

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики
Кафедра материаловедения и технологии машиностроения**

**ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ.
ТИПОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЫЧАГОВ
Методические указания к курсовой работе**

Методические указания для студентов очной и заочной форм
обучения по направлению подготовки:
15.03.02 – Технологические машины и оборудование

Составители:
М.Н. Жукова
Н.Н. Ситов

**Санкт-Петербург
2021**

Утверждено
на заседании кафедры М и ТМ
27.04.2021 г., протокол №4

Рецензент П.В. Кауров

Методические указания соответствуют программе и учебному плану дисциплины «Основы технологии машиностроения» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

Указания предназначены для бакалавров очной и заочной форм обучения при выполнении курсовой работы и для подготовки к экзамену.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД
в качестве методических указаний.

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.

- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 06.07.2021 г. Рег. № 44/21

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб, ул. Ивана Черных, 4.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из главных этапов курсовой работы по курсу «Основы технологии машиностроения» является разработка технологического процесса (ТП) механической обработки детали. При этом для подавляющего большинства деталей при разработке ТП может быть использован типовой маршрут механической обработки с внесением в него изменений, учитывающих особенности конструкции данной конкретной детали.

Принцип типизации технологических процессов основан на идее проф. А.П. Соколовского, что детали, имеющие общие конструктивные и технологические признаки, нужно обрабатывать, применяя единый ТП, который назван типовым.

Работа по типизации ТП начинается с проведения классификации. Основной задачей классификации является приведение всего многообразия заготовок, поверхностей и их сочетаний к минимальному количеству типов, для которых можно разрабатывать типовые ТП в нескольких вариантах, чтобы для доли любого конкретного случая обработки заготовок, поверхности или сочетания поверхностей данного типа можно было выбирать наиболее рациональный типовой процесс для данных условий производства. В общесоюзном классификаторе все машиностроительные детали делятся на шесть классов: 71, 72, 73, 74, 75, 76. Каждый класс делится на подкласс, затем на группы и подгруппы; при этом учитываются определенные конструктивные признаки деталей.

Следующим этапом типизации ТП является разработка принципиально общего ТП с установлением типовых последовательности и содержания операций, типовых схем базирования и типовой оснастки.

При выборе действующего типового ТП должны решаться следующие задачи:

1. Формирование технологического кода изделия по технологическому классификатору на основании чертежа детали.
2. Отнесение обрабатываемого изделия к соответствующей классификационной группе на основании технологического кода.
3. Отнесение обрабатываемого изделия по его технологическому коду к действующему типовому ТП на основании документации и типовых ТП для данной группы изделий.

Однако в настоящее время практически отсутствует технологическая документация на типовые ТП для большинства групп изделий. Поэтому выполнить третью задачу сложно. Но в различных справочниках [4], учебниках [1,3,5,6] и учебных пособиях [2] приведены маршруты обработки типовых деталей: валов, втулок, рычагов, корпусов, зубчатых колес, шпинделей, шатунов и т.д. Причем для

отнесения детали к одному из указанных типов нужно знать только ее конфигурацию и габариты, а формирование технологического кода не обязательно.

К валам относятся детали, имеющие форму тел вращения с отношением длины к среднему диаметру $L/D > 2$ (валы, оси и т.д.).

К втулкам относятся детали, образованные концентричными наружными и внутренними поверхностями вращения с отношением $0,5 < L/D < 2$ (втулки, гильзы, фланцы).

К рычагам относятся детали, состоящие из нежесткого стержня и головок с отверстиями, оси которых расположены параллельно или под углом (рычаги, вилки, шатуны и т.д.).

К корпусам относятся детали призматического типа с плоскими поверхностями больших размеров и основными отверстиями, оси которых расположены параллельно друг другу или под углом.

К зубчатым колесам относятся детали – тела вращения с элементами зубчатого зацепления (цилиндрические, конические и червячные).

Отнеся деталь к одному из указанных типов, нужно выбрать типовой маршрут для данного типа производства и скорректировать его применительно к конкретным особенностям каждой детали. В настоящих методических указаниях приведены типовые маршруты механической обработки рычагов. Для них рассмотрены основные технологические задачи, основные схемы базирования, применяемый материал, виды и методы получения заготовок. В таблицах приведены типовые маршруты механической обработки с указанием основных этапов, оборудования и приспособлений. Типовые ТП обработки приведены с указанием переходов для каждой операции, оборудования, приспособлений, инструментов, операционных эскизов и схем обработки на основных операциях.

ТИПОВЫЕ МАРШРУТЫ ОБРАБОТКИ РЫЧАГОВ

1. Основные виды рычагов

К деталям класса рычагов относятся детали, состоящие из нежесткого стержня и головок с отверстиями, оси которых расположены параллельно или под углом: рычаги (рис. 1, а, б, в), тяги (рис. 1, г), вилки (рис. 1, д), балансиры, шатуны.

Рычаги являются звеньями системы машин, аппаратов, приборов, приспособлений. Совершая качательное или вращательное движение, рычаги передают необходимые силы и движения сопряженным деталям, заставляя их выполнять требуемые перемещения.

