

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«__» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы (уровень бакалавра)

направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
профиль «Технология машиностроения»

Студент Евдокимов Роман Михайлович гр. ТМбз-1131

1. Тема Разработка установки для холодной правки на основе системы для стабилизации оси маложестких валов

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «» 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовой объем выпуска 500 дет/год, 2 смены

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы

1) Описание исходных данных

2) Проектирование системы холодной правки

3) Технологическая часть работы

4) Проектирование режущего инструмента

5) Описание графической части работы

6) Безопасность и экологичность технического объекта

7) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация

УДК621.9

Аннотация

Евдокимов Р.М. Разработка установки для холодной правки на основе системы для стабилизации оси маложестких валов. Выпускная квалификационная работа. Тольятти, Государственный университет, 2016 год. – 97 с., 8 л. формата А1.

В данной работе разрабатывается система стабилизации оси заготовки типа маложесткий вал с возможностью осуществлять правку заготовки непосредственно на станке.

Применение данной системы иллюстрируется технологическим процессом изготовления маложесткого вала. Для повышения точности обработки в работе предлагается на базе самоцентрирующих люнетов система холодной правки изгибом. Для этого спроектирован усиленный люнет и механизм поперечного смещения люнетов с системой контроля их поперечного положения.

Все обоснования приведены в экономическом разделе.

Содержание.

Введение, цель работы.....	6
1. Описание исходных данных	7
2. Проектирование системы холодной правки.....	26
2.1 Проектирование силового самоцентрирующего люнета.....	26
2.1.1 Расчет усилия правки.....	26
2.1.2 Расчет зажимного приспособления.....	30
2.2 Расчет и проектирование люнета	31
2.3. Разработка системы поперечного смещения люнетов	33
3. Технологическая часть работы.....	38
3.1.Анализ служебного назначения и условий работы детали.....	38
3.2 Классификация поверхностей детали	38
3.3 Выбор типа производства.....	40
3.4. Выбор и проектирование заготовки.....	40
3.4.1 Расчет технологической себестоимости заготовки.	40
3.4.2 Расчет припуска.....	44
3.4.3 Проектирование заготовки.....	48
3.5 Технологический маршрут и разработка схем базирования	48
3.6. Выбор средств технологического оснащения	51
3.7. Разработка технологических операций.	54
3.7.1. Расчет режимов резания	54

3.7.2 Расчет норм времени	62
4. Проектирование режущего инструмента	67
5. Описание графической части работы	69
6. Безопасность и экологичность технического объекта	73
7. Экономическая эффективность работы.....	81
Заключение	85
Список используемой литературы	86
ПРИЛОЖЕНИЕ	89

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

При обработке маложестких валов, особенно работающих на скручивание, основной трудностью является обеспечение и сохранение прямолинейности ее оси. С одной стороны, это связано с ее малой жесткостью. С другой стороны, с большим влиянием остаточных технологических напряжений. Предлагается использовать на современном обрабатывающем центре дополнительно систему холодной поперечной правки для формирования геометрии детали и остаточных напряжений. Одновременно при механической обработке эта система работает для стабилизации оси заготовки.

Для этого необходимо рассмотреть известные технологии и установки для холодной правки изгибом. На основе анализа недостатков существующих решений предложить свою конструкцию. Для этого необходимо спроектировать усиленный самоцентрирующий люнет, а также систему поперечного смещения. Далее показать, как можно использовать установку в реальном техпроцессе.

1. ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

В разделе приведены традиционные и современные способы повышения точности путем изгиба оси заготовки. Также приводится пример с системой стабилизацией оси маложесткого вала, применяемой на переходах точения. После соответствующей модернизации она может использоваться как система правки.

Обзор ведем на основе базы патентных данных.

Первое устройство относится к обработке давлением и связано с оборудованием для правки и упрочнения валов [1].

Эта система правки обеспечивает возможность правки валов, в том числе, из хрупких материалов. Например, может применяться для обработки чугунного коленчатого вала. Повышается качество правки валов с одновременным упрочнением по поверхности.

Схождение инденторов вместе с правящим усилием создает на поверхности обрабатываемого вала напряжения сжатия, которые компенсируют возникающие при правке вала напряжения растяжения. На рис.1.1 дан общий вид, а на рис. 1.2 - разрез А-А на общем виде устройства.

Устройство содержит нажимной выправляющий блок 1 и опорный выправляющий блок 2. Выправляющий блок 1 имеет две боковины 3 и 4, связанные между собой перемычкой 5. Боковины 3, 4 снабжены дугообразными инденторами 6 и 7, взаимодействующими с выправляемым валом 8. Между боковинами 3 и 4 со стороны инденторов 6 и 7 выполнен паз 9. Со стороны противоположной инденторам 6 и 7, на боковинах 3 и 4 выполнены выступы 10 и 11 с площадками 12 и 13 для приложения нагрузки. Между выступами 10 и 11 образована канавка 14 с пазом 15. Центры упомянутых площадок 12 и 13 расположены в плоскости симметрии блока 1, а расстояние L между центрами этих площадок больше расстояния между инденторами 6 и 7. В боковинах 3 и 4 между перемычкой 5 и площадками 12 и 13 выполнены соответственно резьбовое отверстие 16 и цилиндрическое отверстие 17. Сквозь отверстие 17 пропущен болт 18. Резьбовая часть болта 18 может иметь тугое резьбовое соединение с боковиной 3. Между торцом головки 19 болта 18 и наружной

стороной стенки 20 боковины 4 имеется зазор. Опорный блок 2 имеет постель 21, повторяющую форму поверхности выправляемого вала 8. Постель 21 имеет длину меньше чем расстояние между инденторами 6 и 7 блока 1. Блок 2 установлен таким образом, что его постель 21 расположена напротив промежутка между инденторами 6 и 7 блока 1.

