

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕ  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН**

**НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ**

**ФАКУЛЬТЕТ «ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ»**

**КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И  
ОБОРУДОВАНИЯ»**

# **КУРСОВАЯ РАБОТА**

По дисциплине: «Технология машиностроения»

ТЕМА: Технологический процесс механической обработки «Рычага»

Выполнил: Студент группы «Зр-11»  
Ш.Олимов

Принял: Доцент  
А.Бурханов

Наманган-2014 год

## Содержание

1. Назначение и конструкция детали
  2. Выбор материала детали
  3. Выбор способа формообразования заготовки
- Использованная литература

## 1. Назначение и конструкция детали

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

«Рычаг» представляет собой деталь, состоящую из плоской ступицы диаметром 980 с центральным отверстием диаметром 485 и отходящего от нее пальца с цилиндрическим галтельным основанием диаметром 250. Рычаг механизма поворота насаживается на цапфу лопасти (рис. 1 поз.3) посредством внутреннего отверстия диаметром 485 и скрепляется с цапфой лопасти 7 болтами M120x4. В конструкции предусматриваются также два цилиндрических штифта диаметром 130 для передачи крутящего момента от рычага к лопасти. Рычаг посредством пальца соединяется с серьгой (рис.1 поз.6), 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.

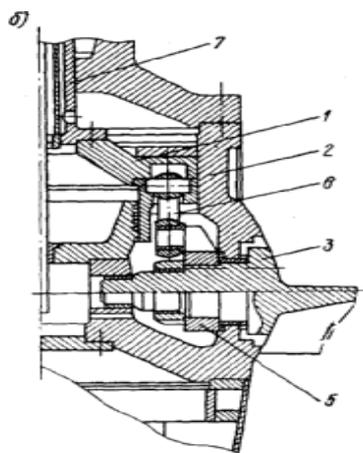


Рис. 1 Разрез рабочего колеса с дифференциальным поршнем: 1-дифференциальный поршень; 2-корпус р.к.; 3-лопасть; 4-цапфа; 5-РЫЧАГ; 6-серьга; 7- контршток сервомотора.

Для транспортировки и кантовки детали на его поверхности предусмотрено 3 отверстия под рым-болты М30.

## 2. Выбор материала детали

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. Для обеспечения необходимой прочности рычаг изготавливают из высокопрочных сталей путемковки с последующей нормализацией 870-890°С или закалкой 920-950 °С с отпуском 570-600°С .

Исходя из вышесказанного, в качестве материала рычага принимаем конструкционную легированную сталь Сталь 30ГСЛ ГОСТ 977-88. Сталь применяется для деталей типа лопасти гидротурбин, рычаги, фланцы, сектора, венцы зубчатые, ролики обоймы, колеса ходовые и др., а также фасонные отливки, отливаемые методом точного литья, зубчатые колеса, бандажи, отливки небольших сечений и другие детали общего машиностроения к которым предъявляются требования повышенной твердости, сварно-литых конструкций с большим объемом сварки и др. Химический состав и механические свойства стали 30ГСЛ необходимо знать для выбора способа получения заготовки, режимов резания и технического нормирования.

Таблица 1. Химический состав стали 30ГСЛ ГОСТ 977-88

Химический элемент	%
Кремний (Si)	0.60-0.80
Медь (Cu), не более	0.30
Марганец (Mn)	1.10-1.40
Никель (Ni), не более	0.30
Фосфор (P), не более	0.040
Хром (Cr), не более	0.30

Сера (S), не более	0.040
--------------------	-------

Таблица 2. Механические свойства

Термообработка, состояние поставки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_5$ , %	$\delta_5$ , %	KCU, Дж/м <sup>2</sup>
Нормализация 870-890 °С. Отпуск 570-600 °С.	350	600	14	25	29
Закалка 920-950 °С. Отпуск 570-650 °С.	400	650	14	30	49

Таблица 3. Технологические свойства

Свариваемость	
Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой, ЭПС. Необходимы подогрев и последующая термообработка.	
Обрабатываемость резанием	
при HB 156 K <sub>и</sub> тв.спл. = 1,0, K <sub>и</sub> б.ст. = 0,8.	
Склонность к отпускной способности	не склонна
Флокеночувствительность	не чувствительна

Таблица 4. Общие сведения

Заменитель
стали: 20ГСЛ, 25ГСЛ, 40ХЛ.
Вид поставки
отливки ГОСТ 977-75.

Таблица 5. Литейные свойства

Линейная усадка, %	1487
Показатель трещиностойкости, Кт.у.	2.2-2.3
Жидкотекучесть, Кж.т.	1.0
Склонность к образованию усадочной раковины, Ку.р.	0.9
Склонность к образованию усадочной пористости, Ку.п.	1.2

Материал детали обладает литейными свойствами и в то же время хорошо обрабатывается давлением, следовательно выбор процесса и метода изготовления заготовки связан с обеспечением данного качества детали, т.е. с техническими условиями на изготовление.

