

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РСФСР ПО ДЕЛАМ НАУКИ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ОКТЯРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ СТАЛИ И СПЛАВОВ

Кафедра технологии литейных процессов

В.Д.БЕЛОВ

Одобрено
методическим советом
института

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛИТЕЙНОГО
ПРОИЗВОДСТВА

Раздел: Литье под регулируемым газовым давлением

Учебное пособие

для студентов специаль-
ности П.06

Под редакцией проф. Козлова Л.Я.

Москва 1991

АННОТАЦИЯ

Учебное пособие включает общие сведения о процессе изготовления отливок методом литья под регулируемым газовым давлением; вопросы проектирования отливки, литейковой системы, расчет технологических параметров литья, конструирования форм литья.

© Московский ордена Октябрьской
Революции ордена Трудового
Красного Знамени институт
сталей и сплавов (МИСиС), 1991

ВВЕДЕНИЕ	5
I. Краткие сведения о литье под регулируемым газовым давлением	6
I.1. Литье под низким давлением	6
I.2. Литье с противодавлением	12
2. Технологические основы литья под регулируемым газовым давлением	17
2.1. Проектирование отливки	17
2.1.1. Выбор положения отливки в форме	17
2.1.2. Допуски на литейные размеры	18
2.1.3. Припуски на механическую обработку	22
2.1.4. Шероховатость поверхности отливок	22
2.1.5. Литейные уклоны	23
2.1.6. Галтели и закругления	25
2.1.7. Литые отверстия	27
2.1.8. Ребра жесткости	29
2.1.9. Толщина стенок отливки	29
2.1.10. Масса отливки, ее площадь проекции и масса	32
2.1.11. Пример проектирования отливки	32
2.2. Проектирование и расчет элементов литейковой системы	
2.3. Расчет величины рабочего давления газа при литье под низким давлением	42
2.4. Расчет линейной скорости движения расплава в металлопроводе и полости формы	43
2.5. Расчет продолжительности заполнения полости формы расплавом	46
2.6. Пример расчета параметров процесса литья под низким давлением	47
3. Конструирование форм литья	53
3.1. Металлопровод. Конструкция, требования, предъявляемые к металлопроводам	54
3.2. Конструкция форм литья	59

3.2.1. Расчет исполнительных размеров рабочей полости формы литья	67
3.2.2. Выталкивающие устройства и контролжкатели.....	67
Колонки и втулки направляющие.....	..
8.2.3. Извлечение стержней.....	2
3.2.4. Литниковые втулки и рассекатели.....	7
3.2.5. Нагрев и охлаждение литейной формы.....	74
3.2.6. Вентиляция литейной формы.....	76
3.2.7. Материалы для изготовления литейной формы. Толщина стенок формы.....	77
3.2.8. Расчет усилия запирания литейной формы.....	80
3.2.9. Пример конструкции литейной формы.....	81
4. Выбор модели литейной машины.....	84
4.1. Литье с противодавлением.....	84
4.2. Литье под низким давлением.....	85
Литература.....	87
Приложения.....	89

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект* по курсу "Технологические основы литейного производства" выполняется студентами с целью систематизации, углубления и закрепления теоретических знаний как данного курса, так и дисциплины "Производство отливок из сплавов цветных металлов", "Производство отливок из чугуна и стали", приобретения навыков применения специальных знаний при самостоятельном, творческом решении конкретной технологической задачи - разработке технологического процесса изготовления отливки.

На основании анализа чертежа детали, технических условий, литературных и производственных данных студент разрабатывает чертеж отливки, рассчитывает литниковую систему и технологические параметры литья, конструирует литейную форму и обосновывает выбор машины литья под регулируемым газовым давлением.

В курсовом проекте при разработке технологии изготовления отливки способом литья под регулируемым газовым давлением требуется выполнение чертежа отливки в соответствии с ГОСТ 2423-73 и конструирование литейной формы с расчетом формообразующих размеров. Для наглядности и лучшего восприятия материала в пособии приведен пример расчета элементов литниковой системы и технологических параметров литья.

Курсовой проект выполняется студентами четвертого курса на 8-ом семестре, поэтому очень важным является подробное знакомство их с реальными конструкциями форм литья и технологией получения отливок литьем под регулируемым газовым давлением в ходе рабочей практики. Объем, содержание и оформление проекта должны отвечать требованиям, изложенным в методических указаниях по курсовому проектированию [1].

* Все неслезанное может быть использовано при дипломном проектировании

Г. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ЛИТЬЕ ПОД РЕГУЛИРУЕМЫМ ГАЗОВЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Литье под регулируемым газовым давлением в нашей стране интенсивно стало применяться в промышленности в 60-70-е годы. Это было обусловлено стремлением в кратчайшие сроки перевести литейное производство на рельсы максимально возможной механизации и автоматизации труда, неуклонного роста производительности и повышения качества отливок, улучшения экологической обстановки в литейных цехах, снижения себестоимости выпускаемой продукции.

В настоящее время в промышленности наиболее широко применяются два способа литья под регулируемым газовым давлением: литье под низким давлением и литье с противодавлением.

Г.Г. Литье под низким давлением

По современному уровню развития литье под низким давлением (ПНД) намного полнее отвечает условиям автоматизированного производства, чем любой другой способ литья. Этим способом можно получать отливки из различных сплавов на основе алюминия, меди, магния, железа.

В качестве примера современной установки для литья под низким давлением на рис. Г.Г. приведена установка для автоматического изготовления колесных ободов автомобиля *Vega* размерами 330x140мм, весом 5,7 кг из алюминиевого сплава (7% Si и 0,3% Mg) [2].

Суть литья под низким давлением заключается в следующем. Расплавленный металл под действием избыточного давления, создаваемого вакуумом

или инертным газом в раздаточной печи установки, поднимается по металлопроводу и вытесняя из полости литейной формы газ заполняет ее.

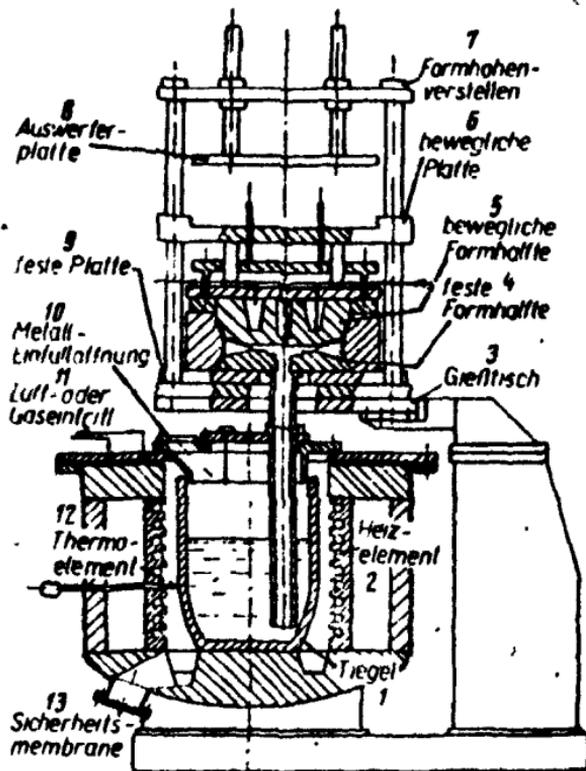


Рис. 1.1. Схема и общий вид установки литья под низким давлением.

Избыточное давление в реальных условиях производства составляет 0,1-1,0 атм. (0,01-0,1 МПа). После выдержки расплава под давлением

в течение времени, необходимого для затвердевания металла в литниковой системе, давление в печи выравнивается до атмосферного. Отливка в форме охлаждается до приобретения необходимого уровня механических свойств, после чего форма открывается и отливка из нее извлекается. После контроля и исправления теплоизоляционного покрытия внутренней поверхности цикла литья повторяется. В среднем длительность цикла составляет от 1,0 до 7 мин.

Технико-экономические преимущества [3] этого способа литья для алюминиевых сплавов таковы:

- можно готовить крупногабаритные, сложные, тонкостенные отливки массой до 50 кг;
- гарантируется высокая плотность материала по сечению стенок отливок, что позволяет уточнять стенки элементов конструкции машин без снижения их эксплуатационных свойств;
- уменьшается расход металла на литниково-питающую систему, что позволяет повысить коэффициент использования жидкого металла до 90-95 %;
- снижаются затраты на оборудование до 50 % по сравнению с оборудованием для получения тех же отливок литьем под давлением;
- гарантируется высокий уровень механизации и автоматизации процесса, а следовательно, высокую производительность труда при одновременном улучшении его условий (по сравнению с другими методами литья).

Технология ЛНД обеспечивает возможность получения отливок, затраты на обрубку и зачистку которых сведены к минимуму. Выполнение литниковой системы и прибылей в одной плоскости позволяет использовать высокопроизводительные обрубные и зачистные станки,

в частности станки с ленточными пилами. Процесс отделения литниковой системы от отливок легко поддается автоматизации [4].

Применение метода литья под низким давлением ограничено при получении толстостенных и разностенных отливок, по причине опасности образования усадочных раковин и пор в массивных сечениях.

Технические характеристики отечественных установок для литья под низким давлением представлены в приложении I. Примеры отливок, получаемых данным видом литья, приведены на рис. I.2:

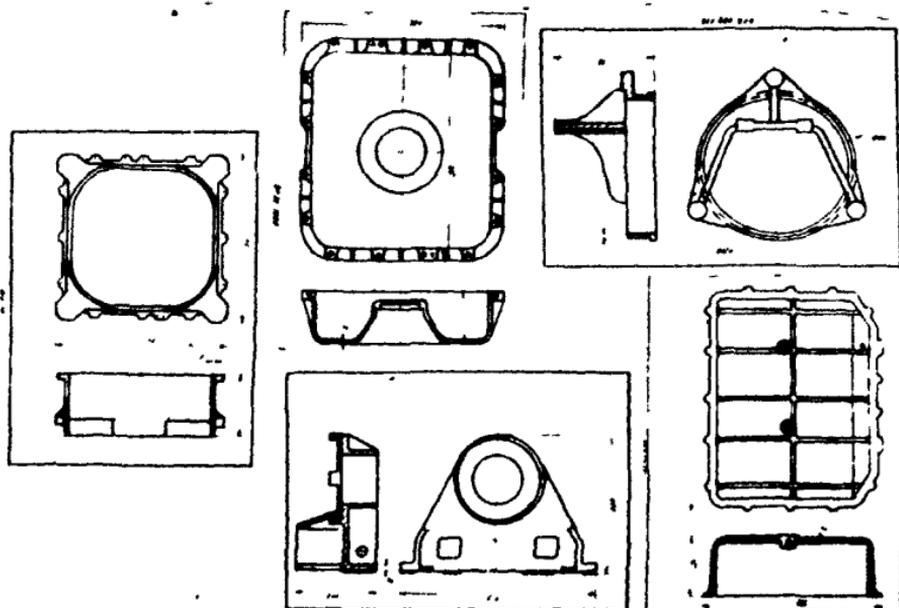


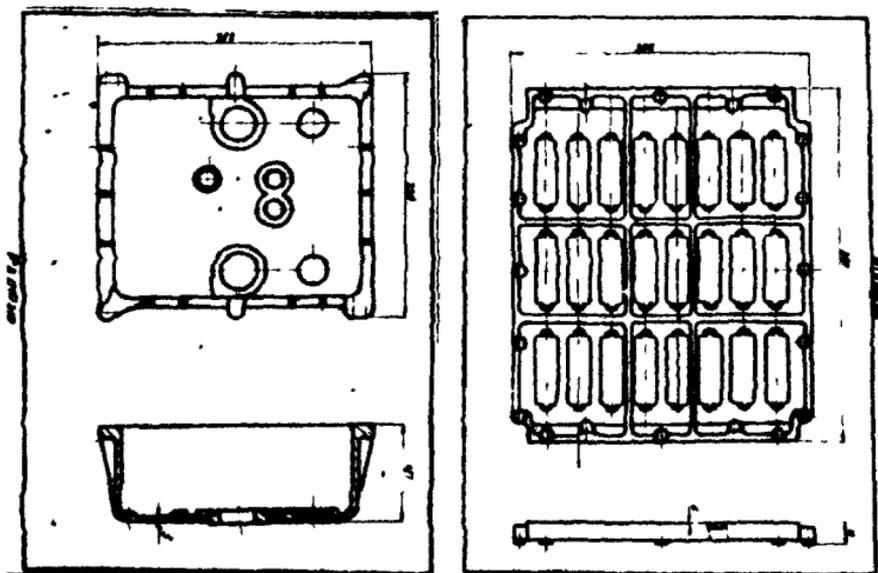
Рис. I.2. Типовые отливки,

Установки ЛНД сравнительно легко автоматизировать. Один рабочий может обслуживать до 4-х установок.

Большие перспективы открывает использование в установках ЛНД электроэлектрических насосов, позволяющих исключить применение газо-

образного агента, необходимого для заполнения формы расплавом. Широко применяются электромагнитные запоры, дающие возможность точно дозировать порцию расплава, направляемого в полость формы [5].

В качестве рабочего газообразного агента при литье под регулируемым газовым давлением преимущественно используется атмосферный воздух, который является сильным окислителем и, несмотря



получаемые литьем под низким давлением

на основу, потенциальным источником насыщения расплава водородом в печи установки. С целью снижения отрицательного воздействия на жидкий металл атмосферного воздуха - рабочего газообразного агента

та перспективным является применение в процессе литья обфлюсованных графитовых гранул, которые наносятся на поверхность расплава в печи машины литья под регулируемым газовым давлением [6].

I.2. Литье с противодавлением

Метод литья с противодавлением разработан в Болгарии около 30 лет назад, а в настоящее время во все расширяющемся масштабе применяется в нашей стране и в Западной Европе [7]. Причиной этого являются широкие возможности механизации и автоматизации процессов при литье с противодавлением, а также высокий уровень прочностных характеристик отливок, получаемых этим способом литья. Одним из стимулов внедрения литья с противодавлением явилась возможность изготавливать из легких сплавов детали, конкурирующие по прочности с чугунными, но отличающиеся от них существенно меньшей массой [8].

Производительность установок для литья с противодавлением превосходит производительность установок для литья под низким давлением и может достигать 250 т/г при трехсменной работе [7].

Литье с противодавлением представляет собой комбинацию способа литья под низким давлением со способом автоклавного литья. При этом новом способе кристаллизация проходит под давлением, что обеспечивает получение у отливок высоких механических свойств и отсутствие у них дефектов, связанных с недостаточным питанием. .
Общий вид установки литья с противодавлением приведен на рис. I.3.

Последовательность операций при литье с противодавлением иллюстрирует рис. I.4.

При выполнении первой операции в гидромеханизм установки литья под низким давлением, находящейся в исходной позиции

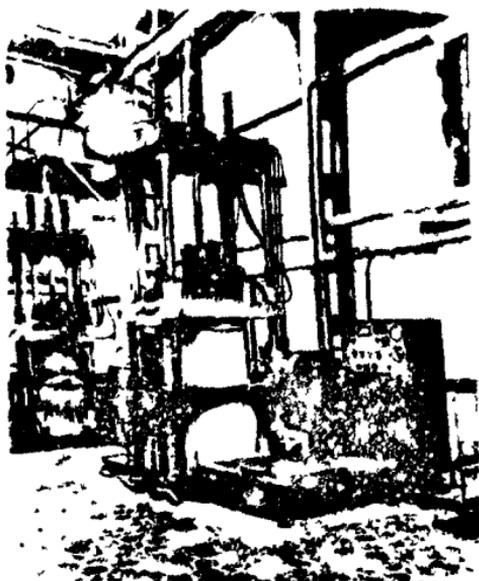


Рис. I.3. Общий вид установки литья с противодавлением

(рис. I.4, а), подают рабочую жидкость, обеспечивающую закрытие литейной формы (рис. I.4, в) и одновременное закрытие защитного кокуха. В закрытом положении полуформы стопорятся клиновым механизмом, который исключает размыкание формы при давлении в ней до I МПа. После этого одновременно в раздаточную печь и в полость формы подается газ под давлением максимум I МПа (рис. I.4, с). Наличие специального пневмопровода, связывающего печь и полость формы пневмопровода, исключает появление перепада давления между раздаточной печью и полостью формы даже при очень высокой скорости нарастания давления, порядка 0,1 МПа/с. Таким образом исключается поступление расплава по металлопроводу из печи в полость формы на стадии выполнения операции подачи газа (рис. I.4, с).

