

УДК 621.745.043

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИТНИКОВО-ПИТАЮЩИХ СИСТЕМ ОТЛИВКИ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Токарев Виталий Александрович

Студент 6 курса,

кафедра «Литейные технологии»

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель: А.А. Мандрик,

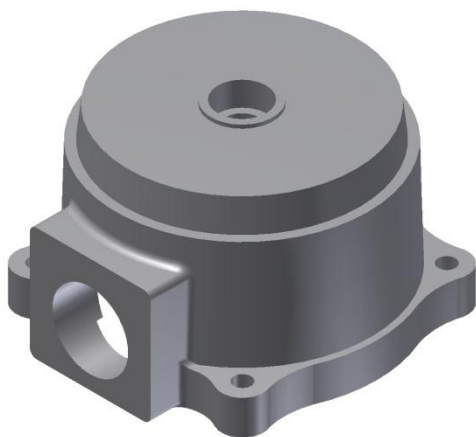
к. т. н., доцент кафедры «Литейные технологии»

Тенденции развития машиностроения в мире диктуют необходимость перехода отечественного промышленного комплекса на новый уровень, путем усовершенствования технологий, а также, расширением номенклатуры изготавливаемых изделий.

Для литья под давлением, увеличение номенклатуры выпуска отражается необходимостью усовершенствования процесса проектировки и изготовления литейной оснастки – пресс-форм, основной проблемой при проектировке которых, является поиск оптимальной конфигурации литниково-питающих систем, обеспечивающих качественное заполнение рабочей полости. Основным, из самых важных правил, является сокращение пути движения металла в пресс-форме. Металл должен как можно меньше охладиться на пути к полости, оформляющей отливку. Однако, при изготовлении отливок с небольшими габаритными размерами, возникает вопрос о максимально-возможном использовании рабочего пространства пресс-формы, что позволит снизить себестоимость отливки, сроки изготовления партии, а также снизить уровень износа оборудования и энергопотребления технологической системы. В связи с этим, проектировщики пресс-форм предлагают использование многогнездных формообразующих вставок, что не всегда позволяет обеспечивать подачу металла в рабочую полость максимально эффективно, с точки зрения заполнения. Подобные ограничения могут привести к необходимости доработки формообразующих после изготовления и проведения испытаний, что неблагоприятно сказывается на себестоимости оснастки.

Современный уровень вычислительной техники позволяет снизить затраты на проведение экспериментов и поиск оптимальных решений, при постановке конкретной задачи становится возможным моделировать процессы заполнения полости формы при несущественных ограничениях и допущениях по физике процесса течения расплава. На основании данных, полученных в результате моделирования, можно проектировать формообразующие вставки, используя наиболее оптимальные конфигурации литниково-питающих систем для конкретного типа отливок.

Анализ исследуемой отливки.



Для проведения исследований была выбрана деталь, представляющая собой корпус электродвигателя РД-09.

- 1) габариты – небольшие, 83X78X50 мм;
- 2) сложность – 2я группа;
- 3) разностенность – практически отсутствует
- 4) серийность – массовое производство;
- 5) материал отливки – АК12М2:
 - $T_l = 870 \text{ K}$, (температура ликвидуса)
 - $T_t = 840 \text{ K}$, (температура эвтектики)
 - $T_f = 473 \text{ K}$, (температура формы)
 - $\rho = 2670 \text{ кг/м}^3$, (средняя плотность)

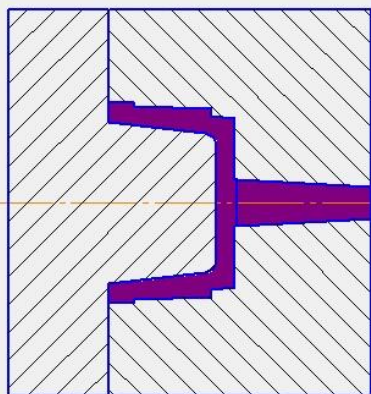
Рис. 1 Исследуемая отливка.