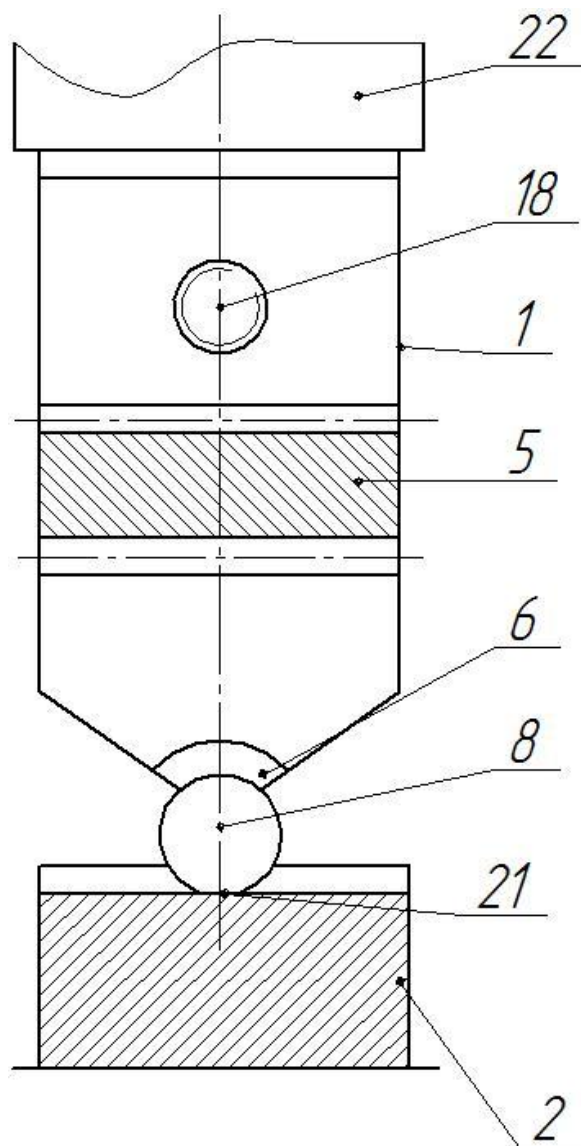


Рис.1.1 Эскиз к а.с. СССР №1834791

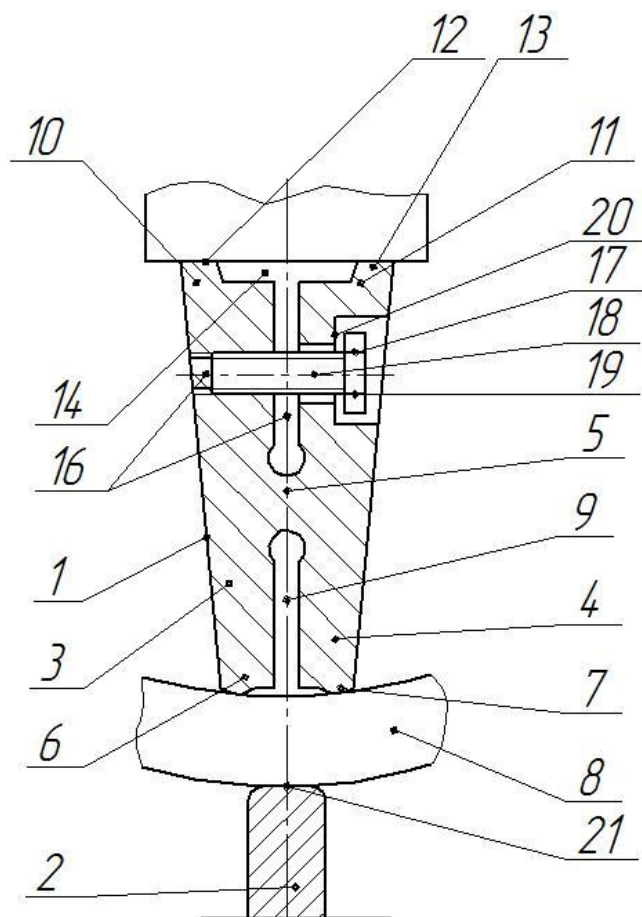


Рис.1.2 Эскиз к а.с. СССР №1834791(вид сбоку)

Устройство работает следующим образом. Изогнутую часть вала 8 устанавливают выпуклой стороной на постель 21 выправляющего блока 2. На противоположную, вогнутую сторону выправляемого участка вала устанавливают инденторы 6 и 7 выправляющего блока 1 таким образом, чтобы постель 21 располагалась между инденторами. К площадкам 12 и 13 блока 1 прикладывают нагрузку P , например от пресса 22. Поскольку расстояние между центрами площадок 12 и 13 больше расстояния между инденторами 6 и 7, в блоке 1 возникает крутящий момент, под действием которого части боковин 3 и 4 блока 1, примыкающие к площадкам 12 и 13, расходятся, а нижние части боковин 3 и 4, на которых размещены инденторы, сближаются. В этом случае усилие в точках контакта каждого индентора с валом раскладывается на вертикальную и горизонтальную составляющие. Горизонтальная составляющая выправляющего усилия направлена к середине выправляемого участка вала и вызывает сжатие его поверхности между инденторами. На поверхность выправляемого участка вала действует выправляющее усилие, а также усилие

сжатия, которое компенсирует напряжение растяжения, возникающее на поверхности вала, обращенной к инденторам. Упор в виде болта, ввернутого в боковину 3, препятствует чрезмерному расхождению боковин 3 и 4. Наружная сторона стенки 20 боковины 4 после выбора зазора S контактирует с торцом головки 19 болта 18, ограничивая расхождение боковин 3 и 4. Регулирование зазора S производится путем поворота болта, который ввертывается в резьбовое отверстие вначале до упора головки болта о стенку боковины, а затем поворачивается в обратную сторону на определенный угол. Таким образом, применение описываемого устройства позволяет улучшить качество правки вала с одновременным упрочнением поверхности шейки вала.

Следующее устройство представлено на рис. 1.3 - 1.5 [2].

