

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Машины и технология литейного производства»

В. А. Скворцов
С. Л. Ровин
Ф. И. Рудницкий

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебно-методическое пособие
для студентов специальности
1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области металлургического оборудования и технологий*

Минск
БНТУ
2021

УДК 621. 74
ББК 34.61
С42

Рецензенты:
С. Е. Бельский, В. А. Стасюлевич

Скворцов, В. А.
С42 Технология литейного производства : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» / В. А. Скворцов, С. Л. Ровин, Ф. И. Рудницкий. – Минск : БНТУ, 2021. – 83 с.
ISBN 978-985-550-973-9.

Учебно-методическое пособие разработано в соответствии с типовой программой по курсу «Теория и технология литейного производства», содержит требования и необходимую информацию для выполнения работ по курсовому проектированию, разработке литейно-модельных указаний, выбору составов формовочных и стержневых смесей, разделительных и противопригарных покрытий, выбору конструкции и расчету литниковых систем. Учебно-методическое пособие предназначено для студентов дневной формы обучения специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства».

УДК 621. 74
ББК 34.61

ISBN 978-985-550-973-9

© Скворцов В. А., Ровин С. Л.,
Рудницкий Ф. И., 2021
© Белорусский национальный
технический университет, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. РАЗРАБОТКА ЛИТЕЙНО-МОДЕЛЬНЫХ УКАЗАНИЙ.....	6
1.1. Выбор плоскости разъема и положения отливки в форме	6
1.2. Припуск на механическую обработку	7
1.3. Припуски на усадку сплава	8
1.4. Литейные уклоны	9
1.5. Стержневые знаки	10
2. ВЫБОР И РАСЧЕТ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ	14
2.1. Требования к литниковым системам	14
2.2. Методика расчета типовых литниковых систем	15
3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДРОССЕЛЬНОЙ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ	31
4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФОРМ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТЬЮ РАЗЪЕМА	42
5. РАСЧЕТ ГРУЗА	52
6. ВЫБОР ТИПА И КОНСТРУКЦИИ ПРИБЫЛЕЙ.....	51
7. ФОРМОВОЧНЫЕ И СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ	66
8. ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ	72
8.1. Установки регенерации смесей.....	77
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	82

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект по курсу «Теория и технология литейного производства» является заключительным этапом для усвоения знаний по данному курсу. В ходе выполнения проекта необходимо правильно подобрать материалы и технологические процессы изготовления форм и стержней, выбрать оптимальное оборудование для изготовления и заливки готовых форм расплавленным металлом, и финишных операций изготовления отливок. Все технологические процессы по возможности должны быть автоматизированы, изготовление серийных и массовых отливок должно осуществляться с использованием высокопроизводительных автоматических формовочных линий.

При разработке технологии получения отливок важнейшей задачей является правильный расчет и назначение литейно-модельных указаний, от которых во многом зависит качество получаемого литья и его себестоимость. Особое внимание должно быть уделено последовательности процесса получения отливок: от выбора формовочных материалов до финишных операций обработки отливок. Изложение материала в пояснительной записке должно быть в том порядке, в котором происходит изготовление отливок на практике.

Описание технологических процессов должно быть достаточно полным, со ссылками на соответствующие ГОСТы или ТУ, касающиеся применяемых материалов, составов формовочных и стержневых смесей, разделительных и противопопригарных покрытий. При выборе и включении в пояснительную записку технологического и вспомогательного оборудования указывается его название и модель, соответствующие каталогу производителя, и приводятся его основные технические характеристики.

При разработке конструкции и расчете литниковой системы необходимо соблюдать правила подвода металла в полость литейной формы и стремиться к тому, чтобы масса металла в литниковой системе была минимально достаточной. Заключительным этапом разработки технологического процесса получения отливки является моделирование процессов заполнения литейной формы, кристаллизации и охлаждения отливки с анализом вероятности образования дефектов усадочного характера, газовых дефектов, трещин и внут-

ренных напряжений, которые позволяют судить о правильности разработанного технологического процесса.

К пояснительной записке прилагаются чертеж детали с литейно-модельными указаниями, чертежи монтажа моделей на модельных плитах, чертеж формы в сборе, чертеж стержневого ящика и результаты моделирования технологического процесса.

1. РАЗРАБОТКА ЛИТЕЙНО-МОДЕЛЬНЫХ УКАЗАНИЙ

Литейно-модельные указания наносятся на копии чертежа детали в соответствии с «Правилами выполнения чертежей литейной формы и отливки» ГОСТ 3.1125-88. При разработке чертежей литейной формы и отливки необходимо выполнить следующие основные работы:

- определить и указать плоскость разъема модели и формы, положение отливки при заливке;
- указать припуски на механическую обработку;
- указать припуск на усадку сплава;
- нанести литейные уклоны;
- изобразить контуры стержней, их знаки и фиксаторы с необходимыми уклонами и зазорами;
- показать направление набивки и плоскость разъема стержневого ящика, места вывода газов из формы и стержней;
- указать места установки жеребеек;
- показать съемные части моделей;
- показать холодильники, их размеры и количество;
- указать усадочные ребра, стяжки, пробы для механических и других испытаний, технологические приливы;
- показать литниковую систему, сечения ее элементов с указанием площадей и количества.

1.1. Выбор плоскости разъема и положения отливки в форме

При выборе плоскости разъема и положения отливки в форме очень часто имеется несколько вариантов. Поэтому выбор оптимального варианта учитывает соблюдение следующих основных правил:

- наиболее целесообразно получение отливок в одной полуформе; если это выполнить невозможно, то следует большую часть отливки располагать в нижней полуформе;
- ответственные обрабатываемые поверхности отливок должны располагаться внизу или на боковых поверхностях формы;
- отливку в форме следует располагать так, чтобы при затвердевании соблюдался принцип одновременного или направленного затвердевания сплава;

– линия разреза модели не должна проходить по базовым поверхностям отливки или по поверхностям с пониженной шероховатостью;

– разрез модели и формы должен обеспечить применение минимального количества стержней и отъемных частей на модели, удобную сборку и простановку стержней в нижней полуформе.

Разъем модели и формы на чертеже детали показывают отрезком или ломаной штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком «X–X», над которой указывается буквенное обозначение: МФ – при применении разъемных моделей и Ф – неразъемных. Направление разреза обозначается сплошной основной линией, ограниченной стрелками, перпендикулярными линии разреза. Положение отливки в форме при заливке показывают буквами В (верх) и Н (низ), расположенными у стрелок, обозначающих направление разреза (рис. 1.1).

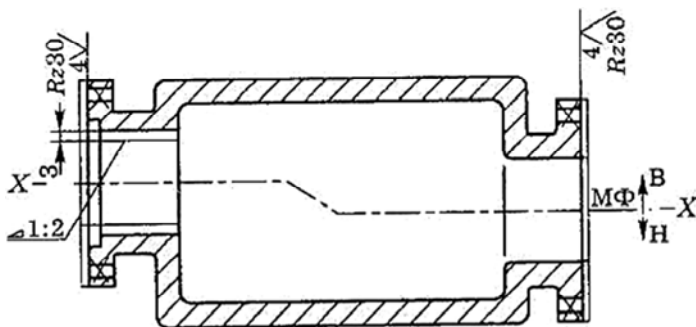


Рис. 1.1. Пример указания разреза формы и модели, положения детали при заливке и припусков на механическую обработку

1.2. Припуск на механическую обработку

Припуски на механическую обработку (на сторону) назначают отдельно на каждую обрабатываемую поверхность отливки по ГОСТ 26645-85, с учетом общего допуска элемента поверхности, вида окончательной механической обработки и ряда припуска на отливку. Порядок определения общего припуска на механическую обработку следующий:

1. По принятому технологическому процессу литья, типу заливаемого сплава и наибольшему габаритному размеру отливки определяем класс размерной точности (табл. 9, ГОСТ 26645-85);

2. По классу размерной точности и номинальному размеру определяем допуск размера отливки (табл. 1, ГОСТ 26645-85);

3. По отношению наименьшего размера элемента к наибольшему, виду формы (многократные или разовые) и термообработки отливки определяем степень коробления элемента отливки (табл. 10, ГОСТ 26645-85);

4. По степени коробления элемента отливки и номинальному размеру определяем допуск формы и расположение элемента отливки (табл. 2, ГОСТ 26645-85);

5. По допуску размера, допуску формы и расположению поверхности определяем общие допуски элементов отливок (табл. 16, ГОСТ 26645-85);

6. По выбранному технологическому процессу, наибольшему габаритному размеру и типу сплава определяем степень точности поверхностей отливок (табл. 11, ГОСТ 26645-85);

7. По степени точности поверхности определяем ряд припуска отливки (прил. 6, табл. 14, ГОСТ 26645-85);

8. По общему допуску, виду окончательной механической обработки и ряду припуска определяем общий припуск на сторону (табл. 6, ГОСТ 26645-85).

Припуски на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией (допускается выполнять ее красным цветом). Величину припуска указывают цифрой перед знаком шероховатости поверхности детали или величиной уклона и линейными размерами. Отверстия, впадины и т.п., не выполняемые при отливке детали, зачеркиваются сплошной тонкой линией (рис. 1.1).

1.3. Припуски на усадку сплава

При разработке чертежа на отливку элементов литейной формы в технических условиях указывается величина усадки сплава в процентах, которая учитывается при изготовлении модельного комплекта. Величину литейной усадки для различных сплавов выбирают по табл. 1.1. Причем верхний предел берется для отливок с простой конфигурацией поверхности, в которых преобладает свободная усадка, а нижний – для сложных отливок со стержнями, имеющих затрудненную усадку.

Таблица 1.1

Линейная усадка литейных сплавов

Сплавы	Линейная усадка, %	Сплавы	Линейная усадка, %
Чугун: серый белый ковкий перлитный ковкий ферритный высокопрочный	1,0–1,3	Бронза: оловянистая	1,4–1,6
	1,6–2,3	алюминиевая	1,5–2,4
	1,2–2,0	Латунь: кремнистая	1,6–1,8
	1,0–1,2	цинковая	1,5–2,2
	1,2–1,5		
Сталь: углеродистая (0,14–0,75 % С) марганцевая (до 14 % Мn) хромоникелевая (25 % Cr, 20 % Ni)	1,5–2,0	Магниевые сплавы	1,1–1,9
	2,5–3,8	Алюминиевые сплавы	1,0–2,0
	1,8–2,2	Силумин (8–14 % Si)	1,0–1,2
		Цинковые сплавы	1,0–1,5

Размеры модели с учетом усадки определяют по формуле

$$l_M = l_{\text{отл}} \left(1 + \frac{\varepsilon_{\text{л}}}{100} \right), \quad (1.1)$$

где $l_{\text{отл}}$ – размер отливки по чертежу, мм;

$\varepsilon_{\text{л}}$ – линейная усадка, %.

1.4. Литейные уклоны

Технологические формовочные уклоны выполняются на формообразующих поверхностях, расположенных перпендикулярно линии разреза, для облегчения извлечения модели из литейной формы.

При назначении величины формовочных уклонов следует руководствоваться ГОСТ 3212-92. В зависимости от требований, предъявляемых к поверхностям отливок, условий их сопряжения с другими деталями, технологические уклоны следует выполнять:

– на обрабатываемых поверхностях отливки сверх припуска на механическую обработку за счет увеличения размеров отливки (рис. 1.2, а);

– на необрабатываемых поверхностях отливки, не сопрягаемых по контуру с другими деталями, за счет увеличения и уменьшения размеров отливки (рис. 1.2, б);

– на необрабатываемых поверхностях отливки, сопрягаемых по контуру с другими деталями, за счет уменьшения (рис. 1.2, в) или увеличения (рис. 1.2, г) размеров отливки в зависимости от поверхности сопряжения.

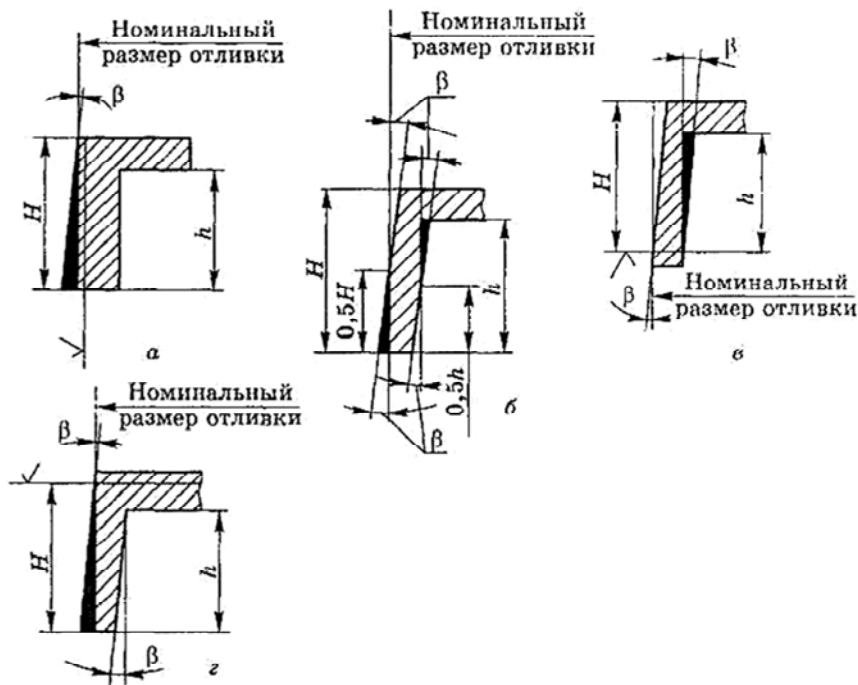


Рис. 1.2. Формовочные уклоны на рабочих поверхностях моделей:
 а – на наружных; б, в, г – на наружных и внутренних

1.5. Стержневые знаки

Для оформления внутренних полостей, наружных углублений и выступов отливки применяются стержни. Установка и фиксация стержня в форме осуществляется с помощью стержневых знаков, которые в зависимости от положения стержня при сборке могут

быть горизонтальными (рис. 1.3, *a*) и вертикальными (рис. 1.3, *б*). Конфигурация стержневых знаков выбирается в соответствии с ГОСТ 3212-92 и зависит от размеров сечения знаков $(a + b)/2$ или D , длины стержня (L), положения его в форме (вертикальное, горизонтальное) и способа формовки.

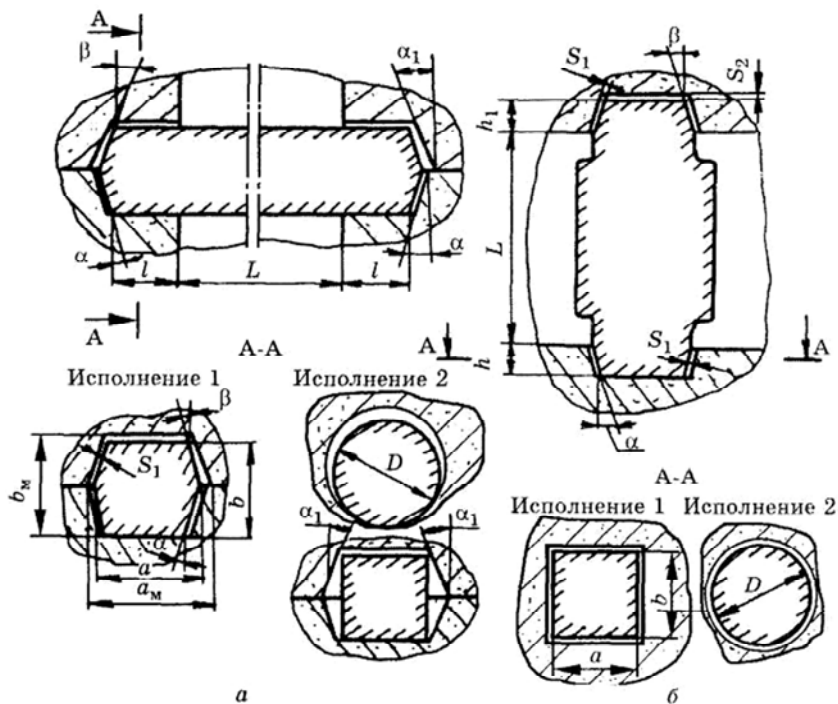


Рис. 1.3. Стержневые знаки: *a* – горизонтальные; *б* – вертикальные

Длина знака консольного стержня l (рис. 1.4, *a*) может быть увеличена до длины стержня L . Высоту верхних вертикальных знаков принимают не более 0,5 высоты нижних вертикальных знаков, определенных по ГОСТ 3218-92. При отношении L/D или $\frac{2L}{a+b} \geq 5$ нижний вертикальный знак рекомендуется выполнять в соответствии с рис. 1.4, *б*. Формовочные уклоны на знаковых формообразующих поверхностях (α , β , α_1), предназначенные для облегчения

сборки форм, в зависимости от высоты знака и расположения его в форме, должны соответствовать размерам, указанным в ГОСТ 3212-92. Под знаковой формообразующей поверхностью понимают поверхность модельного комплекта, формирующую части литейной формы или стержня, не подлежащих соприкосновению с жидким металлом.

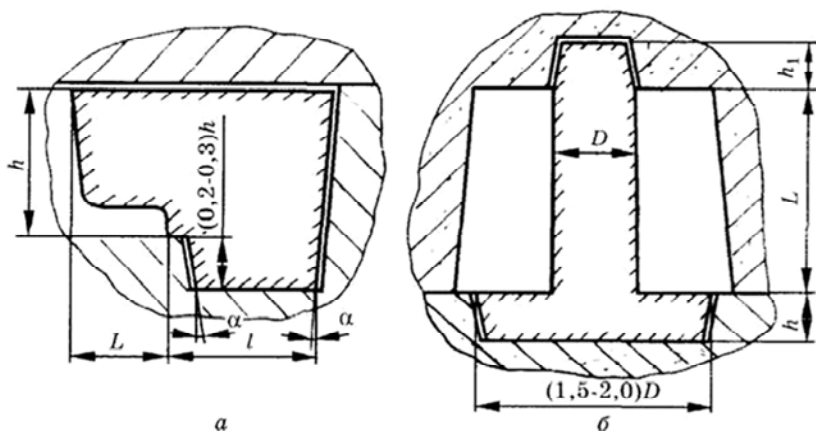


Рис. 1.4. Примеры выполнения стержневых знаков:
 a – консольного стержня; b – вертикального тонкого стержня

Между поверхностью формы и знаковой частью стержня необходимо предусмотреть технологические зазоры (S_1 и S_2), которые необходимы для правильной установки стержней в форму. Значение зазоров S_1 и S_2 зависит от наибольшей высоты знаков и длины стержня между опорами и должно соответствовать значениям ГОСТ 3212-92.

Для обеспечения точной фиксации стержня и предотвращения его смещения относительно своей оси, в литейной форме применяют стержневые знаки с фиксатором. Такие фиксаторы можно выполнять на вертикальных и горизонтальных знаках. Примеры исполнения контрольных знаков и их размеры приведены на рис. 1.5.

