

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»

В.А. Аммер

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия

Воронеж 2012

УДК 621. 74.

Аммер В.А. Технология литейной формы: учеб. пособие / В.А. Аммер. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2012. 126 с.

Учебное пособие содержит рекомендации и справочные данные, позволяющие студентам разработать технологический литейный процесс изготовления заготовки.

Издание соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 150400 «Металлургия», профилю «Технология литейных процессов», дисциплине «Технология литейного производства».

Учебное пособие подготовлено в электронном виде в текстовом редакторе MS Word XP и содержится в файле «Технология ЛФ.doc».

Табл. 4. Ил. 17. Библиогр.: 24 назв.

Научный редактор д-р физ.- мат. наук, проф. А.А. Щетинин

Рецензенты: ООО «ТС-Инжиниринг», г. Воронеж
(директор А.В. Пешков);
д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. Небольсин

© Аммер В.А., 2012

© Оформление. ФГБОУ ВПО
«Воронежский государственный
технический университет», 2012

ВВЕДЕНИЕ

Большое влияние на формирование свойств металла в отливках оказывают следующие факторы:

конструкции отливок, их размеры, масса, толщина стенок;
способ литья и свойства литейной формы (прочность, податливость, склонность к физико-химическому взаимодействию с расплавом, газопроницаемость, газотворность, теплоаккумулирующая способность и др.);

литейные свойства сплава и режим заливки расплава (температура, скорость заливки), скорость охлаждения, обеспечение направленности процесса затвердевания металла в форме.

В настоящее время значительное число отливок получают литьем в песчаные формы. Основные вопросы, которые необходимо решить в процессе разработки литейной технологии следующие:

провести анализ технологичности конструкции детали;
выбрать марку сплава и определить литейные свойства;
выбрать положение отливки в форме при заливке и затвердевании (при этом определить поверхности разъема формы и модели, назначить припуски на механическую обработку отливки и усадку сплава, определить границы стержней, размеры их знаков, величины уклонов и зазоров);

выбрать место подвода расплава к полости формы и установка прибылей, проверить выполнение принципа направленного затвердевания (методом сфер), выбрать тип литниковой системы и рассчитать площади сечений элементов системы, прибыли;

рассчитать время формирования отливки;
разработать конструкции моделей отливки, подмодельных плит с моделями верха и низа отливки, стержневого ящика;

выбрать опоки, состав формовочной и стержневой смесей;
рассчитать шихту, обосновать технологию плавки и термообработки.

1. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОТЛИВОК

1.1. Общие сведения

Основным фактором, определяющим качество отливок, их размерную точность и точность поверхности, является способ литья, (табл.1)

Таблица 1

Точность отливок, изготавливаемых разными способами

Способ	Размерная точность		Точность поверхности	
	Класс точности ГОСТ 26645-85	Квалитет ГОСТ 25346	Степень точности ГОСТ 26645-85	Шероховатость (Rz) ГОСТ 2789
ЛВМ	4 - 11	15 - 12	2 - 13	80 - 10
Литье в кокиль сплавов: черных; цветных	5 - 13 5т - 13т	16 - 12 15 - 12	5 - 14 4 - 13	320 - 40 160 - 20
ЛПД	3т - 9	14 - 12	2 - 11	80 - 3,2
ПГФ	7т - 16	18 - 16	7 - 22	320 - 40

Точность размеров нормируется 22 классами (1; 2; 3т; 4; 5т; 6; 7т; 8; 9т; 9; 10; 11т; 11; 12; 13т; 13; 14; 15; 16).

Точность массы отливки определяется классом размерной точности. Точность формы и расположения поверхностей отливки определяется 11-ю степенями коробления.

В соответствии с ГОСТ 977-88 все отливки из конструкционных сталей делятся (в зависимости от их назначения) на три группы:

отливки общего назначения, для которых обязательно контролируемыми показателями являются внешний вид, размеры, химический состав;

отливки ответственного назначения с обязательным контролем внешнего вида, размеров, химического состава и механических свойств;

отливки особо ответственного назначения, для которых кроме указанных для второй группы характеристик контролируется ударная вязкость.

Отливки из цветных сплавов по условиям эксплуатации и в зависимости от приемосдаточных испытаний подразделяют на три категории.

1. Отливки, длительно работающие в неблагоприятных условиях под значительными нагрузками. Для них проводится выборочный контроль механических свойств на образцах, вырезанных из тела отливки, с одновременным испытанием механических свойств отдельно отлитых от каждой плавки образцов. Поштучный контроль плотности отливок осуществляется методом рентгеновской дефектоскопии.

2. Отливки, работающие в нормальных условиях под средними нагрузками. Для них контролируют механические свойства на отдельно отлитых от каждой плавки образцах или проводят выборочное испытание на образцах, вырезанных из прилитой к отливке заготовки. Осуществляется выборочный контроль отливок на плотность.

3. Отливки малонагруженные и неответственные. Для них контролируют механические свойства на отдельно отлитых образцах.

Качество отливок в значительной степени определяется уровнем дефектности. По ГОСТ 14567-79 дефектом называют каждое отдельное несоответствие отливки установленным требованиям.

По конфигурации отливки делят на шесть групп сложности, различающиеся по следующим признакам:

отливки простой геометрической формы без внутренних полостей, например, фланцы, гайки, шайбы и др., которые не требуют механической обработки;

отливки коробчатой формы, имеющие внутренние полости, например, корпуса, маховики, вилки, диски и др. Отливки получают литьем с использованием литейных стержней (до пяти штук); отливки механически обрабатываются;

отливки, имеющие внешние криволинейные поверхности и внутренние полости, например, патрубки, корпуса и др. Отливки получают с применением литейных стержней (до 12 шт.); отливки механически обрабатывают со всех сторон;

отливки с внутренними полостями средней сложности, например, корпуса редукторов и компрессоров, масляных теплообменников. Отливки изготавливают в формах с использованием большого числа стержней (до 20 шт.);

отливки закрытых форм со сложными внутренними полостями, например, рабочие колеса, головки цилиндров и др.; литейные формы содержат до 30 стержней;

отливки закрытых форм с наличием тонких сложных ребер и многоярусных каналов, например, блоки цилиндров, картеры и др.

К некоторым отливкам предъявляется ряд особых требований, примеры которых приведены в табл. 2

Таблица 2

Особые требования, предъявляемые к отливкам

Группа сложности	Особые требования
1; 2; 3	Не предъявляются
4	Герметичность при рабочем давлении до 0,6 МПа; контроль механических свойств и химического состава.
5	Герметичность при рабочем давлении до 3 МПа; контроль механических свойств и химического состава.
6	Герметичность при рабочем давлении свыше 3 МПа; особые требования по механическим, физическим свойствам, структуре и фазовому составу металла, химическому составу, однородности структуры и свойств по сечениям в отливке.

Для оценки качества отливок общего назначения рекомендуется использовать следующие показатели (ГОСТ 4.439-86):

- **квалификационные (марка сплава, масса отливки, класс точности, группа сложности);**

- **назначение (условия эксплуатации, механические свойства, макро- и микроструктура литого металла после термообработки);**

- **качество поверхности;**

- **технологичность и использование металла (припуски на механическую обработку, усадку, допуски на необрабатываемые размеры);**

- экономическая эффективность и себестоимость;
- специальная характеристика (герметичность, коррозионная стойкость, износостойкость, термостойкость и др.).

1.2. Квалификационные показатели качества

Марка сплава определяет его химический состав, который должен соответствовать государственным стандартам, табл. 3.

Таблица 3

ГОСТ	Отливки из сплавов
1412-85	Чугун с пластинчатым графитом (СЧ)
7293-85	Чугун с шаровидной формой графита (ВЧШГ)
28394-83	Чугун с вермикулярной формой графита (ЧВГ)
1212-79	Чугун ковкий с хлопьевидной формой графита (КЧ)
1585-85	Чугун антифрикционный (АЧ)
77-69-82	Чугун легированный (износостойкий, коррозионностойкий, жаростойкий, высокохромистый, никелевый, алюминиевый и др.)
977-88	Сталь конструкционная, нелегированная и легированная
21357-87	Сталь хладостойкая и износостойкая
1583-93	Сплав алюминиевый
2856-79	Сплав магниевый
613-79	Бронза оловянистая
493-79	Бронза безоловянистая
17711-93	Сплав медно-цинковый
25140-93	Сплав цинковый и титановый

Допуски на размеры и массу отливок в интервале номинальных размеров от 4 до 10⁴ мм регламентированы ГОСТ

26645-85, который устанавливает 16 классов точности (с 1-го по 16-й) и шесть промежуточных классов с индексом Т (3Т,5Т,7Т,9Т,11Т,13Т). Для механически обработанных деталей установлено 19 квалитетов точности, обозначаемых буквами 1Т с индексом 01;0;1,2;... 17, например, 1Т11. Точность выше у тех отливок, для которых ниже квалитет.

Класс точности масс следует принимать соответствующим классу точности отливок. Класс точности отливки определяется по указанному на чертеже детали предельному отклонению размера, которое дается или непосредственно (например, 20^{+18}), или в технических условиях с указанием номера квалитета (например, (1Т14)/2). Если на чертеже по некоторым размерам предельные отклонения не указаны (и нет указаний в технических условиях), то эти размеры отвечают квалитетам 1Т12-1Т16. Класс точности размеров отливки связан с квалитетом точности размеров детали, ГОСТ 26645-85, (прил.1). Поэтому для определения класса точности отливки необходимо найти квалитеты всех размеров детали и наименьший из квалитетов будет определять класс точности заготовки.

В соответствии с найденным классом точности определяются допуски на все размеры отливки, ГОСТ 26645-85, (прил. 2).

Необходимо учитывать, что класс точности отливки зависит также от сложности ее конструкции, типа сплава, способа литья, ГОСТ 26645-85, (прил.3). Для элементов отливки, образуемых тремя и более частями формы, допуски устанавливают на 1-2 класса грубее.

В процессе производства может происходить смещение полуформ относительно друг друга, что вызывает смещение элементов отливки, получаемых в разных полуформах;

предельное отклонение смещений от номинального положения элементов отливки по плоскости разъема регламентировано ГОСТ 26645-85, (прил. 4).

Для отливок из алюминиевых и магниевых сплавов предусмотрены 6 групп сложности; чугунные и стальные отливки разделены на 5 групп. Отливки относят к той или иной группе сложности по наибольшему числу (не менее 4) параметров (масса, габаритные размеры, толщина стенок, класс точности размеров, число стержней и т.д.).

1.3. Показатели технологичности отливок

Наиболее ответственными показателями являются припуски на механическую обработку, коэффициент использования металла (КИМ), технологические напуски. Величину припусков назначают в зависимости от класса точности отливки, ее номинальных и габаритных размеров, положения при заливке, способа литья и вида сплава. Основные припуски на механическую обработку зависят от допусков размеров и назначаются дифференцированно для каждого элемента отливки, ГОСТ 26645-85, (прил. 5), причем меньшее указанное значение рекомендуется для более грубых качеств точности обработки. Допускается увеличивать основной припуск до ближайшего большего значения из того же ряда в том случае, если необходимо обеспечить более высокую точность размеров. На обрабатываемых поверхностях, расположенных при заливке сверху, разрешается увеличивать припуск до значения, взятого из следующего ряда припусков.

На поверхности, которые могут претерпеть смещение (по причине смещения полуформ), кроме основного назначают дополнительный припуск, который зависит от допуска на размер и предельного отклонения (погрешности расположения).

Степень коробления определяют по ГОСТ 26645-85, (прил. 6).

Пример. Определим припуски на механическую обработку вертикально расположенной поверхности с номинальным размером 120^{+14} и горизонтальной верхней поверхности с номинальным размером $200^{+0,30}$; отливка из алюминиевого сплава имеет сложную конфигурацию. Воспользуемся таблицами, приведенными в ГОСТ 26645-85.

По прил.7 находим, что размеру $120^{+0,14}$ отвечает квалитет 1Т10, а размеру $200^{+0,20}$ - 1Т11, следовательно, деталь должна иметь точность, определяемую 1Т10. Для обеспечения такой точности необходимо, чтобы заготовка отвечала 7-му классу точности размеров, (прил.1). По прил. 2 для этого класса точности находим допуски размеров: 1,2 мм для 120 мм и 1,4 мм для 200 мм. Если отливка изготавливается в песчано-глинистой форме по 7-му классу точности, то необходимо назначить третий ряд припусков на механическую обработку, (прил. 3). Основной припуск находим с учетом допусков размеров и ряда припусков, (прил.5); 2,2 мм для размера 120 мм, для 200 мм - 3 мм. Дополнительный припуск на вертикальную поверхность находим по таблицам: предельное отклонение смещения 0,5 мм, (прил.4); степень коробления - 6, (прил.6); предельное отклонение за счет коробления 0,24, (прил. 8).

Суммарная наибольшая погрешность расположения составит 0,74 мм; дополнительный припуск 0,2 мм (прил. 9). Таким образом, принимаем следующие значения припусков на

механическую обработку: 3 мм для горизонтальной поверхности с размером 200 мм; $2,2 + 0,2 = 2,4$ мм для вертикальной поверхности с размером 120 мм.

При разработке чертежа отливки кроме определения припусков необходимо предусмотреть также технологические напуски и галтели, которые обеспечивают выполнение принципа направленного затвердевания. Отверстия с диаметрами меньше предельно допустимых получают механической обработкой, а не литьем.

Ниже приведены основные рекомендации, которыми следует руководствоваться при проведении анализа технологичности конструкции детали.

Технологичными считают такие детали, которые отвечают всем условиям эксплуатации, а также требованиям литейной технологии, механической обработки и оптимальных затрат на изготовление. При конструировании технологичных отливок необходимо учитывать литейные свойства металла: жидкотекучесть, усадку, ликвацию, склонность к образованию определенной кристаллической структуры и фазового состава, теплофизические свойства.

При любом способе литья желательно обеспечить равностенную конструкцию отливки (за счет плавных сопряжений, галтелей, применения окон и т.д.).

Детали с выраженными плоскими поверхностями и изготавливаемые из сплавов с большой литейной усадкой склонны к короблению. Для предотвращения этого рекомендуется вводить ребра жесткости, однако их большое число затрудняет усадку и может быть причиной трещинообразования. Для уменьшения коробления следует правильно сочетать наружное и внутреннее ребрение;

правильным соотношением толщин стенки, наружного и внутреннего ребер считается 1,0 : 0,8 : 0,7. Толщина внутренних стенок, получаемых в стержнях, должна быть на 15-20 % меньше толщины наружных стенок.

Сопряжение стенок с толщинами b_1 и b_2 при $b_1/b_2 < 2$ выполняют в виде галтели радиусом $r = (b_1 + b_2)/4$; при $b_1/b_2 > 2$ - в виде клина с галтелями, при этом радиус закруглений $R = (b_1 + b_2)/2$, длина переходной части $L \geq 4(b_1 - b_2)$. В угловом L-образном сопряжении радиус галтели внутреннего угла, образованного двумя стенками отливки, определяется с учетом степени замкнутости S : $r = (b_1 + b_2)/S$. Сопряжения "Т"- и "Х"-образных типов необходимо выполнять так, чтобы избежать образования теплового узла,

Положение отливки в форме при заливке должно способствовать направленному затвердеванию. Это условие будет выполняться, если соблюдается правило вписанных окружностей, согласно которому диаметр вписанной окружности (с учетом припусков на механическую обработку и технологических напусков) должен увеличиваться в направлении прибыли. Несоблюдение этого условия приводит к образованию усадочных дефектов даже при установке холодильников, так как в этом случае раковина в отливке лишь сместится по своему местоположению. При выборе положения следует учитывать, что в горизонтальных элементах отливки возможно образование незаливов, неспаев, газовых раковин и скопление неметаллических включений, а при встречных потоках расплава вероятность возникновения газовых раковин резко возрастает.

Отливки из сплавов, склонных к образованию усадочных дефектов, следует располагать так, чтобы массивные части были сверху или сбоку по разьему.

Основные обрабатываемые поверхности и тонкие стенки отливки рекомендуется располагать в нижней части формы, вертикально или наклонно.

Внутренние стержни при заливке должны занимать устойчивое положение и чтобы при этом подъемная сила действовала в направлении знаков, а не под углом к ним.

Следует избегать консольной установки стержней. В стенках отливки, образуемых с помощью стержней, следует предусматривать окна для стержневых знаков, стержни при этом должны надежно фиксироваться в форме.

Основную часть отливки (или всю отливку) желательно располагать в одной (нижней) полуформе; при этом максимально упрощается конструкция формы и обеспечивается большая точность отливки. При невозможности выполнения этого условия желательно, чтобы базовые, обрабатываемые поверхности и наиболее ответственные части отливки располагались в одной полуформе.

Положение разьема формы при заливке должно быть горизонтальным; предпочтительной является плоская поверхность разьема (одна).

Заполнение полости формы при выбранном положении отливки должно происходить и ламинарном режиме без размыва или разрушения участков формы и стержней.

Место подвода расплава в полость формы назначается в зависимости от технологических свойств жидкого металла,

конфигурации отливки, плоскости разъема, условий затвердевания отливки.

При получении отливок из серого чугуна расплав подводят в тонкостенные элементы отливки через питатели, которые обеспечивают спокойное заполнение формы. Затвердевание металла будет в этих условиях одновременным и равномерным по всем сечениям, что способствует уменьшению опасности возникновения в отливке внутренних напряжений и деформации в виде коробления и трещин. Однако в местах подвода может возникнуть рассеянная пористость.

При получении отливок из ковкого чугуна, стали, для которых характерна пониженная жидкотекучесть и увеличенная усадка, расплав следует подводить в массивную часть отливки, на которой обычно располагают питающую бобышку или прибыль. Прибыли устанавливают на самую верхнюю часть отливки или на массивные узлы. С целью облегчения последующих операций по удалению прибыли ее рекомендуется устанавливать на ровных участках отливки (но не над фасонными частями).

При получении отливок из сплавов цветных металлов с узким интервалом кристаллизации (характерный дефект - глубокая раковина) рекомендуется подводить расплав в более тонкие части; если же сплав характеризуется широким интервалом затвердевания (дефект в виде рассеянной пористости) подводить расплав следует в более массивные части.

Для сплавов, склонных к окислению (хромистые стали, алюминиевые и марганцовистые бронзы, магниевые сплавы и др.) важно обеспечить условия спокойного режима течения и заполнения формы (без вихревых потоков при минимальном

соприкосновении с газовой атмосферой, без вспенивания и разбрызгивания). Исходя из этого, выбирается необходимый способ подвода: сверху (нежелательно), сбоку по разъему (удовлетворительно) и снизу или сифоном, или по нескольким ярусам (эффективно).

Припуски на механическую обработку назначают по ГОСТ 26645-85 только на поверхности, которые в дальнейшем требуют обработки.

Формовочные уклоны на модельном комплекте назначают по ГОСТ 3212-92, размеры знаков стержней и формы - по ГОСТ 3606-80.

1.4. Требования к эксплуатационным показателям литых деталей

Требования к отливке определяются также показателями назначения, качества поверхности и специальными показателями.

К показателям назначения относят физико-механические свойства сплава в отливках (σ_b , σ_t , δ , ψ , КСЧ, твердость), макро- и микроструктуру, эксплуатационную характеристику (ударная вязкость при пониженных температурах, износостойкость, коррозионная стойкость, жаростойкость и жаропрочность, герметичность и т.д.).

При изготовлении отливок общего назначения контролируют в основном физико-механические свойства; для отливок ответственного назначения контролируют показатели, определяющие надежность работы детали в конкретных условиях. Например, для литых деталей, работающих при высоких температурах (лопатки газовых турбин, детали камер

сгорания и др.) наиболее значимыми являются характеристики жаропрочности (предел длительной прочности, долговечность, предел текучести); для деталей, работающих в условиях повышенных давлений газовых и нефтяных потоков, содержащих агрессивную среду, - герметичность, коррозионная стойкость; для деталей, испытывающих знакопеременные нагрузки - предел выносливости, усталостная долговечность при нормальной и повышенных температурах. Характеристики структуры сплавов (размер и форма макрозерна, размер дендритных ячеек, тип и соотношение структурных составляющих) не являются объектом обязательного контроля в том случае, если химический состав и механические свойства удовлетворяют техническим требованиям.

2. УКАЗАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ЧЕРТЕЖА ОТЛИВКИ С ЭЛЕМЕНТАМИ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Схема последовательности разработки технологического процесса литья приведена на рис. 1.

Разработка чертежа отливки заключается в том, что на чертеж детали наносят технологические указания, необходимые для изготовления отливки и модельного комплекта. На чертеже отливки указывают: положение отливки в форме при заливке и затвердевании; линии разъема модели и формы; припуски на механическую обработку; количество стержней и конфигурацию каждого, а также геометрические параметры, характеризующие их; зазоры и формовочные уклоны на знаковых частях литейной



Рис. 1.

Последовательность разработки технологического процесса изготовления отливки

формы и стержней; способ разъема стержневого ящика; направление набивки стержня (стержней); место подвода расплава в полость формы; схему литниково-питающей системы. **Элементы детали, не выполняемые литьем.** В отливках, изготавливаемых в ПГФ, не выполняют отверстия с резьбой, пазы под шпонки, фаски, некоторые отверстия, которые в дальнейшем механически обрабатываются. Минимальный диаметр обрабатываемых отверстий, которые получают литьем с

соответствующим припуском на обработку, определяют в зависимости от типа сплава (прил.10 и 11). **Положение отливок в форме, поверхности разъема модели и формы** выбирают с учетом особенностей: конструкции отливки, свойств литейного сплава, заполнения полости литейной формы; затвердевания металла (направленного или одновременного). Этот этап разработки определяет качество и трудоемкость изготовления отливки.

Примечание: свои соображения по данному разделу студент должен обязательно согласовать с руководителем проекта.

Припуски на механическую обработку зависят от способа литья, свойств литейного сплава, максимального размера отливки, номинального размера, для которого назначают припуск, класса точности и ряда припусков, положения отливки в форме при заливке. Припуски на механическую обработку назначают по ГОСТ 26645-85.

Литейная усадка выбирается в зависимости от типа литейного сплава, конструктивных особенностей отливки по справочной литературе. В прил.12 приведены средние значения линейной усадки для литейных сплавов. Рекомендуется составить сводную таблицу размеров по форме прил.13.

Формовочные уклоны моделей (формы), стержней (стержневых ящиков) назначают в зависимости от высоты вертикальной стенки модели (или ящика) и материала модельной оснастки по ГОСТ 3212-92 (прил. 14 и 15).

Конструктивное исполнение и размеры знаков стержней (литейной формы), рис.2-4, принимают по ГОСТ 3606-80; допуски на отклонения размеров знаков - по ГОСТ 11961-66.

При этом необходимо учесть: припуск на механическую обработку (уменьшает диаметр стержня); литейную усадку сплава (увеличивает диаметр стержня); уклоны и допуски на отклонения размеров и знаков стержней; зазоры между знаками стержня и формы (прил. 14 – 18).

Условные обозначения, связанные с изготовлением стержней, наносят на чертеж отливки по ГОСТ 3.1125-88; указывают порядковый номер стержня, направление набивки стержня, поверхность разъема стержневого ящика, поверхности склейки стержня (если такая операция производится), направление вывода газов из стержня.

Модельно-литейные указания отражают принципиальные решения технологических вопросов производства отливки. Они разрабатываются в соответствии с ГОСТ 3.1125-88 "Правила выполнения чертежей элементов литейной формы и отливки". Разработку допускается выполнять на копии чертежа детали.

Положение разъема модели и формы показывают отрезком или ломаной сплошной линией со знаками у левого и правого края соответственно знаками -х, х-.

Плоскость разъема формы обозначают буквой **Ф**, модели - **М**. При совпадении этих плоскостей разъема ставят буквы **МФ** (разъем модели и формы).

Направление разъема показывают сплошной основной линией, перпендикулярной плоскости разъема; на концах линия ограничена стрелками. При наличии нескольких разъемов модели и формы каждый разъем показывают отдельно.

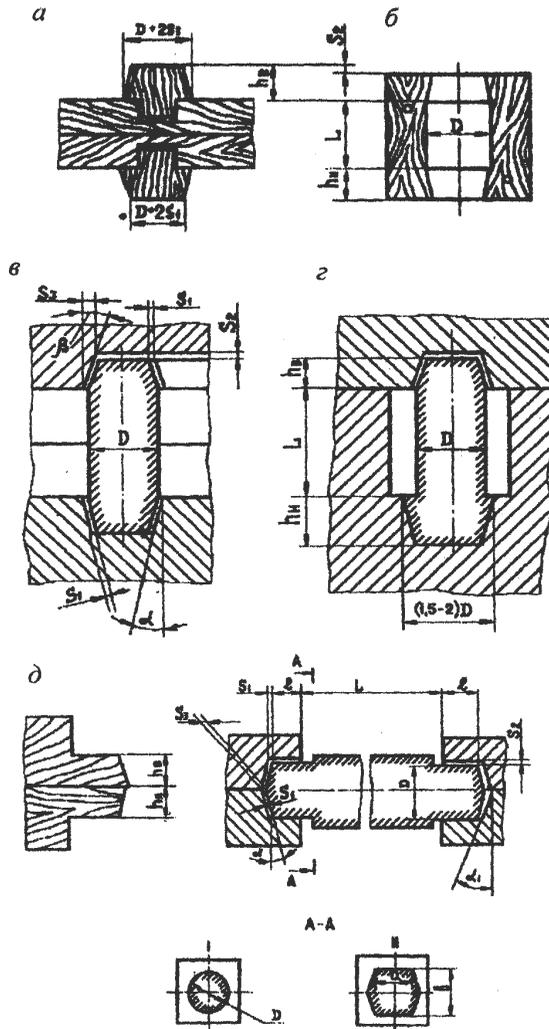


Рис. 2. Размеры и форма вертикальных и горизонтальных стержневых знаков: *а* - знаковые части модели; *б* - знаковые части стержневого ящика; *в*, *г* и *д* - зазоры в форме для вертикальных и горизонтальных знаков

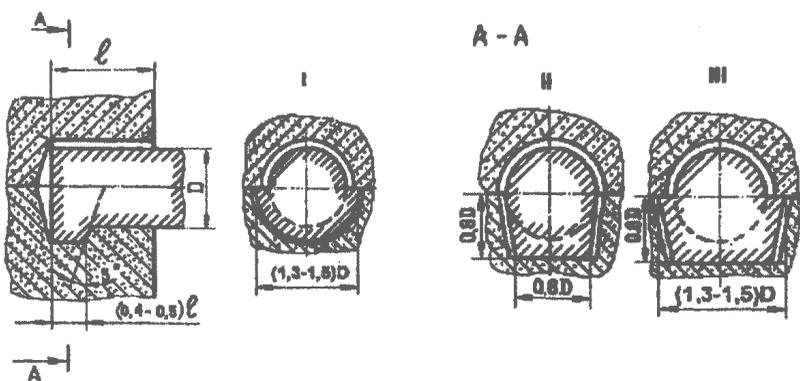


Рис. 3. Конструкции фиксаторов

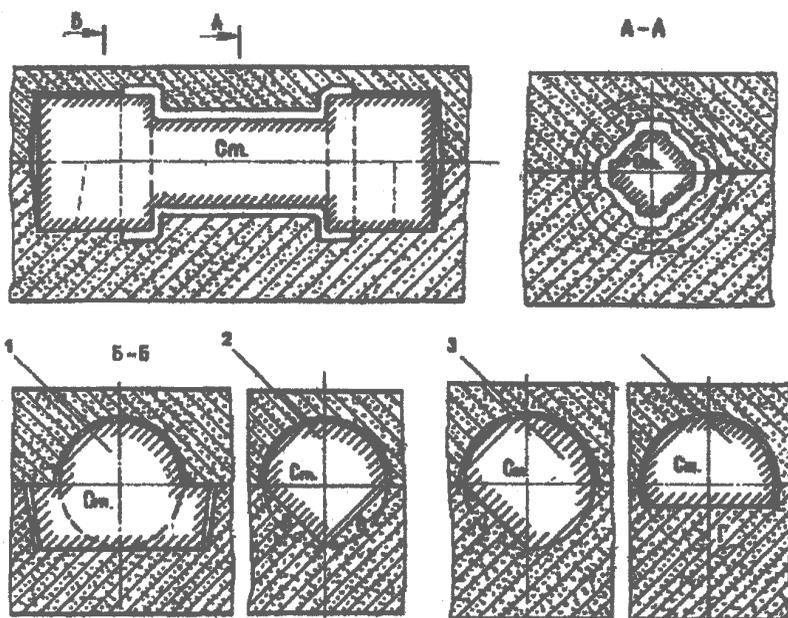
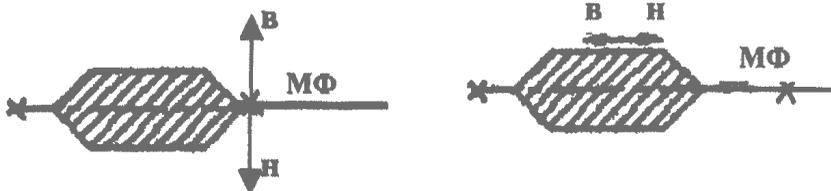
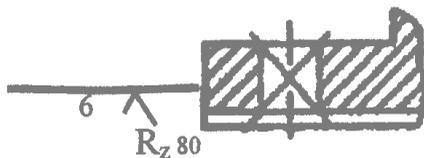


Рис.4. Фиксаторы горизонтально расположенных стержней

Положение отливки в форме при заливке обозначают буквами **В** (верх) и **Н** (низ). Буквы проставляют у стрелок, указывающих направление разъема формы. Если отливка располагается в горизонтальном положении, а заливается в вертикальном, то буквенные обозначения **В** и **Н** у стрелок не ставят, а параллельно заливке проводят сплошную основную линию, ограничивают ее стрелками, у стрелок ставят буквы **В** и **Н**. Пример:

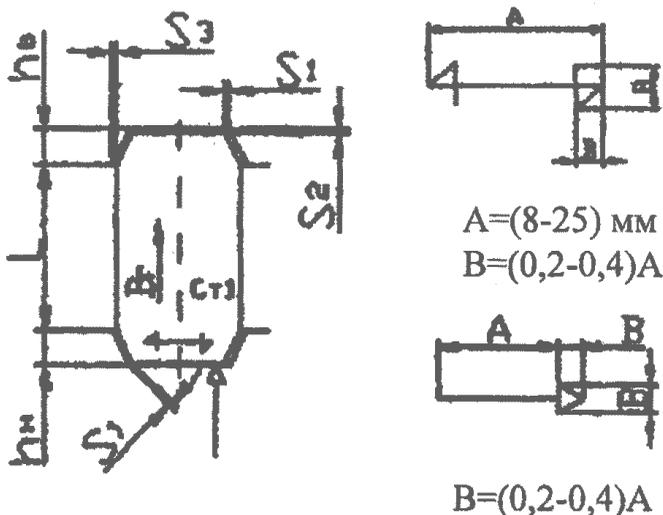


Припуски на механическую обработку указывают на каждый размер отливки; выполняемые обработкой отверстия, углубления зачеркивают сплошной тонкой линией, обозначают поверхности отливки, на которые назначают припуски и указывают величины этих припусков. Пример:



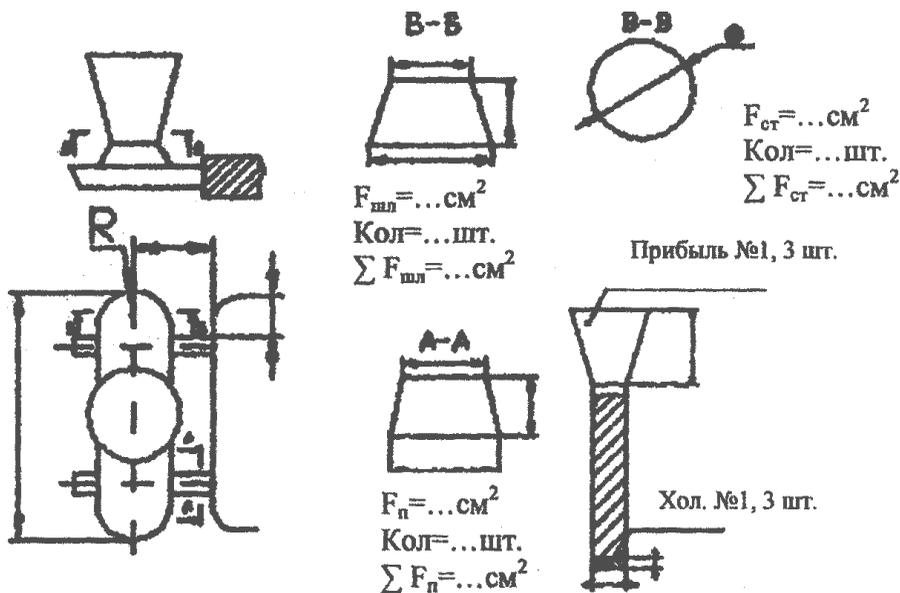
Стержни нумеруют в порядке сборки, показывают форму и размеры знаков, зазоры между знаковой частью формы и знаком стержня, границы стержней, направление набивки стержней, направление выхода газов, плоскость разъема

стержневого ящика. При необходимости разрешается сделать разрыв знака или изобразить его без соблюдения масштаба чертежа. В разрезе стержень штрихуют только по контуру и обозначают буквами СТ с указанием порядкового номера. Пример:



В масштабе чертежа изображают сплошной тонкой линией элементы литниково-питающей системы, их формы и размеры. Разрешается при наличии чертежа расположения моделей и литниковой системы на модельной плите саму систему не изображать, а только показать места сопряжения питателей с телом отливки. На чертеже делают указание: "Литниковую систему выполнить по чертежу...". Разрешается изображать литниковую систему без учета масштаба. Сечения всех элементов литниковой системы, необходимые для ее построения, выносят на поле чертежа и вычерчивают в одном

масштабе, предпочтительно 1:1. Площади сечений обозначают: питателей - F_n ; шлаковиков - $F_{шл}$; стояков - $F_{ст}$ и т.д. Пример:



Прибыль обозначают порядковым номером на полке линии-выноски, перед которым записывают слово "Прибыль". Если на отливке несколько одинаковых прибылей, то им присваиваются одинаковые номера и на полке линии-выноски после номера прибыли указывают общее количество устанавливаемых прибылей этого номера.

Холодильники изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией; сечение холодильника штрихуют. На полке линии-выноски указывают слово "Хол.", порядковый номер, количество холодильников.

Усадочные ребра, стяжки, технологические приливы, пробы для испытаний на чертеже отливки изображают

полностью сплошной основной линией. Для проб, вырезаемых из тела отливки, указывают размеры, определяющие место их вырезки. Назначение пробы указывают на полке линии-выноски. Пример:



Остатки питателей, выпоров, промывников, стяжек и прибылей изображают на чертеже отливки. Линия отрезки должна соответствовать способу отрезки: при удалении резцом, дисковой фрезой, пилой и т.д. ее обозначают сплошной тонкой линией, при огневой резке или обламывании - сплошной волнистой линией.

На чертеже модельно-литейных указаний следует отразить специфические требования к форме, например, нагрев с указанием температуры отдельных элементов формы, а также точность отливки, величину литейной усадки сплава и технические требования по: допустимой несоосности отверстий; допустимому биению поверхностей: герметичности и способу испытания; допустимым дефектам без исправления заваркой на обработанных механически поверхностях. Чертеж элементов литейной формы приведен на рис. 5.

Пример. Технические требования:

точность отливки 10-4-0-4, ГОСТ 26645-85;

биение поверхности Е относительно поверхностей К, Л не более 0,03 мм;

испытать на прочность под давлением 150 Па;

испытать на плотность воздушным давлением 10 МПа;

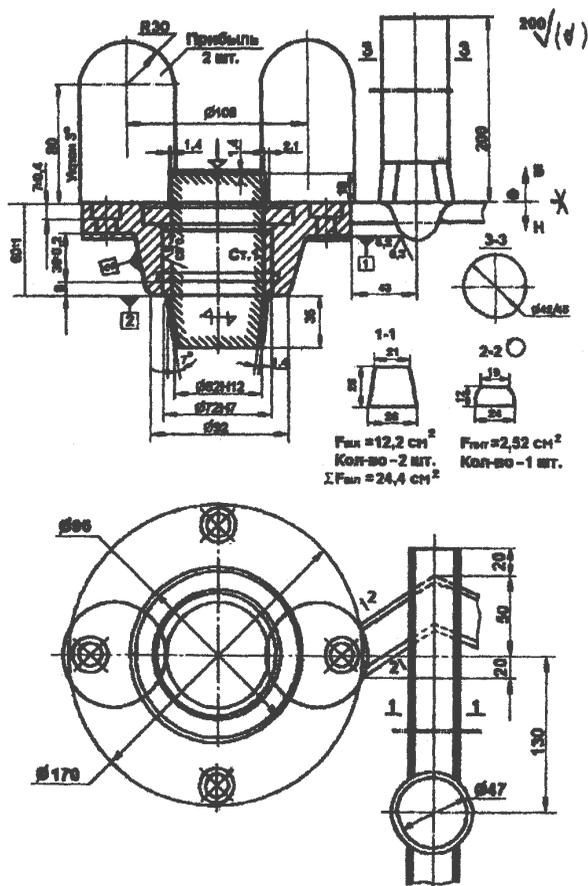
на обработанных поверхностях допускаются раковины без исправления заваркой:

а) на фланцах - глубиной до 1,5 мм не более 5 шт.

б) на остальных поверхностях - глубиной до 1 мм и наибольшим размером до 2 мм не более 2 шт. на 1 см²;

усадка 2 % учтена.

Для определения размеров отливки, модели, стержня и стержневого ящика составляется сводная таблица, прил. 13.



- 1 Точность отливки 10-4-0-4 по ГОСТ 26645-85.
- 2 Неуказанные литейные радиусы R5 мм.
- 3 Неуказанные предельные отклонения размеров h 12.
- 4 Формовочные уклоны по ГОСТ 3212-92.
- 5 Литейная усадка - 1.5 %.
- 6 Термическая обработка – нормализация.

Рис. 5. Чертеж элементов литейной формы

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ТИПА ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ И РАСЧЕТУ ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ

Разработку конструкции литниковой системы (ЛС) проводят с учетом материала отливки, особенностей ее конструкции и массы. Пример типовой литниковой системы приведен на рис. 6.

При разработке необходимо решить следующие вопросы.

Выбрать и обосновать тип ЛС, наметить место подвода расплава в форму, при этом должно обеспечиваться заполнение формы в режиме, близком к ламинарному, и направленное затвердевание.

Произвести расчет суммарной площади сечения питателей по методике Озанна-Дитерта (проверку провести одним из методов, например, по номограмме А.К. Соболева).

Рассчитать размеры питателей и остальных элементов литниковой системы исходя из рекомендуемых соотношений.

Определить (с применением метода изотерм-изосолитусов) местоположение усадочной раковины в отливке.

Указать места установки прибылей, их типы и конструкцию (при необходимости питающих бобышек и выпоров).

Указать методику для расчета объема и геометрических размеров прибыли.

На основании проведенного анализа и расчетов выполнить эскиз литниково-питающей системы (ЛПС).

Наиболее широко при расчетах ЛС применяют метод Озанна-Дитерта, номограммы А.К. Соболева; метод В.И.Фундатора, диаграмму Б.Р. Рабиновича и др.

Последовательность расчета по методу Озанна-Дитерта следующая:

1. Определяют массу жидкого металла G в форме.
2. Находят расчетный статический напор H_p из следующего уравнения:

$$H_p = H - \frac{p^2}{2c}, \quad (1)$$

где H – напор металла над питателями;

P – высота отливки над уровнем подвода металла в форму;

C – максимальный размер отливки по высоте.

3. Выбирают по справочным данным коэффициент S , учитывающий состояние формы, тип сплава и преобладающую толщину стенки отливки.

Вычисляют продолжительность заливки формы по формуле Г.М. Дубицкого

$$\tau = S^3 \sqrt{G \cdot \delta}; \quad \tau - [c], \quad (2)$$

где S – коэффициент, принимающий значения при стальном литье от 1,3 до 1,8;

G – масса заливаемого металла в форму, кг;

δ – преобладающая толщина стенки отливки, мм.