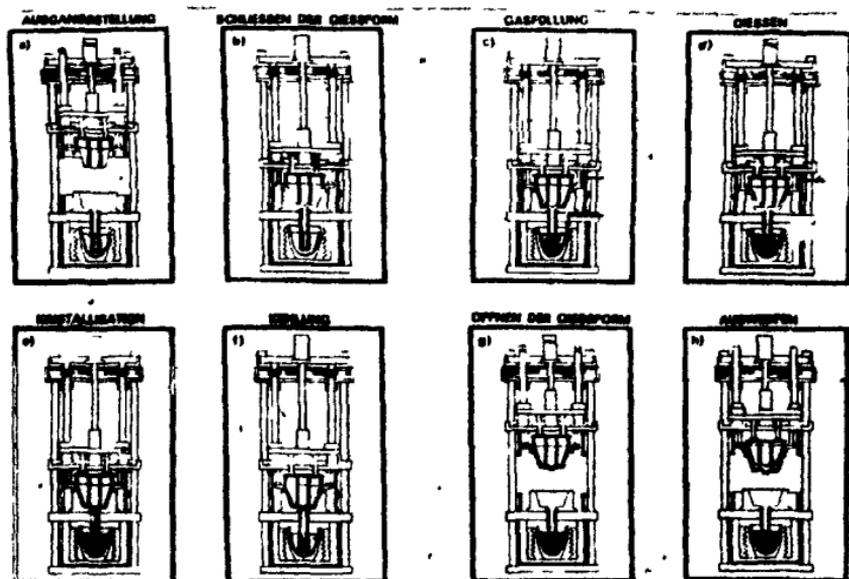


Рис .I.4. Последовательность операций при литье с
противодавлением: а-исходная позиция, в-закрытие
литейной формы; с-подача газа, в раздаточную печь;
d -заполнение формы расплавом; е-кристалли-
зация расплава, f - охлаждение отливки; g -рас-
крытие формы; h - извлечение отливки

Заполнение полости формы расплавом (рис.I.4, d) происходит за счет регулируемого снижения давления в полости формы при стравливания газа через соответствующий клапан. Кристаллизация расплава происходит при выбранном перепаде давлений между полостью формы и раздаточной печью, т.е. при достаточно высоком избыточном давлении (рис.I.4, e). Охлаждение отливки в форме после завершения кристаллизации (рис.I.4, f) может происх ить как при

избыточном, так и при атмосферном давлении.

После раскрытия формы (рис. I.4, *g*) и удаления из нее отливки (рис. I.4, *h*) установка готова к проведению следующего рабочего цикла в автоматическом режиме или при ручном управлении.

Преимущества способа литья с противодавлением таковы:

- нарастающее давление в полости формы поддерживается регулирующим дросселем на строго постоянном уровне и абсолютно не зависит от количества расплава в раздаточной печи;
- обеспечить существенно более высокую скорость заполнения формы расплавом по сравнению с литьем под низким давлением, не вызывая турбулентности потока и образования воздушных пузырей в силу того, что при проведении литья с противодавлением по классической схеме давление в полости формы в момент ее заполнения расплавом понижается и расплав засасывается в полость формы;
- длительность периода заполнения формы расплавом не меняется от цикла к циклу и несколько меньше, чем при литье под низким давлением;

обеспечивается высокая скорость кристаллизации расплава по сравнению с литьем под низким давлением, что обуславливает сокращение общего цикла изготовления отливки и измельчение структуры последней.

Несмотря на явные преимущества литье с противодавлением не является универсальным способом литья, обеспечивающим повышение качества отливок и снижение их стоимости при использовании этого способа взамен любого другого.

Использование литья с противодавлением предпочтительно в первую очередь в случаях, когда к отливкам предъявляются повышенные требования в отношении их прочностных характеристик, когда речь идет о крупносерийном производстве, где механизация и авто-

матризация производственных процессов дает наибольший эффект, и когда необходимо получать герметичные отливки с достаточно сложными внутренними полостями, оформляемыми песчаными стержнями.

Технические характеристики машин литья с противо давлением, изготавливаемых Болгарией, приведены в приложении 2. Примеры отливок, получаемых данным способом литья, представлены на рис.1.5.

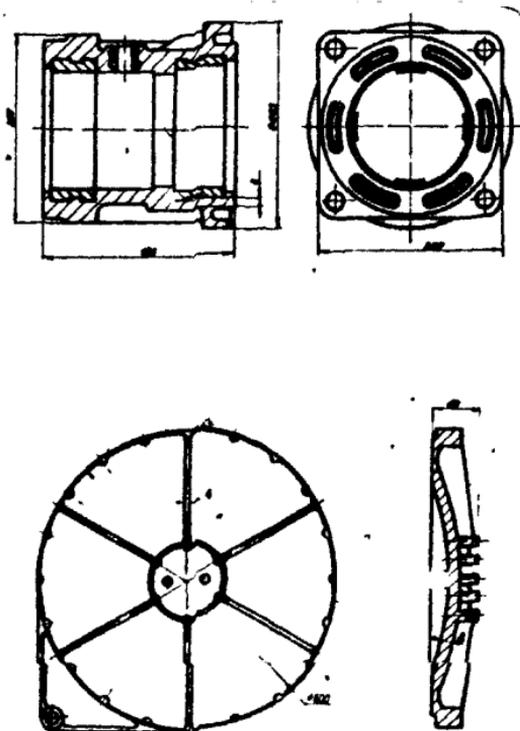


Рис.1.5. Типовые отливки, получаемые литьем с противо- давлением

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛИТЬЯ ПОД РЕГУЛИРУЕМЫМ ГАЗОВЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Литье под низким давлением и с противодавлением, как можно видеть из раздела I, имеет много общего. Литье с противодавлением сочетает в себе принцип литья под низким давлением и автоклавного. Поэтому материал по конструированию отливок и литейных систем и расчету технологических параметров процесса литья в равной мере может быть использован применительно к обоим способам.

2.1. Проектирование отливки

Этап проектирования отливки является очень важным и ответственным, так как именно на этом этапе закладывается качество изделия, производительность и трудоемкость процессов литья и механической обработки, экономия материальных и энергетических ресурсов.

2.1.1. Выбор положения отливки в форме

Положение отливки в форме выбирают так, чтобы обеспечить:

- удобное извлечение ее из матрицы при раскрытии формы и съем с пуансона, или извлечение ее из матрицы и пуансона и съем металлопровода;
- минимальное число стержней и удобство их извлечения;
- рациональное расположение литейных и вентиляционных систем.

Кроме того проекция центра тяжести отливки или куста отливок вместе с литейной системой должен находиться на центральной оси машины, что обеспечит равномерное распределение нагрузки на колонны машины.

2.1.2. Допуски на литейные размеры

Допуск на литейные размеры устанавливается в зависимости от класса точности отливки, указанного в чертеже детали. Допуск назначается в соответствии с нормативно-технической документацией, действующей в конкретной отрасли промышленности или в соответствии с ГОСТ 26645-85 (табл.2.1). Допуски указаны в табл.2.2 в зависимости от габарита и класса точности отливки и включает в себя сумму всех отклонений размеров, имеющих место на различных стадиях изготовления литой детали, кроме литейных уклонов. Отклонение от размеров отливки связано с точностью изготовления и износом формы, величиной усадки отливок, толщиной теплоизоляционной краски и обычно соответствует 4-12 классам по ГОСТ 26645-85. Для повышения технологичности отливки технолог имеет возможность изменить ее размеры но только в пределах допуска.

Пример

Исходные данные

Отливка - кронштейн из сплава АЛ2 (рис.2.1) форма 4-х гнездная.

Класс точности 5 по ГОСТ 26645-85, Размеры номинальные:

$a = b = 10$ мм; $c = 4$ мм; $d = 200$ мм

Установить возможные размеры отливки

Таблица 2.1

Классы точности размеров и масс, ряды припусков на механическую обработку отливок

Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип металла и сплава		
	цветной с температурой плавления ниже 700 °С	цветные с температурой плавления выше 700 °С, серый чугуны	ковкий высокопрочный и легированный чугуны
До 100	<u>4-9</u> I-2	<u>5т-10</u> I-3	<u>5-11т</u> I-3
Св. 100 До 630	<u>5т-10</u> I-3	<u>5-11т</u> I-3	<u>6-11</u> 2-4
Св. 630	<u>5-11т</u> I-3	<u>6-11</u> 2-4	<u>7т-12</u> 2-5

Примечание: В числителе указаны классы точности размеров и масс, в знаменателе - ряды припусков. Меньшие их значения относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства; большие - к сложным мелкосерийно и индивидуально изготовленным отливкам, средние - к отливкам средней сложности и условиям механизированно серийного производства. Классы точности масс следует принимать соответствующими классам точности отливок.

Таблица 2.2

Допуски размеров отливок, мм

Интервалы номина- льных размеров, мм	Классы точности размеров отливок												
	4	5	5т	6	7т	7	8	9т	9	10	11т	11	12
До 4	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	-
св.4 до 6	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8
" 6 " 10	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2
"10 " 16	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6
"16 " 25	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0
"25 " 40	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4
"40 " 63	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0
"63 " 100	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6
"100" 160	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4
"160" 250	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0
"250" 400	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0
"400" 630	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0
"630" 1000	-	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0
"1000" 1600	-	-	-	1,40	1,80	2,20	2,80	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0

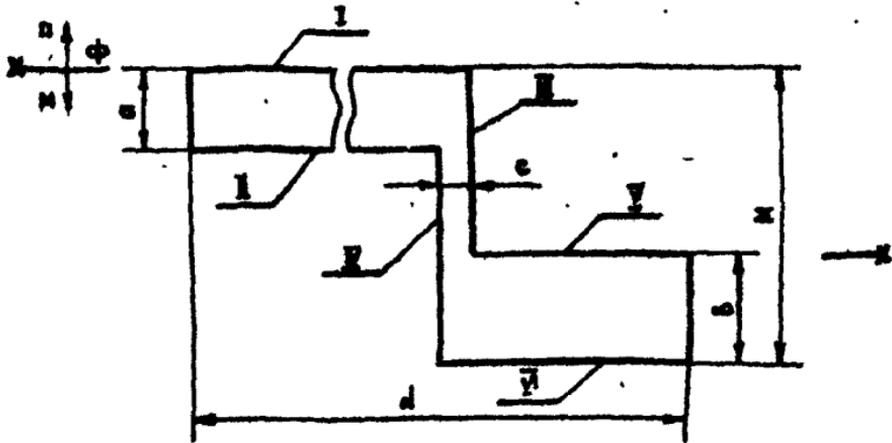


Рис.2.1: Чертеж детали кронштейна

Решение

Размеры с учетом допуска (табл.2.2)

$$\begin{aligned}
 a &= b = 10 \pm 0,24, \text{ т.е. } a_{\min} = 9,76, \quad a_{\max} = 10,24 \\
 d &= 200 \pm 0,56 \text{ т.е. } d_{\min} = 199,44 \quad d_{\max} = 200,56 \\
 c &= 4 \pm 0,20 \text{ т.е. } c_{\min} = 3,8 \quad c_{\max} = 4,2 \\
 M &= 100 \pm 0,44 \text{ т.е. } M_{\min} = 99,56 \quad M_{\max} = 100,44
 \end{aligned}$$

С целью улучшения заполняемости формы, и повышения плотности отливки технолог имеет возможность в чертеже отливки, по которому в дальнейшем будет проектироваться форма, установить следующие размеры: $a = 9,76$ мм; $b = 10,24$ мм; $c = 4,2$ мм; $d = 199,44$ мм, $M = 99,56$ мм.

Технологичность отливки можно повысить также изменением толщины слоя краски и ее теплопроводность. Например, нанося на поверхности I и II (рис.2.1) слой краски с большой теплопроводностью.

стью, равный величине минусовому допуску на размер a , или достигается уменьшение номинального размера a и увеличение скорости теплоотвода от этих поверхностей. В то же время при нанесении на поверхности V и VI тонкого слоя краски обеспечивается получение размера с плюсовым допуском. Если взятая краска обладает низкой теплопроводностью, то достигается уменьшение теплоотвода от этих поверхностей и увеличение длительности кристаллизации этого участка отливки.

Таким образом, можно видеть, что выбирая краску по теплопроводности, толщину наименьшего слоя в пределах допуска на номинальные размеры, технолог имеет возможность обеспечивать направленное затвердевание отливки.

2.1.3. Припуски на механическую обработку

При назначении припуска на механическую обработку следует руководствоваться ГОСТ 26645-85. Размер припуска на механическую обработку выбирается по таблице 2.3 в зависимости от допусков на размеры отливки (табл. 2.2). Назначая припуск на обработку технолог должен стремиться снизить до минимума расход металла на получение отливки и повысить ее технологичность, обеспечив направленную кристаллизацию. Размер припуска у различных отливок обычно колеблется от 0,5 до 4,0 мм. Большие припуски назначаются преимущественно для крупных, протяженных отливок и базовых поверхностей при механической обработке, а также для повышения технологичности отливки.

2.1.4. Шероховатость поверхности отливок

Шероховатость поверхности отливки определяется главным образом шероховатостью поверхности слоя теплоизоляционно. краски а это, в свою очередь определяется составом краски. Поэтому при выборе

краски, технолог должен руководствоваться и требованиями к качеству поверхности отливки. Увеличение шероховатости поверхности в основном связано со следами от течения расплава в поверхностном слое отливки, местными отслоениями теплоизоляционной краски и ее скоплением в различных карманах рабочей полости кокиля, наличием заусенцев в местах разгара и износа частей кокиля. Все это при общей низкой шероховатости поверхности приводит к образованию на отливке отдельных участков в высокой шероховатостью.

Минимальная шероховатость отливки в реальных условиях производства колеблется в пределах $R_z 20 - R_z 80$.

Разрушение слоя теплоизоляционной краски приводит к резкому возрастанию шероховатости поверхности отливок.

В таком случае слой краски периодически удаляется с рабочей поверхности кокиля и заменяется новым.

2.1.5. Литейные уклоны

Литейные уклоны на поверхностях, перпендикулярных плоскости разреза формы, облегчают удаление отливки из формы; уменьшают трение отливки об ее стенки и, таким образом, уменьшают напряжения, которые испытывает незатвердевшая окончательно отливка при открытии формы; увеличивают стойкость теплоизоляционного покрытия. Особенно важны литейные уклоны на внутренних поверхностях, выполняемых стержнями.

Величина литейных уклонов зависит от марки сплава, высоты и толщины стенок отливок и не должна быть меньше указанных в табл. 2.4 [9].

Литейные уклоны не входят в величину допуска на размеры отливки и задаются сверх него, они назначаются в плюс от номинальных размеров отливки, если в технических требованиях чертежа на

Таблица 2.3

Припуски на механическую обработку, мм

Допуски размеров отливок	Ряды				
	1	2	3	4	5
Св.0,12 до 0,16	0,3 0,5	0,6 0,8	-	-	-
Св.0,16 до 0,20	0,4 0,6	0,7 1,0	1,0 1,4	-	-
Св.0,20 до 0,24	0,5 0,7	0,8 1,1	1,1 1,5	-	-
Св.0,24 до 0,30	0,6 0,8	0,9 1,2	1,2 1,6	1,8 2,2	2,6 3,0
Св.0,30 до 0,40	0,7 0,9	1,0 1,3	1,4 1,8	1,9 2,4	2,8 3,2
Св.0,40 до 0,50	0,8 1,0	1,1 1,4	1,5 2,0	2,0 2,6	3,0 3,4
Св.0,50 до 0,60	0,9 1,2	1,2 1,6	1,6 2,2	2,2 2,8	3,2 3,6
Св.0,60 до 0,80	1,0 1,4	1,3 1,8	1,8 2,4	2,4 3,0	3,4 3,8
Св.0,80 до 1,0	1,1 1,6	1,4 2,0	2,0 2,8	2,6 3,2	3,6 4,0
Св.1,0 до 1,2	1,2 2,0	1,6 2,4	2,2 3,0	2,8 3,4	3,8 4,2
Св.1,2 до 1,6	1,6 2,4	2,0 2,8	2,4 3,2	3,0 3,8	4,0 4,6
Св.1,6 до 2,0	2,0 2,8	2,4 3,2	2,8 3,6	3,4 4,2	4,2 5,0
Св.2,0 до 2,4	2,4 3,2	2,8 3,6	3,2 4,0	3,8 4,6	4,6 5,5
Св.2,4 до 3,0	2,8 3,6	3,2 4,0	3,6 4,5	4,2 5,0	5,0 6,5
Св.3,0 до 4,0	3,4 4,5	3,8 5,0	4,2 5,5	5,0 6,5	5,5 7,0
Св.4,0 до 5,0	4,0 5,5	4,4 6,0	5,0 6,5	5,5 7,5	6,0 8,0
Св.5,0 до 6,0	5,0 7,0	5,5 7,5	6,0 8,0	6,5 8,5	7,0 9,5
Св.6,0 до 8,0	-	6,5 9,5	7,0 10,0	7,5 11,0	8,5 12,0
Св.8,0 до 10,0	-	-	9,5 12,0	10, [^] 13, [^]	11,0 14,0
Св.10,0 до 12,0	-	-	10,0 13,0	11,0 14,0	12,0 15,0

Таблица 2.4

Литейные уклоны, %

Сплавы	Высота стенки отливки, мм		
	наружная:	внутренняя поверхность, оформляемая	
	поверх-	металлическим стержнем, при высоте	
	ность	отливки	
	отливки :	до 5	свыше 50
Алюминиевые	I-I,5	5	2-2,5*
Магниевые	2,5	3	2-3
Медные	I,5	7	3-3,5*
Чугун при высоте стенки, мм			
до 50	4,7	-	-
51-100	2-5	-	-
101-500	I-3	-	-

* Для тонкостенных отливок

этот счет нет особых указаний.

Примеры назначения литейных уклонов наглядно показаны в учебном пособии [10].

