

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Институт металлургии, машиностроения и транспорта

Кафедра «Технологические процессы и оборудование автоматизированных
машиностроительных производств»

«Допустить к защите»

И.О.Зав.кафедрой ТПиОАМП

_____ А.В. Приемышев

« _____ » _____ 2015 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема: Технологический процесс механической обработки вала.

Направление: 15.03.05 – "Конструкторско – технологическое обеспечение
машиностроительных производств "

Профиль: 15.03.05_05 – "Технология, оборудование и автоматизация маши-
ностроительных производств "

Выполнил
студент группы в43329/4

С.Н. Ремезов

Руководитель
к.т.н., доцент

А.Я. Братчиков

Рецензент

Доцент к.т.н.

С.В.Портнов

Санкт-Петербург
2015г.

Аннотация

«Технологический процесс механической обработки вала».

В дипломном проекте разработан технологический процесс изготовления детали вал. Спроектировано приспособление для контрольно-измерительной операции. В пояснительной записке приведены технологические и конструкторские расчеты. Разработанный технологический процесс может быть использован, как типовой при производстве «Вала». Предполагаемое внедрение в производство спроектированного технологического процесса получает получить значительную экономию.

«The technological process of machining parts shaft».

| | |
|---|-----------|
| АННОТАЦИЯ | 2 |
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1. АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОГО | 6 |
| 1.1. Назначение детали и анализ её конструкции | 6 |
| 1.2. Анализ технологичности конструкции детали | 8 |
| 1.3. Анализ существующего технологического процесса | 10 |
| 1.4. Определение типа производства и величины партии запуска | 11 |
| 1.4.1. Определение величины партии запуска | 12 |
| 2. РАЗРАБОТКА МАРШРУТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ, ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ, ПРИМЕНЯЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ И БАЗ | 13 |
| 2.1. Выбор способа получения заготовки и его обоснование | 13 |
| 2.2. Обоснование и выбор технологических баз, разработка маршрутной технологии и выбор метода обработки | 17 |
| 2.3. Расчет припусков на механическую обработку | 21 |
| В расчете не используется | 26 |
| В расчете не используется | 31 |
| 3. Разработка технологического процесса на токарную обработку с учетом особенностей числового программного управления | 34 |
| 3.1. Особенности технологической подготовки для обработки деталей на станках с ЧПУ | 34 |
| 3.2. Разработка операционного технологического процесса | 39 |
| 3.3. Расчет режимов резания | 39 |
| 3.4. Определение норм времени обработки заготовки на станке с ЧПУ | 42 |
| 3.4. Расчет штучно-калькуляционного времени | 48 |
| 3.5. Расчет и назначение режимов резания и техническое нормирование круглошлифовальной операции | 48 |
| ВЫБОР ХАРАКТЕРИСТИКИ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА | 48 |
| 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ | 54 |
| 4.1. Описание приспособления | 54 |
| 4.2. Расчет точности приспособления | 54 |
| 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ | 56 |
| 5.1. Расчет усилия зажима заготовки в приспособлении | 56 |
| 5.1.1. Расчет резьбы M18x1,5 на штоке на прочность | 57 |
| ПРОВЕРКА ВИТКА РЕЗЬБЫ НА СРЕЗ ВЫПОЛНЯЕТСЯ ПУТЕМ ПРОВЕРКИ ВЫПОЛНЕНИЯ УСЛОВИЯ: | 57 |
| 5.1.2. Расчет точности изготовления станочного приспособления | 57 |
| Заключение | 59 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ | |

Введение

Эффективность производства, его технический прогресс, качество выпускаемой продукции во многом зависят от развития производства нового оборудования, машин, станков и аппаратов, от всемерного внедрения методов технико-экономического анализа, обеспечивающего решение технических вопросов и экономическую эффективность технологических и конструкторских разработок.

Технология машиностроения – это наука об изготовлении машин требуемого качества в установленном производственной программой количестве и в заданные сроки при наименьших затратах живого общественного труда, т.е. при наименьшей себестоимости.

Применение прогрессивных высокопроизводительных методов обработки, обеспечивающих высокую точность и качество поверхностей деталей машин, методов упрочнения рабочих поверхностей, повышающих ресурс работы деталей и машин в целом, использование современных автоматических и поточных линий, станков с ЧПУ, компьютерных технологий – всё это направлено на решение главных задач: повышение эффективности производства и качества продукции.

Различные разделы математики, теоретической механики, физики, химии, теории пластичности, материаловедения и многих других наук принимаются в качестве **теоретической** основы новых направлений технологии машиностроения или используются в качестве аппарата для решения практических технологических вопросов, существенно повышая общий теоретический уровень технологии машиностроения и её практические возможности.

Распространяется применение вычислительной техники при проектировании технологических процессов и математическое моделирование процессов механической обработки. Осуществляется автоматизация программирования процессов обработки на широко применяющихся станках с ЧПУ.

Создаются системы автоматизированного проектирования технологических процессов – САПР ТП.

Данный дипломный проект посвящён разработке прогрессивного технологического процесса изготовления Вала. Важным моментом в проектируемом технологическом процессе является использование для обработки подготовки станка с ЧПУ.

Опыт эксплуатации станков с числовым программным управлением позволяет определить их высокую технико-экономическую эффективность. Один станок с программным управлением может заменить несколько обычных универсальных станков, что даёт возможность значительно сократить число станков и производственные площади. Широкое применение станков с ЧПУ и создание на базе их автоматизированного производства является одним из важнейших направлений научно-технического прогресса в машиностроении.

На данном этапе развитие машиностроения должно «осуществлять переход к массовому применению высокоэффективных систем машин и технологических процессов, обеспечивающих комплексную механизацию и автоматизацию производства, техническое перевооружение его основных отраслей».

1. Анализ действующего технологического процесса и обоснование необходимости проектирования нового

1.1. Назначение детали и анализ её конструкции

Вал предназначен для увеличения подводимого от двигателя крутящего момента и передачи его к загребному винту. Эксплуатируются валы в условиях повышенной вибрации при наличии больших крутящих моментов. Это обуславливает высокие требования к качеству изготавливаемых валов.

В машиностроении показатели качества изделий весьма тесно связаны с точностью обработки деталей машин. Полученные при обработке размеры, форма и расположение элементарных поверхностей определяют фактические зазоры и натяги в соединении деталей машин, а следовательно, технические параметры продукции, влияющие на её качество, надёжность и экономические показатели производства и эксплуатации. Одним из факторов, характеризующим качество поверхности является шероховатость поверхностного слоя детали. Исходя из того, что на вал устанавливаются подшипники качения, шероховатость соответствует посадочным поверхностям 5 – 6 классов. Наиболее высокий класс шероховатости при обработке шлицов назначается на обработку наружного диаметра, так как центрирование шлицевого соединения осуществляется по наружному диаметру шлицов у вала и внутреннему диаметру шлицов у шестерни. Назначение таких технических требований, как радиальное биение шлицевых и подшипниковых шеек, торцевое биение относительно базы – оси центров необходимо для устранения возникновения дисбаланса валов и сопрягаемых с ним деталей во время эксплуатации узла. Валы предназначены для передачи крутящих моментов с помощью шлицевого соединения. Для повышения прочности и износостойкости шлицов назначается термообработка – поверхностная закалка до твёрдости 42...48 HRC, что увеличивает эксплуатационную долговечность Валов.

Материал для изготовления вала выбирается в зависимости от эксплуатации, его геометрических параметров, передаваемых нагрузок и окружных скоростей.

Наиболее распространённым материалом для изготовления вала выберем легированную хромокремниймарганцевую сталь 35ХГСА, называемую хромансилом, содержит 1% хрома, марганца и кремния характеризуется хорошими механическими и технологическими (сваривается, штампуется) свойствами. Среди недостатков можно отметить чувствительность к концентраторам напряжений, а также склонность к обрабатываемой отпускной хрупкости.

Химический состав стали 35ХГСА

Таблица 1.1.

| C | Mn | Cr | Si | P | S |
|-----------|---------|---------|---------|----------|-------|
| | | | | Не более | |
| 0,32-0,40 | 0,8-1,1 | 0,8-1,1 | 0,9-1,2 | 0,025 | 0,025 |

Хром повышает жаростойкость и коррозионную стойкость стали, увеличивает её электрическое сопротивление и уменьшает коэффициент линейного расширения. Легирование стали хромом, приводит к уменьшению склонности аустенитного зерна, к росту при нагреве, существенному увеличению её прокаливаемости, а также к замедлению процесса распада мартенсита.

Кремний широко используется при выплавке стали как раскислитель. Легирование кремнием увеличивает их жаростойкость. Уменьшая подвижность углерода в феррите, кремний тем самым затрудняет формирование и рост цементитных частиц, что проявляется в повышении устойчивости структуры стали при отпуске. Содержание кремния в стали ограничивают, поскольку он повышает склонность стали к тепловой хрупкости.

Марганец снижает критическую скорость охлаждения и уменьшает вязкость феррита.

Механические свойства стали 35ХГСА

Таблица 1.2.

| Термическая обработка при T, °C; охлажд. среда | | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | Δ | ψ | КСУ, МДж/м ² |
|---|----------|----------------|------------|----------|--------|----------------------------|
| закалка | отпуск | Мпа | | % | | |
| | | не менее | | | | |
| 880(м) | 540(в,м) | 830 | 1080 | 10 | 45 | 0,50 |

м – масло, в – вода;

$\sigma_{0,2}$ – прокаливаемость;

σ_B – прочность;

δ – вязкость;

ψ – относительное сужение;

КСУ – хладноломкость.

1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Технологичность конструкции вала проанализируем по качественным показателям с учетом требований ГОСТ 2789-73 и данным, приведённым в справочной литературе.

Конструкция данной детали в целом удобна для позиционирования на станках, также деталь имеет поверхности, удобные для захвата при использовании стандартных приспособлений.

Качественная оценка технологичности:

Оценка технологичности конструкции детали является важным этапом технологической подготовки производства. Конструкция детали является технологичной, если при её изготовлении и эксплуатации затраты материала, времени и средств минимальны.

Качественная оценка в процессе проектирования изделия предшествует количественной оценке и определяет её целесообразность.

Конструкция изделия может быть признана технологичной, если она обеспечивает простое и экономическое изготовление этого изделия.

Деталь имеет большое количество унифицированных поверхностей не представляющих особой трудности при обработке.

Заготовка детали имеет приближенные размеры к готовому изделию, что приводит к снижению расхода металла. Размеры на чертеже проставлены в соответствии с требованиями по обработке и последующей сборке детали. При изготовлении и контроле размеров валов применяют как специальный, так и универсальный инструмент (режущий, измерительный).