Рассчитывают суммарную площадь поперечного сечения питателей:

$$\Sigma F_{\text{пит}} = \frac{G}{\tau \cdot \mu \cdot \rho_{\text{ж}} \sqrt{2g H_p}} \quad [\text{см}^2], \quad (3)$$

где $\rho_{ж}$ - плотность жидкого металла, кг/см³; μ - коэффициент расхода металла, выбирается по справочным данным; $\mu = 0,3-0,6$; H_p - в см; $g = 981$ см/с²; τ - в с.

Полученное расчетом значение времени заполнения должно обеспечивать подъем расплава на высоту $H_{доп} \geq c$, прил.19.

4. Находят площади сечений остальных элементов ЛС – шлакоуловителя $\sum F_{шл}$; стояка $\sum F_{ст}$ на основании рекомендуемых соотношений $\sum F_{пит} : \sum F_{шл} : \sum F_{ст}$.

Определяют размеры трапецеидального сечения шлакоуловителя: высота $h_{шл} = 1,25 \cdot b_{шл}$, нижнее основание $a_{шл} = 1,3 \cdot b_{шл}$, $b_{шл}$ – верхнее основание трапеции.

5. Определяют размеры трапецеидального сечения питателя: высота $h_{пит} = (0,2 - 0,25)h_{шл}$; нижнее основание $a_{пит} = b_{пит} + 3$; $b_{пит}$ – верхнее основание трапеции.

Схема размещения шлакоуловителя и питателя в форме показана на рис. 7.

Определяют диаметр стояка в нижнем основании

$$d = \sqrt{\frac{4F_{ст}}{\pi}}.$$

Заливку расплава производят через литниковую чашу (при большой массе заливаемого металла) или через литниковую воронку; схемы конструкций этих элементов литниковой системы приведены на рис. 8-11: для большой литниковой чаши (рис.8); для литниковой воронки (рис.9); для малой литниковой чаши (рис.10); для чаши-нарощалки (рис.11).

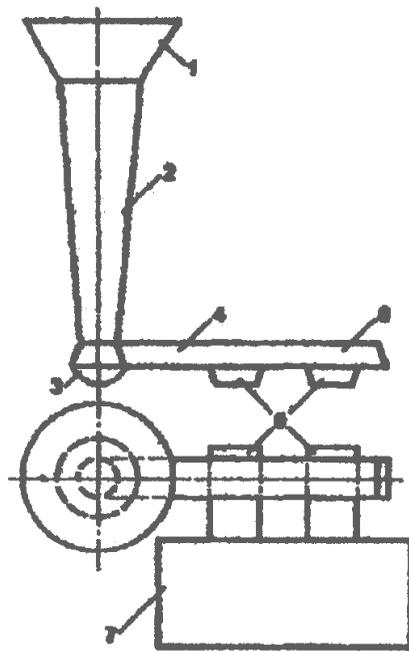


Рис. 6. Конструкция типовой литниковой системы

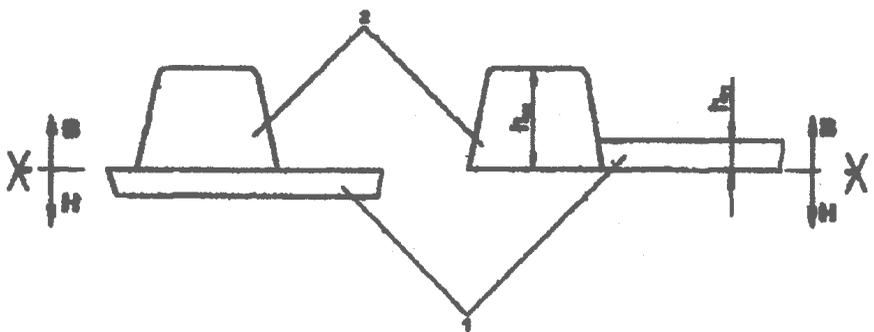


Рис. 7. Схемы размещения шлакоуловителя и питателя в форме:
1 – питатели; 2 – шлакоуловители

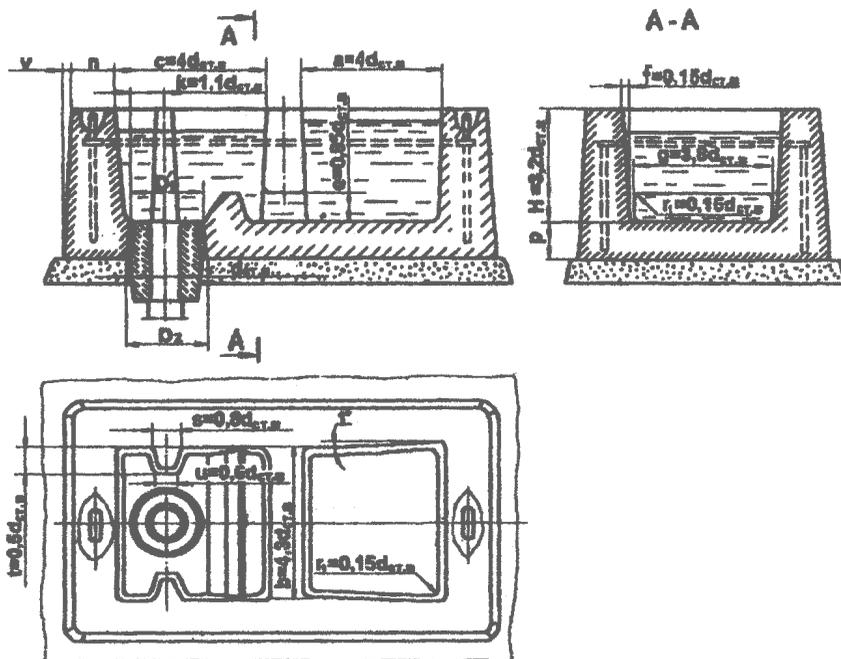


Рис. 8. Большая литниковая чаша

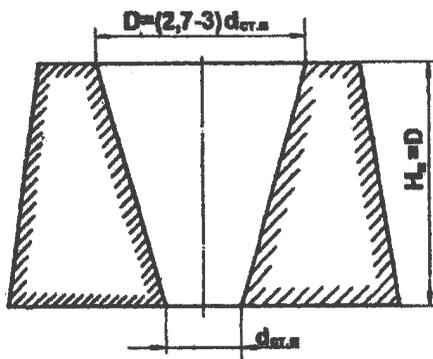
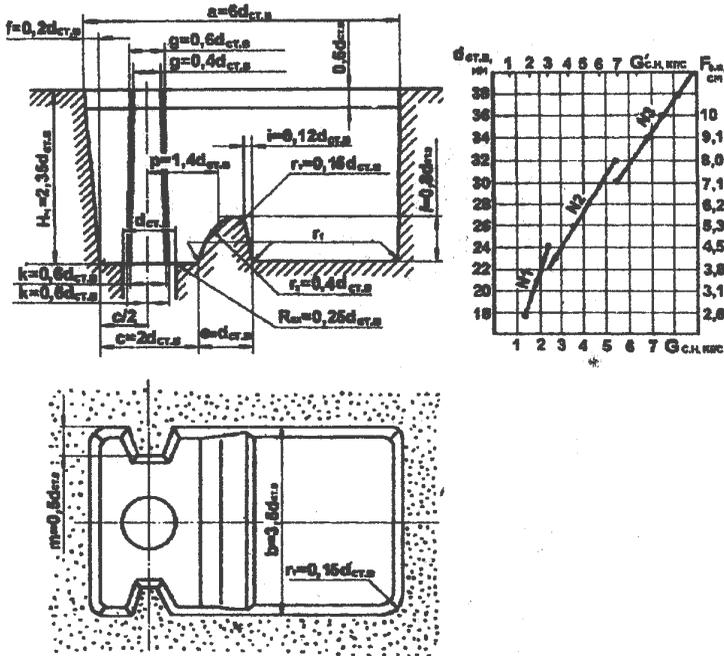


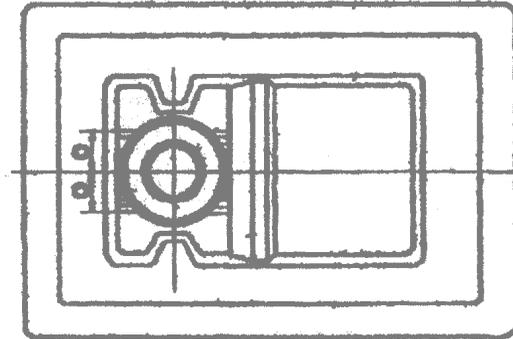
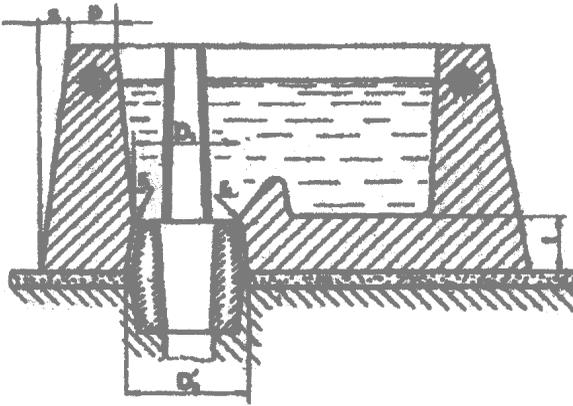
Рис. 9. Литниковая воронка



Размеры малой литниковой чаши, мм

Номер чаши	Калибр $d_{ст.б}$	a	b	c	e	f	g	g'	H_1	i
1	24	144	84	48	24	5	15	10	80	3
2	32	192	112	65	32	6	19	13	105	4
3	40	240	140	80	40	8	24	16	130	5
Номер чаши	Калибр $d_{ст.б}$	p	k	k'	l	m	$R_{ск}$	r_1	r_2	Масса чаши,
1	24	34	20	16	19	12	6	4	10	4,5
2	32	45	26	19	26	16	8	5	12	8,0
3	40	56	32	24	32	20	10	6	16	21,5

Рис. 10. Малая литниковая чаша



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

Рис. 11. Литниковая чаша-нарошалка

4. УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАПРАВЛЕННОСТИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ МЕТАЛЛА В ОТЛИВКАХ

Расчет прибылей заключается в определении их основных геометрических размеров и количества, необходимого для питания конкретной отливки. Для расчетов целесообразно использовать методы изотерм-изосолидусов, П.Ф.Василевского, а также те, в которых считаются известными КПД и модуль охлаждения прибылей.

Расчетным размером прибыли является ее диаметр; остальные размеры (высота, радиусы закруглений и др.) находят по эмпирическим формулам в зависимости от диаметра D .

При расчете количества прибылей на одну отливку следует руководствоваться следующими положениями: при наличии в отливке термических узлов прибыли устанавливаются на каждом из них; в отливках типа равностенных плит, колец, брусьев и др. количество прибылей определяется с учетом радиуса действия прибыли R_n ($R_n = 3 \dots 6$) δ_0 и радиуса действия края отливки R_k ($R_k = 1,5 - 2,5$) δ_0 , где δ_0 - толщина стенки отливки. Считается, что отливка будет иметь плотный металл, если относительная протяженность прибылей $L = (20 \dots 100)\%$.

Для расчета объема прибыли в виде усеченного конуса можно использовать уравнение Намюра-Шкленника:

$$V_{\text{пр}} = m\varepsilon(1 + \beta)^3 \cdot y \cdot z \cdot R_y^3 + 3 \cdot \beta \cdot V_{\Phi} \quad [\text{см}^3], \quad (4)$$

где m – коэффициент, учитывающий расстояние от шейки прибыли до питателя ($m = 1 \dots 1,2$);

ε – коэффициент конфигурации прибыли ($\varepsilon \sim 108$ для прибыли в виде цилиндра);

β – коэффициент объемной усадки сплава в жидком состоянии;

γ – коэффициент, учитывающий различие в продолжительности затвердевания прибыли и теплового узла отливки ($\gamma = 0,95 \dots 1,54$);

z – коэффициент теплового состояния прибыли ($z = 0$ для экзотермических прибылей; $z = 0,65$ - для утепленных; $z = 1$ - для неутепленных прибылей);

R_y – приведенная толщина теплового узла отливки;

V_ϕ – объем расплава в форме для получения отливки объемом V_0 ; $V_\phi = V_0(1+\beta)$.

В литературе предложено много методов расчета объема прибылей. Среди них можно выделить методы Й.Пржибыла, В.А. Денисова, УЗТМ и др. Схемы установки прибылей на узлах представлены на рис. 12, конструкции питающих бобышек и выпоров – на рис. 13 и 14 соответственно.

Направленность затвердевания отливки кроме литниковой системы и прибылей обеспечивается **с помощью наружных и внутренних холодильников**.

Внутренние холодильники в виде прутка, проволоки, спирали устанавливаются в литейную форму в местах термических узлов отливки. Площадь поперечного сечения внутренних холодильников $\sum f_x$:

$$\sum f_x = 0,25F_{\Sigma x} , \quad (5)$$

где $F_{\Sigma x}$ - площадь поперечного сечения той части отливки, которая затвердевает с помощью холодильников

$$F_{\Sigma x} = (A - T) \cdot (B - T), \quad (6)$$

где A, B - размеры затвердевающего узла отливки; T - толщина питающей стенки отливки.

Количество внутренних холодильников n_x находят из соотношения

$$n_x = \frac{\Sigma f_x}{f_x} = \frac{4 \Sigma f_x}{\pi \cdot d^2}, \quad (7)$$

где f_x - площадь сечения одного холодильника.

Внутренние холодильники будут прочно сварены с металлом отливки, если выполняется неравенство

$$\frac{\Sigma f_x}{F_0} \leq 0,05, \quad (8)$$

где F_0 - площадь захлаживаемой отливки; $F_0 = A \cdot B$.

Если указанное неравенство не выполняется, то дополнительно используют наружный холодильник, толщина которого выбирается по справочным данным в зависимости от толщины термического узла отливки. В этом случае площадь сечения отливки, затвердевающая в условиях песчано-глинистой формы под действием внутренних холодильников, будет равна

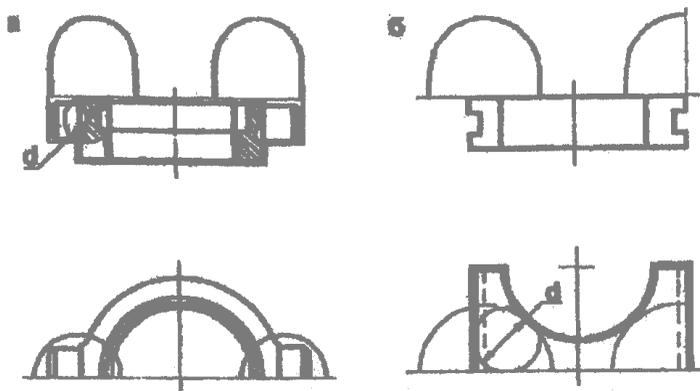


Рис. 12. Схемы установки прибылей на узлах отливки: а - разветвленном; б - концентрированном

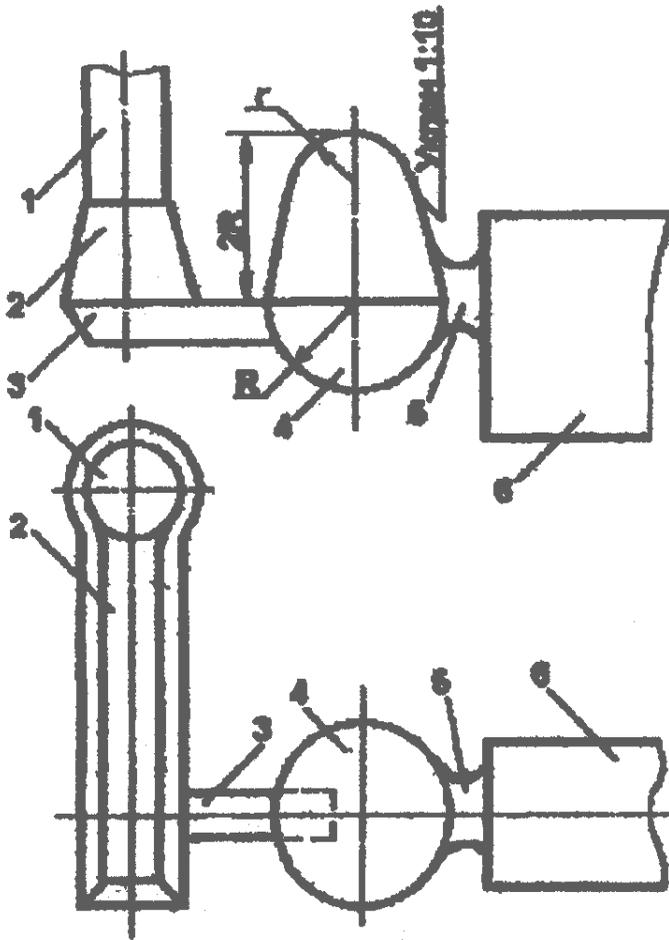
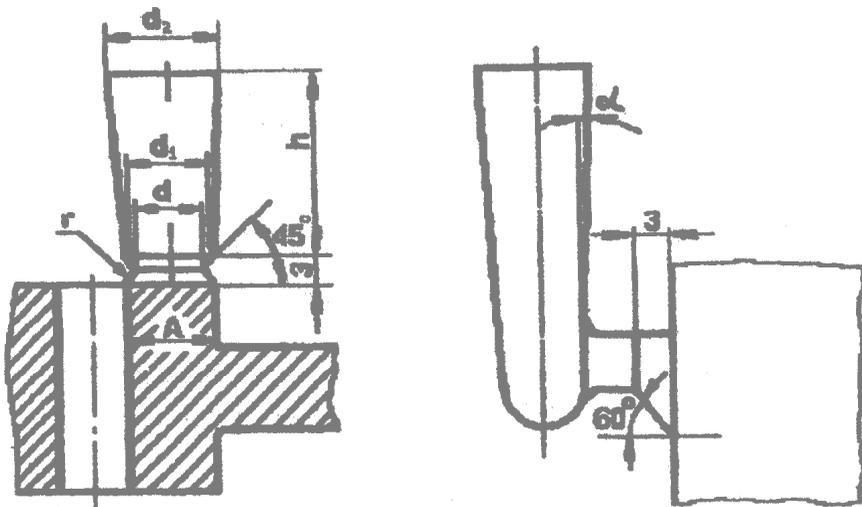


Рис. 13. Питающие бобышки для отливок из ковкого чугуна:
 1 - стояк; 2 - шлакоуловитель; 3 - питатель; 4 - бобышка;
 5 - шейка; 6 - отливка



Размеры прямых питающих выпоров для чугунных отливок

Толщина тела отливки в месте сопряжения с питающим выпором А, мм	Размеры питающего выпора, мм				
	d	d_1	d_2	h не	r
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

Рис. 14. Конструкции питающих выпоров ($\alpha = 10 - 30^\circ$);
а - прямого; б - отводного

$$F_{\text{з.х}} = (A - T) \cdot (B - \frac{3}{2}T) . \quad (9)$$

Чтобы избежать образования в отливке (по вине внутренних холодильников) усадочной пористости и раковины необходимо, чтобы выполнялись следующие условия:

- относительная масса холодильников при стальном литье не должна превышать 0,04 - 0,07;

- для предотвращения несвариваемости холодильники должны находиться от поверхности формы на расстоянии, равном 4 - 5 их диаметрам;

- для улучшения свариваемости необходимо применять холодильники из стали, имеющей такую же температуру плавления, что и заливаемый металл;

- максимальный диаметр или сторона квадрата холодильника не должны превышать половину диаметра плотного слоя, затвердевшего вокруг холодильника металла.

5. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА

Модельный комплект включает модель низа, модель верха, стержневой ящик. При машинной формовке модели закрепляют на модельной плите низа и модельной плите верха. Наиболее часто для изготовления моделей применяют сплавы на основе алюминия, а также сталь, чугун. Стержни устанавливают в знаковые части литейной формы.

