МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский

технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

(КНИТУ-КАИ)

Институт авиации, наземного транспорта и энергетики

Кафедра материаловедения, сварки и производственной безопасности

22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине: «Технологическое оборудование в производстве, обработке и переработки материалов и покрытий»

на тему: «Разработка технологического процесса и выбор оборудования для изготовления заготовки детали «Рычаг»»

Выполнил: студент группы 1410, Абрамова В.А.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Проверил: к.т.н., доцент, Шибаев П.Б.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Курсовая работа зачтена с оценкой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(оценка, подпись, дата)

Казань 2022

# АННОТАЦИЯ

Сведения об объеме работы: 42 страницы, чертежи – 7, рисунки – 8, таблицы – 13, приложения – 2, использованные источники – 7.

Ключевые слова: технологический процесс, литье в песчано-глинистые формы, отливка, деталь, форма, оборудование.

Объект исследования: технология изготовления детали «Рычаг».

Цель работы: разработка технологического процесса и выбор оборудования для изготовления заготовки детали «Рычаг».

Метод исследования: выбор материала детали, выбор метода и способа получения заготовки, разработка чертежа элементов литейной формы, выбор рационального расположения отливки в форме, выбор разъема формы, назначение формовочных уклонов, назначение припусков на механическую обработку, установление размеров опок.

Полученные результаты: технологический процесс изготовления детали «Рычаг», произведен расчет всех необходимых параметров, выбрано оборудование.

Область применения и внедрения: деталь «Рычаг» относится к деталям гидромашиностроения и входит в состав конструкции поворотно-лопастной гидротурбины. Рычаг является составной частью механизма поворота лопастей рабочего колеса.

СОДЕРЖАНИЕ

[АННОТАЦИЯ 2](#_Toc96884767)

[ВВЕДЕНИЕ 4](#_Toc96884768)

[1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ 5](#_Toc96884769)

[1.1 СЛУЖЕБНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ДЕТАЛИ 5](#_Toc96884770)

[1.2 ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЕТАЛИ 6](#_Toc96884771)

[1.3 ВЫБОР МЕТОДА И СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ 9](#_Toc96884772)

[1.4. ВЫБОР И РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОСНАСТКИ 16](#_Toc96884773)

[1.5. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ 23](#_Toc96884774)

[СВОДНАЯ ТАБЛИЦА 25](#_Toc96884775)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 30](#_Toc96884776)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 31](#_Toc96884777)

[ПРИЛОЖЕНИЯ 32](#_Toc96884778)

[Приложение 1 32](#_Toc96884779)

[Приложение 2 36](#_Toc96884780)

# ВВЕДЕНИЕ

Современная промышленность располагает большим количеством способов изготовления заготовок. Это позволяет повысить качество и эксплуатационные характеристики деталей, снизить материальные и трудовые затраты на их изготовление. Рациональный выбор заготовок для изготовления деталей является одним из основополагающих критериев, определяющих стоимость детали, её качество и сроки изготовления.

Оценкой экономической эффективности применения того или иного способа изготовления заготовки являются следующие критерии: себестоимость, качество и сроки изготовления детали. Оценку целесообразности выбора способа изготовления заготовок, следует проводить с учётом множества факторов. Рассматривать достоинства и недостатки каждого способа изготовления заготовки. Максимальное приближение по размерам и форме заготовки к форме и геометрическим размерам детали не всегда является оптимальным вариантом.

При выборе заготовок используются термины «метод» изготовления заготовки и «способ» изготовления заготовки. Под термином «метод» понимается группа технологических процессов, в основе которых лежит единый принцип формообразования. Например, метод обработки металлов давлением, метод изготовления заготовок литьём, метод изготовления заготовок сваркой, а также комбинация этих методов. Каждый метод содержит большое количество способов изготовления заготовок. При выборе метода изготовления заготовок основную роль играет материал детали и требования к материалу детали с учётом обеспечения эксплуатационных свойств.

В данной курсовой работе поставлена задача выбора и проектирования технологических параметров и оснастки, используемой для производства заготовки; расчета потребного материала; расчет коэффициента использования материала.

# 1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 СЛУЖЕБНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ДЕТАЛИ

Деталь «Рычаг» относится к деталям гидромашиностроения и входит в состав конструкции поворотно-лопастной гидротурбины. Рычаг является составной частью механизма поворота лопастей рабочего колеса.

Рычаг представляет собой деталь, состоящую из двух бобышек диаметрами 25 и 20 (рис.1), соединенных между собой. Деталь имеет габаритные размеры 110х25х18 мм, массу 1 кг, серийность 100000 шт. Рычаг относится к категории средней сложности.

Рычаг посредством пальца соединяется с серьгой, которая заменяет шатун, и шарнирно соединяется вторым своим концом с крестовиной. Крестовина через проушину и соединительные планки воздействует на рычаг, который, поворачиваясь, разворачивает лопасть рабочего колеса. Также рычаг удерживает своей боковой поверхностью лопасть от осевого перемещения.

При работе турбины рычаг подвержен большим нагрузкам: подвергается одновременному действию усилия, приложенному к его пальцу от сервомотора, и центробежной силы лопасти, цапфы и самого рычага, поэтому к его прочности предъявляются высокие требования.