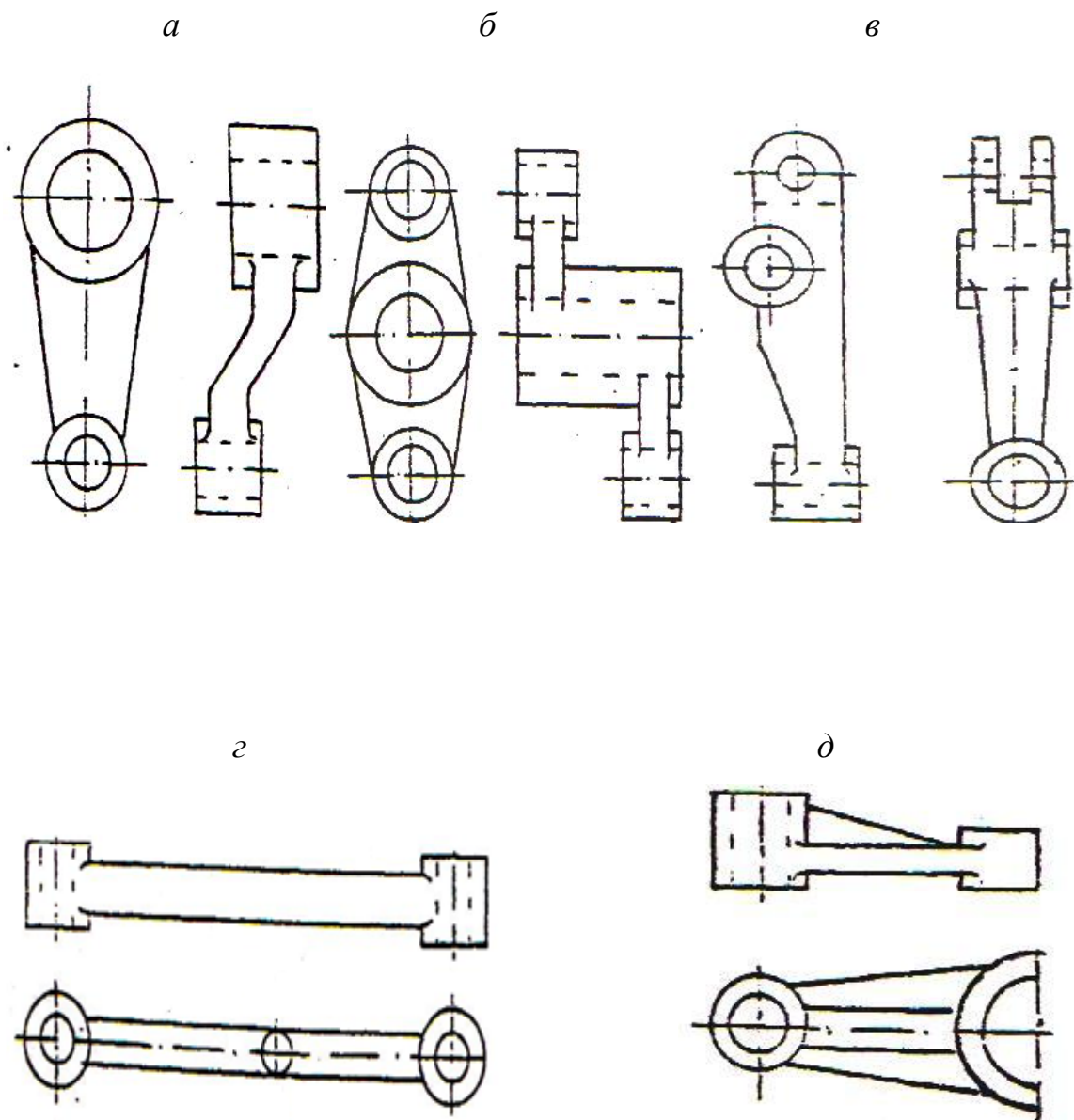


Рис. 1. Конструктивные разновидности рычагов

В других случаях рычаги, например прихваты, остаются неподвижными и фиксируют относительное положение сопряженных деталей.

Детали данного класса имеют обрабатываемые поверхности: площадки, отверстия, расположенные по концам стржня, шпоночные или шлицевые пазы, крепежные отверстия и прорези в головках. Стержни рычагов обычно не обрабатывают.

2. Основные технологические задачи

Точность размеров. Отверстия – основные сборочные базы, поверхности которых рычаги и вилки спрягаются с валиками, имеют отклонение диаметра по Н7–Н9, а у вилок переключения для уменьшения перекоса при осевом перемещении по Н7–Н8. Отклонение расстояний между параллельными торцевыми поверхностями вилок переключения назначают по Н10–Н12. Расстояние между осями отверстий имеют допускаемые отклонения от 0,1 до 0,025 мм.

Точность формы. В большинстве случаев особых требований к точности формы поверхностей не предъявляют, т.е. погрешность формы не должна превышать допуск на диаметр.

Точность взаимного расположения. Для хорошего прилегания поверхностей отверстий к сопряженным деталям оси поверхностей отверстий *должны быть параллельны*. Допускаемое отклонение параллельности осей основных отверстий 0,05–0,3 мм на 100 мм длины. Допуск перпендикулярности осей отверстий относительно плоскости должен быть не более 0,1–0,3 мм на 100 мм радиуса. Допуск параллельности торцовых поверхностей головок должен выдерживаться в пределах 0,05–0,25 мм на 100 мм длины.