Конструкция моделей разрабатывается на основании чертежа отливки. Металлические модели могут быть цельными или состоять из отдельных частей; для облегчения их

изготавливают полыми. Толщину стенок полых моделей (t) из алюминиевого сплава определяют из соотношения

$$t = 6 + 0,006 P, \quad (10)$$

где $P=(A+B)/2$ - средний габаритный размер отливки; А и В - максимальные размеры модели соответственно по длине и ширине в плане расположения ее на модельной плите, рис. 15.

Толщину ребер жесткости, располагаемых со стороны нерабочей части модели, принимают равной (0,7 - 0,8) t .

Размеры знаков моделей низа и верха должны соответствовать размерам знаков формы.

Размеры моделей низа и верха определяют на основании чертежа отливки с учетом литейной усадки сплава и формовочных уклонов.

Шероховатость поверхностей моделей зависит от их расположения в форме. Поверхности, соприкасающиеся с формовочной смесью, механически обрабатывают до Rz 6,3, поверхности разъема модели - до Rz 10, отверстия под болтовые соединения до - Rz 40, центрирующие отверстия под штифты - до Rz 3,2.

Взаимное расположение моделей и элементов ЛС на модельных плитах должно соответствовать расположению отливок в форме. Размеры модельной плиты должны соответствовать размерам в свету выбранной опоки. Конструктивное исполнение модельных плит осуществляется по ГОСТ 20084-80 - ГОСТ 20131-80.

Конструкция стержневого ящика определяется конфигурацией стержня и способом его изготовления. Наибольшее применение получили следующие конструкции:

вытряхные; разъемные с вертикальной, горизонтальной или комбинированной плоскостью разъема; одноместные и многоместные. Количество мест в ящике определяется исходя из соображений ручной транспортировки ящика со стержневой смесью (общая масса не более 20 кг).

Толщина стенки для крупных ящиков из алюминиевых сплавов (рис. 16) принимается равной $t = 6 + 0,12 P$.

Бронирующие пластины (из стали 3) устанавливают на места повышенного истирания (плоскости установки ящика на стол, поверхности соприкосновения с вдвунной плитой и с зажимающими механизмами машины). Толщина пластин 3-4 мм.

Размеры знаков ящика должны соответствовать размерам знаков стержня.

Размеры стержневого ящика, определяющие конфигурацию стержня, рассчитывают с учетом принятых: литейной усадки отливки, припусков на механическую обработку, а также формовочных и технологических уклонов.

Шероховатость рабочих поверхностей ящика принимают как и для модели отливки, равной $R_z 6,3$; поверхности разъема механически обрабатывают до $R_z 10$.

Сборка ящика заключается во взаимном центрировании частей с помощью штырей и втулок и их скреплении зажимами. В ящиках для пескодувного процесса рекомендуется предусмотреть уплотнения по плоскости контакта ящика с вдвунной плитой (резиновое для холодной оснастки).

Наполнение ящика стержневой смесью производится через вдвунные отверстия в плите пескодувной машины. Вдвунные отверстия должны иметь диаметр 8 ... 12 мм для мелких стержней и 16 мм – для крупных.

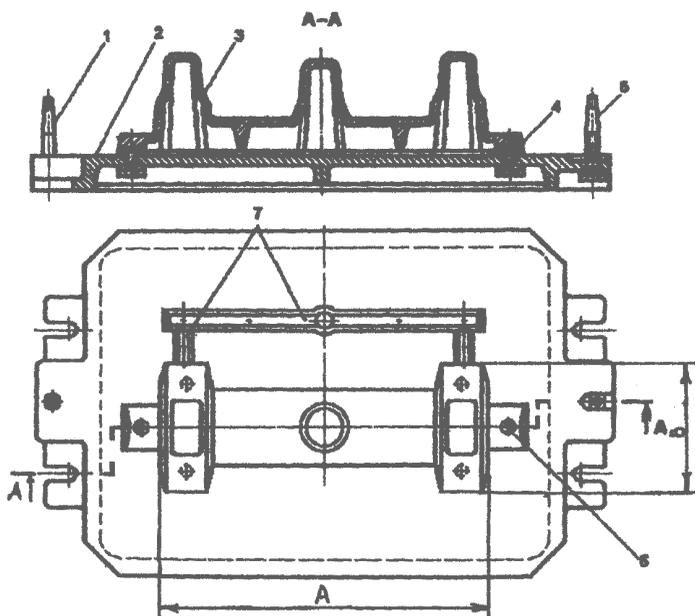


Рис. 15. Схема расположения моделей на модельной плите:
 1 - штырь центрирующий; 2 - односторонняя модельная плита;
 3 - верхняя половина модели; 4 - крепежный болт; 5 - штырь направляющий; 6 - контрольный штифт; 7 - модели литниковой системы

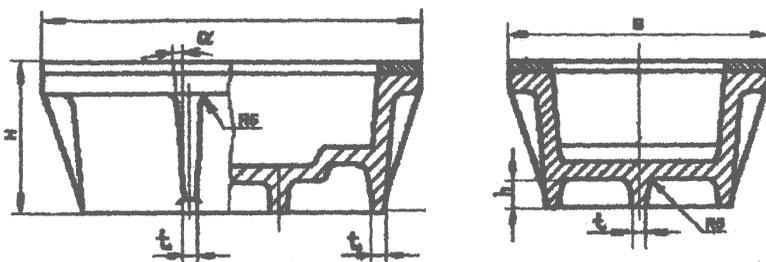


Рис. 16. Конструкция алюминиевого стержневого ящика

Количество отверстий определяют из расчета: одно отверстие на 50 - 60 см² площади проекции ящика в направлении надува смеси. Венты - пробки с выполненными в них отверстиями - служат для выхода избыточного воздуха из ящика во время надува его смесью. Количество вент определяют из соотношения

$$\sum F_{\text{вент}} = (0,3 \dots 0,7) \cdot \sum F_{\text{во}}, \quad (11)$$

где $\sum F_{\text{во}}$ - суммарная площадь сечения вдвух отверстий.

Рекомендуется 75 % всего расчетного количества вент устанавливать в верхней части ящика и 25 % - в нижней.

Выбор размеров опок производится так, чтобы максимально использовать объем литейной формы. Определение габаритных размеров опок (длина и ширина в свету, высота) производят согласно ГОСТ 2133-75, (прил.20 и 21). При этом необходимо учесть рекомендуемые расстояния между моделями и элементами формы (прил.22).

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФОРМЫ

Проектирование начинают с вычерчивания продольных разрезов (по оси) полуформ низа и верха, спаренных с помощью штырей, - центрирующих и направляющих. От плоскости разъема вычерчивают контуры отпечатков моделей низа, верха и литниковой системы. Формовочную смесь изображают штриховыми линиями с точками (это соответствует сыпучему материалу); стержни штрихуют по периферии. Указывают вентиляционные каналы, груз, который устанавливают на форму для предотвращения подъема верхней полуформы за счет подъемной силы со стороны жидкого металла в форме. Разрез формы выбирают по наиболее характерным местам. Вид сверху

изображают при условно снятой верхней полуформе (рис. 17). Эскиз должен содержать следующую информацию:

габаритные размеры формы с размерами опок в свету, по высоте;

число и расположение отливок в форме;

разъем формы и разъем всех стержней со всеми необходимыми размерами (номера стержням присваивают порядке их постановки);

конструкция и размеры знаков всех стержней, зазоры между знаками стержней и формой;

вентиляционная система формы;

конструкция и размеры ЛПС;

холодильники, каркасы и жеребейки;

величина слоя краски на определенных участках формы и способ ее нанесения;

применение крючков, шпилек, облицовочных слоев;

местоположение и масса груза, предотвращающего всплытие верхней полуформы.

Расчет массы груза для формы без стержней производят по формуле

$$P = K_r \cdot \rho_{\text{жм}} \cdot V - Q; \quad (12)$$

где P – масса груза для формы, кг;

K_r – коэффициент, учитывающий гидравлический удар на заключительном этапе заполнения формы, $K_r = 1,3 \dots 1,5$;

$\rho_{\text{жм}}$ – плотность жидкого металла, кг/м³;

V – объем пространства над отливкой до уровня металла в литниковой чаше, м³;

Q – масса верхней полуформы, кг.

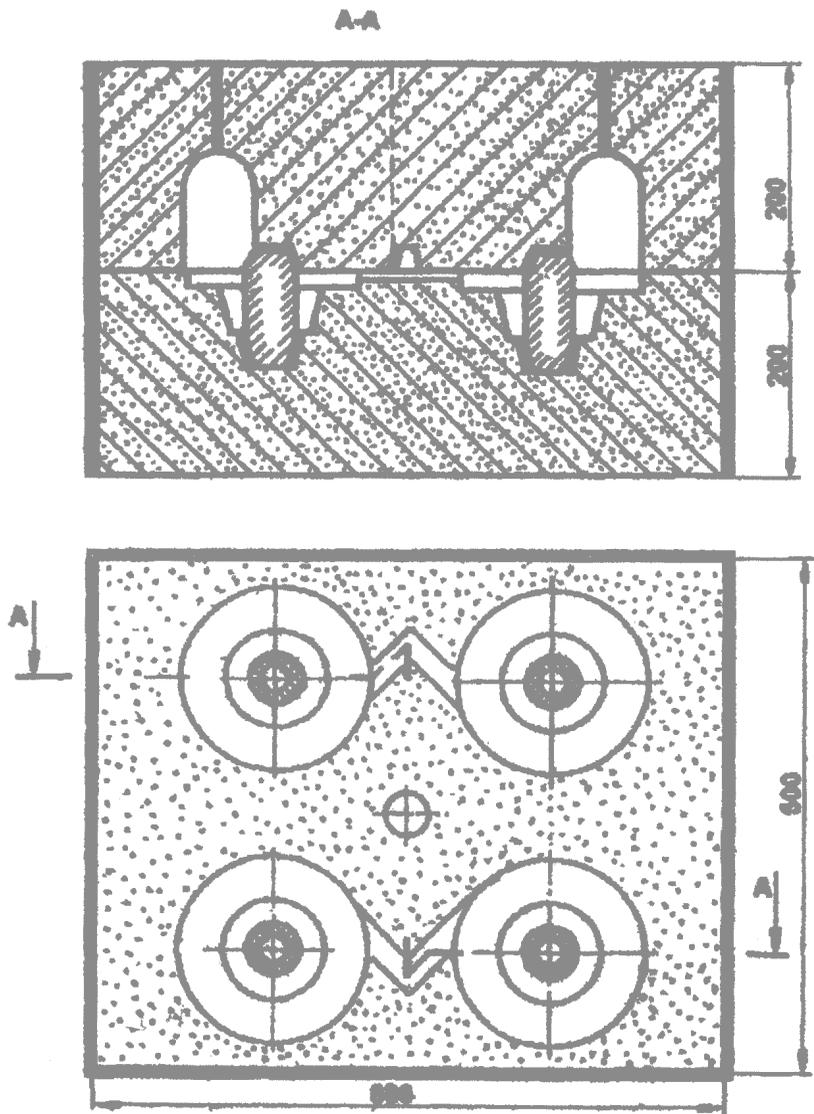


Рис. 17. Эскиз формы в сборе

Расчет массы груза для формы со стержнями производят по формуле

$$P = K_{\Gamma}[\rho_{\text{жм}} \cdot V + (\rho_{\text{жм}} - \rho_{\text{ст}}) \cdot V_{\text{ст}}] - Q ; \quad (13)$$

где $V_{\text{ст}}$ – объем стержня (без знаков);

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

Расчет массы литниковой системы $M_{\text{лс}}$ производится по формуле

$$M_{\text{лс}} = (F_{\text{пит}} l_{\text{пит}} + F_{\text{ст}} H_{\text{ст}} + F_{\text{шл}} l_{\text{шл}}) \rho_{\text{жм}} + M_{\text{пр}} , \quad (14)$$

где $F_{\text{пит}}$, $F_{\text{ст}}$, $F_{\text{шл}}$ – соответствующие площади сечений питателя, стояка и шлакоуловителя;

$l_{\text{пит}}$, $l_{\text{шл}}$ – длины питателя и шлакоуловителя;

$H_{\text{ст}}$ – высота стояка;

$\rho_{\text{жм}}$ – плотность жидкого металла;

$M_{\text{пр}}$ – масса прибылей (или питающих бобышек, или выпоров).

Длину $l_{\text{пит}}$ принимают равной среднеарифметической, длину шлакоуловителя $l_{\text{шл}}$ – пропорциональной длине опок в свету ($l_{\text{шл}} \sim 0,8$ от $L_{\text{оп}}$).

Массу жидкого металла на отливку $M_{\text{жм}}$ и на форму $M_{\text{мф}}$ рассчитывают по формулам:

$$M_{\text{жм}} = M_{\text{отл}} + \frac{M_{\text{лс}}}{n_{\text{отл.ф}}} , \quad (15)$$

$$M_{\text{мф}} = n_{\text{отл.ф}} M_{\text{отл}} + M_{\text{лс}} , \quad (16)$$

где $M_{\text{отл}}$ – масса одной отливки;

$n_{\text{отл.ф}}$ – число отливок в форме.

Масса формовочной смеси на форму $M_{\text{фс}}$ рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{фс}} = \rho_{\text{фс}} [(L_{\text{оп}} \cdot B_{\text{оп}} \cdot H_{\text{оп}i}) - n_{\text{отл.ф}} \cdot V_{\text{отл}} - n_{\text{отл.ф}} \cdot \sum M_{xj} \cdot n_{xj} / \rho_x], \quad (17)$$

где $\rho_{\text{фс}}$, ρ_x – соответственно плотности формовочной смеси и материала холодильника;

$L_{\text{оп}}$, $B_{\text{оп}}$ – длина и ширина опоки в свету;

$H_{\text{оп}i}$ – высота i -ой опоки (верхняя, нижняя);

$V_{\text{отл}}$ – объем отливки;

M_{xj} , n_{xj} – масса и число наружных холодильников соответственно.

Масса стержневой смеси на форму рассчитывается по уравнению

$$M_{\text{сс}} = \rho_{\text{сс}} \cdot \sum V_{\text{ст}i}, \quad (18)$$

где $\rho_{\text{сс}}$ – плотность стержневой смеси;

$V_{\text{ст}i}$ – объем стержня i -го типоразмера.

Масса залитой формы $M_{\text{зф}}$ определяется по формуле

$$M_{\text{зф}} = M_{\text{жф}} + \sum M_{\text{оп}i} + M_{\text{фс}} + M_{\text{сс}}, \quad (19)$$

где $M_{\text{оп}i}$ – масса опоки i -го типоразмера.

Норма расхода шихтовых материалов на отливку рассчитывается по формуле

$$M_{\text{шм}} = M_{\text{жм}} (1 + k/100), \quad (20)$$

где k – коэффициент технологических потерь и отходов материалов, $k = (4,22 \dots 8,9)\%$.

Технологический выход годного рассчитывается по формуле

$$\text{ТВГ} = \frac{M_{\text{отл}}}{M_{\text{шм}}} \cdot 100\%. \quad (21)$$

Временные показатели (время заливки формы, время выдержки отливки в форме и др.) рассчитывают по ранее приведенным соотношениям.

Дополнительная информация о параметрах отливок, изготовленных из сплавов черных и цветных металлов приведена в справочниках, например, Могилев В.К., Лев О.И. Справочник литейщика М. Машиностроение. 1988. 272 с.

7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

Используют следующие типы смесей:

формовочные для формовки по-сырому;

упрочняемые сушкой;

для изготовления стержней в горячей оснастке;

холоднотвердеющие формовочные и стержневые;

отверждаемые по CO_2 -процессу;

для специальных технологических процессов.

Выбор состава смеси определяется размерами и конфигурацией отливки и стержня, характером производства, способом уплотнения смеси, способом извлечения модели и стержня, типом сплава и температурой заливки, требованиями к качеству отливки, экологическими и экономическими факторами и т.д. Математические основы оптимизации составов смеси находятся в стадии разработки.

В качестве рекомендаций при выборе состава смеси можно использовать требования, предъявляемые к ее прочностным и технологическим характеристикам.

Важнейшей характеристикой смеси является манипуляторная прочность σ_m , которая зависит от размеров и сложности форм и стержней. Для форм с размерами опок до 1000x1000 мм $\sigma_m=0,1-0,15$ МПа, до $10^3 - 2 \cdot 10^3$ мм $\sigma_m=0,15-0,2$

МПа, до 2000x2000 мм $\sigma_m=0,2-0,3$ МПа, для более крупных форм $\sigma_m=1-1,2$ МПа. Для стержней в зависимости от их сложности и размеров $\sigma_m=0,5-1,5$ МПа. Манипуляторная прочность достигается при: массовом производстве за $\tau_m=40-60$ с; крупносерийном – за $\tau_m=5-10$ мин, индивидуальном или мелкосерийном - за $\tau_m=30-40$ мин. Необходимо также, чтобы за это время прочность при выдержке смеси не понизилась на 30 % по отношению к максимальной; оптимальная живучесть оценивается интервалом 6 - 10 мин.

В прил.23 и 24 приведены рекомендации по применению и требования по прочности к различным типам формовочных смесей. Рекомендации по применению стержневых смесей даны в прил.25.

Выбор конкретного состава формовочной смеси осуществляется по требуемой прочности во влажном состоянии σ_c , рабочей прочности с учетом экологических и экономических факторов, а также требований по выбиваемости смеси, возможности их регенерации.

Выбор конкретного состава стержневой смеси производится в зависимости от сплава отливки, класса стержня, способа изготовления стержня. Контролируемыми параметрами являются прочность сырого состояния, рабочая прочность, влажность и газопроницаемость. Рабочая прочность стержневой смеси на сжатие зависит от размеров стержня, она должна находиться в интервале 1,5-3 МПа. При применении ХТС необходимо учесть живучесть смеси и время ее отверждения.

Пример. Для отливки "Крышка" массой 6,8 кг из стали 35Л с толщиной стенки 17 мм, изготовленной в форме с размерами опок 500x600 мм в условиях крупносерийного

производства, необходимо выбрать составы формовочной и стержневой смесей. Дополнительно известно, что требования к чистоте поверхности отливки повышенные.

Для изготовления формы применяем встряхивающе-прессовую машину, для получения стержней - автомат, позволяющий производить отверждение стержней в горячей оснастке. Анализ прил.23 показал, что этим требованиям удовлетворяют: для формы - песчано-глинистая смесь, формовка по-сырому; для стержней - песчано-смоляная смесь (изготовление в нагреваемой оснастке). По прил.26 выберем для формы единую смесь следующего состава: оборотная смесь - 90...92%, кварцевый песок $2K_1O_3O_2$ - 6,5...8%, бентонит - 1..1,5%, КБЖ - 0,5...1,0%. Влажность смеси - 3,4...4,5%, газопроницаемость 80-100 ед., $\sigma_{сж}$ =30-50 КПа. По прил.27 для изготовления стержней III класса сложности выбираем смесь №4; способ изготовления - пескодувный. Для предотвращения пригара поверхность форм и стержней покрывают противопопригарными пастами, например, следующего состава: основа хромомagnesит - 88 %, ЛСТ (или меласса) - 10...12 %, декстрин-1...2 %, вода для обеспечения плотности - 2300-2400 кг/м³. Формы и стержни провяливают в течение 1,5-2 ч на воздухе, затем сушат при температуре 360-380 °С.

Выбор конкретного состава смеси можно произвести, руководствуясь данными прил.23 – 41.

8. ЗАЛИВКА ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ РАСПЛАВОМ

При заливке расплавленный металл из плавильного агрегата обычно поступает сначала в разливочный ковш, в котором выдерживается в течение некоторого времени с целью

дегазации и охлаждения до требуемой температуры, затем заливается через литниковую систему в полость формы. В некоторых случаях, например, при плавке в индукционных печах, заливку осуществляют непосредственно из печей. Разливку чугуна и цветных сплавов производят из поворотных ковшей через носик или чайниковое устройство с забором металла из нижней части ковша. Формы большой металлоемкости заливают из ковшей со стопорным устройством. Свободная заливка из поворотных и стопорных ковшей является наиболее распространенной в литейном производстве.