### 3. Выбор способа формообразования заготовки

Правильно выбрать заготовку - значит определить ее пригодность для изготовления детали с позиций прочностных и стойкостных характеристик, установить рациональный способ ее получения, определить оптимальные припуски на обработку ее поверхностей, рассчитать размеры заготовки и установить допуски на точность их выполнения, сконструировать заготовку и разработать оптимальные технические условия на изготовление.

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, а также структурными изменениями материала, получаемыми в результате применения того или иного метода выполнения заготовки (расположение волокон в прокате, поковках и штамповках, величина зерна в отливках и т.д.).

2. Конструктивными формами и размерами заготовки (например, чем крупнее деталь, тем дороже обходится изготовление штампа, модели или металлической формы).

3. Требуемой точностью выполнения заготовки и качеством поверхности.

4. Величиной программного задания (при больших партиях выгодны те способы изготовления заготовок, которые обеспечивают наибольшее приближение формы и размеров заготовки к форме и размерам готовой детали).

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

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

Выбор рациональной заготовки имеет важное экономическое значение для получения высоких технико-экономических характеристик заготовительных цехов и в целом для производства машин.

Рассмотрим несколько возможных способов формообразования заготовки детали «Рычаг» и примем наиболее рациональный из них.

Опытно-технологические разработки по изготовлению рычагов способами точного литья или сварки предварительно сформированных ковкой ступицы и пальца не позволили получить необходимую прочность рычагов для крупных гидротурбин. Поэтому примем к рассмотрению следующие способы:

- ковка с использованием подкладных штампов;
- отливка.

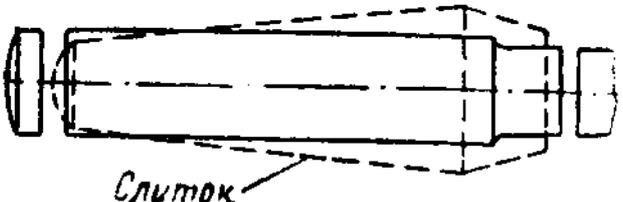
Способ изготовления рычага путемковки с использованием подкладных штампов.

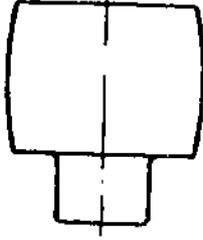
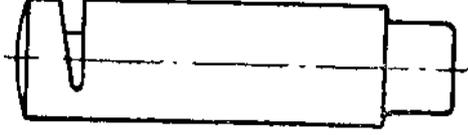
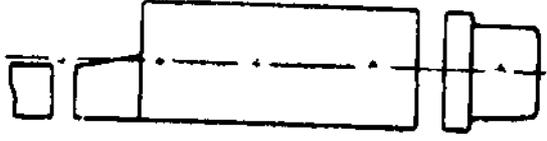
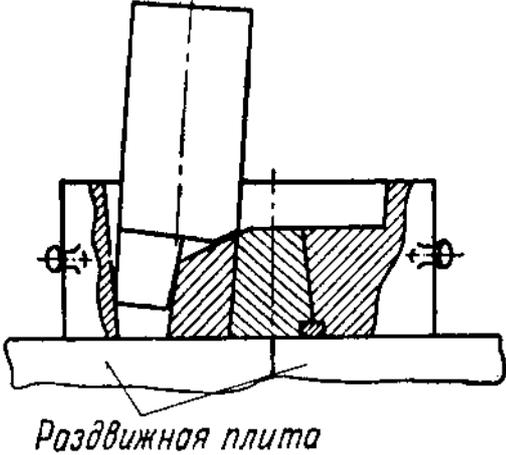
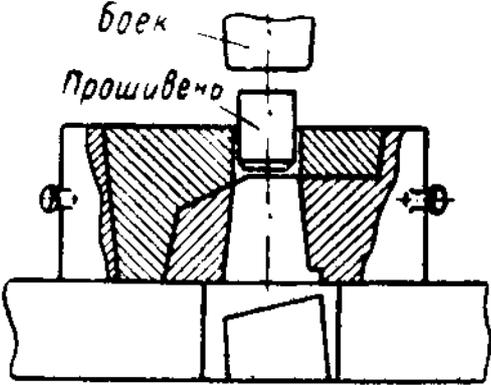
Рычаг представляет собой одну из самых ответственных и сложных по своей конфигурации деталей гидротурбины. Воспринимая усилие, необходимое для разворота лопасти и определяемое гидродинамическим моментом, рычаг одновременно подвержен воздействию знакопеременной нагрузки из-за пульсации потока. Для изготовления рычага выбирают материалы, обеспечивающие предел текучести 55—60 кгс/мм<sup>2</sup> в сечениях 200—400 мм. Способ формообразования заготовок рычага должен

обеспечивать высокую плотность и однородность материала, свободного от внутренних дефектов. При изготовлении поковок необходимо, чтобы ось заготовки приблизительно совпадала с осью слитка, а внешние очертания заготовки соответствовали наружным очертаниям рычага с учетом напусков и припусков на механическую обработку.