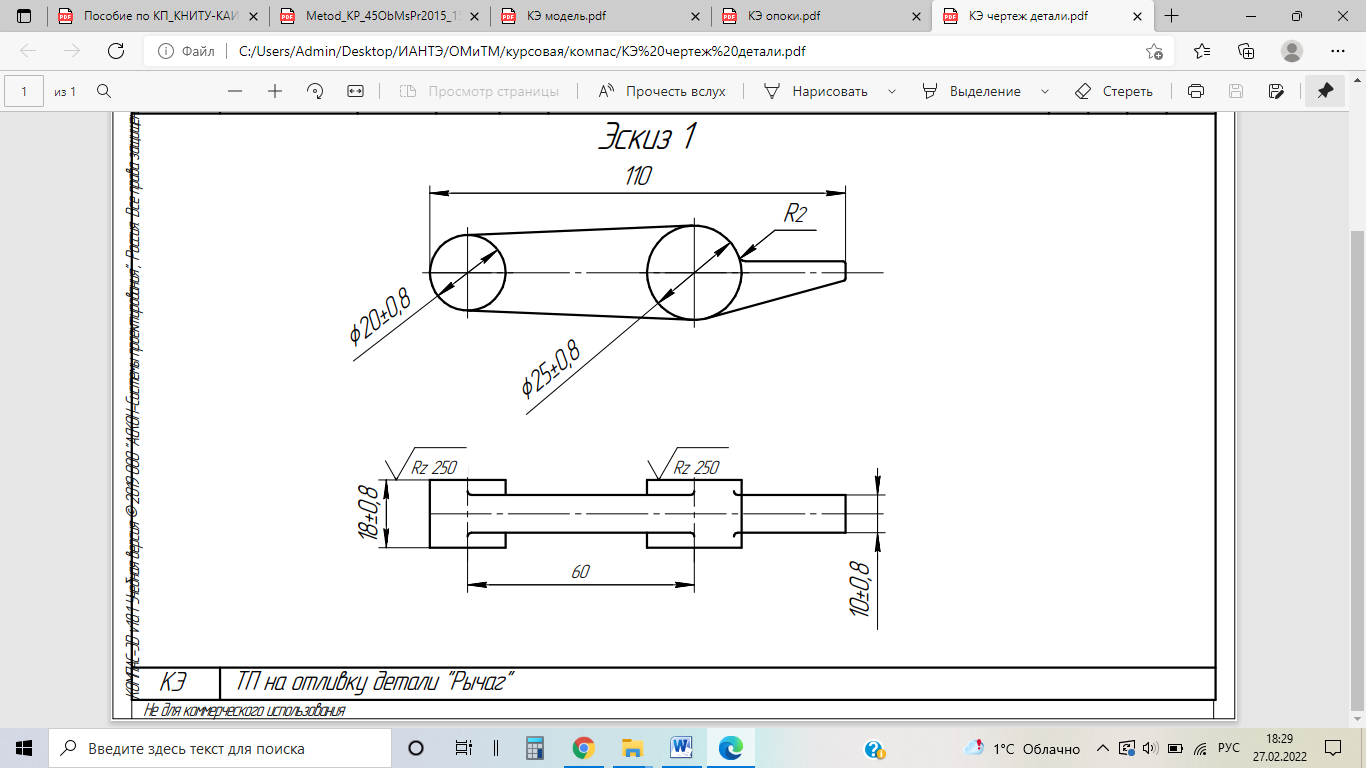


Рисунок 1 – Чертеж детали «Рычаг»

## 1.2 ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЕТАЛИ

Для обеспечения необходимых прочностных характеристик рычага, нужно правильно выбрать материал заготовки.

Сравним несколько материалов.

Сталь 50Л предназначена для производства деталей работающих в составе промышленных агрегатов, с высокими перепадами температур, и с высокими требованиями по износостойкости.

Таблица 1 - Химический состав стали 50Л.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Химический элемент | C | Mn | Si | Cr | Ni | Cu | S | P | Fe |
| Содержание, % | 0,47-0,55 | 0,40-0,90 | 0,20-0,52 | до 0,3 | до 0,3 | до 0,3 | до 0,045 | до 0,04 | ~97 |

Таблица 2 - Механические свойства стали 50Л.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Режимы термообработки | σ0,2  (МПа) | σв  (МПа) | δ5  (%) | ψ  (%) | KCU  (Дж / см2) | HRC∂  (HB) |
| не менее | | | | |
| Нормализация 860-880 °С + Отпуск 600-630 °С | 340 | 580 | 11 | 20 | 24 | --- |
| Закалка 860-880 °С + Отпуск 600-630 °С | 400 | 750 | 14 | 20 | 29 | --- |
| Отжиг  850-870 °С, печь. Нормализация 870-880 °С. Отпуск 600-650 °С, воздух | 335 | 570 | 11 | 20 | 24 | 174 |

Таблица 3 - Технологические свойства стали 50Л.

|  |  |
| --- | --- |
| Термообработка: | Нормализация 860 - 880oC, Отпуск 600 - 630oC |
| Твердость материала: | HB 10-1 = 159 - 240 МПа |
| Температура критических точек: | Ac1 =725, Ac3(Acm) =760, Ar3(Arcm) =750, Ar1 =690 |
| Свариваемость материала: | ограниченно свариваемая. Требует предварительного нагрева и последующей термообработки. |

Таблица 4 - Литейные свойства стали 50Л.

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование свойства | Значение |
| Температура начала затвердевания: | 1490°С |
| Показатель трещиноустойчивости: | 0,5 |
| Склонность к образованию усадочных раковин: | 1,1 |
| Жидкотекучесть: | 1,1-1,2 |
| Линейная усадка: | 1,90 % |

Серый чугун. Серый чугун — это сплав железа с углеродом, который при охлаждении металла образуется в виде хлопьевидных или пластинчатых включений. Содержание углерода в сплаве превышает 2,14%, что выше нормальной растворимости. Этим сплав и отличается от стали, в которой углерод полностью растворен и отсутствует в виде отдельных включений, структура которых определяет их как графит.

Высокое содержание углерода в свободном состоянии определяет механические свойства серого чугуна. Одно из основных качеств, которые позволяют использовать серый чугун не только в качестве предельного металла, это его высокие литейные качества и малая усадка при застывании. Расплавленный металл имеет высокую текучесть, поэтому из него можно выполнять отливки сложной формы.

Ограничение по использованию изделий из серого чугуна обусловлено тем, что он имеет низкую прочность на изгиб, высокую хрупкость. Из-за наличия вкраплений углерода сварка серого чугуна практически невозможна.

В химический состав сплава, кроме железа и углерода, входит также некоторое содержание кремния. Свойства сплава зависят от условий охлаждения, поскольку время изменения температуры влияет на формирование внутренней структуры материала.

Основная разница в качествах этих материалов заключается в следующем:

* Твердость стали выше, чем у чугуна.
* Масса стальных изделий меньше, при этом материал легче плавится.
* Определенные виды обработки доступны только для стальных заготовок (ковка, сварка), в то время как чугунные изделия изготавливаются только литьевым методом.
* Теплопроводность чугунных изделий ниже, чем у стальных аналогов.
* Чугун не нуждается в обязательной закалке.
* Чугун хрупкий

В качестве материала рычага используем сталь 50Л (ГОСТ 977-88).

## 1.3 ВЫБОР МЕТОДА И СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

Современная промышленность имеет большое количество способов изготовления заготовок. Благодаря этому можно повысить качество и эксплуатационные характеристики деталей, снизить материальные и трудовые затраты на их изготовление.

Правильный выбор заготовок для изготовления деталей является одним из основополагающих критериев, определяющих стоимость детали, ее качество и сроки изготовления.

Рациональный выбор заготовок является актуальной задачей при проектировании и создании новых машин и другой продукции различного назначения.

Оценку целесообразности выбора способа изготовления заготовок, следует проводить с учетом множества факторов. Рассматривать достоинства и недостатки каждого способа изготовления заготовки.

При выборе заготовок используются термины «метод» изготовления заготовки и «способ» изготовления заготовки. Под термином «метод» понимается группа технологических процессов, в основе которых лежит единый принцип формообразования. Например, метод обработки металлов давлением, метод изготовления заготовок литьем, метод изготовления заготовок сваркой, а также комбинация этих методов. Каждый метод содержит большое количество способов изготовления заготовок. При выборе метода изготовления заготовок основную роль играет материал детали и требования к материалу детали с учетом обеспечения эксплуатационных свойств детали.

Основными факторами, учитываемыми при выборе заготовки, являются:

- масштаб и серийность выпуска (тип производства);

- тип и конструкция детали (форма и размеры);

- назначение детали в машине, материал и технические условия на изготовление;

- планируемые сроки на технологическую подготовку производства;

- конкретные условия производства (вооруженность завода и кадры);

- экономичность заготовки, выбранной с учетом предыдущих факторов.

Все способы получения заготовок определяются:

1. Технологической характеристикой материала, т.е. его литейными свойствами или способностью претерпевать пластические деформации при обработке давлением.

2. Формой и размером заготовки.

3. Требуемой точностью выполнения заготовки и качеством поверхности.

4. Величиной программного задания.

5. Производственными возможностями заготовительных цехов предприятия (наличием соответствующего оборудования).

6. Временем, затрачиваемым на технологическую подготовку производства заготовок (на изготовление штампов, моделей, пресс-форм, нестандартного оборудования и т.п.).