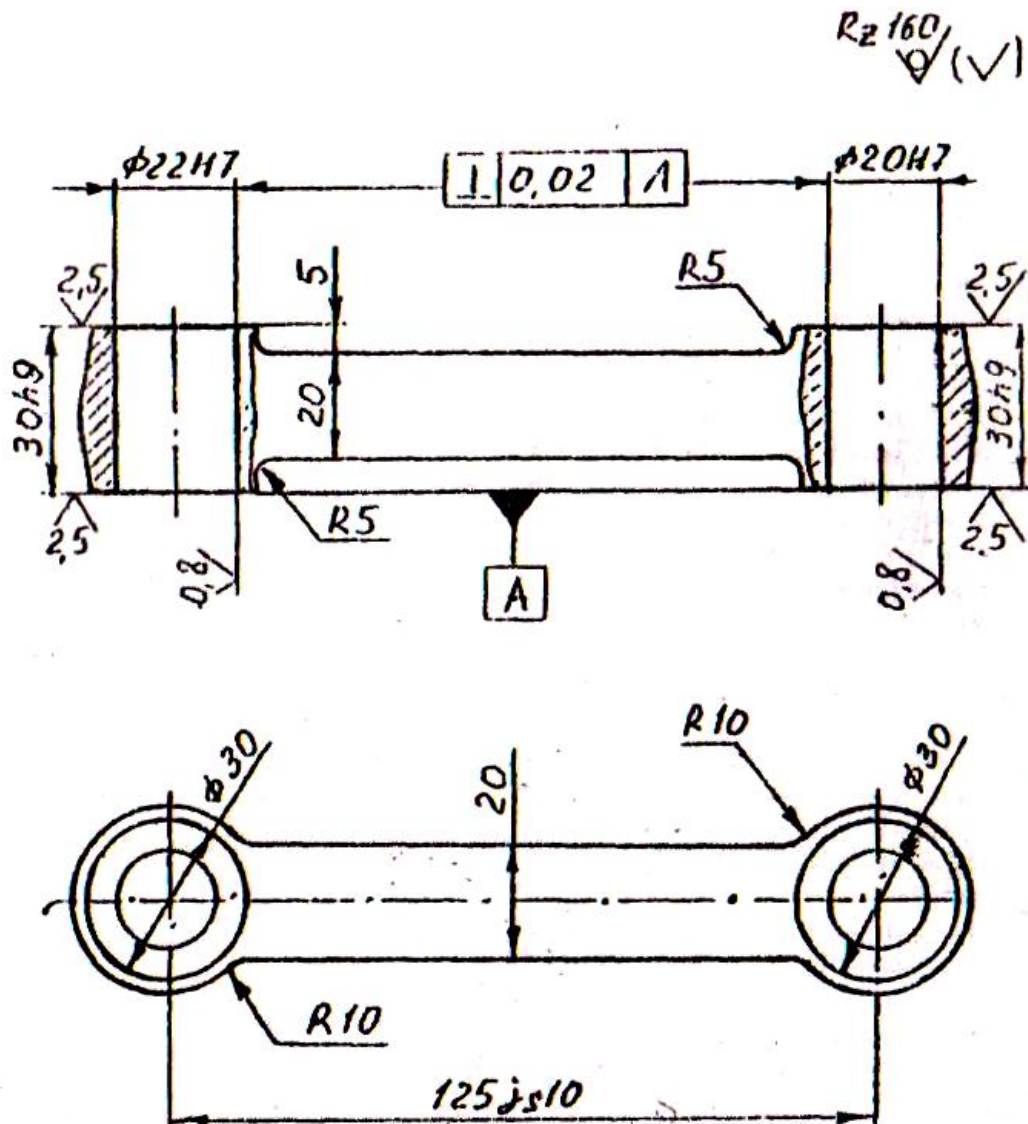
У вилок обеспечивают перпендикулярность торцов лапы и торцов головки к оси основного отверстия в пределах 0,1–0,3 мм на 100 мм длины.

Качество поверхностного слоя. Шероховатость поверхностей отверстий у рычагов и вилок в зависимости от точности диаметров отверстий назначают $R_a=2,5\ldots0,5$ мкм. Для увеличения срока службы твердость исполнительных поверхностей стальных рычагов и вилок устанавливают HRC₉40–50.

Пример. Для рассматриваемого рычага (рис. 2) точность размеров основных отверстий 22Н7, 20Н7; допуск на расстояние между осями отверстий j_{s10} ;

– точность взаимного расположения. Допуск на перпендикулярность осей отверстий относительно плоскости А составляет 0,02 мм;

– шероховатость отверстий $R_a = 0,8$ мкм торцов бобышек $R_a = 2,5$ мкм. Остальные поверхности $R_a = 160$ мкм.



1. 45...50HRC₂

2. Острые кромки скруглить $R = 0,5...0,8$ мм

3. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$

4. Материал – сталь 45

Рис. 2. Чертеж рычага

3. Материал и заготовки

Материалом для изготовления рычагов служат серый чугун марок от СЧ10 до СЧ25, ковкий чугун марок КЧ35-10, КЧ37-12 и др., сталь 3 и конструкционные стали марок: 20, 35, 45, 40Х.