Эксцентричность выступа (пальца) по отношению к диску, имеющему расположенное в центре отверстие, создает ряд существенных трудностей при ковке рычагов. Технологический процесс изготовления поковок рычагов осуществляется за три нагрева под прессом с усилием 3000 тс (ковка заготовки) и прессом с усилием 10 000 тс (штамповка рычага). Для максимального приближения контура заготовки к контуру готовой детали заключительные операции формообразования выполняют на специальном штампе. После нагрева слитка до 1230° С проводятся закатка и обрубка излишка цапфы и биллетировка слитка, после второго нагрева — осадка слитка, требуемая для обеспечения необходимой плотности металла, протяжка и обжатие конца на конус. После обрубки заготовки в меру она загружается в печь. После третьего нагрева заготовку устанавливают выступом в отверстие штампа. Для лучшего заполнения штампа оттянутому конусному концу придается необходимый изгиб. Заготовку полностью осаживают верхней плитой, а разгонкой металла бойком добиваются сплошности заполнения полости штампа. После прошивки отверстия специальным прошивнем поковку выбивают из штампа и отправляют на термообработку.

Таблица 6. Схема изготовления поковки рычага

Операции и переходы	Эскизы переходов
Первый нагрев (1230°С) Закатка цапфы и обрубка ее излишка биллетировка слитка	

Второй нагрев (1230°C)	
осадка слитка	
подсечка	
обжатие донного конца обрубка	
Третий нагрев (1230°C)	
Оттяжка пальца	 <i>Раздвижная плита</i>
Осадка заготовки в штампе прошивки отверстия	 <i>боек</i> <i>прошивач</i>

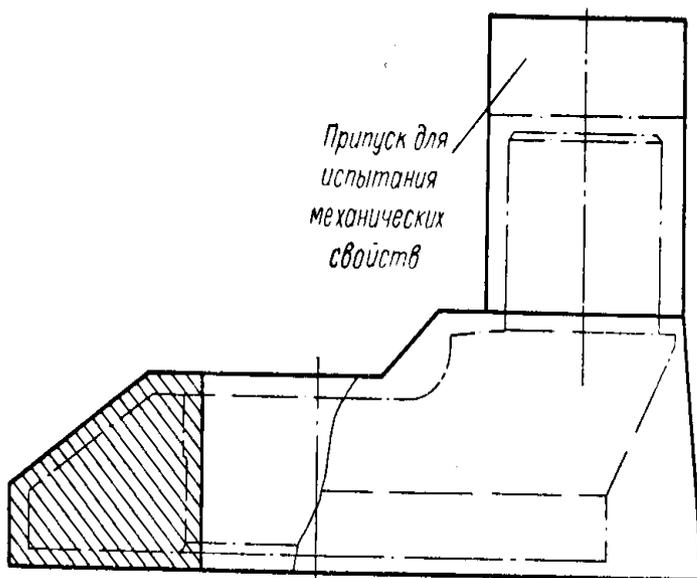
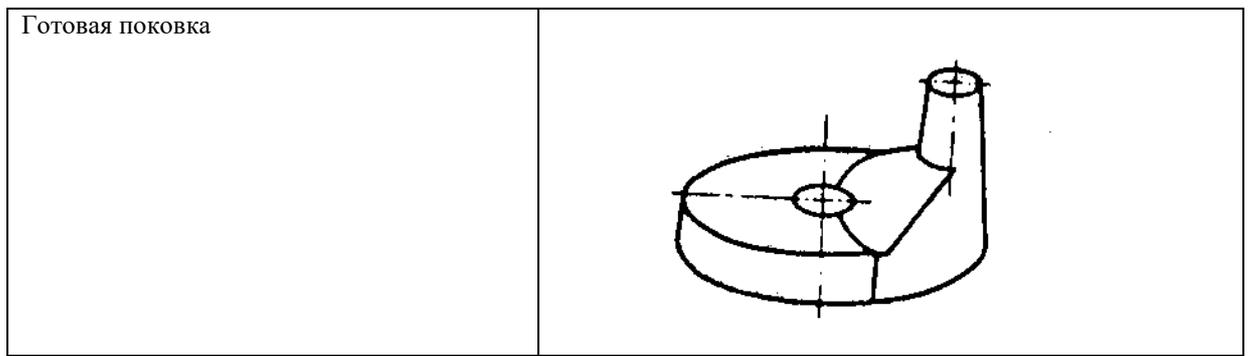


Рис. 2 Эскиз кованой заготовки рычага

При описанном технологическом процессе коэффициент использования материала (по отношению к чистой массе) составляет: а) по черной массе — 0,5—0,65; б) по слитку — 0,35—0,4. Для получения требуемого уровня механических свойств поковку подвергают термической обработке, режим которой устанавливается предприятием-поставщиком заготовки.