Стержни, их знаки и фиксаторы, знаки моделей на чертеже детали изображаются в масштабе чертежа сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять синим цветом. Контуры стержней и знаков следует наносить на минимальном числе изображений, обеспечивая при этом необходимое для изготовления модельного комплекта представление о контурах, расположении стержней и раз-

мерах знака. Стержни в разрезе штрихуются только у контурной линии по ГОСТ 3.1125-88 и обозначаются «ст.» и номером, например, ст. 5, который соответствует порядковому номеру при сборке формы. Кроме этого, на чертеже указывается направление набивки стержня (\rightarrow), разъем стержневого ящика ($\leftarrow \rightarrow$) и выход газов \rightarrow (В.Г.).

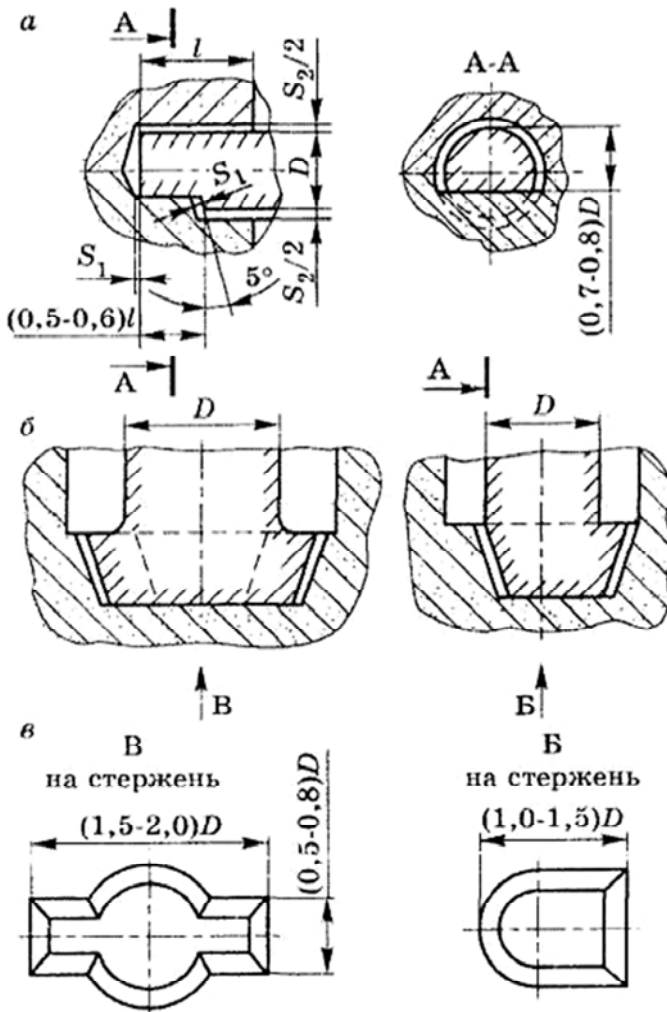


Рис. 1.5. Примеры конструктивных исполнений стержневых знаков

2. ВЫБОР И РАСЧЕТ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ

2.1. Требования к литниковым системам

Литниковые системы служат для заполнения форм расплавленным металлом, а прибыли – для питания отливок в процессе их кристаллизации. Прибыль конструктивно часто связана с литниковой системой, в этом случае элементы литниковых систем могут быть разделены на подводящие и питающие.

Размеры *подводящих* элементов литниковой системы определяются гидродинамическими факторами, а *питающих* элементов и прибыли – тепловыми факторами, геометрией отливки, ее массой, литейными свойствами сплава, а также требованиями, предъявляемыми к отливке.

В общем случае литниковая система должна отвечать следующим основным требованиям:

- обеспечивать заполнение формы расплавленным металлом в расчетный период времени с малой линейной скоростью (с целью предотвращения размыва формы и интенсивного перемешивания металла, вызывающих образование засора, окисных плен, газовых включений);
- препятствовать инжекции воздуха и газов из стенок формы потоком металла;
- задерживать шлак и другие неметаллические частицы;
- способствовать созданию необходимого теплового режима металла и формы с целью получения годных отливок (плотных, без трещин, с минимальными внутренними напряжениями, с чистой поверхностью без пригара, ужимин, раковин);
- не затруднять усадку затвердевающей отливки;
- быть удобной при формовке, занимать мало места в форме и обеспечивать высокий выход годного;
- легко отделяться от отливки и не вызывать больших затрат на обрубку и зачистку.

В зависимости от вида сплава, конструкции отливки и условий ее службы отдельные требования могут приобретать доминирующее значение или, наоборот, становиться второстепенными. Так, при производстве отливок из магниевых и высокопрочных алюминиевых сплавов, алюминиевых бронз, высокопрочных латуней и других сплавов, с высокой реакционной способностью по отношению к кислороду, требования минимального пленообразования

в самой литниковой системе и ввода металла в полость формы с малой скоростью относятся к главным. Эти же требования приобретают второстепенный характер при литье серого чугуна или оловянистой бронзы, так как они не образуют плен. При литье стали главное внимание обращается на борьбу с усадочными дефектами, причем при разливке из стопорного ковша задача задержания шлака в литниковой системе вообще не ставится. Учет специфики производства отливок в ряде случаев может помочь созданию простых литниковых систем и одновременно увеличению выхода годного.

Выбор места подвода металла является одной из главных задач. Подвод металла в тонкое место отливки имеет целью выровнять скорость охлаждения тонкой и толстой частей отливки, что способствует уменьшению напряжений, а при отсутствии прибылей – и усадочных раковин.

Подвод металла в толстое место отливки позволяет создать последовательное (направленное) затвердевание для более успешного действия прибыли. Напряжения устраняются при этом медленным охлаждением отливки в форме или последующим отжигом. Для борьбы с напряжениями надо стремиться также к равномерному подводу металла по периферии отливки. К рассредоточенному подводу металла прибегают также с целью уменьшения нагрева плоских частей формы, образующих тонкие стенки отливки, что способствует уменьшению брака по ужиминам и раковинам.

2.2. Методика расчета типовых литниковых систем

Литниково-питающие системы (ЛПС) служат для обеспечения заполнения литейных форм металлом с оптимальной скоростью, исключая образование в отливке недоливов и неметаллических включений, и компенсирующей объемную усадку в период затвердевания отливки с получением в ней металла заданной плотности. ЛПС должна также удовлетворять требованиям технологичности при изготовлении моделей, форм и отливок. При этом необходимо стремиться к созданию по возможности компактных ЛПС. Излишнее их развитие ведет к перерасходу металла, завышению затрат труда, низкой эффективности использования оборудования и площадей.

К типовым литниковым системам относятся горизонтальные, боковые, сифонные, верхние и дождевые. Для их расчета ис-

пользуют упрощенные методы, основанные на следующих допущениях:

- расплав рассматривается как идеальная жидкость с постоянной вязкостью, охлаждение расплава и нагрев формы при ее заполнении не учитываются;

- движение расплава рассматривается как установившееся движение тяжелой жидкости по закрытым и открытым каналам.

При конструировании литниковых систем необходимо придерживаться ряда правил, направленных на выполнение предъявляемых к ним требований:

- протяженность каналов литниковой системы должна быть минимальной и жидкий металл необходимо подводить к полости формы кратчайшим путем;

- поток металла, подводимый в полость формы, должен быть направлен вдоль стенки отливки или касательно ее;

- подвод металла должен обеспечивать одностороннее движение металла в форме;

- нежелательно размещать элементы литниковой системы вблизи знаковых частей стержней, холодильников, а также жеребеек;

- подвод металла осуществляют в наиболее массивную часть отливки, если толщина ее стенок различается незначительно и, наоборот, металл подводят к тонким стенкам, если их толщины существенно различаются.

Конкретная литая деталь представляет собой оригинальную конструкцию, что приводит к необходимости создания самостоятельной ЛПС для каждой отливки. Вместе с тем литые детали имеют много общего в размерах стенок, узлов, их сочленений, благодаря чему открываются возможности для типизации конструкций ЛПС и выработки общих методов их расчета.

Расчет в общем случае сводится к определению площади наименьшего сечения литниковой системы (стояка или питателя) с последующим определением (по соотношениям) площадей сечения остальных элементов системы.

Для сужающихся литниковых систем площадь наименьшего сечения F_n находят по формуле Озанна-Диттерта:

$$F_n = \frac{G}{\rho t \mu \sqrt{2gH_p}}, \quad (2.1)$$

где G – масса отливки (всех отливок в форме) с литниковой системой, кг;

ρ – плотность заливаемого расплава, кг/м³;

τ – продолжительность заливки формы, с;

μ – коэффициент расхода расплава, учитывающий потери на трение, повороты в литниковой системе;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H_p – расчетный статический напор, м.

Для определения массы отливки с литниковой системой на чертеж детали наносятся литейно-модельные указания: плоскость разреза, положение отливки в форме, припуски на механическую обработку, уклоны, галтели, конфигурация стержней, стержневые знаки, зазоры между формой и стержнем. Определяются заливаемые отверстия, технологические приливы, расположение прибылей, питающих бобышек и др. На основании литейно-модельных указаний определяются габаритные размеры моделей, разрабатывается эскиз расположения моделей на подмодельной плите и конструкция литниковой системы, по которым определяются длины питателей и шлакоуловителей. Выбираются номинальные размеры опок в свету.

Номинальные размеры опок в свету зависят от конструкции литниковой системы, габарита моделей, необходимых минимальных толщин слоя формовочной смеси между моделями и стенками опок, между моделями, между моделью и шлакоуловителем, которые зависят от массы отливки и выбираются по табл. 2.1.

Таблица 2.1

Минимальные толщины слоев формовочной смеси
на различных участках опоки

Масса отливки, кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм				
	от стенки опоки до модели	между моделями	между моделью и шлакоуловителем	от верха модели до верха опоки	от низа модели до низа опоки
до 5	20	30	30	4	50
6–10	30	40	30	50	60
11–25	40	50	30	60	70

Масса отливки, кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм				
	от стенки опоки до модели	между моделями	между моделью и шлакоуловителем	от верха модели до верха опоки	от низа модели до низа опоки
26–50	50	60	40	70	90
51–100	60	70	50	90	100
101–250	70	100	60	100	120
251–500	80	–	70	120	150
501–1000	90	–	120	150	200
1001–2000	100	–	150	200	250
2001–3000	125	–	200	250	300
3001–4000	150	–	225	275	350
4001–5000	175	–	250	300	370
5001–10000	200	–	250	350	400
более 10000	250	–	250	400	450

Полученные данные позволяют определить минимальные размеры опок, которые окончательно уточняют по ГОСТ 2133-75. На практике рассматривается несколько типоразмеров и выбирается размер опоки, в которой содержится минимальное количество формовочной смеси, затраченной на единицу массы получаемых отливок.

Продолжительность заливки формы (τ) определяют по формулам, полученным в результате обобщения опыта работы различных литейных цехов. Для сложных по конфигурации, тонкостенных отливок массой до 500 кг время заливки рекомендуется определять по формуле

$$\tau = S\sqrt{G}, \quad (2.2)$$

где S – коэффициент, зависящий от толщины стенки отливки; при толщине стенок 2,5–3,5; 3,5–8,0 и 8–15 мм этот коэффициент, соответственно, равен 1,66, 1,85 и 2,2.

Для средних и крупных отливок:

$$\tau = S\sqrt[3]{G\delta}, \quad (2.3)$$

где δ – преобладающая толщина стенки отливки, мм.

При δ равной 10–20 мм; 20–40 мм; 40 мм и более коэффициент S , соответственно, равен 1,0; 1,35; 1,50; 1,70.

Расчетный статический напор H_p зависит от типа литниковой системы, положения отливки в форме, способа заливки и других факторов и определяется из соотношения

$$H_p = H_0 - \frac{P^2}{2C}, \quad (2.4)$$

где H_0 – высота стояка от уровня металла в литниковой воронке или чаше до места подвода металла в форму, м;

P – расстояние от верхней точки отливки до уровня подвода расплава в форму, м;

C – высота отливки в форме, с.

Для сифонной литниковой системы (рис. 2.1, а), когда $P = C$, $H_p = H_0 - C/2$. При подводе металла сверху (рис. 2.1, б) $P = 0$, $H_p = H_0$. В случае симметричного расположения отливки относительно плоскости разреза и подвода металла в ней (рис. 2.1, в) $P = C/2$, $H_p = H_0 - C/8$.

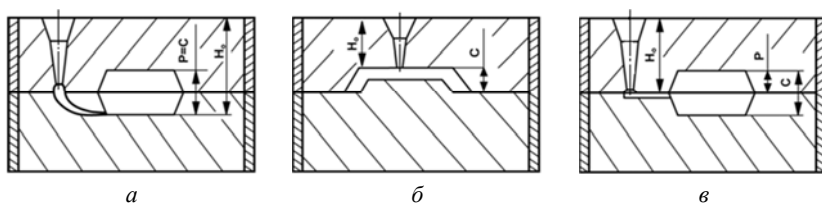


Рис. 2.1. К расчету статического напора различных конструкций литниковых систем:
а – сифонная; б – верхняя; в – боковая

Значение коэффициента расхода литниковой системы (μ) определяют по справочным таблицам. Для чугуна при заливке в сырую форму применяют $\mu = 0,35–0,50$; в сухую – $0,41–0,60$; для стали, соответственно $0,25–0,42$ и $0,30–0,50$.

Площади сечений других элементов литниковой системы для отливок из серого чугуна рассчитывают из соотношений

$$F_{II} : F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,2 : 1,4, \quad (2.5)$$

где $F_{\text{шл}}$ – площадь сечения шлакоуловителя;

$F_{\text{ст}}$ – площадь сечения стояка в самом узком месте.

При использовании в литниковой системе фильтровальной сетки площадь ее пропускного сечения ($F_{\text{ф.с}}$) определяют из соотношения

$$F_{\text{п}} : F_{\text{ф.с}} = 1 : 1(1 : 0,7). \quad (2.6)$$

Для тонкостенных чугуновых отливок пользуются соотношением

$$F_{\text{п}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,06 : 1,11. \quad (2.7)$$

При определении площадей сечения литниковой системы для стальных простых толстостенных отливок пользуются соотношением

$$F_{\text{п}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,05 : 1,1, \quad (2.8)$$

а сложных тонкостенных – соотношением

$$F_{\text{п}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,1 : 1,2. \quad (2.9)$$

При выборе конструкции литниковой системы для отливок из цветных сплавов (алюминиевых, магниевых, медных) особое внимание уделяют спокойному заполнению формы расплавом. С этой целью применяют расширяющиеся литниковые системы, в которых наименьшим сечением служит стояк ($F_{\text{ст}}$), и формула (2.1) примет следующий вид:

$$F_{\text{ст}} = \frac{G}{\rho \tau_{\text{ц}} \sqrt{2gH_p}}. \quad (2.10)$$

При расчетах площадей остальных каналов литниковой системы пользуются следующими соотношениями:

– для литья алюминиевых и магниевых сплавов:

$$F_{\text{п}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 4 : 2 : 1(6 : 3 : 1); \quad (2.11)$$

– для медных сплавов:

$$F_{\text{п}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 2 : 2 : 1(4 : 4 : 1). \quad (2.12)$$

Зная площади сечений основных элементов литниковой системы, можно определить остальные их размеры.

Питатели и шлакоуловители имеют, как правило, трапецидальное поперечное сечение, площадь которого определяется по формуле

$$F_{n(\text{шл})} = \frac{a+b}{2} \cdot h_{n(\text{шл})}, \quad (2.13)$$

где a – большее основание трапеции, м;

b – меньшее основание трапеции, м;

$h_{n(\text{шл})}$ – высота питателя (шлакоуловителя), м.

Размеры питателей при расчете зависят от места присоединения его к отливке. В случае присоединения питателя к прибыли отливки принимаются следующие соотношения его размеров $b = 0,7a$, $h_n = 1,25a$. Подставив их в формулу (2.13), получим размер большего основания

$$a = \sqrt{1,07F_n}. \quad (2.14)$$

В случае присоединения питателя непосредственно к отливке высота его должна быть на 3–5 мм меньше толщины стенки, к которой он присоединен.

Длина питателя выбирается в зависимости от конструкции литниковой системы, массы отливки, минимально допустимой толщины слоя смеси между моделью и шлакоуловителем (табл. 2.1) и берется по возможности минимальной.

В случае подвода расплава к отливке несколькими питателями рассчитанная площадь сечения питателя (F_n) является суммарной.

Для определения размеров сечения шлакоуловителя применяются такие же соотношения, как и для питателей, присоединенных к прибыли отливки.

Поскольку для освобождения от неметаллических включений расплав должен пройти внутри шлакоуловителя определенное расстояние, его длину до питателя ($l_{\text{шл}}$) определяют по формуле

$$l_{\text{шл}} = 1,2h_{\text{шл}} \frac{V_{\text{шл}}}{V_{\text{в}}}, \quad (2.15)$$

где $h_{\text{шл}}$ – высота сечения шлакоуловителя, м;

$V_{\text{шл}}$ – скорость сплава в шлакоуловителе, м/с;

$V_{\text{в}}$ – скорость всплытия частицы, м/с.

Скорость всплытия частиц ($V_{\text{в}}$) определяется из формулы

$$V_{\text{в}} = 2 \sqrt{\frac{d_{\text{шл}}}{3} \cdot \frac{\rho_{\text{Ме}} - \rho_{\text{шл}}}{\rho_{\text{Ме}}} \cdot g}, \quad (2.16)$$

где $d_{\text{шл}}$ – диаметр частицы ($\sim 0,002$ м);

$\rho_{\text{Ме}}, \rho_{\text{шл}}$ – плотность соответственно расплава и неметаллической частицы (~ 4500 кг/м³), кг/м³;

g – ускорение силы тяжести, м/с.

Скорость расплава в шлакоуловителе рассчитывают по формуле

$$V_{\text{шл}} = \frac{G_{\text{ж}}}{\tau \cdot \rho_{\text{Ме}} \cdot F_{\text{шл}}}, \quad (2.17)$$

где $G_{\text{ж}}$ – масса жидкого металла в форме, кг;

τ – продолжительность заливки, с;

$F_{\text{шл}}$ – площадь поперечного сечения шлакоуловителя, м².

Если через шлакоуловитель расплав подводится к нескольким отливкам, то площадь его поперечного сечения ($F_{\text{шл}}$) умножается на количество отливок. При большой длине шлакоуловителя его делают ступенчатым, уменьшая его площадь после прохождения очередного питателя.

Диаметр стояка ($d_{\text{ст}}$) в самом узком месте определяют из выражения

$$d_{\text{ст}} = 2 \sqrt{F_{\text{ст}} \frac{n}{\pi}}, \quad (2.18)$$

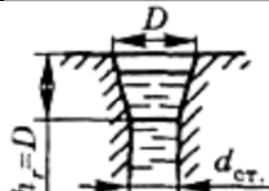
где n – количество отливок в форме, шт.

По найденному значению ($d_{\text{ст}}$) определяют верхний диаметр стояка ($d_{\text{ст.в}}$), для расширяющегося стояка $d_{\text{ст}} = d_{\text{ст.в}}$, а для сужающегося (ручная формовка) $d_{\text{ст.в}} = d_{\text{ст}} + 2h_{\text{вкл.}}$, где $h_{\text{вкл.}}$ – основание уклона, определяемого по ГОСТ 3212-92.

