



The results of numerical and experimental investigations on estimate of the melt amount necessary for feeding of the solidifying in mode casting are presented in the article.

Э. Ф. БАРАНОВСКИЙ, В. А. ПУМПУР, Г. П. КОРОТКИН, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ПОДПИТКИ ИЗ КОВША ПРИ ЛИТЬЕ В КОКИЛЬ ЗАГОТОВОК ЦИНКОВЫХ АНОДОВ

Для получения плотных качественных отливок, свободных от усадочных дефектов, необходимо правильно организовать питание отливки. Поэтому при разработке технологических процессов литья в первую очередь решаются вопросы определения наиболее рациональной формы и размеров прибыли и ее месторасположения. Эффективная работа прибыли заключается в бесперебойной подаче жидкого металла в отливку для компенсации объемной усадки в процессе затвердевания. Все металлы, за исключением висмута и его сплавов с сурьмой, имеют меньший удельный вес в жидком состоянии по сравнению с твердыми металлами. При расчете процесса питания необходимо определить наибольший дефицит питания ΔG_{\max} к моменту полного затвердевания отливки. В общем случае для отливки любой конфигурации наибольший дефицит питания за счет объемной усадки может быть определен из следующего выражения:

$$\Delta G_{\max} = V_{\text{отл}}\rho - V_{\text{ф}}\rho', \quad (1)$$

где ΔG_{\max} — максимальная масса металла, идущего на питание отливки; $V_{\text{отл}}$ — объем отливки в твердом виде; $V_{\text{ф}}$ — объем полости формы; ρ и ρ' — соответственно плотность металла в твердом и жидком состояниях.

Плотности ρ и ρ' металла в твердом и жидком состояниях берутся при температуре кристаллизации. Разница в объемах $V_{\text{ф}}$ и $V_{\text{отл}}$ представляет собой величину сокращения объема отливки за счет линейной усадки ее внешних размеров. Если бы в прибыли не происходило затвердевания металла параллельно с затвердеванием отливки и металл в прибыльной части находился в жидком состоянии, то задача расчета прибыли сводилась бы к выражению (1).

Одновременно с затвердеванием металла в отливке происходит его затвердевание в прибыли. Поэтому общее количество металла в прибыли определяется количеством металла, необходимого для питания отливки, и количеством металла,

затвердевшего в прибыли к моменту полного затвердевания отливки. Изменение во времени соотношения между количеством жидкого и твердого металла в прибыли определяется условиями теплообмена в системе прибыль-форма. В [1] наиболее полно объясняется сущность работы прибыли, устанавливаются основные требования к ней для обеспечения пропитки отливки. Эти требования сводятся к совместному выполнению двух основных условий: время затвердевания прибыли должно быть больше или равно времени затвердевания отливки и количество жидкого металла в прибыли должно быть больше дефицита питания отливки или равно ему.

Коэффициентом полезного действия прибыли η называют отношение полного дефицита питания отливки ΔG к массе прибыли $G_{\text{п}}$ [2]:

$$\eta = \frac{\Delta G}{G_{\text{п}}}. \quad (2)$$

Отношение массы жидкого металла в прибыли в момент полного затвердевания отливки к дефициту питания отливки представляет собой коэффициент запаса. С его увеличением возрастает надежность работы прибыли и уменьшается ее коэффициент полезного действия. При расчете прибыли необходимо найти минимальную массу прибыли, гарантирующую полную пропитку отливки.

Дефицит питания отливки можно рассчитать по формуле (1). Для большинства мелких отливок можно с небольшой погрешностью принять $V_{\text{ф}} = V_{\text{отл}}$. Тогда получим

$$\Delta G_{\max} = V_{\text{отл}}(\rho - \rho'), \quad (3)$$

В комплексе вопросов о рациональном питании отливок одним из основных является вопрос о геометрической форме прибыли и соотношениях между размерами ее различных элементов. При расчете прибылей за начало формирования отливок обычно принимают момент окончания заполнения отливки вместе с прибылью. В реальных

условиях в процессе заполнения формы поступающий в нее жидкий металл, соприкасаясь со стенками формы, постепенно затвердевает и дает усадку, которая компенсируется за счет заливаемого металла. В процессе заполнения рабочей полости формы происходит автоматическая подпитка отливки прямо из ковша.