В отливках специального назначения недопустима газовая пористость. Такие отливки могут быть получены заливкой (или еще и плавкой) в среде, которая препятствует образованию газовых дефектов, например: при плавке и заливке в вакуумных установках (степень разрежения $p \sim 10^{-3} - 10^{-4}$ мм рт.ст.); при продувке жидкого металла инертными газами; при создании условий, при которых сохраняется состояние раствора газа в расплаве, например, за счет значительного внешнего давления на затвердевающий металл; при повышении скорости затвердевания путем заливки металла в формы с большой теплоаккумулирующей способностью; при раскислении или рафинировании сплавов, т.е. при обработке расплава веществом, связывающим газы в устойчивые соединения.

Для обеспечения хорошей заполняемости формы и получения хорошего качества металла в отливках необходимо строго задавать температуру заливаемого расплава, которую назначают в зависимости от типа сплава, конструкции отливки и вида литейной формы. Массовая скорость разливки чугуна из поворотных ковшей приведена в прил. 42; рекомендуемые

температуры заливки чугуна – в прил.43, заливки стали – в прил.44, цветных сплавов – в прил. 45.

9. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ ВРЕМЕНИ ОХЛАЖДЕНИЯ РАСПЛАВА НА ОТДЕЛЬНЫХ СТАДИЯХ

Протекание процессов затвердевания и охлаждения отливки в форме зависит от природы сплава, конструкции и теплофизических свойств литейной формы, конструкции отливки. При формировании отливки можно выделить следующие наиболее важные стадии: отвод теплоты перегрева (в интервале температур $t_{нач} \dots T_k$); отвод теплоты кристаллизации ($T_L \dots T_S$); охлаждение твердого металла в форме. Время каждой стадии соответственно $\tau_{пер}$, τ_k , $\tau_{охл}$; полное время охлаждения отливки в форме $\tau = \tau_{пер} + \tau_k + \tau_{охл}$. Считается при этом, что каждая последующая стадия начинается только после завершения предыдущей.

Для указанных стадий А.И. Вейник приводит следующие уравнения:

$$\tau_{пер}^n = \frac{n}{M} \cdot R \cdot \rho' \cdot c' \cdot \ln \frac{Q_{нач}}{Q_k}; \quad (22)$$

$$\tau_k^n = \frac{n}{M} \cdot R \cdot \rho \cdot c_{эф} \cdot \ln \frac{Q_L}{Q_S}; \quad (23)$$

$$\tau_{охл}^n = \frac{n}{M} \cdot R \cdot \rho \cdot c \cdot \ln \frac{Q_S}{Q_{выб}}; \quad (24)$$

где n – показатель, зависящий от свойств формы ($n=0,5$ – для ПГФ); $M = \frac{b}{\sqrt{\pi}}$ – коэффициент, зависящий от физических свойств формы и интенсивности теплообмена;

b – коэффициент тепловой аккумуляции формы, $\frac{Дж \cdot c^{0,5}}{м^2 \cdot К}$;

R – приведенная толщина отливки, м ;

ρ', ρ – плотности жидкого и твердого металла, кг/м³;

$c', c_{\text{эф}}, c$ – удельные теплоемкости металла соответственно жидкого, при кристаллизации и твердого, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$;

$Q_{\text{нач}}, Q_{\text{кр}}, Q_L, Q_S, Q_{\text{выб}}$ – температуры по шкале А.И. Вейника: начальная, кристаллизации, ликвидуса, солидуса, выбивки соответственно; $Q_{\text{нач}} = t_{\text{ж}} - t_{\text{фн}}$; $Q_{\text{кр}} = t_{\text{кр}} - t_{\text{фн}}$; $Q_L = T_L - t_{\text{фн}}$; $Q_S = T_S - t_{\text{фн}}$; $Q_{\text{выб}} = t_{\text{отл}} - t_{\text{фн}}$.

Эффективную теплоемкость $c_{\text{эф}}$ находим из уравнения:

$$c_{\text{эф}} = \frac{c' + c}{2} + \frac{L}{\Delta t_{\text{к}}}, \quad (25)$$

где L – скрытая теплота кристаллизации, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$;

$\Delta t_{\text{к}} = T_L - T_S$ – интервал затвердевания.

Теплофизические свойства широко применяемых сплавов указаны в прил.46, свойства литейных форм - в прил. 47.

Необходимость контроля времени охлаждения отливок в форме обусловлена требованиями обеспечения полного затвердевания металла, исключения образования усадочных дефектов, получения требуемой структуры в отливке. Последнее особенно важно для чугунов, структура которых сильно зависит от скорости кристаллизации. Ускорение процесса кристаллизации для других сплавов, как правило, благоприятно влияет на формирование кристаллической структуры.

Продолжительность выдержки отливок можно определить, пользуясь рекомендациями, приведенными в табл. 4; 5.

Таблица 4

Продолжительность охлаждения в форме чугунных отливок

Масса отливки, кг	Время охлаждения, ч	
	на конвейере	на плацу
До 10	До 0,15	0,5-1,0
10-30	0,15-0,4	0,8-2,0
31-50	0,25-0,5	1,0-3,0
51-100	0,3-0,6	1,5-2,0
101-250	0,5-1,0	2,5-6,0
251-500	0,8-2,0	3,0-8,0

Таблица 5

Продолжительность охлаждения отливок из углеродистых сталей при естественном охлаждении форм

Масса отливки, кг	Время охлаждения, ч
До 100	0,5-2,0
101-200	2,0-4,0
201-400	3,0-6,0
401-800	4,0-8,0

Для сокращения времени охлаждения отливок применяют методы принудительного воздействия: обдув воздухом в охлаждающей галерее; установка в форму труб, по которым пропускают воздух или воду и др.

Средняя скорость охлаждения отливок в формах находится в интервале от 2 до 150 °С/мин.

Температуру выбивки назначают в зависимости от природы сплава и сложности отливки. Стальные отливки рекомендуют охлаждать в форме до 500-700 °С, чугунные – до 400-500 °С. Сложные отливки из сплавов, склонных к образованию горячих трещин охлаждают в форме до 200-300 °С; отливки из трещиностойчивых сплавов – до 800-900 °С. Температура выбивки отливок из бронз составляет 300-500 °С,

из алюминиевых и магниевых сплавов соответственно в интервале 200-300 °С и 100-150 °С.

10. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

В зависимости от условий производства (индивидуальное, мелкосерийное, среднее, крупносерийное, массовое) по ГОСТ 3.1118-82 осуществляют маршрутное, маршрутно-операционное и операционное описание технологического процесса на маршрутных картах различной формы.

При маршрутном и маршрутно-операционном описании маршрутная карта является основным документом, содержащим изложение всего процесса с предусмотренной технологией последовательности операций.

При операционном описании маршрутная карта играет роль сводного документа, в котором содержится информация, необходимая цехам, участкам, рабочим местам, а также наименование операций, технологическое оборудование и нормы времени. Документация должна соответствовать ГОСТ 2103-68 и ГОСТ 3.1103-82.

Карты технической информации (КТИ) разрабатывают по ГОСТ 3.1401-85. В КТИ указывают: наименование и номер чертежа отливки, ее массу, массу жидкого металла, заливаемого в форму, марку сплава, температуру заливки, режимы охлаждения отливки и термической обработки, способ изготовления формы, применяемые формовочные материалы. Обязательно разрабатывается карта эскизов: отливки, элементов ЛС, стержней и формы в сборе.

В технических требованиях чертежа отливки (или детали с нанесенными размерами отливки) по ГОСТ 26645-85 должны быть указаны нормы точности отливки в следующем порядке:

- класс размерной точности;
- степень коробления;
- степень точности поверхности;
- класс точности массы;
- допуск смещения отливки.

Пример: точность отливки 8-5-4-7 См 0,8, ГОСТ 26645-85.

Ненормируемые показатели точности отливки заменяют нулями, обозначение смещения опускают.

Пример: точность отливки 8-0-0-7, ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежа отливки необходимо указать: номинальную массу детали, например, 20,35 кг; массу металла на припуск на механическую обработку (3,15 кг); массу металла на технологические напуски (1,35 кг); массу отливки (24,85 кг).

Пример: 20,35-3,15-1,35-24,85, ГОСТ 26645-85.

В качестве примера в приложениях 48-53 приведены: последовательность проектирования (прил.48-49) титульный лист на комплект документов (прил.50); комментарии к заполнению КТИ (прил.51); карты технической информации на технологию литья в ПГФ (прил.52); ЛВМ (прил.53); в кокиль (прил.54); ЛПД (прил.55).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основная масса отливок в России и за рубежом в настоящее время изготавливается в разовых песчано-глинистых формах. Эта тенденция видимо сохранится и ближайшей перспективе. Широкое распространение этого способа литья

объясняется универсальностью и безотходностью технологии, экономичностью производства, широкими возможностями совершенствования с целью повышения размерной точности и качества отливок. В то же время известно, что около 50 % всех дефектов в отливках образуется по вине литейных форм. Примерами таких дефектов являются газовые раковины, пористость, засоры, коробление, неметаллические включения, пригар и др. Основными причинами их образования являются нетехнологичность конструкции деталей, несовершенство технологического процесса, - нарушение технологии и недостаточное качество формовочных материалов.

Как правило, нетехнологичный вариант конструкции детали является следствием того, что деталь сконструирована без учета возможностей литейной технологии. Для устранения причин возникновения возможных дефектов необходимо активное управление качеством отливок. Это возможно, если при проектно-технологической разработке литейной формы и технологического процесса литья использовались современные теоретические представления о формировании отливок, а также стандарты и рекомендации, являющиеся обобщением практического опыта инженеров-литейщиков.

Перспективным для совершенствования качества литейных форм является применение микропроцессорной техники, ЭВМ, информационных ресурсов Internet для реализации корреляционно-регрессионных методов оценки параметров, характеризующих форму. Полученные в результате обработки уравнения регрессии, учитывающие влияние нескольких факторов на конкретное свойство формы, позволяют установить степень влияния каждого фактора и разработать мероприятия,

направленные на дальнейшее совершенствование технологии литейной формы и повышение качества литых деталей.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Классы точности размеров отливок в зависимости от качеств точности размеров обработанных деталей (ГОСТ 26645-85)

Класс точности размеров отливок	1-3т	3-5т	5-7т	7-9т	9-16
Квалитет точности размеров деталей, получаемых механической обработкой	IT9 и грубее IT8 и точнее	IT10 и грубее IT8-IT9	IT11 и грубее IT9-IT10	IT12 и грубее IT9-IT11	IT13 и грубее IT10-IT12

**ПРИЛОЖЕН
ИЕ 2**

Допуски линейных размеров отливки (ГОСТ-26645-85), мм

Номи-	Класс точности
-------	----------------

наль- ный размер	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64
4-6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70
6-10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
10-16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
16-25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
25-40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10
40-63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
63-100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
100-160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
160-250	-	-	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80
250-400		-	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
400-630	-	-	-	-	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20
630-1000	-	-	-	-	-	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
1000-1600	-	-	-	-	-	-	-	1,40	1,80	2,20	2,80
1600-2500	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	2,40	3,20
2500-4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,20	3,60
Номи- наль- ный размер	Класс точности										
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8
До 4	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	-	-	-	-	-	-
4-6	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	-	-	-	-	-
6-10	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0		-	-
10-16	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	-	-
16-25	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8	10	12

Продолжение прил.2

25-40	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9	11	14
40-63	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16
63-100	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18
100-	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12	16	20

160											
160-250	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14	18	22
250-400	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16	20	24
400-630	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18	22	28
630-1000	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20	24	32
1000-1600	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22	28	36
1600-2500	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24	32	40
2500-4000	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28	36	44
4000-6300	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32	40	50
6300-10000		8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40	50	64

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Классы точности размеров и масс и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных способов литья (ГОСТ 26645-85)

Способ литья	Максимальный размер отливки, мм	Тип металла и сплава		
		Цветные с температурой плавления ниже 700°С	Цветные с температурой плавления выше 700 °С, серый чугун	Ковкий высокопрочный и легированный чугун, сталь
		Класс точности размеров и масс отливок, ряд припусков		
Литье под давлением в металлические формы	До 100	$\frac{3T-5}{1}$	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7T}{1}$
	Св. 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7T}{1}$	$\frac{5T-7}{1}$
Литье в керамические формы и по выплавляемым и выжигаемым моделям	До 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7T}{1-2}$	$\frac{5T-7}{1-2}$
	Св. 100	$\frac{4-7}{1-2}$	$\frac{5T-7}{1-2}$	$\frac{5-8}{1-2}$
Литье в кокиль и под низким давлением в металлические	До 100	$\frac{4-9}{1-2}$	$\frac{5T-10}{1-3}$	$\frac{5-11T}{1-3}$

Продолжение прил. 3

Формы со стержнями и без них, в песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой	Св. 100 до 630	<u>5Т-10</u> 1-3	<u>5-11Т</u> 1-3	<u>6-11</u> 2-4
	Св. 630	<u>5-11Т</u> 1-3	<u>6-11</u> 2-4	<u>7Т-12</u> 2-6
Литье в песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой; центробежное; в сырые и сухие песчано-глинистые формы	До 630	<u>6-11</u> 2-4	<u>7Т-12</u> 2-4	<u>7-13Т</u> 2-5
	Св. 630 до 4000	<u>7-12</u> 2-4	<u>8-13Т</u> 3-5	<u>9Т-13</u> 3-6
	Св. 4000	<u>8-13Т</u> 3-5	<u>9Т-13</u> 3-6	<u>9-14</u> 4-6

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Предельные отклонения смещения от номинального положения элементов отливки
по плоскости разъема (ГОСТ 26645-85)

Расстояние между центрирующим устройством формы, мм	Предельное отклонение от смещения для классов точности размеров отливок, мм, не более									
	1-3	4-5т	5-6	7т-7	8-9т	9-10	11т-11	12-13т	13-14	15-16
До 630	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
631-1600	0,30	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4
1601-40000	0,40	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0
Св. 4000	0,50	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Основные припуски на обработку отливки резанием (ГОСТ 26645-85)

Допуск размеров отливок, мм	Основной припуск для рядов, мм					
	1	2	3	4	5	6
До 0,12	0,2; 0,4	-	-	-	-	-
0,13-0,16	0,3; 0,5	0,6; 0,8	-	-	-	-
0,17-0,20	0,4; 0,6	0,7; 1,0	1,0; 1,4	-	-	-
0,21-0,24	0,5; 0,7	0,8; 1,1	1,1; 1,5	-	-	-
0,25-0,30	0,6; 0,8	0,9; 1,2	1,2; 1,6	1,8; 2,2	2,6; 3,0	-
0,31-0,40	0,7; 0,9	1,0; 1,3	1,4; 1,8	1,9; 2,4	2,8; 3,2	-
0,41-0,50	0,8; 1,0	1,1; 1,4	1,5; 2,0	2,0; 2,6	3,0; 3,4	-
0,51-0,60	0,9; 1,2	1,2; 1,6	1,6; 2,2	2,2; 2,8	3,2; 3,6	-
0,61-0,80	1,0; 1,4	1,3; 1,8	1,8; 2,4	2,4; 3,0	3,4; 3,8	4,4; 5,0
0,81-1,00	1,1; 1,6	1,4; 2,0	2,0; 2,8	2,6; 3,2	3,6; 4,0	4,6; 5,5
1,01-1,20	1,2; 2,0	1,6; 2,4	2,2; 3,0	2,8; 3,4	3,8; 4,2	4,8; 6,0
1,21-1,60	1,6; 2,4	2,0; 2,8	2,4; 3,2	3,0; 3,8	4,0; 4,6	5,0; 6,5
1,61-2,00	2,0; 2,8	2,4; 3,2	2,8; 3,6	3,4; 4,2	4,2; 5,0	5,5; 7,0
2,01-2,40	2,4; 3,2	2,8; 3,6	3,2; 4,0	3,8; 4,6	4,6; 5,5	6,0; 7,5
2,41-3,00	2,8; 3,6	3,2; 4,0	3,6; 4,5	4,2; 5,0	5,0; 6,5	6,5; 8,0
3,01-4,00	3,4; 4,5	3,8; 5,0	4,2; 5,5	5,0; 6,5	5,5; 7,0	7,0; 9,0
4,01-5,00	4,0; 5,5	4,4; 6,0	5,0; 6,5	5,5; 7,5	6,0; 8,0	8,0; 10,0
5,01-6,00	5,0; 7,0	5,5; 7,5	6,0; 8,0	6,5; 8,5	7,0; 9,5	9,0; 11,0
6,01-8,00	-	6,5; 9,5	7,0; 10,0	7,5; 11,0	8,5; 12,0	10,0; 13,0
8,01-10,0	-	-	9,0; 12,0	10,0; 13,0	11,0; 14,0	12,0; 15,0
10,1-12,0	-	-	10,0; 13,0	11,0; 14,0	12,0; 15,0	13,0; 16,0
12,1-16,0	-	-	13,0; 15,0	14,0; 16,0	15,0; 17,0	16,0; 19,0
16,1-20,0	-	-	-	17,0; 20,0	18,0; 21,0	19,0; 22,0
20,1-24,0	-	-	-	20,0; 23,0	21,0; 24,0	22,0; 25,0
24,1-30,0	-	-	-	-	26,0; 29,0	27,0; 30,0
30,1-40,0	-	-	-	-	-	34,0; 37,0
40,1-50,0	-	-	-	-	-	42,0
50,1-60,0	-	-	-	-	-	50,0

Примечание. Значение основных припусков относятся к поверхностям отливки, находящимся при заливке снизу или сбоку, припуск на верхние поверхности увеличивать до значения, соответствующего следующему ряду.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Зависимость степени коробления от соотношения размеров сторон отливок (ГОСТ 26645-85)

Отношения наименьшего габаритного размера отливки к наибольшему	Св. 0,20	0,20-0,10	0,10-0,05	До 0,05
Степень коробления (элемента отливки)	1-7	2-8	3-9	4-10

Примечание. Меньшие значение степеней коробления относится к простым отливкам из легких цветных сплавов, не подвергаемых термической обработке; большое значение –к сложным, термообрабатываемым отливкам из черных сплавов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Значение допусков механически обрабатываемых деталей, мкм

Размер, мм	Квалитет										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400
3-6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480
6-10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580
10-18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700
18-30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840
30-50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000
50-80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200
80-120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400
120-180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600
180-250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850
250-315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100
315-400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300
400-500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Предельные отклонения коробления элементов отливок

Интервалы максимальных размеров отливки, мм	Предельные отклонения коробления, мм, для степеней									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
До 100	-	-	-	-	-	0,10	0,16	0,24	0,4	0,6
101-160	-	-	-	-	0,10	0,16	0,24	0,40	0,6	1,0
161-240	-	-	-	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,0	1,6
241-400	-	-	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,6	2,4
401-630	-	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,4	4,0
631-1000	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,0	6,0
1001-1600	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,0	10,0
1601-2400	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,0	16,0
2401-4000	-	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,0	16,0	24,0
4001-6300	-	-	1,60	2,40	4,00	6,00	10,0	16,0	24,0	40,0
6301-10000	-	-	-	4,00	6,00	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0

Примечание. Предельные отклонения коробления симметричны.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Дополнительные припуски на обработку отливок резанием

Продолжение прил. 9

Допуск размера отливки, мм	Наибольшая нормируемая расположения, мм	Дополнительный припуск, мм
0,50-0,60	0,50-0,60	0,3
До 0,06	0,06-0,08	0,1
0,06-0,08	0,08-0,10	0,1
	0,10-0,12	0,2
	0,12-0,16	0,2
0,08-0,10	0,16-0,20	0,1
	0,20-0,24	0,2
0,10-0,12	0,24-0,30	0,1
	0,30-0,40	0,2
	0,40-0,50	0,3
0,12-0,16	0,50-0,60	0,1
	0,60-0,80	0,2
	0,80-1,0	0,3
0,16-0,20	1,0-1,2	0,1
	1,2-1,6	0,2
0,8-1,0	1,6-2,0	0,1
0,20-0,24	2,0-2,4	0,2
	2,4-3,0	0,4
	3,0-4,0	0,1
	4,0-5,0	0,2
	5,0-6,0	0,3
	6,0-8,0	0,5
0,24-0,30	8,0-10,0	0,1
1,0-1,2	10,0-15,0	0,2
	15,0-20,0	0,3
	20,0-30,0	0,5
	30,0-40,0	0,1
	40,0-50,0	0,2
	50,0-60,0	0,3
0,30-0,40	60-0,80	0,3
	0,80-1,0	0,4
1,2-1,6	1,0-1,2	0,6
	1,2-1,6	0,1
	1,6-2,0	0,2
0,40-0,50	2,0-2,4	0,3
	2,4-3,0	0,1
	3,0-4,0	0,2
	4,0-5,0	0,3
	5,0-6,0	0,5
	6,0-0,80	0,5
	0,80-1,00	0,8

