

К ВОПРОСУ О КОНСТРУИРОВАНИИ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ЛИТЬЕ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕМ

Е.В. Широков (г. Барнаул, Россия)

Конструирование и расчет литниковых систем является неотъемлемой частью разработки технологического процесса получения любой отливки. Исключение составляют процессы, относящиеся к некоторым видам специального литья. И в этом отсутствии литниковой системы при получении отливки естественно просматривается определенный экономический эффект. Однако, складывающееся развитие способа иногда предполагает использование несвойственных этому способу технологических приемов. Так, например, случилось в центробежном литье при получении фасонных отливок.

Формирование таких отливок в силовом центробежном поле без литниковой системы не представляется возможным. Дополнительный расход металла на литниковую систему компенсируется лучшими условиями заполнения рабочей полости вращающейся формы и лучшими условиями питания затвердевающей отливки. Отсюда возможность получения более качественных отливок при обязательном учете всех особенностей заполнения, которые проявляются при воздействии силового центробежного поля.

К этим особенностям, в частности, относятся относительные движения расплавленного металла в каналах литниковой системы вращающейся формы. Исследования относительных движений жидкого металла представляет практический интерес, так как они влияют на выбор таких технологических параметров, как скорость заливки, режим вращения формы, тип заливочного устройства и тип литниковой системы.

Опыт использования центробежной технологии для получения фасонных отливок показывает, что в зависимости от конструкции литниковой системы жидкий металл, поступающий в литниковые каналы, может вовлекаться во вращение по-разному.

Попадая из заливочного устройства в металлоприемник, расплав раскручивается и приобретает угловую скорость за счет сил трения. Сначала это трение между металлом и стенками металлоприемника, затем, внутреннее (вязкостное) трение в самом металле. При этом развивается такой вид относительного движения, как проскальзывание. Проскальзывание ухудшает затекание расплава в последующие каналы литниковой системы и ее работоспособность резко снижается. Устра-

нить проскальзывание в реальных условиях достаточно сложно, поскольку борьба с ним приводит к увеличению турбулентности потока и его аэрации. Гораздо рациональнее приспособиться к проскальзыванию за счет использования специальной конструкции литниковых каналов, которые сбрасывают расплав из металлоприемника непосредственно в рабочие полости. Такое технологическое решение нашло отражение в литейной практике, принимая в каждом конкретном случае свое специфическое очертание.

Попадая из металлоприемника в литниковый канал поток жидкого металла под воздействием силового центробежного поля ускоряется и принимает форму утоняющегося потока. Такой вид относительного движения называется движением с ускорением. Расплав отрывается от стенок литникового канала и как струйный насос захватывает воздушно-газовую смесь из атмосферы литейной формы, провоцируя образование дефектов в отливках. В этом случае, как и в случае с металлоприемником необходимо приспособиться и привести в соответствие конфигурацию стенок литникового канала к конфигурации потока расплава. Этот технологический прием отработан слабо и требует дополнительных исследований теоретического и экспериментального характера.

Для создания условий безотрывного течения расплава, рассмотрим систему литниковых каналов, состоящую из металлоприемника и питателя, сходящуюся конфигурацию которого необходимо определить (рисунок 1).

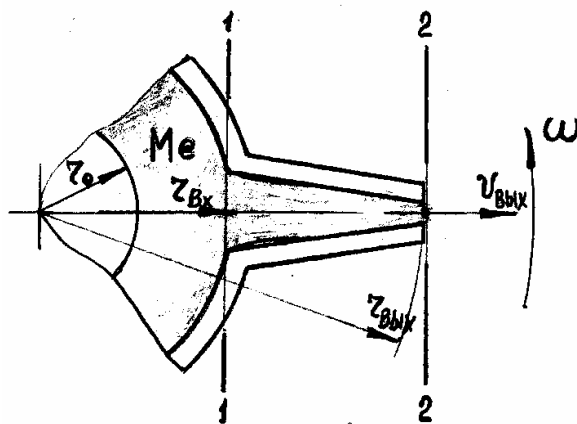


Рисунок 1 –Схема безотрывного течения расплава через вращающуюся литниковую систему

Для определения параметров каналов питателя воспользуемся уравнением неразрывности, в котором выберем два контрольных сечения потока расплава. Одно сечение проведем непосредственно за входным отверстием канала, когда поток уже сформировал свою сужающуюся конфигурацию (сжатое сечение). Второе сечение проведем на выходе из канала

$$v_{СЖ} F_{СЖ} = v_{ВЫХ} F_{ВЫХ}.$$

Отсюда при коническом сечении канала питателя

$$d_{ВЫХ} = d_{СЖ} \sqrt{\frac{v_{СЖ}}{v_{ВЫХ}}}.$$

Подставляя в формулу выражения скоростей в контрольных сечениях получим

$$d_{ВЫХ} = d_{СЖ} \sqrt[4]{\frac{r_{СЖ}^2 - r_0^2}{r_{ВЫХ}^2 - r_0^2}}. \quad (1)$$