При проведении качественного анализа по геометрической форме и конфигурации поверхностей имеем:

Таблица 1.3.

| № п/п | Требования Технологичности | Характеристика технологичности |
|----------|--|--|
| 1. | Деталь должна изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок | Технологична, т.к. изготавливается из унифицированных заготовок путём штамповки на ГКМ |
| 2. | Свойства материала детали должны удовлетворять требованиям обрабатываемости резанием | Технологична, т.к. обрабатывается резанием |
| 3. | Возможность применения типовых, групповых и стандартных технологических процессов | Технологична, т.к. геометрическая форма и конфигурация поверхности позволяет применять типовые техпроцессы |
| 4. | Конфигурация детали должна обеспечивать возможность многоместной обработки | Соответствует |
| 5. | Возможность совмещённой обработки наибольшего количества | Соответствует |

| | | |
|----|--|--|
| | поверхностей | |
| 6. | Форма конструктивных элементов детали (КЭД) должна обеспечивать удобный подвод инструмента | Технологична, т.к. нет КЭД мешающих удобному подводу инструмента |

Кроме того:

- диаметральные размеры убывают к концам;
- поперечные канавки имеют форму и размеры, пригодные для обработки на гидрокопировальных станках;
- вал имеет достаточно высокую жесткость $\frac{L}{D} > 8$.

Поэтому конструкцию вала ведущего, по качественным показателям, следует признать технологичной.

1.3. Анализ существующего технологического процесса

Проанализируем существующий технологический процесс изготовления ведущего вала.

- 005 Автоматно-линейная
- 1 Центровальная
- 2 Токарно-копировальная
- 3 Токарно-копировальная
- 4 Фрезерная
- 5 Резьбонакатная
- 010 Слесарная
- 015 Контрольная
- 020 Термообработка
- 025 Шлифовальная
- 030 Шлифовальная
- 035 Шлифовальная
- 040 Контрольная.

При переходе с массового типа производства на мелкосерийный использование автоматной линии становится не целесообразным. В связи с этими изменениями необходимо проектировать абсолютно новый технологический процесс изготовления детали «Вал». Поэтому с целью снижения себестоимости изделий и повышения производительности труда в новом технологическом процессе используем, на токарных операциях, станки с числовым программным управлением.

1.4. Определение типа производства и величины партии запуска

Определить тип производства можно по таблице 3, зная количество деталей в партии. Согласно этой таблице производство детали “Вал” в количестве 100 шт/год производство является мелкосерийным.

Таблица 1.4

| № п/п | Тип производства | Годовой выпуск одного наименования | | |
|-------|------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| | | Тяжелые больше 500 кг | Средние от 30 до 500 кг | Легкие меньше 30 кг |
| 1 | Единичное | 1-5 | 6-10 | 11-100 |
| 2 | Мелкосерийное | 6-100 | 11-200 | 101-500 |
| 3 | Серийное | 101-300 | 200-1000 | 501-5000 |
| 4 | Крупносерийное | 301-1000 | 1001-5000 | 5001-50000 |
| 5 | Массовое | больше 1000 | больше 5000 | больше 50000 |

1. N=100 шт – мелкосерийное производство.

1.4.1. Определение величины партии запуска

Оптимальное количество деталей в партии для одновременного запуска в производство определяется по формуле:

$$n = \frac{N \cdot a}{F},$$

где: N – годовая программа выпуска деталей, шт; a – число дней, на которое необходимо иметь запас деталей (соответствующая потребность сборки), $a = 5 \div 10$ дней; F – число рабочих дней в году, $F = 264$ дня;

$$n = \frac{100 \cdot 5}{264} \approx 1.89 \text{шт}.$$

Учитывая, что размер партии должен быть кратен годовой программе, принимаем $n = 2$ шт.

Число партий в году определяем по формуле:

$$Q = \frac{N}{n} = \frac{100}{2} = 50 \text{ партий}.$$

Принимаем 20 штук оптимальным количеством деталей в партии.

2. Разработка маршрутной технологии, выбор способа получения заготовки, применяемого оборудования и баз

2.1. Выбор способа получения заготовки и его обоснование

При выборе заготовки определяется рациональный метод её получения, назначаются припуски на обработку резанием, и выявляется комплекс технических требований, характеризующих геометрическую точность заготовки и физико-механические свойства её материала.

При изготовлении вала применяют различные методы получения заготовок. Лучшим методом является тот, по которому заготовки получают более экономичными, включая стоимость механической обработки, и имеют требуемое качество. Для ответственных деталей в настоящее время часто используют исходные заготовки, полученные горячей объёмной штамповкой и литьём, которые относятся к основным технологическим процессам малоотходного производства.

1. Горячая штамповка на ГКМ

Создание конструкций деталей, позволяющих механическую обработку резанием заменить штамповкой или высадкой, всегда приводят к значительному снижению трудоёмкости и уменьшению расхода металла.

Подготовка исходной заготовки к горячей штамповке:

Перед штамповкой исходный металл готовят к обработке – производят зачистку, разрезают на части, выбирают температурный режим и тип нагревательного устройства. Зачистка металла от поверхностных дефектов предупреждает появление брака в деталях. Зачистку детали производим огневым методом без нагрева. Резку металла под исходную заготовку выполняем на ножницах.

Штамповку на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) осуществляют в штампах с двумя плоскостями разреза: одна – перпендикулярна оси заготовки между матрицей и пуансоном, вторая – вдоль оси, разделяет матрицу, неподвижную и подвижную половины, обеспечивающие зажим штампуемой заготовки. От окалина штампованные заготовки очищают травлением. Для заготовок из сталей применим раствор соляной кислоты. После травления штампованные заготовки промывают в растворе щелочи и воде. Калибровку штампованных заготовок выполняют для повышения точности размеров, улучшая качество поверхности заготовки и снижения колебания массы заготовки.

Дефекты штампованных заготовок:

Наиболее характерные дефекты штампованных заготовок: вмятины, недоштаповка выступов, углов, скруглений рёбер, смещение по плоскости разрезов, зажимы, повышенная кривизна, отклонения от заданного допуска, утяжка, брак при термической обработке и очистке от окалины. На всех этапах технологического процесса контролируют состав металла, размеры, поверхностные дефекты, режим нагрева и твёрдость, применяя просвечивание, ультразвук, вихревые токи и т.д.

Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при её минимальной себестоимости. Так как обрабатывается ступенчатый вал со ступенями, различающимися по диаметру, а производство является крупносерийным, поэтому заготовку целесообразно получить методом пластического деформирования.

Применять штамповку выгодно по двум причинам:

– во-первых, форма заготовки наиболее близко приближается к форме детали, а значит, будут минимальные припуски и меньшее время на обработку.

– во-вторых, при получении заготовки методом штамповки из мерного проката, в ней исчезают вредные последствия прокатки металла: шлаковые включения, имеющие форму нитей и располагающиеся вдоль направле-

ния прокатки, при штамповке получают поперечное направление, что улучшает характеристику металла, исчезает неодинаковая плотность и прочность по всему объёму заготовки.

Для определения метода получения исходной заготовки выберем два альтернативных варианта, исходя из конструкции детали, материала и объёма выпуска.

Поковка, полученная штамповкой (ГОСТ 7505-89).

Требования к поковке, полученной штамповкой:

Класс точности Т2

Группа стали М1

Степень сложности С2

$$G_{\text{физ}} = V_{\text{физ}} \cdot \rho = 1004 \cdot 0,00782 = 7,85 \text{ кг}$$

$$V_{\text{физ}} = 1004 \text{ см}^3$$

$$\text{Предварительная масса поковки } G_{\text{нок}} = G_{\text{дет}} \cdot K_p = 6,02 \cdot 1,5 = 9,03 \text{ кг.}$$

$$K_p = 1,5 \text{ [ГОСТ 7505-89, с. 31].}$$

По соотношению $\frac{G_{\text{нок}}}{G_{\text{физ}}} = \frac{9,03}{7,85} = 1,15$, определяем степень сложности –

С2 [Горбачевич].

$$S_{\text{нок}} = C_3 \cdot G_{\text{нок}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_e \cdot k_m \cdot k_n - (G_{\text{нок}} - G_d) \cdot C_2 = \\ = 0,373 \cdot 7,85 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 - (7,85 - 6,02) \cdot 0,023 = 2,1 \text{ руб}$$

$$k_T = 1 \quad [2, \text{ с. 37}];$$

$$k_C = 0,84 \quad [2, \text{ с. 38, таб. 2.12}];$$

$$k_B = 0,87 \quad [2, \text{ с. 38, таб. 2.12}];$$

$$k_M = 1 \quad [2, \text{ с. 37}];$$

$$k_{II} = 1 \quad [2, \text{ с. 38, таб. 2.13}];$$

2. Прокат сортовой горячекатаный (ГОСТ 2590-88)

Основные припуски на механическую обработку заготовки из проката:

Ø 50 мм – припуск на обработку – 2 мм.

L = 387 мм – припуск на обработку торца из проката – по 2 мм.

Масса и объём проката:

$$V_{з.пр.} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L = \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} \cdot 387 = 759487 \text{ мм}^3$$

$$G_{пр} = V_{з.пр.} \cdot \rho = 1285830 \cdot 0,00782 = 11800 \text{ г} = 11,8 \text{ кг}$$

$$S_{пр.} = C_1 \cdot G_{пр} - (G_{пр} - G_0) \cdot C_{омх} = 0,17 \cdot 11,8 - (11,8 - 6,02) \cdot 0,00240 = 2,0 \text{ руб.}$$

$$G_0 = 6,02 \text{ кг.}$$

$$C_1 = 0,17 \text{ руб.}, C_2 = 0,0024 \text{ руб. (за 1 кг.) [2 (Горб), с. 32 – 33].}$$

Определим величину часовых приведённых затрат:

$$C_{н.з.} = C_3 + C_{ч.з.} + E_n \cdot (K_c + K_3), \text{ коп/час, где } C_3 \text{ – основная и дополнительная з/плата,}$$

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности, ($E_n = 0,15$ [2, с. 39]), $C_3 = \varepsilon \cdot C_{м.ф.} \cdot k$, коп/час, где $C_{т.ф.}$ – часовая тарифная ставка

$C_{м.ф.} = 54,8 \text{ коп/час}$, [2, с. 40, таб. 2.14], k – коэффициент, учитывающий зарплату наладчика ($k = 1$), ε – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату $\varepsilon = 1,09 \cdot 1,076 \cdot 1,30 = 1,53$ [2, с. 39], $C_3 = 54,8 \cdot 1,53 \cdot 1,00 = 83,84 \text{ коп/час}$;

$C_{ч.з.} = C_{ч.з.}^{б.н.} \cdot k_n$, коп/час, $C_{ч.з.}^{б.н.} = 36,3 \text{ коп/час}$ [2, с. 40], k_n – машинный коэффициент ($k_n = 0,9$ [2, с. 118, прил.2]), $C_{ч.з.} = 36,3 \cdot 0,9 = 32,67 \text{ коп/час}$,

K_c – удельные часовые капитальные вложения в станок: $K_c = \frac{Ц \cdot 100}{F_0 \cdot \eta_s}$,

$Ц = 3340 \cdot 1,15 = 3840 \text{ руб}$ (Токарный станок с ЧПУ марки 16К20Ф3) [2, с. 159, таб. 4.4.], $\eta_s = 0,8$ [2, с. 43], $K_c = \frac{3840 \cdot 100}{3220} = 119 \text{ коп/час}$, K_3 – капитальные вложе-

ния в здание: $K_3 = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{F_0 \cdot \eta_3} \text{ коп/час}$, $F = f \cdot k_f$, $f = 3,320 \times 1,530 = 5,08 \text{ м}^2$, $k_f = 3$ [2,

с. 43], $F = 5,08 \cdot 3 = 15,24 \text{ м}^2$, $K_3 = \frac{15,24 \cdot 78,4 \cdot 100}{3220} = 37 \text{ коп/час}$.