Выбор литниковой чаши осуществляют исходя из массового расхода расплава при заполнении литейной формы. При массовом расходе расплава до 5 кг/с выбор литниковой воронки осуществляется по значению $d_{ст.в.}$ с использованием данных табл. 2.2. По значению $d_{ст.в.}$ определяют номер и размеры литниковой воронки (табл. 2.2). При больших расходах до 10 кг/с применяют формованные литниковые чаши (рис. 2.2), номера и размеры которых приведены на рис. 2.5, б и в табл. 2.3. При расходах расплава до 50 кг/с применяются чаши-нарошталки (рис. 2.4), номера и размеры которых выбирают по номограмме (рис. 2.5, в) и таблице 2.4.

Таблица 2.2

Размеры литниковых воронок

$D = (2,7-3)h_{ст.в.}$	№ воронки	$G_{с.нач.}$, кг/с	$D = h_r$, мм	$d_{ст.в.}$, мм
	1	до 1,5	50	18
	2	1,5–2,5	60	23
	3	2,5–3,5	75	27
	4	3,5–5,0	90	30

При больших расходах используют литниковые чаши, которые изготавливаются либо в верхней опоке литейной формы (рис. 2.2), либо отдельно от нее, в виде, так называемых, чаш-нарошталок (рис. 2.3). В литниковых чашах изготавливается специальный выступ, с помощью которого осуществляется «завихрение» падающей из ковша струи расплава, что способствует всплытию шлака и удерживанию его в верхних слоях находящегося в чаше жидкого металла. Кроме того, этот выступ в сочетании с двумя вертикальными ребрами препятствует образованию «воронок» в стояке и «втягиванию» верхних слоев расплава из чаши в стояк.

Крупные чаши-нарошталки (расход от 10 до 50 кг/с) выполняют с перегородкой, которая разделяет чашу на две равные секции – приемную и расходную (рис. 2.4). Расплав заливается в приемную секцию чаши и его нижние слои (без шлака) под перегородкой, поступает в расходную секцию и далее – в стояк (рис. 2.4).

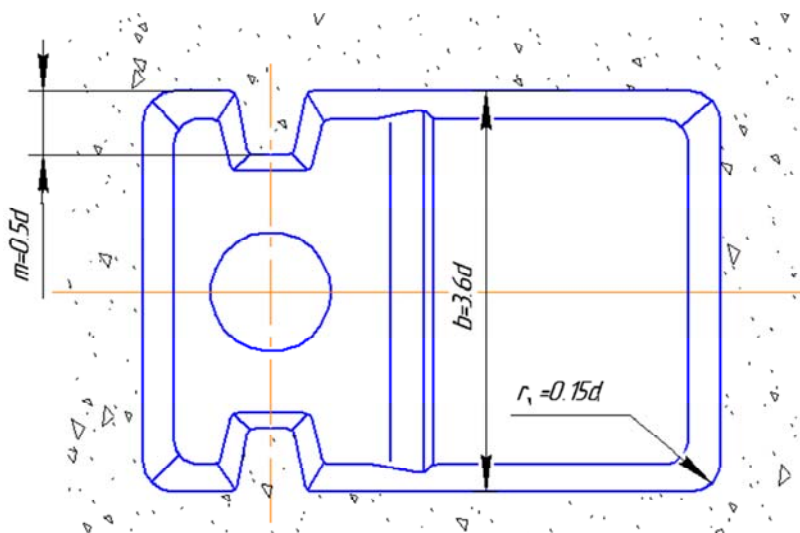
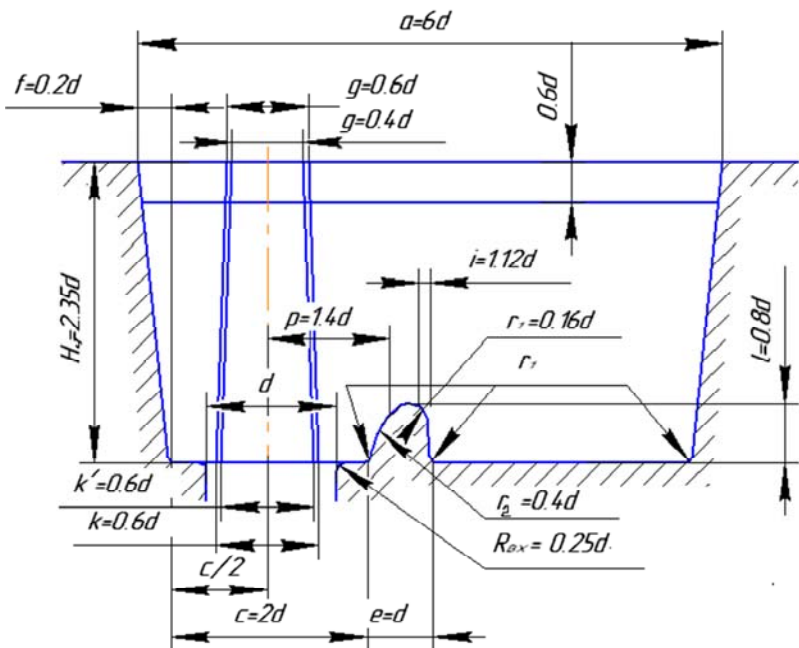


Рис. 2.2. Эскиз формованной литниковой чаши с порогом, обеспечивающей расход металла до 10 кг/с

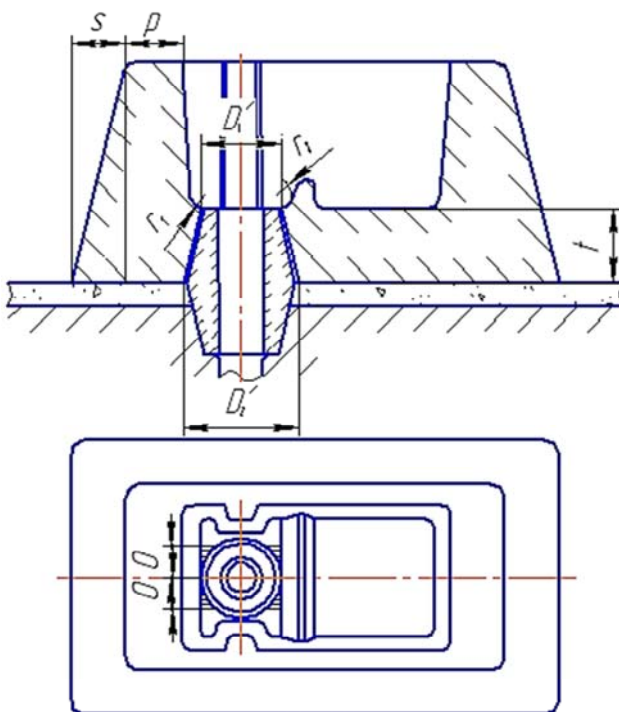


Рис. 2.3. Эскиз литниковой чаши-нарощалки с расходом металла до 10 кг/с

Для более эффективного удерживания шлака в чаше-нарощалке и предотвращения размыва расплавом стояка применяют специальные керамические пробки, которые устанавливаются у основания чаши и перекрывают поступление расплава в стояк. При полном заполнении чаши металлом пробка вынимается (или всплывает) и расплав поступает в стояк.

Чаши-нарощалки изготавливаются из стержневой смеси, как правило, жидкостекольной или ХТС в стержневых ящиках и, если это необходимо, армируются по всему верхнему периметру для предотвращения разрушения чаши во время заливки.

Соединение чаши-нарощалки со стояком осуществляется с помощью стержня-стакана (или керамического стакана), который позволяет предотвратить уход металла в месте соединения.

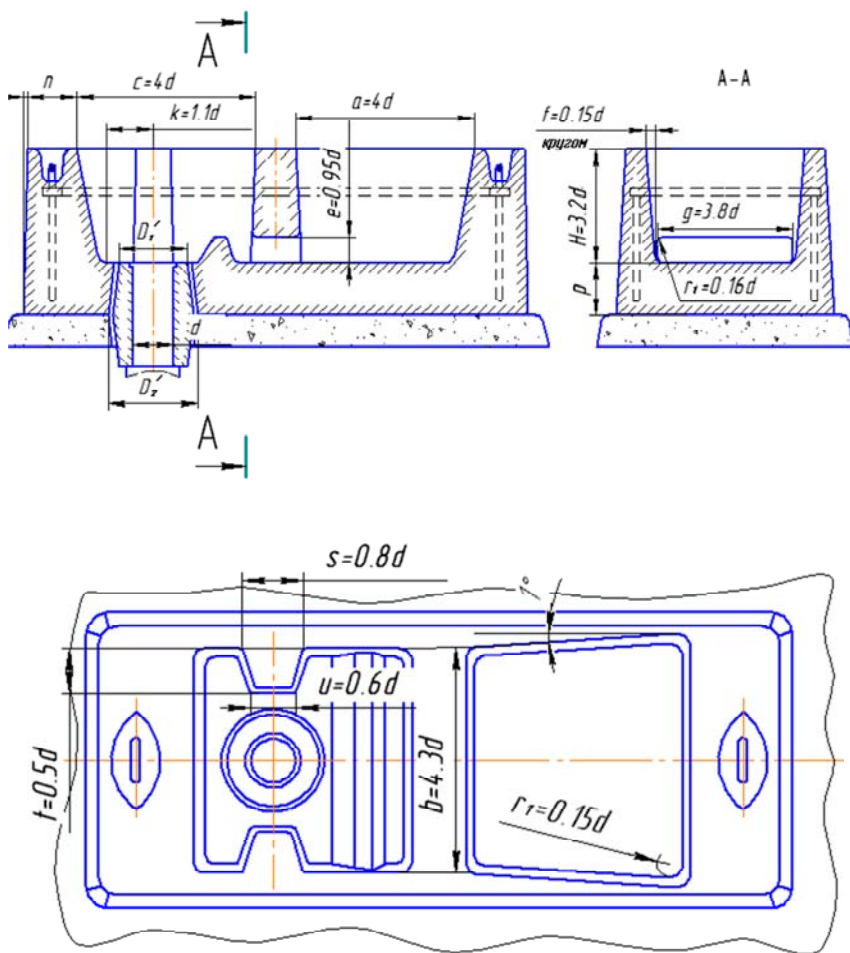
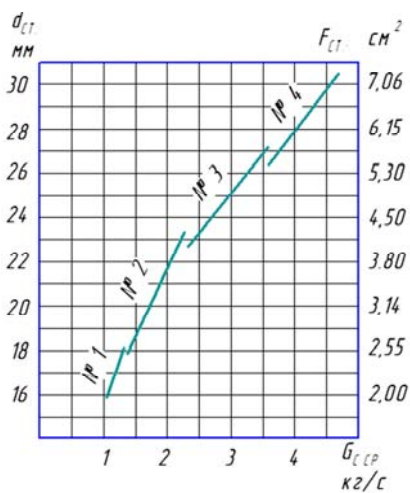
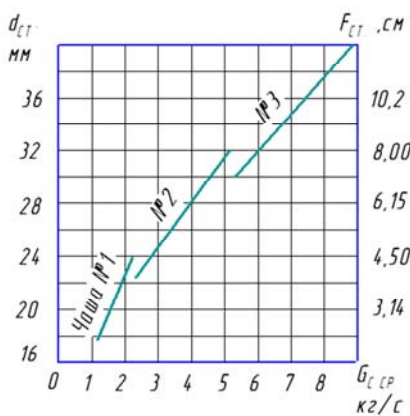


Рис. 2.4. Эскиз литниковой чаши-нарошалки с перегородкой, обеспечивающей расход металла до 50 кг/с

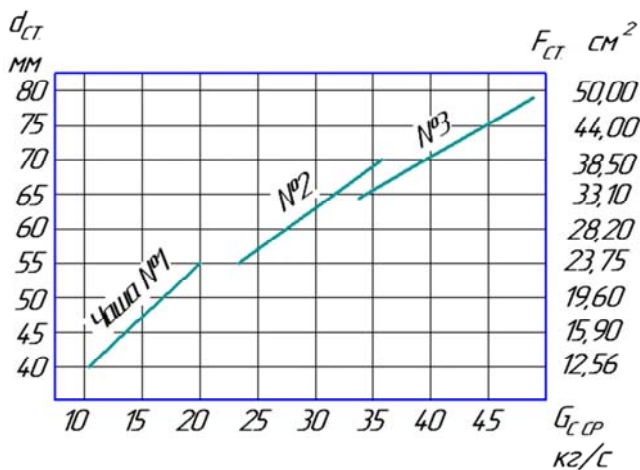
Номера литниковых воронок, формируемых чаш с порогом и чаш-нарошалок определяют исходя из скорости заполнения литейной формы расплавом, по номограммам (рис. 2.5, а, б, в), а их размеры для чугунных отливок определяют по табл. 2.2–2.5.



а



б



в

Рис. 2.5. Номограммы для определения номера и d литниковых воронок, формуемых чаш и чаш-нарошалок:
 а – для литниковых воронок; б – для формуемых чаш;
 в – для чаш-нарошалок

Таблица 2.3

Размеры формованных литниковых чаш
с расходом металла до 10 кг/с

Размер	№ 1	№ 2	№ 3	Размер	№ 1	№ 2	№ 3
	$d_{ст.в.}, \text{ мм}$				$d_{ст.в.}, \text{ мм}$		
	24	32	40		24	32	40
	Масса металла в чаше, кг				Масса металла в чаше, кг		
	4,5	15,0	21,5		4,5	15,0	21,5
a	144	192	240	$H'_ч$	80	105	130
b	84	112	140	i	3	4	5
c	48	65	80	p	34	45	56
e	24	32	40	k	20	26	32
f	5	6	8	k'	15	19	24
g	15	19	24	l	19	26	32
g'	10	13	16	m	12	16	20
				R_{px}	6	8	10

Таблица 2.4

Размеры литниковых чаш-нарошалок
с расходом металла до 10 кг/с

Номер чаши	Номер стакана	Размер, мм						
		D_1	D_2	o	p	s	t	r_1
1	1	46	56	13	30	10	30	4
2	2	65	77	20	35	12	45	5
3	2	65	77	—	35	15	45	6

Таблица 2.5

Размеры литниковых чаш-нарощалок с перегородкой,
обеспечивающих расход металла до 50 кг/с

Размер	№ 1	№ 2	№ 3	Размер	№ 1	№ 2	№ 3
	$d_{ст.в.}, \text{ мм}$				$d_{ст.в.}, \text{ мм}$		
	50	65	75		50	65	75
	Масса металла в чаше, кг				Масса металла в чаше, кг		
	68	156	231		68	156	231
a	200	260	300	k	55	72	83
b	215	280	320	l	55	75	83
c	200	260	300	m	32	42	48
D_1	97	118	133	n	45	75	90
D_2	100	135	150	o	30	60	60
e	48	62	70	p	50	70	70
f	8	10	12	s	40	52	60
g	190	246	285	t	25	32	38
H'_4	160	210	240	u	30	40	45
i	75	97	112	v	15	20	22

После выбора литниковой воронки (чаши) и расчета сечений питателя, шлакоуловителя и стояка литниковой системы определяем ее массу:

$$G_{л.с} = G_{п} + G_{шл} + G_{ст} + G_{л.ч}, \quad (2.19)$$

где $G_{п}$ – масса питателей, кг;

$G_{шл}$ – масса шлакоуловителей, кг;

$G_{ст}$ – масса стояка, кг;

$G_{л.ч}$ – масса литниковой чаши (воронки), кг.

Масса питателей (шлакоуловителей) определяется по формуле

$$G_{п(шл)} = F_{п(шл)} \cdot l_{п(шл)} \cdot \rho \cdot n, \quad (2.20)$$

где n – количество питателей (шлакоуловителей) в форме, ед.

Масса стояка и литниковой воронки определяется из выражения

$$G_{\text{ст(л.в)}} = \frac{1}{3} \pi H_{\text{ст(л.в)}} \left(R_1^2 + R_1 \cdot R_2 + R_2^2 \right) \cdot \rho, \quad (2.21)$$

где $H_{\text{ст(л.в)}}$ – высота стояка (литниковой воронки), м.

Определив массу литниковой системы, уточняем время заливки (τ) и площади сечений элементов литниковой системы $F'_{\text{п}}$, $F'_{\text{шл}}$, $F'_{\text{ст}}$:

$$\tau' = S \sqrt{G_o + G_{\text{л.с}}}, \quad (2.22)$$

$$F'_{\text{п}} = \frac{G_o + G_{\text{л.с}}}{\rho \tau' \mu \sqrt{2gH_p}}, \quad (2.23)$$

где G_o , $G_{\text{л.с}}$ – масса отливок в форме и масса литниково питающей системы.

По полученным значениям определяем уточненную массу литниковой системы ($G'_{\text{л.с}}$) по формулам (2.19–2.21).

Расчеты повторяются до тех пор, пока разница между последующим определением значения $G_o + G_{\text{л.с}}$ и предыдущим не будет превышать 3 %, также уточняем длину шлакоуловителя до первого питателя по формуле (2.15).

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДРОССЕЛЬНОЙ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

Дроссельные литниковые системы позволяют гибко регулировать продолжительность заполнения формы расплавленным металлом путем изменения площади сечения дросселя, который создает гидравлическое сопротивление расплаву и снижает его линейную скорость. Такие литниковые системы применяются, как правило, при получении толстостенных отливок.

Расчет дроссельной литниковой системы производится в следующем порядке.

1. На чертеж детали наносятся литейно-модельные указания и определяется масса отливки. Разрабатывается эскиз конструкции дроссельной литниковой системы, которая зависит от количества отливок в форме и их расположения. При расположении отливок по одну сторону от стояка применяются односторонние дроссели, которые могут быть одноходовыми (рис. 3.1), двухходовыми (рис. 3.2) или трехходовыми (рис. 3.3), в зависимости от массового расхода расплава.