При этом изготовление сложных штампов под крупные заготовки также требует значительного расхода высококачественной стали, что также является существенным недостатком данного способа, учитывая низкую степень унификации рабочих колес гидротурбин.

В связи с высокой ответственностью рычагов их кованные заготовки относятся к пятой группе испытаний, предполагающей индивидуальную приемку каждой поковки.

Изготовление рычагов свободной ковкой без использования подкладных штампов еще более затратно, т.к. в этом случае коэффициент использования металла не превышает 0,3.

Отливки получили широкое распространение во всех сферах и отраслях промышленности благодаря возможности получения деталей практически любой сложной геометрической формы из любых сплавов с внутренними полостями, что практически невозможно получить другими способами, какковка, сварка. Отливки имеют большую степень конфигуративной точности и максимально приближены к деталям. Суммарная энергоемкость при изготовлении деталей из литых заготовок минимум в 2 раза меньше, чем при использовании других технологий.

#### Способ изготовления рычага литьем в песчаные формы

Распространенным способом производства литья является способ литья в песчаные формы (песчано-глинистые, жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС), холоднотвердеющие смеси (ХТС) и др.). 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 противопопригарных 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.

Так как минимальный диаметр  $d$  отверстия, получаемого с помощью стержня, равен  $6 \dots 10$  мм при длине сквозного отверстия до  $5d$  и сквозного отверстия до  $10d$ , следовательно в отливке можно получить 2 отверстия расположенных на плоской ступице, что позволит повысить коэффициент использования металла и снизить количество механической обработки. Исходя из вышесказанного, отливка необходимой конфигурации получается с использованием 3 стержней.

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 изготавливать ее с наименьшими затратами. Технологичная конструкция характеризуется простой 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. Минимальное и максимальное значение толщины стенок отливки равны соответственно 200 и 247,5 мм. Конфигурация и расположение поверхностей, подвергаемых обработке, полостей удовлетворяют основным требованиям литейной технологии. При изготовлении отливки целесообразно использовать прибыли, т.к. имеются тепловые узлы. Для выполнения полостей необходимо использовать стержни.

Определение размеров опок и выбор их из стандартного ряда.

Для отливки «Рычаг», габаритные размеры которой 1105x980x555 мм, экономичнее и целесообразнее взять опоку с габаритными размерами из стандартного ряда опок в соответствии с ГОСТ 2133-75:

Верхняя полуформа: 1400x1100x400 мм

Нижняя полуформа: 1400x1100x350 мм

Определение размерной точности отливки и величину припусков на механическую обработку производим в соответствии с требованиями ГОСТ 26645-85. Припуски на механическую обработку устанавливают в зависимости от допусков размеров отливок дифференцированно для каждого элемента. Для верхних частей отливки предусматривают больший припуск на механическую обработку так как там образуется неметаллические включения.

1. Класс размерной точности отливки: Наибольший габаритный размер отливки 1105 мм. Тип сплава термообрабатываемая сталь. Технологический процесс- литьё в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 2,8 до 3,5% и прочностью от 120 до 160 кПа со средним уровнем уплотнения до твёрдости не ниже 80 единиц. Класс точности отливки 10

2. Допуски размеров отливки:

Таблица 7

Номинальный размер, мм	Допуск размера, мм
∅ 250	3,6
∅ 980	5,0
∅ 485	4,4
555	4,4
200	3,6
∅ 115	3,2

3. Степень точности поверхности отливки:

