**1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТЛИВКИ**

Цель задания - спроектировать отливку по указанным ее основным размерам, конструкция которой была бы технологична для заданных сплава и метода литья.

**1.1 Определение основных размеров и конфигурации отливки**

При проектировании отливки необходимо знать литейные свойства используемого сплава, функциональные свойства которого должны, в свою очередь, соответствовать назначению детали в приборе. Для простоты рассуждений будем считать, что метод литья и вид сплава, например цинковый, уже заданы, поэтому следует выбрать только марку цинкового сплава.

Выбор сплава или анализ пригодности сплава для заданного метода литья в каждом конкретном случае производится по трем основным признакам:

- функциональным свойствам;

- литейным (технологическим) свойствам;

- экономическим показателям.

Среди функциональных наиболее важными являются механические свойства сплава, которые определяют величину и характер силового воздействия на деталь в приборе. Некоторые механические свойства ряда наиболее распространенных литейных сплавов приведены в табл. 1.1.

Условные обозначения, использованные в табл.1.1:

вр - временное сопротивление, которое соответствует наибольшей нагрузке, выдерживаемой образцом при испытании, МПа;

0.2 - предел текучести, при котором остаточная деформация после снятия напряжения составляет 0,2%, МПа;

 - относительное удлинение при разрыве, отнесенное к начальной длине, %.

После некоторых сплавов в круглых скобках указана аббревиатура рекомен-дуемых методов литья (Д - под давдением; ВМ - по выплавляемой модели; К - в кокиль; ОФ - в оболочковую форму, ПФ - в песчаную форму). При отсутствии указаний сплав одинаково применим для любого метода литья.

Алюминиевые сплавы применяют в конструкциях с требованием малой плотности материала (2,74 т/м3), при этом дюралюминий имеет недостаточную коррозионную стойкость в обычной атмосфере.

Магниевые сплавы характеризуются еще меньшей плотностью (1.7 т/м3) и конструкции из них обладают высоким уровнем демпфирования (способностью гасить вибрации), однако образование магниевых оксидов сопровождается выделениями большого количества энергии, способными привести к самовоспламенению и даже взрыву.

Цинковые сплавы отличаются повышенной коррозионной стойкостью и из них льют корпуса карбюраторов и насосов, вкладыши подшипников скольжения.

Таблица 1.1 Механические свойства ряда литейных сплавов [1]

Литейные сплавы Механические свойства

  вр, МПа  0.2, МПа , % HB,Мпа

Легированные стали после закалки и отпуска

27ГЛ,30ГСЛ,40ХЛ 650 400-500 10-14 1800-2290

35ХНЛ,35ХМЛ,30ХГСТЛ 700 500-550 12 2070-2600

35ХГСМЛ,30ХНМЛ,30ХНВЛ 800 600-650 10-12 2170-2690

35ХГСМЛ,30ДХСНЛ 900-1000 700-850 8-10 -

Жаропрочные стали после нормализации и отпуска

27ХГСНЛ 1300-1500 1000-1200 5-6 -

20МЛ,25МЛ,20ХМЛ,20ХМФЛ 450-500 250-315 16-20 -

30ХМЛ,23Х5МЛ 650-700 400-450 16-18 -

Х6Н2МВФ 990 700 10 -

Жаропрочные алюминиевые сплавы

АЛ1,АЛ1Т7 (ПФ) 200-220 170-180 1 800-900

АЛ1Т5 (ПФ) 260 220 0.5 1000

АЛ1Т5 (К) 300 260 1 1200

АЛ3Т5 (ПФ,К,ВМ,ОФ) 210 - 1 700

АЛ32Т5 (ПФ,К) 240-260 170-190 2 600-700

АЛ19Т4 (ПФ,К,ВМ,ОФ) 320 210 10 850

АЛ19Т5 (ПФ,К,ВМ,ОФ) 375 280 5 1100

АЛ33Т5 (ПФ) 280 180 2 900

Коррозионно стойкие алюминиевые сплавы

АЛ8Т4 (ПФ,ВМ,К,ОФ) 300 170 12 600

АЛ22Т4 (ПФ,ВМ,К,ОФ) 240 180 1-3 900

АЛ27Т4 (ПФ,ВМ,К) 360 180 18 800

Среднепрочные магниевые сплавы

МЛ3 180 55 8 450

МЛ7-1 180 70 6 550

Высокопрочные магниевые сплавы

МЛ4 170 95 4 500

МЛ5 155 95 1.2 600

МЛ12Т6 250 150 6.5 675

Жаропрочные магниевые сплавы

МЛ9Т6 240 145 3 650

МЛ10Т6 240 120 5 650

ВМЛ1Т6 240 95 6 650

Латуни

ЛА67-2,5 380 150 15 900

ЛК80-3Л 400 160 20 1050

ЛКС80-3-3 340 140 20 950

ЛС59-1Л 340 150 40 800

Бронзы

БрОЦСН3-7-5-1(К) 210 - 5 600

БрОЦС5-5-5(ПФ) 150 - 6 600

БрАЖН11-6-6(К) 600 - 2 2500

БрАЖ9-4Л(ПФ) 500 - 12 1000

Среднепрочные титановые сплавы (после отжига)