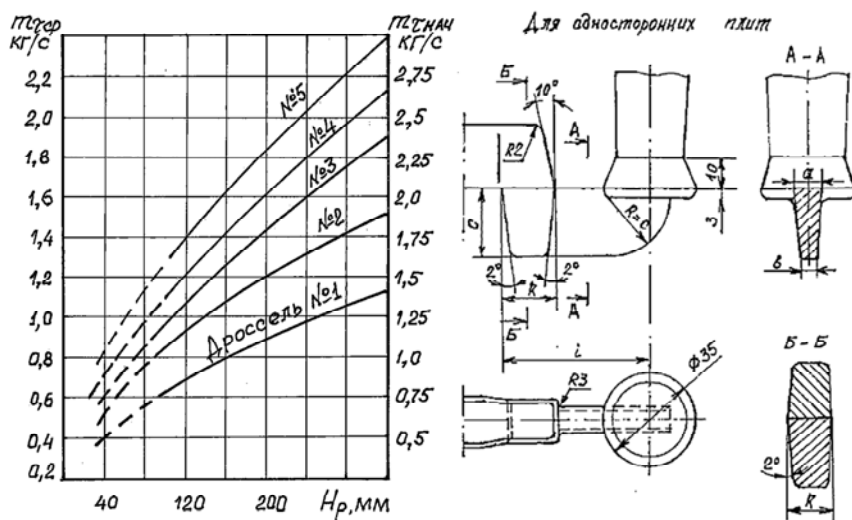
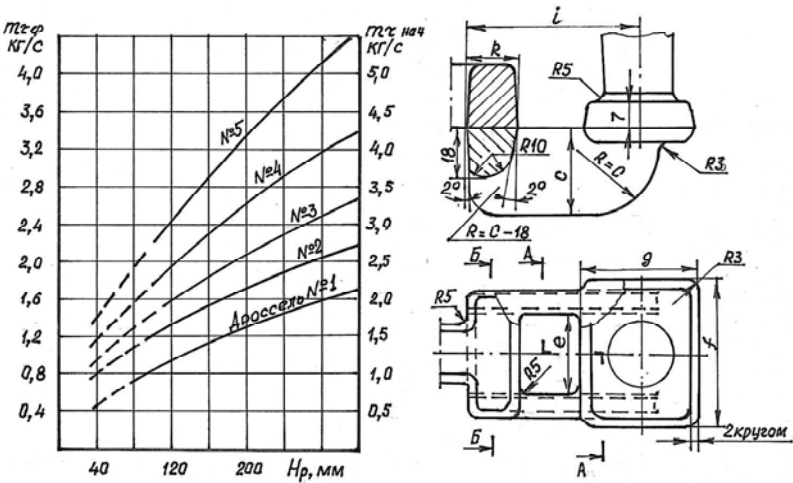


Рис. 3.1. Дроссели односторонние одноходовые

Таблица 3.1

Размеры односторонних одноходовых дросселей, мм

Номер дросселей	$F_{др.}, \text{мм}^2$	$a^{+0,2}$	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	i	k
1	100	4,5	3,6	24,6	45	15
2	150	5,5	4,5	30	45	15
3	150	7,0	6,2	22	48	18
4	200	7,0	6,0	30,8	48	18
5	250	9,0	8,0	29,4	53	23



А - А

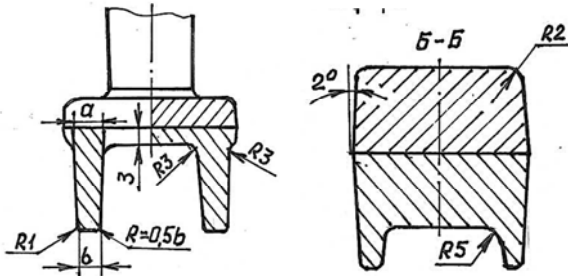


Рис. 3.2. Дроссели односторонние двухходовые

Таблица 3.2

Размеры односторонних двухходовых дросселей, мм

Номер дросселей	$\Sigma F_{др}$, мм ²	$a^{+0,2}$	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	e	f	g	i	k
1	200	4,5	3,6	24,6	30	45	40	52	15
2	250	5,5	4,6	24,6	30	47	40	52	15
3	300	5,5	4,5	30,0	30	47	40	52	15
4	400	7,0	6,0	30,8	30	50	40	57	20
5	500	9,0	8,0	29,4	30	54	40	60	20

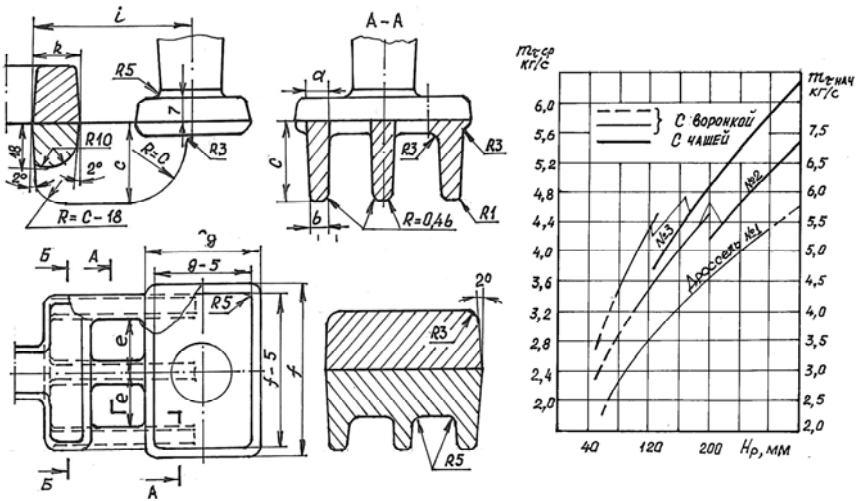


Рис. 3.3. Односторонний трехходовой дроссель

Таблица 3.3

Размеры односторонних трехходовых дросселей, мм

Номер дросселей	$\Sigma F_{др}$, мм ²	$a^{+0,2}$	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	e	f	g	i	k
1	515	10,0	9,5	17,6	25	76	46	62	20
2	700	10,0	9,2	24,3	35	96	50	62	20
3	855	10,0	9,0	30,0	35	96	50	62	20

Размеры односторонних дросселей приведены в табл. 3.1–3.3. Если отливки располагаются по обе стороны от стояка, используются двухсторонние дроссели, одноходовые (рис. 3.4) или двухходовые (рис. 3.5), а их размеры приведены в табл. 3.4, 3.5. При расположении отливок по четырем сторонам от стояка выбираются крестообразные дроссели (рис. 3.6). Определяются размеры опок по методике, описанной в разделе 1.2.

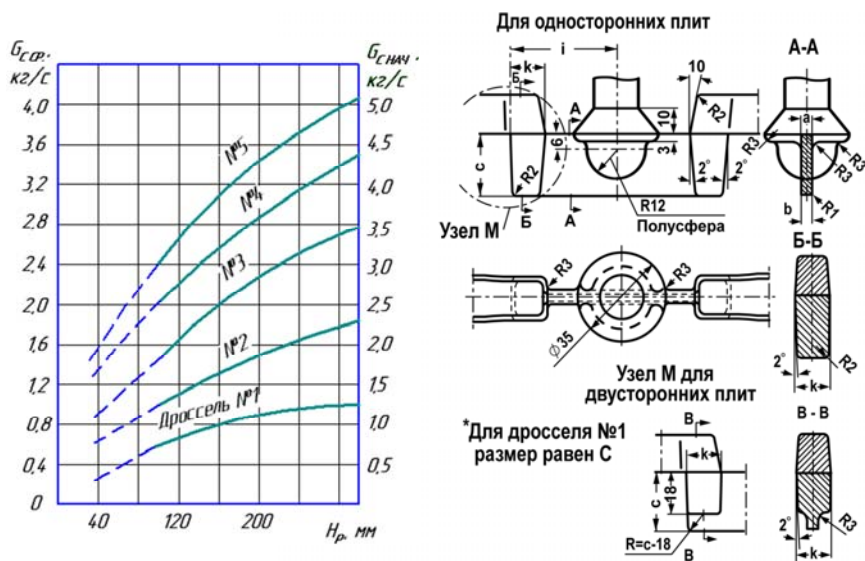


Рис. 3.4. Двухсторонние одноходовые дроссели

Таблица 3.4

Размеры двухсторонних одноходовых дросселей, мм

Номер дросселей	$F_{др}$, мм ²	a , ^{+0,2}	b , ^{+0,2}	c , ^{+0,2}	i	k
1	2	3	4	5	6	7
1	100	4,5	4,1	11,6	45	15
1	2	3	4	5	6	7
2	200	4,5	3,6	24,6	45	15
3	300	5,5	4,5	30,0	45	15
4	400	7,0	6,0	30,8	48	18
5	500	9,0	8,0	29,4	50	18

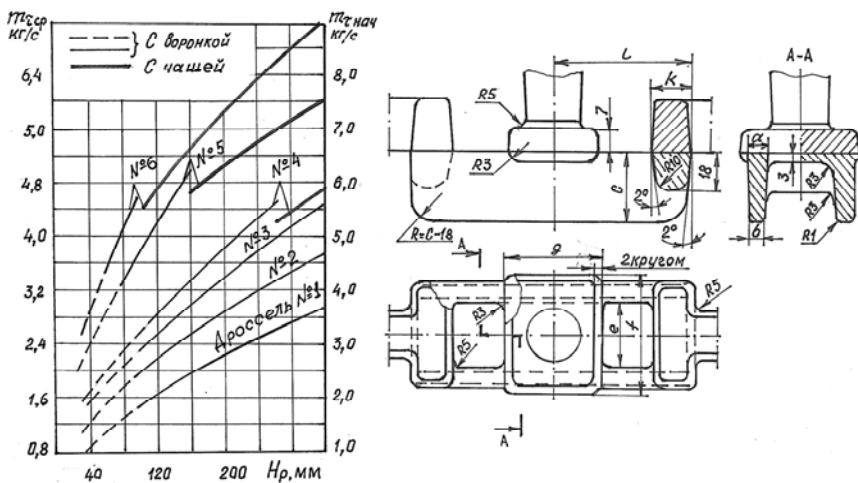


Рис. 3.5. Двухсторонние двухходовые дроссели

Таблица 3.5

Размеры двухсторонних двухходовых дросселей, мм

Номер дросселей	$\Sigma F_{др.}, \text{мм}^2$	$a, ^{+0,2}$	$b, ^{+0,2}$	$c, ^{+0,2}$	e	f	g	i	k
1	300	4,5	3,9	18,0	30	46	46	55	5
2	400	4,5	3,6	24,6	40	56	46	55	15
3	500	5,5	4,6	24,6	40	56	46	55	15
4	600	5,5	4,5	30,0	40	56	56	60	15
5	800	7,0	6,0	30,8	40	60	56	65	20
6	1000	7,0	8,0	29,4	40	64	56	65	20

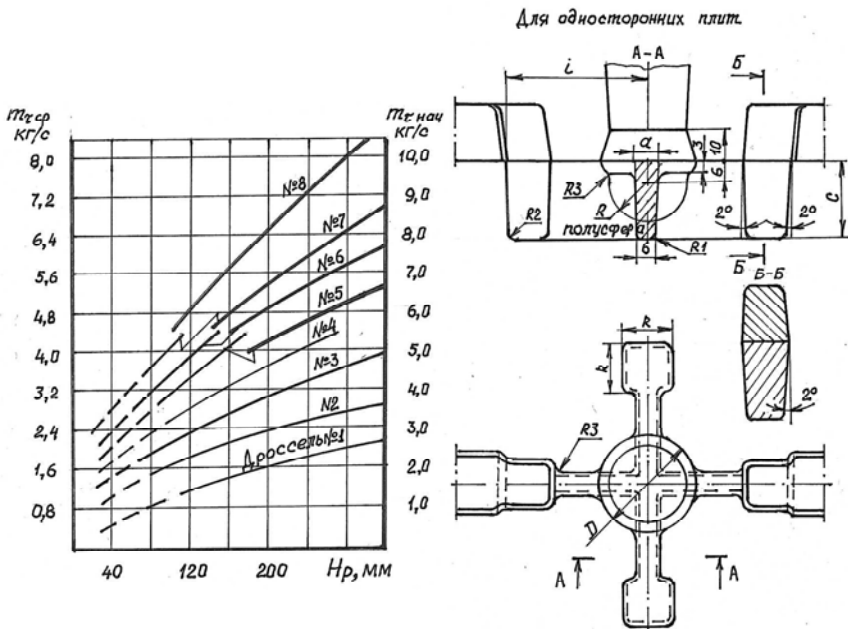


Рис. 3.6. Крестообразные дроссели

Таблица 3.6

Размеры крестообразных дросселей, мм

Номер дросселей	$\Sigma F_{др.}, \text{мм}^2$	$a^{+0,2}$	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	D	i	k	R
1	200	4,5	4,1	11,6	35	45	15	12,0
2	300	4,5	3,9	18,0	35	45	15	12,0
3	400	4,5	4,0	24,6	35	45	15	12,0
4	500	5,5	4,6	24,6	40	50	15	15,0
5	600	5,5	4,5	30,0	40	50	15	15,0
6	680	7,0	6,1	26,0	45	55	18	17,5
7	800	7,0	6,0	30,8	45	55	18	17,5
8	1000	9,0	8,0	29,4	50	60	18	20,0

2. Определяется средний массовый расход расплава ($m_{\tau \text{ ср}}$) по номограмме, приведенной на рис. 3.7, при определенном режиме заполнения формы (быстро, нормально, медленно). Быстрая заливка применяется при изготовлении тонкостенных и сложных по конфигурации отливок; для отливок с большими плоскостями поверхности – вне зависимости от толщины стенок. Медленная заливка рекомендуется для толстостенных отливок из серого чугуна; при заливке в сырую форму отливок с высокими вертикальными массивными частями в нижней опоке; при заливке перегретым расплавом отливок, имеющих большие стержни и относительно малые знаковые части. В остальных случаях используется нормальная заливка.

Для определения массового расхода расплава на оси абсцисс откладывается масса отливок в форме и проводится перпендикуляр до пересечения с линией определенного режима заполнения формы. От точки пересечения проводится горизонталь до пересечения с осью ординат, где указаны значения ($m_{\tau \text{ ср}}$).

Массовый расход металла можно определить по графику, представленному на рис. 3.7 или из выражения, кг/с

$$m_{\tau \text{ ср}} = \frac{G}{\tau}, \quad (3.1)$$

где G – масса отливок в форме, кг;

τ – продолжительность заливки, с.

Продолжительность заливки (τ) определяется по формулам (2.2) или (2.3).

3. Определяется начальный расход ($m_{\tau \text{ нач}}$) по формуле

$$m_{\tau \text{ нач}} = K \cdot m_{\tau \text{ ср}}, \quad (3.2)$$

где K – коэффициент, учитывающий геометрические размеры формы.

Коэффициент K определяется по графику, представленному на рис. 3.8 или по формуле

$$\frac{m_{\tau \text{ нач}}}{m_{\tau \text{ ср}}} = 1 + \frac{P}{C} \cdot \frac{2}{1 + \sqrt{1 - \frac{P}{H}}} \quad (3.3)$$

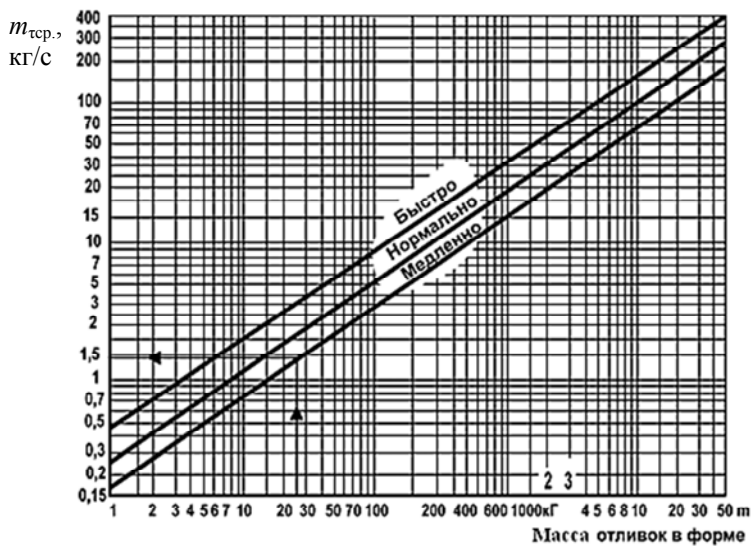


Рис. 3.7. Определение среднего массового расхода расплава

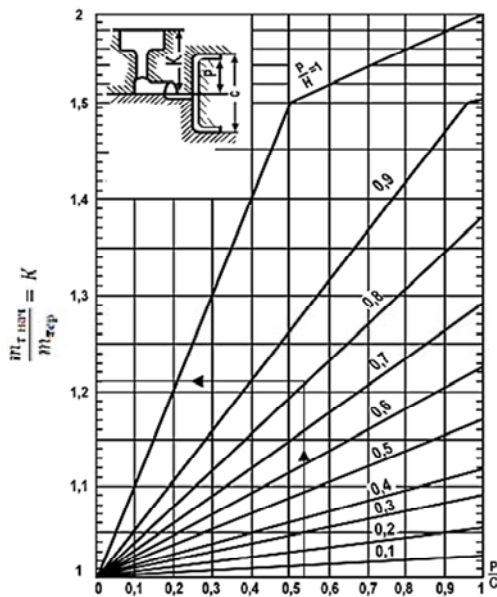


Рис. 3.8. График для определения коэффициента (K)

Для определения коэффициента (К) необходимо рассчитывать отношения P/C и P/H . После этого на оси абсцисс откладывается значение отношения P/C и из этой точки проводится перпендикуляр до линии, соответствующей отношению P/H . От точки пересечения проводится горизонталь до пересечения с осью ординат, где указано значение коэффициента (К).

4. По значению $m_{т\ нач}$ выбираем номер и размеры литниковой воронки при $m_{т\ нач} \leq 5$ кг/с (табл. 1.1), размеры формуемой чаши (рис. 3.2, табл. 1.2) при $m_{т\ нач} \leq 10$ кг/с или чаши-нарощалки при $m_{т\ нач} \leq 50$ кг/с (рис. 1.4, табл. 1.4).

5. Определяется площадь сечения шлакоуловителя. На оси ординат (рис. 3.9) откладывают значение $m_{т\ нач}$ и проводят горизонталь до пересечения с линией шлакоуловителя. От точки пересечения опускают вертикаль через ось абсцисс до нижней кривой. От точки пересечения вертикали с нижней кривой проводят горизонталь влево до пересечения с линией шлакоуловителя. От точки пересечения вертикали с нижней кривой проводят горизонталь влево до оси ординат, на которой отложены размеры нижнего основания шлакоуловителя, а остальные размеры трапеции определяются по эскизу, расположенному на нижнем графике (рис. 3.9). Площадь сечения шлакоуловителя находится на оси абсцисс в месте пересечения с вертикалью. Площадь сечения одной ветви шлакоуловителя не рекомендуется делать меньше 200 мм^2 .

6. Определяется суммарная площадь питателей. Пользуясь рис. 3.9 и горизонталью, проведенной ранее, выбирают одну из трех кривых (1, 2, 3), соответствующую выбранной конструкции питателя, и опускают перпендикуляр до пересечения с осью абсцисс.

Эта точка соответствует значению суммарной площади питателей, присоединенных к шлакоуловителю или его ветви. Количество питателей и площадь сечения каждого из них обусловлены расположением моделей и особенностями конструкции отливок. Высота питателей не должна быть больше $1/5$ высоты шлакоуловителя во избежание засасывания шлака в полость формы.

7. Определяют расчетный статический напор ($H_{расч}$):

$$H_{расч} = H_0 - h_{п}, \quad (3.4)$$

где H_0 – высота стояка от уровня металла в литниковой воронке или чаше до места подвода расплава металла в форму, мм;

h_n – пьезометрический напор перед первым питателем, мм.