Поскольку сходящаяся конфигурация питателя начинается на входе в канал, а не в сжатом сечении, необходимо определить параметр входного отверстия $d_{ВХ}$. Определение $d_{ВХ}$ возможно провести через параметр сжатого сечения $d_{СЖ}$, которые связаны между собой зависимостью

$$\frac{d_{СЖ}^2}{d_{ВХ}^2} = \varepsilon_{СТАЦ}$$

Здесь $\varepsilon_{СТАЦ}$ – коэффициент сжатия потока, который в стационарных условиях изменяется в пределах от 0,6 до 1,0.

В условиях действия силового центробежного поля коэффициент сжатия зависит от соотношения инерционных сил – центробежной силы и силы тяжести (влиянием силы Кориолиса пренебрегаем)

$$\varepsilon_{ЦЕНТР} = \left(1 - \frac{1 - \sqrt{\varepsilon_{СТАЦ}}}{K} \right)^2,$$

где K – гравитационный коэффициент, показывающий во сколько раз центробежная сила превышает силу тяжести.

Если исходить из минимального значения коэффициента $\varepsilon_{СТАЦ}$ (максимальное сжатие) равное 0,6 и десятикратного превышения центробежной силы над силой тяжести, значение коэффициента $\varepsilon_{ЦЕНТР}$ будет равно

$$\varepsilon_{ЦЕНТР} = \left(1 - \frac{1 - \sqrt{0,6}}{10} \right)^2 = 0,96. \quad (2)$$

При таком определении $\varepsilon_{ЦЕНТР}$ создается некоторый запас надежности работы канала питателя с безотрывным характером течения расплава. С учетом проведенных вычислений

$$d_{СЖ} = \sqrt{0,96} d_{ВХ} \quad (3)$$

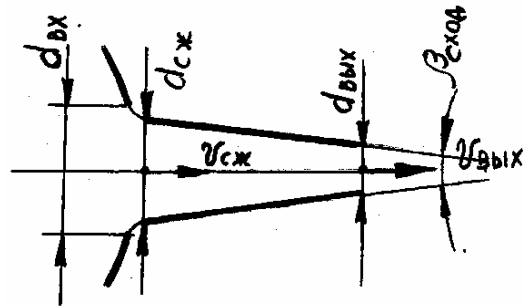


Рисунок 2 – Схема для определения сходимости канала питателя $\beta_{сход}$

Из рисунка 2 видно, что угол сходимости канала питателя равен

$$\beta_{сход} = 2 \arctg \frac{d_{ВХ} - d_{ВЫХ}}{2(r_{ВЫХ} - r_{ВХ})}$$

Подставляя последовательно в это уравнение выражения (1) и (3) получим после преобразований

$$\beta_{сход} = 2 \arctg \frac{d_{ВХ}}{2(r_{ВЫХ} - r_{ВХ})} \times \left[1 - 0,98 \left(\frac{r_{ВХ}^2 - r_0^2}{r_{ВЫХ}^2 - r_0^2} \right)^{0,25} \right] \quad (4)$$

Для определения правильности приведенных рассуждений проведена серия экспериментов, в которых была выявлена зависимость работоспособности вращающейся литниковой системы от угла сходимости канала питателя. В этой серии экспериментов истечение через канал питателя проводилось в условиях отсутствия проскальзывания расплава в металлоприемнике. Качественная зависимость расхода Q от $\beta_{сход}$ представлена на рисунке 3.

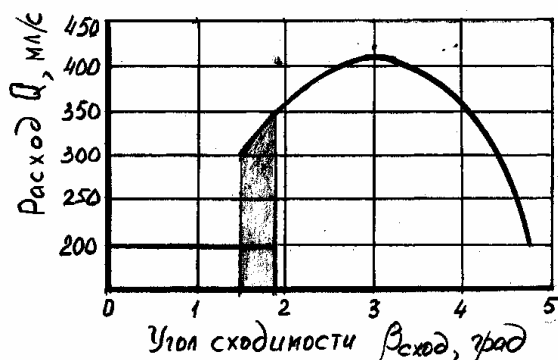


Рисунок 3 – Характер зависимости расхода вращающейся литниковой системы от угла сходимости канала питателя $\beta_{сход}$.