2.1.6. Галтели

В отливке следует избегать острых углов, так как они ухудшают заполняемость формы расплавом, препятствуют удалению из полости формы воздуха, снижают стойкость теплоизоляционного покрытия. Поэтому в таких местах делают галтели (закругления). Кроме того, в отливке с острыми углами фронты кристаллизации сходятся по диагонали, там образуется так называемая плоскость флэкины, по которой могут образоваться трещины. Особенно опасен внутренний угол.

Снижение стойкости теплоизоляционных покрытий на острых углах полости формы объясняется главным образом интенсивным разрывом крас-

ки, который кроме этого вызывает образование в отливке засора.

Минимальный радиус закругления для внутренних углов принимается равным 2 мм.

Края торцевых частей отливки, выполняемые в углубленных формах, также должны иметь закругления. Торцы же, заканчивающиеся в плоскости разъема формы, должны быть острыми для улучшения условий вентиляции и снижения трудоемкости изготовления формы. Для чугунных отливок во избежание отбела радиус скругления должен быть не менее 3 мм.

При сопряжении под углом стенок различной толщины (рис.2.2) радиус закругления рассчитывают по формуле

$$R = \frac{A+B}{2}, \quad (2.1)$$

где A и B - толщины сопрягаемых стенок.

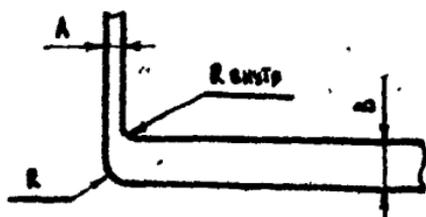


Рис.2.2. Сопряжение стенок отливки

2.1.7. Длинные отверстия

Технолог принимает решение о выполнении и отливке длинных отверстий только после анализа диаметра и глубины отверстия, минимального допуска, а также места расположения отверстия. При этом параллельно решается вопрос о возможности допуска на механическую обработку.

Допуски на расстояния между осями отдельных отверстий приведены в ГОСТ 26645-86.

Отверстия и углубления в отливках из чугуна могут быть выполнены механическими стержнями, если диаметр отверстия не менее 40 мм, глубина не более 1/2 диаметра, а в отливках из алюминиевых и магниевых сплавов - если диаметр отверстия не менее 5 мм, а предельные значения диаметров и глубины равны, мм:

диаметр отверстия	6	6-12	12-25
глубина отверстия	24	36-75	96-200

Пример

Исходные данные

Деталь крышка (рис. 2.3). Сплав АЛ4 ГОСТ 2686-76. Класс точности отливки в т, ГОСТ 26645-86. Габаритные размеры отливки в плане 220x300 мм

Задача

Принять решение о целесообразности отверстий в отливке.

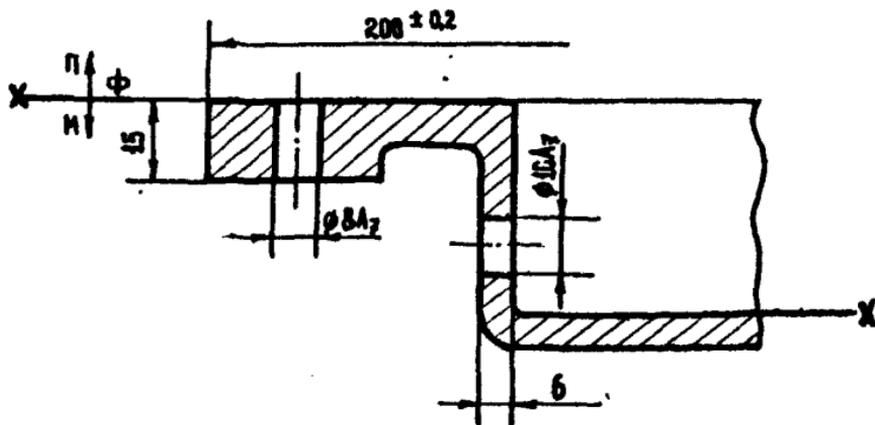


Рис. 2.3. Чертеж детали кривки

Решение

Из чертежа детали видно, что отверстия $\phi 8A_7$ и $\phi 10A_7$ выполняются в широком диаметровом допуске, соответствующего 7 классу в системе отверстий, и в соответствии с изложенными выше указанными могли бы быть выполнены при литье без припуска на механическую обработку. Однако, учитывая что для выполнения отверстия $\phi 10A_7$ требуется значительное усложнение конструкции коклюша, выполнить его в литье нецелесообразно. В пользу такого решения говорит и такой факт, что заглушив это отверстие мы улучшим условия заполнения полости формы расплавом.

Отверстие $\phi 8A_7$ выполнять без припуска на механическую обработку нельзя, так как допуск на межосевой размер (200) очень мал для литья под регулируемым газовым давлением. Заглушить отверстие $\phi 8A_7$ нецелесообразно, так как металлический стержень сформировавший это отверстие, выполняет роль холодильника и позволяет получать в массивном фланце отверстие, на поверхности которого не будет усадочной раковины.

2.1.8. Ребра жесткости

Увеличение прочности и жесткости деталей рекомендуется осуществлять не увеличением толщины стенок, а при помощи ребер жесткости. Ребра жесткости целесообразно располагать таким образом, чтобы

- улучшить заполняемость полости форм расплавом и условия питания отдельных частей отливки (рис.2.4);
- сами ребра жесткости и сетка их расположения не создавали в отливке тепловых узлов. При этом толщина ребер жесткости должна равняться $\delta_p = 0,7-0,8 \delta_0$, где δ_0 - толщина стенки отливки.

Длину ребер жесткости назначают в зависимости от конфигурации деталей.

2.1.9. Толщина стенок отливки

Литье под высоким давлением наиболее эффективно для

- толстостенных напольных или корпусных заготовок с толщиной стенки 3-5 мм;
- отливок с тонкими выступающими ребрами толщиной 1-1,5 мм;
- отливок повышенной плотности с преимущественно равномерной толщиной стенок [11].

Применение этого способа для толстостенных и разностенных отливок ограничено из-за опасности образования усадочных раковин в пор в массивных сечениях. Но в отдельных случаях, используя приемы и холодильники. Этот способ можно применить для отливок такой конфигурации. Если не сопрягаемые вертикальные стенки в 3-5 раз толще горизонтальных, то на всей высоте вертикальных стенок образуются осевая пористость и неустраняемая технологическими мероприятиями.

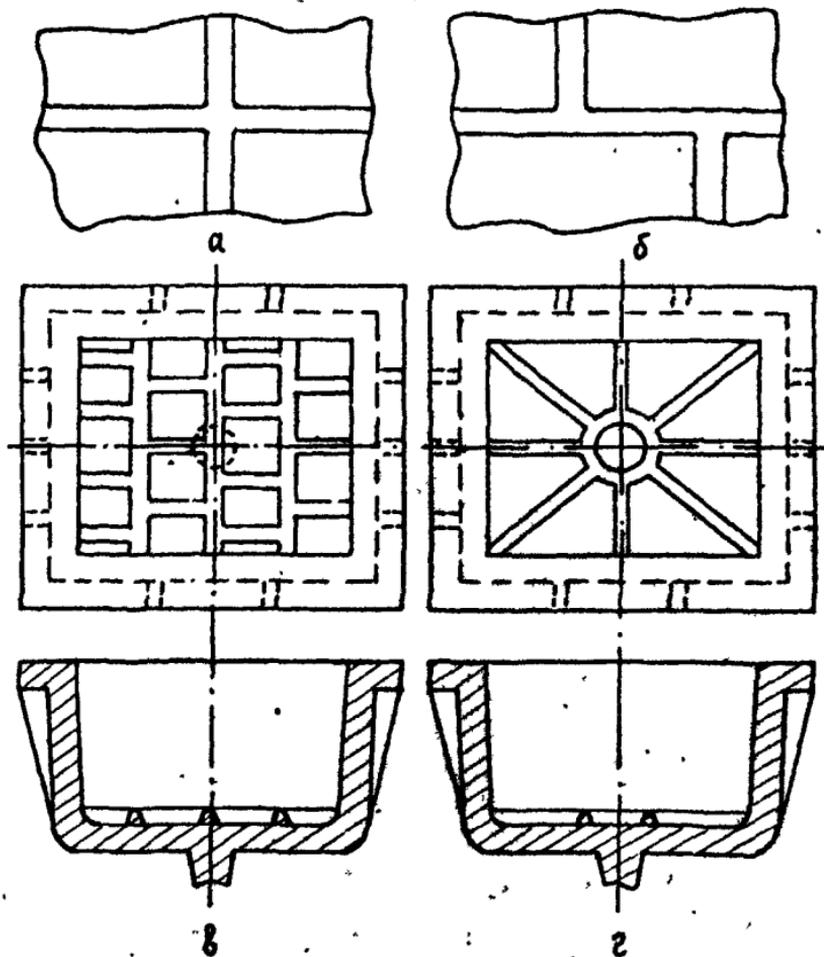


Рис.2.4. Чертеж отливки с неправильным (а,в) и правильным (б,г) расположением ребер жесткости

Литье с противодавлением позволяет получать более широкую гамму отливок по толщине стенки. Часто этот способ литья используют для массивных отливок с толщиной стенки, более 5 мм. При этом механические свойства, оказываются намного лучше, чем при других способах литья.

Литье под регулируемым газовым давлением позволяет получать без применения присылок плотные отливки с максимальным соотношением толщин стенок $A/B = 2$.

Отливки не должны по возможности иметь резких переходов от тонких стенок к массивным. Плавность перехода обеспечивается, если соотношение толщин A/B стенок отливки не превышает 1:4, и переход осуществляется на участке длиной $L = (4-5)(A-B)$ (рис.2.5).



Рис.2.5. Форма перехода сечений в отливке

2.1.10. Линейные размеры, площадь проекции отливки и ее масса

Линейные размеры, а следовательно, и площадь проекции отливки на подвижную плиту формы ограничиваются размерами крепежных плит и мощностью машины (приложение I, 2). Максимальная масса отливки ограничивается емкостью раздаточной печи установки.

При выборе модели литейной установки или оценке возможности получения отливки на уже конкретной машине технолог руководствуется максимально возможными размерами форм и ее плоскостью разъема, необходимым усилием выталкивания отливки с пуансона, материалом отливки, указанными в паспорте машины.

Максимальные габаритные размеры формы ориентировочно можно определять по следующему соотношению

$$\begin{aligned} h_{\phi} &= n h_{отл} + 250, \\ a_{\phi}(b_{\phi}) &= a_{отл}(b_{отл}) + 240, \end{aligned} \quad (2.2)$$

где h_{ϕ} - высота (толщина) формы, мм; a_{ϕ} и b_{ϕ} - габаритные размеры формы в плане, мм; $h_{отл}$ - высота отливки, мм; $a_{отл}$ и $b_{отл}$ - габаритные размеры отливки в плане, мм; n - коэффициент, равный 2-5. Чем меньше высота отливки, тем больше значение коэффициента.

2.1.11. Пример проектирования отливки

При проектировании отливки необходимо учитывать требования, предъявляемые к ним конструкторской документацией и технологическими особенностями процесса литья под регулируемым газовым давлением. Отливки, изготавливаемые этим видом литья, должны удовлетворять требованиям, изложенным в разделах 2.1.1-2.1.20.

В качестве примера рассмотрим литейную деталь - гайка (рис. 2.6, а), к которой предъявляются следующие требования: класс точности изго-

толщины отливки 5 т, вид I; ГОСТ 26645-86; шероховатость поверхности не выше $R_{\Sigma} \geq 40$; сплав для изготовления АЛ9 ГОСТ 2686-76; минимальные уклоны до 5° ; неуказанные радиусы сопряжений до 5° мм; термообработка ТБ.

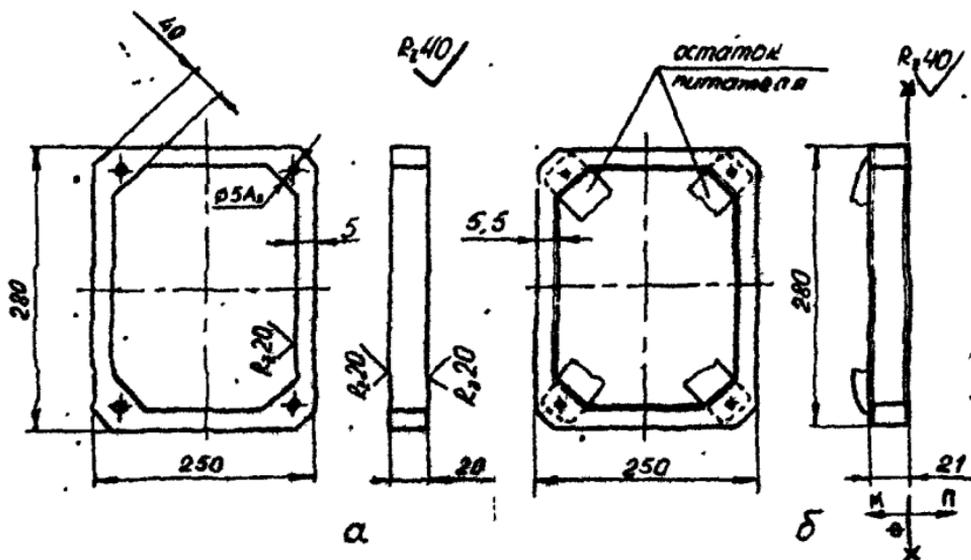


Рис.2.6. Чертежи детали (а) и отливки (б)

На основании перечисленных требований принятым следующим решением:

1. Отливку располагать в форме горизонтально (рис.2.6,б), что позволит разместить ее симметрично относительно направляющих кодаки машины и сделать кресты в несложной разъемной форме
 - получить минимальную форму направляющих габаритных размеров;
 - обеспечить направляющим (направляющим) заполнение полостей формы металлом и отливку металла частой отливки;

2. Допуски на размеры детали назначить в соответствии с табл.2.2.

3. Припускная механическую обработку выбрать по ГОСТ 26645-86 (табл.5) с учетом допусков на литейные размеры ряда припуска I. Механическую обработку предусмотреть на поверхностях с шероховатостью $R_z \leq 20$;

4. Литейный уклон взять 3° , так как отливка чизкая ($h=20$ мм) причем на внутреннюю поверхность назначить 3° , а на внешнюю - $1,5^\circ$.

Уклоны на элементах литейной системы предусмотреть 10° ;

5. Радиусы закруглений установить: для внешних углов - 5 мм, для внутренних - 3 мм;

6. Отверстия $\varnothing 5A_3$ в отливке не выполнять так как при назначении на диаметр $5A_3$ припуска на механическую обработку (литым под регулируемым газовым давлением нельзя получать точность по A_3) выполняемое при литье отверстие должно быть маленьким, тогда тонкий стержень, формирующий это отверстие будет сильно нагреваться, что приведет к образованию раковин в отливке и снижению стойкости оснастки (разрушение тонкого стержня)

- толщину стенки отливки целесообразно увеличить. Это позволит сделать отливку более технологичной. Увеличение стенки с 5,0 до 5,5 мм проанализировать за счет припуска на механическую обработку.

- отливка по геометрии (литейным размером) площади проекции и масса может быть изготовлена на любой машине ДНЦ, имеющей основной горизонтальный разъем.

Эскиз отливки - РАМКА с технологическими указаниями, нанесенными в соответствии с ГОСТ 2.423-73, приведен на рис.2.6,б.

2.2. Пректирование и расчет элементов литейной системы

ЛИТЕЙНАЯ СИСТЕМА при литье под регулируемым газовым давлением служит для подвода расплава из раздаточной печи установки в полость формы и питания отливки в процессе ее застывания.

Литейная система должна обеспечивать: подвод металла в

полость формы в ламинарном режиме (1,5-1,6 м/с); направленность процесса затвердевания отливки в сторону металлопровода (прибыли); хорошую вентиляцию формы.

Литниковая система состоит из следующих элементов: металлопровода, коллектора, литникового хода и питателя (рис.2.7).

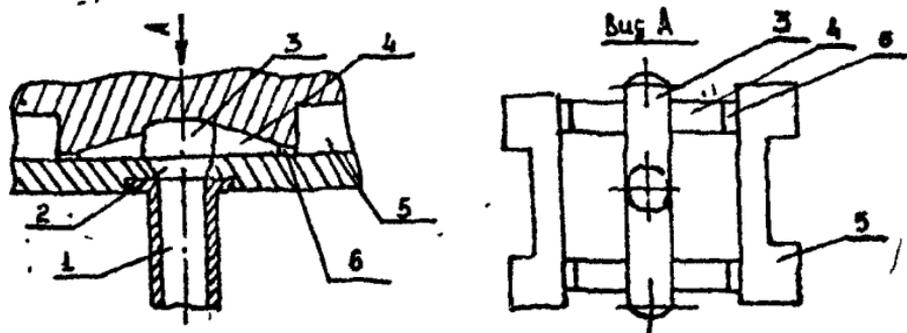


Рис.2.7. Типовая литниковая система при литье под регулируемым газовым давлением

1-металлопровод, 2-литник, 3-коллектор, 4-литниковый ход, 5-отливка, 6-питатель

Различают два вида, литниковой системы: внешняя и внутренняя (рис.2.8).