Степень точности поверхности отливки 14

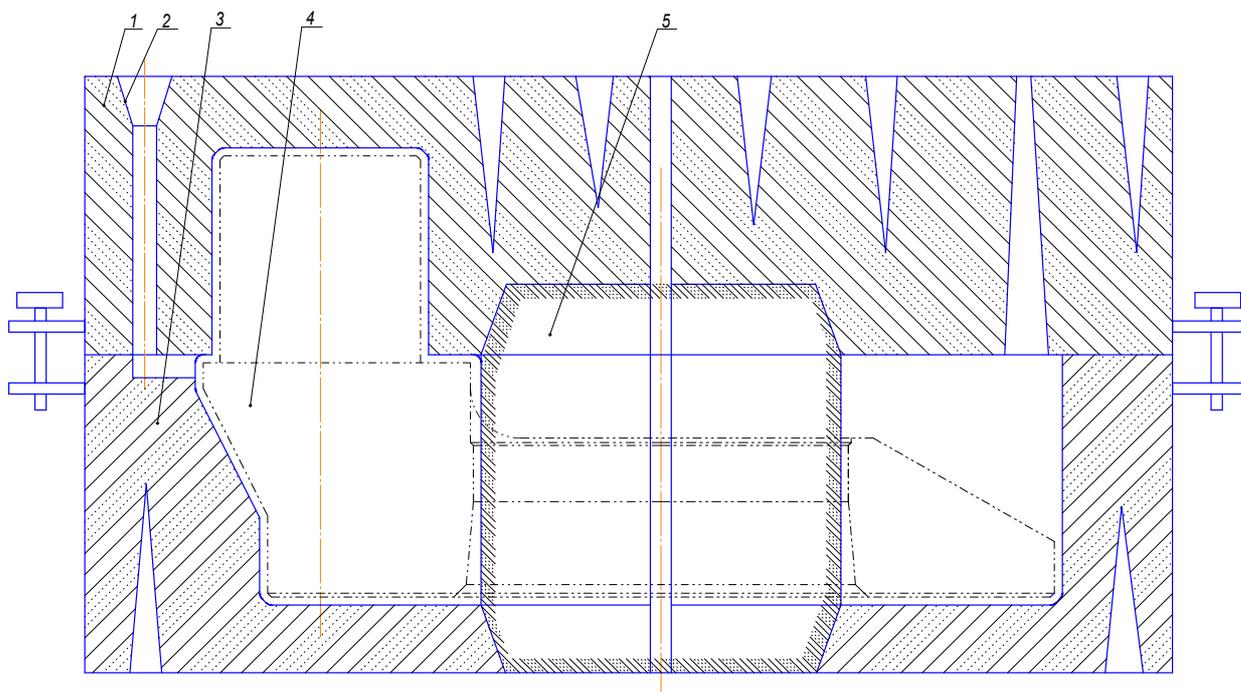


Рис. 3 Песчаная разовая форма в сборе: 1-верхняя полуформа, 2-литниковая система (литниковая чаша и стояк), 3- нижняя полуформа, 4-отливка, 5- стержень.

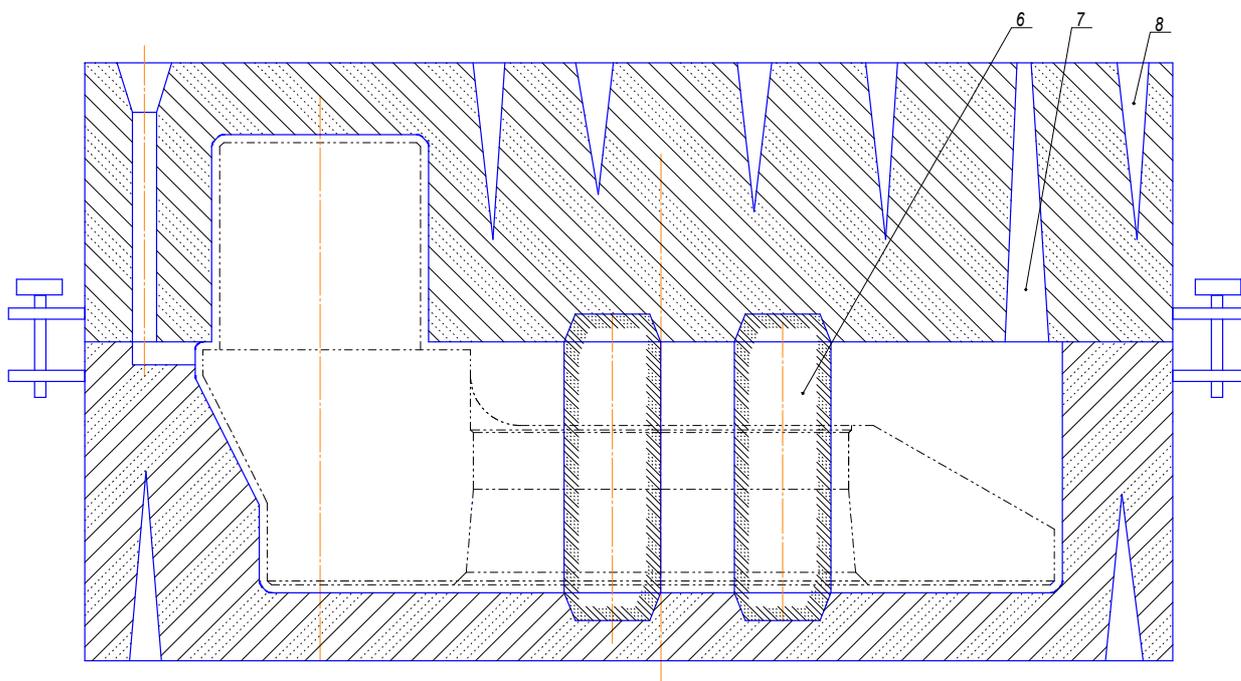


Рис. 4 Песчаная разовая форма в сборе (центральный стержень условно не показан): 6-стержни (образующие два отверстия по сечению Г-Г), 7-выпор, 8- вентиляционные отверстия.