Работающие рычаги при незначительных нагрузках изготавливают из пластмасс.

Выбор материала зависит от служебного назначения и экономичности изготовления детали. Рычаги сложной формы могут быть достаточно экономично изготовлены из заготовки-отливки. Для деталей, работающих в машинах с небольшими статическими нагрузками, выбирают менее дорогой и прочный чугун марок от СЧ10 до СЧ18

Детали, испытывающие более значительные нагрузки, изготавливают из более прочного и дорогого чугуна марок СЧ20 и СЧ25.

Для нежестких деталей, работающих толчками и ударами, применяется ковкий чугун. При получении ковкого чугуна обязательным становится отжиг, после которого заготовки коробятся и должны дополнительно подвергаться правке.

Введение дополнительных операций отжига и правки удорожает заготовки, поэтому в ряде случаев рычаги изготавливают из стали. Чугунные заготовки рычагов получают обычно литьем в песчаные формы. При повышенных требованиях к точности заготовки отливают в оболочковые формы. Стальные заготовки рычагов получают ковкой, штамповкой и литьем по выплавляемым моделям. При штамповке заготовок в небольших количествах применяют подкладные штампы. С увеличением объема изготовления заготовок более экономичной становится штамповка их в открытых и закрытых штампах. В серийном производстве штамповки выполняют на штамповочных молотах, фрикционных и кривошипных прессах, а в крупносерийном и массовом производствах – на кривошипных прессах. Для повышения производительности и уменьшения себестоимости штампованных заготовок их предварительное формирование в массовом производстве в ряде случаев производят на ковочных вальцах или ГКМ, если большая разность сечений по длине требует подкатного или протяжного ручьев.

Для уменьшения трудоемкой механической обработки, уменьшения расхода металла и улучшения внешнего вида сложных по конструктивной форме стальных рычагов их заготовки вместоковки или штамповки получают литьем по выплавляемым моделям.

Отверстия по чертежу диаметром меньше 30 мм в заготовках штамповкой обычно не получают.

Работающие при значительных нагрузках стальные рычаги из среднеуглеродистой стали для повышения прочности перед

механической обработкой термически обрабатывают (закалка и высокий отпуск).

4. Основные схемы базирования

Сборочной базой для рычага является отверстие большего диаметра, торец бобышки, в которой находится это отверстие и второе отверстие.

Выбор баз на различных этапах обработки рычага зависит от типа производства и степени концентрации ТП.

1. ТП дифференцирован, т.е. состоит из большого количества простых операций.

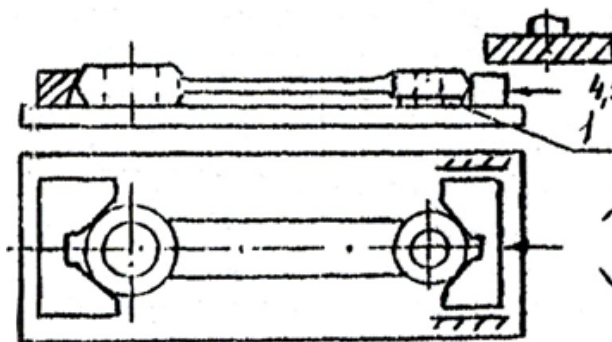
При первоначальном черновом фрезеровании торцовых поверхностей основных отверстий базирующей является необработанная поверхность стержня, которая лишает рычаг трех степеней свободы с помощью опорных точек 1, 2, 3 (рис. 3, б). Если фрезерование производится на станке с ЧПУ, то необходимо полное базирование, реализуемое с помощью неподвижной призмы (точки 4 и 5) и подвижной (точка 6).

При последующем фрезеровании противоположных торцов бобышек в качестве чистовой базы выбирается обработанный торец основной бобышки (рис. 3, а). Если торец второй бобышки находится не в одной плоскости с торцом основной бобышки, то под него подводится регулируемая опора 1. Призматические губки служат для закрепления, а не базирования рычага. Скос на левой неподвижной губке позволяет прижать головку рычага к базовой плоскости. Правая подвижная призма делается без скоса.

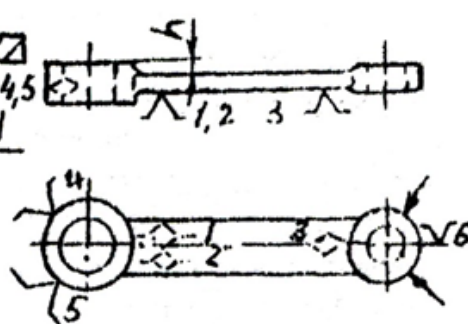
Далее при обработке первого основного отверстия в кондукторе в качестве установочной базы принимают обработанный торец и наружную необработанную поверхность головки (рис. 3, в), благодаря чему достигается равенство головок.