***Применение литых заготовок*** обусловлено следующими достоинствами данного метода:

- получение заготовок практически любой формы, размеров и массы;

- снижение объема механической обработки при изготовлении деталей;

- изготовление заготовок, за исключением некоторых способов, с высокими коэффициентами использования заготовок и использования материалов;

- изготовление заготовок из сплавов, которые не поддаются пластическому деформированию и из трудно обрабатываемых материалов.

Одним из основных показателей рационального выбора способа литья является себестоимость детали, которая в большой степени зависит от стоимости металла. Поэтому при выборе способа литья необходимо рассматривать вопрос об экономии металла.

Основные факторы, которые необходимо учитывать при сравнении различных способов литья:

1. Для получения качественных отливок в первую очередь необходимо учитывать технологические свойства сплава (жидкотекучесть, склонность к усадочной и газовой пористости, к ликвации и т.д.). Если сплав обладает пониженной жидкотекучестью, то нежелательно применение литья в металлические формы. Жидкотекучесть повышается при литье под давлением, центробежном, по выплавляемым моделям, штамповке жидкого металла. Если сплав имеет высокую склонность к усадке, нежелательно применение литья в металлические формы, так как возможно образование трещин из-за низкой податливости формы. Не рекомендуется также применять сплавы склонные к усадке и для получения отливок литьем под давлением, так как повышается трудоемкость изготовления отливки из-за сложности установки прибылей, усложнения пресс-формы.

2. Способ изготовления литых заготовок должен исключать дефекты литейного происхождения, обеспечивать возможность получения мелкозернистой структуры и соответственно обеспечить высокие механические свойства.

3. При выборе способа изготовления заготовок необходимо учитывать технологичность конструкции детали применительно к каждому из рассматриваемых способов. Тонкостенные сложные по форме конструкций отливки можно получить литьем по выплавляемым моделям и литьем под давлением. Сложные по форме отливки можно получить литьем в песчано – глинистые формы. При литье в кокиль форма отливки по возможности должна быть простой, центробежный способ литья в основном применяют для отливок тел вращения и отливок с пониженной жидкотекучестью (например, титановых).

4.При выборе способа нужно учитывать форму, размеры и массу деталей. При литье в песчано - глинистые формы форма, размеры и масса отливок практически не ограничены. Для повышения точности и чистоты поверхностей, мелких и средних по массе отливок, целесообразно применять специальные способы литья.

5.Специальные способы литья целесообразно применять при крупносерийном и массовом производствах, только в этих случаях окупаются затраты на изготовление оснастки, за счет снижения объема механической обработки заготовок.

6. При выборе способа литья необходимо учитывать и качество металла в отливках (наличие дефектов литейного происхождения, плотность, механические свойства и т.д.).

Таблица 5. Классификация способов изготовления литых заготовок:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характерный признак способа | Вид характерного признака | | Наименование вида характерного признака | Способы и особенности изготовления литых заготовок |
| Литейная форма | Разовая | | Песчано – глинистая форма | Литье в песчано – глинистые формы |
| Оболочковая форма | Литье в оболочковые формы |
| Керамическая форма для литья по выплавляемым моделям | Литье по выплавляемым моделям |
| Постоянная | | Металлическая | Литье в кокиль |
| Литье под высоким давлением, литье в песчано – глинистые формы и др. |
| Способ заливки металла под действием | | гравитационных сил | | Литье в песчано – глинистые формы |
| Литье в кокиль и др. |
|  | | перепада газового давления | | Литье под низким давлением |
| Литье с противодавлением |
| Литье вакуумным всасыванием |
| внешних сил | | Литье под высоким давлением |
| Центробежное литье |

Продолжение таблицы 5.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Печи для плавки металла | | Индукционные | Индукционная плавка заготовок из черных и цветных сплавов |
|  | | Дуговые | Дуговая плавка заготовок из черных и медных сплавов |
| Вакуумно - индукционные | Вакуумно – индукционная плавка заготовок из жаропрочных сплавов |
| Вакуумно – дуговые печи | Вакуумно – дуговая плавка заготовок из титановых и тугоплавких сплавов |
| Другие способы | Литье с расходуемым электродом | Электрошлаковое литье | Заготовки электрошлакового литья из черных металлов |
| Дуговые и другие вакуумные печи с расходуемым электродом | Литые заготовки из титановых и других тугоплавких металлов |
| Непрерывное литье | Медные профильные заготовки | |
| Литье с регулируемой структурой | Литые заготовки из жаропрочных сплавов | |

Для изготовления рычага выбираем способ литья в песчано-глинистые формы.

Литье в песчано-глинистые формы достаточно простой, отработанный и наиболее распространенный способ изготовления литых заготовок. Литьем в песчаные формы получают отливки из чугуна, стали, алюминиевых, магниевых и цинковых сплавов. Это достаточно простой, отработанный и наиболее распространённый способ изготовления литых заготовок. Примерно 85 % всех отливок получают литьем в песчано-глинистые формы. Способ универсален, экономически оправдан при любом характере производства для деталей любой массы, конфигурации, размеров.

Комплект приспособлений, используемых для изготовления отливок, называют *литейной оснасткой*. Часть литейной оснастки, включающая все приспособления, необходимые для образования рабочей полости литейной формы при ее формовке, называется *модельным комплектом*. В комплект входят модели отливки и элементы литниковой системы, модельные и сушильные плиты, стержневые ящики, формующие, контрольные и сборочные шаблоны для конкретной отливки. Существует также понятие *формовочный комплект*, под которым подразумевается полный комплект оснастки, используемый для получения разовой формы. В него дополнительно входят (наряду с приспособлениями модельного комплекта) необходимые при формовке опоки, наполнительные рамки, штыри, скобы и др.

Основной элемент литейной оснастки – это *литейная форма*. Литейная форма входит в состав литниковой системы - конструкции, состоящей из литейной формы и элементов, обеспечивающих заполнение литейной формы расплавом металла и получение отливки заданных размеров и конфигурации.

Конструкция литниковой системы зависит от свойств сплава – его жидкотекучести и усадки. Расход металла на литниковую систему зависит от ее конструкции и обычно составляет 20-40% массы отливки для серого чугуна,30-60% - для белого чугуна; 60-80% - для стали и 35-80% - для цветных сплавов.

При этом способе в разовую подготовленную форму производится заливка жидкого металла. После затвердевания и охлаждения отливки форма разрушается. В зависимости от вида применяемых формовочных смесей и противопригарных красок обеспечивается различное качество отливок (по поверхности, внутренним дефектам, по отклонениям габаритных размеров и пр.). Несмотря на значительный расход формовочных материалов - до 3 т на 1 т отливок - данный способ наиболее распространен в литейном производстве, так как обеспечивает наибольшую универсальность и простоту формообразования. Наиболее всего данный процесс применим для индивидуального и мелкосерийного производства. Применяемые ЖСС и песчано-глинистые смеси обеспечивают хорошее качество отливок, получаемых из чугуна и стали.

Разработку технологического процесса изготовления отливки начинают с анализа технологичности конструкции детали.

Технологичной называют такую конструкцию изделия или составных ее элементов (деталей, узлов, механизмов), которая обеспечивает заданные эксплуатационные свойства продукции и позволяет при данной серийности изготовлять ее с наименьшими затратами. Технологичная конструкция характеризуется простотой компоновки, совершенством форм. Конструкция отливки должна обеспечить удобство извлечения модели из формы, что достигается наименьшим количеством разъемов модели, отъемных частей и стержней.

