

Санкт-Петербургский университет Петра Великого
Институт машиностроения, материалов и транспорта
Высшая школа технологии машиностроения

Курсовой проект

По дисциплине «Технология машиностроения»
Технологический процесс изготовления детали «Вал выходной»

Пояснительная записка

Выполнил

студент гр. 3331505/60202



Ильин Д.А.

Руководитель
Доцент, к.т.н.

Хрусталева И.Н.

Санкт-Петербург

2021 г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

студенту группы 3331505/60102

1. **Тема проекта:** Технологический процесс изготовления детали "Вал выходной".
2. **Срок сдачи студентом законченного проекта** «22» января 2021.
3. **Исходные данные к проекту:** Чертеж детали "Вал выходной". Условия среднесерийного производства.

4. **Содержание пояснительной записки:**

1. Анализ исходных данных для проектирования технологического процесса.
 - 1.1 Описание функционального назначения детали.
 - 1.2 Оценка соответствий требований чертежа детали нормам и параметрам ЕСКД.
 - 1.3 Формулировка основных технологических задач.
 - 1.4 Определение основных и вспомогательных конструкторских баз.
2. Определение типа производства
3. Определение класса детали и выбор детали-прототипа. Анализ технологического процесса детали-прототипа.
4. Выбор типа заготовки.
5. Проектирование технологического процесса обработки детали "Вал выходной"
 - 5.1 Проектирование технологического маршрута обработки отдельных поверхностей.
 - 5.2 Выбор комплектов технологических баз для чистового этапа обработки.
 - 5.3 Выбор комплектов технологических баз для черного этапа обработки.
 - 5.4 Проектирование технологического маршрута обработки детали в целом.
6. Выбор средств технологического оснащения.
7. Расчет режимов резания.
8. Нормирование технологических операций.
9. Оформление комплекта технологической документации.

Примерный объём пояснительной записки 35 страниц машинописного текста.


5. **Перечень графического материала:** (с указанием обязательных чертежей и плакатов): Чертеж детали, чертеж заготовки, технологический процесс изготовления детали, включающий: титульный лист, маршрутную карту, операционные карты, карты эскизов, контрольную карту.

6. **Дата получения задания:** «14» января 2021 г.

Руководитель

И.Н. Хрусталёва

Задание принял к исполнению

(подпись)

(подпись студента)

Д.А. Ильин

1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.

1.1 Описание функционального назначения детали

Основное предназначение вала – это передача крутящего момента. Исполнительной поверхностью вала являются рабочие ступени сошпоночным пазом, на которых базируется зубчатое колесо с помощью шпоночного соединения.

Выходной вал – это часть, выходящая из двигателя, которая управляет аксессуарами или передает мощность двигателя. Это может управляться передачей или генератором переменного тока. Как правило, выходной вал является терминологией, используемой в небольших двигателях или сельскохозяйственной технике.

Данный вал является выходным валом в гидромуфте и предназначен для передачи крутящего момента присоединяемой к гидромуфте конструкции. Вал изготовлен из малолегированной стали 40Х ГОСТ 4543-71 и должен пройти термическую обработку для увеличения твёрдости.

Согласно чертежу, деталь изготавливается из стали Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 легированная. В таблице 1 приведены химический состав и механические свойства стали 40Х.

Таблица 1 - Химический состав стали 40Х

C	0,36 - 0,44
Si	0,17 - 0,37
Mn	0,5 - 0,8
Ni	до 0,3
S	до 0,035
P	до 0,035
Cr	0,8 - 1,1
Cu	до 0,3
Fe	~97

Таблица 2 - Механические свойства стали 40Х

ГОСТ	Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, м м	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_b (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	KCU (кД ж / м ²)
4543-71	Прутки. Закалка 860 °С, масло. Отпуск 500 °С, вода или масло	25	780	980	10	45	59

Использование в промышленности стали 40Х: оси, валы, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели, оправки, рейки, гребчатые венцы, болты, полуоси, втулки и другие улучшаемые детали повышенной прочности.

Согласно служебному назначению детали, а также применимости материала в промышленности, материал детали – сталь 40Х выбран верно для производства вала.

Анализ физико-механических свойств:

Термообработка – 260...285 НВ.

Расшифровка марки стали 40Х: эта марка означает, что в стали содержится 0,40% углерода и менее 1,5% хрома.

1.2 Оценка соответствий требований чертежа детали нормам и параметрам ЕСКД

Заданный вал является ответственной деталью коробки передач, поэтому на рабочие поверхности назначаются достаточно высокие степени точности.

Вал представляет собой ступенчатую деталь с цилиндрическими поверхностями и со шпоночными пазами.

Данный вал является ступенчатым, его диаметральные размеры уменьшаются на концах, что позволяет обрабатывать его проходными резцами, т.к. выход инструмента обеспечен.

Деталь считается достаточно жесткой для получения 6 и 7 квалитетов точности при соотношении ее длины к диаметру $l/d \leq 10$, в нашем случае

$$l=400 \text{ мм}, d_{cp} = \frac{48+52+62+40+36+32+27+25+20}{9} = 38 \text{ мм}, \frac{l}{d} = \frac{400}{38} = 10$$

При таком результате и достаточной жесткости вал можно обрабатывать в центрах.

Нетехнологичным элементом в данной детали являются шпоночные пазы и невозможность их обработки более производительной дисковой фрезой.

В остальном деталь достаточно технологична.

1.3 Формулировка основных технологических задач

1. Точность размеров.

Данная деталь является достаточно точной и может нести значительные знакопеременные нагрузки, вследствие чего к ней предъявляются достаточно высокие требования по точности.

В данном случае это поверхности под посадку зубчатых колес: 40js6 ; также поверхности под подшипники скольжения: $\varnothing 25k6$, $\varnothing 62k6$; поверхность под втулку $\varnothing 35h6$.

2. Точность взаимного расположения.

Радиальные биения поверхностей под зубчатые колёса – 0,02мм относительно базы ЖИ; торцевое биение буртиков вала – 0,01 мм, радиальные биения поверхностей под подшипники скольжения – 0,03мм относительно базы ЖИ.

3. Шероховатость поверхностей.

Шероховатость поверхностей под: подшипники скольжения ограничивается значением $R_a = 0,2$ мкм; зубчатое колесо ограничивается значением $R_a = 0,2$ мкм; канавку шпоночного паза равна $R_a = 6,3$ мкм; боковые поверхности шпоночных пазов равна $R_a = 3,2$ мкм; торцев $R_a = 1,6$ мкм. Шероховатость несопрягаемых поверхностей - $R_a = 12,5$ мкм.

1.4 Определение основных и вспомогательных конструкторских баз

1. Основные конструкторские базы — общая ось цилиндрических поверхностей, двойная направляющая скрытая база, лишает деталь 4 степеней свободы; торец берта выходного вала — опорная база, лишает деталь 1 степени свободы. 2. Вспомогательные конструкторские базы — ось симметрии шпоночного паза опорная скрытая база, лишает 1 степени свободы

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА И ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА

На первом этапе проектирования тип производства ориентировочно может быть определен в зависимости от массы детали и объема выпуска по таблице.