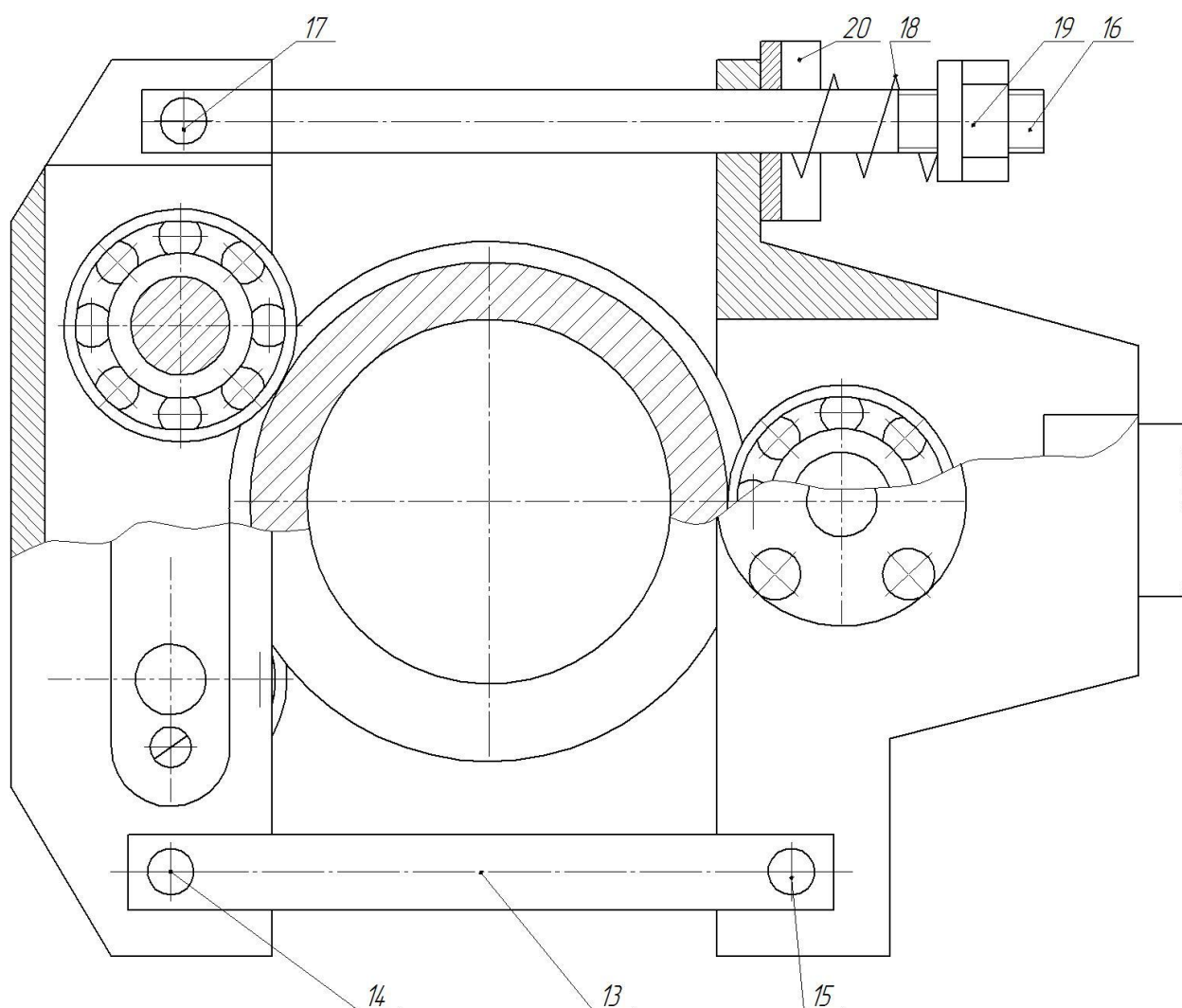


Рис.1.3 Вид сбоку правящего ролика по а.с.№1682149

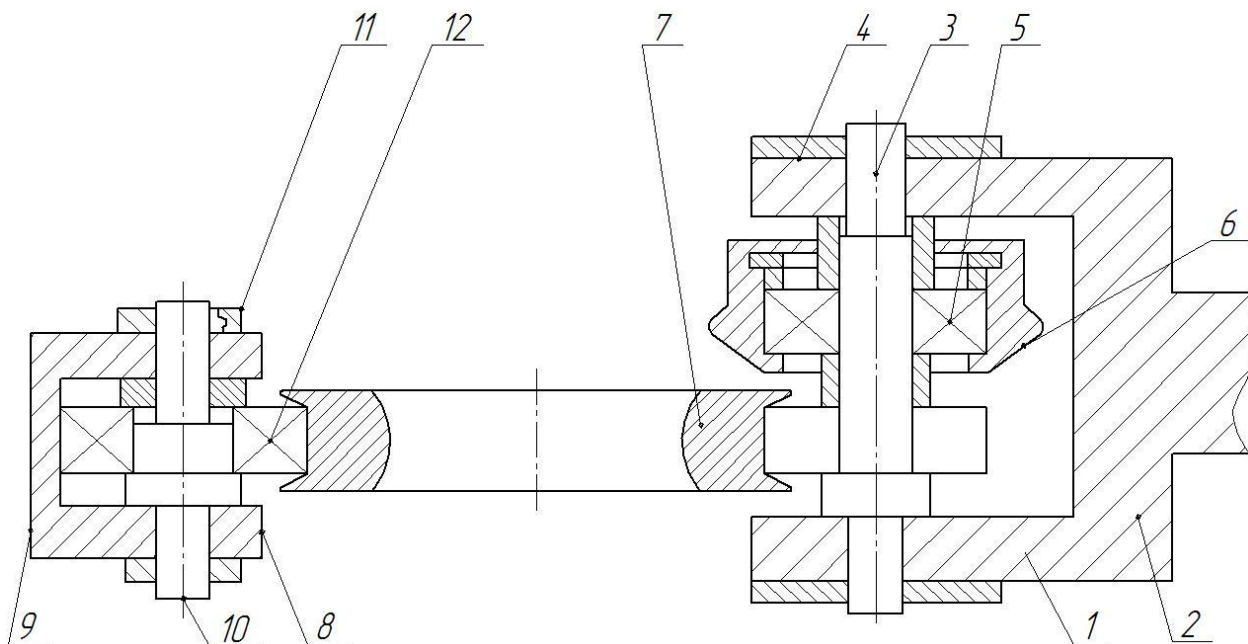


Рис.1.4 правящее кольцо в разрезе по а.с. СССР №1682149

Следующее устройство может использоваться для обработки валов с прямолинейной образующей, с одновременным накатыванием.

Основная цель - повысить качество правки. При обработке устройство устанавливается так, чтобы опорное кольцо 7 всегда было обращено в сторону сечения обрабатываемого вала с наибольшим прогибом.

Данное устройство может быть использовано в любой отрасли машино- и приборостроения для правки деталей типа вала, имеющих прямолинейную образующую.

На рис. 1.3 изображено предлагаемое устройство, на рис.1.4 - разрез А-А, на рис. 1.5 - схема обработки детали с помощью устройства в осевом сечении детали.

В пазы 1 корпуса 2 установлена ось 3, зафиксированная кольцами 4. На ось 3 напрессованы подшипники 5, на одном из которых смонтирован правящий ролик 6, а на другой опирается опорное кольцо 7. Касательная к выпуклым радиусным рабочим профилям ролика 6 и кольца 7, лежащая в основной плоскости со стороны детали, параллельна их осям. В пазы 8 траверсы 9 установлены две оси 10, зафиксированные кольцами 11. На осях 10 напрессованы два подшипника 12, поддерживающие кольцо 7.