Деталь «Рычаг» имеет конфигурацию средней сложности (2 группа сложности) и обладает достаточно хорошей технологичностью для изготовления ее способом литья.

## 1.4. ВЫБОР И РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОСНАСТКИ

1. Разработка чертежа элементов литейной формы производится в соответствии с ГОСТ 2.423-73 и выполняется на основании чертежа детали. Чертеж элементов литейной формы является первичным технологическим документом. При его разработке выполняются все технологические указания, необходимые для проектирования и изготовления технологической оснастки литейного производства.

2. Упрощаются внешние и внутренние очертания отливки, так как отверстия малого диаметра, мелкие выемки, пазы и т.д. в отливках не получают, а рассчитывают на их оформление при последующей механической обработке.

3. Выбирается рациональное положение отливки в период закалки в форме, которое обеспечивает отсутствие в ней дефектов усадочного происхождения и качество поверхностей. При этом исходят из того, что наиболее чистыми и плотными при получении отливок путем свободной заливки получаются нижние и боковые поверхности, а на верхних поверхностях могут концентрироваться газовые раковины и песчаные включения.

4. Обозначаются разъем модели в форме, отъемные части модели. Для облегчения извлечения модели из формы и стержня из стержневого ящика предусматриваются формовочные уклоны (рис.3). Для отливок из стали, чугуна и цветных сплавов при литье в песчаные формы величина уклонов выбирается по ГОСТ 3212-80 и равна 2о (Таблица 9).

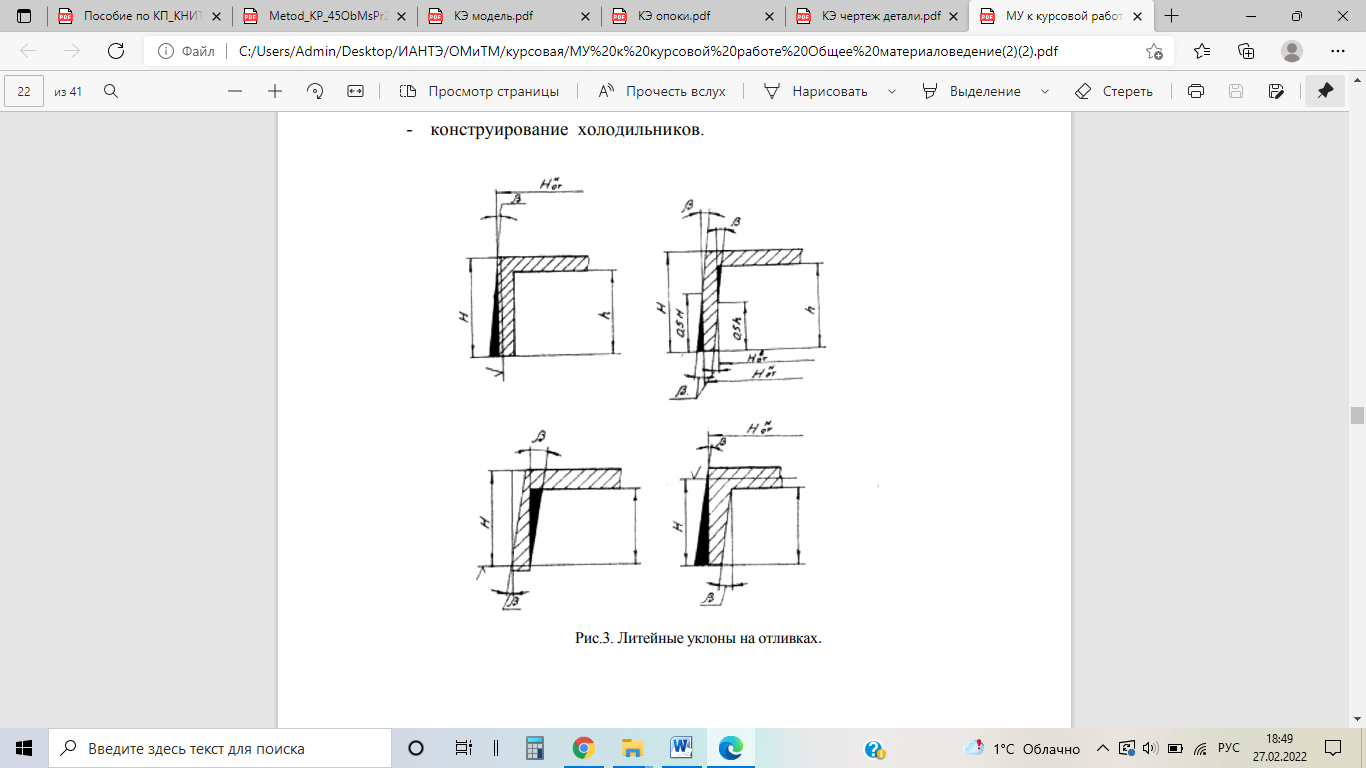


Рисунок 2 – Формовочные уклоны в отливках

5. Определяется требуемое число стержней, их форма и размеры (если они необходимы).

6. Назначаются припуски на механическую обработку отливок, величина которых обуславливается требованиями ГОСТ 2009-55 (стальные отливки).

Припуск на механическую обработку равен 3 мм (Таблица 7).

7. Устанавливается величина усадки сплава, на которую увеличиваются размеры модельного комплекса и стержневого ящика. Величина усадки (по справочным данным и ОСТ 5.9044-71) в среднем применяется для стальных отливок - 2%.

8. Количество отливок в форме определяется серийностью детали, ее габаритами и массой. В условиях мелкосерийного производства отливок процесс литья обычно строится в расчете на размещение в форме небольшого числа отливок. При серийном, крупносерийном и особенно массовом производстве стремятся к размещению в форме наибольшего числа однотипных отливок, что обеспечивает максимальную металлоемкость формы.

В данной работе при массовом производстве выбирается 6 отливок в одной форме.

9. Конструирование и расчет элементов литниково – питающей системы. Выбор типа и места подвода расплава к отливке (рис.4), а также установление размеров элементов литниково – питающей системы - одно из условий получения отливок высокого качества. Расплав следует подводить к полости так, чтобы его струя не размывала стенок формы и не била в стержни. Из производственных данных выработаны следующие рекомендации по выбору места подвода расплава в форму.