При литье отливок такого типа («Стакан») в многогнездные формы производители сталкиваются со следующими дефектами:

- 1) Спаи (соединение потоков расплава);
- 2) Пригар (в удаленных от питателя областях);
- 3) Недоливы (торцевая стенка);
- 4) Газовые пустоты (захват «пузыря»);
- 5) «Рыхлота» (торцевая стенка);

Выбор оптимального способа подвода расплава:

Отливка имеет коробчатую круглую форму, следовательно наилучшим способом подвода металла будет расположение питателя в центре торца корпуса (Рис. 2):



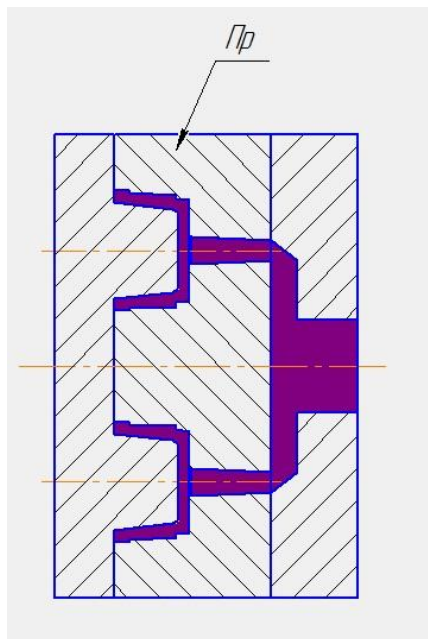
- подводя расплав таким способом мы можем обеспечить наиболее благоприятный вариант заполнения и максимально снизить захват газов движущимся расплавом.

Такой способ подвода можно обеспечить при формировании в рабочей полости только одной отливки, но в этом случае мощность машины не будет использована полностью, а следовательно такое производство будет экономически невыгодно.

Рис. 2 Наилучший способ подвода.

Вопрос о формировании нескольких отливок может быть решен, если в пресс-форме предусмотреть дополнительную подвижную плиту между подвижной и неподвижной полуформами (Рис. 3):

- конструкция такой пресс-формы реализуема, однако не технологична, поскольку встает вопрос об обеспечении движения промежуточной плиты от самостоятельного привода при раскрытии пресс-формы, а также синхронизации его работы с приводами машины. Также, выталкивание обрубленных литников из промежуточной плиты будет весьма проблематичным.



Учитывая сложность изготовления и обеспечения работы пресс-форм с промежуточными плитами на стандартных машинах литья под давлением с холодной горизонтальной камерой прессования, появляется необходимость поиска питающей системы, с подводом металла параллельно плоскости разъема пресс-формы.

Рис. 3 Многогнездная ПФ.

Варианты литниковых систем.

Для отвода модели эксперимента от абстрактности, необходимо задаться конкретными технологическими параметрами исследования. Принимаем, что запрессовка расплава в пресс-форму будет осуществляться на машине 71108 («ТИРАСПОЛЬСКИЙ ЗАВОД ЛИТЕЙНЫХ МАШИН ИМ. С.М.КИРОВА»). Обеспечивающая усилия запирания 250 тс, а прессования 30 тс. Расчет на «не раскрытие» пресс-формы показывает, что оптимальным количеством таких отливок в плоскости разъема – будет 4, а следовательно, наиболее логичным, будет использование симметрии расположения отливок, относительно центра плиты машины. Таким образом, можно предложить некоторые варианты конфигурации ЛПС (литниковых питающих систем):

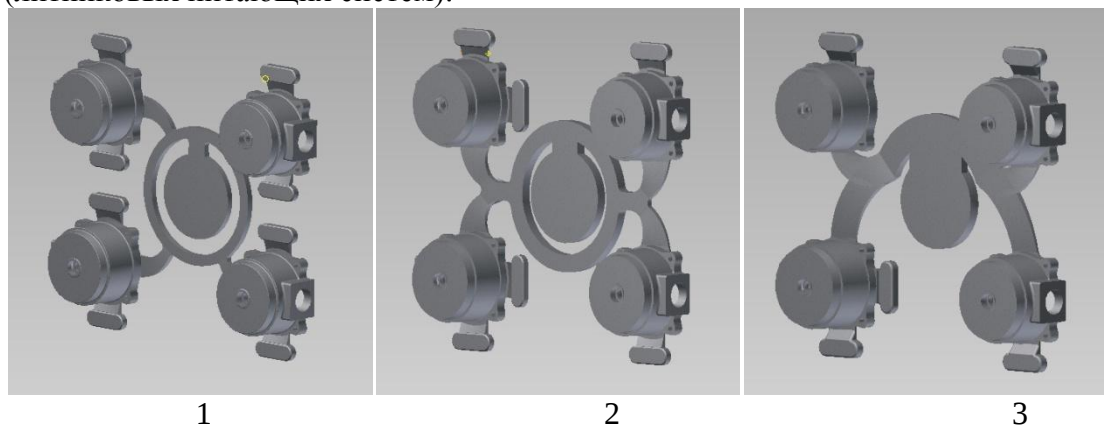


Рис. 4 Варианты ЛПС.