Второе основное отверстие обрабатывают во втором кондукторе (рис. 3, г). Рычаг устанавливают обработанным отверстием на палец и торцом непросверленной бобышки на плоскость. При этом он лишается пяти степеней свободы. При опускании кондукторной плиты рычаг ориентируется и прижимается вниз, то есть лишается последней степени свободы. Наибольшая величина разностенности второй головки при этом равна допуску на расстояние между осями отверстий головок. При долблении шпоночных и шлицевых канавок рычаги базируются по обработанным поверхностям основных отверстий и торцов (рис. 3, д), а при протягивании базой является само обработанное отверстие. Для угловой ориентации используют либо второе отверстие, либо необработанную поверхность стержня, либо вторую бобышку рычага.

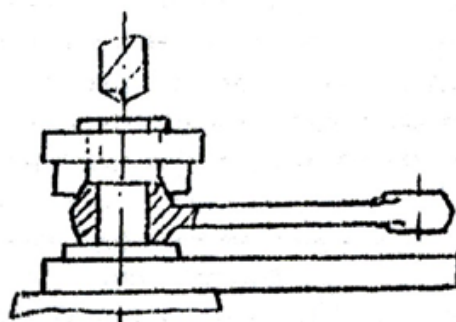
a



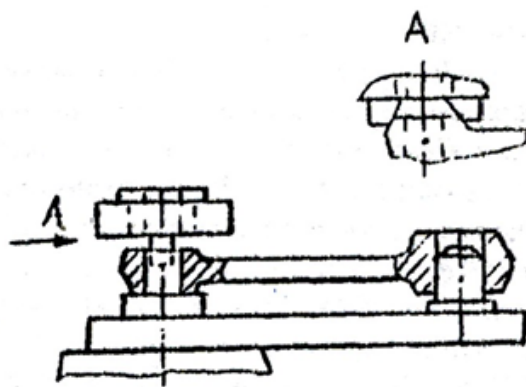
б



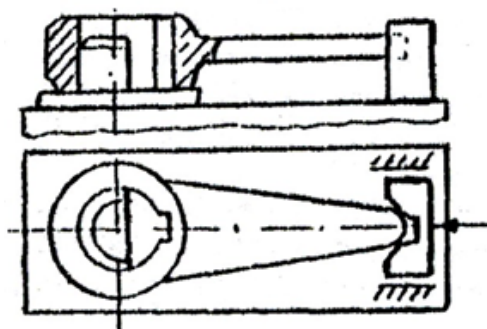
в



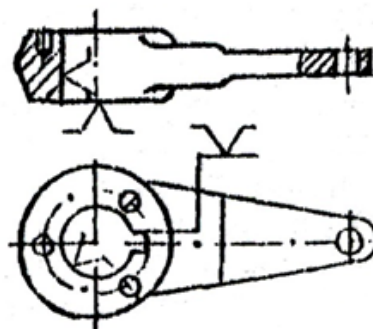
г



д



е



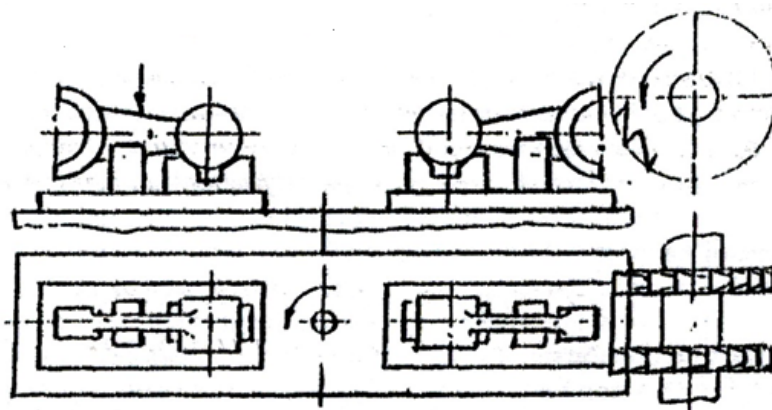


Рис. 3. Схемы базирования и закрепления рычагов

При обработке прорезей, пазов, уступов, фасонных исполнительных поверхностей рычагов и вилок и сверлении дополнительных отверстий рекомендуется в качестве технологических использовать сборочные базы – поверхности отверстий и торцов головок. Например, при сверлении трех отверстий в торце бобышки комплект баз составляют: торец бобышки, поверхность отверстий и боковая сторона шпоночного паза (рис. 3, е).

2. **ТП концентрирован**, т.е. состоит из малого количества многопереходных операций.

Противоположные торцы бобышек фрезеруют одновременно на горизонтально-фрезерном станке набором двухсторонних дисковых фрез. При этом базирование осуществляется по поверхности стержня и головки (рис. 3, ж). Для повышения производительности рычаг устанавливают на поворотном столе, чем достигается совмещение основного времени со вспомогательным временем на установку и снятие деталей. Сверление отверстий производят за один установ рычага, базировав его по схеме (рис. 3, а).

В условиях крупносерийного и массового производства рычаг обрабатывают на автоматической линии, закрепляя в приспособлении-спутнике, базировав его один раз по поверхности стержня и бобышки (аналогично рис. 3, ж) (или стержня и двух бобышек в тисках с самоцентрирующими призматическими губками).

Обработать рычаг за один установ в условиях мелкосерийного производства можно на горизонтальном фрезерно-сверлильно-расточном станке с ЧПУ с поворотным столом, базировав рычаг аналогично схеме (рис. 3, ж).