Таблица 3 — Годовая программа выпуска деталей по типам производства

Тип производства	Годовой объем выпуска деталей одного наименования, шт.		
	Легкие, до 20 кг	Средние, 20...300 кг	Тяжелые, более 300кг
Единичное	До 100	До 10	1...5
Мелкосерийное	101...500	11...200	6...100
Среднесерийное	501...5000	201...1000	101...300
Крупносерийное	50001...50000	1001...5000	301...1000
Массовое	Свыше 50000	Свыше 5000	Свыше 1000

Годовой объем выпуска зависит от типа производства детали. Приблизительную массу данного вала можем рассчитать по формуле:

$$M := \rho V,$$

где $\rho = 7,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ — плотность стали 40Х;

Рассчитаем объем детали, разбив вал на простейшие цилиндры.

$$\begin{aligned}
 V_{\mathcal{D}} &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_7 + V_8 + V_9 \\
 &= \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 3,5 + \frac{3,14 \cdot 2,5^2}{4} \cdot 5,5 + \frac{3,14 \cdot 2,7^2}{4} \cdot 6 + \frac{3,14 \cdot 3,2^2}{4} \cdot 10,5 + \\
 &+ \frac{3,14 \cdot 3,6^2}{4} \cdot 2,5 + \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} \cdot 5,5 + \frac{3,14 \cdot 6,2^2}{4} \cdot 2,5 + \frac{3,14 \cdot 5,2^2}{4} \cdot 1,8 + \frac{3,14 \cdot 4,8^2}{4} \cdot 2,2 \approx 420 \text{ см}^3
 \end{aligned}$$

Масса детали:

$$m_{\mathcal{D}} = V_{\mathcal{D}} \cdot \rho = 420 \cdot 7,85 = 3303 \text{ г} \approx 3,303 \text{ кг}$$

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА ДЕТАЛИ И ВЫБОР ДЕТАЛИ-ПРОТОТИПА. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДЕТАЛИ-ПРОТОТИПА

Класс детали определим по ОК ЕСКД – Общероссийский классификатор изделий и конструкторских документов ОК 012-93[31].

В качестве аналога маршрута обработки детали взят типовой технологический маршрут обработки детали «Вал».

Данная деталь – вал ведущий, относится к группе цилиндрических изделий.

Данный вал ступенчато-переменного сечения.

Прототипом для рассмотрения технологического процесса изготовления детали является вал.

Рассмотрим типовой процесс изготовления вала:

1. Подготовка технологических баз — подрезание торцов и центрование. Данная операция при серийном и массовом производстве выполняется на центровальных и фрезерно-центровальных станках двустороннего или барабанного типа;

2. Черновая токарная обработка обоих концов вала, подрезание торцов и уступов;

3. Чистовая токарная обработка, осуществляемая в той же последовательности, что и черновая. Наружные поверхности валов обтачивают на токарно-копировальных и многорезцовых одно- и многошпиндельных автоматах;

4. Черновое шлифование шеек вала, служащих дополнительными базами при фрезеровании, сверлении, растачивании отверстий на одном из концов вала;

5. Правка заготовки при изготовлении нежестких валов;

6. Черновая и чистовая обработка фасонных поверхностей — нарезание шлицев, зубчатых венцов, фрезерование кулачков и т.д.;

7. Выполнение последующих операций — сверления, развертывания, нарезания резьбы, фрезерования лысок, шпоночных канавок;

8. Термическая обработка всей детали или отдельных ее поверхностей;

9.Правка вала;

10.Черновое и чистовое шлифование наружных поверхностей, торцов, отверстий;

11.Доводка особо точных поверхностей.

Анализ детали на технологичность

Наиболее ответственной поверхностью детали являются шейки вала под подшипники (основная конструкторская база), их точность соответствует 6 квалитету точности $\varnothing 25k6$ шероховатость обработки этой поверхности Ra 0,2.Исполнительные поверхности детали– шейки вала со шпоночным пазом.

Остальные поверхности вала, согласно техническим требованиям выполняются по 14 квалитету точности. Точность размеров можно считать обоснованной. Большинство диаметральных и линейных размеров детали – вала входят в ряды нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636-69.

Размеры, фасок, радиусов также соответствуют рекомендуемым.

Следовательно, конструктивные элементы данной детали в достаточной степени стандартизованы.

Для выхода и входа инструмента при обработке детали не имеется препятствий.

Рассмотрим коэффициент обрабатываемости;

$$K_v = (v_{60}/v_{эт60})^{0,9}$$

v_{60} – скорость резания при 60–минутной стойкости и определенных условиях резания при 60–минутной стойкости резцов рассматриваемого материала,

$v_{эт60}$ – скорость резания при 60–минутной стойкости резцов в случае обработки эталонного материала. Исходя из вышесказанного, данную деталь можно считать технологичной.

4. ВЫБОР ТИПА ЗАГОТОВКИ

Рассмотрим два метода получения заготовки:

- 1- из горячекатаного проката;
- 2- штамповкой на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).

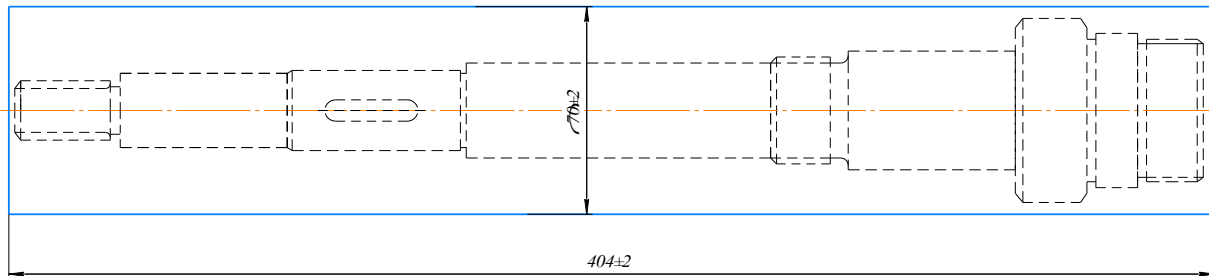
Сравним двух вариантов технологического процесса при различных способах получения заготовки.

Исходные данные:

- материал детали: Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
- масса детали $m_d = 4,01 \text{ кг}$.

2.1. Прокат

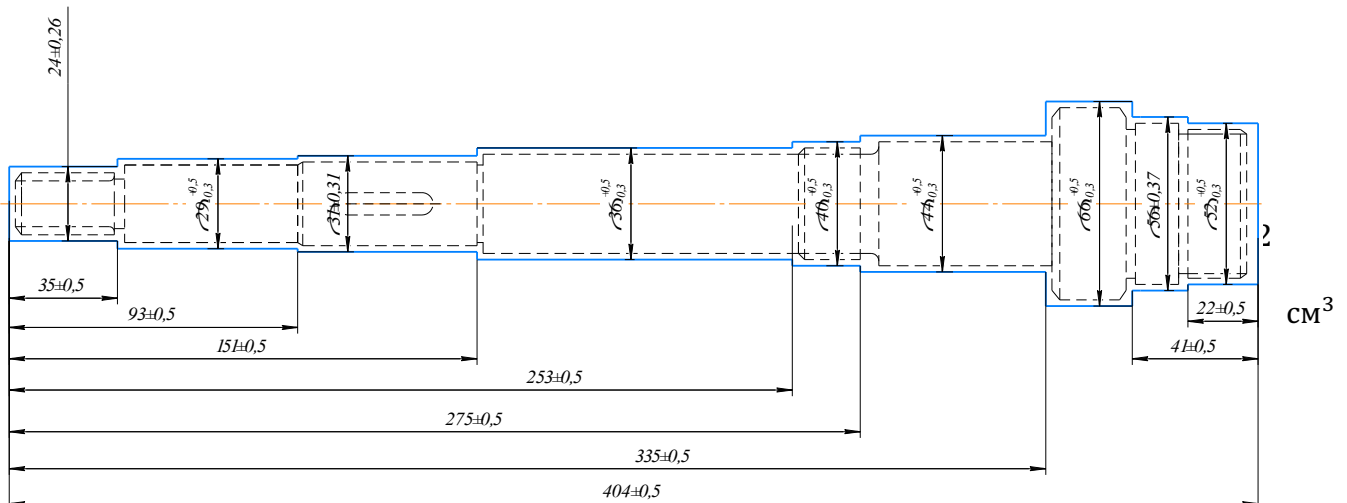
Заготовка: круглый пруток $\varnothing 70 \text{ мм}$, длиной 404 мм из горячекатаной стали.