$\Rightarrow C_{н.з.} = 83,84 + 79,86 + 0,15 \cdot (119 + 37) = 187,1 \text{ коп/час}$,

$C_{дон} \frac{C_{н.з.} \cdot T_{шт}}{60} = \frac{187,1 \cdot 3,88}{60} = 12 \text{ коп} = 0,12 \text{ руб}$,

$S_{пр.} = C_{дон} + S_{пр.1} = 0,12 + 2,0 = 2,12 \text{ руб}$

Так как затраты на заготовку из проката оказались выше чем на заготовку полученную штамповкой, то годовой экономический эффект составит:

$\mathcal{E}_3 = (S_{пр.} - S_{пок.}) \cdot N = (2,12 - 2,1) \cdot 1000 = 20 \text{ руб}$.

Вывод: Экономически выгоднее изготавливать заготовку, полученную штамповкой, так как себестоимость её изготовления меньше, чем заготовка из проката. Это позволит снизить себестоимость изделия.

2.2. Обоснование и выбор технологических баз, разработка маршрутной технологии и выбор метода обработки.

Одним из наиболее сложных и принципиальных разделов проектирования технологических процессов механической обработки является выбор баз.

При выборе баз пользуются двумя принципами:

1. Принцип совмещения баз.

При назначении баз для одной точной обработки заготовки в качестве технологической базы следует принимать поверхности, которые являются конструкторскими и измерительными базами, а также используются в качестве баз при сборке изделия.

2. Принцип постоянства баз.

Этот принцип заключается в том, что при разработке технологического процесса необходимо стремиться к использованию одной и той же технологической базы, не допускается без особой необходимости смены баз.

Основными базами большинства валов являются поверхности его опорных шеек. Однако, использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей, как правило, затруднительно, особенно при условии сохранения единства баз, что очень важно при автоматизации технологического процесса. Поэтому при большинстве операций за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки. Этими базовыми поверхностями мы будем пользоваться на токарных и шлифовальных операциях.

1. Подрезка торцов производится на продольно-фрезерном станке, а центрование – на вертикально-сверлильном, с применением универсального поворотного стола.
2. Подрезка торцов и центровка в две установки на горизонтально-расточных станках с установкой детали в призмах, применяется в основном для особо больших размеров.
3. Подрезка торцов и центровка в две установки на токарных и токарно-револьверных станках.

Как видно все эти способы малопроизводительны. Наиболее рационально для этой операции использовать фрезерно-центровальный станок. Габариты детали позволяют применить фрезерно-центровальный станок модели МР71М. Этот станок позволяет вести одновременное фрезерование двух торцов и обеспечивает их параллельность, а также перпендикулярность центровых отверстий к торцам даёт возможность дальнейшем их не обрабатывать. Кроме того, станок обеспечивает мерную зацентровку, что весьма важно для получения стабильности допусков по линейным размерам при последующей обработке валов на токарных станках.

Достаточная мощность привода и жесткость конструкции станка позволяет вести обработку фрезами, оснащёнными пластинами из твёрдого спла-

ва. Обрабатываемая деталь неподвижна, поперечное перемещение имеют фрезерные головки.

Схема работы станка и движение инструмента приведены на рисунке

Токарная обработка может выполняться на различных видах оборудования. В единичном и мелкосерийном производстве на универсальных станках. В крупносерийном и массовом производстве, при большом числе ступеней вала и с относительно большим перепадом шеек могут использоваться многолезцовые станки. При относительно небольшом числе ступеней и малой разнице из диаметров, особенно изготавливаемых из заготовок с большими припусками, рекомендуется к применению многопроходные гидрокопировальные станки.

Однако многолезцовые и гидрокопировальные станки не всегда имеют преимущество, так как требуют большого времени на настройку и наладку станка. Учитывая конфигурацию детали и серийный характер производства, наиболее рациональным для токарной обработки данного вала является использование станка с числовым программным управлением. В соответствии с габаритами детали выбираем токарный станок с ЧПУ модели 16K20Ф3. Технические характеристики станка приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

| № п/п | Техническая характеристика станка | Значение |
|----------|---|------------|
| 1 | Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм: | |
| | под станиной | 400 |
| | над суппортом | 220 |
| 2 | Расстояние между центрами | 1000 |
| 3 | Число оборотов шпинделя, об/мин | 30...875 |
| 4 | Число скоростей (общее по программе) | - |
| 5 | Пределы рабочих подач, мм/мин | |
| | поперечное | 0,005...20 |

| | | |
|---|--|-------------------------|
| | продольное | 0,01...40 |
| 6 | Количество инструментов | 6 |
| 7 | Дискретность отсчета, мм в поперечном направлении в продольном направлении | 0,005 0,01 |
| 8 | Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт | 11 |
| 9 | Завод – изготовитель | «Красный Пролетарий» |

Деталь согласно техническим требованиям чертежа должна быть термически обработана НВ 248...293 ед.

Термическая обработка, в зависимости от свойств стали, может производиться непосредственно в заготовке до её обработки и между операциями механической обработки.

Используя штампованную заготовку, которая имеет небольшие припуски, можно исключить операцию грубой обдирки заготовки (по сравнению с заготовкой полученной свободной ковкой). Это позволит объединить предварительную и чистовую обработку.

Для получения заданной шероховатости поверхности и точности шеек вала необходимо произвести их шлифование. Так как при сопряжении деталей базовой является наружная поверхность шлиц, необходимо шлифовать и эту поверхность. Для шлифовальных операций используем круглошлифовальный станок модели 3М150.

Для фрезерования шлиц используем станок модели 6Р80.

Для фрезерования пазов используем станок модели 6Р80. Таким образом, маршрут обработки вала-шестерни будет состоять из следующих этапов:

1. Подрезка торцев и зацентровка;
2. Черновая токарная обработка поверхностей вращения;
3. Термообработка;

4. Чистовая токарная обработка поверхностей вращения ;
5. Фрезерование шпоночных пазов;
6. Фрезерование шлицов;
7. Шлифование поверхности шлицов и шеек вала;
8. Слесарная обработка.

Далее представлен подробный технологический процесс механической обработки ведущего вала с комплектом технической документации, картами наладок, расчетом режимов резания и норм времени, а также назначение режущего и измерительного инструмента.

2.3. Расчет припусков на механическую обработку

Припуск – это слой металла, удаляемый с поверхности заготовок в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали. Влияние величины припуска на экономичность процесса обработки очень велико, так как, чем больше припуск, тем больше проходов требуется для снятия соответствующего слоя металла, что приводит к повышению трудоёмкости процесса обработки, увеличению расхода электроэнергии и материала. Уменьшенные припуски могут не обеспечить возможность удаления дефектного слоя металла, получение требуемой точности и чистоты обрабатываемой детали.

При проектировании технологического процесса необходимо определить оптимальные припуски, которые позволили бы изготовить деталь с наименьшими затратами труда и материала.

Существует два способа определения припусков – расчётно-аналитический и опытно-статистический.

Опытно-статистический метод основан на назначении припусков по соответствующим справочным таблицам и ГОСТам. ГОСТы и таблицы позволяют назначить припуски независимо от технологического процесса обра-

ботки и условий его осуществления и поэтому, в общем случае завышены, содержат резервы снижения расхода материала и трудоёмкости детали.

Расчётно-аналитический метод определения припусков на обработку, разработанный профессором В.М.Кованом, базируется на анализе факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого переходов технологического процесса обработки поверхности. Значение припуска определяется методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск. Этот метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполненным технологическим переходам обработки данной поверхности детали (промежуточные припуски), их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности, и размеров заготовки.

1. С помощью расчетно-аналитического метода рассчитаем припуск на механическую обработку и промежуточные предельные размеры шейки вала под подшипник $\varnothing 25г6$. Обработка этой поверхности включает следующие операции:

- обтачивание черновое;
- термообработка;
- обтачивание чистовое;
- шлифование.

Запишем соответствующие данным операциям и заготовке значения шероховатости $R_{z_{i-1}}$, глубину дефектного поверхностного слоя T_{i-1} , суммарное значение пространственных отклонений ρ_{i-1} и погрешности установки ε_i .

Значение величин, определяющих качество поверхностного слоя:

- для заготовок полученных штамповкой $R_z = 150\text{мкм}$, $T = 250\text{мкм}$;
- обтачивание черновое $R_z = 50\text{мкм}$, $T = 50\text{мкм}$;
- обтачивание чистовое $R_z = 30\text{мкм}$, $T = 30\text{мкм}$;
- шлифование $R_z = 5\text{мкм}$, $T = 15\text{мкм}$;

Так как обработка ведётся в центрах, то погрешность установки в радиальном направлении равна нулю, она исключается из основной формулы для расчета припуска.