Hр = hст – р2 /2hотл = 15,75 мм – напор (1)

Здесь р - расстояние от уровня подвода металла до верхней точки полости формы, м;

hcт = р+1/2 hотл = 18 мм - при боковой системе; (2)

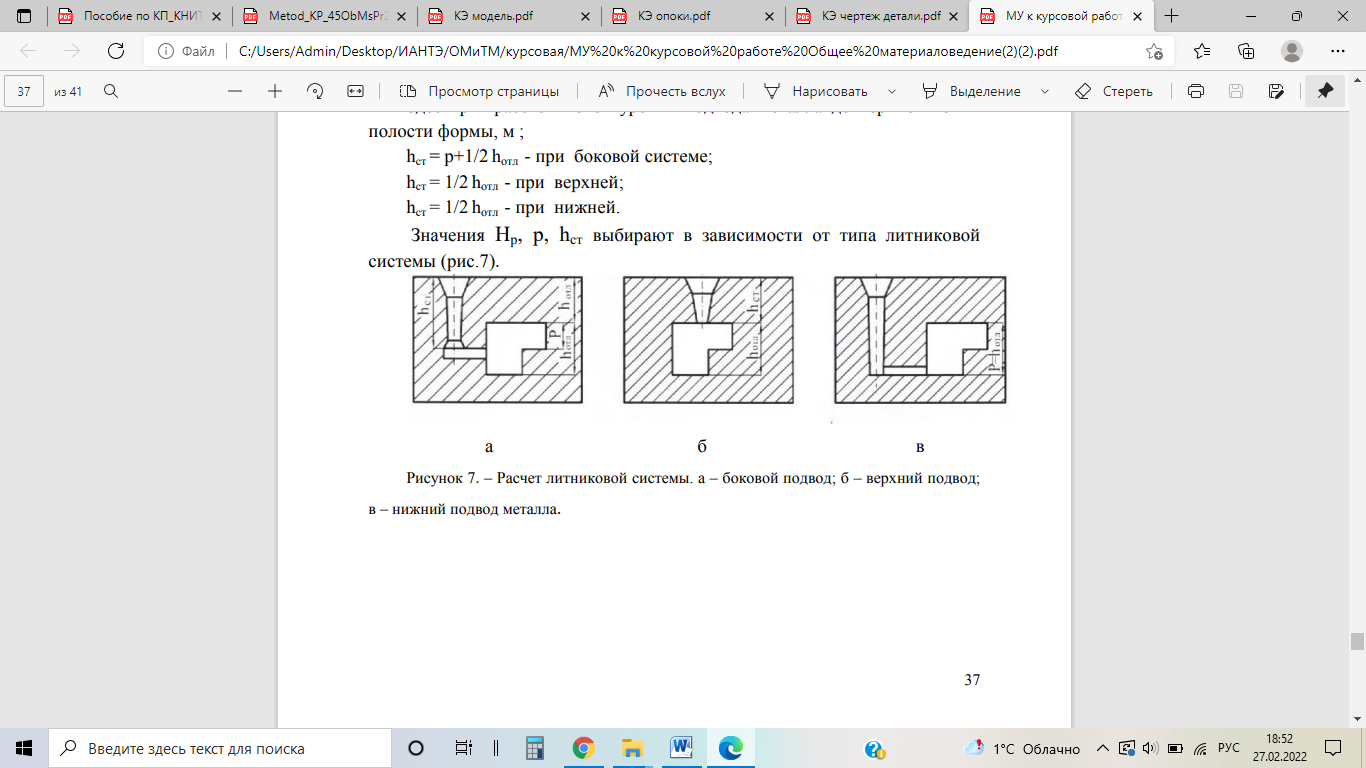


Рисунок 3 – Схема места подвода металла к отливке: а – боковой подвод; б – верхний подвод; в – нижний подвод.

При стальном литье расплав к полости формы подводится двояко: если разница в толщине различных мест отливки сравнительно небольшая - в более тонкие участки (для выравнивания скорости охлаждения отливки), а при значительной разнице в толщине - к самому массивному месту отливки, на котором обычно ставиться прибыль для создания направленного затвердевания отливки, идущего от тонких частей к толстым.

Расчет литниковой системы сводится к определению сечения питателей по формуле:

(3)

где: ∑Fn - суммарное поперечное сечение площади питателей, см2

Q - масса жидкого металла, кг;

τ - продолжительность заливки, с;

k - удельная скорость заливки, кг/см2 (Таблица 10);

l - коэффициент жидкотекучести для отливок из чугуна и цветных металлов, принимается равным 1, а для остальных металлов равным 0,8.

Продолжительность заливки τ вычисляется по формуле:

(4)

где S - поправочный коэффициент, зависящий от толщины стенки отливки (Таблица 11).

Так как в форме будут устанавливаться 6 отливок, следовательно, продолжительность заливки умножаем на 6.

(5)

После определения суммарного сечения питателей, сечения шлакоуловителя и стояка устанавливаются по соотношению:

для стали: ∑Fn : Fшл : Fст = 1 : 1,1 : 1,2 (6)

Fшл = 2,53 см2 - площадь шлакоуловителя.

Fст = 2,76 см2 - площадь стояка.

Диаметр стояка =1,9 см. Принимаем диаметр 20 мм.

Устанавливаем минимальные толщины стенок песчаной формы (Таблица 6):

Масса отливки до 5 кг;

а = 40 мм, b = 40 мм, с = 30 мм, d = 30 мм, е\* = 30 мм, е = 30 мм

а-расстояние между верхом модели и верхом опоки;

b-расстояние между низом модели и низом опоки;

с-расстояние между моделью и стенками опоки;

d-расстояние между стояком и стенками опоки ;

е-расстояние между моделью и шлакуловителем.

Установив рациональное число получаемых в форме отливок и минимальную толщину стенок формы, экономно разместив отливки и элементы литниково – питающей системы, определяют расчетно – габаритные размеры формы.

Окончательные размеры опок выбираем по ГОСТ 2133-75:

L×B×H = 360 х 250 х 75

А = L + 100 = 460

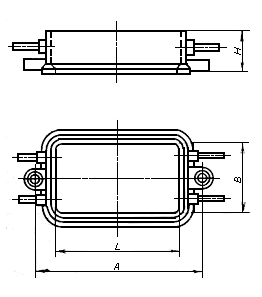


Рисунок 4 – Схема опок с обозначением величин

Температура заливки равна 1560 – 1590◦С (Таблица 12).

Продолжительность процесса охлаждения отливок может колебаться от минут до суток в зависимости от их массы, состава сплава и свойств формовочных материалов.

Время затвердевания отливки рассчитывается по формуле:

(7)

где: τ - время охлаждения отливки, мин

V - объем отливки, м3

γ - удельный вес сплава, кг/м3

Вф - коэффициент аккумуляции тепла формой,

F - площадь поверхности отливки, м2

С - удельная теплоемкость отливки

L - теплота кристаллизации

Т3,ТL,ТS, Тк,ТВ,Тф - температура заливки, ликвидуса, солидуса, кристаллизации, выбивки, формы (Таблица 13).

10. Выбор необходимого оборудования и установление технологических параметров и условий получения качественных отливок. Для производства литейных песчаных форм, руководствуясь размерами применяемых опок, выбирают формовочные машины и пескометы. Оборудование для специальных методов литья также выбирается при проектировании технологического процесса получения отливки.

Основным компонентом формовочных и стержневых смесей является кварцевый (SiO2) или цирконовый (ZrO2·SiO2) песок. Вторым основным компонентом смеси (до 16%) является глина. Широко применяют бентонитовые (Al2O3·4SiO2·nH2O) и каолиновые (на основе Al2O3·2SiO2·2H2O) глины, которые обладают высокой связующей способностью и обеспечивают тем самым прочность и податливость форм.

В формовочные и стержневые смеси вводят также в небольших количествах дополнительные связующие (1,5—3%). Их подразделяют на органические и неорганические, растворимые и нерастворимые в воде (сульфитно-спиртовая барда, битум, канифоль, цемент, жидкое стекло, термореактивные смолы и др.).

Заливку сплава в форму осуществляют посредством ковшей; при этом заливка производится без прерывания струи до полного наполнения литниковой чаши.

По достижении определенной для каждого сплава температуры литейную форму разрушают, извлекая из нее отливку. Обрубка (удаление литников, прибылей и дефектов) осуществляется с помощью дисковых и ленточных пил, пневматических зубил, а также электродуговой или газовой резкой и другими методами.