Величина подпитки из ковша зависит от теплофизических свойств материалов формы и отливки, скорости заливки, величины поверхности и массы отливки. Эта величина является существенной долей от общего дефицита питания и должна обязательно учитываться при расчете питания отливок, особенно в тех случаях, когда время заполнения формы составляет значительную часть времени полного затвердевания отливки.

Масса металла, составляющего подпитку из ковша, определяется из следующего выражения [2]:

$$\Delta G' = G' - V_{\text{отл}} \gamma', \quad (4)$$

где G' — масса отливки, залитой без прибыли; $V_{\text{отл}} \gamma'$ — масса жидкого металла в объеме формы при температуре заливки.

Объемная усадка компенсируется за счет заливаемого металла. Для определения величины подпитки из ковша достаточно за предполагаемое время залить отливку без прибыли, взвесить ее и по выражению (4) подсчитать $\Delta G'$. С другой стороны, масса отливки на момент заполнения рабочей полости формы расплавом может быть рассчитана по формуле:

$$G' = G'_T + G'_J, \quad (5)$$

где G'_T — масса твердой фазы отливки; G'_J — масса жидкого металла в затвердевающей отливке.

Массы G'_T и G'_J можно определить, зная доли твердой и жидкой фаз в затвердевающей отливке, и тогда массу отливки на момент заполнения формы можно найти по формуле:

$$G' = V_{\text{отл}} (\rho D_T - \rho' D_J), \quad (6)$$

где D_T , D_J — соответственно доли твердой и жидкой фаз в затвердевающей отливке на момент заполнения рабочей полости формы.

Масса металла, составляющая подпитку из ковша на момент заполнения рабочей полости формы, определяется как

$$G' = V_{\text{отл}} D_T (\rho - \rho'). \quad (7)$$

Для количественной и качественной оценки влияния технологических параметров на величину подпитки из ковша нами проведены экспериментальные и численные исследования при литье заготовок цинковых анодов размерами 14,5x200x660 мм. В ходе экспериментальных исследований сравнивали массы отливок, затвердевших сразу после заполнения кокиля без прибыли, с отливками, затвердевшими в результате полного питания, т.е. после заполнения формы

вместе с прибылью. Таким способом определяли, какая часть отливки затвердевает в процессе заполнения рабочей полости кокиля при различных скоростях заполнения.

Для проведения численных экспериментов разработана математическая модель теплообмена при литье в кокиль с литником-питателем в виде прибыли. Модель позволяет учитывать теплообмен как на стадии заливки металла в кокиль, так и после заполнения кокиля. Это позволяет определять долю твердой и жидкой фаз отливки на всем протяжении процесса затвердевания. На каждом временном шаге изменялась высота расплава в кокиле, а значит высота рассчитываемых областей на некоторую величину Δh . Предполагалось, что верхний слой области отливки толщиной Δh заполняется расплавом, имеющим начальную температуру заливки. Расчет повторяли для увеличенных областей отливки и кокиля.

Численную реализацию математической модели осуществляли на основе метода конечных разностей. Проводили параметрическую адаптацию модели к реальным условиям литья [3].

Численные исследования выполняли при изменении времени полного заполнения рабочей полости кокиля за 10, 15 и 20 с и для величин перегрева расплава 0, 10, 20, 30, 60 и 80 °С. В результате выявлена интересная особенность: при литье с перегревом расплава до 20 °С доля затвердевшей части отливки в процессе заполнения даже больше, чем при литье без перегрева, особенно в начальный момент. Это вызвано тем, что чем больше перегрев в начале процесса, тем больше и тепловой поток в кокиль, который обладает достаточной теплоаккумулирующей способностью. Однако при литье с перегревом 30 °С влияние теплоаккумулирующей способности кокиля на изменение скорости затвердевания становится незначительным, очевидно, в результате нагрева рабочей поверхности кокиля, особенно при малых скоростях заполнения.

Сравнивая динамику доли твердой фазы при одной и той же скорости заливки (время заливки — 20 с) при литье без перегрева и с перегревом в 30 °С, определили, что наибольшая разница в объемах твердых фаз составила всего 1,8% (рис. 1), при литье с перегревом в 60 °С — 7,2, а при литье с перегревом в 80 °С — 9,8%. Время полного затвердевания отливки во всех случаях примерно одинаково и равно 30–32 с. Таким образом, влияние перегрева до 30 °С на изменение доли твердой фазы в отливке можно считать незначительным. Как показали результаты экспериментов, расплав поступает в кокиль с незначительным перегревом, успевая охладиться в прибыльной части за счет интенсивного конвективного и контактного теплообмена.