Полуформы верхняя (поз. 1) и нижняя (поз.3) изготовлены из песчано-глинистой смеси в металлических рамках (опоках). В полуформах с помощью модели образована рабочая полость для получения отливки. Отверстия в отливке образуют песчаные стержни (поз. 5,6), которые прочно скреплены с формой с помощью стержневых знаков.

Полуформы перед заливкой скрепляют штырями. Для удаления газов, выделяющихся из песчано-глинистой смеси и расплава, при заливке в форме и стержне выполняют вентиляционные каналы (поз. 8). Расплав в рабочую полость формы заливают через литниковую систему (поз. 2) — совокупность каналов, предназначенных для подвода расплава в полость формы и питания отливки при затвердевании.

#### Назначение режимов термической обработки

Термическая обработка является обязательной операцией в технологическом процессе производства стального литья.

Цель термообработки заключается в том, чтобы путем нагрева до определенной температуры, некоторой выдержке при этой температуре и последующего охлаждения изменить структуру стальных отливок, и получить необходимые свойства прочности, пластичности, износоустойчивости, обрабатывающие или особые прочностные свойства.

ТО отливки детали «Рычаг»:

нормализация 870-890оС с отпуском 570-600оС .

При нормализации происходит полная фаза перекристаллизации, обеспечивая измельчение зерна, смягчение стали и снятие литейных напряжений: образуются структуры более тонкого перлита, чем при отжиге.

Отпуск заключается в нагреве ниже интервала превращений, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении. При отпуске применяют превращение неустойчивых структур закалки в более устойчивые по схеме мартенсит-тростит-сорбит, и как следствие, с изменением структуры изменяются механические свойства, а также одновременно снимаются внутренние напряжения.

#### 4. Технологический процесс механической обработки рычага

Особенность конструкции рычага обусловлена не только кинематикой механизма поворота, но и ограниченностью пространства в полости втулки рабочего колеса, что приводит к необходимости конструирования его в виде фасонной детали со скосами. При анализе ответственных сопряжений было установлено, насколько существенны перпендикулярность оси пальца к плоскости М и соблюдение (с точностью 0,2 - 0,3 мм) заданного расстояния между осями ступицы и пальца. Указанные требования обуславливают необходимость обеспечения технологического процесса специальной оснасткой. Ниже рассмотрены основные этапы технологического процесса механической обработки заготовки рычага, поставляемой в необработанном состоянии.

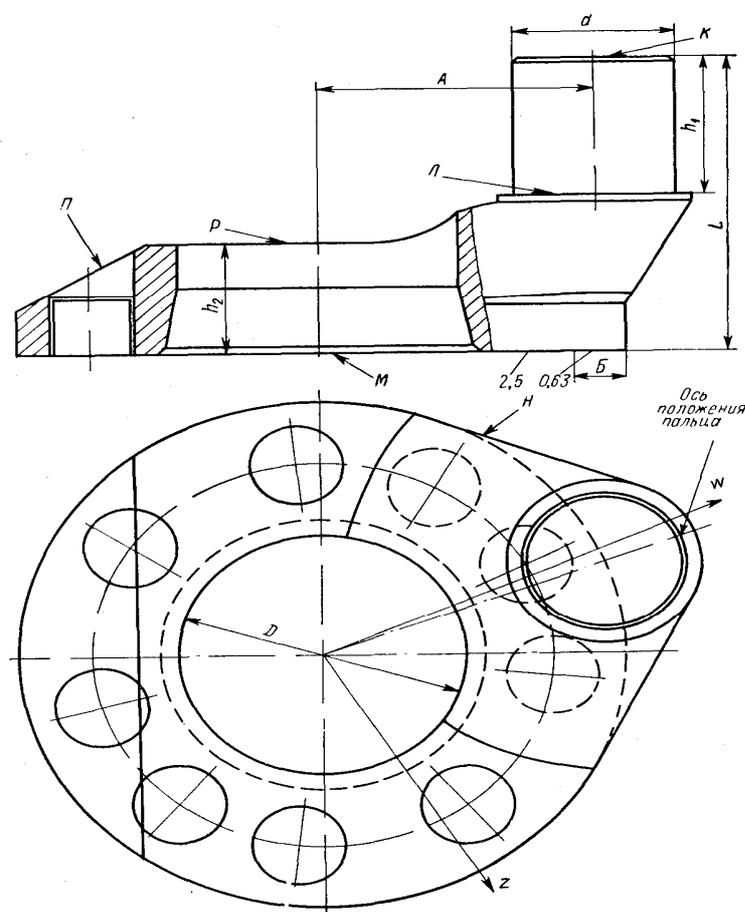


Рис. 5 Рычаг рабочего колеса

1. На разметочной плите производится расцентровка заготовки, разметка осей пальца и центрального отверстия. Размечаются поверхности К, Л, Р, М по высотным размерам  $h_1$ ,  $h_2$ , L.