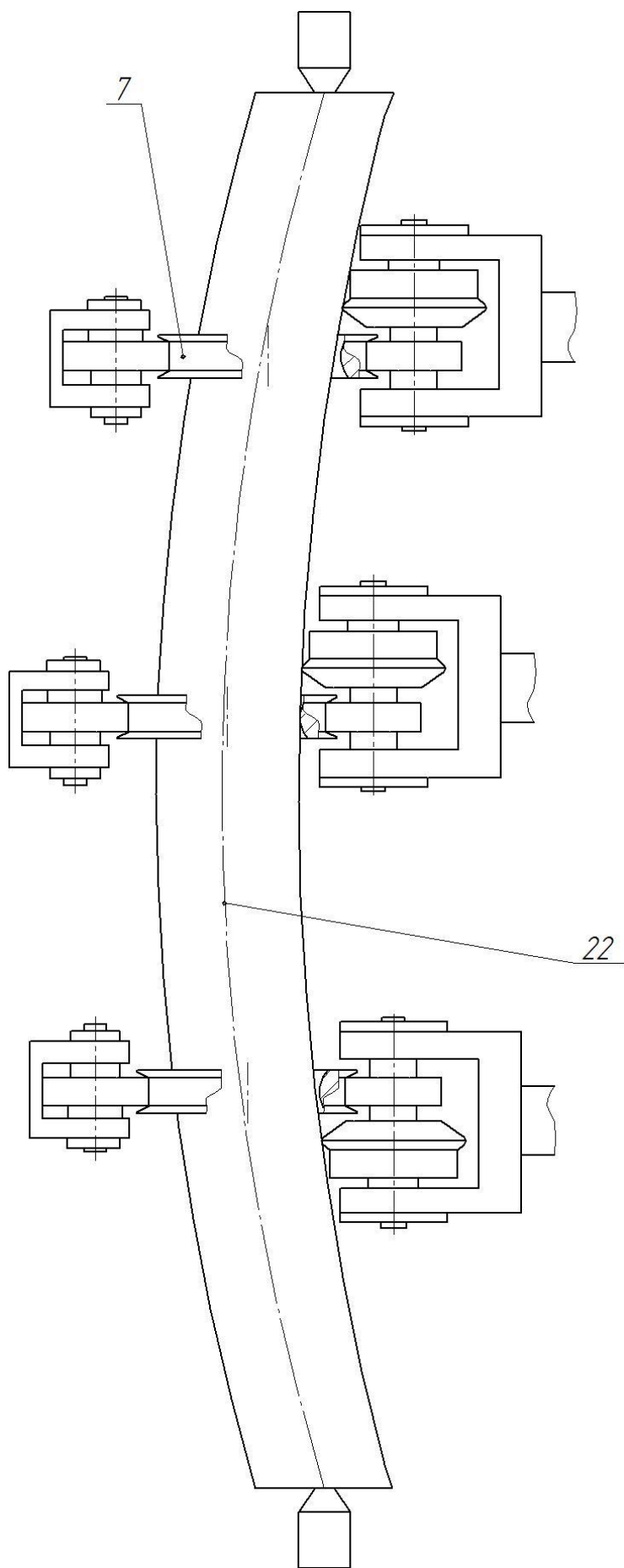


Рис.1.5 Схема правки по а.с. №1682149

Радиус рабочего профиля правящего ролика 6 меньше радиуса рабочего профиля кольца 7, образованного на внутренней поверхности кольца.

В нижних пазах корпуса 2 и траверсы 9 смонтирована планка 13 с отверстиями, в которых размещены оси 14 и 15. В верхних пазах корпуса 2 и траверсы 9 установлены откидной болт 16, в отверстии которого размещена ось 17.

Таким образом, кольцо 7 опирается на три подшипника (5 и 12), а пружина 18 через гайку 19 и фигурную шайбу 20 осуществляет силовое замыкание устройства. Устройство с помощью цилиндрического хвостовика 21 расположено в накатном приспособлении, имеющем нагружающий элемент пониженной жесткости, например пружину.

Устройство устанавливают в верхнее положение (рис. 1.5) так, чтобы опорное кольцо 7 было обращено в сторону сечения обрабатываемой детали 22 с наибольшим прогибом. При этом касательная должна быть параллельна образующей детали 22. Деталь 22 продевают сквозь кольцо 7 и устанавливают в центрах станка. Или левый конец - в патрон станка, а правый поджимают центром задней бабки. Детали 22 сообщают вращение, а устройство нагружают усилием P и сообщают ему осевую подачу S до тех пор, пока оно не переместится в среднее положение. Останавливают процесс. С помощью фигурной шайбы 20 сжимают пружину 18 и откидывают откидной болт 16, траверсу 9 и планки 13. Поворачивают головку на 180° вокруг оси хвостовика 21.

С помощью фигурной шайбы 20 сжимают пружину 18 и осуществляют силовое замыкание устройства так, чтобы опорное кольцо 7 оказалось между тремя подшипниками. Включают вращение детали 22 и осевую подачу, перемещая устройство из среднего положения в нижнее положение.

При вращении детали 22 в контакт с ее вогнутой поверхностью всегда вступает только правящий ролик 6, а с выпуклой поверхностью - только опорное кольцо 7. Так как они имеют различные конфигурации и радиусы рабочих профилей, степень пластической деформации при постоянном усилии P на вогнутой и выпуклой поверхностях детали 22 различна. В результате

протекает процесс правки, который автоматически прекращается при достижении прямолинейности оси вала, и далее происходит просто накатывание поверхности.

Как показали эксперименты, чем больше радиус рабочего профиля опорного кольца и меньше его внутренний диаметр, тем больше коэффициент K ,

$$K = \frac{a_1}{a_2}, \quad (1.1)$$

где a_1 - глубина наклепа на вогнутой поверхности, мм;

a_2 - глубина наклепа на выпуклой поверхности, мм.

А чем больше коэффициент K ($K=1,24-1,88$), тем больше эффективность процесса правки.

После того как в процессе обработки ось вала становится прямолинейной, оба ролика (опорный и правящий) равномерно обкатывают поверхность вала и процесс правки автоматически прекращается. Так как усилие накатывания в этом случае распределяется на оба ролика поровну, глубина наклепа при этом уменьшается.

Далее рассматривается способ холодной правки нежестких деталей типа валов [3]. Данное устройство относится к обработке металлов давлением, а именно к способам правки нежестких деталей типа валов. Цель - повышение качества правки за счет уменьшения области большей степени наклепа. На рис.1.6, 1.7 изображены схемы способа последовательной правки вала по участкам. Способ правки нежестких деталей типа валов заключается в поверхностном пластическом деформировании вала 1 путем обкатки его роликом 2, наружный диаметр которого равен диаметру вала, а рабочая поверхность образована двумя диаметрами, расположенными сопряженными участками, имеющими профиль различной кривизны. Большая степень деформации при этом возникает на вогнутой поверхности вала за счет обкатки его участком ролика 2 с профилем большей кривизны. Обрабатываемые

заготовки предварительно делят по длине вала на m участков и осуществляют реверсирование направления вращения вала 1 при обработке каждого последующего участка, обеспечивая постоянное направление подачи.