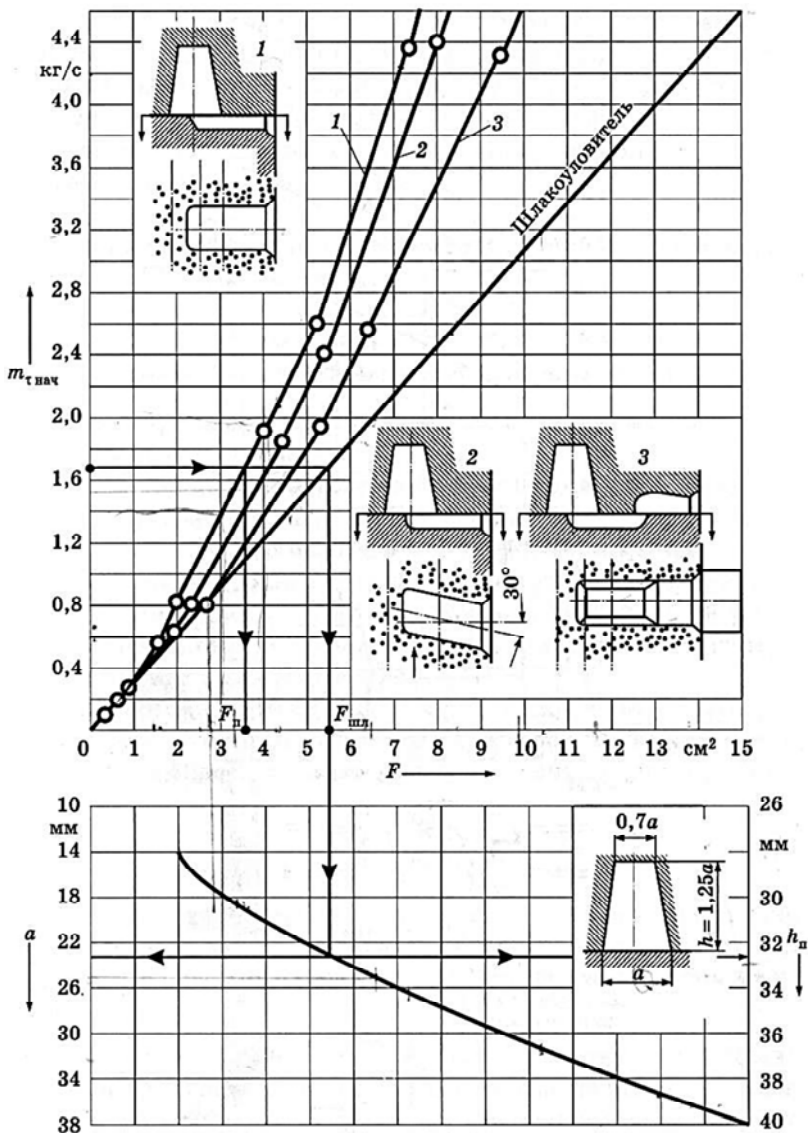


Рис. 3.9. Графики для определения суммарной площади сечения шлакоуловителя и питателя

Пьезометрический напор находится по нижнему графику (рис. 3.9) на правой оси ординат.

8. По требуемому начальному расходу ($m_{т\ нач}$), напору ($H_{расч}$) и выбранному типу дросселя определяют номер дросселя и его размеры. Для этого на оси абсцисс (рис. 3.1–3.6) находят значение ($H_{расч}$), а на оси ординат – массовый расход ($m_{т\ нач}$). Пересечение координат дает точку, лежащую на одной из кривой или между ними. По кривой, расположенной ближе к найденной точке, определяют номер дросселя и по этому номеру в табл. 3.1–3.6 (рис. 3.1–3.6) находят его размеры.

Если пересечение координат дает точку, отстоящую по вертикали далеко от кривых табличных дросселей, то берут ближайший большой дроссель, а его высоту (C') пересчитывают по формуле

$$C' = C \frac{m'_{т\ нач}}{m_{т\ нач}}, \quad (3.5)$$

где C' – высота пера нужного дросселя, мм;

C – высота пера табличного дросселя, мм;

$m_{т\ нач}$ – желаемый массовый расход при напоре $H_{расч}$;

$m'_{т\ нач}$ – массовый расход табличного дросселя при том же напоре $H_{расч}$.

9. После определения номера дросселя и его площади, проверяется площадь стояка, которая в самом узком месте должна быть больше площади дросселя. Увеличение диаметра стояка, по сравнению с табличным, не требует изменения остальных размеров литниковой системы, так как расход остается расчетным и регламентируется дросселем.

4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФОРМ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТЬЮ РАЗЪЕМА

Расчет вертикальных напорных литниковых систем для автоматических формовочных линий с вертикальной плоскостью разъема сводится к определению площади сечения питателя, подводных литниковых каналов и выбору номера и размеров литниковой чаши [2]. Площадь сечения питателя (F_n) находится по формуле

$$F_n = \frac{1036 \cdot G}{tm \sqrt{H_{\text{расч}}}}, \quad (4.1)$$

где G – масса отливки, кг;

t – время заполнения одной полости формы расплавом, с;

m – коэффициент трения;

$H_{\text{расч}}$ – величина металлостатического напора (давления), мм.

Время наполнения полости формы (t) необходимо выбирать на 4 с короче цикла работы формовочной машины, чтобы не задерживать процесс формообразования. Продолжительность цикла зависит от типа машины, производительности, толщины формы и наличия стержней. Толщина формы, в свою очередь, зависит от максимальных высот моделей на плитах давления и противодействия и минимальной толщины слоя формовочной смеси между моделями, которая берется равной 70 мм (рис. 4.1) и определяется из выражения

$$h_{\text{ф}} = h_1 + h_2 + 70, \quad (4.2)$$

где h_1 – максимальная высота модели на плите давления, мм;

h_2 – максимальная высота модели плиты противодействия, мм.

Значения G , h_1 и h_2 выбираются на основании литейно-модельных указаний, нанесенных на чертеж детали.

Максимальная производительность для автоматических линий Дисаматик 2013МК5-А и 2013МК5-Б с размерами формы: шириной 600 и 650 мм, высотой 480 и 535 мм соответственно, представлены в табл. 4.1, 4.2.

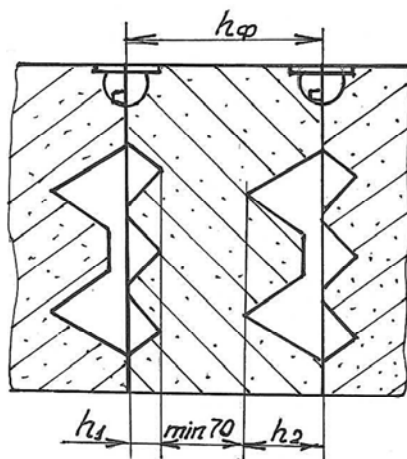


Рис. 4.1 Схема к определению толщины формы

Таблица 4.1

Максимальная производительность линии 2013МК5-А
в зависимости от толщины формы и наличия стержней

Толщина формы, мм	120	150	200	250	300	330
Производительность, при изготовлении отливок без стержней, форм/час	370	370	370	365	350	330
Производительность, при изготовлении отливок со стержнями, форм/час	355	355	355	348	333	317

Таблица 4.2

Максимальная производительность линии 2013МК5-Б
в зависимости от толщины формы и наличия стержней

Толщина формы, мм	120	150	200	250	300	350
Производительность, при изготовлении отливок без стержней, форм/час	350	350	350	335	323	308
Производительность, при изготовлении отливок со стержнями, форм/час	330	330	330	319	307	295

На основании значений максимальной производительности определяем продолжительность цикла изготовления формы на указанных выше автоматических линиях по табл. 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3

Продолжительность цикла формовочной машины
Дисаматик 2013МК5-А

Производительность, форм/час	220	240	260	280	300	320	340	360
Продолжительность цикла, с	16,3	15,0	13,8	12,8	12,0	11,2	10,6	10,0

Таблица 4.4

Продолжительность цикла формовочной машины
Дисаматик 2013МК5-Б

Производительность, форм/час	220	240	260	280	300	320	330
Продолжительность цикла, с	16,4	15,0	13,9	13,0	12,0	11,3	10,9

Коэффициент потерь на трение (m) зависит от геометрии литниковой системы и газового давления в полости формы, его рекомендуется выбирать в зависимости от толщины питателя: до 3 мм – 0,4; 4 мм – 0,5 и 5 мм – 0,6.

Величина статического напора металла в литниковой системе (H_p) зависит от расположения питателей и уровня металла в литниковой чаше. Для определения (H_p), составляется эскиз расположения моделей на подмоделных плитах (рис. 4.2). Минимально необходимые толщины формовочной смеси на верхней, нижней и боковых кромках формы выбираются в зависимости от толщины стенок отливки и тотальной высоты модели по табл. 4.5.

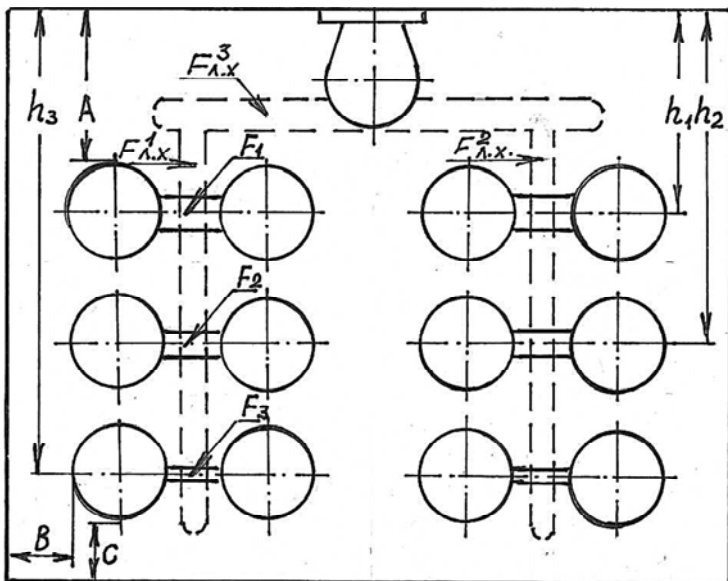


Рис. 4.2. Схема расположения моделей на подмодельной плите

Таблица 4.5

Значения минимальных толщин формовочной смеси

Толщина стенки отливки, мм	Тотальная высота модели, мм	Верхняя кромка А, мм	Боковая кромка В, мм	Нижняя кромка С, мм
0–15	0–50	70	30	30
	50–100		40	40
	100–150		50	50
	150–200		60	60
	200–250		70	70
	250–300		80	80
15–25	0–50	70	60	50
	50–100		70	60
	100–150		80	70
	150–200		90	80
	200–250		100	90
	250–300		110	100

После нахождения площадей питателей ($F_{\text{п}}$) определяются площади сечений литниковых ходов ($F_{\text{л.х}}$)

$$F_{\text{л.х}} = \sum F_{\text{п}} \cdot 1,2, \quad (4.3)$$

где $\sum F_{\text{п}}$ – сумма площадей питателей, отходящих от литникового хода.

Для приведенной схемы (рис. 4.2) площадь сечения литникового хода 1 будет равна

$$F_{\text{л.х}}^1 = (2F_1 + 2F_2 + 2F_3) \cdot 1,2.$$

Поскольку литниковый ход 1 и 2 питают одинаковое количество отливок, то их площади будут равны.

Литниковые ходы 1 и 2 можно делать ступенчатыми (рис. 4.3) или коническими (рис. 4.4), постепенно уменьшая их сечение по мере снижения количества питаемых отливок. Уменьшение сечения литникового хода может осуществляться за счет изменения его высоты при одинаковом размере нижнего основания (рис. 4.3, а) или изменения размеров всех сечений с сохранением отношений нижнего, верхнего оснований и высоты (рис. 4.3, б).

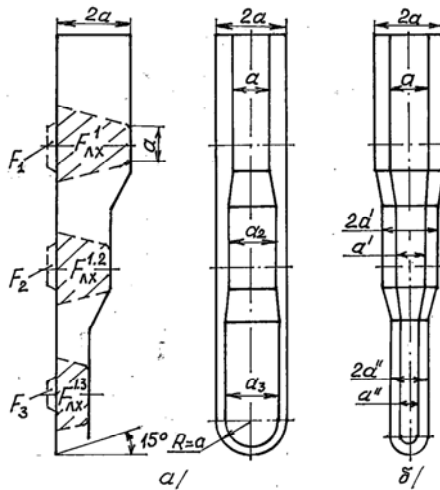


Рис. 4.3. Формы ступенчатого литникового хода:

а – с постоянными размерами основания и переменной высотой;

б – с постоянным отношением верхнего и нижнего оснований

Такая конструкция вертикальных литниковых ходов будет позволять создавать давление в подводящем канале и сокращать время наращивания ферростатического напора путем уменьшения времени, необходимого для заполнения металлом литниковой системы. Формы и размеры стандартных литниковых ходов представлены на рис. 4.4.

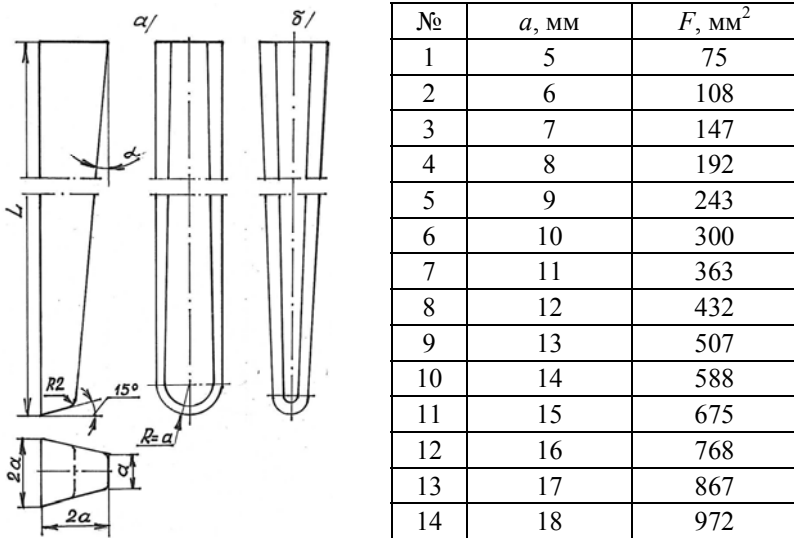


Рис. 4.4. Формы и размеры конического литникового хода:

a – с постоянным размером основания;

b – с постоянным отношением верхнего и нижнего оснований

Площадь сечения литникового хода 3, который подводит металл к литниковому ходу 1, определяется путем увеличения площади литникового хода 1 ($F_{л.х}^1$) на 20 %:

$$F_{л.х}^3 = F_{л.х}^1 \cdot 1,2.$$

Литниковый ход имеет трапецеидальное сечение с размерами: верхнее основание – a , нижнее основание – $2a$ и высота – $2a$. Размер a (мм) определяется из выражения

$$a = \sqrt{\frac{F}{3}}. \quad (4.4)$$

По эскизу (рис. 4.2) находят длину питателей, литниковых ходов и определяют массу литниковой системы:

$$G_{л.с} = G_{пит} + G_{л.х} + G_{л.ч}, \quad (4.5)$$

где $G_{пит}$ – масса питателей, кг;

$G_{л.х}$ – масса литниковых ходов, кг;

$G_{л.ч}$ – масса литниковой чаши.

Масса питателей и литникового хода определяется как произведение их площади на длину и на плотность заливаемого сплава.

Массовая скорость заливки металла в форму определяется по формуле

$$m_{\tau} = \frac{G_{\phi}}{\tau}, \quad (4.6)$$

где G_{ϕ} – масса металла в форме.

По табл. 4.6 выбирается номер и размеры литниковой чаши. Чертеж литниковой чаши показан на рис. 4.5.

Таблица 4.6

Выбор литниковой чаши

Чаша №	Конфигурация чаш										Площадь $L, \text{мм}^2$	$P, \text{мм}^2$	Скорость заливки, кг/с	Масса, кг	Эффективность
	Размеры, мм														
	A	B	C	D	E	F	Размеры литниковых чаш	H	J	K					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	8	33	66	86	8	16	50	58	46	25	221	192	1	1	1,0
2	11	36	72	92	10	20	54	66	53	28	419	300	2	1,6	1,3
3	14	39	78	98	12	24	58	74	60	31	678	432	3	2,0	1,5
4	17	42	84	104	14	28	62	82	67	34	1000	588	4	2,7	1,5
5	20	45	92	110	16	32	68	90	74	37	1384	768	5	3,3	1,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	23	48	100	116	18	36	74	98	81	40	1830	972	6	4,2	1,4
7	26	51	108	122	20	40	80	104	86	42	2163	1200	7	4,9	1,4
8	29	54	116	128	22	44	86	112	91	45	2811	1452	8	5,6	1,4
9	32	57	124	134	24	48	92	120	96	48	3422	1728	9	6,4	1,4
10	35	60	132	140	26	52	98	128	101	50	4094	2028	10	7,0	1,4

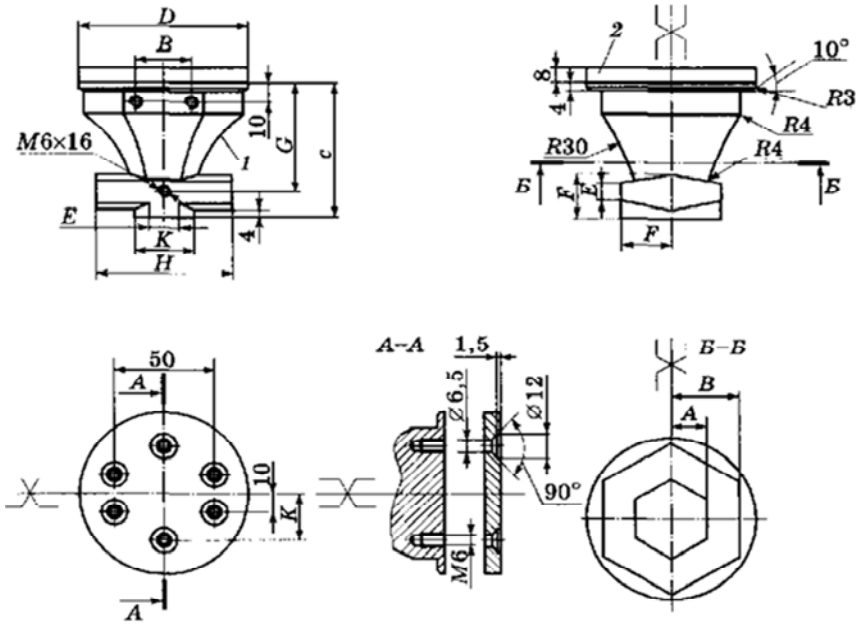


Рис. 4.5. Литниковая чаша

5. РАСЧЕТ ГРУЗА

Для предупреждения подъема верхней полуформы при заливке и ухода металла из полости формы по плоскости разъема, производят скрепление полуформ с помощью грузов, болтов, скоб, штырей с клиньями и струбцин. Расчет массы груза для форм без стержней производят по формуле

$$P \geq k \left[H(F_{\text{отл}} + F_{\text{л.с}}) \rho_{\text{м}} - G_{\text{в.ф}} \right], \quad (5.1)$$

где P – давление расплава на верхнюю полуформу, кг;

k – коэффициент запаса, учитывающий гидравлический удар, $k = 2-4$, большее значение берется при больших скоростях заливки крупных отливок, а меньшее – при малых скоростях мелких отливок;

H – высота верхней полуформы, м;

$F_{\text{отл}}$ – площадь горизонтальной проекции отливки в плоскости разъема, м²;

$F_{\text{л.с}}$ – площадь горизонтальной проекции литниковой системы в плоскости разъема, м²;

$\rho_{\text{м}}$ – плотность расплава, кг/м³;

$G_{\text{в.ф}}$ – масса верхней полуформы, кг.