В результате численных исследований установлено, что в зависимости от скорости заполнения кокиля доля затвердевшей части отливки к моменту окончания заполнения составляет 63% при времени заполнения 10 с и 82% – при времени заполнения 20 с (рис. 2). Причем, чем меньше скорость заполнения кокиля, тем больше время полного затвердевания отливки с учетом времени заполнения. Время полного затвердевания отливки составляет около 20 с при времени заливки 10 с и около 29 с при времени заполнения 20 с. Эти данные подтверждаются и результатами экспериментальных исследований.

В результате проведенных экспериментально-теоретических исследований осуществлена оценка количества расплава в прибыли, который необходим для питания отливки после ее заполнения. Исходя из специфических условий литья заготовок цинковых анодов в кокиль, необходимо, чтобы ширина прибыли была в 1,5 раза больше толщины отливки. Поэтому объем прибыли можно сократить только за счет высоты прибыли. На основании выполненных расчетов она была сокращена на 30–50% за счет порционной заливки расплава в форму.

Литература

1. Интяков Н.Г. Расчет прибылей для фасонных отливок. НИИТАвтопром, отдел технической пропаганды. М., 1958.
2. Интяков Н.Г. Метод расчета прибылей для фасонных отливок. Проблемы теплообмена при литье. Ред.-изд. отдел БПИ им. И.В. Сталина. Мн., 1960. С. 110–129.
3. Барановский Э.Ф., Пумпур В.А., Короткин Г.П., Петруня Ю.В. Оптимизация параметров литья в кокиль заготовок для прокатки цинковых анодов // Литье и металлургия. 2003. №1. С. 110–112.

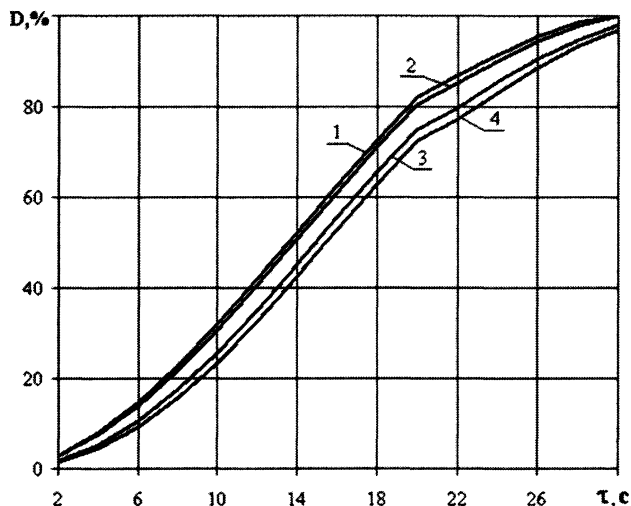


Рис. 1. Изменение доли твердой фазы D в отливке при литье с разным перегревом расплава (время заливки 20 с): 1 – без перегрева; 2 – с перегревом 30 °С; 3 – с перегревом 60 °С; 4 – с перегревом 80 °С

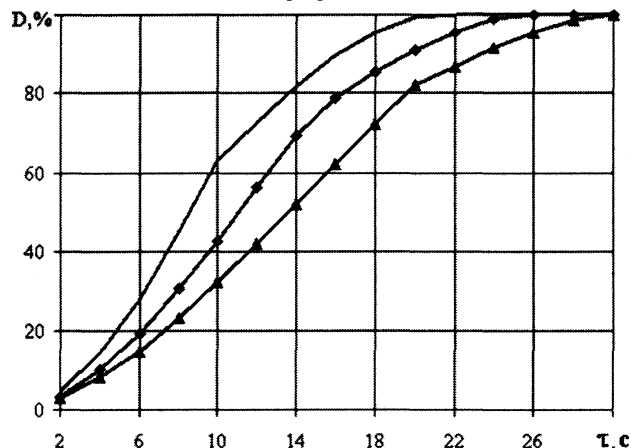


Рис. 2. Изменение доли твердой фазы D в отливке при различной скорости заливки расплава (при литье без перегрева): — — время заливки 10 с; —●— время заливки 15 с; —▲— время заливки 20 с