ОТ4 700-900 600 15

ВТЛ 1000-1100 900-1000 5-10

Высокопрочные титановые сплавы (после закалки)

ВТ6 1150 1050

ВТ14 1150-1400 1050-1300 7

ТС6 1300-1500 1150-1400 3

Жаропрочные титановые сплавы (после отжига)

ВТ8 1050 900 10

ВТ3-1 1000 950 12

Из медных сплавов для литья применяют в основном латуни и бронзы, которые из-за их высокой стоимости используют вместо сталей в тех случаях, когда требуется низкий коэффициент трения при работе в коррозионных средах.

Титановые сплавы обладают небольшой плотностью (4,5 т/м3) при высоких показателях прочности, коррозионной стойкости и жаропрочности, но дорогие.

Беррилиевые сплавы стойки к рентгеновскому излучению, однако токсичны и довольно дороги, поэтому их используют главным образом для литья отдельных узлов рентгеновских трубок и установок.

Выбор положения отливки в форме относительно плоскости разъема формы должен обеспечить выполнение следующих условий:

- удаление ее из формы без разрушения;

- расположение ответственных или обрабатываемых далее поверхностей снизу или сбоку для получения плотной структуры материала;

- расположение ее в одной полуформе для достижения наивысшей точности данным методом литья (см. табл.1.2).

Таблица 1.2. Точность и качество поверхности отливки при разных методах литья [2]

Метод Квалитеты по СТ СЭВ 145-75 Параметр Rz шероховатости, мкм

литья 9 10 11 12-13 14 15 16 17 Цветные сплавы Чугун, сталь

ПФ х x x x 400..160 400..80

ОФ x x х 320...40 320..30

ВМ x x x x 80...10 60..10

К x x x 320...10 130..30

Д х x x x 30...10 10...5

На чертеже положение отливки в сечении формы обозначают буквами В (верх) и Н (низ), которые ставят у стрелок, показывающих направление разъединения формы относительно следа плоскости разъема, обозначаемого обычно О-О

При оценке качества отливки учитывают точность размеров, степень коробления, качество поверхности и поверхностного слоя, а также отсутствие наружных и внутренних дефектов. Следует подчеркнуть, что точность размеров отливки оценивают не привычными квалитетами размеров, а классами точности, допуски на размеры для которых не совпадают с допусками для квалитетов. Однако в учебных целях для упрощения оценки точности отливки соотнесем первые со вторыми и будем выражать ее размерную точность также в квалитетах. Точность отливки для выбранного метода литья зависит от ее максимального размера, литейных свойств материала и правильности конструкции литейной формы. Качество поверхности отливки определяется в значительной степени состоянием поверхности оформляющей полости литейной формы и сплавом. Качество поверхностного слоя отливки зависит от сплава и характера процесса охлаждения литейной формы.

Припуски на последующую механическую обработку назначают для поверхностей, размеры или качество которых лучше указанного в табл. 1.2 для используемого метода литья. Для этого на координирующие размеры назначают припуски по ГОСТ 26645-85 [3]. По табл. 1.3, в зависимости от метода литья, используемого сплава и максимального размера отливки, выбирают квалитет размеров и ряд припуска. По табл. 1.4 для номинального размера и выбранного квалитета этого размера назначают допуск, после чего по табл. 1.5 находят припуски на последующую механическую обработку. Поверхности, подлежащие механической обработке, обозначают на чертеже условным знаком .

Таблица 1.3 Квалитеты размеров и ряды припусков (в скобках) на механическую обработку отливок при различных методах литья.