В практике наиболее широко применяется внутренняя литниковая система, которая позволяет располагать одностенные формы симметрично относительно направляющих колонн литейной машины и изготавливать формы минимально возможных габаритных размеров. Внутренняя литниковая система может состоять из металлопровода и питателя или металлопровода, коллектора и питателя (рис.2.9).

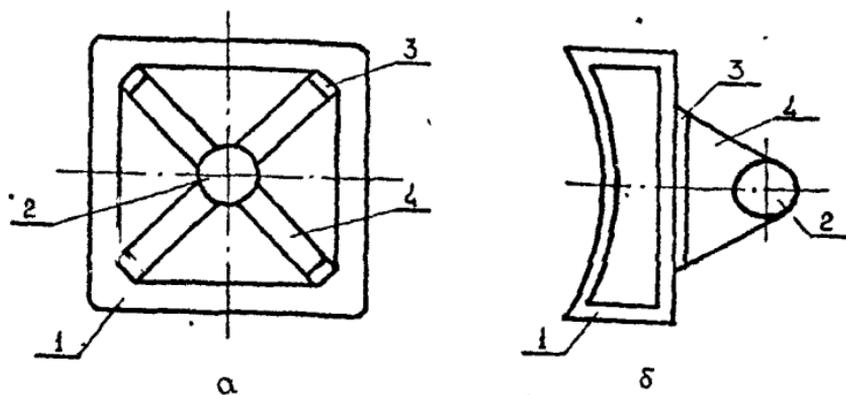


Рис.2.8. Вид литниковой системы: а-внутренняя, б-внешняя
1-отливка, 2-литник, 3-питатель, 4-литниковый ход

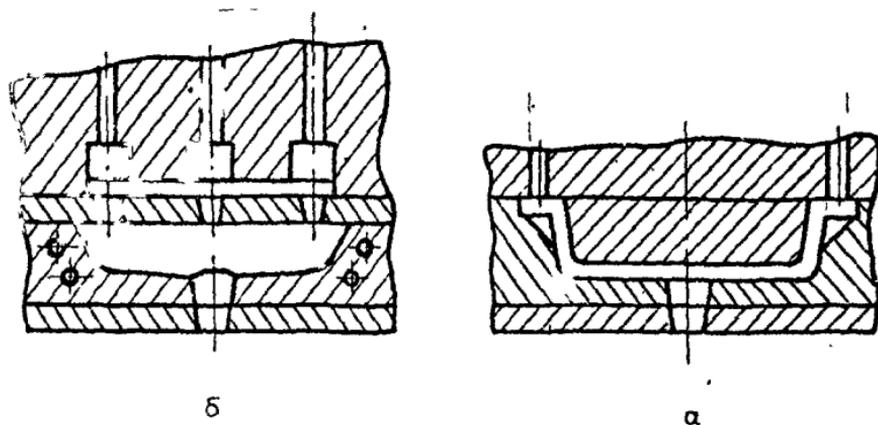


Рис.2.9. Внутренняя литниковая система:
а-без коллектора; б - с коллектором

Внешняя литниковая система (рис.2.7, 2.8, а). преимущественно .
применяется при литье в многоместные формы и значительно реже

в одноместные формы. В последнем случае не удается избежать значительного смещения формы относительно оси симметрии направляющих колонн литейной машины. Основным преимуществом внешней литниковой системы является удобство ее отделения от отливки.

При проектировании литниковой системы целесообразно руководствоваться зависимостью [3,5]:

$$F_A < F_M < F_K, \quad (2.3)$$

где F_A - суммарная площадь сечения литниковых ходов, F_M - площадь внутреннего сечения металлопровода в месте соединения его цилиндрической части с коллектором, F_K - площадь сечения коллектора.

Для различных сплавов зависимости (2.3) имеют следующий вид: для сплавов на основе алюминия - 0,75:1,0:1,25, на основе меди - 1,0:1,0:1,5.

По мнению авторов работы [12] плавное заполнение формы с минимальным фонтанированием обеспечивается при соблюдении следующих условий:

$$\begin{aligned} 0,5 \leq F_{\text{лит}} / F_M \leq 6; \\ 0,5 \leq F_{\text{ф}} \cdot F_{\text{лит}} \leq 6. \end{aligned} \quad (2.4)$$

где $F_{\text{ф}}$, F_M и $F_{\text{лит}}$ - площадь соответственно поперечного сечения формы, металлопровода и питателей.

Минимальная площадь внутреннего поперечного сечения металлопровода (F_M) определяется из уравнения

$$F_M^{\text{min}} = \frac{m_0}{2 \cdot \mu \cdot \rho \sqrt{2gH}} \quad \text{м}^2, \quad (2.5)$$

где m_0 - масса отливки с литниковой системой и присылками, кг;

μ - коэффициент гидравлического сопротивления формы (рекомендуется для внутренней литниковой системы 0,73-0,84, для внешней 0,56-0,64 [13]; ρ - плотность металла, кг/м³; g - ускорение силы тяжести, м/с²; H - величина напора в металлопроводе в начальный момент литья, м; τ - продолжительность заполнения формы жидким металлом, с. На практике, как правило, полученное из уравнения (2.5) значение F_M^{min} увеличивают примерно в 2 раза.

Площадь сечения питателя определяется соотношением

$$\sum F_n = (0,5 \div 0,8) \sum F_l, \quad (2.6)$$

где $\sum F_l$ - суммарная площадь литниковых ходов; $\sum F_n$ - суммарная площадь питателей.

Для сплавов с высокой жидкотекучестью, например, автектических силуминов, рекомендуется брать соотношение $\sum F_n = 0,5 \sum F_l$

Площадь сечения питателя, в соответствии с работой [14], может быть определена по номограмме (рис.2.10)

С помощью кривой обозначенной $d_n = h_c$; по заданной величине объемной скорости заливки ($V_{об}$) определяют площадь сечения питателя (F_n) и его диаметр, а также скорость сплава в питателе (V_n). Равенство диаметра питателя (d_n) высоте фонтана (h_c), который возникает при переходе сечения потока от узкого к широкому, является критерием спокойного заполнения полости формы расплавом.

Площадь сечения питателя при внутренней (центральной) литниковой системе соответствует площади сечения верхней части металлопровода. Площадь сечения питателя при внутренней литниковой системе можно уменьшить в 1,5-2,0 раза относительно площади внутреннего отверстия металлопровода, если предусмотреть "утепление"

питателя материалом с низкой теплопроводностью, например, асботермоэлектродом [15, 16].

При внешней (боковой) и внутренней (звездной) литниковых системах площадь сечения питателя ($f_{\text{п}}$) берется как суммарная площадь сечений питателя, примыкающих непосредственно к телу отливки.

Высота фонтана, равная скоростному напору, определяется выражением

$$h_c = \frac{v_{\text{п}}^2}{2g}, \quad (2.7)$$

где g - ускорение силы тяжести, м/с², $v_{\text{п}}$ - скорость сплава в питателе, м/с.

Для случаев, когда допустимая высота фонтана определяется не из условия его равенства диаметру металлопровода, а по конкретным размерам литниково-питающей системы, диаметр металлопровода определяется по кривым, от 1,2 до 7 (рис. 2.10).

Число питателей и место их подвода выбирается из условия обеспечения спокойного заполнения полости формы расплавом и направленности в процессе кристаллизации сплава в сторону металлопровода или прибыли.

Толщина питателя

$$b_{\text{п}} = (0,8 \div 1,0) \delta, \quad (2.8)$$

где $b_{\text{п}}$ - толщина питателя, мм; δ - толщина стенки отливки в месте подвода питателя, мм.

Толщина литникового хода

$$b_{\text{л}} = (1,5 - 3,0) b_{\text{п}}, \quad (2.9)$$

где $b_{\text{л}}$ - толщина литникового хода, мм.

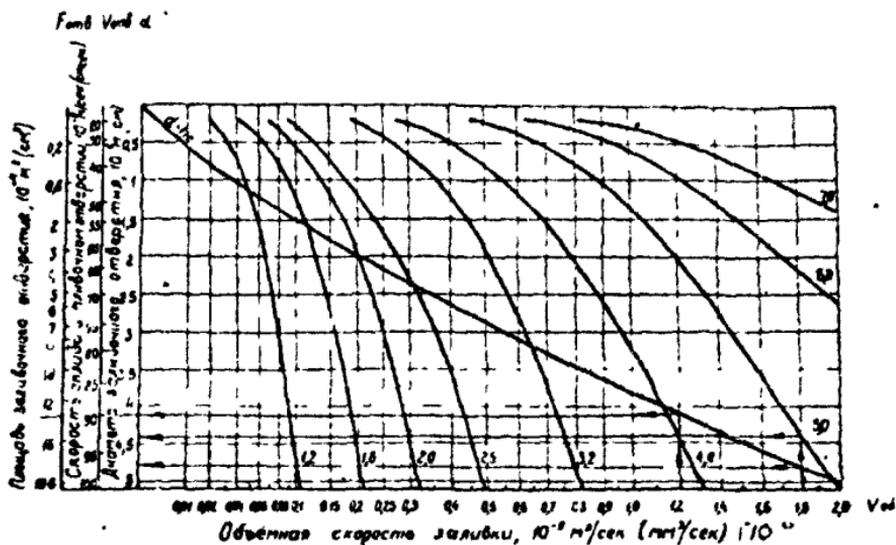


Рис. 2.10. Номограмма для определения площади и диаметра заливочного отверстия — итататели; цифри у кривых — диаметр металлопровода, см.

2.3. Расчет рабочего давления газа при литье под низким давлением

При назначении основных технологических параметров процесса литья под низким давлением* необходимо учитывать следующие соображения и ограничения.

Рабочее давление газа на зеркала металла в тигле должно обеспечивать:

- преодоление сопротивления трения металла во время его движения по металлопроводу и заполнения полости формы,
- преодоление давления воздуха, заполняющего полость формы,
- ламинарное течение металла для предотвращения повреждения стержней и поверхности формы, а также загазованности металла.

Анализ литературных и практических данных показал, что полости литейной формы целесообразно заполнять в два этапа и при этом с разными линейными скоростями движения расплава на каждом этапе. Для двухэтапного заполнения формы необходимо автоматизировать изменение давления газа на каждом этапе заливки.

Для первого этапа заливки рабочее давление газа в тигле определяют с помощью уравнения:

$$P = 14,7hp \text{ Па}, \quad (2.10)$$

или
$$P = 1,5hp / 13,6 \text{ мм рт.ст.},$$

где h - высота металлопровода, мм, ρ - плотность расплава, г/см³, $I,5$ - поправочный коэффициент, характеризующий повышение давления для преодоления сопротивлений трения металла и давления газа в полости формы.

* Применительно к литью с противодавлением величина рабочего давления газа соответствует разности давлений в полости формы и печи (ΔP).

Для второго этапа заливки рабочее давление газа в 2,5-3,0 раза меньше, чем на первом этапе. Так, при заливке форм с песчаными стержнями (давление металла должно быть несколько ниже расчетного) Из-за опасности разрушения стержней в первой фазе заливки давление может находиться в пределах 0,04...0,06 МПа, а в конечной - 0,015...0,020 МПа.

Для гарантированного заполнения полости формы алюминиевым сплавом рабочее давление рассчитывается по формуле [15]:

$$p = (h_f / 4 + 0,1) \cdot 10^5 \text{ Па}, \quad (2.11)$$

где h_f - максимальная высота подъема металла, м.

2.4. Расчет линейной скорости движения расплава в металлопроводе и полости формы

Линейная скорость расплава при движении из тигля в полость формы должна быть ограничена:

для сплавов на основе алюминия 1,5...1,6 м/с.

для сплавов на основе меди и железа 1,8...2,0 м/с.

При больших скоростях ламинарное течение металла переходит в турбулентное, вызывающее разрыв струи и захват воздуха.

В первой фазе заполнения формы рекомендуется скорость заливки устанавливать равной 0,05-0,10 м/с, а во второй - 0,15-1,40 м/с [3].

Регулирование скорости движения металла при заполнении формы автоматизировано, однако следует помнить, что значительное влияние на ее значение оказывает сечение элементов литниковой системы.

Линейная скорость в металлопроводе (V) определяется из уравнения [3]:

$$V = \frac{V}{F_M \cdot \tau} \text{ м/с.} \quad (2.12)$$

где V - объем расплава, необходимый для заполнения полости формы, м³. τ - продолжительность движения расплава по металлопроводу, с; F_M - площадь внутреннего сечения металлопровода, м².

Скорость заполнения формы жидким металлом прямо пропорциональна рабочему давлению в металлопроводе и обратно пропорциональна сумме сопротивлений движению жидкого металла.

Скорость заполнения формы при литье под низким давлением пропорциональна скорости роста давления газа в тигле (V_p). Для ее нахождения при литье алюминиевых сплавов с достаточной степенью точности можно пользоваться эмпирической зависимостью

$$V_p = \frac{V_\Phi}{4} \left(\frac{h_\Phi + h_T}{h_\Phi} \right) \cdot 10^3 \text{ Па/с,} \quad (2.13)$$

$$h_T = \frac{H_T \cdot m_0}{m_T}, \quad (2.14)$$

где V_Φ - скорость заполнения формы сплавом, м/с; h_Φ - высота полости в форме для отливки, мм; h_T - понижение уровня сплава в тигле за одну заливку, мм; H_T - рабочая высота тигля, мм; m_0 - расход сплава из тигля на I заливку, кг; m_T - рабочая емкость тигля, кг.

Скорость заполнения формы может быть определена и по номограмме (рис.2.II), которая построена на основе экспериментальных данных. Номограмма применима для отливок, имеющих разницу в толщине стенок не более 1,5. В других случаях не исключена корректировка скорости заполнения формы при отработке техпроцесса [14].

При литье с противодействием скорость изменения разности давлений в форме и печи определяет скорость заполнения формы

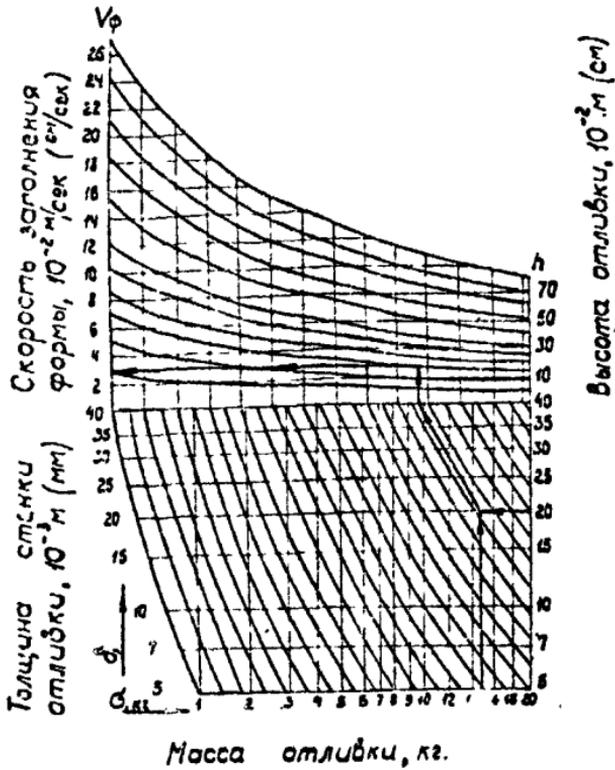


Рис. 2. II. Номограмма для определения скорости заполнения формы

жидким металлом [12]

$$v_{\Phi} = k \cdot v_{\Delta p}, \quad (2.15)$$

$$k = \frac{1}{M \rho (1 + F_{\Phi}/F_T)}, \quad (2.16)$$

где $v_{\Delta p}$ - скорость изменения разности давлений МПа/с; k - коэффициент, зависящий от плотности сплава, соотношения площадей поперечного сечения формы и тигля, и коэффициента расхода литниковой системы, ρ - плотность сплава, кг/м³.

($M = 1 / \sqrt{1 + \sum M}$) - коэффициент расхода зависит от местных сопротивлений ($\sum M$) значения которых приведены ниже:

F_{Φ}/F_T	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$\sum M$	81	64	49	36	25	16	9	4	1	0

В качестве рекомендации можно отметить, что отливки с равной поверхностью и тонкими стенками (2-4 мм) при литье под регулируемым газовым давлением должны заливаться с возможно большей скоростью. Однако следует иметь в виду, что применение чрезмерно высоких скоростей заливки может привести к образованию таких литейных пороков, как загазованность, песчаные включения, волнистость поверхности и другие.

2.5. Расчет продолжительности заполнения полости формы расплавом

Продолжительность заливки (τ) рассчитывается по формуле

$$\tau = \frac{m_{\text{л}}, 1000}{\rho \cdot F_M \cdot v} \text{ с}, \quad (2.17)$$

или

$$\tau = h/v \text{ с}; \quad (2.18)$$

где m_0 - масса отливки с литниковой системой, кг; ρ - плотность металла, кг/см³; F_M - площадь внутреннего сечения металлопровода, м²; V - линейная скорость металла в металлопроводе, м/с; h - высота отливки, м.