Окончание прил. 9

1,6-2,0	0,8-1,2	0,2
	1,2-1,6	0,3
	1,6-2,0	0,8
	2,0-2,4	1,2
	2,4-3,0	2,0
	3,0-4,0	3,0
2,0-2,4	1,0-1,6	0,3
	1,6-2,0	0,4
	2,0-2,4	1,0
	2,4-3,0	1,6
	3,0-4,0	2,4
	4,0-5,0	4,0
2,4-3,0	1,2-2,0	0,3
	2,0-2,4	0,5
	2,4-3,0	1,2
	3,0-4,0	2,0
	4,0-5,0	3,0
	5,0-6,0	5,0
3,0-4,0	1,5-2,4	0,4
	2,4-3,0	0,6
	3,0-4,0	1,6
	4,0-5,0	2,4
	5,0-6,0	4,0
	6,0-8,0	5,5
4,0-5,0	2,0-3,0	0,5
	3,0-4,0	0,8
	4,0-5,0	2,0
	5,0-6,0	3,0
	5,0-6,0	5,0
	8,0-10,0	7,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Наименьшие диаметры отливаемых отверстий для стальных отливок

L или H, мм	Характеристики поверхности отливки	Толщина слоя металла, мм							Св. 300
		До 25	26- 50	51- 75	76- 100	101- 150	151- 200	201- 300	
		Наименьшие диаметры отверстий, мм							
До 100	Обрабатываемые	90	90	90	90	100	120	140	160
	Необрабатываемые	110	110	110	110	120	140	160	180
101-200	Обрабатываемые	90	90	90	90	120	140	140	190
	Необрабатываемые	110	110	110	110	140	160	160	210
201-400	Обрабатываемые	90	90	100	100	140	170	190	230
	Необрабатываемые	115	115	125	135	160	195	215	255
401-600	Обрабатываемые	100	110	120	140	170	200	230	270
	Необрабатываемые	125	135	145	165	195	225	255	295
601-1000	Обрабатываемые	120	130	150	170	200	210	230	310
	Необрабатываемые	150	160	180	200	230	260	300	340

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Наименьшие диаметры отливаемых отверстий для чугуновых отливок

L или H, мм	Характеристики поверхности отливки	Толщина слоя металла, мм							161- 200
		До 40	41- 50	51- 65	66- 80	81- 100	101- 125	126- 160	
		Наименьшие диаметры отверстий, мм							
До 25	Обрабатываемые	25	25	25	25	25	25	25	25
	Необрабатываемые	50	50	50	50	50	50	50	50
26-40	Обрабатываемые	30	30	30	30	30	30	30	30
	Необрабатываемые	55	55	55	55	55	55	55	55
41-65	Обрабатываемые	32	35	35	35	35	35	35	35
	Необрабатываемые	58	62	62	62	62	62	62	62
66-100	Обрабатываемые	35	38	40	40	40	40	40	40
	Необрабатываемые	62	67	72	72	72	72	72	72
101-150	Обрабатываемые	40	42	45	50	50	50	50	50
	Необрабатываемые	67	72	78	85	85	85	85	85
151-250	Обрабатываемые	42	42	52	55	60	60	60	60
	Необрабатываемые	72	78	85	92	100	100	100	100

Продолжение прил.11

251-400	Обрабатываемые Необрабатываемые	–	54 85	60 92	65 100	72 110	80 120	80 120	80 120
401-600	Обрабатываемые Необрабатываемые	–	–	65 100	72 110	80 120	100 145	100 145	100 145
601-1000	Обрабатываемые Необрабатываемые	–	–	–	80 120	90 132	110 160	110 160	120 175
Св. 1000	Обрабатываемые Необрабатываемые	–	–	–	–	100 145	120 175	120 175	132 185

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Средние значение линейной усадки для литейных сплавов

Сплав	Литье	Линейная усадка, %
Углеродистая и низколегированная сталь	Мелкое	1,8...2,2 1,6...
	Среднее	2,0 1,4...1,8
	Крупное	
Серый чугун	Мелкое	0,8...1,2
	Среднее	0,6...1,0 0,4...
	Крупное	0,8
Медный: <u>оловянистая бронза</u> безоловянная бронза и латунь	Мелкое	<u>1,0...1,2</u> 1,6... 2,0 <u>0,9...1,1</u>
	Среднее	1,5...1,9 <u>0,8...</u> <u>1,0</u>
	Крупное	1,4...1,8
Алюминиевый и магниевый	Мелкое	1,0...1,5 0,8...
	Среднее	1,4 0,8...1,3
	Крупное	

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Сводная таблица размеров отливки, стержня и стержневого ящика

В миллиметрах

Размеры детали на чертеже	Припуск на механическую обработку	Размер в отливке	Припуск на усадку	Размер	
				модели отливки	стержня и стержневого ящика
Наружные					
Внутренние					

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

Формовочные уклоны на формообразующих поверхностях

модельных комплектов (ГОСТ 3212-92)

Высота основной формообразующей поверхности h_H или h_B , мм	Формовочный уклон						
	при применении песчано-глинистых смесей и комплекта				при применении смесей, твердеющих в контакте с оснасткой и комплекта		
	металлического, пластмассового		деревянного		металлического для оболочковой формы	металлического, пластмассового	деревянного
	$d \leq h$	$d > h$	$d \leq h$	$d > h$			
До 10	2°17'	4°34'	2°54'	5°45'	1°43'	3°26'	4°00'
10-18	1°36'	3°11'	1°54'	3°49'	1°16'	2°32'	2°52'
19-30	1°09'	2°40'	1°31'	3°03'	0°57'	1°54'	2°17'
31-50	0°48'	1°42'	1°02'	2°05'	0°41'	1°16'	1°29'
51-80	0°34'	1°13'	0°43'	1°26'	0°30'	0°54'	1°04'
81-120	0°26'	0°54'	0°32'	1°03'	0°23'	0°40'	0°46'
121-180	0°19'	0°38'	0°23'	0°46'	0°17'	0°29'	0°34'
181-250	0°19'	0°37'	0°22'	0°44'	0°14'	0°28'	0°33'
251-315	0°19'	0°37'	0°22'	0°44'	0°14'	0°27'	0°33'
316-400	0°18'	0°36'	0°21'	0°43'	—	0°26'	0°32'
401-500	0°17'	0°35'	0°21'	0°41'	—	0°26'	0°31'
501-630	0°17'	0°33'	0°19'	0°38'	—	0°24'	0°29'
631-800	0°16'	0°32'	0°19'	0°38'	—	0°24'	0°29'
801-1000	—	—	0°19'	0°38'	—	—	0°29'
1001-1250	—	—	0°19'	—	—	—	0°29'
1251-1600	—	—	0°19'	—	—	—	0°29'
1601-2000	—	—	0°19'	—	—	—	0°28'
2001-2500	—	—	0°19'	—	—	—	0°28'
Более 2500	—	—	0°19'	—	—	—	0°28'

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

Формовочные уклоны на знаковых частях стержня, в градусах (минутах), ГОСТ 3606-80

h_H или h_B , мм	α	β	α_1	h_H или h_B , мм	α	β	α_1
До 30	10	15	4	80-120	6	8	2,0
30-50	7	10	3	120-180	5	6	1,0
50-80	6	8	2	180-250	5	6	0,45

ПРИЛОЖЕНИЕ 16

Зазоры между знаковыми поверхностями формы и стержня (на сторону) по ГОСТ 3606-80

Высота знака, мм	Тип модельного комплекта	Зазор S_1 при длине стержня, мм							
		До 50	51-80	81-120	121-180	181-250	251-315	316-400	401-500
До 30	K_1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
	K_2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
	K_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
	K_4	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0

Продолжение

прил.16

Примечание: 1. K1 – модельный комплект I и II классов точности из металла и

31-50	K ₁	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
	K ₂	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
	K ₃	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5
	K ₄	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
51-80	K ₁	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
	K ₂	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
	K ₃	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
	K ₄	1,4	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5
81-120	K ₁	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
	K ₂	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
	K ₃	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6
	K ₄	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5
Зазор S ₂	K ₁	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
	K ₂	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
	K ₃	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
	K ₄	1,2	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	2,8	3,1

пластмассы; K2 – III класса точности из металла и пластмассы и I класса точности из дерева; K₃ – II класса точности из дерева; K₄ – III класса точности из дерева. 2.S₃=1,5*S₂

ПРИЛОЖЕНИЕ 17

Высота h_H (мм) нижних вертикальных знаков стержней (сырых, сухих и твердеющих в контакте с оснасткой) по ГОСТ 3606-80

Размер стержня (a+b)/2 или $D, \text{мм}$	Высота знака h_H при длине стержня $L, \text{мм}$							
	До 50	50- 80	80- 120	120- 180	180- 250	250- 315	315- 400	400- 500
До 50	20	30	30	–	–	–	–	–
30-50	20	35	35	35	50	60	60	70
50-80	25	35	35	35	40	50	60	70
80-120	25	35	35	35	40	50	60	70
120-180	30	35	35	35	35	40	50	60
180-250	30	35	35	35	35	40	50	60
250-315	35	35	35	35	35	40	50	60
315-400	40	40	40	40	40	40	40	50

ПРИЛОЖЕНИЕ 18

Длина l горизонтальных стержневых знаков по ГОСТ 3606-80

Размер стержня (a+b)/2 или D ₁ ,мм	Тип формы	Длина знака l при длине							
		До 50	50- 80	80- 120	120- 180	180- 250	350-315	315-400	400- 500
До 30	I	20	25	30	35	-	-	-	-
	II	15	20	30	35	-	-	-	-
	III	10	15	20	25	-	-	-	-
30-50	I	20	25	30	35	45	50	-	-
	II	20	25	30	35	40	45	-	-
	III	10	15	20	30	35	-	-	-
50-80	I	20	25	30	40	50	55	60	70
	II	20	25	30	35	40	45	-	-
	III	10	15	20	25	30	35	35	40
80-120	I	20	25	35	45	55	60	70	80
	II	25	30	35	40	45	50	55	60
	III	15	20	30	30	35	40	40	45

Примечание. Условные обозначения форм: I- сырые; II- сухие; III- твердеющие в контакте с оснасткой

ПРИЛОЖЕНИЕ 19

Значения допустимой высоты и скорости подъема сплава в
полости формы $H_{\text{доп}}$ за время заливки

Сплав	Толщина стенки отливки, мм	$H_{\text{доп}}$, мм скорость подъема, см/с
Чугун	4-2	$\frac{(30-100)\tau_{\text{опт}}}{3,0-10,0}$
	10-4	$\frac{(20-30)\tau_{\text{опт}}}{2,0-3,0}$
	40-10	$\frac{(10-20)\tau_{\text{опт}}}{1,0-2,0}$
Сталь углеродистая	7-10	$\frac{20\tau_{\text{опт}}}{2,0}$
	10-40	$\frac{(20-0)\tau_{\text{опт}}}{2,0-1,0}$
	более 40	$\frac{(8-10)\tau_{\text{опт}}}{1,0-0,8}$

ПРИЛОЖЕНИЕ 20

Основные размеры опок (ГОСТ 2133-75), мм

Средний размер опоки в свету	L или D опок и в свету	Ширина опоки в свету																										
		250	300	360	400	450	500	560	600	630	710	750	800	900	1000	1100	1200	1400	(1500)	1600	1800	2000	2200	2500	2600	2800	3000	3200
До 500	300	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	360	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	400	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	450	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	500	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	560	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	600	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	630	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	710	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500-755	750	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	800	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	900	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1100	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1200	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1400	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 21

Высота опок (ГОСТ 2133-75)

Длина L или D опоки в свету, мм	Высота опоки, мм																			
	50	75	100	120	150	175	200	250	300	360	400	450	500	560	600	710	800	900	1000	
300	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
360	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
400	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
450	-	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
500	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
560	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
600	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
630	-	-	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
710	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
750	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
800	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	
900	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	
1000	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	
1100	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	

ПРИЛОЖЕНИЕ 22

Определение толщины формовочной смеси на различных участках формы

Масса отливки, кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм				
	от верха модели до низа опоки	от низа модели до низа опоки	от модели до стенки опоки	между моделями	между моделью и шлакоуловителем
До 5	40	50	20	30	30
5-10	50	60	30	40	30
11-25	60	70	40	50	30
26-50	70	90	50	60	40
51-100	90	100	60	70	50
101-250	100	120	70	100	60
251-500	120	150	80	-	70
501-1000	150	200	90	-	120
1001-2000	200	250	100	-	150
2001-3000	250	300	125	-	200
3001-4000	275	350	150	-	225
4001-5000	300	370	175	-	250
5001-10000	350	400	200	-	250
Более 10000	400	450	250	-	250

ПРИЛОЖЕНИЕ 23

Области применения различных типов формовочных смесей

Тип формовочной смеси	Область применения
Песчано-глинистые смеси для формовки по- сырому	Для чугунных отливок массой до 500 кг и с толщиной стенки до 40 мм (для неответственных отливок массой до 100 кг). Для стальных отливок массой до 400 кг и с толщиной стенки до 25 мм (для неответственных отливок массой до 1000 кг). Для отливок из цветных сплавов (для отливок массой менее 100 кг применяется единая смесь)
Песчано- глинистые смеси для формовки по- сухомусмеси	Для чугунных и стальных отливок массой более 1000 кг. Для отливок массой от 500 до 2000 кг при формовке в опоках и до 5000 кг при заливке на плацу применяется поверхностная подсушка
На основе цирконового концентрата или хромита	Крупные стальные отливки из легированных сталей массой более 5000 кг и с толщиной стенки более 60 мм
Жидкостекольные	Для облицовки крупных форм чугунных и стальных отливок с поверхностной подсушкой
Жидкие самотвердеющие	Редко для изготовления форм для чугунного и стального литья в индивидуальном производстве
Холоднотвердеющие на фосфатных связующих	Для отливок из различных сплавов и стержней в условиях индивидуального и крупносерийного производства

ПРИЛОЖЕНИЕ 24

Требования по прочности к формовочным смесям

Способ уплотнения смеси и изготовления форм, размеры опок и масса отливок	Прочность в сыром состоянии σ_w , МПа	Рабочая прочность σ_p , МПа
Уплотнение:	0,04-0,06	
встряхиванием	0,03-0,16	-
встряхиванием и прессованием	0,06-0,12	-
прессованием	0,10-0,22	-
пескодудно-прессовое	0,05-0,10	-
воздушно-импульсное	0,008-0,01	-
пескодудное, пескострельное	-	-
Изготовление форм на автоматических линиях при размерах опок, мм	-	-
до 1000x1500,	0,1-0,15	-
до 1000x2000,	0,15-0,20	-
до 2000x2000,	0,20-0,30	-
более 2000x2000	1,00-1,20	-
Чугунные и стальные отливки		-
массой, кг:	-	-
500-1000,	-	0,3-0,5
1000-5000,	-	0,5-0,8
более 5000	-	0,8-1,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 25

Области применения стержневых смесей

Тип стержневой смеси	Область применения
Песчано-глинистые	Для изготовления средних и крупных стержней IV и V классов при индивидуальном и мелкосерийном производстве
На органических связующих: масле, ЛСТ и т.д.	Для изготовления стержней классов I-III при мелкосерийном производстве
Песчано-смоляные для стержней, изготавливаемых в нагреваемой оснастке	Для изготовления стержней всех классов при крупносерийном и массовом производстве и повышенных требованиях по чистоте поверхности отливок ($R_a 1,6-12,5$ мкм)
Жидкие самотвердеющие	Для изготовления стержней II-V классов в основном массой более 500 кг при индивидуальном и крупносерийном производстве.
Жидкостекольные быстротвердеющие	Для изготовления стержней II-IV классов при индивидуальном и крупносерийном производстве
Холоднотвердеющие на синтетических смолах: с повышенной живучестью (30-100 мин)	Для изготовления стержней любых классов при индивидуальном и мелкосерийном производстве
с длительным отверждением (35-40 мин)	При мелкосерийном и индивидуальном производстве отливок из чугуна и стали массой до 1500 кг и более
с ускоренным отверждением (0,5-4 мин)	При крупносерийном и массовом производстве отливок из чугуна, стали и цветных металлов

ПРИЛОЖЕНИЕ 26

Песчано-глинистые формовочные смеси для изготовления форм при стальном литье

Назначение смеси	Толщина стенки отливки, мм	Массовая доля составляющих, %				Характеристика смеси			
		Оборотная Смесь	Кварцевый песок	Глина	КБЖ	Зерновая группа формовочного песка	Влажность, %	Газопроницаемость, у.е.	Прочность на сжатие во влажном состоянии, КПа
Облицовочная для формовки по-сырому при массе отливок, кг (до 100; 100-500; более 500)	25	80-40	16,5-53,0	3,0-6,0	0,3-0,5	016; 02	3,5-4,0	80-100	30-50
		75-40	20,5-51,5	4,0-8,0	0,3-0,5	02	4,0-5,0	100-120	40-60
		60-40	33,5-51,0	6,0-8,5	0,3-0,5	02; 0315	4,5-5,5	100-130	50-70
Единая для формовки по-сырому при массе отливок до 100 кг	25	92-90	6,5-8,0	1-1,5	0,5-1,0	016; 02	3,4-4,5	80-100	30-50
Облицовочная для формовки по-сырому при массе отливок, кг 500 500-100 1001-10000 10000-30000*	50	80-40	15,5-50,5	4,0-9,0	0,3-0,5	02	5,0-7,0	70-100	50-70
	50	60-40	33,0-49,5	6,5-9,0	0,5-1,5	02,0315	5,0-8,0	100-120	50-80
	50	-	91,0-89,0	9,0-11,0	-	0315	6,0-7,0	Более 80	55-65
	80	-	71,0-69,0	9,0-11,0	-	0315	6,0-7,0	Более 50	55-65
	80	80-40	12,5-45,5	4,0-9,0	1,5-2,5	02; 0315	5,0-7,0	70-100	35-60
Единая для отливок, склонных к образованию горячих трещин**	-	-	71,0-69,0	9,0-11,0	-	0315	6,0-7,0	Более 50	55-65
		80-40	12,5-45,5	4,0-9,0	1,5-2,5	02; 0315	5,0-7,0	70-100	35-60

Примечание. В смеси вводят: до 20% пылевидного кварца*; до 2-4% древесных отливок**.

Песчано-глинистые смеси для стержней

Смесь	Средняя толщина стенки отливки, мм	Составляющие смеси	Массовая доля, %	Свойства смеси			
				Газопроницаемость – мость, ед	Влажность, %	Прочность, МПа	
						на сжатие $\sigma_{сж}$	на растяжение σ_p
1. Для среднего чугуна литья	До 50	Оборотная смесь	40-50	70	7-8	0,065-0,08	0,09-0,15
		Песок 1К ₁ 0 ₃ 03	28-38				
		Глина КС2Т ₁	8-10				
		Опилки	12-14				
2. Для крупного чугуна литья	До 80	Оборотная смесь	35-44	60	7-8	0,065-0,08	-
		Песок 1К ₁ 0 ₃ 03,	27-37				
		2К ₂ 0 ₃ 03	27-37				
		Глина КП1Т ₂	9-11				
		Кокс молотый	5-6				
3. Для крупного чугуна литья	Более 80	Оборотная смесь	33-41	60	7-8	0,065-0,08	0,09-0,15
		Песок 1К ₁ 0 ₃ 03,	26-36				
		1К04					
		Глина КП1Т ₂	10-12				
		Кокс молотый	5-6				
		Графит ГЛ1, ГЛ2	2-3				
Опилки	12-14						

4. Для стального литья, склонного к трещинам	До 25	Оборотная смесь Песок 2К ₁ 0 ₂ 0 ₂ , 2К ₂ 0 ₃ 0 ₃ Глина КС2Т ₁ Опилки ЛСТ	20-30 42-50 8-10 20 1,0	80	7-8	0,04-0,05	0,1-0,15
5. Для стального среднего и крупного литья	До 50	Песок 1К ₁ 0 ₃ 0 ₂ Глина КС2Т ₁ или КС1Т ₁	89-86 11-14	80	6-7	0,055-0,065	0,1-0,16
6. Для стального крупного литья	80-100	Песок Глина КП1Т ₁ Маршаллит ЛСТ	68-85 12-15 20 2	50	6-7	0,055-0,065	0,1-0,16

Примечание. Температура сушки 280-320 °С.