Коэффициент использования материала:

$$k = \frac{M_{\text{дет}}}{M_3} = \frac{3,25}{12,19} = 0,26$$

2.2. Штамповка



$$k = \frac{M_{\text{дет}}}{M_3} = \frac{3,25}{4} = 0,81$$

Таким образом, видно, что с точки зрения использования материала метод получения заготовки штамповкой более выгодный.

Расчёт стоимости заготовки с учётом её черновой обработки:

$$C_M = g_H \cdot C_M - g_0 \cdot C_0 + C_{3ч} \cdot T \cdot \left(1 + \frac{C_H}{100}\right), \text{ где}$$

$C_{3ч}$ - средняя часовая заработная плата основных рабочих по тарифу, руб/чел.ч;

C_H - цеховые накладные расходы, %;

C_0 - цена 1 кг отходов, руб;

C_M - оптовая цена на материал в зависимости от метода получения заготовки, руб/кг;

g_0 - масса отходов материала, кг;

g_H - норма расхода материала, кг;

T - время черновой обработки заготовки (основное технологическое время), ч.

Общие данные: $C_H = 70\%$, $C_{3ч} = 0.550$ руб/чел.ч., $C_0 = 0.0298$ руб/кг

Прокат:

$$C_M = 0,13 \text{ руб/кг}, g_0 = m_3 - m_d = 12,2 - 3,25 = 8,95 \text{ кг}, g_H = 2,83 \text{ кг}$$

- отрезание $D = 70 \text{ мм}$

$$T_{01} = 0.00019 \cdot D^2 = 0.00019 \cdot 70^2 = 0,93 \text{ мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 62 \text{ мм}, l = 400 \text{ мм}$

$$T_{02} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 62 \cdot 400 = 4,22 \text{ мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 52 \text{ мм}, l = 371 \text{ мм}$

$$T_{03} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 52 \cdot 371 = 3,28 \text{ мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 48 \text{ мм}, l = 354 \text{ мм}$

$$T_{04} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 48 \cdot 354 = 2,89 \text{ мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 40 \text{ мм}, l = 332 \text{ мм}$

$$T_{05} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 40 \cdot 332 = 2,26 \text{ мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 36 \text{ мм}, l = 276 \text{ мм}$

$$T_{06} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 36 \cdot 276 = 1,69 \text{ мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 32 \text{ мм}, l = 250 \text{ мм}$

$$T_{07} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 32 \cdot 250 = 1,36 \text{ мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 27 \text{ мм}, l = 148 \text{ мм}$

$$T_{08} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 27 \cdot 116 = 0,91 \text{мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 25 \text{мм}, l = 88 \text{мм}$

$$T_{09} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 25 \cdot 88 = 0,37 \text{мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 20 \text{мм}, l = 32 \text{мм}$

$$T_{09} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 20 \cdot 32 = 0,11 \text{мин.}$$

$$T_0 = \sum_i T_{0i} = 0.93 \cdot 2 + 4,22 + 3,28 + 2,89 + 2,26 + 1,69 + 1,36 + 0,91 + 0,37 + 0,11$$

$$= 18,94 \text{мин}$$

$$C_M^{(1)} = 2.83 \cdot 0.13 - 8,95 \cdot 0.0298 + 0.550 \cdot 0.396 \cdot \left(1 + \frac{70}{100}\right) = 0.39 \text{ руб}$$

Штамповка:

$$C_M = 0,35 \text{руб/кг}, g_0 = m_3 - m_{\text{дет}} = 4 - 3,25 = 0,75 \text{кг}, g_H = 1.73 \text{кг}$$

Основное технологическое время рассчитывается аналогично предыдущему варианту, но все выполняется за один проход,

- подрезка торцев $D = 48 \text{мм}$

$$T_{01} = 0.00019 \cdot D^2 = 0.00019 \cdot 48^2 = 0.44 \text{мин.}$$

- подрезка торцев $D = 20 \text{мм}$

$$T_{02} = 0.00019 \cdot D^2 = 0.00019 \cdot 20^2 = 0.08 \text{мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 66 \text{мм}, l = 28 \text{мм}$

$$T_{03} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 66 \cdot 28 = 0.31 \text{мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 56 \text{мм}, l = 19 \text{мм}$

$$T_{04} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 56 \cdot 19 = 0.18 \text{мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 52 \text{мм}, l = 22 \text{мм}$

$$T_{05} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 52 \cdot 22 = 0.19 \text{мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 44 \text{мм}, l = 60 \text{мм}$

$$T_{06} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 44 \cdot 60 = 0.45 \text{мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 40 \text{мм}, l = 22 \text{мм}$

$$T_{07} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 40 \cdot 22 = 0.15 \text{мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 31 \text{мм}, l = 58 \text{мм}$

$$T_{08} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 31 \cdot 58 = 0.31 \text{мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 29\text{мм}, l = 58\text{мм}$

$$T_{08} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 29 \cdot 58 = 0.29\text{мин.}$$

- обточка цилиндров $d = 24\text{мм}, l = 35\text{мм}$

$$T_{08} = 0.00017 \cdot d \cdot l = 0.00017 \cdot 24 \cdot 35 = 0.14\text{мин.}$$

$$T_0 = \sum_i T_{0i} = 0.44 + 0.08 + 0.31 + 0.18 + 0.19 + 0.45 + 0.15 + 0.31 + 0.29 + 0.14 = 2.53\text{мин}$$

$$= 0.0422\text{ч.}$$

$$C_M^{(2)} = 1.73 \cdot 0.35 - 0.75 \cdot 0.0298 + 0.550 \cdot 0.0422 \cdot \left(1 + \frac{70}{100}\right) = 0.62 \text{ руб-}$$

Вывод: Коэффициент использования материала заготовки из проката меньше чем заготовки полученной с помощью штамповки ($k=0.26$ - прокат, $k=0.81$ – штамповка), стоимость заготовки из проката меньше заготовки, полученной штамповкой ($C_M^{(1)} = 0.39\text{руб}$ -прокат; $C_M^{(2)} = 0.62\text{руб}$ - штамповка), таким образом рациональнее использовать заготовку из проката.

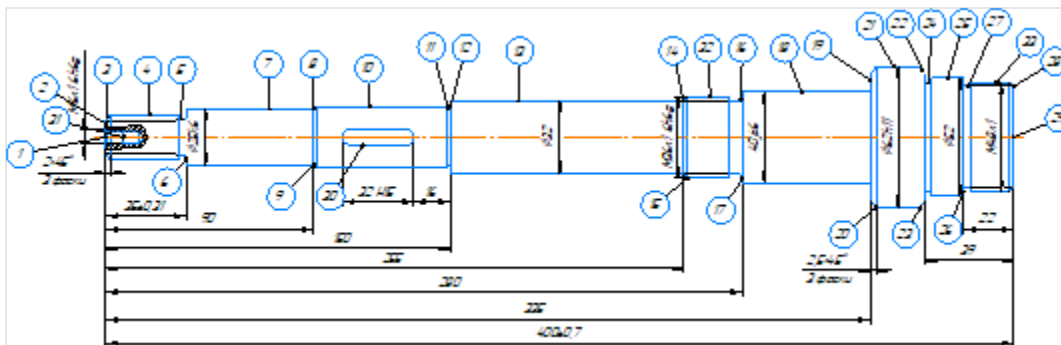
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ "ВАЛ ВЫХОДНОЙ"

5.1. Проектирование технологического маршрута обработки отдельных поверхностей.