Существует следующая ориентировочная зависимость между продолжительностью заливки (τ) и расстоянием металлоспровод - наивысшая точка в форме (h) [3]:

h , мм	τ , с
до 200	1,5
до 300	2,0
до 500	3,0
до 700	4,0

Продолжительность заливки (τ) и скорость заполнения формы (V_ϕ) можно определить по номограмме (рис.2.12), исходя из давления газа на входе в регулятор $P_{рег}$, проходного сечения дросселя $f_{др}$, массы G_M и температуры металла в печи [12].

2.6. Пример расчета параметров процесса литья под низким давлением

В качестве примера разберем расчет параметров процесса литья под низким давлением отливки КОПУС

Исходные данные

Сплав - АЛ9

Масса отливки - $m = 15$ кг,

Преобладающая толщина стенки отливки - $\delta = 20$ мм,

Высота отливки - $h_\phi = 160$ мм,

Площадь поперечного сечения полости формы в зоне прижимания литниковой системы - $F_\phi = 6 \cdot 10^4$ мм² (технолог выбирает плоскость

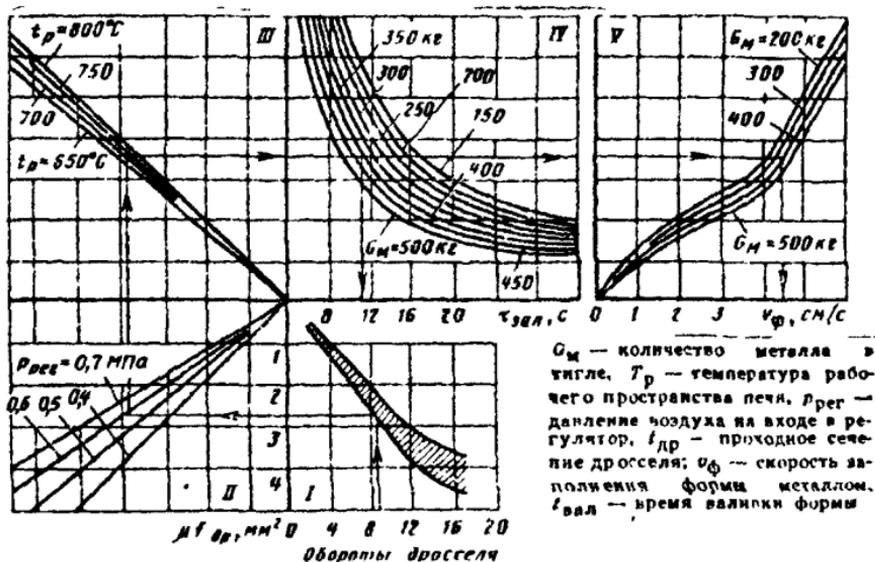


Рис.2.12. Номограмма для выбора режимов литья под низким давлением

разъема и используя чертеж, считает площадь поперечного сечения отливки.

Рабочая высота тигля $H_T = 600$ мм

рабочая емкость тигля $M_T = 130$ кг

расстояние от верхней части металлопровода до поверхности формы над ним $h_k = 50$ мм

наибольшая возможная высота сплава в форме над уровнем сплава в тигле $h_{max} = 1000$ мм (рис.2.13).

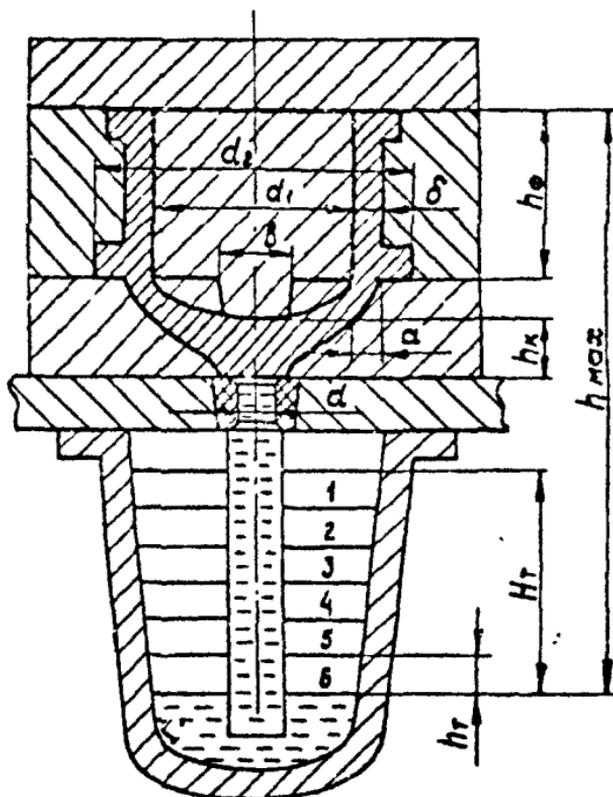


Рис.2.13. Схема установки для изготовления отливки
КОРПУС

Решение

Для заливки целесообразно взять внутреннюю литниковую систему с крестообразным расположением питателей примыкающих к нижнему фланцу отливки. Вычертив литниковую систему исходя из условия обеспечения питания отливки, можно определить расход жидкого сплава на одну отливку - $m_0 = 20$ кг.

Понижение уровня сплава в тигле определяется зависимостью
(2.14)

$$h_T = \frac{(H_T + 60) \cdot m_0}{m_T} = \frac{(600 + 60) \cdot 20}{130} \approx 102 \text{ мм}.$$

После первой заливки расстояние от уровня сплава в тигле до верхней поверхности отливки будет равно

$$h_1 = h_{\max} - H_T + h_T = 1000 - 600 + 102 = 502 \text{ мм}.$$

После последующих заливок это расстояние будет меняться и соответственно составит

$$h_2 = h_1 + 102 = 604 \text{ мм},$$

$$h_3 = h_2 + 102 = 706 \text{ мм},$$

$$h_4 = h_3 + 102 = 808 \text{ мм},$$

$$h_5 = h_4 + 102 = 910 \text{ мм},$$

$$h_6 = h_5 + 102 = 1012 \text{ мм}.$$

Поскольку $h_{\max} = 1000$ мм, что меньше $h_6 = 1012$ мм, то для 6-й отливки в тигле не окажется достаточного количества сплава. Из одного тигля можно получить лишь 5 отливок ($h_5 < h_{\max}$).

Так как в отливке отсутствуют песчаные стержни, а преобладающая толщина тела отливки довольно-таки большая, можно установить постоянное рабочее давление в течение всего периода разбора металла из тигля печи заливки последней 5-й отливки:

Оно равно давлению, необходимому для

$$P_5 = \left(\frac{h_5}{4} + 0,1 \right) \cdot 10^5 = \left(\frac{0,910}{4} + 0,1 \right) \cdot 10^5 = 0,33 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Скорость заполнения полости формы расплавом определяется по номограмме (рис. 2.11) в соответствии с исходными данными. Найденная скорость $V_{\Phi} = 0,03$ м/с.

Скорости нарастания рабочего давления газа в тигле печи определяется по уравнению (2.15)

$$V_p = \frac{V_{\Phi} (h_{\Phi} + h_T)}{4} = \frac{3 \cdot 10^{-2}}{4} \cdot \left(\frac{0,16 + 0,10}{0,16} \right) = 1,2 \cdot 10^3 \text{ Па/с}.$$

Чтобы определить площадь сечения питателя по номограмме (рис.2.10) необходимо вычислить объемную скорость заливки:

$$V_{об} = V_{ф} \cdot F_{ф}.$$

По чертежу отливки определяем $F_{ф} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$.

Тогда

$$V_{об} = V_{ф} \cdot F_{ф} = 3 \cdot 10^{-2} \cdot 6 \cdot 10^{-2} = 18 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} \text{ или } 1,8 \cdot 10^6 \text{ мм}^3/\text{с}.$$

Из номограммы (рис.2.10) следует, что площадь питателя из условия спокойного заполнения формы должна быть не меньше $18 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ($18 \cdot 10^2 \text{ мм}^2$).

Фактическая суммарная площадь питателей в литниковой системе, построенной из условия обеспечения питания отливки, составляет

$$F_{п} = n \cdot a \cdot b = 4 \cdot 25 \cdot 80 = 8000 \text{ мм}^2,$$

где n - количество питателей, 4 шт; a и b - размеры сечения питателя в месте примыкания его к поверхности отливки, соответственно 25 и 80 мм.

Скорость сплава в питателе при $V_{об} = 18 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ составляет

$$V_{п} = (18 \cdot 10^{-4}) / (8 \cdot 10^{-3}) = 22,5 \cdot 10^{-2} \text{ м/с} \text{ (225 мм/с)}.$$

Такой $V_{п}$ соответствует по номограмме (рис.2.11) высота фонтана, равная диаметру питателя много меньше $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, что обеспечивает спокойное заполнение металлом полости формы.

Минимально допустимый диаметр металлопровода определяется из условия, что высота фонтана должна быть меньше расстояния от верхнего торца металлопровода до рабочей поверхности формы, то есть $h_c \leq h_k$. В нашем случае $h_k = 50 \text{ мм}$, принимаем $h_c \leq 50$.

В этом случае из номограммы (рис.2.10) следует, что диаметр металлопровода может быть принят 50 мм. При этом высота фонтана будет равна примерно 44 мм. Условие спокойного заполнения соблюдается $h_c \leq h_k$ ($44 < 50$).

Таким образом, для получения отливки КОРИУС параметры литья будут следующие:

Рабочее давление газа $P \approx 3,3 \cdot 10^4$ Па.

Скорость нарастания давления $\dot{V}_P = 12 \cdot 10^2$ Па/с ($0,012$ кгс/см².с).

Диаметр металлопровода 50 мм.

Площадь питателя, необходимого для спокойного заполнения формы равна $18 \cdot 10^2$ мм², а для обеспечения питания отливки - $80 \cdot 10^2$ мм².

Принимаем $F_{\text{л}} = 8 \cdot 10^3$ мм².

III. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

Развитие производства отливок способом литья под регулируемым газовым давлением требует создания высокопроизводительного автоматизированного оборудования и надежной работы оснастки. Отечественной промышленностью, в частности Тираспольским заводом "Литмаш" им. С.М.Кирова, выпускаются серийные агрегатированные литейные установки типа АДУ для литья под низким давлением. Их используют и для изготовления широкой номенклатуры деталей, и как специализированные - для отливки роторов электродвигателей, поршней автотракторных двигателей и др. Для литья с противодавлением установки типа "ВП" экспортируются в нашу страну из Болгарии.

Технологическая оснастка для получения отливок методом литья под регулируемым газовым давлением, как и в других специальных способах литья, играет очень важную роль в технологическом процессе. Поэтому к ней предъявляются повышенные требования как при конструировании, так и при изготовлении.

Конструкции форм, применяемых при литье под регулируемым газовым давлением имеют много общего с обычным кокилем и пресс-формой для литья под высоким давлением, однако есть и ряд существенных отличий между ними. Главное отличие формы для литья под регулируемым газовым давлением от кокиля заключается в существенном упрощении конструкции литниково-питающих систем [17].

Упрощение литниковой системы в форме обусловлено тем, что методы литья под регулируемым давлением дают возможность равномерно и с заданной скоростью за счет регулируемого избыточного давления осуществлять подачу жидкого металла по погруженному в расплав на заданную глубину металлопроводу, что исключает захват

воздуха и попадание находящихся на поверхности ванны металла шлаковых включений в полость формы. Попытка затвердевающей отливки в форме при литье под регулируемым газовым давлением осуществляется жидким металлом, через литник и металлопровод под действием возрастающего избыточного давления в герметизированной печи установки.

3.1. Металлопровод. Конструкция, требования, предъявляемые к металлопроводам

Металлопровод является важнейшим элементом машин литья под регулируемым газовым давлением. Он должен 1-обладать достаточной стойкостью в среде жидкого металла; 2-быть газонепроницаемым; 3-иметь невысокую стоимость изготовления. Этим требованиям наиболее полно отвечают металлопроводы из перлитного серого чугуна и из сплавов на основе титана, прошедших специальную химико-термическую обработку. Хорошие результаты при испытаниях показали металлопроводы из нитрида кремния (Si_3N_4) и карбида кремния (SiC). Следует учитывать, что металлопроводы, изготовленные из керамики, имеют низкую прочность. В Болгарии применяют металлопроводы, изготовленные из синтетического слепкоподобного материала. Применение таких металлопроводов возможно, но они дороги.

Стойкость металлопроводов возрастает, если их покрывать стеклотканью или синтетическим керамическим волокном - "огнестойкой бумагой". Покрывают из различных материалов, наносимые на металлопроводы методом напыления, как правило склонны к растрескиванию из-за различия коэффициентов линейного расширения. Обычно применяются металлопроводы из серого чугуна.

Металлопроводы из других материалов на производстве не нашли широкого применения. Термостойкость чугуна обеспечивается при со-

держания в нем не более 0,05 % серы и фосфора и для стабилизации перлита около 0,2 % хрома. Для защиты чугунных металлопроводов от растворения в среде жидких алюминиевых сплавов применяются защитные покрытия из кварцевой муки, глинозема, диатомита. В качестве связующего применяют жидкое стекло или (реже) фосфаты [18].

Стойкость таких металлопроводов составляет от 5 до 25 дней, а из сплавов на основе титана до 12 месяцев. Как правило, для изготовления отливки используют один металлопровод. Запасные металлопроводы хранятся в нагретом состоянии в термическом шкафу.

Металлопровод устанавливается таким образом, что нижняя (цилиндрическая) часть металлопровода размещается в тигле, а верхняя его часть часто оснащена коллектором, из которого жидкий металл по литниковым ходам (питателям) поступает в полость формы (рис.3.1). Нижний торец металлопровода находится на расстоянии до 50-60 мм от дна тигля.

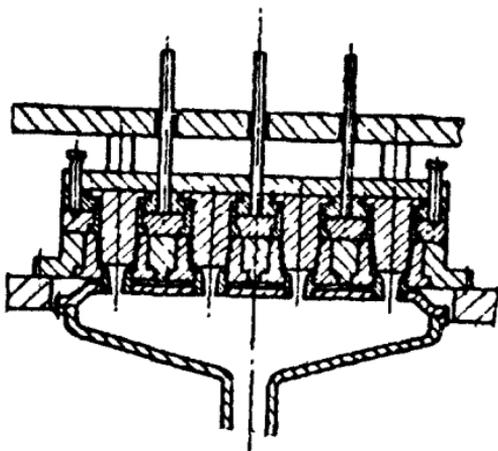


Рис.3.1. Чертеж металлопровода с коллектором

Применение разветвленного металлопровода, позволяет изготовлять сложные отливки, применять многоместные кокили или однорезные кокили, которыми можно одновременно заливать несколько одноместных кокилей. На рис.3.2 показан распределитель металла, с помощью которого можно отливать несколько мелких отливок в одном многоместном кокиле.

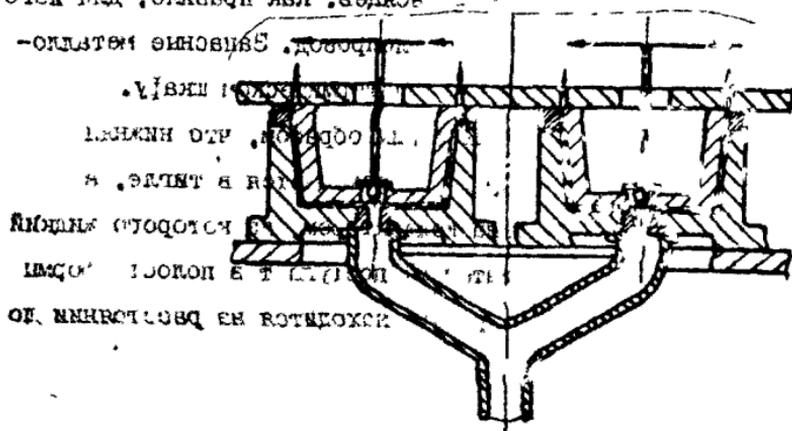


Рис.3.2. Чертеж двухместного кокиля с одним металлопроводом

В соответствии с процессом литья под регулируемым газовым давлением после заливки и питания отливки, избыточное давление газа в печи сбрасывается и жидкий металл из металлопровода сливается в тигель. В процессе работы машины слив металла приводит к нежелательному образованию оксидных пленок на довольно большой внутренней поверхности металлопровода. Для уменьшения пленкообразования можно поддерживать уровень жидкого металла в металлопроводе вблизи его выходного отверстия, на границе образования твердой фазы. С этой целью в тигле необходимо поддерживать опре-

деленное избыточное давление. Осуществление этого процесса требует значительных затрат, и практически его применение в настоящее время не нашло [18].

Для уменьшения образования окисных пленок в металле при заливке можно подавать защитный газ. Существует несколько способов подачи газа. В нашей стране предложен способ подачи газа через специальные прорези в литниковой втулке металлопровода (рис. 3.3.а). В настоящее время фирма *Hansel* (ФРГ) защитный газ подводит по каналу, выполненному в специальном штоке, который вводится в отверстие литниковой втулки перед заливкой (3.3.б).