Анализ зависимости показывает сложную, но вполне объяснимую картину истече-

К ВОПРОСУ О КОНСТРУИРОВАНИИ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ЛИТЬЕ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕМ

ния. Кривая зависимости как бы разбита на несколько участков.

Незначительное изменение сходимости канала от его цилиндрической конфигурации в некотором диапазоне не меняет характер истечения. Этот период истечения является истечением через отверстие с одинаковым расходом. Дальнейшее увеличение сходимости приводит к появлению области неустойчивого расхода (тонированная часть графика на рисунке 3). В этой области работа конического канала питателя возможна и в режиме напорного течения и в режиме свободного течения расплава. В режиме напорного течения литниковая система повышает свою работоспособность, переходя из области неустойчивого расхода в область стабильного. При этом угол сходимости достигает своего оптимального значения при максимальной работоспособности системы. Увеличение работоспособности очевидно происходит за счет влияния длины канала питателя соприкасающейся с жидким металлом. Наконец работа системы переходит в область снижающегося расхода и зависит от соотношения силы центробежной, провоцирующей истечение и сил гидравлического сопротивления процессу истечения. Чем больше угол сходимости, тем существеннее степень обжата потока расплава стенками канала. Тот факт, что значение $\beta_{сход}$ оптимальное (смотри рисунок 3) несколько меньше значения $\beta_{сход}$ расчетного, определенного по формуле (4), можно объяснить начальным моментом формирования потока в сходящемся канале под действием центробежных сил.

Работа литниковой системы при заполнении реальной вращающейся формы происходит в условиях активного проскальзывания жидкого металла в металлоприемнике. Проскальзывание относительно стенок приемной части системы существенно влияет на затекание расплава во входное отверстие канала питателя и отражается на работоспособности всей системы. Относительное движение металла в металлоприемнике в большей степени проявляется при заполнении форм вращающихся вокруг вертикальной оси.

Для определения картины истечения в этих условиях, эксперименты проводили на установке вертикального вращения с разным конструктивным исполнением канала.

Первая серия экспериментов проводилась при истечении жидкости через литниковую систему (металлоприемник – питатель) с радиальным расположением канала питателя к металлоприемнику. Результаты экспериментов показывают (рисунок 4) высокую степень негативного влияния проскальзывания на поступление расплава в канал питателя. Увеличение угла сходимости канала в достаточно

широком диапазоне не позволяет сформировать напорное течение жидкого металла.

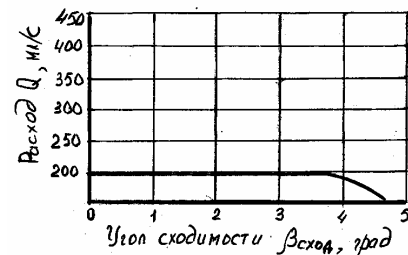


Рисунок 4 – Характер зависимости расхода системы с радиальным расположением канала от $\beta_{сход}$.

Истечение происходит как через отверстие (через входное отверстие канала) с одинаковым расходом. И только при значительном обжатии потока с запредельными значениями $\beta_{сход}$ восстанавливается безотрывное течение расплава вдоль канала питателя. При этом работоспособность системы резко падает и превращается в ноль поскольку сходящаяся поверхность канала замыкается сама на себя.

Вторая серия экспериментов проводилась при истечении жидкости через литниковую систему (металлоприемник-питатель) с касательным расположением канала питателя к металлоприемнику. Результаты экспериментов показывают (рисунок 5), что касательное расположение канала питателя является наиболее рациональным.

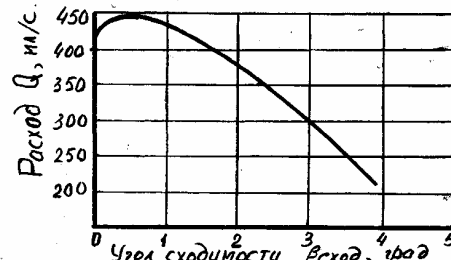


Рисунок 5 – Характер зависимости расхода системы с касательным расположением канала от $\beta_{сход}$.

Поступление металла из металлоприемника в питатель протекает активно с хорошей заполняемостью канала. Необходимая для обжата потока сходимость канала наступает быстро с величиной угла $\beta_{сход}$ меньшей, чем того требует расчет по формуле (4). Работоспособность системы высокая. Она быстро достигает своего максимума и затем только уменьшается, позволяя при этом выбирать необходимое для практических целей значение. Расчетное значение угла сходимости канала питателя может быть использовано в качестве первого приближения или как отправная точка для последующих корректировок.