Все поверхности данной детали цилиндрические. Заготовкой для вала является прокат, необходимо предусмотреть заготовительную операцию. Данный вал имеет достаточно высокую точность (6-7 квалитет), поэтому окончательную обработку вала нельзя проводить на токарном станке (необходимо использовать шлифовальный станок). Вал должен иметь сравнительно большую прочность, поэтому нужно предусмотреть также и термическую обработку, т.е. закалку, которая будет производиться непосредственно перед отделочной обработкой вала. Следовательно, технологический процесс обработки данного ступенчатого вала следующий:

- заготовительный этап;
- черновой этап;
- термический этап;
- отделочный этап.

Рассмотрим операции, необходимые для получения нужной точности и шероховатости поверхностей ступенчатого вала:



<i>Поверхность</i>	<i>Операция</i>	<i>IT</i>	<i>Ra, мкм</i>
1,12,29	Фрезерно-центровальная	14	12,5
2,6,9,12,15,17,20,23,26	Точение черновое	14	12,5
3,5,8,11,14,16,19,22,24,27,28	Точение получистовое	12	6,3
4,7,10,18,21	Точение черновое	14	12,5
	Точение получистовое	12	6,3
	Точение чистовое	10	3,2
	Шлифование предварительное	8	2,5
	Шлифование чистовое	6	0,2
13,25	Точение черновое	14	12,5
	Точение получистовое	12	6,3
	Точение чистовое	10	2
30	Шпоночно-фрезерная	10	3,2
32,33	Обработка резаньем Резьбовой головкой	6,4	3,2
31	Обработка резаньем Метчиком	6	3,2

5.2. Выбор комплектов технологических баз для чистового этапа обработки

При токарной чистовой операции деталь устанавливается в поводковый патрон и задний вращающийся центр. Общая ось центровых отверстий - двойная направляющая скрытая база 25k6, лишает деталь 4 степеней свободы. Фаска центрового отверстия - технологическая опорная явная база, лишает деталь 1 степени свободы.

5.3. Выбор комплектов технологических баз для чистового этапа обработки

В типовом маршруте обработки вала указаны центровые отверстия, общая ось которых может использоваться в качестве технологической базы, обработка относительно которой обеспечит обработку ступеней вала за один установ и заданные требования по соосности поверхностей и точности диаметров.

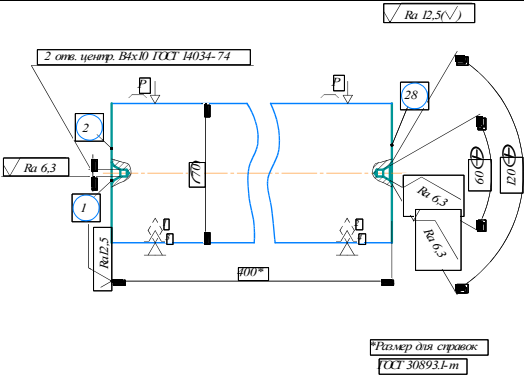
В качестве черновой базы на фрезерно-центровальной операции используется общая ось баз И и Ж заготовки для получения общей оси центровых отверстий.

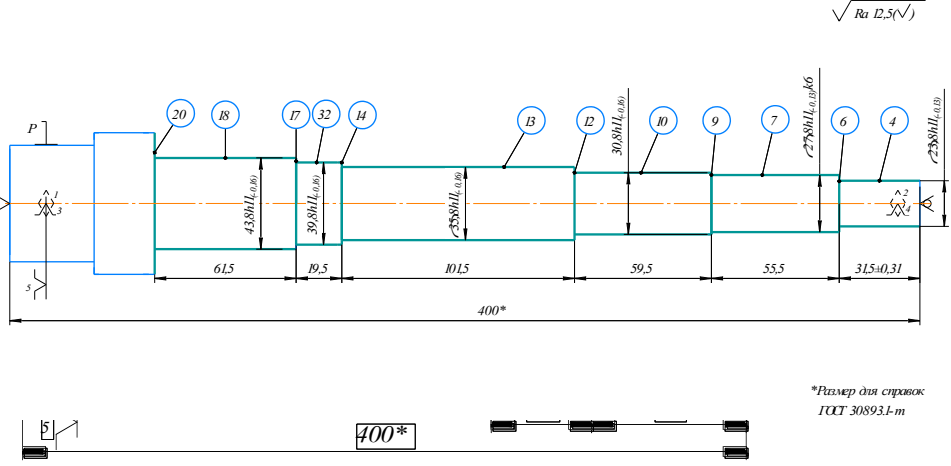
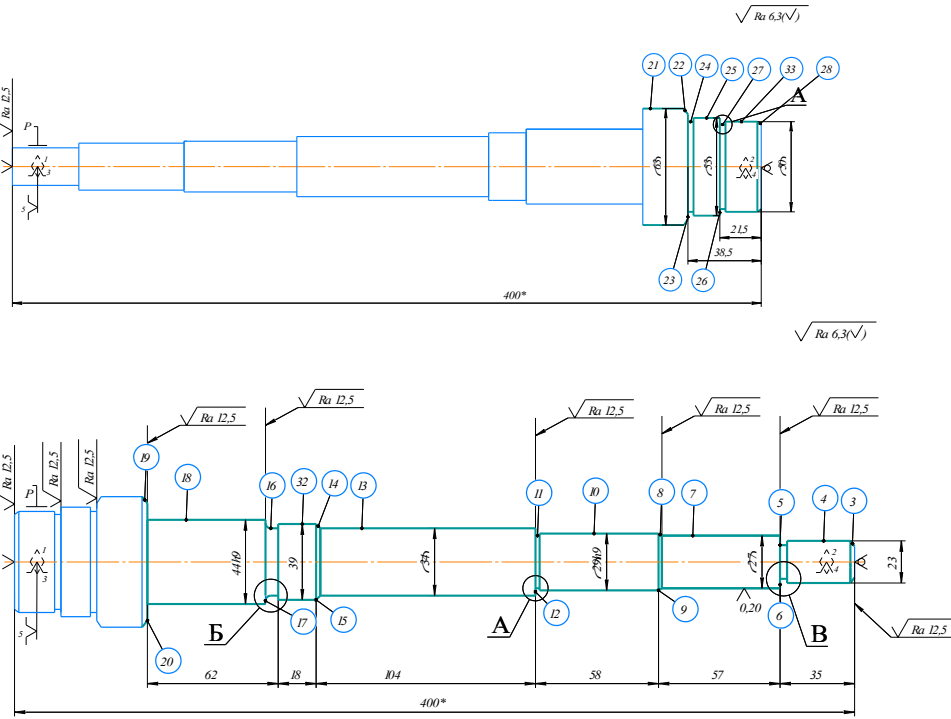
Промежуточные базы: при токарной обработке общая ось центровых отверстий будет использована как промежуточная база.