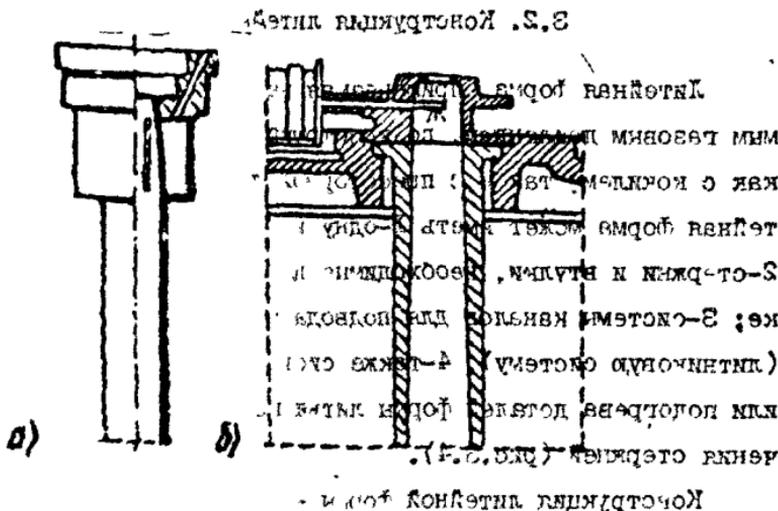


Рис. 3.3. Чертежи металлопроводов подачи защитного газа по прорезям в литниковой втулке (а) и по каналу защитного газа по каналу штока (б)

Для управления окисных включений используются металлические фильтры многократного использования или неметаллические (негазотворные) фильтры. Фильтры устанавливаются между формой и металлопроводом перед каждой заливкой. Применение таких фильтров как

способов и методов ее

показала практика, не совсем удобно. Более широкое применение нашел следующий метод. В оснастке выполняются специальные отделители, задерживающие окисные пленки, но не снижающие питающей способности металлопровода в виде тупиковых полостей в форме над выходом металлопровода, в которых задерживается окисная пленка, находящаяся на поверхности сплава [19].

Эффективна очистка сплава от окисных плен через фильтр из смеси солей с размером частиц 7-12 мм в нижней, заборной части металлопровода.

3.2. Конструкция литейных форм

Литейная форма, применяемая на установках литья под регулируемым газовым давлением, по конструкции может иметь много общего как с кокилем, так и с пресоформой для литья под давлением. Литейная форма может иметь 1-одну или несколько рабочих полостей, 2-стержни и втулки, необходимые для выполнения отверстий в отливке; 3-системы каналов для подвода расплава в рабочую полость (литниковую систему), 4-также системы толкателей для выталкивания или подогрева деталей формы литья при работе, 5-системы для извлечения стержней (рис.3.4).

Конструкция литейной формы - один из главных факторов, определяющий качество и себестоимость литья. Правильная конструкция формы должна предусматривать простую и дешевую технологию ее изготовления, износостойчивость и удобство в эксплуатации.

Требования, предъявляемые к литейным формам:

- форма должна быть удобной в эксплуатации и изготовлении, а поэтому иметь минимальные габариты и массу отвечающие ее условиям;
- форма должна иметь конструкцию, обеспечивающую наиболее простую ее разборку и сборку;

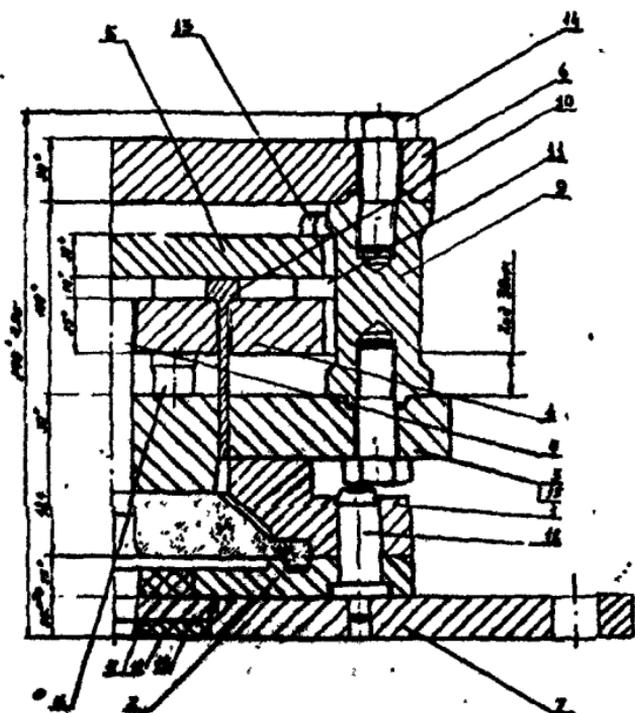
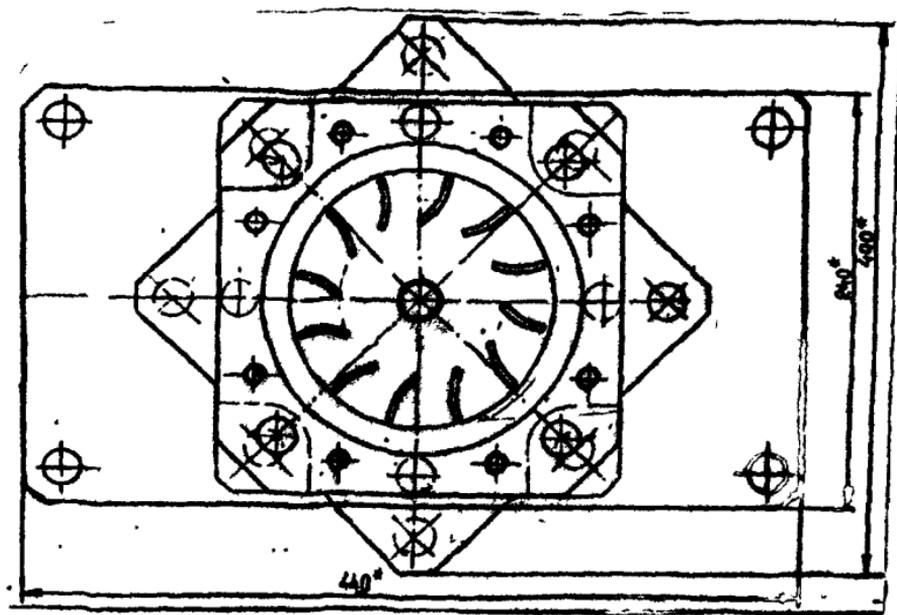


Рис.3.4. Конструкция формы для литья под низким давлением:
5-прижимная плита толкателей; 6-плита крепления пуан
II-подкладная шайба; 12-колонка центрирующая; 13,14-болт;
15-шайба; 16-шайба; 17-шайба; 18-шайба; 19-литниковая ступка



1-обойма пуансона; 2-матрица; 3-прижимная плита; 4-плита толкателей;
5-пуансон; 6-плита крепления матрицы; 7-стержень; 8-стойка; 9-толкатель;
10-толкатель; 11-плита; 12-контртолкатель; 13-штулка; 14-штулка из асбо-термо-

- на формообразующих поверхностях не допускается никаких дефектов;
- детали, подверженные сильному износу и поломкам, должны изготавливаться с более высокой точностью;
- конструкция формы должна быть жесткой;
- при конструировании формы следует учитывать удобства ее транспортировки и установки на машину;
- конструкция формы должна включать в себя максимально возможное количество нормализованных элементов;
- отклонения от параллельности плоскости разъема форма по отношению к ее опорным плоскостям допускается не более 0,1 мм на длине 200 мм;
- отклонения от плоскости (волнистость из-за коробления) в плоскостях разъема форм допускается не более 0,05 мм на длине 100 мм.

При проектировании формы следует обращать внимание на перечисленные ниже моменты:

- наибольший размер (высота) отливки вместе с литниковой системой должен быть не больше 1/2 высоты раскрытия формы;
- расстояние от рабочей полости до края формы должно составлять от 30 до 100 мм в зависимости от габаритов отливки;
- конструкция формы должна обеспечивать удержание отливки на пуансоне (в подвижной части) до момента ее выталкивания.

При выборе плоскости разъема формы следует учитывать что:

- плоскость разъема должна совпадать с плоскостью наибольшего сечения отливки;
- наибольшая полость должна находиться в неподвижной части формы (матрицы);
- необходимо по возможности избегать расположения полостей в подвижной плите (плите пуансона), так как вытеснение воздуха из

этих полостей в вентиляционные каналы затруднительно. В ряде случаев вытеснение воздуха может быть достигнуто с помощью вставок;

- в форме с прямыми плитами при помощи вставок можно получить разъем по кривой или по ломаной образующей (так как изготовление форм с разъемом по кривой или по ломаной очень сложно) и применяется редко;

- после открытия формы отливка должна оставаться на пуансоне, обжимая стержни или выступающие части формы, а при их отсутствии - обжимая рассекатель цилиндрического типа; (для удобства удаления)

- формы с двойным разъемом по горизонтальной и вертикальной плоскостям применяются для деталей с поднутренными по всей периферии.

Конструкция: литейной формы может быть разной, она определяется:

- способом получения ее основных конструктивных элементов: пуансона и матрицы,

- материалом (преимущественно это чугун, тогда конструкция литейной формы во многом близка к конструкции кокиля. Фасонные заготовки для изготовления пуансона и матрицы выполняют в этом случае методом литья. Если материалом пуансона и матрицы является сталь, то конструкция литейной формы близка к пресс-форме для литья под давлением (рис.3.5).

Детали литейной формы, как и для пресс-форм, можно в зависимости от их назначения разделить на три группы:

1- формообразующие; 2- конструктивные и 3- входящие в механизмы литейной формы. Кроме основных деталей, литейная форма имеет ряд вспомогательных крепежных деталей; конструкция и размеры которых определяются стандартами.

стабильное положение формообразующих деталей во время заполнения полости формы жидким металлом. К деталям механизмов относятся клин-пальцы, ползуны, втулки, фиксаторы и пр.

Формы для литья под регулируемым газовым давлением деталей из цветных металлов и сплавов должны соответствовать требованиям ГОСТ 19946-74 и ГОСТ 16234-70 - ГОСТ 16262-70.

При литье с противодавлением применяются переходные столы. Они необходимы для регулировки (нормализации) по высоте литейной формы, если ее высота значительно меньше высоты герметизирующего кожуха литейной машины. Применение переходного стола позволяет существенно сократить расход металла и уменьшить трудоемкость на изготовление литейных форм для небольших по высоте отливок.

Переходный стол жестко крепится к подвижной плите литейной машины с помощью болтовых соединений. При этом плита толкателей стола неподвижно соединяется с толкателями машины, что позволяет ее возвращать в исходное положение с помощью гидроцилиндров системы выталкивания литейной машины.

Форма литья крепится к переходному столу (пуансон) и неподвижной плите литейной машины (матрица). При этом суммарная высота формы и стола не должна превышать высоту кожуха литейной машины. Их высоты должны соотноситься как

$$h_c + h_f = h_k - 0,5, \quad (3.1)$$

где h_c, h_f, h_k - соответственно высоты стола, мм; формы и кожуха; 0,5 - максимально допустимый зазор по плоскости разъема между пуансоном и матрицей, мм.

Зазор проверяется при холодной литейной форме в момент ее установки на машину. При большей величине зазора возможна утечка металла по плоскости разъема и залив полости внутри кожуха. При зазоре меньше 0,5 мм возможна утечка рабочего газообразного агента по

разъему кокуха и неконтролируемое заполнение полости формы расплавом из-за нагрева формы и увеличения ее линейных размеров.

3.2.1. Исполнительные размеры рабочей полости литейной формы

Размеры отливки по сравнению с размерами рабочей полости формы уменьшаются на величину усадки. Поэтому рабочая полость формы с учетом расширения в результате нагрева и нанесения защитного покрытия должна иметь размеры, больше размеров отливки на величину усадки.

Усадка (в %): алюминиевых сплавов 1,0; магниевых - 1,4; медных - 1,6; серого чугуна - 1,0; углеродистой стали - 2,0.

При затрудненной усадке, а также при изготовлении протяженных (больших) тонкостенных отливок, величина усадки на 20-25 % меньше, чем средняя, приведенная выше [20].

3.2.2. Выталкивающие устройства и контролители. Колонки и втулки направляющие

Наиболее распространенным и простым способом удаления отливок из форм является съем отливок толкателями (рис.3.6). Существуют толкатели различной формы. В промышленности наиболее широкое применение нашли толкатели с круглым сечением рабочей части. Они более просты в изготовлении и их можно изготовить с высокой точностью и низкой шероховатостью поверхности.

При конструировании форм нужно учитывать что усилие, необходимое для снятия отливки со стержней, зависит от силы обжатия отливкой стержня. Сила обжатия меняется в зависимости от величины литейных уклонов и количества гнезд в форме. В отдельных случаях отливку производят на более крупных машинах, исходя в данном случае

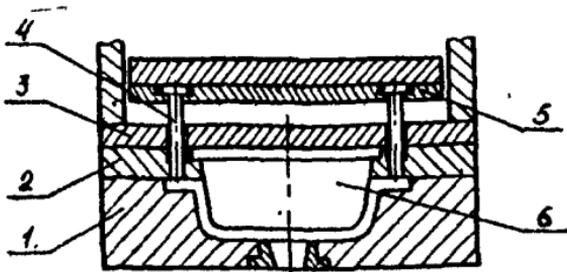


Рис.3.6. Способ удаления отливки толкателями: 1-матрица, 2-обойма пуансона, 3-прижимная плита пуансона, 4-толкатель, 5-плита толкателей, 6-стержень пуансона

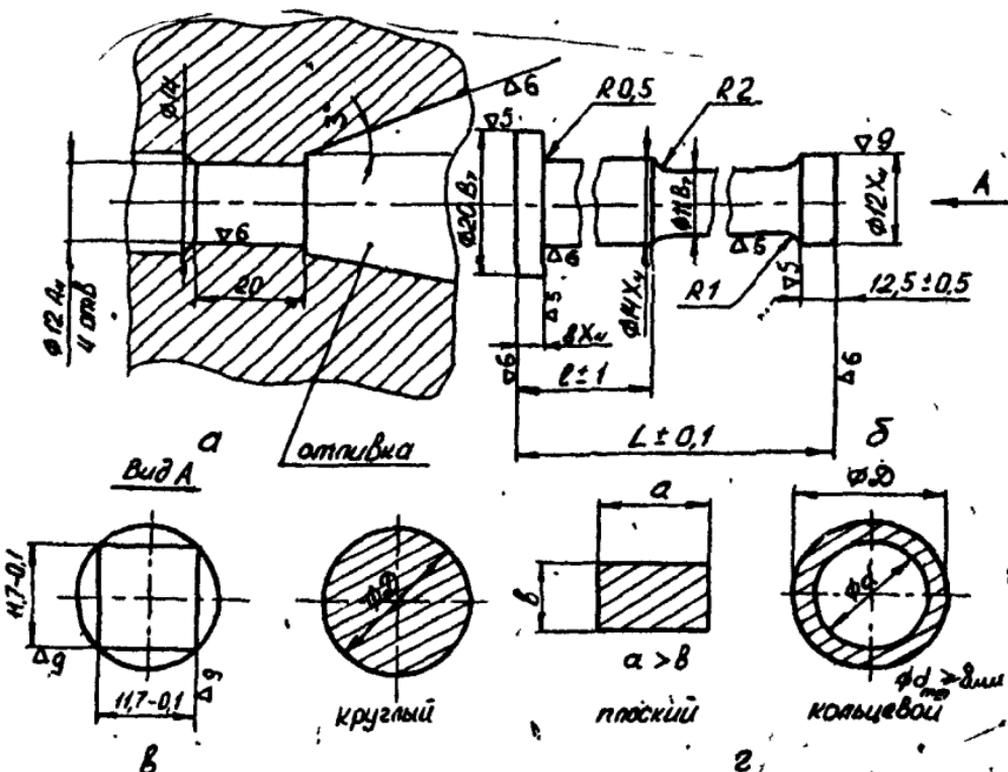


Рис.3.7. Чертеж толкателя: а-отверстие в пуансоне под толкатель; б-чертеж толкателя с указанием класса точности посадочных размеров; в-сечение толкателя с лысками для вентиляции; г-виды сечений рабочей части толкателя

не из условий заполнения, а главным образом из условия снятия отливки со стержней.

Усилие P , необходимое для снятия отливки со стержней [10]:

$$P = \pi \cdot d_c \cdot h \cdot \rho (\mu_1 \cos \alpha - \sin \alpha), \quad (3.2)$$

где d_c - диаметр стержня, см; h - высота стержня, см; ρ - усилие обжатия (от 100-200 кг/см²), зависящее от температуры формы и отливки, от толщины ее стенок и состава сплава (берется произвольно); α - литейный уклон, в град; μ_1 - коэффициент трения, (для покрытий маршалит, жидкое стекло $\mu_1 \approx 0,2$).

Контролкатели предназначены для установки толкателей в исходное положение при закрытии формы (рис.3.8). Контролкатель, может выполнять функции толкателя.