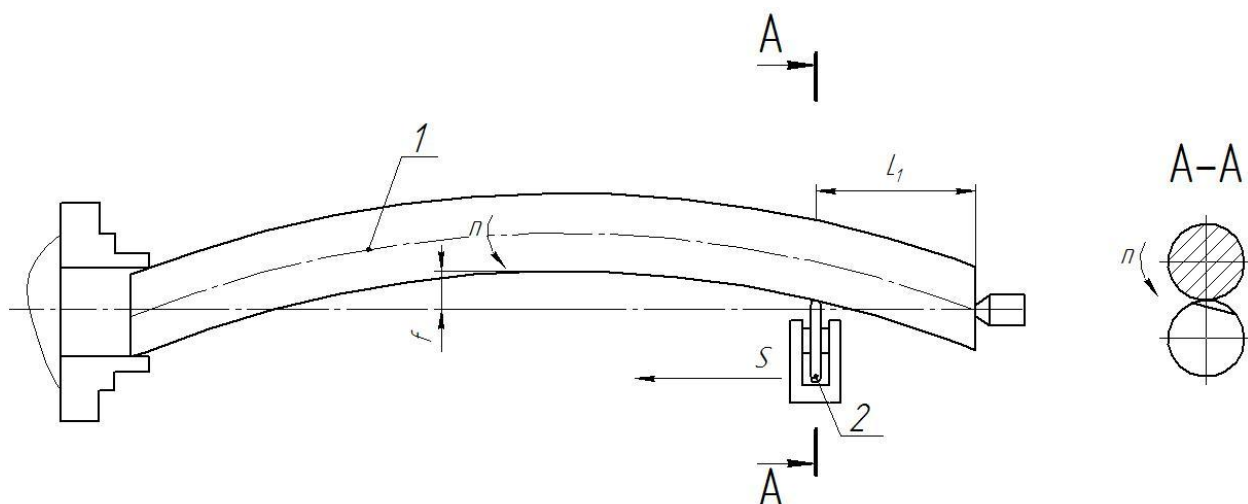


Рис.1.6. Схема правки по а.с. №1516171

На рис. 1.6, 1.7 показан принцип осуществления способа. Ролик 2 проходит с подачей S первый участок L_1 . Вал имеет направление вращения n . На рис.1.7 ролик 2 с подачей S проходит второй участок вала. При этом вал имеет обратное направление вращения. Далее на рис. 1.7 ролик 2 с подачей S проходит третий участок. При этом вал имеет направление вращения как на первом участке.

Способ реализуется следующим образом. Производят измерения фактических размеров диаметров валов 1 в партии. Для измеренных диаметров и с учетом подачи определяют величину обрабатываемых участков.

Правку вала 1, имеющего стрелу прогиба f , производят при постоянном усилии P на ролик 2. При этом обкатывание необходимо начинать при таком положении ролика 2, когда середина деформирующего участка с профилем большей кривизны контактирует с точкой на вогнутой поверхности вала 1 в плоскости наибольшего прогиба. После обработки каждого последующего участка вала 1 осуществляют реверсирование направления вращения вала.

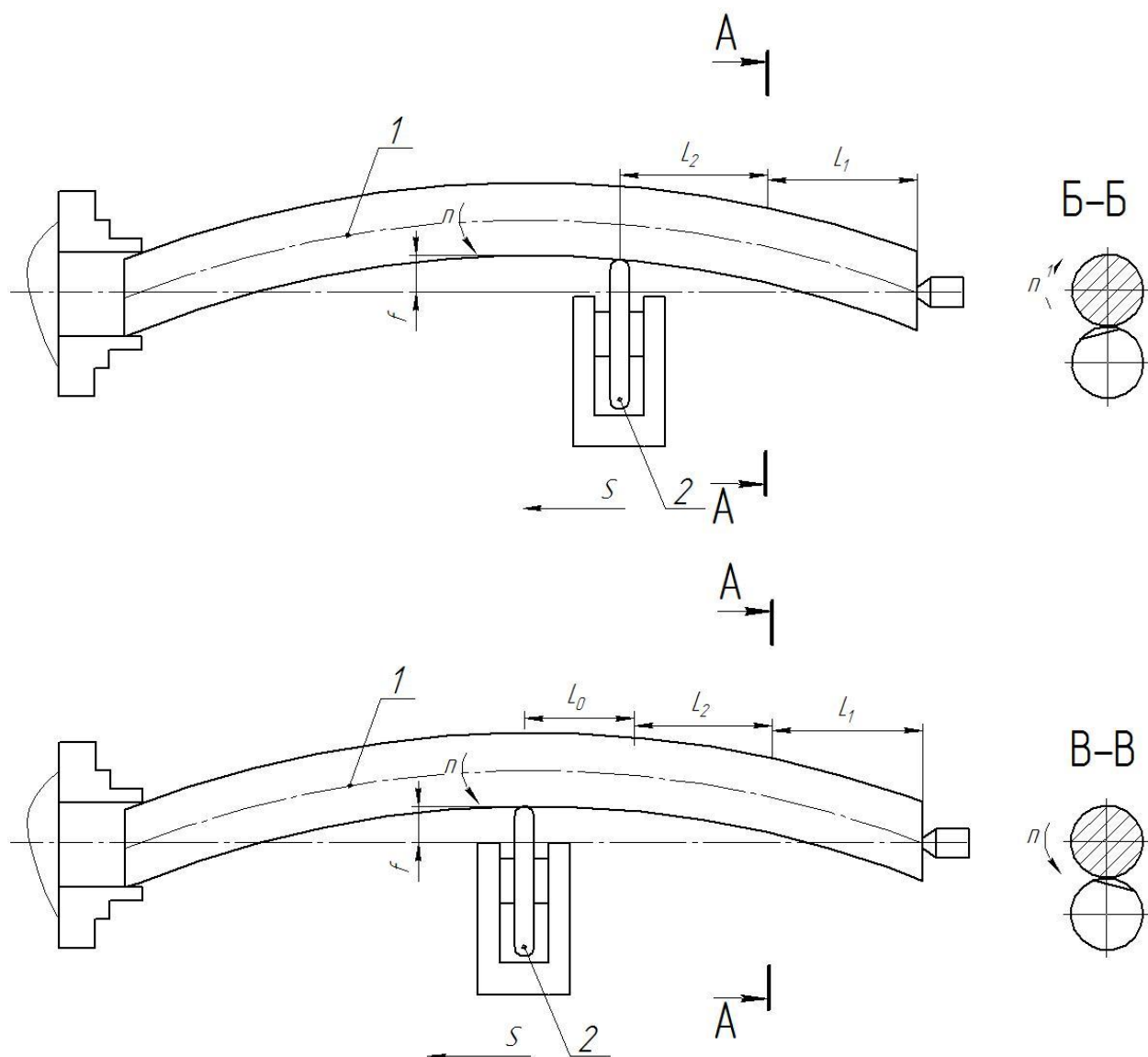


Рис.1.7. Схема правки по а.с. №1516171

Благодаря различной кривизне контактных поверхностей на разных участках ролика 2 обрабатываемый вал 1 получает различную по окружности степень поверхностей пластической деформации. Происходит симметричное относительно плоскости наибольшего прогиба распределение наибольшей степени поверхностной пластической деформации на вогнутой поверхности вала.