Наличие в полости формы стержней увеличивает давление на верхнюю полуформу за счет стремления менее плотного стержня всплыть в более плотной среде расплава. При наличии в форме стержней расчет груза производят по формуле

$$P \geq k \left[H(F_{\text{отл}} + F_{\text{л.с}}) \rho_{\text{м}} + (\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{ст}}) V_{\text{ст}} - G_{\text{в.ф}} \right], \quad (5.2)$$

где $\rho_{\text{ст}}$ – плотность стержня, кг/м³;

$V_{\text{ст}}$ – объем стержня без знаковых частей, м³.

6. ВЫБОР ТИПА И КОНСТРУКЦИИ ПРИБЫЛЕЙ

Прибыль – это полость формы, наполненная расплавленным металлом и соединенная с отливкой таким образом, что она может питать жидким металлом отливку при ее усадке во время затвердевания.

Прибыль должна питать ту часть отливки, которая затвердевает последней, и поэтому ее располагают как можно ближе к этой части. Объем прибыли должен быть достаточным, чтобы содержать необходимое количество металла для компенсации усадки отливки. Форма прибыли должна обеспечивать бесперебойную подачу расплавленного металла в охлаждающуюся отливку.

Конструкция элемента соединения прибыли с питаемым узлом должна гарантировать, что соединение будет открытым до полного затвердевания отливки.

На отливках, как правило, устанавливают прибыли прямого действия. При этом предпочтительнее закрытые прибыли, работающие под атмосферным давлением. Прибыли прямого действия при прочих равных условиях питают отливку под большим металлостатическим напором. Закрытые прибыли более технологичны при формовке и имеют меньшие потери тепла через верхнюю поверхность, чем открытые. Такие прибыли всегда заполнены жидким металлом одинаково, независимо от условий заливки. Использование атмосферного давления в работе прибыли является наиболее дешевым и эффективным способом увеличения движущей силы питания.

Открытые прибыли необходимо применять при изготовлении крупных отливок, когда предусматривается доливка жидкого металла в прибыль после заполнения формы или засыпка поверхности расплава в прибыль экзотермическими смесями. Кроме того, такие прибыли используют при недостаточной высоте опоки.

Отводные прибыли, которые сочленяются с тепловыми узлами отливок через горизонтальные или наклонные шейки, следует применять в случае, если установка верхних прибылей прямого действия на питаемых частях отливок невозможна. Они предпочтительнее в качестве групповых, когда одна отводная прибыль обеспечивает питание нескольких отливок или тепловых центров.

Прибыли, работающие под газовым давлением, которое обеспечивается специальным патроном, применяют при изготовлении мелких и средних отливок, подвергаемых гидравлическим испыта-

ниям. Их также используют при необходимости питания отливок со стенками большой протяженности, поскольку обеспечивают увеличение дистанции действия прибыли в 1,5 раза.

Закрытые прибыли, работающие под воздушным давлением, которое осуществляется с помощью передачи его через керамическую вставку от компрессора, применяются при изготовлении крупных ответственных отливок. Действие избыточного воздушного давления увеличивает радиус действия прибыли в два раза и позволяет получать отливки с минимальной пористостью.

Легкоотделяемые прибыли применяют при изготовлении отливок из высоколегированных сталей, плохо поддающихся огневой резке. Их также применяют при вынужденной установке прибылей на необрабатываемых поверхностях отливок.

Обогреваемые и теплоизолированные прибыли рекомендуется применять при большом расходе металла на питание отливок и обусловленном этим, низким выходе годного литья. Их применение экономически выгодно при производстве отливок из легированных сталей. За счет использования вкладышей из экзотермических смесей удастся снизить расход металла на прибыли в 2–4 раза и увеличить выход годного при стальном литье с 50–65 до 75–85 %. Прибыли диаметром до 400 мм рациональнее выполнять обогреваемыми, а для больших размеров – теплоизолированными.

Самой выгодной формой прибыли является цилиндрическая. Поэтому такие прибыли используют чаще всего, устанавливая на отливках типа шар, цилиндр (расположенного вертикально), плита (расположенной горизонтально), колесо, диск и т. п. При этом открытые прибыли выполняют с сужением профиля к поверхности отливки, а закрытые – имеют обратную конусность.

Широкое применение получили также призматические прибыли. Прибыли в виде плоской призмы устанавливают на отливки типа плита (расположенной вертикально), брус. Прибыли в виде квадратной призмы размещают на отливках, имеющих конфигурацию куба. Прибыли в виде овальной призмы выполняют на отливках типа плита (расположенной горизонтально) и брус. Прибыли в виде чечевицеобразной или кольцевой призмы устанавливают соответственно на отливках типа колес или полых цилиндров (расположенных вертикально). Закрытые прибыли, как правило, выполняют не с плоской, а с закругленной верхней поверхностью.

Прибыли, по возможности, устанавливаются на верхних поверхностях отливок, подвергающихся дальнейшей механической обработке.

При наличии у отливок явных тепловых узлов последние и служат местами установки прибылей. Причем количество устанавливаемых прибылей совпадает с количеством тепловых узлов. Число их может быть сокращено за счет применения холодильников.

Отливки типа плита, брус, колесо и втулка не имеют явных тепловых центров, поэтому количество прибылей определяют, исходя из минимально необходимого их количества с учетом зоны действия прибыли, влияние на нее торцевого эффекта, холодильника.

В табл. 6.1 приведены расчетные формулы для определения радиуса действия прибыли ($r_{пр}$) и длины торцевой зоны ($L_{пр}$).

Таблица 6.1

Расчетные формулы для определения $L_{пр}$ и $r_{пр}$

Схема расположения прибылей	Углеродистые сплавы	Алюминиевые сплавы	Латуни	Алюминиевые бронзы
	Отливка типа плита			
	$L_{пр} = (4,5-6,5)\delta_0$ $2r_{пр} = (4-6)\delta_0$	$L_{пр} = (5,5-6,5)\delta_0$ $2r_{пр} = (5-6)\delta_0$		$L_{пр} \leq 4\delta_0$
	Отливка типа брус			
	$L_{пр} = (40-44)\sqrt{D}$ $2r_{пр} = (2-2,8)\delta_0$	$L_{пр} \leq 6,8\delta_0$	$L_{пр} \leq 1,8D$	
	Отливка типа плита			
	$L_{пр} = (3,0-5,0)\delta_0$			
	Отливка типа брус			
	$L_{пр} = (40-44)\sqrt{\delta_0}$			
	Отливка типа плита			
	$L_{пр} = (4,0-6,5)\delta_0$			
1 – отливка, 2 – прибыль, 3 – наружный холодильник, 4 – внутренний холодильник				

Для примера определим количество прибылей, необходимых для обеспечения качественного питания стальной отливки «шайба» (рис. 6.1) с наружным и внутренним диаметрами соответственно 1000 и 600 мм и высотой 150 мм.

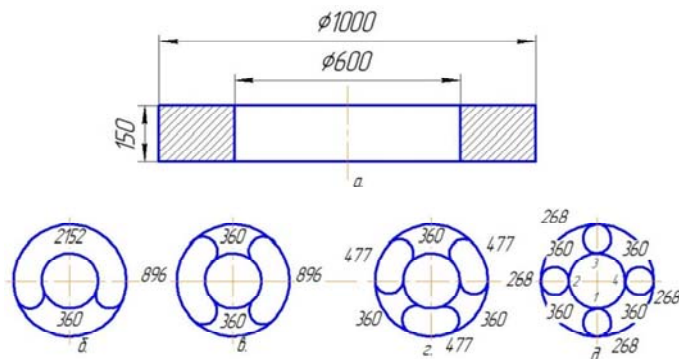


Рис. 6.1. Отливка «шайба»

Если развернуть шайбу, то получим брус сечением 200×150 мм. Поэтому зону действия прибыли находим как для бруса (табл. 6.1):

$$2r_{\text{пр}} = (2,0-2,8)\delta_0 = 2,4 \cdot 150 = 360 \text{ мм.}$$

Периметр по оси шайбы составляет

$$P = \pi \cdot 2r_0 = 3,14 \cdot (1000 + 600) / 2 = 2512 \text{ мм.}$$

Прибыль на отливке устанавливаем на верхней ее торцевой поверхности. Рекомендуемая форма прибыли для отливок типа брус – призма. При этом в соответствии с геометрией отливки прибыль должна иметь чечевицеобразное сечение.

Каждая такая прибыль имеет с обеих торцевых поверхностей зону питания протяженностью, равную двум дистанциям действия, т. е. 360 мм (рис. 6.1, б). Если на отливку установить одну прибыль (рис. 6.1, в) то длина ее, чтобы обеспечить достаточные условия питания, должна составить

$$L = 2512 - 360 = 2152 \text{ мм.}$$

Длина прибыли получилась сопоставимой с периметром отливки. Хотя отливка при этом не будет иметь усадочных дефектов, прибыль является крайне неэкономичной. При установке двух прибылей (рис. 6.1, в) протяженность зоны питания увеличивается вдвое и длина прибыли должна составить не менее

$$L = (2512 - 2 \cdot 360) / 2 = 896 \text{ мм.}$$

Такая прибыль также неэкономична, т. к. длина ее все еще намного превышает толщину отливки.

Если на отливке установить три прибыли, то минимальная длина каждой из них

$$L = (2512 - 3 \cdot 360) / 3 = 477 \text{ мм,}$$

что превышает толщину отливки более двух раз. При установке четырех прибылей

$$L = (2512 - 4 \cdot 360) / 4 = 268 \text{ мм.}$$

Это сопоставимо с толщиной отливки. Поэтому решение об установке на отливке четырех прибылей является наиболее оптимальным, поскольку общая протяженность прибылей составляет 1052 мм, что в два раза меньше, чем при установке одной прибыли – 2152 мм. В соответствии с этим вся отливка делится на четыре одинаковые зоны питания по количеству прибылей. В общем случае зоны питания могут быть неодинаковыми, следовательно, и размеры прибылей будут разными. Минимально необходимый объем прибыли и конкретные размеры отдельной прибыли определяются уже с учетом ее зоны питания.

Для определения объема прибылей и ее размеров можно использовать метод Пржбыла, который дает надежные результаты.

В основу метода положено задаваемое по данным практического опыта отношение объема прибыли ($V_{\text{пр}}$) к объему возникающей в ней усадочной раковины (V_p):

$$\beta = \frac{V_{\text{пр}}}{V_p}. \quad (6.1)$$

Пренебрегая массопереносом из прибыли в отливку, имеем:

$$V_{\text{п}} = \varepsilon'_V (V_0 + V_{\text{пр}}), \quad (6.2)$$

где V_0 – объем питаемого узла;

ε'_V – часть объемной усадки сплава, принимающая участие в формировании усадочной раковины.

Сопоставляя уравнения (6.1) и (6.2), получим:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\beta \varepsilon'_V}{1 - \beta \varepsilon'_V} V_0. \quad (6.3)$$

Порядок расчета размеров прибыли следующий:

1. Выделить в отливке узлы питания и рассчитать объем каждого из них (V_0).

2. Определить величину ε'_V . Для отливок из углеродистой стали и высокопрочного чугуна $\varepsilon'_V = 0,035-0,045$, для отливок из легированных сталей $\varepsilon'_V = 0,05$, для отливок из алюминиевых сплавов $\varepsilon'_V = 0,045-0,05$, для отливок из латуни $\varepsilon'_V = 0,065-0,075$ и для бронзы $\varepsilon'_V = 0,08-0,09$.

3. Выбрать тип и конфигурацию прибыли, на основании чего подобрать коэффициент β . При изготовлении отливок из стали и ВЧ рекомендуется:

$\beta = 11-12$ – для прибылей с рабочим давлением ниже атмосферного; $\beta = 9-10$ – с атмосферным давлением; $\beta = 8-9$ – для изолированных прибылей и $\beta = 6-7$ – для обогреваемых β прибылей; $\beta = 3-4$ – для экзотермических прибылей.

4. По формуле (6.3) определить объем прибыли ($V_{\text{пр}}$).

5. По $V_{\text{пр}}$, на основании табл. 6.2, рассчитать высоту и диаметр прибыли.

При этом $H_{\text{пр}}$ должно удовлетворять следующим условиям:

а) для открытых прибылей:

$$\frac{H_{\text{пр}}}{D_{\text{пр}}} \approx 1,7 - 2,0; \quad (6.4)$$

б) для закрытых прибылей, устанавливаемых на отливках из стали и высокопрочного чугуна, и для отливок из цветных сплавов:

$$\frac{H_{\text{пр}}}{D_{\text{пр}}} \approx 1,25-1,5. \quad (6.5)$$

Таблица 6.2

Расчетные формулы для определения размеров основных видов прибылей

Вид прибыли	Расчетная формула	Вид прибыли	Расчетная формула
Шаровая	$D = 1,24\sqrt[3]{V_{\text{пр}}}$	Закрытая куполообразная прибыль с компактной формой горизонтального сечения	$H_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{пр}} - 0,45\pi R^2 b}{F}$, где $H_{\text{пр}} + R$ не менее высоты питаемого узла
Закрытая куполообразная цилиндрическая	$H_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{пр}}}{\pi R^2} - \frac{2}{3}R$, где $H_{\text{пр}} + R$ не менее высоты питаемого узла	Открытая коническая прибыль с компактной формой горизонтального сечения	$H_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{пр}}}{0,95F}$
Открытая цилиндрическая или коническая прибыль	$H_{\text{пр}} = \frac{4V}{\pi D^2}$ $H_{\text{пр}} = 0,9 \frac{4V_{\text{пр}}}{\pi D^2}$		

Размеры прямых питающих выпоров (рис. 6.2) для чугунных отливок зависят от толщины тела отливки в месте сопряжения с выпором и определяются по табл. 6.3.

Диаметр питающей бобышки можно определить по номограмме, учитывающей массу и толщину стенки отливки (рис. 6.3), а площадь шейки по табл. 6.4.

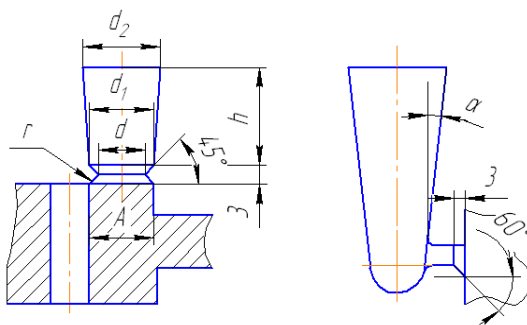


Рис. 6.2. Конструкции питающих выпоров:
a – прямые; *б* – отводные

Таблица 6.3

Размеры прямых питающих выпоров для чугунных отливок

Толщина тела отливки в месте сопряжения с питающим выпором <i>A</i> , мм	Размеры питающего выпора, мм				
	<i>d</i>	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>h</i> не менее	<i>r</i>
20–25	20	25	30	60	2
50–55	50	60	80	130	3
75–80	75	90	120	200	4
100–105	100	120	170	250	5
125–130	125	150	200	300	5
150–155	150	180	240	400	5
175–180	175	210	280	450	6
200–205	200	235	320	500	6
225–230	225	270	360	550	6

Таблица 6.4

Значения площади сечения шейки бобышек
для отливок из ковкого чугуна и стали

Радиус основания бобышки, <i>R</i> , мм	15,0	18,0	20,0	22,0	24,0	25,0	26,0	27,0	30,0
Площадь сечения шейки, см ²	1,5	2,4	3,3	4,2	4,8	5,6	6,0	6,4	7,2

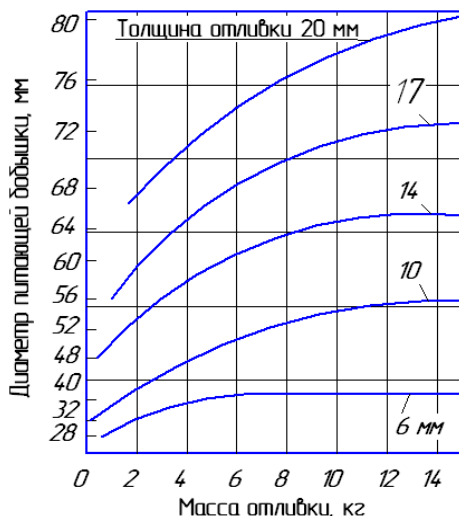


Рис. 6.3. Номограмма для определения размеров бобышек для отливок из ковкого чугуна и стали

В качестве примера рассчитаем объемы и размеры прибылей для отливки «шайба» (рис. 6.1), изготавливаемой из стали 40Л. Ранее было определено, что наиболее оптимальным вариантом является установка четырех прибылей. Таким образом, каждая прибель с учетом зоны действия питает четвертую часть отливки. Объем отливки рассчитываем как объем бруса, длина которого равна периметру по оси шайбы:

$$P = 2\pi R = 3,14 \cdot (1,0 + 0,6) / 2 = 2,512 \text{ м},$$

$$V_{\text{бр}} = 2,512 \cdot 0,2 \cdot 0,15 = 0,075 \text{ м}^3,$$

$$V_0 = 0,075 / 4 = 0,02 \text{ м}^3.$$

Определяем часть объемной усадки сплава, принимающей участие в формировании усадочной раковины (ϵ'_V). Для отливок из углеродистой стали $\epsilon'_V = 0,04$. Выбираем закрытую призматическую прибель с компактной формой горизонтального сечения с рабочим давлением ниже атмосферного. Для таких прибылей отно-

шение объема прибыли ($V_{\text{пр}}$) к объему возникающей в ней усадочной раковины (V_p) принимается равной $\beta = 11$.

По формуле (6.3) определяем объем прибыли ($V_{\text{пр}}$):

$$V_{\text{пр}} = \frac{\beta \varepsilon'_V}{1 - \beta \varepsilon'_V} V_0 = \frac{11 \cdot 0,04}{1 - 11 \cdot 0,04} \cdot 0,02 = 0,0157 \text{ м}^3.$$

Определяем размеры прибыли. Используя рекомендуемые для стального литья (6.5) отношения высоты прибыли ($H_{\text{пр}}$) к диаметру ее основания ($D_{\text{пр}}$), принимаем его равным 1,25. Так как прибыль имеет форму призмы и устанавливается на верхнюю поверхность отливки, имеющей определенную ширину, то $D_{\text{пр}}$ берется меньшим или равным ширине этой поверхности $D_{\text{пр}} = 0,2$ м:

$$\frac{H_{\text{пр}}}{D_{\text{пр}}} \approx 1,25 - 1,5,$$

$$H_{\text{пр}} = 1,25 \cdot 0,2 = 0,25 \text{ м}.$$

Зная объем прибыли ($V_{\text{пр}}$), ее высоту ($H_{\text{пр}}$) и ширину ($D_{\text{пр}}$), определим ее длину:

$$L = \frac{V_{\text{пр}}}{H_{\text{пр}} \cdot D_{\text{пр}}} = \frac{0,0157}{0,25 \cdot 0,2} = 0,314 \text{ м}.$$

Таким образом, размеры устанавливаемых прибылей позволяют полностью перекрыть зоны их действия, что позволит получить отливку без образования усадочных дефектов.