Следует отметить, что некоторые рычаги являются нежесткими деталями сложной пространственной формы, поэтому для обеспечения их жесткости в процессе обработки нужно применять дополнительные

подводимые опоры, воспринимающие действия сил резания и закрепления.

5. Типовые маршруты обработки рычагов

а) Укрупненный типовой маршрут обработки рычага или вилки представлен в табл. 1.

б) Технологический процесс изготовления рычага (рис. 2) представлен в табл. 2.

Таблица 1

Укрупненный типовой маршрут обработки рычага

№ эта- па	Наименование этапа	Тип производства					крупносерийное и массовое приспособление
		мелкосерийное		среднесерийное		оборудование	
		оборудова- ние	приспособление	оборудование	приспособле- ние		
I	Последовательная или одновременная обработка торцовых поверхностей основных отверстий а) последователь- ная обработка торцов отверстий за одну или несколько операций	Станки: вертикально - или гори- зонтально- фрезерные с или без ЧПУ	УНП (базовые элементы: тиски или плита)	Станки и полуавтоматы вертикально-, горизонтально- или продольно- фрезерные с или без ЧПУ	СНП (базовые элементы: тиски или плита; мно- гоместная уста- новка заготовок)	Полуавтоматы барабанно-, про- дольно-, гори- зонтально-, вер- тикально-, агре- гатно-фрезерные или протяжные	НСП (многоместная установка заготовок)
	б) одновременная обработка торцов отверстий за одну или несколько операций	Станок горизонта- льно- фрезерный	УНП (базовые элементы: тиски или плита)	Станки и полуавтоматы: горизонтально- и продольно- фрезерные	СНП (базовые элементы: тиски или плита; мно- гоместная уста- новка заготовок)	Полуавтоматы: барабанно-, про- дольно-, гори- зонтально-, агре- гатно-фрезер- ные, протяжные	НСП (многоместная установка заготовок)
II	Последовательная или одновременная обработка основных отверстий а) последователь- ная обработка основ- ных отверстий за одну или несколько опера- ций	Станки: вертикаль- но- или радиально- сверлиль- ные	УНП (кондуктор скальчатый)	Станки и полуавтоматы: вертикально- и радиально- сверлильные с револьверной головкой	СНП (кондуктор)	Полуавтоматы вертикально- и радиально-свер- лильные с рево- льверной голов- кой или агрегат- но-сверлильные станки	НСП (кондуктор)

№ эта- па	Наименование этапа	Тип производства					
		мелкосерийное		среднесерийное		крупносерийное и массовое	
		оборудова- ние	приспособление	оборудование	приспособле- ние	оборудование	приспособление
	б) одновременная обработка отверстий за одну операцию	–	–	Станки полуавтоматы вертикально- и радиально-сверлильные многошпиндельные или с многошпиндельными головками	СНП (кондуктор)	Полуавтоматы вертикально-, радиально- и агрегатно-сверлильные многошпиндельные или с многошпиндельными головками	НСП (кондуктор)
III	Обработка шпоночных и шлицевых канавок в основных отверстиях	Станок долбежный	УНП (базовые элементы: тиски или плита)	Станки. Долбежный или протяжной (вертикальный или горизонтальный)	СНП (базовые элементы: тиски или плита)	Станки и полуавтоматы протяжные	НСП (многоместная установка заготовок)
	а) обработка шпоночных канавок б) обработка шлицевых канавок	Станок долбежный	УНП (базовые элементы: тиски или плита универсальной делительной головки)	Станок протяжной (вертикальный или горизонтальный)	СНП (многоместная установка заготовка)	Станки и полуавтоматы протяжные	НСП (многоместная установка заготовок)
IV	Обработка поверхностей стержня рычага, прорезей, пазов, фасонных поверхностей рычагов и вилок	Станки: вертикально - и горизонтально-фрезерные с или без ЧПУ	УНП (базовые элементы: тиски или плита)	Станки и полуавтоматы вертикально-, горизонтально- и продольно-фрезерные с или ЧПУ	СНП (базовые элементы: тиски или плита; многоместная установка заготовок)	Полуавтоматы барабанно-, продольно-, горизонтально- и агрегатно-фрезерные или протяжные	НСП (многоместная установка заготовок)