Чистовые базы: для данного ступенчатого вала предусмотрена термическая обработка (твердость 260...285 НВ), поэтому в качестве чистовых баз будут использоваться центровые отверстия, предварительно обработанные на центрошлифовальной операции на специальном станке.

5.4. Проектирование технологического маршрута обработки детали в целом

Учитывая конструктивные особенности вала ведущего, материал детали, а также требования к точности изготовления выбираем следующий типовой технологический процесс:

<i>№</i>	<i>Наименование и содержание операции</i>	<i>Операционный эскиз</i>
005	Заготовительная. Отрезать заготовку	
010	Правильная. Правка заготовки на прессе	
015	Фрезерно-центровальная Подготовка технологических баз	 <p>The sketch shows a shaft with three main sections. The left section has a diameter of 28 mm and a length of 100 mm. The middle section has a diameter of 60 mm and a length of 100 mm. The right section has a diameter of 28 mm and a length of 100 mm. Key features include: <ul style="list-style-type: none"> Two center holes (2 отв. центр. В4х10 ГОСТ 14034-74) on the left end. Surface roughness requirements: $Ra 12,5$ on the left end, $Ra 6,3$ on the shaft surfaces, and $Ra 0,3$ on the right end. Geometric tolerances: $\sqrt{Ra 12,5(\sqrt{ })}$ and $\sqrt{Ra 0,3}$. A note at the bottom right: "Размер для справок: ГОСТ 30893.1-м". </p>

<p>020</p>	<p>Токарная (черновая)</p> <p>Точить за 2 установа:</p> <p>1 установ:</p> <p>Точить поверхность 33</p> <p>Точить поверхность 25</p> <p>Точить поверхность 21</p> <p>Подрезать торец 22</p> <p>2 установ:</p> <p>Точить поверхность 4</p> <p>Точить поверхность 7</p> <p>Точить поверхность 10</p> <p>Точить поверхность 13</p> <p>Точить поверхность 32</p> <p>Точить поверхность 18</p> <p>Подрезать торец 6</p> <p>Подрезать торец 9</p> <p>Подрезать торец 12</p> <p>Подрезать торец 14</p> <p>Подрезать торец 17</p> <p>Подрезать торец 20</p>	 <p>*Размер для справок ГОСТ 30893.1-м</p> <p>*Размеры для справок ГОСТ 30893.1-м</p>
<p>025</p>	<p>Термическая</p> <p>Улучшение, нормализация</p>	
<p>030</p>	<p>Токарная (получистовая)</p> <p>Точить за 2 установа:</p> <p>1 установ:</p> <p>Точить поверхность 21</p> <p>Точить поверхность 25</p> <p>Точить поверхность 33</p> <p>Точить фаску 22</p> <p>Точить фаску 28</p> <p>Точить канавку 24</p> <p>Точить канавку 27</p> <p>Подрезать торец 23</p> <p>Подрезать торец 26</p> <p>2 установ:</p> <p>Точить поверхность 4</p> <p>Точить поверхность 7</p>	 <p>*Размер для справок ГОСТ 30893.1-м</p>

	<p>Точить поверхность 10</p> <p>Точить поверхность 13</p> <p>Точить поверхность 32</p> <p>Точить поверхность 18</p> <p>Точить фаску 8</p> <p>Точить фаску 11</p> <p>Точить фаску 14</p> <p>Точить фаску 19</p> <p>Точить канавку 5</p> <p>Точить канавку 11</p> <p>Точить канавку 17</p> <p>Подрезать торец 6</p> <p>Подрезать торец 9</p> <p>Подрезать торец 12</p> <p>Подрезать торец 15</p> <p>Подрезать торец 17</p> <p>Подрезать торец 20</p>	
035	<p>Токарная (чистовая)</p> <p>Точить за 2 установа:</p> <p>1 установ:</p> <p>Точить поверхность 21</p> <p>Точить поверхность 25</p> <p>Подрезать торец 23</p> <p>Подрезать торец 26</p> <p>2 установ:</p> <p>Точить поверхность 7</p> <p>Точить поверхность 10</p> <p>Точить поверхность 13</p> <p>Точить поверхность 18</p>	
040	Шпоночно-фрезерная	

	<p>Фрезеровать шпоночный паз установа:</p> <p>1 установ: Фрезеровать шпоночный паз 30</p>	
045	<p>Зубофрезерование Нарезание резьбы 2 установа:</p> <p>1 установ: Резьбовой головкой Нарезание резьбы 32 Нарезание резьбы 33</p> <p>2 установ: Метчиком Нарезание резьбы 31</p>	
050	<p>Термическая обработка Закалка и высокий отпуск НВ 260...285 согласно чертежу</p>	
055	<p>Центрошлифовальная Шлифовать центровые фаски 28</p>	
060	<p>Круглошлифовальная (предварительная) Выполнить за 2 установа</p> <p>1 установ: Шлифовать пов-ть 21</p> <p>2 установ: Шлифовать пов-ть 4 Шлифовать пов-ть 7 Шлифовать пов-ть 10</p>	

6. ВЫБОР СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

15. Фрезерно-центровальная операция.

Станок: модель МР76М фрезерно-центровальный;

Приспособление: тиски с самоцентрирующимися губками призматической формы, опора неподвижная, привод пневматический.

Режущий инструмент: фреза торцевая Ø80мм с числом зубьев 16 по ГОСТ 9304-69 материал режущей части Т15К6 , сверла центровочные Ø4мм по ГОСТ 14952-75 материал Р6М5;

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ II с диапазоном измерения 0-400мм

с отчетом по нониусу 0,1мм ГОСТ 166-80, центровочный калибр пробка.

Базирование: по наружным цилиндрическим поверхностям и одному торцу заготовки;

20. Токарная операция (черновая).

Станок: модель 16К20 токарно-винторезный;

Приспособление: патрон поводковый с пневмоприводом, неподвижный центр по ГОСТ 2575-79, вращающийся центр по ГОСТ 8742-75.

Режущий инструмент: резец проходной ГОСТ 18877-73, материал Т14К8 , резец подрезной ГОСТ 18880-73, материал Т5К10;

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ II с диапазоном измерения 0-400мм с отчетом по нониусу 0,1мм ГОСТ 166-80, калибр-скоба.

Базирование: по общей оси центровых отверстий, левый торец.

25. Термическая обработка.

Оборудование: Установка ТВЧ.

Приспособление: центры, поводковое устройство.

Базирование: по внутренним конусным поверхностям центровочных отверстий.

30. Токарная операция (получистовая).

Станок: модель 16К20 токарно-винторезный;

Приспособление: патрон поводковый с пневмоприводом, центры ГОСТ 8742-75.

Режущий инструмент: резец проходной ГОСТ 18877-73, материал Т5К10 , резец подрезной ГОСТ 18880-73, материал Т5К10 , резец канавочный, материал Т5К10;

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ II с диапазоном измерения 0-400мм с отчетом по нониусу 0,1мм ГОСТ 166-80, калибр-скоба.

Базирование: по общей оси центровых отверстий, левый торец.

35. Токарная операция (чистовая).

Станок: модель 16К20 токарно-винторезный;

Приспособление: патрон поводковый с пневмоприводом, центры ГОСТ 8742-75.
Режущий инструмент: резец проходной ГОСТ 18877-73, материал Т5К10, резец подрезной ГОСТ 18880-73, материал Т5К10;
Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ II с диапазоном измерения 0-400мм с отчетом по нониусу 0,1мм ГОСТ 166-80, калибр-скоба.
Базирование: по общей оси центровых отверстий, левый торец.

40. Шпоночно-фрезерная операция.