Определим величину пространственных отклонений для заготовки:

Суммарное значение пространственного отклонения определяем по формуле:

$$\rho = \sqrt{\rho_{к.о.}^2 + \rho_{ц}^2 + \rho_{см.}^2},$$

где: $\rho_{к.о.}$ – общая кривизна заготовки, определяемая по формуле:

$$\rho_{к.о.} = \Delta_k \cdot l = 1,5 \cdot 10 = 15 \text{ мкм},$$

где: Δ_k – удельная кривизна стержня поковок типа валов в мкм на 1 мм длины; l – длина от середины, рассчитываемой поверхности, до ближайшего торца; $\rho_{см.}$ – погрешность штампованных заготовок по смещению $\rho_{см.} = 900 \text{ мкм}$; $\rho_{ц}$ – погрешность зацентровки, определяемая по формуле:

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1568 \text{ мкм},$$

где: δ – допуск на диаметр базовой поверхности заготовки, используемой при зацентровке, $\delta = 3,1 \text{ мм}$.

$$\rho_3 = \sqrt{15^2 + 1568^2 + 900^2} = 1807 \text{ мкм}.$$

Определим остаточные величины пространственных отклонений:

- после чернового обтачивания;
- после закалки;
- после чистового точения.

$$\rho_{ост} = k_y \cdot \rho_3,$$

где: $k_y = 0,06$ – для чернового точения, $\rho_{черн} = 0,06 \cdot 1807 = 108 \text{ мкм}$;

$k_y = 0,05$ – для чистового точения, $\rho_{чист} = 0,05 \cdot 1807 = 90 \text{ мкм}$;

В результате термообработки суммарное отклонение шейки вала относительно его оси изменится на величину:

$$\rho_{т.о.} = 0,5 \cdot \Delta_k \cdot l = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 10 = 7,5 \text{ мкм}$$

$$\rho_{m.o.} = \sqrt{7,5^2 + 108^2} = 108 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем минимальные припуски, используя основную формулу:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right),$$

- при черновом точении:

$$2 \cdot Z_{\min_1} = 2 \cdot (150 + 250 + 1807) = 2 \cdot 2207 \text{ мкм};$$

- при чистовом точении:

$$2 \cdot Z_{\min_2} = 2 \cdot (50 + 50 + 108) = 2 \cdot 208 \text{ мкм};$$

- при шлифовании:

$$2 \cdot Z_{\min_3} = 2 \cdot (30 + 30 + 90) = 2 \cdot 150 \text{ мкм};$$

Наименьший предельный размер шейки вала для конечного перехода $\emptyset 25,028 - d_3$, тогда:

$$d_2 = 25,028 + 0,30 = 25,328;$$

$$d_1 = 25,328 + 0,41 = 25,738;$$

$$d_{заг} = 25,738 + 4,2 = 29,938;$$

Предельные значения припусков Z_{\max}^{np} определяем как разность наибольших предельных размеров, а предельные значения припусков Z_{\min}^{np} – как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

$$2 \cdot Z_{\max_1}^{np} = 33 - 26,48 = 6,52 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{\max_2}^{np} = 26,48 - 25,52 = 0,96 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{\max_3}^{np} = 25,52 - 25,044 = 0,476 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{\min_1}^{np} = 29,9 - 25,7 = 4,7 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{\min_2}^{np} = 25,7 - 25,3 = 0,40 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{\min_3}^{np} = 25,3 - 25,028 = 0,272 \text{ мм}$$

На основе расчета строим схему расположения припусков и допусков. Все расчетные данные заносим в таблицу 2.2. На рисунке 2.3 показываем графическое расположение припусков и допусков.

На остальные обрабатываемые поверхности назначаем припуски по ГОСТ 7505-89. Указанные в этом ГОСТе данные распространяются на заготовки массой до 200 кг, изготавливаемые горячей штамповкой на различном оборудовании. Припуски и допуски задаются в зависимости от массы заготовки, рассчитываемого размера и способа штамповки. Все значения заносим в таблицу 2.3.

Таблица 2.2.

Расчет припусков и предельных размеров по техническим переходам на обработку поверхности Ø25r6.

| Технологический переход | Элементы припуска мкм | | | | Расчетный припуск $2Z_{min}$, мкм | Расчетный минимальный размер d_{min} , мм | Допуск на изготовление Td , мкм | Принятые (округлённые) размеры по переходам, мм | | Полученные предельные припуски с учетом округления, мм | |
|-------------------------|---------------------------|-----|-----------------|---------------|---------------------------------------|---|-----------------------------------|---|-----------|--|------------|
| | R_z | h | Δ_Σ | ε | | | | d_{max} | d_{min} | $2Z_{max}$ | $2Z_{min}$ |
| Исходная заготовка | 150 | 250 | 1807 | - | - | 29,938 | 3100 | 33,0 | 29,9 | - | - |
| Черновое точение | 50 | 50 | 108 | - | $2 \cdot 2207$ | 25,738 | 740 | 26,48 | 25,7 | 6,62 | 4,7 |
| Термическая обработка | - | - | 108 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Чистовое точение | 30 | 30 | 90 | - | $2 \cdot 208$ | 25,328 | 190 | 25,52 | 25,3 | 0,96 | 0,40 |
| Шлифование | В расчете не используется | | | - | $2 \cdot 150$ | 25,028 | 16 | 25,044 | 25,028 | 0,476 | 0,272 |
| Итого: | | | | | | | | | | 8,056 | 5,372 |

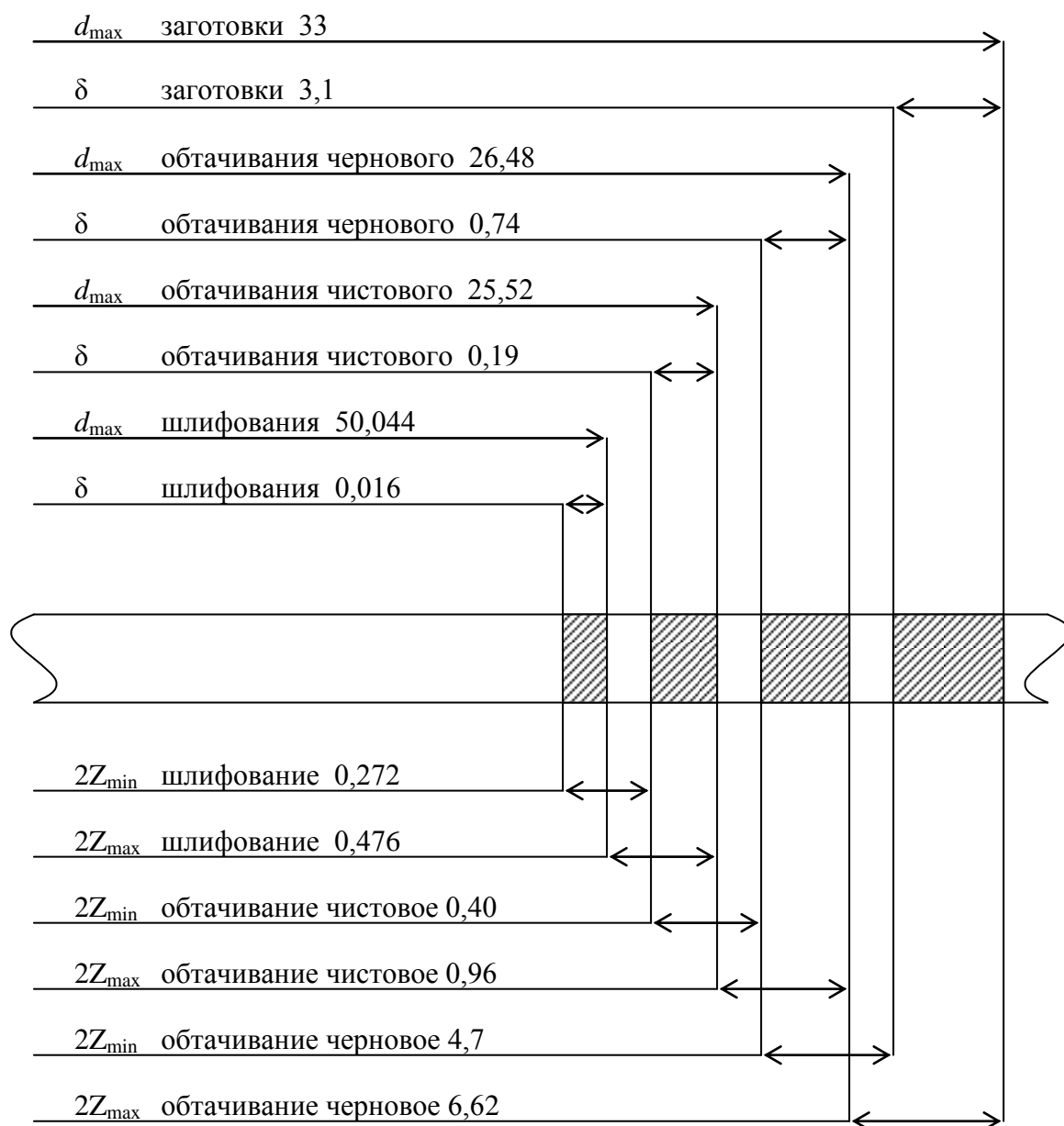


Рис. 2.3. Схема графического расположения припусков и допусков на обработку поверхности $\text{Ø}25\text{r}6$ вала ведущего.

2. С помощью расчетно-аналитического метода рассчитаем припуск на механическую обработку и промежуточные предельные размеры шейки вала под подшипник $\text{Ø} 42\text{js}6$. Обработка этой поверхности включает следующие операции:

- обтачивание черновое;
- термообработка;
- обтачивание чистовое;

- шлифование.

Запишем соответствующие данным операциям и заготовке значения шероховатости $R_{z_{i-1}}$, глубину дефектного поверхностного слоя T_{i-1} , суммарное значение пространственных отклонений ρ_{i-1} и погрешности установки ε_i .

Значение величин, определяющих качество поверхностного слоя:

- для заготовок полученных штамповкой $R_z = 150 \text{ мкм}$, $T = 250 \text{ мкм}$;
- обтачивание черновое $R_z = 50 \text{ мкм}$, $T = 50 \text{ мкм}$;
- обтачивание чистовое $R_z = 30 \text{ мкм}$, $T = 30 \text{ мкм}$;
- шлифование $R_z = 5 \text{ мкм}$, $T = 15 \text{ мкм}$;

Так как обработка ведётся в центрах, то погрешность установки в радиальном направлении равна нулю, она исключается из основной формулы для расчета припуска.

Определим величину пространственных отклонений для заготовки:

Суммарное значение пространственного отклонения определяем по формуле:

$$\rho = \sqrt{\rho_{к.о.}^2 + \rho_{ц}^2 + \rho_{см.}^2},$$

где: $\rho_{к.о.}$ – общая кривизна заготовки, определяемая по формуле:

$$\rho_{к.о.} = \Delta_k \cdot l = 1,5 \cdot 35 = 52,5 \text{ мкм},$$

где: Δ_k – удельная кривизна стержня поковок типа валов в мкм на 1 мм длины; l – длина от середины, рассчитываемой поверхности, до ближайшего торца; $\rho_{см.}$ – погрешность штампованных заготовок по смещению $\rho_{см.} = 900 \text{ мкм}$; $\rho_{ц}$ – погрешность зацентровки, определяемая по формуле:

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1568 \text{ мкм},$$

где: δ – допуск на диаметр базовой поверхности заготовки, используемой при зацентровке, $\delta = 3,1 \text{ мм}$.

$$\rho_3 = \sqrt{52,5^2 + 1568^2 + 900^2} = 1809 \text{ мкм}.$$

Определим остаточные величины пространственных отклонений:

- после чернового обтачивания;
- после закалки;
- после чистового точения.

$$\rho_{ост} = k_y \cdot \rho_3,$$

где: $k_y = 0,06$ – для чернового точения, $\rho_{черн.} = 0,06 \cdot 1809 = 109 \text{ мкм}$;

$k_y = 0,05$ – для чистового точения, $\rho_{чист.} = 0,05 \cdot 1809 = 90 \text{ мкм}$;