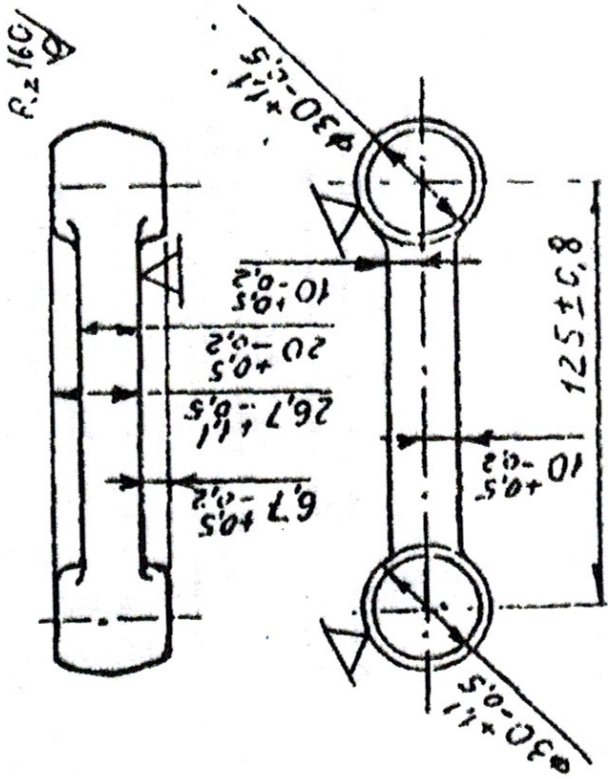
№ эта- па	Наименование этапа	Тип производства				крупносерийное и массовое	
		мелкосерийное	среднесерийное	оборудование	приспособ- ление	оборудование	приспо- сoble- ние
V	Обработка вспомогательных отверстий нарезания резьб	Станки: вертикально- и радиально-сверлильные с ЧПУ или без ЧПУ	УНП (кондуктор)	Станки: вертикально- и радиально-сверлильные с револьверной или с многошпиндельной головкой	СНП (кондуктор)	Полуавтоматы: вертикально- и радиально-сверлильные с револьверной головкой, многошпиндельные и агрегатно-сверлильные	НСП (кондуктор)
VI	Термическая обработка отдельных поверхностей	Закалка поверхностная или цементация и закалка, закалка объемная					
VII	Абразивная обработка ответственных поверхностей	Станок плоскошлифовальный с ЧПУ	УНП (базовые элементы: магнитная плита или тиски, или плита)	Станок плоскошлифовальный специализированный	СНП (базовые элементы: магнитная плита или тиски, или плита)	Полуавтомат плоскошлифовальный специализированный	НСП
	а) шлифование плоскостей б) хонингование отверстий	Станок хонинговальный одношпиндельный	УНП (базовые элементы: магнитная плита или стол)	Станки хонинговальные одно- или двухшпиндельный	СНП (базовые элементы: магнитная плита или стол)	Полуавтоматы хонинговальные специальные многошпиндельные	НСП

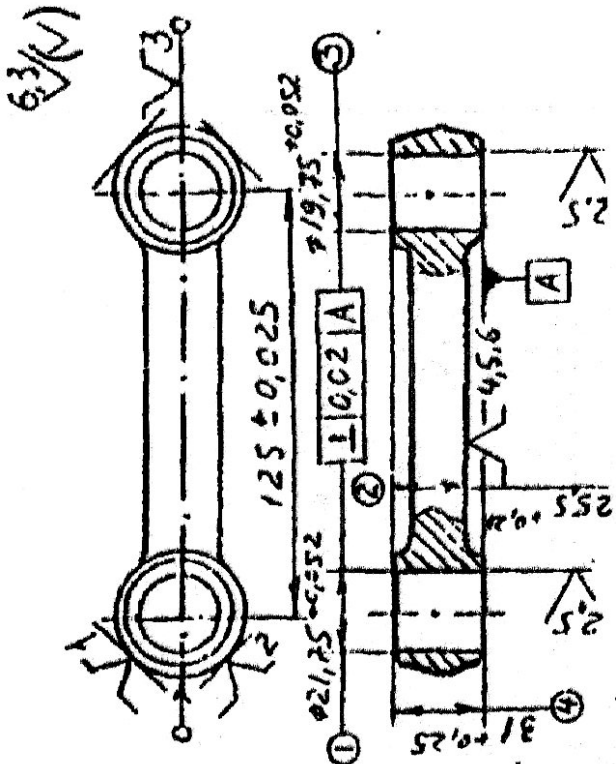
Примечания.

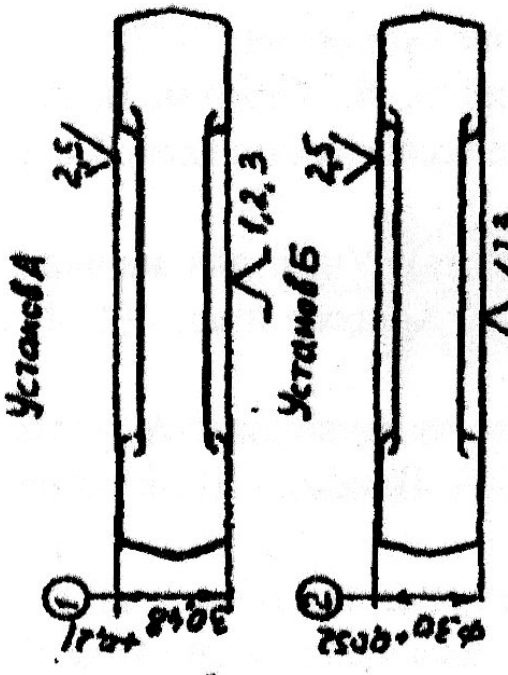
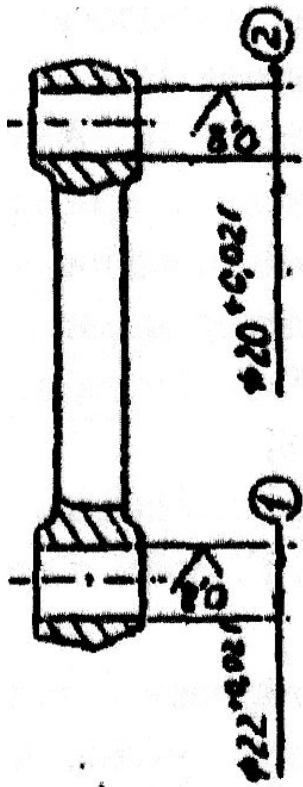
1. При концентрированном ТП. например, при обработке рычага на горизонтально-расточном станке с ЧПУ и поворотным столом, можно в одну операцию объединить этапы I, II, IV, V, при этом поверхности торцов головок можно зенковать (цековать).
2. Возможны варианты ТП, в которых I и II этапы меняются местами.

