водород.

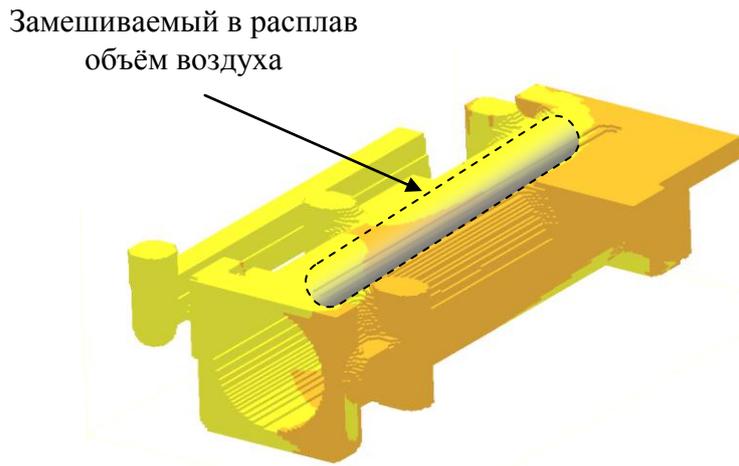


Рис. 5. Распределение температуры расплава перед началом затвердевания отливки (светлая область соответствует температуре заливки сплава)

В подтверждение рассмотренному механизму образования пористость следует привести тот факт, что данный вид дефекта в верхней части отливки проявляется при её изготовлении на опытном производстве челябинского тракторного завода.

Вывод. Совершенствование технологии литья отливки «корпус теплообменника» следует вести в направлении тщательного рафинирования сплава перед заливкой, снижения образования открытых вихрей металла при входе потока расплава в полость формы, и обеспечения удаления воздуха в конце заполнения полости через выпора или воздушный канал литейного стержня. Дополнительно к этим мероприятиям в проблемной зоне отливки может быть применено импульсное электромагнитное воздействие на расплав [3].

#### Библиографический список

1. Гуляев, Б.Б. Теория литейных процессов / Б.Б. Гуляев. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1976. – 216 с.
2. Пименов, Д. Ю. Определение оптимального варианта многопереходной обработки торцовым фрезерованием / Д. Ю. Пименов // Металлообработка. – 2006. – № 5–6. – С. 73–74.
3. Новокрещенов, В.В. Производство высококачественных литых деталей из алюминиевых сплавов / В.В. Новокрещенов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 208–210.

[К содержанию](#)