ЛПС№1.

- имеет не широкий (20мм) подводящий канал, кольцевой коллектор с ответвлениями к каждой отливке.

ЛПС№2.

- имеет такой же подводящий канал, как и у первой системы, однако питание отливок осуществляется попарно;

ЛПС№3.

- подводящий канал сразу переходит в литниковый ход к отливкам;

При выборе литниковой системы того или иного типа необходимо стремиться к обеспечению направленного заполнения, которое зависит не только от места подвода питателя, но и от отношения толщины $\delta_{\text{пит}}$ к толщине $\delta_{\text{отл}}$ стенки отливки в месте подвода металла. Если отношение $\delta_{\text{пит}} / \delta_{\text{отл}} > 1/2$, то после удара струи о преграду начинается заполнение полости формы сплошным или дисперсным (с последующим превращением в дисперсно-турбулентный) потоком, который движется в направлении, обратном направлению движения металла в питателе, ухудшая качество отливки. При отношении $\delta_{\text{пит}} / \delta_{\text{отл}} < 1/2$, возможность создания направленного потока заполнения повышается. [1].

В нашем случае отливка имеет коробчатую круглую форму и следовательно, наилучшим вариантом было бы подвести питатель к донной части, так как при подводе в стенку потоку металла приходится дважды менять свое направление, тем самым он теряет кинетическую энергию, что может привести к плохому заполнению формы, а также может не дать произвести качественную подпрессовку. Однако, по техническим требованиям, внешняя сторона отливки не проходит инструментальную обработку, а ее ввод увеличит технологический цикл производства изделия и затраты.

Также, нежелательным был бы подвод металла по касательной, так как в этом случае невозможно гарантировать отсутствие замешивания большого количества газов в метал, а следовательно большой объем микро-, и возможно, макро- пористости.

Эти варианты могут проявиться как по отдельности, так и все вместе в рассмотренных литниковых системах. Поэтому необходимо смоделировать процесс заполнения пресс-формы расплавом и определить, положительные и отрицательные качества той, или иной литниковой системы, с целью создания комбинированной, наиболее оптимальной литниковой питающей системы наиболее благоприятной для данного случая.

Способ моделирования.

Для моделирования процесса заполнения используется программный пакет «FLOW-3D».

FLOW-3D - это CFD пакет общего назначения способный моделировать большое разнообразие задач течения жидкости. Хотя специализацией пакета является моделирование течений со свободной поверхностью, но FLOW-3D является превосходной программой для моделирования ограниченных и внутренних течений.

FLOW-3D представляет собой пакет «все включено» ...не требующий никаких дополнительных программ. Графический интерфейс пользователя связывает воедино постановку задачи (включая создание/импорт геометрии & генерацию сетки), препроцессинг, решение и обработку результатов, предлагая также несколько полезных утилит, таких как: просмотрщик STL файлов, руководитель решения и средства контроля за ходом расчета.

Результаты и анализ.

Отличительные ярко выраженные особенности ЛПС№2и3 от ЛПС№1:

ЛПС№2:

- после заполнения коллектора расплав из его нижней половины практически не попадает в подводящие питающие каналы отливки, следовательно коллектор играет роль промывника первого уровня;
- более равномерное затвердевание литниковой питающей системы за счет более плотной концентрации тепловых узлов в плоскости формирования рабочей полости

ЛПС№3:

- не пролив торцевой стенки (гнездо №2);
- закручивание движущегося расплава(в гнездах 1 и 2);
- большая площадь распределения удара на выходе из подводящего канала;
- более равномерное распределение температуры стенки, а следовательно отвода тепла, из-за увеличенной площади охлаждаемой поверхности ЛПС

Для оценки количественных показателей заполнения результаты моделирования занесены в таблицу (Табл.1)

Таблица 1 Результаты исследования

			ЛПС№1				ЛПС№2				ЛПС№3	
ЗАПОЛНЕНИЕ		Порядок заполнения	ГНЕЗДА									
			-	-	-	-	4	3	1	2	4-3	-
		Время заполнения, сек;	0,6				0,22				0,21	
		Падение температуры, град;	200				140				150	
		Давление в КП, МПа;	<100				240				175	
		Среднее давление заполнения гнезд, кПа;	3,5				28				30	
	СРОС	Пресс-Поршень в момент заполнения ЛПС, м/сек;	0,125				0,42				0,41	
		На выходе подводящего канала, м/сек;	5,8				7,4				5,7	