Метод Максимальный Материл отливки

литья размер отливки, мм Цветной сплав Серый чугун Сталь

ПФ До 630 14 - 15 (2 - 4) 14 - 16 (2 - 4) 14 - 17 (2 - 5)

ОФ, К До 100 12 - 14 (1 - 2) 13 - 14 (1 - 3) 13 - 14 (1 - 3)

 Свыше 100 до 630 13 - 14 (1 - 3) 14 - 15 (1 - 3) 14 - 15 (1 - 3)

ВМ До 100 9 - 11(1) 10 - 12 (1 - 2) 11 - 12 (1 - 2)

 Свыше 100 до 250 11 - 12 (1 - 2) 12 - 13 (1 - 2) 12 - 13 (1 - 2)

Д До 100 9 - 10 (1) 9 - 11(1) 10 - 12 (1)

 Свыше 100 до 250 10 - 11(1) 10 - 12(1) 11 - 12 (1)

Точность размеров отливки зависит от ее максимального размера, конфигурации, метода литья, литейной формы и применяемого сплава. С возрастанием сложности и максимального размера точность отливок ухудшается, так как уменьшается точность изготовления литейных форм и модельной оснастки, сложнее становится процесс усадки при затвердевании и охлаждении отливки.

Таблица 1.4. Допуски линейных размеров в мм на сторону [4]

Квалитет Номинальный размер отливки, мм

размера, IT До 4 4 - 6 7 - 10 11-16 17-25 26-40 41-63 64-100

9 0.12 0.14 0.16 0.18 0.20 0.22 0.24 0.28

10 0.16 0.18 0.20 0.22 0.24 0.28 0.32 0.38

11 0.30 0.32 0.36 0.40 0.45 0.50 0.58 0.62

12 0.50 0.56 0.64 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10

13 0.61 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.40

14 1.10 0.56 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.50

15 2.00 1.25 2.40 2.80 3.20 3.60 4.00 4.40

16 - 2.20 3.20 3.60 4.00 4.40 5.00 5.60

17 - 2.80 5.00 6.00 7.20 8.00 9.00 10.00

Таблица 1.5. Припуски на механическую обработку, мм.

Допуски Для рядов припусков не более

размеров

отливок, мм 1 2 3 4 5 6

До 0,12 0,4 - - - - -

0,12...0,16 0,5 0,8 - - - -

0,16...0,20 0,6 1,0 1,4 - - -

0,20...0,24 0,7 1,1 1,5 - - -

0,24...0,31 0,8 1,2 1,6 2,2 3,0 -

0,30...0,40 0,9 1,3 1,8 2,4 3,2 -

0,40...0,50 1,0 1,4 2,0 2,6 3,5 -

0,50...0,60 1,2 1,6 2,2 2,8 3,6 -

0,60...0,80 1,4 1,8 2,4 3,0 3,8 5,0

0,80...1,0 1,6 2,0 2,8 3,2 4,0 5,5

1,0...1,2 2,0 2,4 3,0 3,4 4,2 6,0

1,2...1,6 2,4 2,8 3,2 3,8 4,6 6,5

1,6...2,0 2,8 3,2 3,6 4,2 5,0 7,0

2,0...2,4 3,2 3,6 4,0 4,6 5,5 7,5

2,4...3,0 3,6 4,0 4,5 5,0 6,5 8,0

3,0...4,0 4,5 5,0 5,5 6,5 7,5 9,0

4,0...5,0 5,5 6,0 6,5 7,5 8,0 10,0

Для каждого метода литья характерен ряд факторов, влияющих на размерную точность отливки. При литье в металлическую форму (К, Д) на точность отливки наибольшее влияние оказывают: точность изготовления формы и стержневых ящиков, постоянство толщины защитных покрытий рабочих поверхностей формы, число плоскостей разъема формы и плотность сопряжения ее отдельных частей, температура формы при заливке, постоянство усадки сплава и другие. При ПФ на точность отливки главным образом влияют точность изготовления модельной и стержневой оснастки, а также способ изготовления формы: сырая или сухая форма, на машинах или вручную и т.д. При ОФ на точность отливки влияет точность изготовления модельной оснастки, способ крепления полуформ при сборке и заливке формы. При ВМ точность отливки зависит от материала пресс-формы и точности ее изготовления, модельного состава, состава керамического покрытия, способа формовки оболочек перед заливкой и ряда других факторов.

Допуски размеров отливок регламентирует ГОСТ 26645-85. Взаимосвязь между номинальным размером детали L (или D), номинальным L0 (или D0) и предельными размерами отливки, а также припуском z на последующую механическую обработку для трех вариантов обработки показана на рис.1.1. При назначении допусков и припусков на обработку за номинальный размер наклонных, конических и фасонных поверхностей, заданных координатами от одной базы (кроме поверхностей, наклон которых вызван литейными уклонами), следует принимать наибольший их размер. Значения припусков относят к поверхностям отливки, находящимся при заливке снизу и сбоку. Припуск на верхние поверхности допускается увеличивать до значения следующего ряда.