Следующее устройство [4] используется для комбинированной обработки наружных цилиндрических поверхностей деталей типа вала. Цель - повышение качества обработки за счет создания большей степени деформации на выпуклой поверхности вала, расширение технологических возможностей за счет увеличения диапазона диаметров обрабатываемых валов. На рис.1.8 показан

принцип осуществления способа, а на рис.1.9 - конструкция ролика. Обработку ведут роликами, оси которых параллельны оси центров станка, с постоянным усилием. Обработка проходит от концов вала к месту наибольшего изгиба вала или наоборот. Причем на каждом ролике выполнены два профиля с радиусами $R=(0,07-0,1)d$ и $r=(0,01-0,03)d$, где d - диаметр ролика. Эти соотношения выбраны в связи с тем, что накатывание профилем с радиусом, большим R , не дает эффекта упрочнения, а накатывание профилем с радиусом, меньшим r , приводит к повреждению вала. При вращении вала с его вогнутой поверхностью будет всегда контактировать профиль малого радиуса, а с выпуклой поверхностью - профиль большего радиуса. И тот и другой профили осуществляют эффективное упрочнение поверхности. Однако профиль малого радиуса обеспечивает более интенсивную пластическую деформацию. В связи с этим одновременно с накатыванием протекает процесс правки, причем процесс правки идет строго в плоскости изгиба вала. Технология правки упрощается, так как отпадает необходимость постоянно следить за изменяющимся прогибом вала, ибо при достижении прямолинейности оси вала процесс правки прекращается автоматически. Это происходит потому, что в контакт с обрабатываемой поверхностью вступают оба профиля и обрабатывают шейку вала равномерно со всех сторон.

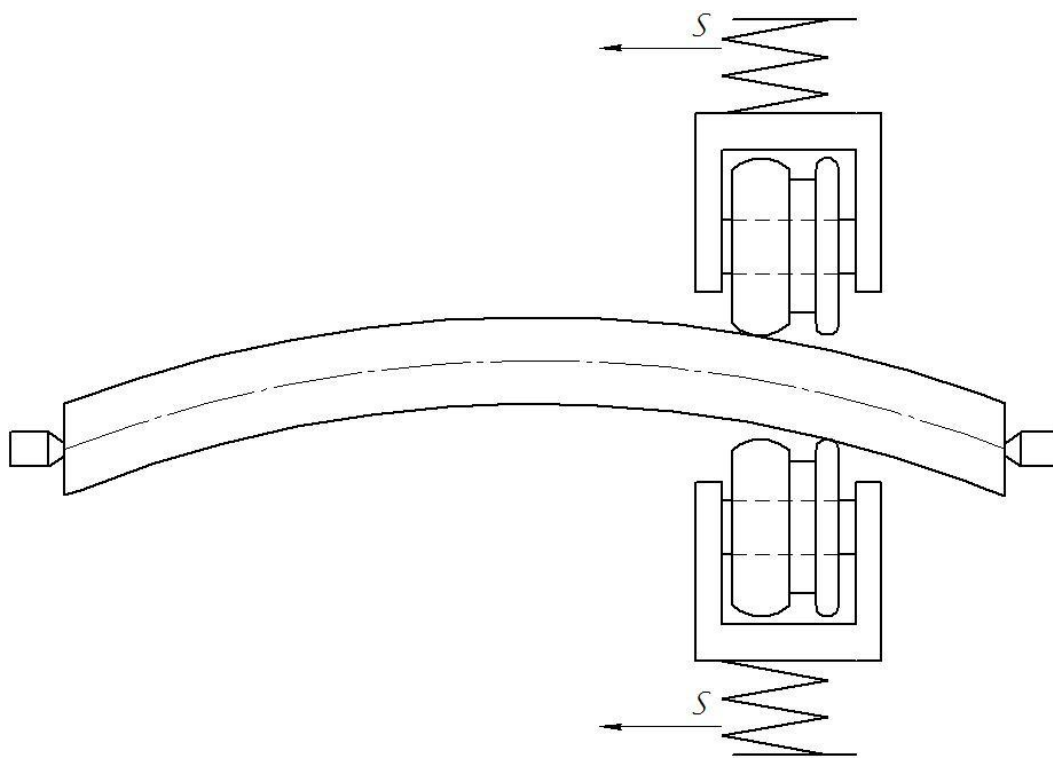


Рис.1.8 Схема правки по а.с. №1504071

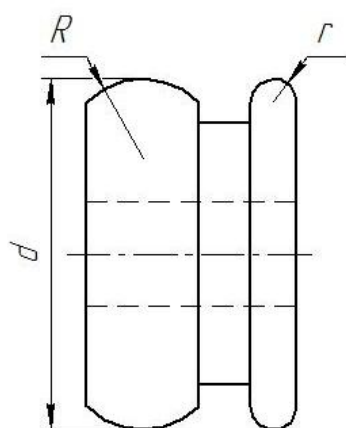


Рис.1.9 Форма ролика по а.с. №1504071

Обработка может вести одним или несколькими роликами одновременно. Они располагаются равномерно по периметру вала. Каждый ролик нагружается индивидуально упругим элементом, например, пружиной. В этом случае усилие накатывания не передается на подшипники шпинделя. Положение роликов в начале процесса должно соответствовать рис. 1.8.

Предлагаемый способ позволяет обеспечить процесс упрочнения всей обрабатываемой поверхности вала, а также расширить диапазон размеров обрабатываемых валов.

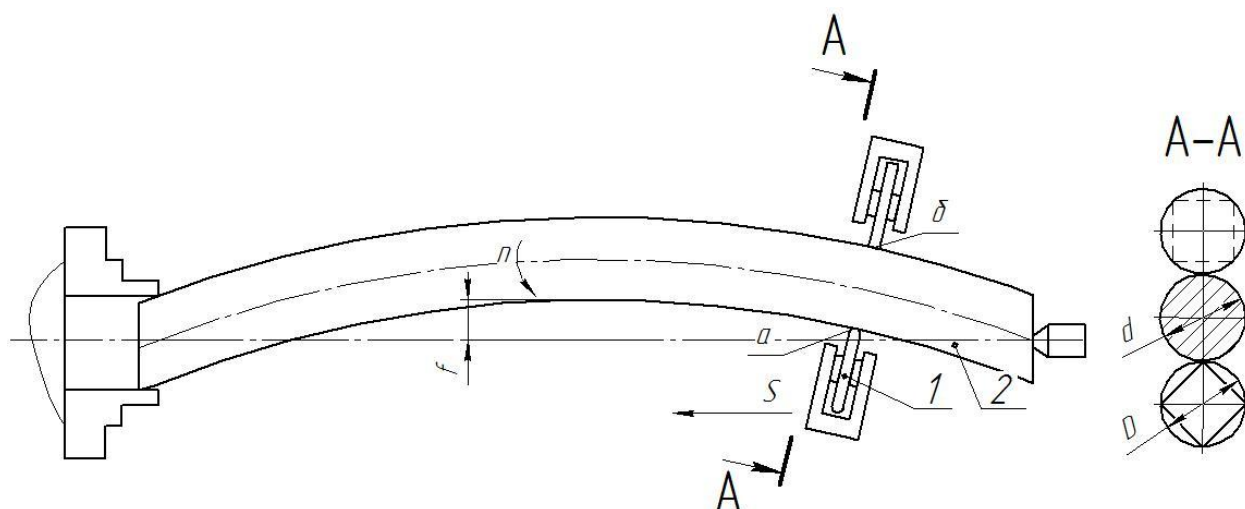


Рис.1.10 Схема правки по а.с.№ 1532120

Следующее устройство [5] относится к обработке металлов давлением, а именно к способам правки нежестких деталей типа вал. Цель - повышение качества правки за счет уменьшения области смещения большей степени наклепа. На рис.1.10 показан вариант осуществления способа, когда диаметр D ролика 1 в четыре раза больше d вала 2.