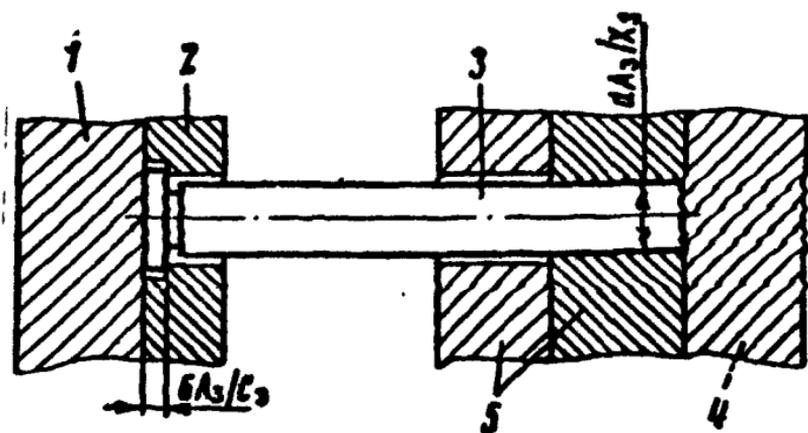


Рис.3.8. Схема установки контролкателей; 1-прижимная плита, 2-плита толкателей; 3-контролкатель; 4-неподвижная часть формы; 5-подвижная часть формы

Колонки и втулки направляющие типа I (рис.3.9,а) применяются для точного совмещения подвижной и неподвижной частей формы. Колонки и втулки направляющие типа II (рис.3.9,б) применяются для устранения перекосов и провисания плиты толкателей.

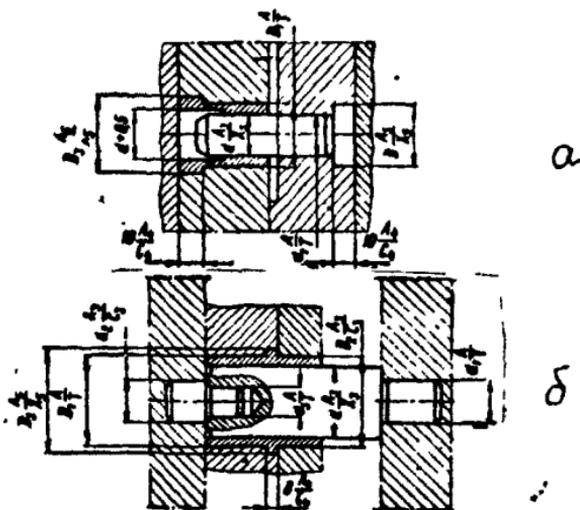


Рис.3.9. Чертеж направляющих колонок и втулок:
а - тип I; б - тип II

3.2.3. Извлечение стержней

Стержни могут извлекаться с помощью штока, соединенного с пневмо- или гидроприводом. Или с помощью клинового механизма (рис.3.10). Шток с гидроприводом применяется в том случае, когда усилие для извлечения превышает 5 кН.

Клиновые механизмы применяются реже. Они состоят из клина-пальца и ползуна. Ограниченное применение этого механизма связано с тем, что извлечение стержня из тела отливки, необходимо большое усилие и, как следствие, значительное увеличение диаметра клин-пальца. Надежность и продолжительность работы клинового механизма

при литье под регулируемым газовым давлением существенно меньше по сравнению с литьем под давлением.

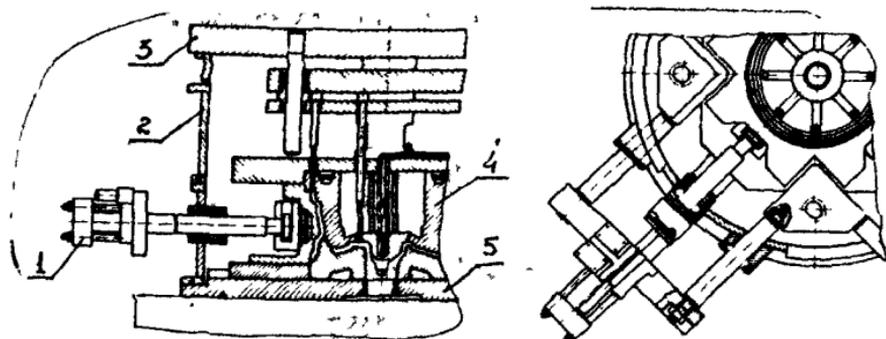


Рис.3.10. Схема извлечения стержня с помощью гидроцилиндра

1-гидроцилиндр, 2-кожух, 3-подвижная плита машины, 4-литниковая форма, неподвижная плита машины

3.2.4. Литниковые втулки и рассекатели

Литниковые втулки предназначены для соединения рабочей полости литниковой формы с металлопроводом. Рассекатели предназначены для направления потока металла из литниковой втулки в каналы литниковой системы и рабочую полость формы.

Рассекатели и литниковые втулки подвержены интенсивному воздействию расплава, часто выходят из строя, и поэтому их выполняют сменными. Конструкции и классы точности посадочных размеров литниковых втулок приведены на рис.3.11.

Если высота литниковой втулки превышает 30 мм, то целесообразно применить дополнительную втулку, изготовленную из материала с низким коэффициентом теплопроводности, например асботермосиликата.

(рис.3.12). При этом следует иметь в виду, что высота остатка литника в отливке должна быть больше глубины усадочной раковины, образующейся в нем. Выбирая площадь сечения теплоизоляционной втулки, необходимо иметь в виду, что затвердевание расплава должно происходить направленно от отливки к металлопроводу и в момент раскрытия формы расплав в этой втулке должен быть еще жидким.

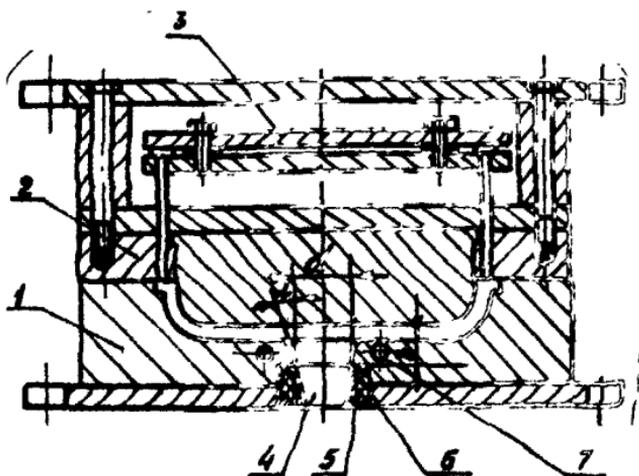


Рис.3.12. Схема установки теплоизоляционной литниковой втулки: 1-матрица; 2-пуансон; 3-плита толкателей; 4-литник; 5-теплоизоляционная литниковая втулка; 6-металлическая втулка; 7-канал для охлаждения

Уменьшение металлоемкости литниковой системы и сохранение жидкотекучести металла за счет утепления литника сокращают время от момента заливки металла в форму до момента ее разъема и тем самым повышает производительность. Но одновременно с повышением производительности увеличивается и перегрев формы из-за

аккумуляции тепла от заливаемого металла.

Для уменьшения перегрева формы и создания условий для направленного затвердевания применяется искусственное охлаждение - жидкостное или воздушное.

3.2.5. Нагрев и охлаждение литейной формы

Температура формы - один из основных параметров технологического процесса. Перед началом заливки форма должна быть нагрета до температуры, указанной в технологическом процессе на получение отливки. Обычно температура формы составляет 250-350 °С. Значительно реже, например для получения отливки из алюминиевого сплава, с толщиной стенки 2 мм температура формы может быть равной 400-450 °С.

Нагрев формы производится с помощью газовых горелок или электронагревателей. Рабочая температура формы должна поддерживаться постоянной в течение всего процесса литья, не допускается перегрев или захлаживание формы. При сложной форме отливки применяют направленное затвердевание. Этот прием заключается в наиболее интенсивном охлаждении удаленных от литейковой системы частей отливки, а также ее металлоемких узлов.

Для регулирования температуры прессформы ее охлаждают с помощью жидкости или воздуха.

Конструкция жидкостной системы охлаждения в литейных формах может быть различной в зависимости от конфигурации отливки. На рис.3.13 изображена система охлаждения формы водой, которая подается по высверленным в объеме матриц каналам (рис.3.13,а) или по трубе, проложенной в пазах, матрицы и обложки (рис.3.13,б). Рекомендуется диаметры каналов выполнять размером до 16 мм.

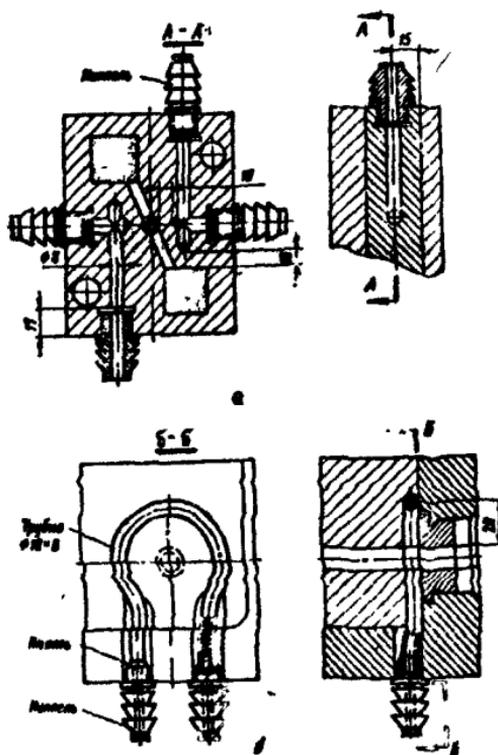


Рис.3.13. Конструкция систем охлаждения форм: а-канал для подачи воды выполнен в матрице формы сверлением; б-канал для подачи воды выполнен трубкой, впаиванной в матрицу

трубы применять диаметром от 10 до 18 мм в зависимости от металлоемкости формы.

Система охлаждения (система терморегуляции) состоит из датчиков для измерения температуры формы в заданных местах - термопары: системы охлаждения отдельных частей или формы в целом: системы регулирования подачи охладителя в форму литья.

3.2.6. Вентиляция литейной формы

При конструировании литейной формы вопросу ее вентиляции уделяется большое внимание. Это обусловлено тем, что заполняемость, воспроизводимость контура полости формы во многом определяется качеством спроектированной вентиляционной системы.

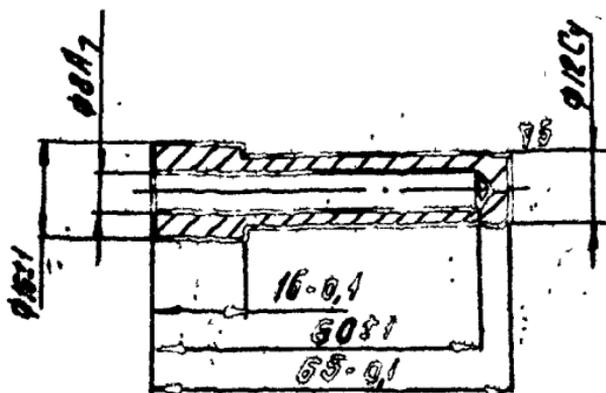
Система вентиляции, служит для удаления воздуха и газов из полости формы. Удаляемый газ поступает в вентиляционные канавки, которые выходят либо в разъем формы, либо в зазор между толкателями и пуансоном, либо в общий вентиляционный канал, выходящий на поверхность формы. В местах вероятного скопления газа устанавливаются вентиляционные пробки.

Система вентиляции отличается от аналогичной системы кокиля тем, что зазоры по стыку частей матрицы и пуансона, специальных воздухоотводных канавок и вентиляционных пробок имеют величину от 0,1 до 0,2 мм. В зазоры большей величины может проникать металл. Величины же зазоров в элементах кокиля могут доходить до 0,5 мм.

Опыт работы с формами для литья под низким давлением и с противодавлением показывает, что вентиляционные пробки необходимо выполнять легко- и быстрозъемными для их очистки в случае засорения вентиляции. При возможности, вместо вентиляционных пробок целесообразно использовать для этой цели толкатели, сделав на их рабочей части специальные лыски (см. рис. 3.7), или установить дополнительные толкатели. При этом отпадет необходимость чистки вентиляционных пробок.

Лучше всего зарекомендовали себя пробки из спеченного бронзового порошка с размером частиц 0,1-0,3 мм (рис. 3.14).

Размеры и формы вентиляционных каналов и пробок с учетом рекомендаций, указанных выше, могут быть выполнены по ГОСТ 16250-70-ГОСТ 16252-70.



Материал: порошок бронзовый $\phi 0,1-0,3$ мм

Рис.3.14. Чертеж вентиляционной пробки

3.2.7. Материалы для изготовления литейной формы Толщина стенок формы

Форма для литья под регулируемым газовым давлением испытывает при работе гораздо меньшие нагрузки, чем в пресс-форме литья под давлением, так как скорости заливки в десятки раз, а величины давления металла в сотни раз меньше. Поэтому требования, предъявляемые к материалам формообразующих поверхностей в литейной форме, менее жесткие. Это дает возможность в формах для литья под регулируемым газовым давлением вместо дефицитных жаропрочных сталей ЭИ288Ф, 4ХМБ1С и других применять в качестве деталей формообразующих поверхностей недефицитные материалы: сталь 3, стали 30,35,40,45 а также высокопрочный чугун. Жаропрочные стали применяются лишь в формах при литье деталей из латуни, бронзы

или чугуна.

Конструктивные детали форм (плиты-обоймы, подкладные втулки стержней и т.д.) изготавливают из конструкционных сталей 35, 40, 40Х, 45.

Литниковые втулки изготавливают из стали 4Х5МФ1С или ЗХ2В8Ф.

Толкатели, контролкатели изготавливают из инструментальной стали У10А или 4Х5МФ1С.

Толщины стенок литейной формы (x_2) можно определить несколькими способами:

1 способ [3] (рекомендуемый)

$$x_2 = \frac{3R}{4} \left(K_W + \frac{1 + K_W}{t_{1,2}} \cdot K_S \right) \quad \text{мм}, \quad (3.3)$$

где R - приведенная толщина отливки, мм; K_W - отношение коэффициентов теплоаккумуляции формы β_2 и отливки β_1 ; K_S - отношение величин скрытой теплоты кристаллизации и теплоемкости расплава; $t_{1,2}$ - разность начальных температур заливаемого расплава и формы, °С.

2 способ - по формулам, которые рекомендуются для расчета толщины стенок кокиля [9]

$$x_2 = k x_1, \quad (3.4)$$

где x_2 - толщина стенки кокиля, м; x_1 - толщина прогрева стенки кокиля, м; k - поправочный коэффициент, для толстостенных отливок $k < 1$, для тонкостенных $k > 1$.

Толщина прогрева стенки кокиля

$$x_1 = (1/2) D \left[1 + \sqrt{1 + (8/D)(\lambda^2/\beta)} \right], \quad (3.5)$$

где .

$$D = 3\chi_0 \rho [C_1(T_{\text{зал}} - T_{\text{кр}}) + L] / [\rho_{\text{ф}} C_{\text{ф}} (T_{\text{кр}} - T_{\text{ф}})];$$

$$T_{\text{кр}} = (1/2)(T_{\text{л}} + T_{\text{с}});$$

χ_0 - толщина стенки отливки, м; α - удельная теплота кристаллизации сплава, ккал/кг; $\rho, \rho_{\text{ф}}$ - плотность материала отливки, формы кг/м³; $C_1, C_{\text{ф}}$ - удельная теплоемкость материала, отливки, формы, ккал/(кг °С); $T_{\text{л}}, T_{\text{с}}$ - температура ликвидус, солидус, °С; $T_{\text{Зал}}$ - температура заливки металла, °С; $T_{\text{ф}}$ - начальная температура формы, °С; λ_2 - коэффициент теплопроводности материала формы, ккал/(м.с. °С); β - коэффициент теплоотдачи, ккал/(м²ч.град).

3 способ - предложенный Н.П.Дубининым:

$$\chi_2 = 13 + 0.6 \chi_0 \quad (3.6)$$

4 способ. Согласно ГОСТ 16237.70 толщина стенок кокиля определяется по графической зависимости, приведенной на рис.3.15. Для форм из сталей и высокопрочного чугуна толщину стенки кокиля (линейной формы) принимает ближе к нижней границе заштрихованной области, а для других материалов - ближе к верхней границе.

При расчете по формуле 5.5 получаются максимальные значения толщины стенки, рекомендуемые ГОСТ 16237-70, а по формуле 3.6 - минимальные значения. Метод, рекомендованный ГОСТ 21093-75, дает значения толщины стенок кокиля с запасом, обеспечивающим минимальное коробление кокиля.