Рис. 1.1. Взаимосвязь между окончательным размером L (или D) детали, номинальным размером Lo (Do), допуском Т размера и припуском z на последующую обработку отливки (при необходимости): а) при отсутствии последующей обработки, б) при последующей обработке в общем случае, в) при последующей обработке поверхности детали типа тела вращения.

Отверстия в отливке рекомендуется изготовлять литьем, поскольку при последующем сверлении в утолщенных местах вскрываются воздушно-газовые и усадочные раковины, при этом минимально достижимый диаметр dmin для каждого метода литья имеет следующее значение в мм:

ПФ ..............……… 8,

ОФ.........……… 8,

К.................……... 5,

ВМ.………. 3,

Д.....................……... 1

Если качество отверстия должно быть выше, чем может обеспечить способ литья, то необходимо предусмотреть припуск на последующую механическую обработку, который зависит от способа литья и отношения длины l отверстия к его диаметру d (табл. 1.6). Его выражают в мм на одну сторону диаметра (радиус) отверстия.

Таблица 1.6. Припуск на механическую обработку отверстий на сторону, мм.

Метод Соотношение между длиной l и диаметром d отверстия

литья l < d d < l < 2d l > 2d

ПФ 2.0-2.5 2.0-2.5 2.5-3.0

ОФ 1.2-1.5 1.2-2.0 1.5-2.5

ВМ 0.5-1.0 1.0-1.5 1.2-2.0

К 1.5-2.0 1.5-2.0 2.0-2.5

Д 0.3-0.5 0.4-0.5 0.5-0.6

Не рекомендуется делать глубокие отверстия, для которых l > 3d. Если l > 3d, то отверстия следует выполнять с перемычкой, которую затем необходимо устранить механической обработкой.

Литейные уклоны предусматривают на наружной и внутренней поверхностях отливки в следующих случаях:

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

- на необрабатываемых поверхностях, не сопрягаемых по контуру при сборке с другими деталями за счет увеличения (уменьшения) ее размеров (рис. 1.2б, в);

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



Рис. 1.2. Примеры простановки литейных уклонов

Размеры уклонов представлены в табл. 1.7 Их выбирают в соответствии с ГОСТ 3212-80.

Таблица 1.7. Уклоны поверхностей, перпендикулярных плоскости разъема формы [5]

Высота, Метод литья

мм ПФ ОФ ВМ К Д

До 20 10° 3° 30' 5° 1°50’

20-50 8° 2°30' 20' 4° 45'

50-100 5° 2° 20' 3° 30'

100-200 5° 2° 15' 2°30' 30

200-500 5° 1°30' 15' 2° 20'

Литейные уклоны для тонких стенок назначают “на плюс” к размеру, для стенок средней толщины - “на плюс” и “на минус”, а для толстых стенок - только “на минус”.

Радиусы сопряжения предусматривают в местах сопряжения стенок и при переходе одной поверхности отливки в другую для предотвращения образования "холодных" трещин. Их величину r выбирают из соотношения:

 r = (s1+s2)/k, (1.1)

где s1, s2 - толщина сопрягаемых стенок отливки в мм; k - коэффициент, зависящий от метода литья и равный:

ПФ...................................... 3-4,

ОФ.........................…......... 4-5,

ВМ..................……............. 3-5,

К........................................ 4-6,

Д...................................….. 8-12

Радиусы сопряжения стенок округляют до ближайшего целого числа, соответствующего радиусу стандартной фрезы 1, 2, 3, 5, 8, 15, 20, 25, 30 и 40 мм.

**1.2. Технологичность конструкции отливки.**

Упрощенный способ анализа технологичности является наиболее наглядным из способов анализа технологичности конструкции отливки и заключается в последовательной проверке выполнения всех технологических требований, накладываемых методом литья. Эта проверка касается габаритных размеров, отдельных конструктивных элементов, точности размеров, качества поверхности и сравнения их со значениями параметров, которые проставлены на чертеже отливки.

При невыполнении хотя бы одного технологического требования предельно допустимому значению итерационно вносят необходимые изменения до тех пор, пока не будут соответствовать значения всех входных параметров предельно допустимым. Поиск оптимального значения каждого параметра отражает циклический характер анализа технологичности.

Возникающие отклонения значений исходных параметров могут быть устранены технологом по согласованию с конструктором при учете экономической целесообразности принятого ими совместного решения.

Последовательность анализа технологичности конструкции отливки.