2. Деталь устанавливается на карусельном станке пальцем кверху и выверяется по его оси. Отрезается припуск для пробы, из которой изготавливаются образцы для испытания механических свойств. После испытания образцов выдается заключение о годности детали и возможности ее обработки.

3. Выполняется карусельная обработка рычага, для чего деталь устанавливают на подставки плоскостью М, совмещая ось пальца с осью вращения планшайбы карусельного станка. Базой для установки служат высотные и окружные риски разметки. Для исключения боя планшайбы из-за неуравновешенности массы рычага на планшайбе, в месте, противоположном ступице, укрепляют противовес. С припуском 5 мм подрезают торец пальца, точат поверхности d, Р и конусную поверхность, соосную с пальцем рычага. Деталь кантуют, устанавливают на проточенные кубари поверхностью Р и расцентровывают по риску разметки поверхности В. Растачивают центральное отверстие и подрезают плоскость М с припуском 5 мм.

4. Поверхность Н, необрабатываемая точением, фрезеруется на поворотном столе.

5. Рычаг вновь устанавливают на мерные подставки планшайбы карусельного станка пальцем вниз и выставляют по поверхностям М и В. Растачивают окончательно центровое отверстие по 2-му классу точности и подрезают торец. Для обеспечения необходимой шероховатости на участке Б поверхности М, контактирующем с торцом бронзовой втулки корпуса рабочего колеса, указанный участок обрабатывают шлифованием. После этого производят окончательную обработку пальца рычага.

Требуемая точность межосевого расстояния А обеспечивается технологически с помощью специального приспособления (рис. 6), на основании которого имеется центрирующая втулка 2 и съемный

установочный штырь 3. Расстояние между осью штыря и втулки выдержано с точностью 0,1 мм. Приспособление устанавливают на планшайбу 4 карусельного станка и расцентровывают по цилиндрической поверхности штыря с помощью индикатора с точностью 0,02 мм. После закрепления приспособления на планшайбе штырь удаляют и рычаг устанавливают поверхностью В на центрирующую втулку и, разворачивая его относительно вертикальной оси, добиваются равномерного припуска по цилиндрической поверхности пальца.

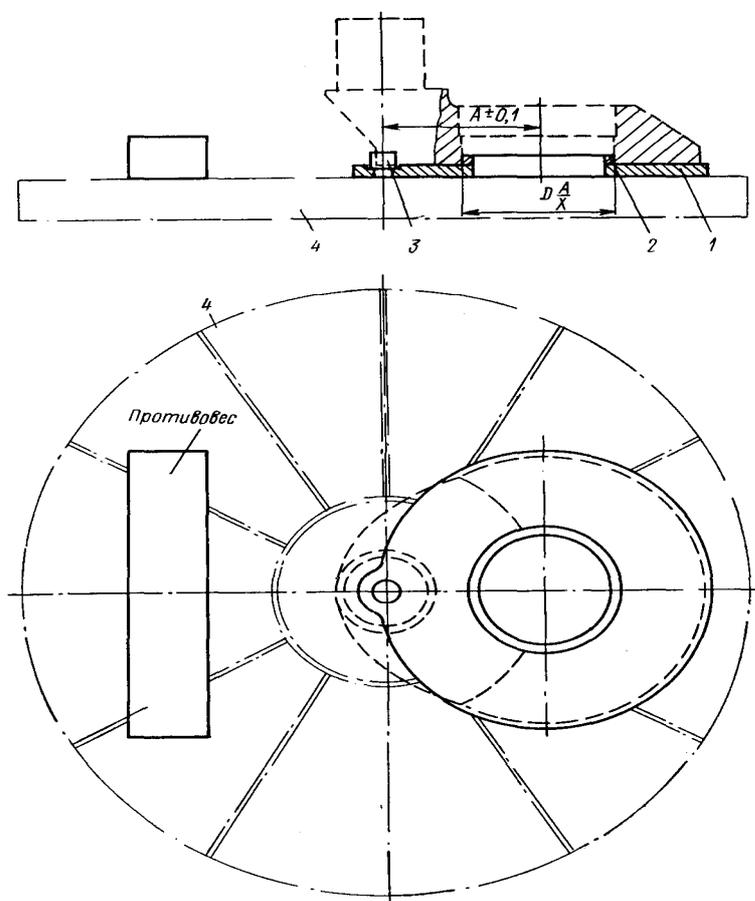


Рис. 6 Приспособление для обработки пальца рычага

В этом случае погрешность размера А будет находиться в пределах, определяемых соотношением

$$\Delta A = \Delta_{пр} + \Delta_{ш} + \Delta_{вт}$$

где  $\Delta_{пр}$  — погрешность межосевого расстояния  $A$  приспособления;  $\Delta_{ш}$  — несоосность установочного штыря с осью вращения планшайбы;  $\Delta_{вт}$  — половина зазора в сопряжении центрирующей втулки с отверстием  $D$  рычага.