В результате термообработки суммарное отклонение шейки вала относительно его оси изменится на величину:

$$\rho_{m.o.} = 0,5 \cdot \Delta_{\kappa} \cdot l = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 35 = 26 \text{ мкм}$$

$$\rho_{m.o.} = \sqrt{26^2 + 109^2} = 112 \text{ мкм}.$$

Рассчитаем минимальные припуски, используя основную формулу:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right),$$

- при черновом точении:

$$2 \cdot Z_{\min_1} = 2 \cdot (150 + 250 + 1809) = 2 \cdot 2209 \text{ мкм},$$

- при чистовом точении:

$$2 \cdot Z_{\min_2} = 2 \cdot (50 + 50 + 109) = 2 \cdot 209 \text{ мкм},$$

- при шлифовании:

$$2 \cdot Z_{\min_3} = 2 \cdot (30 + 30 + 112) = 2 \cdot 172 \text{ мкм},$$

Наименьший предельный размер шейки вала для конечного перехода $\emptyset 41,992 - d_3$, тогда:

$$d_2 = 41,992 + 0,30 = 42,292;$$

$$d_1 = 42,292 + 0,41 = 42,70;$$

$$d_{заг} = 42,70 + 4,2 = 46,90;$$

Предельные значения припусков Z_{\max}^{np} определяем как разность наибольших предельных размеров, а предельные значения припусков Z_{\min}^{np} – как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

$$2 \cdot Z_{\max_1}^{np} = 50 - 43,44 = 6,56 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{\max_2}^{np} = 43,44 - 42,48 = 0,99 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{\max_3}^{np} = 42,48 - 42,008 = 0,472 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{\min_1}^{np} = 47 - 42,7 = 4,3 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{\min_2}^{np} = 42,7 - 42,3 = 0,40 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{\min_3}^{np} = 42,3 - 41,992 = 0,308 \text{ мм}$$

Таблица 2.3.

Расчет припусков и предельных размеров по техническим переходам на обработку поверхности Ø42js6.

| Технологический переход | Элементы припуска мкм | | | | Расчетный припуск $2Z_{min}$, мкм | Расчетный минимальный размер d_{min} , мм | Допуск на изготовление Td , мкм | Принятые (округлённые) размеры по переходам, мм | | Полученные предельные припуски с учетом округления, мм | |
|-------------------------|---------------------------|-----|-----------------|---------------|---------------------------------------|---|-----------------------------------|---|-----------|--|------------|
| | R_z | h | Δ_Σ | ε | | | | d_{max} | d_{min} | $2Z_{max}$ | $2Z_{min}$ |
| Исходная заготовка | 150 | 250 | 1809 | - | - | 46,90 | 3100 | 50 | 47 | - | - |
| Черновое точение | 50 | 50 | 109 | - | $2 \cdot 2209$ | 42,70 | 740 | 43,44 | 42,7 | 6,56 | 4,3 |
| Термическая обработка | - | - | 112 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Чистовое точение | 30 | 30 | 90 | - | $2 \cdot 209$ | 42,292 | 190 | 42,48 | 42,3 | 0,99 | 0,40 |
| Шлифование | В расчете не используется | | | - | $2 \cdot 172$ | 41,992 | 16 | 42,008 | 41,992 | 0,472 | 0,308 |
| Итого: | | | | | | | | | | 8,022 | 5,008 |

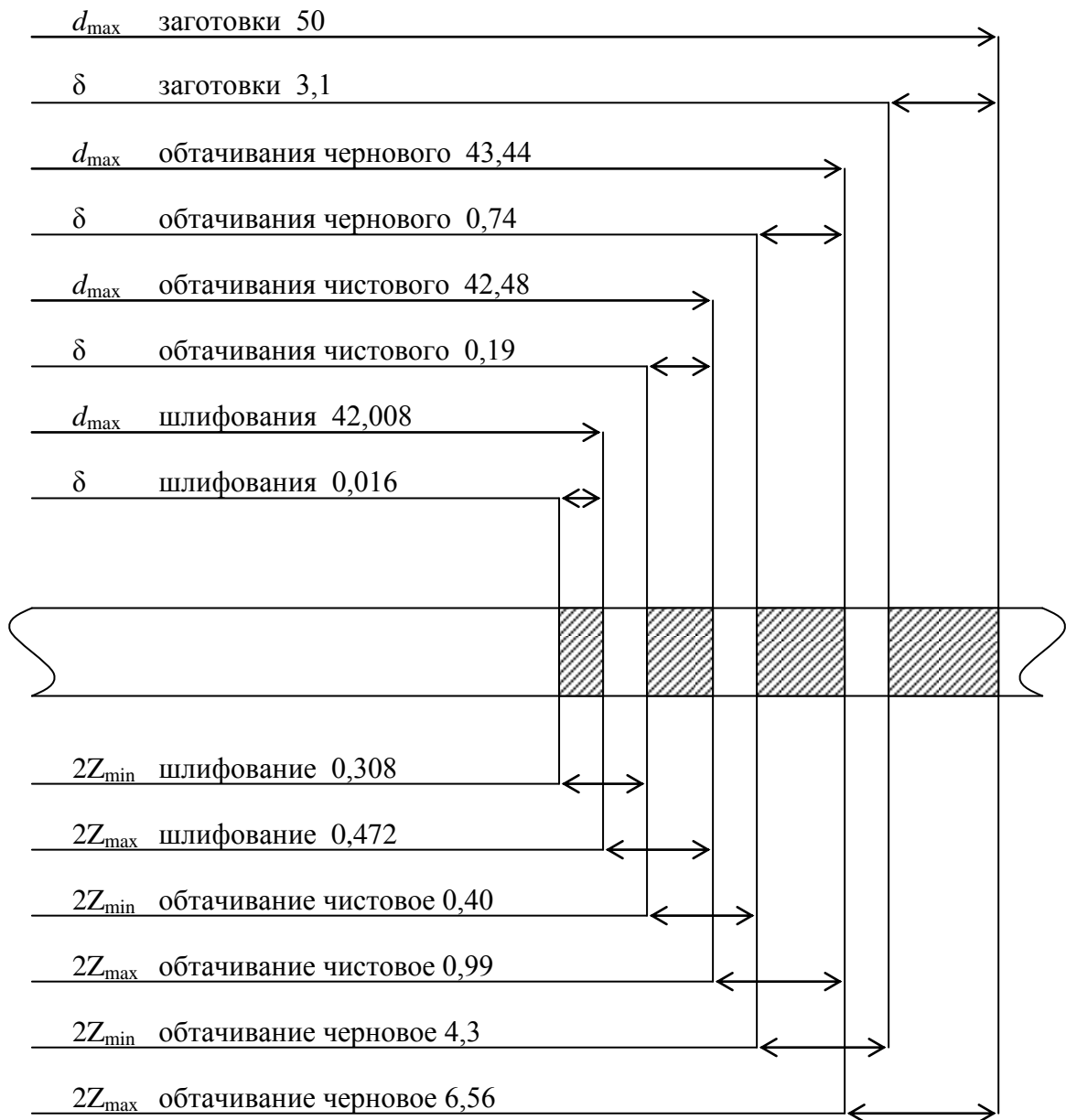


Рис. 2.4. Схема графического расположения припусков и допусков на обработку поверхности $\text{Ø}42\text{js}6$ вала ведущего.

3. Разработка технологического процесса на токарную обработку с учетом особенностей числового программного управления

3.1. Особенности технологической подготовки для обработки деталей на станках с ЧПУ

Технологическая подготовка для обработки деталей на станках с ЧПУ имеет некоторую специфику по сравнению с разработкой технологических процессов для обычных станков.

Одновременно со снижением требований к квалификации рабочего, работающего у станка, с применением программного управления несколько усложнилось проектирование технологии. Объём работ и роль технолога выросли, так как основная часть вопросов регулирования процесса формирования детали решается не во время обработки детали, а при подготовке программы обработки – задача до начала её изготовления.

Увеличивается ответственность технолога за безошибочность и оптимальность спроектированного технологического процесса. Высокие требования к качеству технологического процесса объясняются ещё и тем, что поиск ошибок и внесение исправлений в программу при некачественном технологическом проектировании в $1,5 \div 2$ раза увеличивают трудоёмкость подготовки программ.

Значительная стоимость станка с ЧПУ и относительно высокая трудоёмкость подготовки программ для них заставляют особенно внимательно подходить к решению вопросов определения номенклатуры деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ, выбора рационального маршрута обработки, подбора режущего инструмента, назначения режимов резания и т.д. Достаточно высокую экономическую эффективность от применения станков с ЧПУ удастся получить лишь при квалифицированном и научно-обоснованном реше-

нии перечисленных задач. В укрупнённом виде технологическая схема подготовки программ представлена на рисунке 3.1.



Рис. 3.1. Технологическая схема подготовки программ

3.2. Разработка операционного технологического процесса

Технологический процесс обработки на станке с ЧПУ должен определять порядок выполнения операций и переходов, режимы резания, номенклатуру применяемого для операций режущего, вспомогательного и мерительного инструмента и оснастки.

При определении последовательности выполнения операций необходимо учитывать, что использование станков с ЧПУ наиболее целесообразно для обработки поверхностей с максимальным снятием без повторной установки детали. На фрезерных и токарных станках с ЧПУ, как правило, за одну установку обрабатывается несколько поверхностей. Если размеры поверхностей заданы от различных баз, необходимо пересчитывать размерные цепи. Если при этом нельзя получить необходимую точность, то можно сохраняя прежнюю простановку размеров, обеспечить точность путём обработки поверхности, от которой задан размер в этой же операции. Это значительно расширяет возможность сосредоточения обработки различных поверхностей в одной операции.

Учитывая вышеизложенные рекомендации, отмечаем разрабатываемый процесс токарной обработки на станок с ЧПУ должен состоять из 2-х установов. Заготовка должна базироваться в центрах и закрепляться в поводковом патроне при базировании в центрах, задний центр должен быть вращающимся.

3.3. Расчет режимов резания

При назначении режимов резания для обработки деталей на станках с ЧПУ, особенно на станках с револьверной головкой или инструментальным магазином, главное состоит в том, чтобы найти наиболее рациональное сочетание

элементов режимов резания общих для всех участвующих в работе инструментов с различными эксплуатационными возможностями. Это необходимо для того, чтобы смену всех инструментов производить одновременно и непроизводительные простои дорогостоящих станков из-за смены инструмента свести к минимуму.

Для сокращения времени обработки, в том числе и сокращения времени холостых перемещений и позиционирования, рекомендуется обрабатывать поверхности деталей с минимальным числом переходов.

В качестве примера приведём расчет режимов резания для чернового точения шейки вала $\varnothing 42$ js6. Расчет проводим по методике, изложенной в справочнике [4].

Максимальный диаметр заготовки на этой поверхности $d_3 = 49,38$ мм, диаметр после чернового точения $d_{\text{черн.}} = 43,92$ мм.