ПРИЛОЖЕНИЕ 28

Состав и свойства песчано-глинистых смесей, используемых при производстве отливок из
чугуна для формовки по-сырому

Массовая доля компонентов смеси, %						Характеристика смеси					Характеристика отливок	
облицовочной			единой			Содержание глины	Зерновая группа песка	%Влажность,	ед. Газопроницаемость,	кПаПрочность на сжатие во влажном состоянии,	Масса, кг	Толщина стенки, мм
Оборотная смесь	Свежие материалы	Каменноугольный порошок	Оборотная смесь	Свежие материалы	Каменноугольный порошок							
78-59	20-38	2-3	96,5-94,5	3-5	0,5	8-10	01	4,5-5,5	25-35	29-49	До 20	10
75-45	22-51	3-4	94,3-92,3	5-7	0,7	7-10	016	4,0-5,5	40-60	29-49		
70-40	26-55	4-5	93,2-89,2	6-10	0,8	8-10	02	4,5-5,5	50-70	-		
70-40	26-55	4-5	91-86,8	8-12	1,0-1,2	9-11	02	4,5-6,0	60-80	39-58		
70-40	25-52	5-8	88,8-83,5	10-15	1,2-1,5	10-12	02; 0315	4,5-6,5	70-100	44-68		

60-40 74-52	34-52 20-40	6-8 6-8	- -	- -	- -	11-13 12-14	02 0315	5,0-7,0 5,0-7,0	100-200 100-130	49-78 58-74		
----------------	----------------	------------	--------	--------	--------	----------------	------------	--------------------	--------------------	----------------	--	--

ПРИЛОЖЕНИЕ 29

Состав и свойства единых формовочных смесей для изготовления форм на автоматических линиях.

Маркировка линии (изготовитель)	Массовая доля составляющих, %						Характеристики смеси			Назначение смеси	
	Оборотная смесь	Кварцевый песок	Бентонитовая глина	Бентонитовая суспензия	Бентонито-угольная суспензия	Гранулированный уголь	Крахмаллит	Влажность, %	Газопроницаемость, ед.		Прочность на сжатие во влажном состоянии кПа.

СПО-1	91-96	2,5-6	-	1,5-3,0	-	0,015-0,05	2,9-3,3	140-180	160-190	Ч
СПО-2; СПО-3; СПО-4(США)	95-99	0-2	-	1,0-3,0	-	0,015-0,03	3,1-3,5	130-180	160-190	Ч
Дизаматик (Дания)	92-96	3-5,8	0,6-1,0	-	0,4-1,2	-	3,2-3,8	100-125	170-210	Ч
Гизак (Германия)	96	3,3	0,7	-	-	-	3,0-3,8	Более 100	100-140	Ч
Дизаматик (Дания)	94-96	3,2-4,1	0,64-0,9	-	0,15-0,85	0,01-0,15	3,245	90-130	170-210	Ч
Дизаматик (Дания)	96-94	4,8-8	1,15-1,9	-	-	0,05-0,10	3,1-3,5	Более 70	160-210	С
СПО(США)	95-96	3,13,8	0,7-0,9	0,1	0,08-0,18	0,015-0,02	3,0-3,8	Более 100	130-150	Ч

Примечание. Ч-для форм чугунных отливок; С-для форм стальных отливок.

ПРИЛОЖЕНИЕ 30

Формовочные смеси для чугунного литья при формовке по – сухому

ПРИЛОЖЕНИЕ 31

Формовочные смеси для стального литья при формовке по-сухому

Смесь	Отливка			Составляющие смеси	Составляющие смеси	Массовая доля, %	Свойства смеси					Температура сушки, С		
	Масса, т	Средняя толщина стенок, мм.	Средняя толщина стенок, мм.				Газопроницаемость, ед.	Влажность, %	Прочность на сжатие δ _ж , МПа	Прочность на растяжение δ _ж , МПа	Прочность на растяжение δ _н , МПа		Прочность на растяжение δ _н , МПа	
														Газопроницаемость, ед.
1. Облицовочная для среднего литья	До 2	До 30	До 40	Оборотная смесь Песок 3К ₀ 0,03 Глина ППТ ₁ ЛСТ	Оборотная смесь Песок 2К ₂ 0,03 Глина КС2Т ₁ СП	46-42 30-52 2,0-3,0 2,5-3,0	48-49 80-100	5-8	0,023-0,033	0,04	0,3	0,45	0,40	60-180
2. Облицовочная для среднего литья	До 2	До 50	До 50	Оборотная смесь Песок 3К ₁ 0,03 Глина ППТ ₁ Опилки	Оборотная смесь Песок 1К ₂ 0,02 Глина КС2Т ₁ ЛСТ	60-50 24-34 4,0-6,0 10-12	70-100	5-9	0,05-0,06	0,07	0,07-0,10	0,08-0,12	-	320-330
3. Облицовочная для крупного литья	2-15	До 50	До 60	Оборотная смесь Песок 3К ₁ 0,03 Глина КППТ ₁	Песок 1К ₁ 0,02 Глина КППТ ₁	50-40 31-41	70-80	6-7	0,065-0,085	0,065	0,08-0,14	-	-	320-330
4. Облицовочная для крупного литья	-	10-30	До 80	Пылевидный кварц Песок Об2К0319	Глина КС2Т ₁ Опилки	7-9 19-12	50	6-7	0,055-0,065	0,065	-	-	-	-
5. Облицовочная для отливок, склонных к горячим трещинам	10-30	До 80	До 80	Оборотная смесь Песок 3К ₁ 0,03 Глина КППТ ₁ Опилки	Оборотная смесь Песок 1К ₁ 0,03 Глина КС2Т ₁ ЛСТ	20 47 20 13	70-50 12,5-35,5 4,0-9,0 0,5-1,5	70-100	5-7	-	0,035-0,06	0,15-0,25	-	400
6. Наполнительная многоразовных форм	-	-	-	Шамот молотый Оборотная смесь Песок П0315 Глина КППТ ₁ Опилки	Оборотная смесь Песок П0315 Опилки	40 47-46 13-14 20	80-75 0,5-0 20	10-12	6-7	-	0,025-0,035	0,2-0,35	-	350-380
6. Наполнительная	-	-	-	Оборотная смесь Песок П0315	-	100-95 0-5	80	6-7	0,035-0,045	-	-	-	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 32

Стержневые смеси для стального и чугунного литья на органических связующих

Класс стержней	Составляющие смеси	Массовая доля, %	Свойства смеси				Температура сушки стержней, °С
			Газопроницаемость, ед.	Влажность, %	Прочность, МПа		
					при сжатии $\sigma_{сж}$	при растяжении σ_p	
I	Песок 1К ₁ 0 ₃ 02	100	130	2,0-3,0	0,003-0,006	0,6-0,9	200-220
I-II	Растительное масло или олифа	1,0-1,5					
I-II	Песок 1К ₁ 0 ₃ 02	100	100	1,2-1,5		1,0-1,2	200-220
I-II	ГТФ	3,0			0,005-		
I-II	Песок 1К ₁ 0 ₃ 02	97,0	100	3,0-4,0	0,0055	0,5-0,7	(4ГУ)200-220 (ГТФ)180-200
	Глина КП2Т ₂	3,0					
	4ГУ или ГТФ	2,0-4,0			0,006-0,01		
	ЛСТ	2,0-4,0					
III	Песок 2К ₁ 0 ₃ 02	96,0-97,0	100	3,0-4,5	0,01-0,016	0,30-0,35	220-240
IV	Глина КП2Т ₂	4,0-3,0					
-V	ЛСТ	2,5-3,5					
	Оборотная смесь	0-40	70	4,0-5,5	0,015-	0,2-0,3	160-180
	Песок 2К ₁ 0 ₃ 02	56-95			0,025		
	Глина КП1Т ₂ , КП2Т ₂	4,0-5,0					
	ЛСТ	2,0-3,0 ^{оо}					

Характеристика песчано-смоляных холоднотвердеющих смесей

Номер смеси	Живу – чьсть, мин	Время отвержде- ния, мин	Прочность на сжатие*, кПа	Область применения
1	10-12	15-30	(400-600)/более 3500	В мелкосерийном производстве отливок из чугуна и стали
2	5-6	10-15	(400-600)/-	То же
3	8-9	-	(1000-1200)/(2400- 2600)	То же
4	-	40	600/2000	То же
5	0,1-0,2	0,5-0,7	2100/2000	В крупносерийном и массовом производстве отливок из чугуна и стали
6	0,1-0,2	0,5-0,7	3300/более 4200	То же
7	2	4	(900-1300)/(1100 – 1400)	При производстве чугунных отливок до 40 кг
8	3	10	(800-1100)/(1200- 1500)	То же, массой 41-250 кг
9	5-8	35-40	(600-800)/(1300- 1600)	То же, массой 251-1500 кг
10	5-8	35-40	(50-60)/(280-300)	То же, массой более 1500 кг
11	3-5	6-8	(150-250)/(500- 600)	При производстве отливок из сплавов цветных металлов

*В числителе приведена прочность после выдержки в течение 1 ч, в знаменателе- после 24 ч.

ПРИЛОЖЕНИЕ 36

Типичные составы ХТС с алюмофосфатным связующим

Компоненты смеси	Массовая доля, %
Кварцевый песок $1K_1O_3O_2, 1K_2O_3O_3$	93,5
Связующее алюмофосфатное	3,5
Отходы электросталеплавильного производства	3,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 37

Физико-механические свойства ХТС.

Показатель	Номер смеси	
	1	2
Живучесть, мин	10,0	13,0
Прочность при растяжении, МПа, через:		
1ч	0,44	0,24
24 ч	1,0	1,36
Осыпаемость, %	0,05	0,01
Газотворность при 100° С, см ³ /г	2,0	2,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 38

Состав и свойства ХТС на синтетических смолах для стержней чугуновых и стальных отливок

Назначение	Состав в % по массе		Свойства смеси				Живучесть, мин	τ отверждения в оснастке, мин
	Связующее	Катализатор	σ _p , кПа после выдержки, ч					
			1	2	3	4		
Отливки массой до 5 т, серийное производство	2,8 (смола БС-40)	1,8 (ортофосфорная кислота)	294 -393	490 -588	685 -785	980- 1270	1,5-2,0	6-7
Отливки массой от 5 до 10 т, мелкосерийное производство	2,0 (смола ОФ-1)	1,2-1,4 (БСК 65-80 процентная)	-	-	-	588- 685	8-9	35-40

Примечание. Огнеупорная основа смесей песок $1K_1O_3O_2$ – 100%. На этапе приготовления формовочной смеси отвердитель добавляется всегда раньше смолы. Количество отвердителя зависит от количества добавляемой смолы и должно составлять 20-22 % от количества смолы. Количество смолы в формовочных смесях обычно составляет 1,2-1,6 %, в стержневых 1,3-1,8 % от количества песка.

ПРИЛОЖЕНИЕ 39

Характеристика отвердителей ALPHASet

Параметр	Показатель для отвердителей марки ACE					
	1006	1010	1020	1535	1575	598
Живучесть при 20 °С, мин	1	2	4	6	15	40
Время извлечения из оснастки при 20 °С, мин	6	10	20	35	75	360

ПРИЛОЖЕНИЕ 40

Характеристика регенерата

Параметр	Показатель
Связующее, %	Менее 1,6
Прочность, МПа	1,6-2,0
Потери на прокалывание регенерата, %	Менее 2
Содержание пыли в регенерате, %	Менее 0,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 41

Экономические показатели некоторых ХТС

Состав ХТС	Массовая доля компонента в %	Стоимость 1 т смеси, руб
Кварцевый песок 1К ₁ О ₃ О ₂	98,14	1468,2
Смола Эколит	1,55	
Отвердитель ТГЛ-10	0,31	
Кварцевый песок 1К ₁ О ₃ О ₂ 5	29,4	1093,4
Регенерат	68,68	
Смола Эколит	1,6	
Отвердитель ТГЛ-10	0,32	
Кварцевый песок 1К ₁ О ₃ О ₂ 5	98,3	1650,2
Смола ALPHASet TPA 135	1,4	
Отвердитель ALPHASet ACE 1010	0,3	
Кварцевый песок 1К ₁ О ₃ О ₂ 5	29,41	1182,8
Регенерат	68,64	
Смола ALPHASet TPA 135	1,6	
Отвердитель ALPHASet ACE 1010	0,35	

ПРИЛОЖЕНИЕ 42**Массовые скорости разливки чугуна из поворотных ковшей**

Тип ковша	Скорость заливки при скорости поворота ковша, кг/с		
	малой	средней	большой
Ручные ковши: для одного заливщика для двух заливщиков	2,0-2,5	2,5-3,5	3,5-5,0
	3,0-4,0	4,0-5,5	5,5-7,0
Крановые ковши средней емкости (до 5 т)	5,0-6,5	6,5-8,5	8,5-10,5
Крановые ковши большой емкости (до 15 т)	15-30	30-50	50-100

ПРИЛОЖЕНИЕ 43**Рекомендуемые температуры заливки чугуна**

Группа отливок	Толщина стенки отливки, мм	Температура заливки, °С
Отливки из серого и высокопрочного чугуна	До 4	1450-1360
	4-10	1430-1340
	10-20	1400-1320
	20-50	1380-1300
	50-100	1340-1230
	Более 100	1300-1200
Отливки из ковкого чугуна	До 4	1480-1380
	4-10	1450-1360
	10-20	1430-1350

ПРИЛОЖЕНИЕ 44

Рекомендуемые температуры заливки стали

Группа отливок	Сложность конфигурации отливок	Толщина стенки, мм	Масса отливки, кг	Температура заливки, °С
Отливки из углеродистых и низколегированных сталей (содержание углерода 0,2-0,4%)				
1	Сложные тонкостенные	6-20	До 100	1550-1450
1а	То же	15-25	До 500	1530-1405
1б	То же	20-30	До 3000	1525-1395
2	Отливки средней массы	30-75	До 5000	1520-1420
3	Отливки большой массы	75-100	5000-25000	1525-1400
4	Тяжелые толстостенные	150-500	Св. 25000	1520-1395
5	отливки Массивные отливки простой конфигурации	Св. 500	Св. 25000	1510-1395
Отливки из легированных сталей				
6	Марганцовистая сталь	-	-	1540-1420
7	ХРОМОНИКЕЛЕВАЯ высоколегированная сталь	-	-	1510-1480

ПРИЛОЖЕНИЕ 45

Температура заливки некоторых цветных сплавов

Сплав	Толщина стенки отливки, мм	Температура заливки, °С
Силумины	До 10	710-730
	10-20	700-710
	Более 20	690-700
Остальные алюминиевые сплавы	С разной толщиной стенок	640-750
Оловянные бронзы	До 10	1150-1180
	10-20	1130-1170
	Более 20	1100-1130
Алюминиевые бронзы	До 10	1100-1130
Кремнистые латуни	До 10	1100-1150
	10-20	1050-1100
	Более 20	1000-1050
Магниеые сплавы	До 5	770-800
	6-8	740-770
	Более 8	710-740

ПРИЛОЖЕНИЕ 46

Теплофизические свойства сплавов

Сплав	T_L, K	T_s, K	$\rho',$ $\frac{кг}{м^3}$	$\rho,$ $\frac{кг}{м^3}$	$c',$ $\frac{Дж}{кг \cdot K}$	$c,$ $\frac{Дж}{кг \cdot K}$	$\lambda',$ $\frac{Вт}{м \cdot K}$	$\lambda,$ $\frac{Вт}{м \cdot K}$	$a,$ $\frac{м^2}{с}$	$b,$ $\frac{кВт \cdot с^{1/2}}{м^2 \cdot K}$	$L,$ $\frac{кДж}{кг}$
Сталь углеродистая	1770	1720	70 00	75 00	838	690	23,3	29,0	56,7	12,3	258
Чугун серый	1473	1470	69 50	72 00	838	753	18,6	36,2	66,7	14,0	44,5
Бронза оловянная	1260	1100	81 00	88 00	500	420	42	64	173	15,4	257
Сплавы алюминиево-кремниевые	870	840	22 00	25 00	1275	1080	83	104	385	16,8	170
алюминиево-медные	910	780	27 00	32 00	1200	1000	102	215	670	26,2	360
Сплавы цинк-алюминиевые	730	655	65 00	70 00	637	536	51	80	213	17,0	123

ПРИЛОЖЕНИЕ 47

Наименьшая допустимая толщина стенок отливок

Металл	Наименьшая толщина стенки при литье в песчаные формы, мм	Примечания
Углеродистая сталь	6 - для мелких отливок, 10-12 - для средних, более 15-20 - для крупных	При использовании кислой стали толщина стенки мелких отливок, получаемых в песчаных формах, может быть уменьшена до 4 мм. Мелкие отливки, получаемые в оболочковых формах, могут иметь стенки толщиной до 3 мм. а отливки, получаемые в металлических формах, должны иметь стенки толщиной не менее 8 мм
Низколегированная сталь	В зависимости от марки стали, в среднем на 20-40 % больше толщины стенок отливок из обычной углеродистой стали	-

прил. П47

Серый чугун	3-4,- для мелких отливок, 6-10 - для средних, более 10-20 - для крупных	При повышенном содержании фосфора в чугуне толщина стенки мелких отливок может быть уменьшена до 2 мм. При заливке чугуна в металлические формы минимальная толщина стенки составляет 4мм при площади поверхности отливки до 25 см ² и 6 мм при площади поверхности 25 - 125 см"
Модифицированный чугун	На 15 - 20 % больше толщины отливок из обычного серого чугуна	-
Чугун с шаровидным графитом	При отливках средних размеров толщина такая же, как для отливок из модифицированного чугуна	-
Ковкий чугун	3-5	Меньшие значения относятся к чугуну, выплавленному в электропечи либо дуплекс-процессом

Последовательность проектирования и основные вопросы разработки технологии литья в ПГФ

Введение

1. Выбор и обоснование марки сплава (эксплуатационная характеристика, химический состав, механические свойства, литейно-технологические свойства: жидкотекучесть, усадка, склонность к взаимодействию с газами; накоплению напряжений; образованию трещин ликвации; характеристические температуры; интервал затвердевания, свариваемость), структура и фазовый состав, рекомендуемый режим ТО.

2 Анализ технологичности конструкции детали.

2.1 Особенности конструкции детали (по конфигурации, толщине стенок, чистоте поверхностей, наличию полостей, отверстий, бобышек, приливов, окон, ребер, местных утолщений и др).

2.2 Рекомендации по обеспечению технологичности конструкции детали (упрощение геометрических форм отливки, выполнение внутренних полостей открытыми и без поднутрений, объединение выступающих бобышек и их плавное соединение с поверхностью окантовки кромок литых отверстий и окон небольшими утолщениями). Расчет сопряжения и других элементов, обеспечивающих технологичность.

2.3 Выбор положения отливки в форме (из трех вариантов), (обеспечение беспрепятственного извлечения модели из формы; обеспечение надежной установки и фиксации стержней; устранение причин, затрудняющих усадку;

размещение базовой поверхности в одной полуформе, желательна в нижней; обеспечение направленного затвердевания отливки (метод вписанных сфер).

3. Разработка чертежа отливки (определить точность отливки, например, 4-0-0-5, ГОСТ 26645-85; определить припуски на механическую обработку по наружным и внутренним поверхностям; определить размеры отливки, модели, стержня, стержневого ящика, заполнить таблицу (табл. П13). Определение границ стержней, размеров знаков, ГОСТ 3606-80 (вертикальных: нижних, верхних), горизонтальных, формовочных уклонов и зазоров - ГОСТ 3212-80. Обоснование выбора места подвода расплава к полости формы и типа ЛПС (привести эскиз ЛПС).