Таблица 2

**Технологический маршрут механической обработки рычага
мелкосерийное производство)**

Наименование и краткое содержание операций	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Операционный эскиз
00. Отрезная 1. Отрезать заготовку из прутка $\varnothing 25$ длиной 1200 мм	Ножницы НВ1429	—	Ножи для круга 25	 1. Штамповочные уклоны внешние 7° 2. Радиусы закруглений внешние $1,5^{+2}$, внутренние $2^{+0,2}$ 3. Заусенец не допускается. 4. Смещение не более 0,5.
05. Штамповочная 1. Нагреть конец прутка 2. Штамповать а) в подкатном ручье б) в чистовом ручье в) в отрубном ручье	Печь НЩО 6.5.8.12/13Г Молот паровоздуш- ный штампо- вочный М2140А	—	Штамп	
10. Обрезная 1. Обрезать заусенец	Пресс кривошипный K59584	—	Штамп обрезной	
15. термическая (нормализация)	Печь ННЗ 6.5.8.12/10Г	—	—	
20. Очистная 1. Очистить поковку от окалины	Барбан дробомерный конвейерный 4223 З	—	—	

Наименование и краткое поперечное содержание операций	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Операционный эскиз
25. Зачистная 1. Зачистить и снять заусенцы	Станок обдирочно-шлифовальный 3435	—	Круг шлифовальный ПП500х33х203 14A100C24K4	
30. Фрезерно-сверлильная 1. Фрезеровать поверхности 2 и 4 с припуском под шлифование одно-ременно (возможно фрезерование поверхностей 2 и 4 последовательно концевой или торцевой фрезой за две позиции с поворотом стола) 2. Сверлить отверстия 1 и 3 3. Зенкеровать отверстия 1 и 3	Станок многоцелевой горизонтальный 6Б76ПМФ2	УНП (тиски с призматическими губками и упором)	Набор фрез дисковых трехсторонних Ø125х10 Р6М5 Сверла спиральные Ø20 и Ø18 Р6М5 Зенкеры Ø21,75 и Ø19,75, Р6М5	
35. Термическая 1. Закалить 2. Отпустить НRCэ 45-50	Печь электрическая СНО-3,6,2/10 СНО-3,6,2/10	—	—	—

Наименование и краткое попереходное содержание операций	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Операционный эскиз
40. Шлифовальная 1. Установить и закрепить заготовку 2. Шлифовать поверхность 1 3. Переустановить заготовку 4. Шлифовать поверхность 2	Станок плоскошлифовальный 3Е710А	Плита магнитная	Круг ПП200х32х76 24А40М25К6	
45. Хонинговальная 1. Хонинговать отверстие 1 2. Хонинговать отверстие 2 Базирование осуществляется сначала по отверстию 1, затем 2 (хонинговальная головка плавающая, поэтому значков базирования на операционном эскизе нет)	Станок хонинговальный одношпиндельный 3821	УНП (тиски с призматическим и губками, используемыми для исключения поворота заготовки, а не для базирования)	Бруски хонинговальные АС6 250/200 Б1-100	

Библиографический список

1. Основы технологии машиностроения: учеб. для вузов. Изд. 3-е, доп. и перераб. / под ред. В.С. Корсакова. - М.: Машиностроение, 1977. - 416 с.
 2. Акимов, В.Л. Технологические расчеты при проектировании процессов механической обработки заготовок: учеб. пособие / В.Л. Акимов, Э.Л. Жуков, Б.Я. Розовский, В.А. Скраган. - Л.: ЛПИ, 1980. - 75 с.
 3. Гусев, А.А. Технология машиностроения (Спец. часть): учеб. для машиностроит. спец. вузов / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, Н.М. Колесов и др. - М.: Машиностроение, 1986. - 479 с.
 4. Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. - М.: Машиностроение, 2004. - 784 с.
 5. Баранчукова, И.М. Проектирование технологии: учеб. для студ. машиностроит. спец. вузов / И.М. Баранчукова, А.А. Гусева, Ю.Б. Камаренко и др.; под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. - М.: Машиностроение, 1990. - 416 с.
 6. Капустин, Н.М. Технология производства гусеничных и колесных машин: учеб. пособие для студ. машиностроит. спец. вузов / Н.М. Капустин, К.М. Сухоруков, Р.К. Мещеряков и др.; под общ. ред. Н.М. Капустина. - М.: Машиностроение, 1989. - 367 с.
-