Для форм с вертикальной плоскостью разреза наиболее эффективным является метод определения объема прибыли по модулю охлаждения термического узла отливки. Для определения узла отливки, который затвердевает в последнюю очередь, необходимо знать интенсивность отвода тепла от всех частей отливки. С этой целью определяется модуль охлаждения (M_C) как отношение объема питаемого узла отливки (V_C) к площади ее охлаждаемой поверхности (A_C) [2, (4.2) с. 39]:

$$M_C = V_C / A_C, \quad (6.6)$$

где M_C – модуль отливки, см;

V_C – объем отливки, см³;

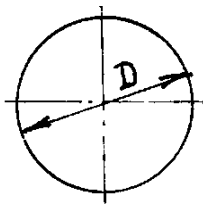
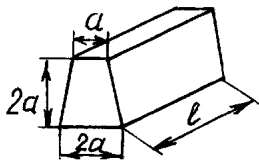
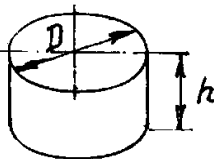
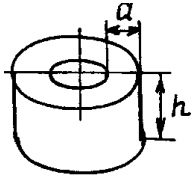
A_C – площадь охлаждаемой поверхности отливки, см².

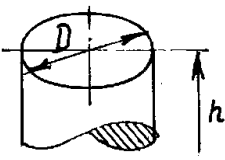
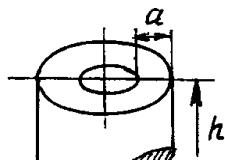
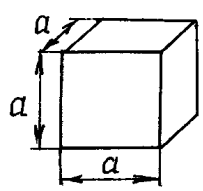
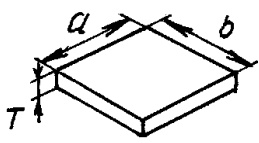
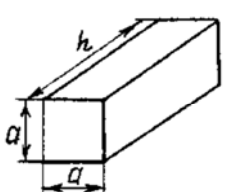
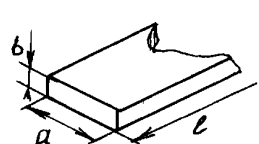
Объем и площадь охлаждаемой поверхности отливки можно определить с использованием программы SolidWorks или расчетным путем, разбивая поверхность на элементарные участки.

В табл. 6.5 представлены формулы для расчета модуля охлаждения для питаемых узлов различной конструкции. Питаемый узел может быть аппроксимирован к одной или нескольким геометрическим формам, представленным в таблице, чтобы получить оценку величины модуля охлаждения.

Таблица 6.5

Формулы для расчета модуля охлаждения

Геометрическая форма	Модуль охлаждения M_R , см	Геометрическая форма	Модуль охлаждения M_R , см
<p>Шар</p> 	$D / 6$	<p>Брус с трапециевидальным сечением</p> 	$0,43a$
<p>Цилиндр</p> 	$\frac{Rh}{2(R+h)}$ <p>или</p> $\frac{Dh}{2(D+2h)}$	<p>Кольцо</p> 	$\frac{a \cdot h}{2(a+h)}$

Геометрическая форма	Модуль охлаждения M_R , см	Геометрическая форма	Модуль охлаждения M_R , см
Цилиндр с неопределенной высотой 	$D/4$	Кольцо с неопределенной высотой 	$a/2$
Куб 	$a/6$	Плита 	С неопределенной длиной (a) и шириной (b), с постоянными длиной (a) и шириной (b)
Брус квадратного сечения 	$\frac{a \cdot h}{2(a+h)}$	Брус прямоугольного сечения 	с неопределенной длиной $\frac{a \cdot b}{2(a+b)}$ с постоянной длиной (l) $\frac{abl}{2(ab+al+bl)}$

Для определения размеров прибыли необходимо найти модуль охлаждения прибыли (M_R). Модуль охлаждения прибыли зависит от

модуля охлаждения питаемой части отливки, вида сплава и определяется как произведение модуля отливки и коэффициента критерия модуля. Модуль прибыли отливки, который зависит от коэффициента критерия модуля K_M , определяем по выражению (6.7)

$$M_R \geq K_M \cdot M_C, \quad (6.7)$$

где M_R – модуль прибыли, см;

M_C – модуль отливки, см;

K_M – коэффициент критерия модуля.

Значение коэффициента K_M зависит от марки заливаемого сплава и берется в следующих пределах: 0,6–1,0 – для эвтектического серого чугуна; 1,8–1,1 – для ферритного железа; 1,2–1,4 – для ковкого чугуна; 1,2–1,4 – для стали; 1,2–1,4 – для медных сплавов; 0,8–1,1 – для алюминиевых сплавов.

Знак неравенства в формуле (6.4) указывает на то, что размеры прибыли должны быть всегда немного больше теоретического объема узла питания. Это обусловлено тем, что поверхностный слой прибыли затвердевает и не является объемом питания.

Фирма DISA разработала две стандартные формы прибыли: цилиндрическую и сферическую для форм с вертикальной плоскостью разъема (табл. 6.6, 6.7). По значению M_F выбираем номер и определяем размеры прибыли.

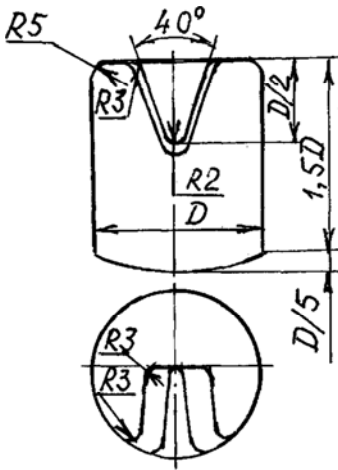
Прибыль соединяется с отливкой специальным каналом, который называется *шейкой*. Определение размеров шейки прибыли является одним из наиболее существенных вопросов питания отливки. Если шейка затвердеет раньше питаемого узла отливки, то поступление из прибыли дополнительного количества металла прекращается и в отливке образуются дефекты усадочного характера (раковины, пористость, утяжины и др.).

Полагают, что модули затвердевания шейки прибыли (M_N) являются достаточными для обеспечения подачи металла внутрь отливки до затвердевания жидкой фазы, когда диаметр поперечного сечения шейки прибыли (D_N) больше или равен одной трети диаметра поперечного сечения прибыли (D_R):

$$D_N > D_R / 3$$

Таблица 6.6

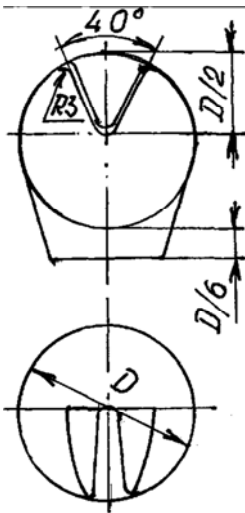
Стандартные цилиндрические прибыли



№	Диаметр, D_R , мм	Объем, V_F , см ³	Модуль, M_F , см
1	20	9,4	0,37
2	25	18,4	0,47
3	30	31,8	0,56
4	35	50,5	0,66
5	40	75,4	0,75
6	45	107,3	0,84
7	50	147,3	0,94
8	55	196,0	1,03
9	60	254,5	1,13
10	65	323,5	1,22
11	70	404,0	1,31
12	75	497,0	1,41
13	80	603,0	1,50
14	85	723,0	1,59
15	90	859,0	1,69
16	95	1010,0	1,78
17	100	1178,0	1,89

Таблица 6.7

Стандартные сферические прибыли


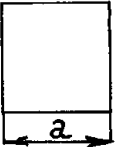
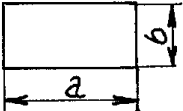
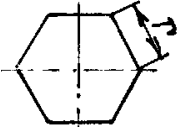
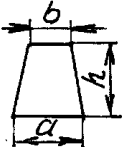


№	Диаметр D_R , мм	Объем, V_F , см ³	Модуль M_F , см
1	20	4,2	0,33
2	25	8,1	0,42
3	30	14,0	0,50
4	35	22,3	0,58
5	40	33,3	0,67
6	45	47,4	0,75
7	50	65,0	0,83
8	55	86,5	0,92
9	60	112,3	1,00
10	65	142,8	1,08
11	70	178,4	1,17
12	75	219,4	1,25
13	80	266,2	1,33
14	85	319,3	1,42
15	90	379,1	1,50
16	95	445,8	1,58
17	100	520,0	1,67

Площадь круглого сечения шейки прибыли (A_N) диаметром D_N легко может быть переведена в площадь поперечного сечения другой формы (табл. 6.8). Пример расчета цилиндрической прибыли приведен в табл. 6.8.

Таблица 6.8

Площади поверхностей некоторых геометрических форм,
применяемых для шеек прибылей

Геометрическая форма шеек	Расчетные формулы, мм
<p>Окружность</p> 	$\frac{\pi D^2}{4}$
<p>Квадрат</p> 	a^2
<p>Прямоугольник</p> 	$a \cdot b$
<p>Шестигранник</p> 	$\frac{3\sqrt{3}}{2} \cdot r^2$
<p>Трапеция</p> 	$\frac{a+b}{2} \cdot h$

7. ФОРМОВОЧНЫЕ И СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ

Выбор формовочных и стержневых смесей зависит от многих факторов: вида заливаемого в форму сплава, способа формообразования, состояния формы перед заливкой расплавом, характера использования и объема в опоке.

По виду заливаемого в форму металла различают смеси для стального, чугунного, цветного литья.

По способу формообразования различают смеси для вибрационных, прессовых, комбинированных способов уплотнения.

По состоянию формы перед заливкой различают смеси для форм, заливаемых во влажном состоянии («по сырому») и в сухом состоянии («по сухому»).

По характеру использования и объему в опоке различают единые, облицовочные, наполнительные формовочные смеси.

Для механизированных и автоматизированных методов формообразования применяют единые сырые песчано-глинистые смеси (ЕФС). Типовые составы и свойства единых песчано-глинистых формовочных смесей (ЕФС) для различных способов формообразования представлены в табл. 7.1.

Типовые составы единых формовочных песчано-глинистых смесей для изготовления отливок из цветных сплавов (для прессовых методов формовки) приведены в табл. 7.2.

Типовые составы и физико-механические свойства смеси для форм, заливаемых в сухом состоянии («по сухому»), применяемых при изготовлении чугунных и стальных отливок, представлены в табл. 7.3.

При получении крупных отливок из чугуна в мелкосерийных и индивидуальных производствах, а также при получении отливок в кессонах применяются жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС). Составы жидких самотвердеющих смесей и их свойства даны в табл. 7.4, 7.5.

Холоднотвердеющие песчано-смоляные формовочные и стержневые смеси, применяемые для изготовления чугунных и стальных отливок, а также для отливок из цветных сплавов, представлены в табл. 7.6.

Таблица 7.1

Типовые составы и свойства песчано-глинистых (ЕФС) смесей
применяемых при изготовлении чугунных отливок

Способ формообразования	Масса отливки	Состав формовочной смеси, % (по массе)					Физико-механические свойства смеси						
		Оборотная смесь	Кварцевый песок	Глинистый связующий материал	Противопритирный материал	Специальные добавки	Прочность при сжатии, МПа	Влажность, %	Газопрозрачность, ед	Текущая составляющая, %	Глинистая составляющая, %	Содержание активной глины, %	Потери при прокаливании, %
Встряхивание с подпрессовкой	До 50 50–200	93–94	6–7	0,5–1,0*	0,5–1,0	–	0,05–0,07	4,0–5,0	90–100	–	9–12	4–5	3,5–4,5
		90–95	5–10	1,2–2,5*	1,0–1,5	–	0,04–0,06	4,0–5,0	90–100	–	10–12	4–6	4,0–5,0
Прессование	До 50 50–300	92–95	5–8	0,5–1,5**	0,5–1,0	0,10–0,25	0,15–0,19	3,1–3,5	100–110	75–80	9–12	7–8	3,5–4,5
		90–93	7–10	0,7–1,6**	1,0–1,5	0,10–0,5	0,12–0,17	3,5–4,0	100–110	80–85	9–12	6–8	4,0–5,0
Песходувно-прессовый	До 30	93–98	2–7	0,7–1,5**	0,2–0,1	0,05–0,40	0,14–0,21	3,2–3,8	100–120	80–85	10–12	7–8	3,0–4,5
Уплотнение воздушным потоком с последующим прессованием (Seitatsu-процесс)	До 200 200–1000	93–96	4–7	0,6–1,4**	0,2–1,0	0,05–0,50	0,14–0,18	3,2–3,8	120–140	75–80	10–12	7–8	3,0–4,5
		93–96	4–7	0,6–1,7**	0,4–1,5	0,05–0,50	0,12–0,16	3,2–3,9	120–140	80–85	10–12	6–8	4,0–5,0

Примечание: * – каолиновая глина, ** – бентонитовая глина.

Таблица 7.2

Типовые составы единых формовочных песчано-глинистых смесей для изготовления отливок из цветных сплавов (для прессовых методом формовки)

Заливаемые сплавы	Состав формовочной смеси, масс. %						Физико-механические свойства смесей			
	Оборотная смесь	Кварцевый песок	Бентонитовая глина и добавки	Мазут	Фтористая присадка	Прочность при сжатии, МПа	Влажность, %	Газопроницаемость, ед.	Текучесть, %	
Алюминиевые	90-92	10	2,5-3,0	-	-	0,12-0,15	4,0-5,0	40-50	60-70	
Медные	85-92	15	2,5-3,0	1,0-1,5	-	0,08-0,10	4,0-5,0	40-50	60-70	
Магниеые	85-90	0-15	2,5-3,0	-	5	0,08-0,10	4,0-5,0	40-80	60-70	

Таблица 7.3

Смеси для форм, заливаемых «по сухому», применяемых при изготовлении чугунных и стальных отливок

Смесь	Состав смеси, масс. %						Физико-механические свойства смеси			
	Оборотная смесь	Кварцевый песок 1К, 1К ₂ , 2К ₁ , 2К ₂ , 3К ₁ , 3К ₂	Глина П1, П2	Бентонит	Противо-пригарные добавки	Технологические добавки	Прочность при сжатии, МПа	Газопроницаемость ед., не менее	Влажность, %	Прочность при разрыве (сухая), МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Для крупных чугунных отливок	30-90	10-70	-	2-6	1,5-3,0	до 5,0	0,04-0,06	50	4,5-7	0,1-0,2
	30-50	50-70	5-15	-	3,0-5,0	"-	0,03-0,06	70	5-9	0,1-0,2
	40-70	30-60	4-7	2-4	3,0-5,0	"-	0,05-0,06	80	5-8	0,15-0,25

Окончание табл. 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Для крупных стальных отливок	20–50	50–80	5–10	–	4,0–5,0	до 3,0	0,03–0,05	80	5–8	0,25–0,35
	40–60	40–60	4–7	2–4		до 2,0	0,05–0,06	80	5–7	0,25–0,35

Таблица 7.4

Составы жидких самоотвердеющих смесей

Наименование компонента	Содержание компонентов, % (по массе), в смеси	
	облицовочной	наполнительной
Сухие составляющие: песок кварцевый 1,2 K _{1,2} O ₁₋₃ регенерированный песок феррохромовый шлак добавки для улучшения выбиваемости	57,0–66,5	58,0–67,0
	30,0–37,0	30,0–37,0
	3,0–5,0	3,0–5,0
	0,5–1,0	–
Жидкая композиция: жидкое стекло (сверх 100 %) 10 % раствор NaOH ПАВ (РАС и др)	6,0–7,0	4,0–5,0
	0,2–0,3	0,2–0,3
	0,05–0,1	0,05–0,1
		–
		стержневой
		94,0–96,0
		–
		3,0–5,0
		0,5–1,0
		7,5–8,5
		0,2–0,3
		0,05–0,1

Свойства жидких самоотверждающих смесей

Параметр смеси	Время отверждения часов	Физико-механические свойства ЖСС		
		облицовочной	наполнительной	стержневой
Текучесть, мм	—	100–106	90–95	115–120
Устойчивость пены, с	—	360–420	300–360	420–600
Влажность, %	—	4,5–5,0	5,0–5,6	5,0–6,0
Прочность на сжатие, МПа	1	0,09–0,12	0,03–0,05	0,15–0,20
	3	0,25–0,30	0,13–0,15	0,35–0,45
	24	0,45–0,60	0,30–0,35	0,60–1,20
Газопроницаемость, ед.	1	150–200	100–120	200–250
	3	200–230	180–200	300–350
	24	300–340	300–340	400–500

Таблица 7.6

Составы и свойства ХТС

Назначение ХТС	Связующий материал, % (по массе)					Катализатор % (по массе)	Прочность на сжатие, МПа после отверждения через, мин			Живучесть, мин	Продолжительность отверждения в оснастке, мин	
	Фуритол 127	БС-40	ОФ-1	ФФ-65С	КФ-90		10	60	180			1440
Формовочные и стержневые смеси для чугуновых и стальных отливок	1,7–2,5	–	–	–	–	Ортофосфорная кислота 0,7–1,2	0,3–0,4	1,5–2,0	3,5–4,0	3,5–4,0	3–5	10–15
	–	2,5–3,0	–	–	–	то же	0,5–0,7	1,5–2,5	5,0–8,0	6,0–9,0	2–3	10–20
Стержневые смеси для отливок из стали и ВЧ	–	–	2,0–2,5	–	–	БСК 1,2–1,4	0,05–0,1	1,0–1,2	3,0–3,5	3,0–4,0	5–10	20–40
	–	–	–	1,5–2,5	–	Ортофосфорная кислота 0,7–1,2	0,3–0,4	1,5–2,0	3,5–4,0	3,5–5,0	3–5	10–20
Формовочные и стержневые смеси для цветных и тонкостенных чугуновых отливок	–	–	–	–	1,5–2,0	То же 0,5–1,0	0,3–0,4	1,5–2,0	2,5–3,0	2,5–3,0	3–5	10–20

8. ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Отличительной особенностью литейных цехов является большое количество разнообразных технологических процессов и, соответственно, применяемого основного и вспомогательного производственного оборудования. Грамотный, рациональный выбор технологического оборудования является важнейшим условием организации рентабельного экологически чистого современного литейного производства, обеспечивающего выпуск востребованной, высококачественной, конкурентоспособной продукции.

Все многообразие применяемого в литейных цехах оборудования можно условно разделить на группы по основным технологическим переделам:

- оборудование для изготовления литейных форм и стержней;
- оборудование для получения литейных сплавов (плавильные печи и установки для внепечной обработки расплавов);
- оборудование для приготовления формовочных и стержневых смесей и их регенерации;
- оборудование для финишной обработки отливок (обрубки, очистки, зачистки и термообработки).