Очистка отливок производится во вращающихся барабанах за счет трения друг о друга деталей, а также с помощью чугунных «звездочек», загружаемых в барабаны вместе с отливками; в гидропескоструйных установках струей воды с песком под давлением до 3 МПа; в дробеметных (дробеструйных) барабанах и камерах струей чугунной или стальной дроби.

## 1.5. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

Главным требованием к выбору способа изготовления заготовки является возможность максимального приближения ее геометрии к размерам детали. Оценку оптимальности конструкции детали и прогрессивности примененного способа изготовления заготовки можно провести с помощью следующих показателей:

Коэффициент выхода годного, КВГ характеризует использование металла в заготовительном производстве, т.е. эффективность применяемых технологий изготовления заготовок.

КВГ определяют из соотношения массы заготовки, М3 к массе исходного металла Мим, т.е.

КВГ= Мз /Мим = 1,3/2 = 0,65 (8)

В литых заготовках массу М3 принимают без литниковой системы, прибылей, выпоров, безвозвратных потерь (потерь на угар ~ 1% массы исходного металла; разбрызгивание - до 1-3% от массы исходного металла).

В качестве массы исходного материала при литье может быть масса жидкого металла, заливаемого в форму.

Коэффициент массовой точности, КМТ характеризует степень приближения размеров заготовки к размерам детали. По коэффициенту КМТ оценивают рентабельность принятой заготовки, т.к. он зависит как от массы и конструкции детали, так и от массы и конструкции заготовки.

КМТ определяют из отношения массы готовой детали Мд к массе заготовки М3, т.е.

КМТ= Мд/Мз = 1/1,3 = 0,8 (9)

Коэффициент использования металла, КИМ показывает общий расход металла на изготовление данной детали. КИМ определяют из отношения массы детали Мд к массе исходного металла Мим:

КИМ= Мд/ Мим = 1/2 = 0,5 (10)

# СВОДНАЯ ТАБЛИЦА

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | Значение |
| Формовочные уклоны | 2о |
| Припуск на механическую обработку | 3 мм |
| Величина усадки | 2% |
| Количество отливок в форме | 6 шт |
| Напор Hр | 15,75 мм |
| Высота стояка hcт | 18 мм |
| Суммарное поперечное сечение площади питателей | 2,3 см2 |
| Масса жидкого металла Q: | для одной отливки – 1,9 кг  для 6 отливок – 11,4 кг |
| Поправочный коэффициент S | 1,3 |
| Продолжительность заливки τ | для одной отливки – 1,8 с  для 6 отливок – 10,8 с |
| Площадь сечения шлакоуловителя Fшл | 2,53 см2 |
| Площадь сечения стояка Fст | 2,76 см2 |
| Диаметр стояка | 20 мм |
| Минимальные толщины стенок песчаной формы | а = 40 мм, b = 40 мм, с = 30 мм, d = 30 мм, е\* = 30 мм, е = 30 мм |
| Размеры опок | L×B×H = 360 х 250 х 75  А = L + 100 = 460 |
| Температура заливки | 1560 – 1590◦С |
| Время затвердевания отливки τ | 4 часа |
| Объем отливки V | 0,03 м3 |
| Удельный вес сплава γ | 7500 кг/м3 |
| Коэффициент аккумуляции тепла формой Вф | 17 ккал/ (час ½ град м2) |
| Площадь поверхности отливки F | 0,012 м2 |
| Удельная теплоемкость отливки | = 0,165 ккал, С1 = 0,16 кг град |
| Теплота кристаллизации L | 61,8 ккал/кг |
| Температура заливки Тз | 1590 оС |
| Температура ликвидуса ТL | 1500 оС |
| Температура солидуса TS | 1450 оС |
| Температура кристаллизации Тк | 1475 оС |
| Температура выбивки Тв | 500 оС |
| Температура формы Тф | 25 оС |
| Коэффициент выхода годного, КВГ | 0,65 |
| Коэффициент массовой точности, КМТ | 0,8 |
| Коэффициент использования металла, КИМ | 0,5 |

1.6. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Наиболее востребованными печами для плавления металлов на небольших производствах являются индукционные тигельные плавильные печи.

Индукционные печи являются достаточно производительным и высококачественным оборудованием, которое способно выдавать большие объемы готовой продукции.

Выбираю открытую (плавка на воздухе) индукционную печь с холодным водоохлаждаемым металлическим тиглем, периодического действия (посменная работа).



Рисунок 5 - Схема тигельной индукционной печи: 1 - крышка тигля, 2 - поворотный узел, 3 - нагревательный индуктор, 4 - магнитопровод, 5 - металлическая рама, 6 - шланги подвода водяного охлаждения, 7 - тигель, 8 - вспомогательная площадка для обслуживания печи.

Пескомет – формовочная машина, которая выполняет две функ­ции: наполняет опоку формовочной смесью и уплотняет ее. Различают пескометы передвижные и стационарные.

Основ­ной рабочий орган пескомета – метательная головка (рис. 6). Она представляет собой кожух *1*, в котором на приводном валу *6*жестко посажен ротор *5* с ковшом-лопаткой *4.* В кожух ленточным конвейером *2* непрерывно подается формовочная смесь. Захваты­ваемая и увлекаемая вращающимся ротором с ковшом смесь под действием сил инерции прижимается к направляющей дуге *3*,расположенной между кожухом и ковшом, несколько уплотняется, образуя «пакет» и выбрасывается из головки в опоку.