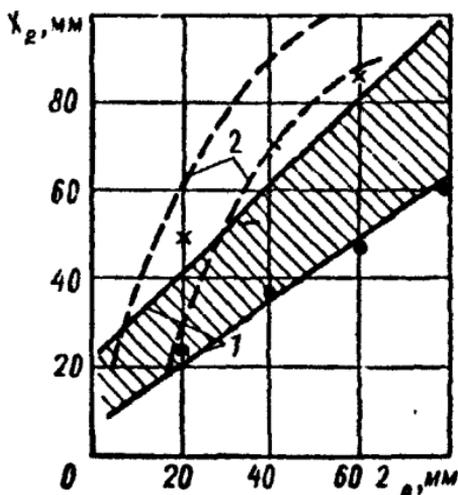


Рис.3.15. Диаграмма для выбора толщины стенки кокиля (I) по ГОСТ 16236-70 (1); по ГОСТ 21093-75 (2)

3.2.8. Расчет усилия запирания литейной формы

При заливке и затвердевании отливки форма литья воспринимает динамическое и статическое давление расплава, давление от расширения кристаллизующегося расплава при его структурных превращениях. Кроме этого механизм запирания установок литья под регулируемым газовым давлением должен предотвратить деформацию литейной формы и образования щели по ее разьему из-за короблений рабочих стенок формы при нагреве ее расплавом. Наиболее опасным является период заливки, когда под действием указанных сил форма литья может раскрыться или по ее разьему может образоваться щель, через которую расплав может вытекать из полости формы. Наибольшими из усилий, воспринимаемых механизмом запирания, являются: усилия от коробле-

ния литейной формы, усложняя от расширения отливки при структурных превращениях. Последние практически не вызывают опасности прорыва расплава по разьему формы, так как они возникают когда отливка частично затвердела

Усилия, возникающие из-за коробления литейной формы, зависят от ее конструкции и температур нагрева при заливке. Как отмечает П.А.Степанов [9], если выбор толщины стержня коекля произведен по зависимости, предусмотренной ГОСТ 21093.75 (рис.3.15), то обеспечивается минимальная величина коробления коекля, при которой исключается практически полностью опасность вытекания расплава через образующийся между его частями зазор. При меньшей толщине стенки формы (расчетно формулам (3.5), (3.6) коробление можно избежать, изменив конструкцию формы. При отсутствии коробления необходимое усилие защипания ($P_{зщ}$) формы определяется давлением расплава на ее стенке после окончания заполнения формы:

$$P_{зщ} = P_{уд} \cdot F \cdot k_1 \quad \text{Н(кгс)}, \quad (3.7)$$

где $P_{уд}$ - удельное давление расплава в полости формы, равное максимальной разности давлений рабочего газа над зеркалом расплава в печи литейной установки и в полости формы литья, Па (кгс/см²);

F - площадь проекции отливки с литниковой системой на плоскость разьема формы, м² (см²); k_1 - коэффициент запаса $k_1 = 2-3$.

3.2.9. Пример конструкции литейной формы

В качестве примера на рис.3.16 приведены общие конструктивные решения для формы литья, применяемой для получения отливок литьем с противодавлением.

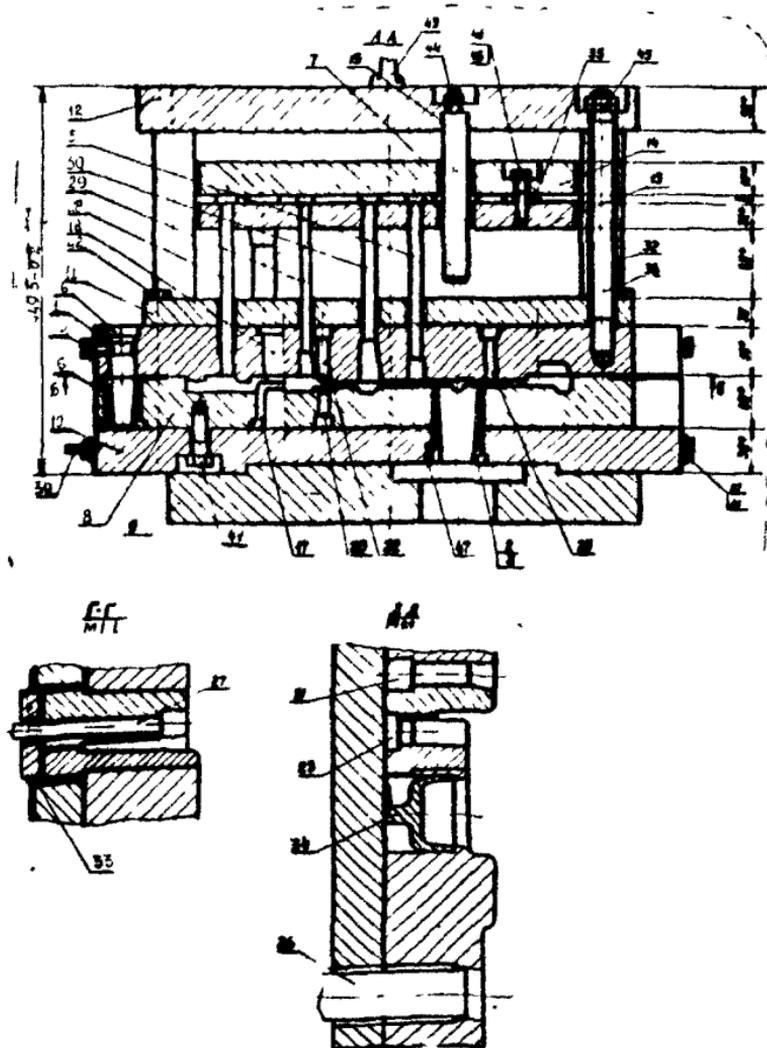
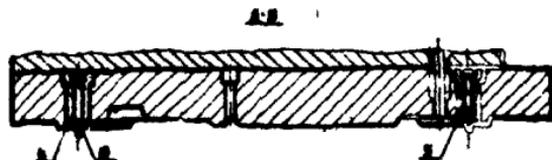
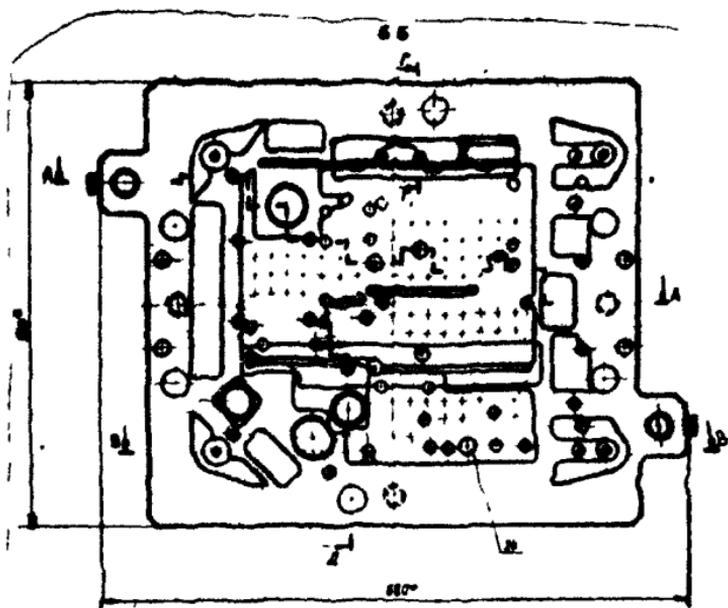


Рис. 3.16 Конструкция формы для получения отливок литьем с.

1 - пуассон; 2 - 7 - втулки; 8 - матрица; 9 - II - толкателей; 14 - плита прижимная; 15 - колонка; 16 - пробки; 26 - контролтолкатель; 27-31 - толкатели; 36 - шпилька; 37 - заглушка; 38 - шайба; 39 - шту- 41 - болт М 16x50.48.019; 42 - болт М 16x100.48.019; 5.019 ГОСТ 5915-70; 45 - гайка М 24.5.019 ГОСТ5915-70 16 ГОСТ 3128-70



протискивателем:

плиты; 12 - плита крепления пуасона; 13 - плита
- колонка центрирующая; 17-19 - стержень; 20-25 -
32 - стойка; 33 - планка; 34 - чашка; 35 - шайба
пер; 40 - болт ГОСТ 7798-70 М 12х30.48.019;
43 - рым-болт М 24 ГОСТ 4751-67; 44 - гайка М567
46 - шайба 16.65Г.029 ГОСТ 6402-70; 47-штифт 6ГХ

4. ВЫБОР МОДЕЛИ ЛИТЕЙНОЙ МАШИНЫ

Выбор модели литейной машины проводится технологом в реальных производственных условиях, на начальной стадии разработки технологии изготовления отливки, после обоснования выбора способа литья. В настоящее время в практике существует два пути решения этой задачи: первый - технолог исходит из имеющейся в производстве номенклатуры литейных машин; второй - технолог выбирает модель литейной машины по "Атласу литейного оборудования".

Студенты при выполнении курсового и дипломного проектов выбор модели литейной машины для изготовления конкретной отливки должны выбирать по "Атласу". Это позволит не только приобрести навык работы с "Атласом": но и выбрать для изготовления конкретной отливки наиболее оптимальную модель литейной машины, выпускаемую в настоящее время промышленностью.

4.1. Литье с противодавлением

Предварительный выбор модели литейной машины осуществлялся на стадии разработки конструкции отливки и расчета для нее литниково-вой системы. При этом руководствуются габаритными размерами требуемым усилием съема и массой отливки. Например, если отливка имеет максимальный габаритный размер в плашке (проекция на плоскость разреза формы) 600 мм, то независимо от ее массы и усилия съема для изготовления можно брать только модель ВП 1000 (см. приложение № 2). Это объясняется тем, что с учетом толщины литья формы (50-70 мм) максимальный габаритный ее размер будет равен 700-740 мм

Аналогичным путем проверяется пригодность той или иной модели машины по другому габаритному размеру - высоте отливки.

Например, если высота отливки равна 500 мм, то для ее изготовления можно брать лишь машину модели ВП 1000, так как высота ко- кула ($h_{кож}$) этой модели (800 мм) больше высоты литейной формы ($h_{фор}$) = 750-790 мм).

$$h_{фор} = 500 + h_1 + h_2 + h_3 = 750 - 790 \text{ мм } (...),$$

где h_1 - толщина матрицы с плитой ее крепления - 50-70 мм,

h_2 - толщина плит толкателей и крепления пуансона к машине - 50-70 мм, h_3 - максимальный код плиты толкателей - 150 мм ; $h_{кож} > h_{фор}$.

После определения массы отливки и усилия необходимого для ее съема с пуансона уточняется модель машины. Нельзя планировать для изготовления отливки, например, машину ВП 400 (выбивающая сила 300 кН), если усилие съема по расчету будет больше или равно 300 кН.

Нецелесообразно будет брать эту модель машины и в случае, если масса отливки будет больше 10 кг, так как при емкости тигля 180 кг, потребуется часто доливать в печь машины жидкий металл.

Окончательный выбор модели литейной машины проводится после конструирования литейной формы. В случае, если литейная форма по габаритам не подойдет для выбранной модели машины, последнюю необходимо заменить и произвести перерасчет параметров литья и литейной системы.

4.2. Литье под низким давлением

Рассмотренная в разделе 4.1 последовательность выбора модели литейной машины для изготовления конкретной отливки полностью пригодна и при выборе машин литья под низким давлением. Отличие заключается лишь в том, что эти машины не имеют кожула, поэтому

на них можно устанавливать литейные формы, у которых один из габаритных размеров больше расстояния между колоннами машин. Однако, в этом случае недопускается выступание форм за габаритные размеры плиты машин (подвижной или неподвижной).

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Б.В.Бауман, Э.Б.Тен. Методические указания по курсовому проектированию. -М.: МЭИИС, 1985.

2. Warteу G. G. Niederdruck-Kokillenguß. Giesserei.-Prax., 1973, № 18.-329-336 с.

3. Niskociśnieniowe odlewanie stopów aluminium w przemyśle maszyn górnich. Przybytnowski W. Jurczyk T., Pas Z., Wilk J., Prz. odlew, 1981, №3-96-100с.

4. Vorteile des Niederdruckkokillergießverfahrens. Frahn G., Saaber R., Gießereitechnik, 1982, № 9.-278-280.

5. Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Aluminium-Kokillergießverfahren. Bucken W. Aluminium, 1982, № 6.-327-332 с.

6. А.С. 793713 "Установка для литья под газовым давлением легкоокисляющихся расплавов". Варян С.М., Белов В.Д. и др., 1978 г.

7. Das Gegenruckgießverfahren bei Leichtmetall-Gußlegierungen-Verfahrensspezifische Möglichkeiten und industrielle Anwendung. Smetan H., Manolov M. Giesserei, 1982, 6J, № 19.-531-536 с.

8. А.Т.Балевски и Ив.Димов "Некоторые возможности метода литья под противодавлением". Литейное производство, № 8, 1967.- I-2 с.

9. Ю.А.Степанов, Г.Ф.Балацкий, В.А.Рыбич. Технология литейного производства. Специальные виды литья.-М.:Машиностроение, 1983.-285 с.

10. В.Д.Белов. Технологические основы литейного производства: Учебное пособие.-М.:МИСиС,1989.-108 с.
11. В.К.Бедель, Г.И.Тимофеев. Литье под низким давлением.-М.: Машиностроение, 1968,-259 с.
12. Технология литейного производства. Цветное литье: Справочник.-М.:Машиностроение, 1989,-400-409 с.
13. Н.М.Гадкин. Литниковые системы для отливок из легких сплавов.-М.:Машиностроение, 1978,-195 с.
14. Н.Н.Белоусов, Л.Я.Кашевник. Литье под низким давлением. Специальный аналитический обзор.-М.:Изд-во ЦНИИ информации и технико-экономических исследований, 1977.
15. С.М.Варьян, В.Д.Белов, Г.З.Иткин. Литниковая система при литье под низким давлением. Литейное производство, № 12, 1979,-17 с.
16. А.С.866877 "Металлическая форма для литья под газовым давлением с горизонтальным разъемом". С.М.Варьян, В.Д.Белов и др., 1981.
17. Сб. "Литье под регулируемым давлением". - Киев: ИЦ АН УССР, 1980,-162-166 с.
18. Büchen W. Stand des Niederdruck-Kokillengießverfahrens Aluminium (BRD) . 1976, 51, № 11.- -691-696 с.
19. В.К.Бедель, Г.М.Мурзагамов, Б.К.Уразбаев. Техника и экономика литья под низким давлением. Литейное производство, 1970, № 10. -1-3 с.
20. Б.К.Святкин. Литье в кокили.-М.: Высшая школа, 1984.-262 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Характеристика машин для литья

Модель машин	Масса отливки, кг	Число механизмов для раскрытия кокилей, шт	Наименьшее расстояние от створки до верхней плиты, мм	Наименьшее расстояние между кокилями, мм	Ход поршня в цилиндре, мм	Расстояние от стола до оси боковой шейки цилиндра, мм
		верхний	крепежная кокилей	плиты	верхний	бок. шейк
		боковой		кокилей	бок.	

ЛАУНД-11	до 10 кг	I	-	250	-	630	-	-
ЛАУНД-12		-	2	-	400	-	200	300
ЛАУНД-13		I	2	250	400	630	200	200
ЛАУНД-21	до 30 кг	I	-	320	-	800	-	-
ЛАУНД-22		-	2	-	630	-	250	320
ЛАУНД-23		I	2	320	630	800	250	320
Машина № I		I	2	-	-	-	-	-
ЛАУНД-31	более 30 кг	I	-	400	-	1000	-	-
ЛАУНД-32		-	2	-	800	-	320	710

под низким давлением

Усилия цилиндров в силовых головках, Н (т. с.)		Ход поршня в цилиндрах подрыва, мм	Машинное время холостого хода, сек	Габаритные размеры плит крепления кошки, мм	Наимень- шее рас- стояние от стола до рабо- чей по- верхно- сти меха- нической реакции, мм
подрыва	: переме- щения	:	:	:	:
50000(5)	40000(4)	50	45	320x320	160
50000(5)	40000(4)	50	45		-
50000(5)	40000(4)	50	45		160
125000(12,5)	60000(6)	50	60	560x560	200
125000(12,5)	60000(6)	50	60		-
125000(12,5)	60000(6)	50	60	800x600	200
		50	60		200
200000(20)	95000(9,5)	50	80	950x950	250
200000(20)	95000(9,5)	50	80		-

Характеристики машин для литья с противодавлением

Паспортные данные :	Типы машин			
	: ВП 250	: ВП 400	: ВП 630	: ВП 1000
Емкость тигля (алюминиевый сплав) кг	80	180	300	300
Запирающее усилие кН	480	700	1200	1200
Выбивающая сила кН	160	300	400	600
Ход выбива мм	100	125	125	150
Ход подвижной плиты мм	600	800	900	1000
Длительность цикла холостого хода с	20	25	30	35
Размеры плит мм	625x1025	700x1250	900x1600	1100x1600
Расстояние между колоннами мм	500x1000	560x1100	700x1400	900x1400
Количество литниковых труб	1+2	1+3	1+4	1+4
Установленная мощность печи кВт	16	21	27	27
Установленная мощность двигателя кВт	7,5	13	17	24,5
Габаритные размеры				
длина мм	4300	1500	4900	4750
ширина мм	2800	2750	3370	3490
высота мм	4000	1850	5660	5470
Масса кг	7000	10000	12000	17000

Примечание: *В обозначении модели литейной машины указан внутренний диаметр кобуха. Например, модель ВП 1000 - внутренний диаметр кобуха 1000 мм.

Владимир Дмитриевич БЕЛОВ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА
Учебное пособие

Редактор Т.Г.Назарова

Техн. рад. Л.К.Коваленко

Рецензент В.М.Клемперт
А.И.Батышев

Подписано в печать 28.01.92.

Усл. печ. л.

Уч.-изд. л. 2

Тираж 100 экз.

Заказ 364

Цена С

Тематический план 1991 г.
№ 5

Московский институт стали и сплавов, Москва, Ленинский проспект, 4
Типография ЗОЗ ИИСиС, Орджоникидзе, 8/9