Учитывая требования, предъявляемые к курсовому проекту по дисциплине «Теория и технология литейного производства», в таблицах 8.1–8.17 представлены основные технические характеристики современного технологического оборудования некоторых ведущих производителей для формовки, смесеприготовления, изготовления стержней, регенерации смесей, очистки отливок и плавки металла в условиях серийного, крупносерийного и массового производства.

Таблица 8.1

Безопочные автоматические линии
с вертикальной плоскостью разреза

DISA131	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
1	2	3	4	5	6	7
Размеры формы, мм						
высота	480	535	550	535	550	570
ширина	600	650	675	750	750	750
толщина	150–395	150–395	150–405	150–395	150–395	150–395
Производительность, шт/ч						

Продолжение табл. 8.1

1	2	3	4	5	6	7
без стержней, форм/ч	350	350	350	350	350	350
со стержнем, форм /ч	320	320	320	320	320	320
макс. длина конвейера, м	70	70	70	70	70	70
DISA		240		250	270	
Тип	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
Производительность, шт/ч						
форм без стержней	450	450	450	450	400	395
форм со стержнями	400	400	400	400	375	356
Размеры формы, мм						
высота, мм	600	600	600	650	700	800
ширина, мм	750	775	850	850	950	950
толщина, мм	150–500	150–500	150–500	150–500	200–650	200–650
макс. длина конвейера, м	100	100	100	100	120	120
DISA 2013	DMM	МК5 тип А	МК5 тип Б			
высота, мм	480	480	535			
ширина, мм	600	600	650			
толщина, мм	120–330	120–330	120–360			
Производительность, шт/ч	200					
со стержнями		355	330			
без стержней		370	350			
DISA 2110	LP	МК3				
Размеры формы, мм						
высота	400	400				
ширина	500	500				
толщина	100– 315	100– 315				
Производительность, шт/ч						
формы без стержня	205	300				
формы со стержнем	185	75				
макс. длина конвейера, м	50	50				
LORAMATIC	VMM 4050	VMM 5070	VMM 80100			
Размеры формы, мм						
длина, мм	500	600 770	850 1000			
ширина, мм	400	480 550	650 800			
толщина, мм	315–100	360–120 360–120	550–200 650–250			

Окончание табл. 8.1

1	2	3	4	5	6	7
ширина, мм	508					
толщина, мм	150–200					
Производительность						
без стержней, ф/ч	160					
с автоматической про- становкой стержней, ф/ч	120					
высота, мин. макс. нижней полуформы	150–200					
высота, мин. макс. верхней полуформы	150–200					

Таблица 8.2

**Безопочные автоматические линии с горизонтальной
плоскостью разреза литейной формы**

Наименование машины	DISA	DISA	DISA	DISA
	MATCH 20/24	MATCH 24/28	MATCH 28/32	MATCH 32/32
Производительность				
без стержней, форм/ч	160	120	100	100
со стержнями, форм/ч	120	100	80	80
Размеры формы, мм				
длина	610	711	813	813
ширина	508	610	711	813
высота (min/max) нижней полуформы, мм	150–200	180–255	225–300	225–300
высота (min/max) верхней полуформы, мм	150–200	180–255	225–350	225–350

Таблица 8.3

**Формовочные автоматы с уплотнением форм
воздушно-прессовым методом (СЕЙАТСУ–процесс)**

Тип формовочной машины или автомата	Размеры опок в свету, мм	Производительность, форм/час
HSP	от 500 × 400 до 1000 × 800	от 40 до 15
HSP-D	от 500 × 400 до 1250 × 1000	от 70 до 20
DAFM-S	от 1000 × 800 до 2500 × 2000	от 50 до 10

Окончание табл. 8.3

Тип формовочной машины или автомата	Размеры опок в свету, мм	Производительность, форм/час
DAFM-SD	от 500 × 400 до 1250 × 1000	от 100 до 50
EFA-S	от 1000 × 800 до 2500 × 2000	от 60 до 20
EFA-SD	от 500 × 400 до 1600 × 1250	от 140 до 0
ZFA-S	от 500 × 400 до 1250 × 1000	от 250 до 160
ZFA-SD	от 500 × 400 до 1250 × 1000	от 250 до 160

Таблица 8.4

Стержневые машины DISACOREMP и DISACOPEEP

Тип	10MP	20MP	40MP	80MP	120MP	200MP	10EP	20EP
Размеры стержневого ящика								
Ширина max, мм	740	990	1190	1390	1500	1500	695	790
Толщина max, мм	600	800	1000	1400	1500	1500	700	870
Высота min/max., мм	290/575	385/770	530/915	615/1000	870/1340	870/1340	230/480	335/630

Таблица 8.5

Смесители DISASAM для приготовления песчано-глинистой смеси

Тип	SAM 3-20	SAM 3-30	SAM 3-40	SAM 6-50	SAM 6-60	SAM 6-70	SAM 10-85	SAM 10-100
Производительность, т/ч	15	22,5	30	38	45	53	64	75

Таблица 8.6

Смесители непрерывного действия камерного типа Logamendi

Марка смесителя	MDR-1	MDR-2	MDR-3
Емкость смесителя, кг	25–100	50–200	75–300
Время цикла, с	60–70	65–75	70–80
Точность дозирования, %	+/-0,05	+/-0,05	+/-0,05

Таблица 8.7

Высокоскоростные смесители периодического действия БЕЛНИИЛИТ

Наименование параметра	Модель смесителя		
	4842	4843	П1881.01
Производительность, т/ч	15–20	44–50	12; 24
Масса замеса, т	0,5	1,0	0,6; 1,2
Тип смесителя	вихревой	вихревой	лопастной
Тип приготавливаемой смеси	песчано-глинистая		песчано-смоляная

Таблица 8.8

Смесители непрерывного действия БЕЛНИИЛИТ

Наименование параметров	Модель смесителя		
	С2Ш1	С1Ш3	С1Ш6
Количество рабочих органов, шт.	2	1	1
Производительность, т/ч	1,0–2,0	1,0–3,0	3,0–6,0

Таблица 8.9

Дробебетные установки барабанного типа серии DTC

Тип	DTC 1	DTC 2	DTC 3
Макс. вес загрузки, кг	1500	2500	3000
Макс. объем загрузки, дм ³	500	800	1000
Макс. вес обрабатываемой детали, кг	80	80	80
Макс. размер детали по диагонали, мм	700	700	700

Таблица 8.10

Проходные дробебетные установки барабанного типа серии DT

Макс. размер детали по диагонали, мм	85	980	1150
Тип	DT 14-450 DT 14-65 DT 14-850 DT 14-1050	DT 17-650 DT 17-850 DT 17-1050	DT 20-650 DT 20-850 DT 20-1050
Производительность, т/ч	от 8 до 25	от 15 до 33	от 15 до 38

Таблица 8.11

Проходные дробебетные установки барабанного типа серии СТ

Макс. размер детали по горизонтали, мм	500	900	1200	1600
Тип	СТ 2-30/5-200 СТ 2-37/5-430 СТ 4-45/5-430	СТ3-45/9-430 СТ4-45/9-430 СТ6-45/9-430	СТ4-55/12-430 СТ4-110/12-430 СТ6-110/12-432	СТ4-75/16430
Производительность, т/ч	3-14	6-24	18-34	20-30

8.1. Установки регенерации смесей

8.1.1. Механическая регенерация в установках пневмоочистки

В установках пневматической очистки механическая регенерация смеси – удаление пленки связующего, покрывающей зерна песка – происходит за счет трения зерен друг о друга в псевдокипящем слое смеси, продуваемом сжатым воздухом. Процесс включает в себя следующие операции: очистку зерен песка от связующего, удаление пыли, конечное просеивание, охлаждение. Измельченное в пыль связующее отсасывается в систему пылегазоочистки. Песок просеивается на вибрационном сите и поступает в охладитель и далее – в бункера-накопители. Данный метод регенерации применяется для смесей, в которых процесс разрушения (или частичной деструкции) связующего происходит в процессе кристаллизации

и охлаждения отливки. Установки обеспечивают следующие производительности: 4–6 т/ч, 10–12 т/ч, 15–20 т/ч, 25–30 т/ч.

8.1.2. Газовая термическая регенерации смеси

Работа установки термической регенерации основана на удалении органического связующего при нагревании смеси до температур 600–700 °С горячим воздухом. При данных температурах происходит разрушение органических составляющих смеси. Нагретый воздух, проходя сквозь слой смеси, образует псевдокипящий слой, в котором песчинки смеси при движении трутся друг о друга, отделяя продукты термодеструкции органики с поверхности кварцевого песка. Смесь газов и пыли проходит через циклон и рукавный фильтр, где происходит пылеосаждение перед выбросом в атмосферу. Характеристики типичных установок терморегенерации песчано-смоляных представлены в табл. 8.12.

Таблица 8.12

Установки термической регенерации песчано-смоляной смеси

Производитель и технические характеристики оборудования	Модель оборудования и значения основных технических характеристик					
	OMEGA	PX0.6G	PX1G	PX3G	PX7G	PX14G
Производительность, т/ч	0,25–0,5	0,5–1	1,5–2,5	4–5	10	12
Максимальная тепловая мощность, кВт	250	350	650	1200	2250	2750
Удельный расход газа, м ³ /т	47	34	25	23	22	22

8.1.3. Динамическая система регенерации

Установка динамической регенерации обеспечивает эффективное очищение зерен песка. Процесс динамической регенерации включает в себя четыре операции: разрушение комков и предварительная регенерация; магнитная сепарация; удаление связующего посредством высокоскоростной вращающейся системы при трении зерен друг о друга между катками и дисками установки очистки;

классификация (рассев) песка, удаление пыли и охлаждение песка. Эта система особенно удобна для регенерации щелочно-фенольных и фурановых, а также фенольных и полиуретановых связующих.

Производительность установок регенерации песчано-смоляных ХТС, как правило, находится в пределах от 3 до 30 т/ч.

8.1.4. Плавильное оборудование

Таблица 8.13

Электроды для плавки Al и Cu

Модель	T_{\max} , °C	Емкость, кг		Размеры, мм		
		Al	Cu	ширина	длина	высота
K(F) 10/12	1200	20	70	1510	1240	1040
K(F) 20/12	1200	45	150	1660	1360	1060
K(F) 40/12	1200	90	300	1740	1470	1140
K(F) 80/12	1200	180	550	1800	1700	1180
K(F)150/12	1200	330	970	1870	1900	1460
K(F) 240/12	1200	570	–	2010	2000	1460
K(F)300/12	1200	650	–	2010	2000	1560
K(F) 360/12	1200	750	–	2120	2100	1550
K(F) 400/12	1200	1050	–	2120	2100	1700
K(F) 10/13	1300	20	70	1510	1240	1040
K(F) 20/13	1300	45	150	1660	1360	1060
K(F) 40/13	1300	90	300	1740	1470	1140
K(F) 80/13	1300	180	550	1800	1700	1180

Таблица 8.14

Тигельные печи для расплавления Al

Модель	л	кг Al/ч / макс	кВт
T 10	12	25	12
T 20	26	30	15
T 40	45	40	18
T 80	80	80	35
T150	150	120	46
T 240	240	160	63

Таблица 8.15

Газовые печи для плавки цветных сплавов

Модель	T max, °C	Емкость		Размеры установки, мм		
		кг Al	кг Cu	ширина	длина	высота
KB 80/12	1200	180	950	2030	1700	1510
KB 150/12	1200	330	970	2140	1900	1710
KB 180/12	1200	370	1200	2140	1900	1810
KB 240/12	1200	570	–	2650	2030	1810
KB 360/12	1200	750	–	2650	2080	1910
KB 400/12	1200	1000	–	2650	2080	2080
KB 40/14	1400	120	400	2070	1700	1770
KB 60/14	1400	150	500	2070	1900	1810
KB 80/14	1400	180	600	2070	1900	1910

Таблица 8.16

Индукционные печи для плавки чугуна и стали EGES

Печи		Преобразователь		Темп плавки (кг/ч)		Время плавки, (мин)	
Модель	Объем, кг	Мощность, кВт	Частота, Гц	с. Чугун 1480 °C	Сталь 1650 °C	с. Чугун 1480 °C	Сталь 1650 °C
1	2	3	4	5	6	7	8
EGP 500 S	500	350	1000	680	612	44	48
EGP 750 S	750	450	1000	900	810	50	55
EGP 1000S	1000	600	1000	1200	1080	50	55
EGP 1000S	1000	800	500	1659	1493	36	40
EGP 1500S	1500	800	500	1659	1493	54	59
EGP 1500S	1500	1000	500	2100	1890	43	47
EGP 2000S	2000	1000	500	2100	1890	57	63
EGP 2000 S	2000	1250	500	2625	2363	46	51
EGP 2000 S	2000	1500	500	3150	2835	38	42
EGP 3000 S	3000	1750	500	3675	3308	49	54
EGP 3000 S	3000	2000	500	4200	3780	43	47
EGP 3000 S	3000	2500	500	5250	4725	35	39
EGP 4000 S	4000	2500	500	5250	4725	47	52
EGP 4000 S	4000	3000	500	6300	5670	38	42
EGP 6000 S	6000	3500	250	7350	6615	49	54
EGP 6000 S	6000	4000	250	8400	7560	43	47
EGP 6000 S	6000	5000	250	10500	9450	34	37
EGP 8 T	8000	5000	250	10500	9450	46	51

Окончание табл. 8.16

1	2	3	4	5	6	7	8
EGP 10 T	10000	6000	250	12600	11340	52	57
EGP 10 T	10000	7500	250	15750	14175	40	44
EGP 12 T	12000	6000	250	12600	11340	59	65
EGP 12 T	12000	7500	250	15750	14175	46	51
EGP 15 T	15000	7500	250	15750	14175	57	63
EGP 15 T	15000	10000	250	21200	19080	42	46
EGP 18 T	18000	7500	250	15750	14175	76	84
EGP 18 T	18000	10000	250	21200	19080	57	63
EGP 20 T	20000	10000	250	21200	19080	64	70
EGP 25 T	25000	10000	250	21200	19080	79	87

Таблица 8.17

Электроды для плавки меди тип CFM

Тип печи	Модификация	Мак температура, °С	Производительность, кг. Cu/ч	Габаритные размеры, мм		
				длина	ширина	высота
CFM-12/02	A	1250	24	1170	1170	1050
CFM-12/15	A		55			
	B		65			
	C		75			
CFM-12/20	A		75	1200	1200	1050
	B		80			
	C		90			
CFM-12/30	A		90	1240	1240	1100
	B		100			
	C		110			
CFM-12/45	A		90	1260	1260	1050
	B		110			
	C		125			
CFM-12/60	A		135	1260	1260	1250
	B		165			
	C		185			
CFM-12/90	A		175	1350	1350	1250
	B		200			
	C	230				

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кукуй, Д. М. Теория и технология литейного производства : в 2 ч. / Д. М. Кукуй, В. А. Скворцов, Н. В. Андрианов. – М.: ИНФРА-М, 2011. – Ч. 2: Технология изготовления отливок в разовых формах. – 2011. – 405 с.
2. Трухов, А. П. Технология литейного производства: литье в песчаные формы / А. П. Трухов. – М.: Академия, 2005. – 415 с.
3. Кукуй, Д. М. Теория и технология литейного производства / Д. М. Кукуй, В. А. Скворцов, В. Н. Эктова. – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 415.
4. Скворцов, В. А. Проектирование и расчет литниковых систем для разовых форм / В. А. Скворцов, Ю. А. Николайчик. – Минск: БНТУ, 2019. – 108 с.
5. Правила графического выполнения элементов литейной формы и отливок: ГОСТ 3.1125 – 88. Введ. 01.01.1989. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 1988. – 13 с.
6. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку: ГОСТ 26645 – 85. Введ. 01.01.90. – М.: Государственные стандарты: ИПК Издательство стандартов. 2002. – 36 с.
7. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров: ГОСТ 3212 – 92. Введ. 30.06.1993. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2004. – 16 с.
8. Выпора газоотводные для металлических литейных моделей. Конструкция и размеры: ГОСТ 21085 – 75. Введ. 01.01.1977. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2000. – 4 с.
9. Шероховатость поверхностей нагреваемых стержневых ящиков: ГОСТ 21293-75. Введ. 01.01.1977. – М.: Государственный стандарт Союза ССР: Издательство стандартов. 1976. – 3 с.
10. Выталкиватели для нагреваемых стержневых ящиков. Конструкция и размеры: ГОСТ 21294–75. Введ. 01.01.1977. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2001. – 6 с.
11. Выталкиватели регулируемые для нагреваемых стержневых ящиков. Конструкция и размеры: ГОСТ 21295–75. Введ. 01.01.1977. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2001. – 8 с.

12. Втулки центрирующие с резьбовым отверстием для нагреваемых стержневых ящиков. Конструкция и размеры: ГОСТ 21296–75. Введ. 01.01.1977. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2001. – 3 с.

13. Втулки направляющие с резьбовым отверстием для нагреваемых стержневых ящиков: ГОСТ 21297–75. Введ. 01.01.1977. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2001. – 3 с.

14. Штыри с резьбовым отверстием для нагреваемых стержневых ящиков: ГОСТ 21298–75. Введ. 01.01.1977. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2001. – 3 с.

15. Штыри с резьбовым хвостовиком для нагреваемых стержневых ящиков: ГОСТ 21299–75. Введ. 01.01.1977. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2001. – 4 с.

16. Соединения центрирующие с зажимом для нагреваемых стержневых ящиков. Конструкция и размеры: ГОСТ 21300–75. Введ. 01.01.1977. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2001. – 7 с.

17. Соединения направляющие с зажимом для нагреваемых стержневых ящиков. Конструкция и размеры: ГОСТ 21301–75. Введ. 01.01.1977. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2001. – 7 с.

18. Соединения центрирующие с винтовым креплением для нагреваемых стержневых ящиков. Конструкция и размеры: ГОСТ 21302–75. Введ. 01.01.1977. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2001. – 4 с.

19. Соединения направляющие с винтовым креплением для нагреваемых стержневых ящиков. Конструкция и размеры: ГОСТ 21303–75. Введ. 01.01.1977. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2001. – 4 с.

20. Колонки возврата для нагреваемых стержневых ящиков. Конструкция и размеры: ГОСТ 21304–75. Введ. 01.01.1977. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2001. – 4 с.

21. Ящики стержневые металлические. Технические условия: ГОСТ 19367–74 – ГОСТ 19410–75. Введ. 01.01.1977. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов. 2002. – 2 с.

22. Модели литейные металлические. Технические требования: ГОСТ 21079–75 – ГОСТ 21087–75. Введ. 01.01.1977. – М.: Государственный стандарт Союза ССР: Издательство стандартов. 1978. – 44 с.

Учебное издание

СКВОРЦОВ Валерий Александрович
РОВИН Сергей Леонидович
РУДНИЦКИЙ Федор Иванович

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебно-методическое пособие
для студентов специальности
1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства»

Редактор *Е. О. Германович*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 15.03.2021. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 4,88. Уч.-изд. л. 3,82. Тираж 120. Заказ 68.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.