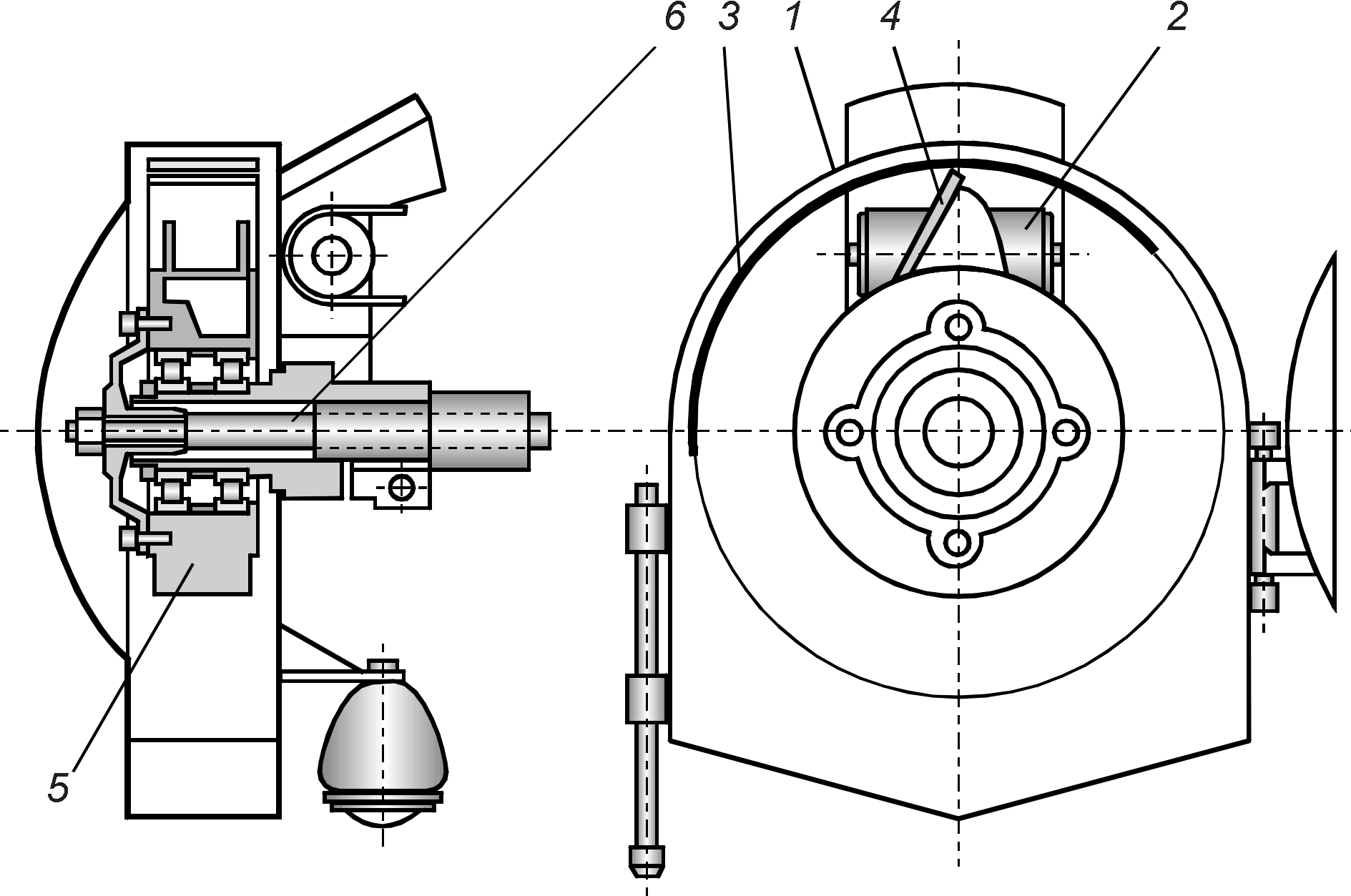


Рисунок 6 - Метательная головка пескомета

Для лучшего обслуживания всей площади опоки метательная головка пескомета монтируется на двух «рукавах», а смесь под­водится к головке системой ленточных конвейеров. Подача смеси в головку осуществляется либо в тангенциальном направлении, либо в осевом. При тангенциальной подаче ось ленточного конвейера, подающего смесь в головку пескомета, расположена перпендикулярно оси ротора: смесь подается с конвейера по касательной к наружному диаметру ротора. При радиальной подаче ось ленточного конвейера расположена параллельно оси ротора, а смесь подается через окно, расположенное в торцевой стенке ротора. Радиальная подача кон­структивно выполняется проще, но потери энергии больше, чем при тангенциальной подаче.

Стационарный пескомет модели 292 (рис. 7) применяется для наполнения средних опок формовочной смесью и одновременного ее уплотнения. При формовке смесь цеховым ленточным транспортером непрерывно поступает в качающееся сито 1, которое представляет собой коробку с сетчатым полотном и двумя «спускными желобами. Один желоб служит для отвода непросеянных кусочков смеси и отходов по лотку 11 в ящик 12, а другой 2 — для подачи просеянной смеси через приемную воронку 3 на ленточный транспортер 4 малого рукава, а затем в метательную головку 5.

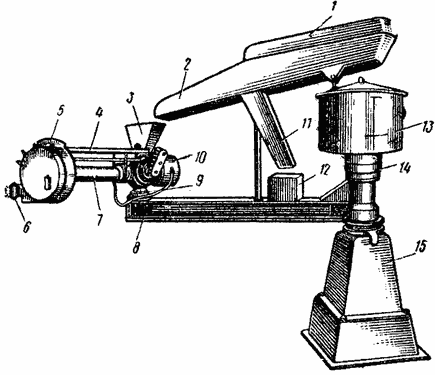


Рисунок 7 - Стационарный пескомет 292: 1 — сито, 2 и 11 — лотки. 3 — приемная воронка, 4 — ленточный транспортер, 5 — метательная головка, 6 — ручка, 7 — труба вала, 8 — поворотная консоль, 9 — опора, 10 — электродвигатель, 12 — ящик для отходов, 13 —механизм привода сита, 14 — стойка, 15 — чугунная тумба

Для освещения опоки в месте набивки смеси в пескомете предусмотрена автомобильная фара, которая включается и выключается тумблером. Командная аппаратура для управления электродвигателями смонтирована на пульте управления, который крепится на кожухе метательной головки.

Отличительными особенностями пескомета 292 являются: наличие одного ленточного транспортера для подачи смеси; на большом рукаве вместо ленточного транспортера установлено качающееся сито; метательная головка имеет один ковш; большой рукав не имеет механизма подъема и опускания, что затрудняет работу пескомета при использовании опок различной высоты. Площадь формовки, обслуживаемая метательной головкой, составляет 36 м2.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате данной курсовой работы был разработан технологический процесс получения детали «Рычаг», а также выбрано необходимое оборудование. Технологический процесс получения детали заключался в выборе метода изготовления, проектировании заготовки и оснастки, выборе материала, назначении технологических указаний и выборе основных операций.

По результатам проведенных вычислений, было выбрано литье в песчано-глинистые формы. На мой взгляд, этот способ литья является наиболее подходящим, так как является достаточно простым, отработанным и универсальным, имеет низкую стоимость, возможность полной автоматизации на производстве и, следовательно, высокую производительность. Примерно 85% всех отливок получают именно литьем в песчано-глинистые формы.

Также была рассчитана оценка эффективности способа изготовления заготовки и сделан вывод, что выбранный метод, подходит для изготовления детали «Рычаг».

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Выбор и способы изготовления заготовок для деталей машиностроения. [Текст]: Учебник для студентов машиностроительных специальностей/ Е.П. Круглов [и др.]. – М.: 2015. – 433 с.

2. Литейные технологии. Основы проектирования в примерах и задачах [Текст]: / Е.А.Чернышов, В.И.Паньшин М.: Машиностроение.-2011.- 288 с.

3. ГОСТ 977-88. ОТЛИВКИ СТАЛЬНЫЕ. Общие технические условия. [Текст]. – Введ. 1990-01-01. – М.: Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 22.12.88 N 4458.

4. ГОСТ 3212-80. КОМПЛЕКТЫ МОДЕЛЬНЫ. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. [Текст]. – Введ. 1993-07-01. – М.: Постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР от 05.02.92 N 110.

5. ГОСТ 2.423-73. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей элементов литейной формы и отливки. [Текст]. – Введ. 01.01.1975. - М: Издательство стандартов, 1988 год.

6. ГОСТ 2009-55. Отливки стальные фасонные. Допускаемые отклонения по размерам и весу и припуски на механическую обработку. [Текст]. – Введ. 01.01.1956. – М: Издательство стандартов 1979 г.