Способ заключается в поверхностном пластическом деформировании вала постоянным усилием участками ролика с профилем различной кривизны. При создании большей степени пластической деформации на вогнутой поверхности вала участком ролика с профилем большей кривизны. При этом обкатку осуществляют роликом, наружный диаметр которого в целое число раз больше диаметра вала, а рабочая поверхность ролика образована равномерно расположенными по окружности, сопряженными между собой и чередующимися участками с профилем большей и меньшей кривизны, количество которых соответственно равно отношению диаметров ролика и вала. Достижение положительного эффекта объясняется следующим. При расхождении наружного диаметра ролика с диаметрами вала, например, на 0,02% диаметра вала отставание (опережение) ролика будет происходить после n оборотов вала и составит $(0,072^0/n)$. При длине вала 1000 мм и подаче 0,25 мм/об, когда будет обработана половина детали (ролик контактирует с валом в месте наибольшего прогиба) отставание (опережение) ролика составит

($144^0/n2$). Таким образом, предлагаемый способ по сравнению с известным способом, при прочих равных условиях позволяет увеличить точность распределения большей степени деформации на вогнутой поверхности вала в n раз. Ролик 1 имеет четыре деформирующих участка a с профилем большей кривизны и четыре деформирующих участка b с профилем меньшей кривизны. Штрих - пунктирной линией показано условное положение ролика 1, когда один из его участков b с профилем меньшей кривизны контактирует с выпуклой стороной вала 2.

Способ реализуют следующим образом. Правку вала 2, имеющего стрелу прогиба f , производят при постоянном усилии P на ролик 1 с подачей S . Причем обкатку необходимо начинать при таком положении ролика 1, когда середина одного из участков a с профилем большей кривизны контактирует с точкой на вогнутой поверхности вала 2 в плоскости наибольшего прогиба. Благодаря различной кривизне контактных поверхностей на разных участках a и b ролика 1 обрабатываемый вал 2 получает различную по окружности степень поверхностной пластической деформации. Ввиду того, что ролик 1 имеет диаметр в целое число раз больше, чем диаметр вала и соответствующее количество участков a с профилем большей кривизны, наибольшая степень поверхностной деформации при каждом обороте вала 2 приходится на вогнутую поверхность. Длину дуги каждого участка a с профилем большей кривизны устанавливают величиной не больше $\pi D/2n$. При больших усилиях накатывания правку целесообразно вести несколькими роликами, что позволит уравновесить действующие на вал силы. При этом в начале обкатки деформирующие участки роликов должны занимать соответствующее кривизне вала положение. Применение предлагаемого способа позволяет увеличить стойкость ролика, так как при прочих равных условиях ролик совершит в n раз меньше оборотов, чем ролик обычного правящего ролика.

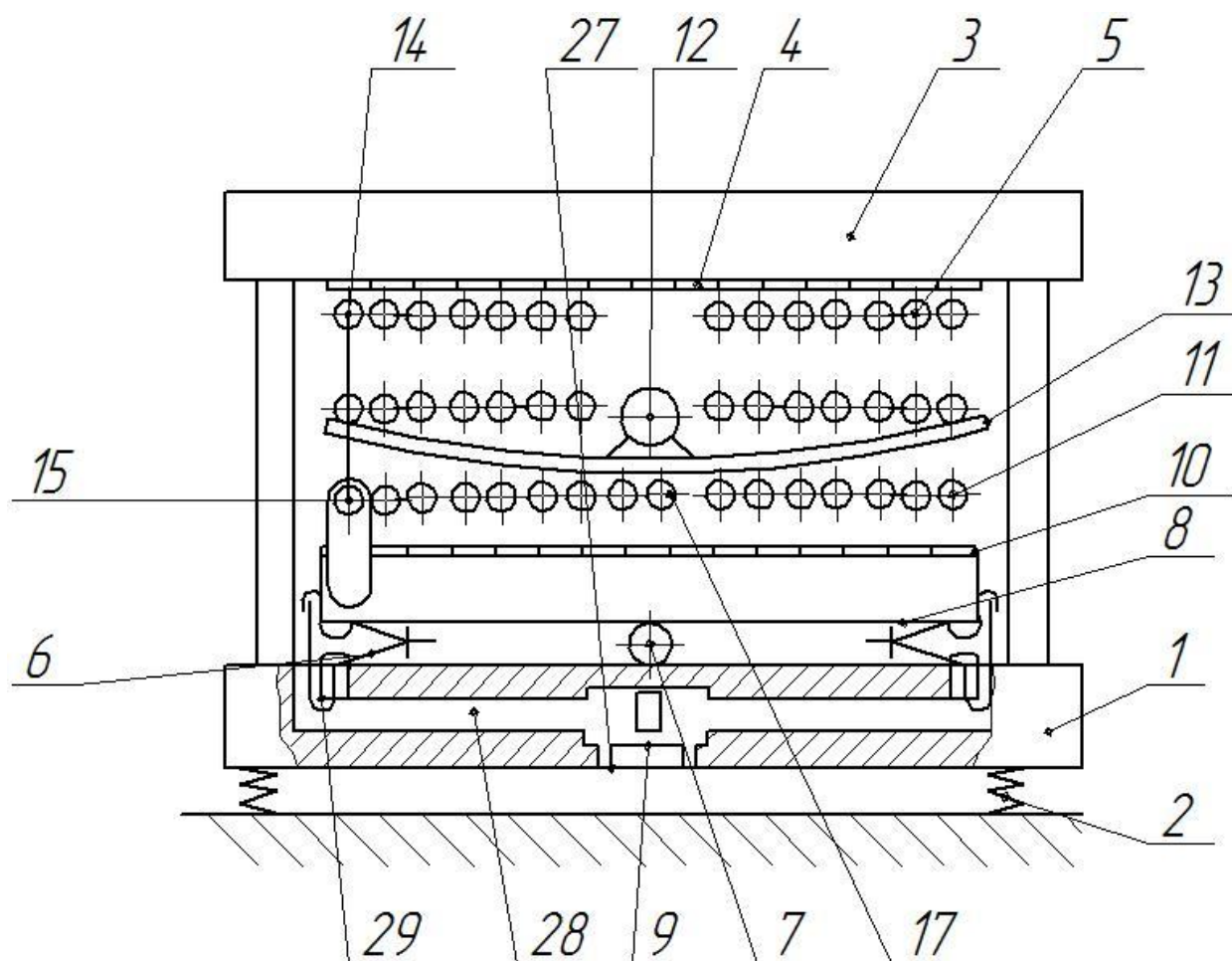


Рис.1.11 Схема устройства по а. с.№ 1792764

Следующее устройство [6] относится к обработке металлов давлением и может быть использовано при правке деталей или их гибке.