1. Определим глубину резания:

$$t = \frac{d_3 - d_{\text{черн.}}}{2} = \frac{49,38 - 43,92}{2} = 2,73 \text{ мм}$$

2. Подача:

Подачу назначаем с учетом следующих факторов: глубина резания, требования к шероховатости обрабатываемой поверхности; требования к прочности инструмента и мощности станка; требования к материалу обрабатываемой заготовки и режущей части инструмента; диаметр обрабатываемой поверхности. По таблице 11 [4, стр. 266] назначаем подачу $S = 0,5$ мм/об.

3. Определим стойкость резца:

Среднее значение стойкости T одноинструментальной обработки 30 – 60 мин.

4. Определим скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где: C_v, K_v – коэффициенты; m, x, y – показатели степени приведены в таблице 17 [4, стр. 269]; t – глубина резания; S – подача.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$$

где: K_{mv} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

K_{uv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$$K_{mv} = K_2 \cdot \left(\frac{750}{\sigma_6} \right)^{nv},$$

где: $K_2 = 1,0$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;

$nv = 1,0$ – показатель степени таблица 2 [4, стр. 262];

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{1080} \right)^1 = 0,70;$$

$K_{nv} = 0,8$ таблица 5 [4, стр.263.];

$K_{uv} = 1,0$ таблица 6 [4, стр. 263];

$$K_v = 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,56;$$

$$V = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 3,3^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,56 = 93 \text{ м / мин.}$$

5. Определим число оборотов шпинделя станка:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 93}{3,14 \cdot 50} = 593 \text{ об / мин};$$

корректируем по паспорту частоту вращения шпинделя (станок модели 16К20Ф3), $n=600$ об/мин.

6. Действительную скорость резания находим по формуле:

$$v_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 600}{1000} = 95 \text{ м / мин};$$

7. Определим силу резания:

$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p$, где x, y, n – показатели степени

$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{rp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\tau p}$ – поправочный коэффициент учитывающий факти-

ческие условия резания; $K_{\lambda p} = \left(\frac{\sigma_6}{750}\right)^n = \left(\frac{700}{750}\right)^{0,75} = 0,95$; $K_{\varphi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1,0$; $K_{\lambda p} = 1,0$; $K_{r p} = 0,93$; $K_p = 0,95 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,79$;

Значения коэффициентов P :

P_z : $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$; $C_p = 300$ [4, стр. 273, таб. 22];

P_y : $x = 0,9$; $y = 0,60$; $n = -0,30$; $C_p = 243$ [4, стр. 273, таб. 22];

P_x : $x = 1,0$; $y = 0,50$; $n = -0,40$; $C_p = 339$ [4, стр. 273, таб. 22];

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,3^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 95^{-0,15} \cdot 0,79 = 2346H;$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 3,3^{0,9} \cdot 0,5^{0,60} \cdot 95^{-0,30} \cdot 0,79 = 965H;$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 3,3^{1,0} \cdot 0,5^{0,50} \cdot 95^{-0,40} \cdot 0,79 = 1004H.$$

8. Мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{2346 \cdot 95}{61200} = 3,6кВт [4, стр. 271],$$

обработка ведётся на станке модели 16К20Ф3 с мощностью электродвигателя $N_{см} = 11$ кВт, мощность станка должна превосходить мощности резания ($N_{см} > N_{рез}$). Условия выполняются ($N_{см} = 11 > N_{рез} = 3,6$).

3.4. Определение норм времени обработки заготовки на станке с ЧПУ

При выборе оптимальных вариантов технологических процессов обработки наряду с другими технико-экономическими показателями, технически обоснованная норма времени является одним из основных критериев для оценки совершенства технологического процесса и выбора наиболее производственного варианта механической обработки деталей на станках с ЧПУ.

Норма штучного времени в общем виде определяется по формуле:

$$T_{шт} = t_o + t_{всн} + t_{обс} + t_{омд}, \text{ мин},$$

где: t_o – основное (машинное) технологическое время, мин:

$$t_o = t_{o_1} + t_{o_2} + t_{o_3};$$

$$t_{o_i} = \frac{L}{S_m},$$

где: L – расчетная длина обработки; S_m – минутная подача инструмента, мм/мин. $S_m = S \cdot n$.

1. Черновое точение:

$S = 0,5$ мм/об, $n = 600$ об/мин, $S_m = 0,5 \cdot 600 = 300$ мм/мин, $L = 180$ мм,

$$t_{o_1} = \frac{180}{300} = 0,6 \text{ мин.}$$

2. Чистовое точение:

$S = 0,3$ мм/об, $n = 900$ об/мин, $S_m = 0,3 \cdot 900 = 270$ мм/мин, $L = 180$ мм,

$$t_{o_2} = \frac{180}{270} = 0,67 \text{ мин.}$$

3. Подрезание канавки:

$S = 0,2$ мм/об, $n = 900$ об/мин, $S_m = 0,2 \cdot 900 = 180$ мм/мин,

$$L = \frac{D-d}{2} + 10 = \frac{51,44 - 50,5}{2} + 10 = 10,5 \text{ мм, } t_{o_3} = \frac{10,5}{180} = 0,06 \text{ мин.}$$

$$t_o = 0,6 + 0,67 + 0,06 = 1,33 \text{ мин}$$

$t_{всп}$ – вспомогательное время на операцию, мин; $t_{обс}$ – время обслуживания рабочего места, мин; $t_{отд}$ – время на отдых и личные надобности, мин.

Вспомогательное время определяется по формуле:

$$t_{всп} = t_{м.всп} + t, \text{ мин.}$$

где: $t_{м.всп}$ – машинно-вспомогательное время, мин, необходимое для перемещения револьверной головки станка в зоне обработки или другого исполнительного органа станка с режущим инструментом, включая холостые подводы и отводы, смену инструмента. Учитывается, что указанные приёмы программируются и выполняются без вмешательства станочника, это время называется машинно-вспомогательным и выражается формулой:

$$t_{м.всп} = t_{пер} + t_{см.инстр} + t_{пов}; \text{ мин.}$$

$t_{пер}$ – суммарное время срабатывания кадров программы, мин:

$$t_{пер} = N \cdot t = 159 \cdot 0,95 = 2,5, \text{ мин,}$$

где: N – количество кадров в программе, $N = 159$; t – время срабатывания одного кадра, $t = 0,95$ с; $t_{см.инстр}$ – суммарное время необходимое на смену ин-

струмента по программе равное производству времени смены одного инструмента на число поворотов револьверной головки по программе:

$$t_{см.инстр} = 0,1 \cdot 4 = 0,4, \text{ мин.},$$

$t_{нов}$ – время необходимое на поворот стола (если он имеется);

$t_{узм}$ – время на установку и снятие детали, $t_{узм} = 5 \text{ мин.}$

$t_{он}$ – оперативное время, $t_{он} = t_o + t_{ecn} = 1,33 + 2,5 + 0,4 + 5 = 9,23, \text{ мин.}$

$t_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, ориентировочно составляет 8% от оперативного времени: $t_{обс} = 9,23 \cdot 0,08 = 0,74, \text{ мин.}$

$t_{омд}$ – время на отдых и личные надобности ориентировочно составляет 2% от оперативного времени: $t_{омд} = 9,23 \cdot 0,02 = 0,18, \text{ мин.}$

Суммарное штучное время равно:

$$T_{шт} = 1,33 + 7,9 + 0,74 + 0,18 = 10,15, \text{ мин.}$$

1 Выбор инструмента.

Фреза концевая из быстрорежущей стали по ГОСТ 17025-71. Марка быстрорежущей стали Р6М5.

D – диаметр фрезы, D=6 мм.

z число зубьев, z=4.

2 Выбор подачи.

При обработке на станке мощностью свыше для быстрорежущей стали при фрезеровании концевыми фрезами $S_z=0,05-0,08 \text{ мм/зуб}$. Принимаю $S_z=0,08 \text{ мм/зуб}$.

Станок универсальный горизонтально-фрезерный 6Р83.

3 Скорость резания – окружная скорость фрезы, м/мин.

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v,$$

Для Р6М5, $C_v=46,7$, $g=0,45$, $x=0,3$, $y=0,5$, $u=0,1$, $p=0,1$, $m=0,33$ [т.2, стр. 287, табл. 39], Т-период стойкости инструмента, $T=80$ мин [т.2, стр. 290, табл. 40].

K_v –общий поправочный коэффициент на скорость резания.

$$K_v = K_{MV} K_{PV} K_{IV} ,$$

где K_{PV} –коэффициент учитывающий состояние поверхности заготовки, $K_{PV}=1,0$ [т.2, стр. 263, табл. 5]; K_{IV} –коэффициент учитывающий материал инструмента, $K_{IV}=1,0$ [т.2, стр. 264, табл. 6]; K_{MV} –коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала [т.2, стр. 261, табл.1-4].

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} ,$$

где K_{Γ} –коэффициент характеризующий группу стали, $K_{\Gamma}=0,8$; n_v – показатель степени, $n_v= 1,35$ [т.2, стр. 262, табл. 1].

$$K_{MV} = 1 \left(\frac{750}{930} \right)^{1,35} = 0,598$$

$$K_v = 0,598 \cdot 1 \cdot 1 = 0,598$$

$$V = \frac{46,7 \cdot 6^{0,45}}{80^{0,33} 6^{0,5} 0,05^{0,5} 3^{0,1} 4^{0,1}} \cdot 0,598 = 20,987 \text{ м/мин}$$

4 Число оборотов шпинделя, об/мин

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20,987}{3,14 \cdot 6} = 1114 \text{ об/мин}$$

Принимаю по паспорту станка $n=1000$ об/мин.

5 Уточнение режима

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 1000}{1000} = 18,85 \text{ м/мин}$$

6 Сила резания –окружная сила, Н

$$P_z = \frac{10 C_t^x S_z^y B^u Z^w}{D^n} K_{mp} ,$$

Для быстрорежущей стали Р6М5 $C_p=68,2$, $x=0,86$, $y=0,72$, $u=1$, $q=0,86$, $w=0$ [т.2, стр. 291, табл. 41], K_{mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [т.2, стр. 264, табл. 9].

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где n – показатель степени, $n=0,3$.

$$K_{mp} = \left(\frac{930}{750} \right)^{0,3} = 1,067$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 6^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 6^{0,1} \cdot 4}{6^{0,86} \cdot 1000^0} \cdot 1,067 = 946,725 \text{ Н}$$

Величины составляющих силы резания.

$$P_x = 0,5 \cdot 946,725 = 473 \text{ Н}$$

$$P_y = 0,3 \cdot 946,725 = 284 \text{ Н}$$

7 Мощность резания определяю по формуле:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60},$$

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{947 \cdot 18,85}{1020 \cdot 60} = 0,292 \text{ кВт.}$$

Основное время на обработку паза

$$T_o = \frac{l + l_1}{nS} i,$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, $l=14\text{мм}$; l_1 – длина врезания и перебега, $l_1=3\text{мм}$; n – частота вращения шпинделя станка, $n=1000 \text{ об/мин}$; S – подача, $S=S_z z=0,05 \cdot 4=0,2 \text{ мм/об}$; i – число рабочих ходов, $i=1$.

$$T_o = \frac{14 + 3}{1000 \cdot 0,02} = 0,85 \text{ мин.}$$

Расчет нормы времени ведем по []

Определим нормы штучного времени по формуле:

$$T_{ш} = (T_0 + K_{ш} \cdot T_е) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{отл} + a_{орг}}{100} \right) , мин$$

Коэффициент серийности на вспомогательное время выбираем по карте 1 страница 21.