1. Расположение отливки в литейной форме должно быть таким, чтобы конструкция отливки обеспечивала минимальное количество поверхностей разъема литейной формы для уменьшения составных частей формы, удорожающих литейную форму и снижающих точность отливки. Так, на рис. 1.3а представлена отливка, литейная форма для получения которой состоит из трех таких частей - двух полуформ и среднего вкладыша, который при литье для удаления отливки дол-жен раздвигаться в стороны перед раскрытием литейной формы. Желательно, чтобы вся отливка располагалась в одной полуформе, лучше - в нижней. На рис. 1.3б та же отливка, что и на рис. 1.3а, после изменения ее конструкции формируется литейной формой, состоящей из двух полуформ, причем вся отливка располагается в нижней полуформе, а верхняя - играет роль “крышки”.



Рис.1.3. Варианты конструкции отливки

2. Наружные поверхности отливки не должны иметь выступающих частей, затрудняющих формообразование и извлечение модели при литье в разовую форму (отливки при литье в постоянную форму). Правильность конструкции отливки можно проверить методом "световых теней" - световым потоком, перпендикулярным плоскости разъема литейной формы, образующим тени при неправильной конструкции и не дающим теней при правильной конструкции отливки - рис. 1.4.



 а) б)

Рис. 1.4. Проверка правильности конструкции отливки методом “световых теней”.

На поверхностях отливки, расположенных перпендикулярно плоскости разъема формы, необходимо предусматривать литейные уклоны, облегчающие извлечение модели из разовой формы или отливки из постоянной формы. Поверхности, обрабатываемые после литья, следует располагать на одном уровне.

3. Внутренние поверхности отливки должны содержать минимальное число отверстий и внутренних полостей, оформляемых стержнями, при этом необходимо предусмотреть удобство установки и надежность крепления стержней в литейной форме, а также удобство выбивки стержней из отливки и обеспечить свободный вывод газообразных составляющих стержневой смеси.

4. Толщину стенок отливки следует выбирать с учетом метода литья (см. табл. 1.8). Чрезмерная толщина стенок увеличивает массу отливки, повышает пористость сплава и опасность образования усадочных раковин. Так, оптимальная толщина стенки больше всего подходит для отливок с одно-временным принципом затвердевания, а при толщине стенки, больше максимально рекомендуемой, повышается вероятность образования усадочных раковин, поэтому необходимо предусмотреть прибыль.

Таблица 1.8. Рекомендуемая толщина стенки отливки, мм [2]

Метод Толщина стенки, мм

литья Минимальная Оптимальная Максимальная

ПФ 4.0 5 - 12 18

ОФ 2.5 4 - 9 14

ВМ 1.0 3 - 5 14

К 2.0 5 - 8 18

Д 0.5 2 - 4 10

В конструкции отливки следует предусматривать ребра жесткости для повышения прочности в направлении действия нагрузки, а также предупреждения коробления поверхностей, имеющих большую протяженность. Они необходимы при максимальном напряжении в материале выше 0,85вр. Ребра жесткости должны быть высотой не менее (2...5)s и снабжаться уклонами 10...36° (рис.1.5). Для эффективного повышения прочности отливки их толщина должна составлять не менее (0,8..1,0)s

 

Рис. 1.5. Основные размеры ребра жесткости

Толщина внутренних стенок и полок отливки должна также составлять не менее 0,8s для обеспечения принципа одновременного затвердевания расплава, при этом места сопряжений ребер жесткости между собой и со стенками отливки не должны быть толще самих ребер жесткости. Перепад толщины стенок s отливки должен быть не более 3s для устранения тепловых узлов, приводящих к образованию “горячих” трещин, и для снижения усадки металла, приводящей к образованию усадочных раковин. Если толщина стенки изменяется более, чем в два раза, то переход поверхности рекомендуется делать плавным, причем длина перехода должна быть не менее суммы толщины (s1+s2) сопрягаемых стенок (см. рис. 1.6).



Рис.1.6. Плавный переход при сопряжении стенок разной толщины

Принцип направленного затвердевания следует предусматривать для сплавов с повышенной усадкой (при Кус > 1,2%) для исключения образования усадочных раковин и пористости, при этом прибыль в более массивной верхней части отливки способствует образованию усадочных раковин в ней, а не в отливке.

Список литературы

1. Физические величины: Справочник / Под редакцией И. С. Григорьева. М.: Энергоатомиздат, 1991. 1225 с.

2. Степанов Ю.А., Баландин Г.Ф., Рыбкин В.А. Технология литейного производства. М: Машиностроение, 1983. - 287 с.

3. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. М.: ИПК "Издательство стандартов", 1996. - 54 с.

4. Методические указания к учебному технологическому практикуму в литейных лабораториях. Изд-во МГТУ, 1997. - 80 с.

5. ГОСТ 3212-80. Величины уклонов и конусности при литье. М.: Изд-во стандартов, 1981. - 15 с.