

Студенты гр. 104317 Кузьмич В.Н., Сержан А.С.
Научный руководитель – Крутилин А.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Возможность экономии материальных ресурсов за счет совершенствования и широкого внедрения прогрессивных технологий и повышения качества литых заготовок достигается за счет использования специальных способов литья, которые наиболее полно удовлетворяют требованиям серийного производства. При литье под давлением отходы металла в стружку могут быть значительно уменьшены, а в ряде случаев и полностью исключены, при этом обеспечивается высокая размерная точность и качество поверхности получаемых заготовок. К преимуществам литья под давлением следует отнести высокую производительность процесса, возможность механизации и автоматизации большинства технологических операций.

Наряду с преимуществами процесса литья под давлением ему присущи и специфические недостатки – повышенное газосодержание и пористость получаемых заготовок. Пористость – один из наиболее распространенных дефектов при литье под давлением. Она резко снижает механические и эксплуатационные свойства отливок. Образование пор может происходить в результате усадки при затвердевании, выделения газов из расплава в результате снижения его растворимости при понижении температуры. Большое влияние на образование пористости оказывает процесс эжекции струей расплава воздуха и газообразных продуктов термодеструкции используемых смазок. Газосодержание отливок зависит также от конфигурации литниковой системы и места подвода питания, соотношения размеров толщин стенок отливок и питателей.

Очевидно, что необходимы достоверные количественные данные о процессе образования пористости на всех этапах ее формирования. Математическое моделирование является основой совершенствования всех показателей литья под давлением, в том числе и качества отливок.

Базовый модуль системы математического моделирования литейных процессов ProCast позволяет предсказать вероятность образования пористости усадочного происхождения. Для учета начального газосодержания расплава на образование пористости применяется специальный модуль улучшенного расчета пористости (АРМ).

В основе модуля лежит решение уравнения Дарси и микросегрегации газа. Модель микропористости используемая АРМ базируется на двух основных явлениях – падение давления в твердо-жидкой зоне и выделении газов из расплава. Для того, чтобы рассчитать падение давления в твердо-жидкой зоне мелкая и равномерная конечно-объемная сетка перепривязывается к конечно-элементной сетке, используемой для расчета гидродинамической и тепловой задач.

Первоначально модель была разработана только для алюминиевых сплавов, поэтому рассматривается только один газ - водород. В большинстве сплавов растворяется определенное количество газа в твердой фазе и в жидкости. Для образования поры расплав должен быть пересыщен растворенным газом. Перенасыщению внутридендритной жидкости сопутствует увеличение содержания водорода из-за сегрегации, падение давления во время заполнения и снижения температуры. В вышеописанной модели формирования микропористости поры начинают образовываться при содержании водорода, превышающем равновесное значение, которое определяется по закону Сиверта (зависимость концентрации растворенного вещества от действующего давления).

Т.к. объединенные уравнения Дарси и уравнение сохранения масс решаются только в твердо-жидкой зоне, то необходимо точно задавать граничные условия для этих зон. Особой точностью должны обладать условия, приложенные к переднему краю растущей эвтектики. Это необходимо для точного расчета массового баланса и поля давлений.

Процесс заполнения полости пресс-формы расплавленным металлом сопровождается вытеснением из нее газа, который выходит через особые вентиляционные каналы, а также через зазоры между сочленяющимися деталями формы. Заполнение формы происходит очень быстро, поэтому вентиляционные каналы должны обеспечить необходимую пропускную способность для выходящих газов. Если проходное сечение вентиляционных каналов оказывается недостаточным, то часть газов не успеет удалиться из формы и в результате получится брак по газовым включениям.

В расчетах расхода газов через вентиляционные каналы используется два типа технологического процесса литья по принципу максимального и минимального трения.

При минимальном трении сохранение перегрева расплава достигается вследствие быстрого заполнения полости пресс-формы, без значительных потерь тепла, за счет уменьшения гидродинамического сопротивления системы. С этой целью литниковые каналы следует делать достаточных размеров, с плавными изгибами, без резких изменений величины сечений. Сравнительно спокойное движение расплава позволяет лучше организовать вентиляцию пресс-формы при заполнении ее расплавом.

Для обеспечения максимального трения на пути металла создают специальное гидродинамическое сопротивление, чтобы вызвать разогрев расплава при заполнении формы. Необходимость создания большого гидродинамического сопротивления на пути металла вынуждает увеличивать в машинах усилие прессования. Это усложняет и удорожает процесс.

Рассматриваемые типы заполнения полости формы в чистом виде встречаются сравнительно редко.

Используемые системы моделирования, к сожалению, не позволяют рассчитать количество газа захваченного расплавом при заполнении пресс-формы, в то время как этот процесс является основным виновником образования пор.