Рассчитаем вспомогательное время по формуле:

$$T_е = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм} , мин$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали по карте 16 страница 54: $T_{уст}=0,11$ мин;

Вспомогательное время, связанное с переходом состоит из:

- Вспомогательное время связанное с обработкой поверхности $t_{вобр}=0,14$ мин. Карта 31 страница 108.

- Вспомогательное время на приемы управления станком: по приложению 8 лист 11 страница 332

- Включить станок $t_{в1}=0,03$ мин

- Включить или выключить вращение фрезы $t_{в2}=0,02*2=0,04$ мин.

- Включить или выключить подачу $t_{в3}=0,02*2=0,04$ мин.

- Подвести деталь к фрезе перемещением стола вручную $t_{в4}=0,05$ мин

- Отвести деталь от фрезы перемещением стола $t_{в5}=0,04$ мин

$$T_{пер} = T_{еобр} + t_{в1} + t_{в2} + t_{в3} + t_{в4} + t_{в5} = 0,14 + 0,03 + 0,04 + 0,04 + 0,05 + 0,04 = 0,34 \text{ мин}$$

Вспомогательное время на контрольное измерение.

Содержит время на контрольное измерение калибром для измерения пазов $T_{изм}=0,14$ мин.

Время перерывов на отдых и личные надобности карта 88 страница 203:

$$a_{отл}=4\%$$

Время на обслуживание рабочего места карта 32 страница 110:

$$a_{тех} + a_{орг} = a_{обс} = 3\%$$

$$T_{um} = (0,016 + 1 \cdot 0,59) \cdot \left(1 + \frac{3+4}{100}\right) = 0,8 \text{ мин}$$

3.4. Расчет штучно-калькуляционного времени

Подготовительно-заключительное время на партию состоит:

- Время на наладку станка, инструмента и приспособления $t_1=13$ мин;
- Время на получение инструмента и приспособлений $t_2=7$ мин.

$$T_{nz} = t_1 + t_2 = 13 + 7 = 20 \text{ мин}$$

$$T_{ш-к} = T_{um} + \frac{T_{nz}}{n}, \text{ мин}$$

где: n – количество деталей в партии, шт

$$n = \frac{N}{n_3}, \text{ шт}$$

где: N – годовая программа, $N=100$ шт.

n_3 – число деталей при запуске, $n_3=2$

$$n = \frac{100}{2} = 50 \text{ шт}$$

$$T_{ш-к} = 0,8 + \frac{18}{20} = 0,85 \text{ мин}$$

3.5. Расчет и назначение режимов резания и техническое нормирование круглошлифовальной операции.

Расчет режимов резания ведем по [15]

Обработка детали «вал» ведется на круглошлифовальном станке модели ЗМ153.

Выбор характеристики шлифовального круга

Характеристика шлифовального круга выбирается в зависимости от обрабатываемого материала и его твердости, скорости шлифования, шероховатости обработанной поверхности.

Материал детали сталь 34ХГСА, окружная скорость 50 м/с. По таблице 1 страница 7 выбираем круг 24А40М36К5.

Назначение скорости касательного движения подачи.

Для практических целей наиболее удобно определять непосредственно частоту вращения заготовки.

- Для стали $HRC_3 \leq 450$

$$n_3 = 1450 \cdot d_3^{-0,56} \text{ , об / мин}$$

$$n_3 = 1450 \cdot 25^{-0,56} = 239.068 \text{ об / мин}$$

Назначение скорости радиального движения подачи.

Назначение радиальной скорости радиального движения подачи связаны с необходимостью учета многочисленных факторов:

- Шлифуется материал первой группы обрабатываемости;
- Диаметр шлифовального круга равен 500 мм;
- Движение радиальной подачи осуществляется вручную;
- Измерения выполняются накладной скобой;
- Используется шлифовальный круг твердостью СМ2;
- Обрабатываемая поверхность – цилиндрическая;
- Жесткость заготовки определяется отношением длины заготовки L_3 к ее

диаметру d_3 $\frac{L_3}{d_3} = \frac{233}{25} = 9,32 \geq 7;$

- обеспечивается точность обрабатываемой поверхности h7 и шероховатость $R_a=0,8$ мкм.

Расчет выполняется по формуле:

$$V_{SP} = \frac{80 \cdot (2\Pi)^{0,63}}{d_3^{0,50} \cdot B^{0,50}} \cdot KS1 \cdot KS2 \cdot KS3 \cdot KS4 \cdot KS5 \cdot KS6 \text{ , мм / мин}$$

где: 2Π – снимаемый припуск на диаметр, мм; $2\Pi=0,5$ мм;

B – ширина шлифования, равная длине обрабатываемой поверхности заготовки, мм; $B=15$ мм;

d_3 – диаметр обрабатываемой поверхности, мм; $d_3=25$ мм

KS1 – коэффициент зависящий от группы обрабатываемого материала, требуемой точности и шероховатости обрабатываемой поверхности; KS1=2,32 таблица 2 страница 10;

KS2 – коэффициент зависящий от диаметра шлифовального круга и скорости шлифования; KS2=0,83 таблица 3 страница 11;

KS3 – коэффициент зависящий от способа осуществления радиального движения подачи и способа измерения диаметра обрабатываемой поверхности; KS3=1 таблица 4 страница 11;

KS4 – коэффициент, зависящий от жесткости заготовки и формы обрабатываемой поверхности; KS4=0,9 таблица 5 страница 11;

KS5 – коэффициент, зависящий от точности и жесткости используемого оборудования, что определяется моделью и сроком эксплуатации станка; KS5=0,85 таблица 6 страница 12;

KS6 – коэффициент, зависящий от твердости выбранного шлифовального круга; KS6=0,85.

$$V_{SP} = \frac{80 \cdot (0,5)^{0,63}}{25^{0,5} \cdot 15^{0,5}} \cdot 2,32 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,85 = 3,343 \text{ мм/мин}$$

Учет ограничений по мощности резания.

Мощность резания зависит от диаметра обрабатываемой поверхности и скорости радиального движения подачи и рассчитывается по формуле:

$$N = 0,352 \cdot B \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_3 \cdot V_{SP}}{1000} \right)^{0,7} \cdot KN_1 \cdot KN_2 \quad , \text{кВт}$$

где: KN₁ – поправочный коэффициент в зависимости от твердости круга и скорости шлифования, KN₁=1,0 по таблице 7 страница 13;

KN₂ – поправочный коэффициент в зависимости от группы обрабатываемого материала, KN₂=1,0

$$N = 0,352 \cdot 15 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 25 \cdot 3,343}{1000} \right)^{0,7} \cdot 1 \cdot 1 = 2,07 \quad \text{кВт}$$

Мощность станка N_{ст}=7,5 кВт.

Выполним проверку на отсутствие прижогов. Для этого вычисляют предельное значение мощности, затрачиваемой на шлифование, при котором прижоги отсутствуют. Для этого используем формулу:

$$N_{\text{пр}} = 0,039 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{1000} \right)^{0,4} \cdot K1 \quad \text{мм/мин}$$

где: $K1$ – поправочный коэффициент в зависимости от твердости шлифовального круга, $K1=0,91$

$$N_{\text{пр}} = 0,039 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 25 \cdot 239,068}{1000} \right)^{0,4} \cdot 0,91 = 0,115 \quad \text{кВт/мм}$$

Отсутствию прижогов соответствует выполнение условия:

$$N_{\text{пр}} \geq \frac{N}{B}$$

$$\frac{N}{B} = \frac{2,07}{15} = 0,138$$

Условие не выполняется. Увеличиваем частоту вращения заготовки на 30%:

$$n_3 = 239,068 \cdot 1,3 = 310,788 \quad \text{об/мин}$$

Тогда мощность резания будет равна:

$$N_{\text{пр}} = 0,039 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 25 \cdot 310,788}{1000} \right)^{0,4} \cdot 0,91 = 0,14 \quad \text{кВт/мм}$$

$$N_{\text{пр}} \geq \frac{N}{B}$$

$$0,14 \geq 0,138$$

Рассчитаем основное время:

$$T_0 = \frac{2 \Pi}{2 \cdot V_{\text{сп}}} \quad , \text{мин}$$

$$T_0 = \frac{0,5}{2 \cdot 3,43} = 0,075 \quad \text{мин}$$

Расчет нормы времени ведем по [14]:

Определим нормы штучного времени по формуле:

$$T_{ш} = (T_0 + K_{тв} \cdot T_в) \cdot \left(1 + \frac{a_{мех} + a_{отл} + a_{орг}}{100} \right) , мин$$

Коэффициент серийности на вспомогательное время выбираем по карте 1 страница 21.

Рассчитаем вспомогательное время по формуле:

$$T_в = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм} , мин$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали по карте 6 страница 38:

$T_{уст} = 0,16$ мин;

Вспомогательное время связанное с переходом состоит из:

- Вспомогательное время связанное с обработкой поверхности $t_{в\ обр} = 0,18$ мин. Карта 44 лист 1 страница 126.
 - Вспомогательное время на приемы управления станком: по приложению 8 страница 343
 - Включить станок $t_{в1} = 0,04$ мин
 - Включить или выключить вращение детали (кнопкой) $t_{в2} = 0,02 \cdot 2 = 0,04$ мин.
 - Подвести шлифовальный круг к детали в поперечном направлении до появления искры $t_{в3} = 0,04$ мин.
 - Отвести шлифовальный круг от детали в поперечном направлении $t_{в4} = 0,03$ мин

$$T_{пер} = T_{в\ обр} + t_{в1} + t_{в2} + t_{в3} + t_{в4} + t_{в5} = 0,18 + 0,04 + 0,04 + 0,03 = 0,29 мин$$

Вспомогательное время на контрольное измерение.

Содержит время на контрольное измерение калибром-скобой $T_{изм} = 0,19$ мин.

Время перерывов на отдых и личные надобности карта 88 страница 203:

$$a_{отл}=5\%$$

Время на обслуживание рабочего места карта 45 страница 130:

$$a_{тех}+a_{орг}=a_{обс}=9\%$$

$$T_{ш} = (0,075 + 1 \cdot 0,64) \cdot \left(1 + \frac{5+9}{100}\right) = 0,81 \text{ мин}$$

Расчет штучно-калькуляционного времени.