4. Расчет элементов литниково-питающей системы

4.1 Расчет сечений и размеров каналов литниковой системы (питателей, шлакоуловителя, стояка, литниковой воронки) по методу Озана-Дитерта и проверочный по одному из известных методов

4.2 Выбор типа и конструкции прибылей. Расчет размеров и объема прибылей (методом изотерм-изосолидусов и проверочный по одному из известных методов).

4.3 Оценка эффективности технологии (расчет по ТВГ, КИМ и др.).

5. Расчет временных показателей формирования отливки.

6. Разработка эскизов моделей отливки, элементов ЛПС и стержневого ящика. Выбор материалов, описание конструкции и расчет ее основных размеров.

7. Разработка эскизов модельных плит (с моделями низа, верха).

8. Выбор опок, механизмов центрирования опок при сборке формы.

9. Выбор составов формовочной, стержневой смесей и противопопригарных покрытий.

10. Разработка технологического чертежа формы в сборе.

10.1 Расчет массы груза.

10.2 Расчет массовых показателей (массы формы, массы стержневой и формовочной смесей)

11. Расчет шихтовых материалов. Обоснование режима плавки и ГО.

12. Выбивка отливки и финишные операции

13. Контроль качества отливок и способы устранения дефектов.

Заключение.

Библиографический список

Приложения к РПЗ (обязательные)

Комплект документов на технологический процесс изготовления отливки литьем в ПГФ.

Эскиз отливки.

Эскизы моделей низа и верха отливки.

Эскизы модельных плит: с моделями верха; с моделями низа (со спецификациями).

Эскизы стержневого ящика (в сборе) и формообразующих узлов (со спецификацией).

Эскиз формы в сборе (со спецификацией).

Карта технической информации на технологию литья.

Карта технической информации на изготовление стержня.

ПРИЛОЖЕНИЕ 49

Последовательность проектирования и основные вопросы, требующие решения при ЛВМ

Введение

1. Выбор и обоснование сплава (эксплуатационная характеристика, химический состав, механические свойства, литейно-технологические свойства: жидкотекучесть, усадка, склонность к взаимодействию с газами, накоплению напряжений, ликвации; характеристические температуры; структура и фазовый состав, режим ТО).

2. Анализ технологичности конструкции детали (по конфигурации, толщине стенок, чистоте поверхностей, наличию полостей, отверстий, бобышек, приливов, окон, ребер жесткости и местных утолщений и др.)

3. Выбор положения отливки в форме и разработка чертежа отливки (определить точность отливки по ГОСТ26645-85, назначить припуски на механическую обработку по наружным и внутренним поверхностям, рассчитать размеры отливки, моделей, стержня, стержневого ящика; заполнить таблицу П13).

4. Обоснование способа подвода расплава к полости формы; выбор типа ЛПС и разработка эскиза.

5. Расчет площади и размеров каналов литниковой системы (питателей, коллектора, стояка, литниковой воронки).

6. Выбор конструкции прибылей и их расчет с применением методов изотерм-изосолидусов или Намюра-Шкленника

7. Расчет временных показателей формирования отливки

8. Оценка эффективности технологии по ТВГ, КИМ

9. Разработка эскизов модельного блока, стержневого ящика. Выбор материалов, описание конструкций.

10. Разработка конструкции пресс-формы и расчет размеров формообразующих поверхностей.

11. Выбор модельного состава и разработка технологии изготовления моделей и модельного блока.

12. Проектирование литейной формы: выбор материалов для изготовления оболочки; расчёт количества составляющих для гидролиза ЭТС; составление технологии изготовления оболочковой формы.

13. Расчёт шихты, определение технологического режима плавки сплава, заливки форм.

14. Финишные операции по обработке отливок: выбивка, обрубка, очистка, термообработка.

15. Организация контроля качества отливок и исправления дефектов.

16. Приложения к РПЗ (обязательные):

комплект документов на технологию изготовления отливки ЛВМ;

эскиз отливки;

эскиз модельного блока в сборе (со спецификацией);

эскизы пресс-формы в сборе и формообразующих узлов (со спецификацией);

эскиз формы в сборе (со спецификацией);

карта технической информации на способ литья.

				ПРИЛОЖЕНИЕ 50
<p>КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ <i>технологического процесса</i></p>				

ПРИЛОЖЕНИЕ 51

1	-	Обозначение служебного символа и номер строки. Запись выполняют на уровне одной строки, например МО2
2	НПС	Номер признака сложности по Прейскуранту № 25-01
3	ГСП	Группа сложности отливки по данному (каждому из 10) признаку сложности
4	ПГС	Принятая группа сложности отливки
5	ГН	Группа сложности отливки по назначению, ответственности и предъявляемым требованиям
6	КТ	Класс точности чугуновых и стальных отливок по ГОСТ 26645 или другим классификаторам для цветного литья
7	Наименование материала	Наименование материала (сплава) в соответствии с государственными стандартами или техническими условиями
8	Код	Код (обозначение) материала (сплава) по классификатору. Допускается графу не заполнять
9	ЕВ	Код единицы величины (массы) детали, отливки и т.п. по классификатору СОЕИ. Допускается указывать обозначение единицы величины, массы
10	ЕН	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала, например: 1; 10; 100
11	МД	Масса детали по конструкторскому документу
12	МО	Масса отливки
13	МЛСО	Масса литниковой системы на отливку
14	МЖМО	Масса жидкого металла на отливку
15	МЖМФ	Масса жидкого металла на форму
16	МЗФ	Масса залитой формы
17	Усадка	Величина усадки металла в процентах
18	Н. расх.	Норма расхода металлической шихты на 1 т годных отливок
19	КВГ	Коэффициент выхода годного от металлозавалки
20	КОФ	Количество отливок в форме (кокиле)
21	Габариты отл.	Габаритные размеры отливки
22	Код	Код или обозначение модельного комплекта; опоки
23	Кол. гнез.	Количество гнезд в звене
24	Номер	Номер или наименование модельного состава; шихты
25	Т-ра запресс.	Температура запрессовки модельного состава
26	Масса	Масса опоки; модельного состава; прибыли; наполнителя
27	Стояк	Диаметр стояка или площадь сечения
28	Питатель	Размеры питателя
29	Кол.	Количество питателей; приемыли
30	Площ. сеч.	Площадь сечения питателя
31	Прибыль	Размеры прибыли
32	Кол. мод. в блоке	Количество моделей в блоке
33	Кол. блоков в опоке	Количество блоков в опоке
34	Наим.	Наименование огнеупорного покрытия. Допускается указывать материал обсыпки или его фракцию
35	Номер слоя	Номер слоя огнеупорного покрытия
36	Кол. слоев	Количество слоев
37	Сп. сушки	Способ сушки слоя
38	Время	Время сушки каждого слоя; выплавки модельного состава; прокалики формы
39	Сп. выплавки	Способ выплавки модельного состава
40	Т-ра	Температура выплавки модельного состава; прокалики формы
41	Код, наименование	Код, наименование наполнителя
42	L	Длина опоки в свету
43	B	Ширина опоки в свету
44	H	Высота опоки в свету
45	-	Резервная графа
46	Вр. до залив.	Время выдержки формы до заливки
47	Т-ра мет.	Температура металла при заливке в форму
48	Т-ра формы	Температура формы при заливке
49	ЕК	Емкость ковшка
50	Вр. выдерж.	Время выдержки отливки в форме
51	Терм. обработка	Термическая обработка отливок. Указывают необходимость термообработки
52	Очистка отл.	Очистка отливок. Указывают необходимость очистки
53	-	Резервная графа

По ГОСТ 3.1103-82

По ГОСТ 3.1103-82

ПРИЛОЖЕНИЕ 52

По ГОСТ 3.1103-82

ПГФ

I	ИПС										ПГС	ГН	КТ	Наименование материала	Код	ЕВ	ЕН	МД	МО	МЛСД
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
M 01	гсп										4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
M 02	МЖМО	МЖМФ	МЭФ	М пав.	Н рас.	КВГ	КОФ	Габариты отв.	ПТС	Сп. формовки	Сп. сушки	П. сл.	В. суш.							
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26							
T 03	Кол			Кол шаблонов для			Крепление формы			Данные по оплке										
	Стп.	СЯ	Стп.	формы	сборки	Масса	Кол. скоб.	наим.	код (обозначение)	L	B	H	Масса							
	27	28	29	30	31	32	33	34	35				36	37	38	39	40	41	42	
T 04																				
T 05	Размеры модели				Материал	Класс		Кол. частей	Усадка			Модельный комплект								
	наим.	L	B	H		Пр.	Точн.		L	B	H	наим.	Код (обозначение)	Кол.						
	34	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	34	35					50	
T 06																				
T 07	Кол. отряд.	Формы смеси			Литниковая система							Противоизносные покрытия								
		номер	Масса	Стяж	ШУ	Кол.	Длина	Кол.	Выход	Кол.	Чаша	номер	Масса	Сп. нанесения						
	51	52	32	53	54	50	55	50	56	50	57	52	32	58						
Ж/Х	Жереведки, хоподильники							Шпала			Заливка									
	Код (типоразмер)		Материал	Размеры	Кол.	Масса	Размер	Т-ра мет.	ЕК	КК	Вр. залив.	Вр. выдерж.								
08	59		42	60	50	32	52	61	62	63	64	65								
09								Вид очистки		Грунтовка		Темп. обработка								
10								66		67		68								
11								69												
12																				
13																				

По ГОСТ 3.1103-82

По ГОСТ 3.1103-82

По ГОСТ 3.1103-82

ПРОДОЛЖЕНИЕ
ПРИЛ. 52

По ГОСТ 3.1103-82

ПГФ

I	ИПС 1' 2' 3' 4' 5' 6' 7' 8' 9' 10'										ИРС		ГН		КТ		Наименование материала (сплава), ГОСТ, ТУ					Код				
	ГСП 3										4		5		6		7							8		
M 01	ЕВ		ЕН		МД		МО		МЛСО		МЖМО		МЖМФ		МЗФ		Усадка Н вкл.		КВГ		КОФ		Габариты атл.			
	9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21	
M 02	Код оборудования			Кодф. загрузки			Данные по волоке																			
	22			23			Назм		Код (обозначение)		L		B		H		Масса		26		27		28		29	
03	Модельный комплект																									
	Наименование элементов					Код (обозначение)					Наименование элементов					Код (обозначение)										
05	30					31					30					31					32					
	Модельная плита верха										Модель верха															
06	30					31					30					31					32					
	Модельная плита низа										Модель низа															
07	Фильтры													Формовочная смесь												
	Наименование, размер, ГОСТ, ТУ						Код (обозначение)						Кол		Масса		номер			Обознач. документа						
33						31						34		29		35			36							
08	Плавка																									
	Плавильный агрегат													Обознач. документа												
37													36													
09	Заплавка																									
	Г-ра мет		ЕК		Обознач. документа				Вр залив		Вр выдерж															
38		39		56				40		41																

По ГОСТ 3.1103-82

По ГОСТ 3.1103-82

По ГОСТ 3.1103-82

ПРИЛОЖЕНИЕ 53

По ГОСТ 3.1103-82

ЛВМ

1	НПС										ПГС	ГН	КТ	Наименование материала (слова), ГОСТ, ТУ										Код
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				4	5	6	7							
М 01	ГСП										МО	МЛСО	МЖМО	МЖМФ	МЗФ	Усадка	Н. раск.	КВГ	КОФ	Габариты атл.				
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19											20	21		
М 02	Модельный комплект					Модельный состав					Литниковая система													
	Код					Кол. зн.	Номер	Т-ра заливки	Масса	Стак	Питатель	Кол.	Площ. сеч.	Прибыль	Кол.	Масса								
Т 03	22					23	24	25	26	27	28	29	30	31	29	26								
04																								
05	Кол. мод. в блоке	Кол. блоков в блоке	Огнеупорное покрытие					Выплавка модельного состава																
			Наим.	Номер слоя	Кол. слоев	Сп. сушки	Время	Сп. выплавки	Т-ра	Время														
06	32	33	34	35	36	37	38	39	40	38														
07	Наложитель			Плаки			Правка формы			45														
	Код, изм.	Масса	Код	Размеры в свету			Масса	Т-ра	Время															
08	41	26	22	42	43	44	26	40	38															
09	Шикта		Заливка					Терм. обработка	Очистка атл.	53														
	Номер	Вр. до залив.	Т-ра зат.	Т-ра формы	ЕК	Вр. выдерж.																		
10	24	46	47	48	49	50	51	52																

По ГОСТ 3.1103-82

По ГОСТ 3.1103-82

По ГОСТ 3.1103-82

ПРИЛОЖЕНИЕ 54

По ГОСТ 3.1103-82

КОКИЛЬ

I	НПС	21	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ЛПС	ГН	КТ	Наименование материала (сплава), ГОСТ, ТУ						Код		
	М 01	ГСП	3											4	5	6	7						
M	ЕВ	ЕН	МД	МО	МПСВ	МЖМО	МЖМФ	МЭФ	Усадка	Н. расх.	КВГ	КОФ	Габариты отл.										
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21										
03	Кокль в сборе				Нагрев кокиля		Сп. охлажд.		Удлиняющее покрытие														
	Код (обозначение)			Масса	Взвеш.	Г-ра			Код	Наим.		Толщ.	Масса										
04	22			23	24	25	26	27	28		29	23											
05	Литниковая система											36											
	Стрляк	Литн. код	Питатель	Кол.	Площ. сеч.	Прибыль	Кол.	Масса															
06	30	31	32	33	34	35	33	23															
07	Заливка		43																				
	Шихта		37																				
	Т-ра мет.		38																				
	ЕК		39																				
	Полож. залив.		40																				
	Вр. залив.		41																				
	Вр. выдерж.		42																				
По ГОСТ 3.1103-82																							

По ГОСТ 3.1103-82

По ГОСТ 3.1103-82

ПРИЛОЖЕНИЕ 55

По ГОСТ 3.1103-82

ЛПД

I	НПС										ПГС	ГН	КТ	Наименование материала (сплава) ГОСТ,ТУ										Код				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				4	5	6	7											8
M 01	ГСП			ЕВ			ЕН		МД		МО		МЛСО		МЖМО		МЖМФ		Усадка		КВГ		Код зн.		Габариты отл.		Пресс-остаток	
M 02	9			10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		
03	Форма в сборе					нагрев формы			сп. охлажд.		Литниковая система																	
	Код (обозначение)					Масса		Способ		Т-ра		Старик		Литн ход		Питатель		Кол.		Коллектор		Удобн канал						
04	Смазка формы					ПТС				Промывники			Данные по оборудованию															
	состав смазки		сп. нанесения		н. раск.		первичность		36		размеры		Кол.	Масса		38												
05	Заливка					Технологические режимы литья под давлением																						
	Щихта		39		Давление в аккумуляторе		45		Вероятность смазки камеры пресс.		51		Длина 1-й фазы пресс.		53													
06	Т-ра мет.		40		Усилие прессования		46		52		Длина 2-й фазы пресс.		54															
	Вр. залив.		41		Давление на металл		47		52		1-я скорость пресс.		55															
07	Вр. выдерж.		42		Действ. пл. пр. залив. мет.		48		52		2-я скорость пресс.		56															
	Положение камеры пресс.		43		Макс. допуст. пл. пр. залив. мет.		49		52		3-я скорость пресс.		57															
08	Вр. цикла машины		44		Усилие запаривания		50		52		58																	
	60																											
По ГОСТ 3.1103-82																												

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология литейного производства: учебник / Б.С. Чуркин, Э.Б. Гофман, С.Г. Майзель, А.В. Афонаскин, М. Миляев, А.Б. Чуркин, А.А. Филшшенков; под ред Б.С. Чуркина. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2000. 662.
2. Могилев В.К. Справочник литейщика / В.К. Могилёв, О.И. Лев. М.: Машиностроение, 1988. 272 с
3. Формовочные материалы и технология литейной формы: справочник / С.С. Жуковский, Б.Л. Суворов, С.Д. Тепляков, А.А. Шпектор; под общ. ред. С.С Жуковского. М.: Машиностроение, 1993. 482 с.
4. Бречко А.А. Формовочные и стержневые смеси с заданными свойствами / А.А. Бречко, Г. Ф. Великанов. Л.: Машиностроение, 1982. 216 с.
5. Баландин Г.Ф. Теория формирования отливки: Основы тепловой теории. Затвердевание и охлаждение отливки / Г.Ф. Баландин. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 1988. 360 с.
6. Цветное литье: справочник / Н.М Галдин, Д.Ф. Иванчук, Ю.В. Моисеев, В.В.Чистеков; под общ. ред. Н.М. Галдина . М.: Машиностроение, 1989. 528 с
7. Бобылёв А.В. Механические и технологические свойства металлов: справочник / А.В. Бобылёв. М.: Metallургия, 1980. 296 с.
8. Власов А.Ф. Справочник конструктора модельной оснастки / А.Ф.Власов, П.Ф.Васильев. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-нис, 1980. 256 с.
9. Воздвиженский В.М. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении / В.М.Воздвиженский, В.А.Грачев, В.В.Спасский. М.: Машиностроение, 1984. 432 с

10. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
11. ГОСТ 2133-75. Опоки литейные. Классификация и основные размеры.
12. ГОСТ 3.1125-88. Правила выполнения чертежей литейной формы и отливки
13. ГОСТ 19367-74. Ящики стержневые металлические. Элементы конструкций.
14. ГОСТ 3212-92. Комплекты модельные. Уклоны формовочные. Основные размеры.
15. ГОСТ 20084-74. Плиты модельные металлические для встряхивающих формовочных и литейных машин.
16. ГОСТ 1412-85. Отливки из серого чугуна с пластинчатым графитом. Общие технические условия.
17. ГОСТ 7293-85. Отливки из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Общие технические условия
18. ГОСТ 977-88. Отливки из конструкционной легированной и легированной стали. Общие технические условия.
19. СТП ВГТУ 011-98 Стандарт предприятия. Курсовое проектирование. Организация, порядок проведения, оформление расчетно-пояснительной записки и графической части. Воронеж, ВГТУ, 49с.
20. Жуковский С.С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм: справочник. / С.С.Жуковский М.:Машиностроение, 2010. 256 с.
21. Тепляков С.Д. Проблема регенерации отработанных смесей по процессам альфа-сет и Бета-сет /С.Д.Тепляков // Литейщик России. 2005. №2, с 40-42.

22. Гросс И.Н. Новое направление в ХТС процессе / И.Н.Гросс, Ф.А.Вольдерт,А.Г.Веревкин // Литейщик России. 2009.№11,с7-9.

23. Девятов С.И. Прогрессивные методы в литейной технологии - моделирование и анализ / С.И. Девятов,В.М. Мешальников // CADmaster / 2003.№2. С. 19-20.

24. Тихомиров М.Д.Основы моделирования литейных процессов. Усадочная задача / М.Д.Тихомиров // Прил. к журналу «Литейное производство».2001.№12,с.8-14.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Оценка качества отливок	4
1.1. Общие сведения	4
1.2. Квалификационные показатели качества	8
1.3. Показатели технологичности отливок	10
1.4. Требования к эксплуатационным показателям литых деталей	16
2. Указания по разработке чертежа отливки с элементами литейной формы	17
3. Рекомендации по выбору типа литниковой системы и расчету ее элементов	29
4. Условия обеспечения направленности затвердевания металла в отливках	36
5. Основы проектирования модельного комплекта	41
6. Проектирование формы	45
7. Рекомендации по выбору формовочных и стержневых смесей	50
8. Заливка литейных форм расплавом	53
9. Рекомендации по расчету времени охлаждения расплава на отдельных стадиях	54
10. Рекомендации по составлению технологической документации	57
Заключение	59
Приложения	61
Библиографический список	123

Учебное издание

Аммер Владимир Алексеевич

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

В авторской редакции

Компьютерный набор А.В. Пикина, И.В. Макогона

Подписано к изданию 25.12 2012.

Объем данных 5,2 Мб

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14