Станок: шпоночнофрезерный полуавтомат модели 692А.
Приспособления: тиски с призматическим основанием и пневматическим приводом, подвижная опора.
Инструмент: шпоночная фреза ГОСТ 9140-78, диаметром 6 мм, материал режущей части Р6М5; фреза под сегментную шпонку Ø45мм, материал режущей части Р6М5.
Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ II; калибр-пробка 6N9;
Базирование: по поверхности Ø27 и торцу.

45.Зубофрезирование

Станок: модель 16К20 токарно-винторезный;
Приспособление: патрон поводковый с пневмоприводом, центры ГОСТ 8742-75. тиски с призматическим основанием и пневматическим приводом.
Режущий инструмент: Метчик ГОСТ 3266-81, диаметром 5,5 мм, Плашка ГОСТ 9740-71, диаметром 65 мм для резьбы М36 и для резьбы М48
Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ II с диапазоном измерения 0-400мм с отчетом по нониусу 0,1мм ГОСТ 166-80, калибр-скоба.
Базирование: по общей оси центровых отверстий, левый торец.

50. Термическая обработка. 260...285 НВ.

Оборудование: печь для закалки стали.
Измерительный инструмент: твердомер.

55. Центрошлифовальная операция.

Станок: центрошлифовальный МВ119
Приспособление: тиски с призматическим основанием и пневматическим приводом и с призматическими губками.
Инструмент: для подшлифовки центровых отверстий.
Измерительный инструмент: конусный калибр-пробка.
Базирование: по общей оси центровых отверстий.

60. Круглошлифовальная операция (предварительная).

Станок: круглошлифовальный 3А151;

Приспособление: центр неподвижный по ГОСТ 2575-79, вращающийся центр по ГОСТ 8742-75, поводковое устройство;

Режущий инструмент: шлифовальный круг.

Измерительный инструмент: рычажные скобы, калибры-скобы, биенометр с измерительной головкой МИГ-1, БП 250.

Базирование: по общей оси центровых отверстий, левый торец.

65. Кругло-шлифовальная операция (окончательная).

Станок: круглошлифовальный 3М151;

Приспособление: центр неподвижный по ГОСТ 2575-79, вращающийся центр по ГОСТ 8742-75, поводковое устройство;

Режущий инструмент: шлифовальный круг.

Измерительный инструмент: рычажные скобы, калибры-скобы, биенометр с измерительной головкой МИГ-1, БП 250.

Базирование: по общей оси центровых отверстий, левый торец.

7. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Выбор режимов резания для отдельных поверхностей

1) Токарная (черновая) операция (020)

$$S=0.5 \text{ мм/об}, t=2\text{мм}$$

Скорость резания при наружном продольном точении:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}$$

где $C_V=340$, $x=0.12$, $y=0.45$, $m=0.2$, $T=60$ мин.

$K_{mv}=K_t(750/\sigma_B)^{nv}$ – коэффициент, учитывающий материал заготовки (сталь 40Х);

$K_{nv}=0.8$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания.

$$K_V = 1.15 \cdot 0.8 \cdot 0.8 = 0.736$$

Определим допускаемую скорость резания:

$$V = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.5^{0.45}} = 122 \text{ м/мин} \quad n = \frac{1000 \cdot 122}{3.14 \cdot 55} = 801 \text{ об/мин}$$

D – диаметр обрабатываемой поверхности.

В соответствии с паспортом станка принимаем: $n_{ст} = 800 \text{ об/мин}$

Вычислим фактическую скорость резания: $V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ст}}{1000} = \frac{\pi \cdot 55 \cdot 800}{1000} = 138 \text{ м/мин}$

2) Токарная (получистовая) операция (030)

$$S=0.4\text{мм/об}, t=0.4\text{мм}$$

$$C_V=350, x=0.15, y=0.35, m=0.2$$

$$V = \frac{350 \cdot 0.65}{60^{0.2} \cdot 0.4^{0.15} \cdot 0.4^{0.35}} = 158 \text{ м/мин}$$

$$\text{Для } \varnothing 48,5: \quad n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 158}{3.14 \cdot 48,5} = 1037 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n=1000 \text{ об/мин}$.

$$V = \frac{3.14 \cdot 48,5 \cdot 1000}{1000} = 152 \text{ м/мин}$$

3) Токарная (чистовая) операция (035)

$$S=0.25\text{мм/об}, t=0.2\text{мм}$$

$$C_v=350, x=0.15, y=0.35, m=0.2$$

$$V = \frac{350 \cdot 0.65}{60^{0.2} \cdot 0.2^{0.15} \cdot 0.25^{0.35}} = 206 \text{ м/мин}$$

$$\text{Для } \varnothing 40,4: \quad n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 206}{3,14 \cdot 40,4} = 1623 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n=1600$ об/мин.

$$V = \frac{3.14 \cdot 40.4 \cdot 1600}{1000} = 202 \text{ м/мин}$$

4) Шпоночно-фрезерная операция (040)

$$S_z=0.12 \text{ мм/зуб}, t=0.3 \text{ мм}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^U \cdot p^p} - \text{ скорость резания}$$

$$C_v=12, q=0.3, x=0.3, y=0.25, U=0, p=0, m=0.26, T=25 \text{ мин.}$$

$$K_v=K_{mv}K_{nv}K_{uv}$$

$K_{mv}=K_t(750/\sigma_B)^{nv} = 1,2$ коэффициент, учитывающий материал заготовки (сталь 40Х);

$K_{nv} = 0.1$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{uv}=1,0$ – коэффициент, учитывающий материал инструмента Р6М5;

$$K_v=1.2 \cdot 1 \cdot 1=1,2$$

$$V = \frac{12 \cdot 8^{0.3} \cdot 1,2}{25^{0.26} \cdot 0.3^{0.3} \cdot 0.12^{0.25}} = 28 \text{ м/мин} \quad n = \frac{1000 \cdot 28}{3.14 \cdot 7} = 1273 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n=1250$ об/мин, тогда $V=25$ м/мин.

5) Зубофрезирование операция 045

$$S=1,8 \text{ мм/об}, t=0.2\text{мм}$$

$$C_v=350, x=0.15, y=0.35, m=0.4$$

$$V = \frac{350 \cdot 0.65}{60^{0.4} \cdot 0.2^{0.15} \cdot 1,8^{0.35}} = 45 \text{ м/мин}$$

$$\text{Для } \varnothing 48: \quad n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 45}{3,14 \cdot 48} = 304 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n=300$ об/мин.

$$V = \frac{3.14 \cdot 48 \cdot 300}{1000} = 45 \text{ м/мин}$$

6) Круглошлифовальная (предварительная) операция (060)

$S=0.7$ мм/об, $t=0.1$ мм, $V_3=25$ м/мин, $V_{кр}=30$ м/с.

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{3.14 \cdot 27.1} = 293 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n=250$ об/мин.

7) Круглошлифовальная (окончательная) операция (065)

$S=0.2$ мм/об, $t=0.05$ мм, $V_3=55$ м/мин, $V_{кр}=40$ м/с.

$$n = \frac{1000 \cdot 55}{3.14 \cdot 25} = 700 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n=700$ об/мин.