Подготовительно-заключительное время на партию состоит:

- Время на наладку станка, инструмента и приспособления $t_1=10$ мин;
- Время на дополнительные приемы (правка шлифовального круга) $t_2=1$ мин;
- Время на получение инструмента и приспособлений $t_3=7$ мин.

$$T_{нз} = t_1 + t_2 + t_3 = 10 + 1 + 7 = 18 \text{ мин}$$

$$T_{ш-к} = T_{шм} + \frac{T_{нз}}{n}, \text{ мин}$$

где: n – количество деталей в партии, шт

$$n = \frac{N}{n_3}, \text{ шт}$$

где: N – годовая программа, $N=100$ шт.

$$T_{ш-к} = 0,81 + \frac{18}{100} = 0,85 \text{ мин}$$

4. Проектирование контрольно-измерительного приспособления

Контроль, которому подвергается каждый узел и каждая изготовленная деталь, имеет цель проверить соответствие точности формы относительного положения и перемещения их исполнительных поверхностей установленными нормами. Проектируемое приспособление служит для измерения биения наружного диаметра детали относительно внутреннего отверстия. Допуск на биение 0,02.

4.1. Описание приспособления

Универсальное приспособление с регулируемыми центрами предназначено для контроля радиального и торцового биения поверхностей деталей типа рессоры и небольших ступенчатых валиков. Приспособление состоит из плиты 1, на которой размещено основание. В направляющих основания расположены 2 центр: призма 5 с постоянной высотой оси центров и составная призма 6 с регулируемой высотой оси центров. На плите 1 размещен штатив 11 и кронштейн с упором 4. Диаметр опорной поверхности упора 4 должен перекрывать диаметр торца проверяемой детали.

Наличие раздвигаемых в осевом направлении и регулируемых по высоте призм позволяет контролировать валики, имеющие перепады диаметров контролируемых шеек. Настройку приспособления производят по эталону или образцовой детали.

4.2. Расчёт точности приспособления

При разработке КИП важной задачей является его точность. Определим погрешность возникаемую при использовании такого КИП:

$[\Delta_{кип}] = T_{п} \cdot k$ – допустимая величина погрешности КИП, где

$k = 0,3$ – коэффициент, учитывающий точность контролируемого параметра;

$T_{\Pi} = 0,02$ мм – допуск контролируемого параметра.

$$[\Delta_{\text{кип}}] = 0,02 \cdot 0,3 = 6 \text{ мкм}$$

$$[\Delta_{\text{кип}}] = \Delta_{\text{инд.}} + \Delta_{\text{настр.}} + \Delta_{\text{уст.}}, \text{ где}$$

$\Delta_{\text{инд.}}$ – погрешность индикатора,

$$\Delta_{\text{инд.}} = 10 \text{ мкм};$$

$\Delta_{\text{уст.}}$ – погрешность установки

$$\Delta_{\text{уст.}} = \frac{T_d}{2} \left(\frac{1}{\sin(\alpha/2)} - 1 \right) = \frac{19}{2} \left(\frac{1,2}{\sqrt{2}} - 1 \right) = 3,99$$

$$T_d - \text{допуск на } 25r6 \frac{+0,041}{+0,028}$$

$\Delta_{\text{настр.}} = 1$ мкм – погрешность настройки подвижной призмы, если для настройки использовать более точный индикатор МИГ – 1 (0,001 мм).

$$[\Delta_{\text{кип}}] = 10 + 3,99 + 1 = 14,99 \text{ мкм} < 15 \text{ мкм}$$

Вывод: условие расчета дает возможность использования схемы КИП для контроля измерения радиального биения 0,02 мм.

5. Проектирование станочного приспособления

5.1. Расчет усилия зажима заготовки в приспособлении.

В процессе обработки заготовка, под действием сил резания, может смещаться относительно требуемого положения. Для предотвращения смещения необходимо закрепить заготовку с требуемым усилием. В этом разделе производится определение величины этого усилия. Наибольшее влияние на смещение заготовки оказывают силы резания, наименьшее – силы тяжести.

Расчет режимов резания на вертикально-фрезерную операцию приведен в курсовом проекте по технологии машиностроения.

Силы резания $P_H = 284$ Н; $P_O = 473$ Н.

Величина усилия зажимного механизма определяется на основе решения задачи статики при условии равновесия заготовки под действием приложенных к ней сил. Составляем уравнение сил и моментов пользуясь схемой приведенной на рисунке

$$P_H \cdot K = (Q + P_O) f_1 + Q \cdot f_2$$

f_1 и f_2 – коэффициенты трения; $f_1 = f_2 = 0,15$.

K – коэффициент запаса, $K = 7,16$

$$Q = \frac{K \cdot P_H - P_O \cdot f_1}{f_1 + f_2} = \frac{7,16 \cdot 284 - 473 \cdot 0,15}{0,15 + 0,15} = 6,5 \text{ кН}$$

5.1.1. Расчет резьбы М18×1,5 на штоке на прочность

Исходные данные:

- Материал штока – сталь 45 ГОСТ 1050 – 88
- Предел текучести стали 45 - $\sigma_m = 3,6 \text{ кг/мм}^2 = 360 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$
- $d_1 = 16,38 \text{ мм}$
- Шаг резьбы $S = 1,5 \text{ мм} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $H = 16,4$
- Сила растягивающая шток $Q = 6800 \text{ Н}$;
 $P_p = 1,75 \cdot Q = 1,75 \cdot 6800 = 11900 \text{ Н}$

Проверка резьбы на прочность.

Проверка на прочность выполняется путем проверки выполнения условия:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot P_p}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma]_p$$

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 11900 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 16,38^2} = 56,5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$$

Условие выполняется.

Проверка витка резьбы на срез.

Проверка витка резьбы на срез выполняется путем проверки выполнения условия:

$$\tau_{cp} = \frac{P_p}{\pi \cdot d \cdot K \cdot S \cdot z} \leq [\tau]_{cp}$$

где: $z = H/S = 16,7/1,5 = 10,9$

$K = 1,0$

$$\tau_{cp} = \frac{11900 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 16,38 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 10,9} = 14 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$$

Условие выполняется.

5.1.2. Расчет точности изготовления станочного приспособления

Произведем расчет влияния параметров точности приспособления на точность изготовления размера $30 \frac{-0,015}{-0,051}$

Погрешность станка.

$$\Delta_c = \frac{32 \cdot 0,1}{300} = 0,01$$

Примем величину погрешности, вызванной тепловыми деформациями $\Delta_T=0,016$ мм.

Погрешность, связанная с износом инструмента. Будем считать, что обработка выполняется шпоночной быстрорежущей фрезой, задний угол $\alpha=16^\circ$, износ по задней поверхности за период стойкости $I_3=0,45$

$$\text{Тогда } \Delta_{\text{инс}} = I_3 \cdot \text{tg } \alpha = 0,45 \cdot \text{tg } 16^\circ = 0,129.$$

Данная величина сопоставима с допуском на обработку. Для ограничения погрешности введем две подналадки за период стойкости фрезы. Тогда в течении промежутка времени между подналадками погрешность, вызванная износом, равна:

$$\Delta'_{\text{изн}} = \frac{I_{\text{инс}}}{m+1} = \frac{0,129}{2+1} = 0,043 \text{ мм}$$

Величину погрешности, вызванной деформацией технологической системы примем равной $\Delta_d=0$.

1. Мгновенное рассеивание примем $\omega_M=0,015$.

2. Погрешность, связанная с уводом инструмента, при фрезеровании не имеет места

3. Погрешность базирования. Измерительная и технологическая базы не совпадают, поэтому принимаем $\omega_6=0,011$ мм.

4. Погрешность закрепления определим, считая, что базовые поверхности чисто обработаны, а закрепление заготовки выполняется пневматическим зажимом; $\omega_3=0,035$ мм.

5. Погрешность за счет износа установочных элементов приспособления, предполагая $N=4800$, а $\beta_1=0,25$:

$$\omega_{\text{изн}} = \beta_2 \cdot \sqrt{N} = 0,25 \cdot \sqrt{4800} = 0,017 \text{ мм}$$

6. Погрешность установки приспособления на станке, примем во внимание, что имеет место беззазорный контакт приспособления с поверхностью стола станка. Поэтому $\omega_{\text{уст. пр.}}=0$.

7. Погрешность регулирования. Считаем, что регулирование выполняется по лимбу с ценой деления 0,05. Тогда $\omega_{\text{рег.}}=0,05$ мм.

8. Погрешность измерения. Используя для наладки штангенциркуль $\omega_{\text{изм}}=0,05$ мм.

9. Погрешность смещения $\omega_{\text{смещ.}}=0,008$.

Полученные значения отдельных погрешностей подставим в формулу:

$$\Delta_{\text{изг. пр.}} \leq 0,52 + 0,023 - 1,2 \cdot \sqrt{0,172^2 + 0,011^2 + 0,035^2 + 0,017^2 + 0,05^2 + 0,05^2 + 0,008^2} = 0,442 \text{ мм}$$

Полученное значение допустимой погрешности изготовления приспособления (после сборки) обеспечивает выполнение размера $30 \frac{-0,015}{-0,051}$

Заключение

В дипломном проекте разработан технологический процесс механической обработки - «Вала», с подробной проработкой операции.

- Проведен анализ технологичности конструкции детали;
- Выбрана заготовка;
- Определен тип производства;
- Рассчитаны припуски;
- Проведен выбор оборудования;
- Рассчитаны режимы обработки;
- Оформлена необходимая технологическая документация.

Список используемой литературы

1. Справочник металлиста. Т. 2. Под редакцией А.Г. Рахштадта и В.А. Брострема. М., Машиностроение, 1976г.
2. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск, Высшая школа, 1970г.
3. Маталин А.А. Технология машиностроения, Л. Машиностроение, 1985г.
4. Справочник технолога-машиностроителя, Т. 2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, М. Машиностроение, 1986г.
5. Режимы резания металлов. Под ред. Ю.В. Барановского, М. Машиностроение, 1972г.
6. А.М. Белов, Г.Н. Добрин, Ю.М. Зубарев. Экономические расчёты в курсовых и дипломных проектах по технологическим специальностям. Учебное пособие. Под ред. проф. О.В. Завьялова- СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 1999г.
7. В.Г. Юрьев, Ю.М. Зубарев, А.Г. Схиртладзе, А.В. Приёмьшев, В.В. Звоновских, Л.А. Куцанов. Расчёт точности станочных приспособлений. Учебное пособие. СПб. ПИМаш, 2002г.
8. Справочник технолога-машиностроителя, Т. 1. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, М. Машиностроение, 1986г.
9. Общемашиностроительные нормативы времени, Машиностроение, 1974г.
10. Цена стали - www.vseometalle.org
11. Цена электроэнергии – www.enhol.ru
12. Часовые тарифные ставки – www.kodeks37.ru
13. Система стандартов безопасности труда
14. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.