6. Рычаг устанавливают на разметочной плите вертикально, выверяя поверхность  $M$  (см. рис. 5.23) по угольнику таким образом, чтобы центры  $O$  и  $O'$  находились в одной горизонтальной плоскости. Наносят базовую риску — ось положения пальца, перенося ее на поверхность  $M$ . С помощью зеркального кондуктора (того же, что использовался при разметке отверстий во фланцах лопасти и цапфы) размечают на поверхности  $M$  с выносом на образующую оси  $z$  и  $w$ . Размечают положение осей отверстий под болты и шпонки и дают риски обработки скосов по плоскости  $\Pi$ .

7. На строгальном станке обрабатывают скосы одновременно для всего комплекта рычагов. детали выставляют по ходу стола и выверяют по рискам разметки.

8. На станке КУ-11 растачивают и нарезают отверстия под болты. Отверстия под шпонки растачивают с припуском 5 мм для совместной обработки с лопастью и цапфой.

9. Для увеличения прочности наиболее нагруженного сечения в месте перехода пальца рычага к диску производят наклеп галтели с помощью приспособления (рис. 5), надеваемого на палец рычага. Технология наклепа и оснастка разработаны ЦНИИТмашем. На корпусе 1 крепится пневматический молоток 2, устанавливаемый под углом  $55^\circ$  к оси пальца рычага. Ударный импульс передается ролику 3, радиус торовой поверхности которого равен 5 мм. В процессе наклепа приспособление проворачивается вокруг оси пальца, подвергая поверхностному пластическому деформированию галтель по всей окружности. Наклеп производится за два прохода при скорости вращения приспособления 1,5—2 об/мин. Частота импульсного воздействия ролика примерно 2000 ударов в минуту.

Оценка достигнутого уровня упрочнения осуществляется путем измерения деформации зоны галтельного перехода. Измерение проводится в

направлении деформирующего усилия с помощью индикатора, устанавливаемого в приспособление, конструкция которого аналогична описанному выше.

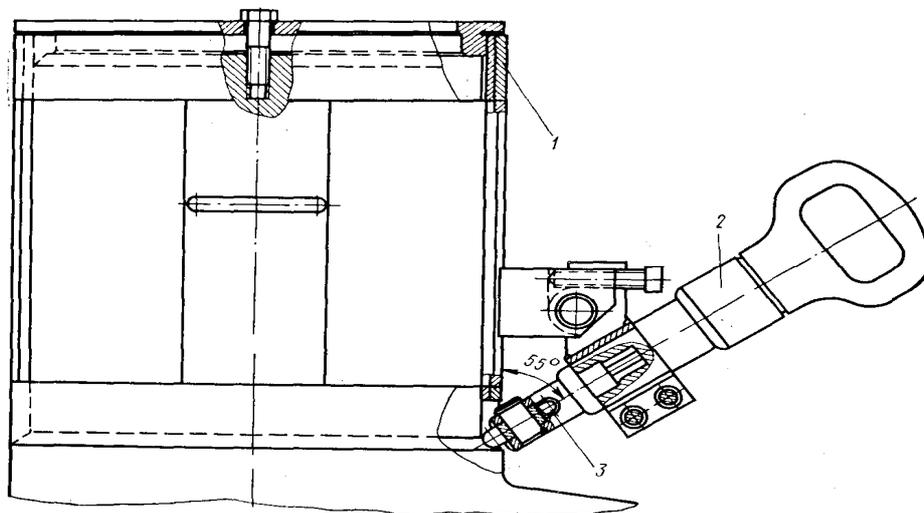


Рис. 7 Приспособление для наклепа галтели рычага

## Использованная литература

1. Бронковский Г.А, Гольдфарб А.И., Фасулати Р.К. Технология гидротурбиностроения Л:«Машиностроение», 1978 г.
2. ГОСТ 26645–85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку
3. Грановский С.А., Орго В.М. Конструкция и расчет гидротурбин
4. «Машиностроение», 1974г.
5. Ковалев Н. Н. Проектирование гидротурбин «Машиностроение», 1974г.
6. Михайлов А. М. и др. Литейное производство: Учебник для металлургических специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1987.
7. Орго В.М. Гидротурбины «Издательство Ленинградского университета, 1975 г.
8. Рихтер Р. Конструирование технологичных отливок. – М.: Машиностроение, 1968. – 254 с.
9. Шварцбурд Б.И. Технология производства гидравлических машин. - М: «Машиностроение»,1978 г.