Режимы резания для остальных операционных переходов

Операция	t, мм	s, мм/об (мм/зуб)	n, об/мин	V, м/мин(м/с)
015 Фрезерно-центровальная				
фрезерование	2	0,2 (мм/зуб)	1250	88
сверление	2	0,12	1600	19
020 Токарная (черновая)				
точение Ø65	2	0,5	800	110
точение Ø55	2	0,5	800	122
точение Ø43,8	2	0,5	800	105
точение Ø39,8	2	0,5	1000	100
точение Ø35,8	2	0,5	1000	100
точение Ø30,8	2	0,5	1000	100
точение Ø37,8	2	0,5	1000	105
точение Ø23,8	2	0,5	1000	100

030 Токарная (получистовая)				
точение Ø50	0,4	0,4	1000	131
точение Ø53	0,4	0,4	1000	131
точение Ø63	0,4	0,4	1000	149
точение Ø41,8	0,4	0,4	1250	149
точение Ø37,8	0,4	0,4	1250	149
точение Ø33,8	0,4	0,4	1250	124
точение Ø28,8	0,4	0,4	1250	124
точение Ø35,8	0,4	0,4	1250	124
точение Ø21,8	0,4	0,4	1600	124
035 Токарная (чистовая)				
точение Ø62,6	0,2	0,25	1250	176
точение Ø52,6	0,2	0,25	1600	178
точение Ø40,4	0,2	0,25	1600	152
точение Ø32,4	0,2	0,25	1600	142
точение Ø27,4	0,2	0,25	1600	142
точение Ø25,3	0,2	0,25	1600	142
040 Шпоночно-фрезерная 7	0,3	0.12	1250	25
045 Зубофрезерная				
точение Ø50	2	1,8	300	45
точение Ø39	3	1,8	300	45
расточка Ø3	3	1,8	300	45
055 Центрошлифовальная	0,012	0,1	200	V _з =25м/мин V _{кр} =15 м/с

060 Круглошлифовальная (предварительная)				
шлифование Ø62,1h11	0,1	0,7	250	Vз=25 м/мин Vкр=30 м/с
шлифование Ø40,1	0,1	0,7	250	
шлифование Ø32,1	0,1	0,7	160	
шлифование Ø27,1	0,1	0,7	200	
шлифование Ø25,1	0,1	0,7	200	
шлифование Ø20,1	0,1	0,7	200	
065 Круглошлифовальная (окончательная)				
шлифование Ø62h11	0,05	0,2	400	Vз=55м/мин Vкр=40м/с
шлифование Ø25k6	0,05	0,2	500	
шлифование Ø27	0,05	0,2	500	
шлифование Ø40js6	0,05	0,2	400	

8. НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Штучно-калькуляционное время в серийном производстве определяется по формуле: $T_{\text{шк}} = T_o + T_B + T_{\text{ОРГ.ОБСЛ.}} + T_{\text{ТЕХ.ОБСЛ.}} + T_{\text{ОТЛ.}} + T_{\text{П.З.}}/n$, где

T_o - основное время на выполнение операционного перехода;

T_B - вспомогательное время;

$T_{\text{ОРГ.ОБСЛ.}}$ - время организационного обслуживания;

$T_{\text{ТЕХ.ОБСЛ.}}$ - время технологического обслуживания;

$T_{\text{ОТЛ.}}$ - время отлучений по личным потребностям;

$T_{\text{П.З.}}$ - подготовительно-заключительное время на партию.

1) Токарная операция (черновая 020)

$T_o = \frac{l+l_1+l_2}{n \cdot S}$ мин, где

l - длина обрабатываемой поверхности;

l_1 - величина врезания и перебега инструмента;

l_2 - дополнительная величина на взятие пробной стружки, учитываемая при точении резцами, кроме отрезных и фасонных.

$$T_o = \frac{101.5 + 4}{1000 \cdot 0.5} + \frac{59.5 + 4}{1000 \cdot 0.5} + \frac{31.5 + 4}{1000 \cdot 0.5} + \frac{55.5 + 4}{1000 \cdot 0.5} + \frac{19.5 + 4}{1000 \cdot 0.5} + \frac{(24 + 4) + (36 + 4) + (61.5 + 4)}{800 \cdot 0.5} = 0.9 \text{ мин}$$

$T_B = t_{\text{УСТ}} + t_{\text{УПР}} + t_{\text{ИЗ}}$, где

$t_{\text{УСТ}}$ - время на установку и снятие детали;

$t_{\text{УПР}}$ - время на управление станком, связанное с переходом;

$t_{\text{ИЗ}}$ - время на контрольные измерения;

$$T_B = 0.95 + 0.06 + 1.07 = 2.08 \text{ мин}$$

Оперативное время: $T_{\text{ОПЕР}} = T_o + T_B = 0.9 + 2.08 = 2.98 \text{ мин}$

$$T_{\text{ОРГ.ОБСЛ.}} = 8\% \cdot T_{\text{ОПЕР}} = 0.08 \cdot 2.98 = 0.23 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ТЕХ.ОБСЛ.}} = 6\% \cdot T_{\text{ОПЕР}} = 0.06 \cdot 2.98 = 0.17 \text{ мин}$$

$$T_{\text{отл.}} = 4\% \cdot T_{\text{опер}} = 0.04 \cdot 2.98 = 0.11 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 0.9 + 2.08 + 0.23 + 0.17 + 0.11 = 3.53 \text{ мин}$$

$$T_{\text{п.з.}} = 4\% \cdot T_{\text{опер}} = 0.04 \cdot 2.98 = 0.11 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шк}} = \frac{T_{\text{п.з.}}}{21} + T_{\text{шт.}} = \frac{0.11}{21} + 3.51 = 3.52 \text{ мин}$$

2) Токарная операция (получистовая 030)

$$T_o = \frac{(17 + 4) + (22 + 4) + (29 + 4)}{\frac{0.4 \cdot 1000}{(18 + 4) + (104 + 4) + (58 + 4) + (57 + 4) + (35 + 4)}} + \frac{62 + 4}{\frac{0.4 \cdot 1600}{0.4 \cdot 1250}} = 0.88 \text{ мин}$$

$$T_B = 0.95 + 1.07 + 0.16 = 2.18 \text{ мин}$$

$$T_{\text{опер.}} = T_o + T_B = 0.88 + 2.18 = 3.06 \text{ мин}$$

$$T_{\text{орг.обсл.}} = 8\% \cdot T_{\text{опер}} = 0.08 \cdot 3.06 = 0.24 \text{ мин}$$

$$T_{\text{тех.обсл.}} = 6\% \cdot T_{\text{опер}} = 0.06 \cdot 3.06 = 0.18 \text{ мин}$$

$$T_{\text{отл.}} = T_{\text{п.з.}} = 4\% \cdot T_{\text{опер}} = 0.04 \cdot 3.06 = 0.12 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 0.88 + 2.18 + 0.20 + 0.15 + 0.10 = 3.6 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шк}} = 0.10/21 + 3.6 = 3.62 \text{ мин}$$

3) Токарная операция (чистовая 035)

$$T_o = \frac{(56 + 4) + (60 + 4) + (102 + 4) + (56 + 4) + (17 + 4)}{0.25 \cdot 1600} + \frac{29 + 4}{0.25 \cdot 1250} = 0.88 \text{ мин}$$

$$T_B = 0.95 + 1.07 + 0.16 = 2.18 \text{ мин}$$

$$T_{\text{опер.}} = T_o + T_B = 0.88 + 2.18 = 2.79 \text{ мин}$$

$$T_{\text{орг.обсл.}} = 8\% \cdot T_{\text{опер}} = 0.08 \cdot 2.79 = 0.22 \text{ мин}$$

$$T_{\text{тех.обсл.}} = 6\% \cdot T_{\text{опер}} = 0.06 \cdot 2.79 = 0.16 \text{ мин}$$

$$T_{\text{отл.}} = T_{\text{п.з.}} = 4\% \cdot T_{\text{опер}} = 0.04 \cdot 2.79 = 0.11 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 0.88 + 2.18 + 0.22 + 0.16 + 0.11 = 4.17 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шк}} = 0.10/21 + 4.17 = 4.18 \text{ мин}$$