Т Б	На входе в питающий канал, м/сек;	3-7			12			4-6		
	На выходе из питающего канала, м/сек;	3-4			8			4-6		
З А Т В Е Р Д Е В А Н И Е	Время затвердевания ЛПС и Гнезд, сек;	3,09			6,13			6,55		
	МАХ % макро-пористости	9-14			≤7			23		
	Очередность затвердевания; + Момент времени, с;	Кол	Пит	Отл	Кол	Пит	Отл	Пит 1	Пит 2	Отл
		2	1	3	3	1	2	2	1	3
		1,65	0,93	3,09	6,13	0,69	1,74	0,67	0,60	3,48
	Температура стенки, град К;	600	572	650	620	510	620	604	550	620

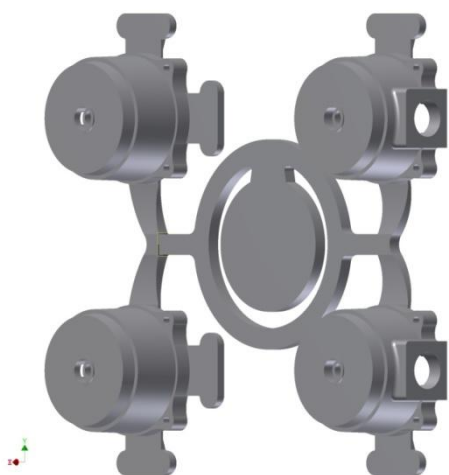
« » - предпочтительный показатель

Характеристики ЛПС, необходимые для достижения оптимального результата:

- 1) Время заполнения (ЛПС№3): обусловлено максимально-возможным широким подводящим каналом для данного диаметра камеры прессования, а также большим сечением питающих каналов;
- 2) Падение температуры металла при заполнении (ЛПС№2): меньше площадь охлаждаемой поверхности(поверхности соприкосновения расплава с материалом пресс-формы), но по сравнению с ЛПС№1 – БОЛЬШАЯ скорость заполнения, за счет площади поперечного сечения каналов;
- 3) Скорость движения пресс-поршня (ЛПС№3): увеличенная площадь сечения каналов литниковой питающей системы, по сравнению с двумя другими вариантами;
- 4) Скорость в питающем канале (ЛПС№2): расходящийся сдвоенный канал питания дает более стабильные динамические параметры заполнения, сокращая их разброс в два раза;
- 5) Время затвердевания (ЛПС№1): быстрая скорость затвердевания объясняется меньшей металлоемкостью литниковой питающей системой, это идет в разрез с другими параметрами характеризующими лучший процесс заполнения формы;
- 6) Максимальный процент вероятности макро-пористости(ЛПС№2): минимальная вероятность объясняется тем, что при данной конфигурации литниковой питающей системы концентраторы теплоотдачи располагаются вблизи питателей, что позволяет дольше осуществлять время подпрессовки отливок;

Окончательный вариант:

Анализ предложенных литниковых питающих систем позволяет подобрать наиболее удачную конфигурацию каналов, дающую в первом приближении наиболее стабильные показатели заполнения.



- динамические параметры заполнения и затвердевания для данной конфигурации аналогичны ЛПС№2;
- в отличие от ЛПС№2 данная система имеет более широкий подводящий канал;
- геометрия коллектора сохраняется вплоть до его перехода в питающий канал отливки;
- толщина питателей для верхних гнезд (I_{u2}) увеличена на 0,4мм, что привело к более равномерному заполнению гнезд;

Рис. 5 Окончательный вариант ЛПС.

Выводы.

При проектировании формообразующей вставки многогнездой пресс-формы для литья под давлением необходимо стремиться:

- 1) Обеспечить наиболее краткий путь движения металла к формообразующей полости отливки;
- 2) Сохранять постоянное сечение литникового канала, вплоть до вхождения в питатель;
- 3) Увеличивать сечение питателя для верхних гнезд, чтобы обеспечить одновременное заполнение всех гнезд и, тем самым, избежать перепадов давления при подпрессовке.
- 4) Использовать при симметрии расположения гнезд, кольцевой коллектор, необходимый для равномерного заполнения, а также выполняющий функцию теплового узла.

Литература

1. Литье под давлением/М. Б. Беккер, М. Л. Заславский, Л64 Ю. Ф. Игнатенко и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.: ил.
2. Горюнов И.И. Пресс-формы для литья под давлением. Справочное пособие. Л., «Машиностроение», 1973. 256 с.
3. Литье под давлением. Под ред. А.К. Белопухова. М., «Машиностроение», 1975. 400 с. с ил.