7. ГОСТ 2133-75. ОПОКИ ЛИТЕЙНЫЕ. Типы и основные размеры. [Текст]. – Введ. 1977-01-01. – М: Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 14 ноября 1975 г. N 2916 срок действия установлен с 01.01.1977 г. до 01.01.1982 г.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

Таблица 6. Минимальные толщины стенок песчаной формы, мм

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса отливки, кг | a | b | c | d | e\* | e |
| до 5 | 40 | 40 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 5-10 | 50 | 50 | 40 | 40 | 40 | 30 |
| 10-25 | 60 | 60 | 40 | 50 | 50 | 30 |
| 25-50 | 70 | 70 | 50 | 50 | 60 | 40 |
| 50-100 | 90 | 90 | 50 | 60 | 70 | 50 |
| 100-250 | 100 | 100 | 60 | 70 | 100 | 60 |
| 250-500 | 120 | 120 | 80 | 80 | - | 70 |
| 500-1000 | 150 | 150 | 90 | 90 | - | 100 |
| 1000-2000 | 200 | 200 | 100 | 100 | - | 150 |
| 2000 | 250 | 250 | 125 | 125 | - | 200 |

Таблица 7. Припуски на обработку в зависимости от размера детали, способа производства и характеристики сложности отливки.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наибольший размер отливки (длина или высота), мм | | Припуск, мм | | | | | | | | | | |
| массовое производство | | | | Серийное производство | | | | Единичное производство | | |
| простая | | сложная | | простая | | сложная | | простая | | сложная |
| отливки | | | | отливки | | | | отливки | | |
| Отливки из серого чугуна | | | | | | | | | | | | |
| до 100 | 2 | | 2 | | 3 | | 3 | | 3 | | 4 | |
| 101-1200 | 2-4 | | 3-6 | | 3-6 | | 3-8 | | 3-8 | | 4-10 | |
| 1201-2600 | 5-6 | | 7-8 | | 7-8 | | 9-10 | | 9-10 | | 11-12 | |
| 2601-5400 | - | | - | | 9-10 | | 11-12 | | 11-14 | | 14-16 | |
| Свыше 5400 | - | | - | | 12 | | 14 | | 16 | | 18 | |
| Отливки из стали | | | | | | | | | | | | |
| до 200 | 3 | | 4 | | 4 | | 6 | | 6 | | 7 | |
| 201-1200 | 3-6 | | 4-9 | | 4-9 | | 7-12 | | 7-12 | | 9-15 | |
| 1201-2600 | 7-9 | | 10-12 | | 10-12 | | 13-15 | | 13-15 | | 16-18 | |
| 2601-5400 | - | | - | | 13-15 | | 16-18 | | 16-18 | | 21-24 | |
| Свыше 5400 | - | | - | | 18 | | 24 | | 24 | | 30 | |

Продолжение таблицы 7.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Отливки из цветных сплавов | | | | | | |
| до 200 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 201-2600 | 2-5 | 2-6 | 2-6 | 2-6 | 4-8 | 5-10 |
| 2601-5400 | - | - | 7-8 | 9-10 | 9-10 | 11-13 |
| Свыше 5400 | - | - | 9 | 12 | 12 | 16 |

Таблица 8. Радиусы галтелей при сопряжении стенок отливки

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| (a+b)/2 | R | (a+b)/2 | R | (a+b)/2 | R | (a+b)/2 | R |
| до 12 | 6 | 27-35 | 15 | 60-80 | 30 | 200-250 | 60 |
| 12-16 | 8 | 35-45 | 20 | 80-110 | 35 | 250-300 | 80 |
| 20-27 | 12 | 45-60 | 25 | 110-150 | 40 | Более 300 | 100 |
| - | - | - | - | 150-200 | 50 | - | - |

Таблица 9. Уклоны в моделях и стержневых ящиках

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Высота модели или стержневого ящика Н, мм | Уклоны | | | |
| деревянные модели или стержневые ящики | | металлические модели или стержневые ящики | |
| мм | град | мм | град |
| до 20 | 1 | 3 0 | 0,5-1 | 1 0 30-3 0 |
| 20-50 | 1-2 | 1 0 30-2 0 30 | 0,8-1,2 | 1 0 -2 0 |
| 50-100 | 1,5-2,5 | 10 - 1 0 30 | 1-1,5 | 0 0 45-1 0 |
| 100-200 | 2-3 | 0 0 45- 1 0 | 1,5-2 | 0 0 30-0 0 45 |
| 200-300 | 2,5-4 | 0 0 30-0 0 45 | 2-3 | 0 0 30-0 0 45 |
| 300-500 | 4-5 | 0 0 30-0 0 45 | 2,5-4 | 0 0 20-0 0 30 |
| 500-800 | 5-6 | 0 0 30 | 3,5-6 | 0 0 20-0 0 30 |
| 800-1800 | 6 | 0 0 20 | 4 | 0 0 15 |
| Свыше 1800 | 10 | 0 0 15 | - | - |

Таблица 10. Значение удельной скорости заливки «к»

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сплав | Значение удельной скорости заливки К при относительной плотности отливки | | | | | | |
| до 1 | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | св.6 |
| Чугун | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,95 | 1,05 | 1,15 |
| Сталь | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,9 | 0,95 |
| Медные сплавы | 0,3-0,35 | 0,4-0,45 | 0,5-0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 |
| Алюминиевые сплавы | 0,2-0,25 | 0,3-0,35 | 0,4-0,45 | - | - | - | - |

(относительная плотность отливки определяется как отношение массы отливки к ее габаритному объему).

Таблица 11. Значение коэффициента S в зависимости от толщины стенки отливки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Средняя толщина стенки, мм | до 10 | 11-20 | 21-40 | св. 40 |
| Значение S | 1 | 1,3 | 1,5 | 1,7 |

Таблица 12. Рекомендуемая температура заливки сплавов, 0С

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сплав | Толщина стенки отливки, мм | | | | | | |
| до 4 | 4-10 | 10-20 | 20-50 | 50-100 | 100-150 | св.150 |
| Чугун | 1450-1360 | 1430-1340 | 1400-1320 | 1380-1300 | 1340-1230 | 1300-1200 | 1280-1180 |
| Сталь | 1590-1620 | 1580-1610 | 1570-1600 | 1560-1590 | 1550-1580 | 1530-1580 | 1520-1540 |
| Бронза | 1200-1180 | 1180-1160 | 1160-1140 | 1140-1120 | 1100-1110 | 1080-1100 | 1060-1080 |
| Латунь | 1050-1030 | 1030-1010 | 1010-1000 | 980-960 | 980 | 980 | 980 |
| Ал. сплавы | 780-760 | 760-740 | 740-720 | 720-700 | 700-680 | 680 | 680 |

Таблица 13. Значения теплофизических величин для расчета времени затвердевания отливки

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение и размерность | Сплав | | | | | |
| Сталь углеродистая | Сталь легированная | Бронза | Латунь | Чугун | Алюминиевые сплавы |
| Вф, | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 |
| γ, | 7500 | 7600 | 8800 | 8600 | 7200 | 2800 |
| C1’/C1 ккал/кг\*град | 0,165/0,160 | 0,166/0,161 | 0,11/0,09 | 0,104/0,09 | 0,2/0,18 | 0,3/0,29 |
| t3, оС | 1590 | 1610 | 1240 | 1180 | 1320 | 760 |
| tL, оС | 1500 | 1500 | 100 | 1080 | 1300 | 650 |
| tS, оС | 1450 | 1460 | 950 | 1040 | 1150 | 548 |
| tB, оС | 500 | 500 | 300 | 300 | 500 | 200 |
| tф, оС | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| tкр, оС | 1475 | 1480 | 975 | 1060 | 1225 | 599 |
| L1, ккал/кг | 61,8 | 62,0 | 51 | 50 | 64 | 90 |

## Приложение 2