4) Шпоночно-фрезерная операция

$$T_0 = \frac{(32 + 4)}{0,3 \cdot 160} = 0.75 \text{ мин}$$

$$T_B = 0.95 + 0.9 + 0.06 = 1.91 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{ОПЕР.}} = T_0 + T_B = 0.75 + 1.91 = 2.66 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ОРГ.ОБСЛ.}} = 8\% \cdot T_{\text{ОПЕР.}} = 0.08 \cdot 2.66 = 0.21 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ТЕХ.ОБСЛ.}} = 6\% \cdot T_{\text{ОПЕР.}} = 0.06 \cdot 2.66 = 0.15 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ОТЛ.}} = T_{\text{ПЗ.}} = 4\% \cdot T_{\text{ОПЕР.}} = 0.04 \cdot 2.66 = 0.10 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ШТ}} = 0.75 + 1.91 + 0.21 + 0.16 + 0.10 = 3.88 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ШК}} = 0.10/21 + 3.88 = 3.89 \text{ мин}$$

2) Зубофрезерная операция

$$T_0 = \frac{(22 + 4)}{2 \cdot 300} + \frac{(26 + 4) + (16 + 4)}{3 \cdot 300} = 0.09 \text{ мин}$$

$$T_B = 0.95 + 0.9 + 0.06 = 1.91 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{ОПЕР.}} = T_0 + T_B = 0.09 + 1.91 = 2.008 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ОРГ.ОБСЛ.}} = 8\% \cdot T_{\text{ОПЕР.}} = 0.08 \cdot 2 = 0.16 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ТЕХ.ОБСЛ.}} = 6\% \cdot T_{\text{ОПЕР.}} = 0.06 \cdot 2 = 0.12 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ОТЛ.}} = T_{\text{ПЗ.}} = 4\% \cdot T_{\text{ОПЕР.}} = 0.04 \cdot 2 = 0.08 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ШТ}} = 0.09 + 1.91 + 0.16 + 0.12 + 0.08 = 3.17 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ШК}} = 0.10/21 + 3.17 = 3.18 \text{ мин}$$

3) Кругло-шлифовальная операция (предварительная)

$$T_0 = \frac{(29 + 4) + (56 + 4)}{250 \cdot 0.7} + \frac{(32 + 4) + (56 + 4) + (60 + 4)}{200 \cdot 0.7} + \frac{102 + 4}{160 \cdot 0.7} = 2.6 \text{ мин}$$

$$T_B = 0.95 + 1.7 + 0.06 = 2.71 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ОПЕР.}} = T_0 + T_B = 2.6 + 2.71 = 5.33 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ОРГ.ОБСЛ.}} = 8\% \cdot T_{\text{ОПЕР.}} = 0.08 \cdot 5.33 = 0.42 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ТЕХ.ОБСЛ.}} = 6\% \cdot T_{\text{ОПЕР.}} = 0.06 \cdot 5.33 = 0.31 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ОТЛ.}} = T_{\text{ПЗ.}} = 4\% \cdot T_{\text{ОПЕР.}} = 0.04 \cdot 5.33 = 0.21 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ШТ}} = 2.6 + 2.71 + 0.42 + 0.31 + 0.21 = 6.29 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ШК}} = 0.16/21 + 6.29 = 6.29 \text{ мин}$$

4) Кругло-шлифовальная операция (окончательная)

$$T_0 = \frac{(56 + 4) + (60 + 4)}{0.2 \cdot 500} + \frac{(56 + 4) + (29 + 4)}{0.2 \cdot 400} = 2.4 \text{ мин}$$

$$T_B = 0.95 + 1.7 + 0.06 = 2.71 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ОПЕР.}} = T_0 + T_B = 2.4 + 2.71 = 5.11 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ОРГ.ОБСЛ.}} = 8\% \cdot T_{\text{ОПЕР.}} = 0.08 \cdot 5.11 = 0.40 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ТЕХ.ОБСЛ.}} = 6\% \cdot T_{\text{ОПЕР.}} = 0.06 \cdot 5.11 = 0.30 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ОТЛ.}} = T_{\text{ПЗ.}} = 4\% \cdot T_{\text{ОПЕР.}} = 0.04 \cdot 5.11 = 0.20 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ШТ}} = 2.4 + 2.71 + 0.40 + 0.30 + 0.20 = 6 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ШК}} = 0.19/21 + 6 = 6.04 \text{ мин}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном курсовом проекте был рассмотрен технологический процесс изготовления ступенчатого вала. Были выбраны необходимые инструмент, приспособления и оборудование, рассчитаны режимы резания, проведено нормирование операций, что позволяет повысить производительность обработки и обеспечить экономическую эффективность предлагаемого технологического процесса по сравнению с типовым.

Поставленные технологические задачи решались следующим образом:

- 1) Точность размеров цилиндрических поверхностей достаточно высокая, в качестве основной конструкторской базы использовалась общая ось посадочных поверхностей под подшипники скольжения Ø25k6. В связи с этим обработка поверхностей производилась в 5 этапов: черновое точение (14 квалитет), получистовое точение (12 квалитет), чистовое точение (10 квалитет), предварительное шлифование (8 квалитет), чистовое шлифование (6 квалитет).
- 2) Точность взаимного расположения цилиндрических поверхностей задана допусками на радиальное биение, точность взаимного расположения торцов задана допусками на торцовое биение. Решением данной задачи является правильный выбор инструмента и приспособлений, а также схем базирования на всех операциях и соблюдение принципа постоянства баз. Сначала была подготовлена база для последующих операций – общая ось центровых отверстий. На последующих этапах обработки в качестве технологических баз использовалась эта ось и левый торец. Использование такого способа базирования позволяет исключить погрешность, равную величине несовпадения общей оси опорных шеек вала и общей оси центровых отверстий, эта погрешность влияет на точность взаимного расположения шеек вала. Обработка вала на токарных операциях производилась в центрах (один – неподвижный, другой – вращающийся), отделочная обработка вала

производилась в двух неподвижных центрах. В обоих случаях также использовалось поводковое устройство.

- 3) Требуемая шероховатость посадочных поверхностей под подшипники качения $R_a = 0,2\text{мкм}$, а также под зубчатое колесо $R_a = 0,8\text{мкм}$ и $R_a = 0,4\text{мкм}$ достигается за счёт предварительного и чистового шлифования.
- 4) Буртик для подшипника выполняется с шероховатостью $R_a = 3,2\text{мкм}$. Все остальные поверхности выполняются с шероховатостью $R_a = 12,5\text{мкм}$, которая получается на черновой токарной операции.
- 5) Требуемая твёрдость 260...285 НВ обеспечивается закалкой на термической операции, проводимой перед отделочной обработкой вала.

СПСНОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х т. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, - 4-е изд., М.: Машиностроение, 1988.
2. Горбачевич А.Ф. и др. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск, Высшая школа, 1975.
3. Технология машиностроения. В 3-х частях: Учебное пособие/ Э.Л. Жуков, И.И.Козарь, Б.Я. Розовский, В.В. Дегтярев, А.М. Соловейчик; Под ред. С.Л. Мурашкина. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999.
4. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Производство заготовок. Учеб. пособие. Серяков Е.И. Изд-во Политехнического университета, 2005.