Цель - повышение качества правки и производительности. На рис.1.11 изображено устройство во время замера величины прогиба детали, общий вид.

Плита 1 установлена на амортизаторах 2. На плите неподвижно смонтирована рама 3 с закрепленными на ней в ряд гидроцилиндрами 4 с подвижными роликами 5. Кроме того, на плите 1 с помощью упругих элементов, например торсионов 6 и опорного валка 7, установлена каретка 8, снабженная приводом 9 перемещения. На каретке 8 также закреплены в ряд гидроцилиндры 10 с подвижными роликами 11. Вибратор 12 устанавливается непосредственно на обрабатываемой детали 13, которую располагают симметрично относительно опорного валка 7. Крайние ролики верхнего ряда обозначены позицией 14, крайние ролики нижнего ряда - позицией 15. Гидроцилиндры 10 электрически связаны с системой контроля и управления.

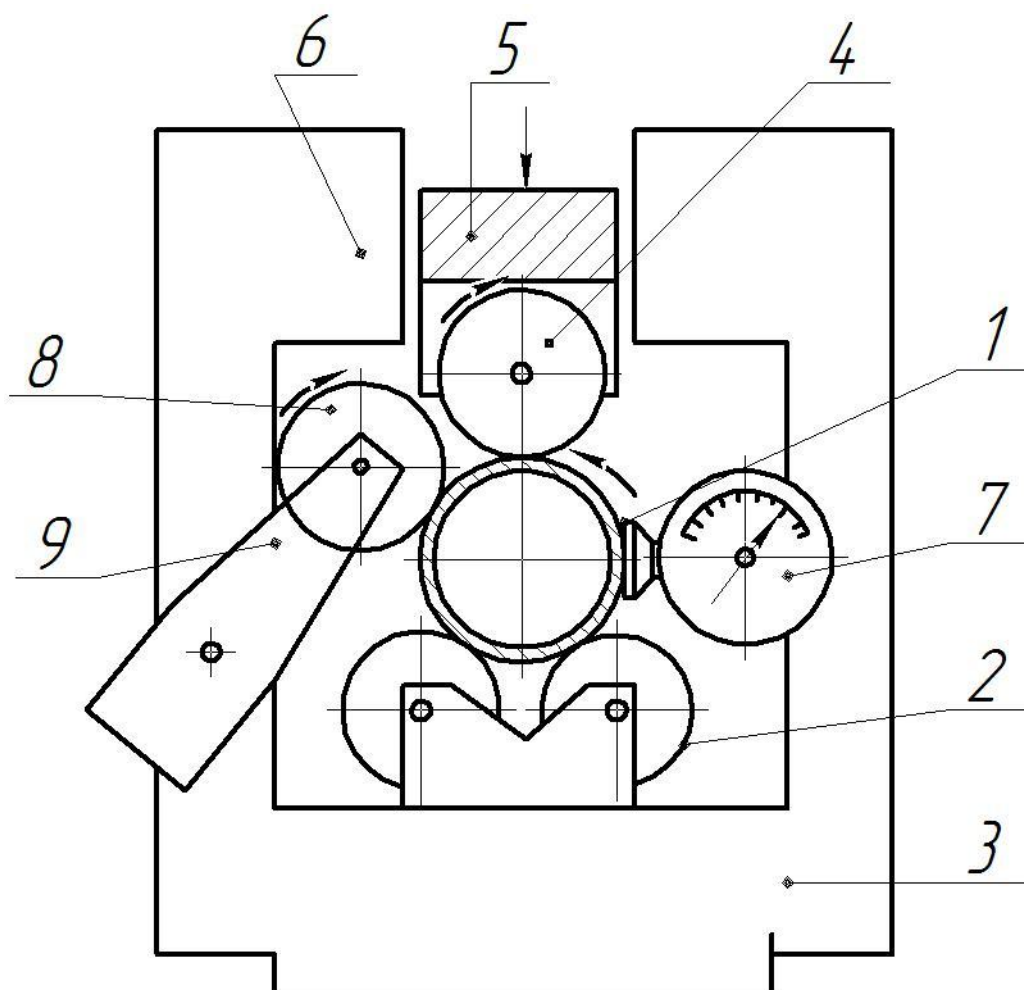
Средний ролик 17 нижнего ряда является задающим для расчета величин перемещения остальных роликов нижнего ряда. Каждый гидроцилиндр соединен с гидросистемой. Привод 9 каретки 8 выполнен в виде гидроцилиндра с двухсторонним штоком 27, концы которого посредством гибких органов, например канатов 2, через направляющие блоки 29 связаны с кареткой 8. Гидроцилиндры 10 нижнего ряда, кроме того, оснащены зубчатыми рейками. Гидроцилиндрами 4 опускают ролики 5 до соприкосновения крайних роликов 14 с деталью 13. Затем поднимают крайние ролики 15 из нижнего ряда роликов 11 также до соприкосновения с деталью 13. После этого посредством системы контроля и управления 16 определяют величину хода роликов 15, соответствующую величине кривизны детали 13. Ролики 15 опускают в исходную позицию, прижимают деталь 13 роликами 5 к роликам 11 до полного выдавливания и включают вибратор 12, подвергая деталь виброобработке. После виброобработки ролики 5 поднимают и определяют остаточную кривизну детали 13 в том же порядке, как описано выше. Затем с помощью системы контроля в зависимости от материала определяют величину упругого противопрогиба детали 13, который необходимо создать для компенсации остаточной кривизны в заневоленном состоянии детали с виброобработкой и одновременной обработкой. На величину упругого противопрогиба поднимают средний ролик 17 нижнего ряда роликов 11. Оставляя крайние ролики 15 на исходных позициях, остальные ролики 11 нижнего ряда поднимают симметрично относительно ролика 17 на величину, определенную системой контроля и управления, устанавливая центры роликов нижнего ряда по дуге окружности в вертикальной плоскости. Роликами 5 верхнего ряда прижимают деталь к выставленным роликам 11, заневоливая её, а затем включают привод 9 перемещения каретки 8 и вибратор 12, обеспечивая обкатку и виброобработку детали. За счет обкатки снижается величина упругого противопрогиба и время виброобработки,

Устройство относится к обработке металлов давлением и может быть использовано в машиностроении и металлургии для правки осесимметричных заготовок. Цель - повышение качества правки с одновременным увеличением

производительности, После установки изделия 1 на ролики 2 на него воздействуют вращающимся роликом 4. При этом непрерывно измеряют мощность, потребную для вращения на каждом его обороте, и при достижении амплитудной мощности 5-10% от ее максимального значения снимают нагрузку ролика 4 [7]. На рис. 1.12 изображена схема правки.

Изделие 1 устанавливают на опорах - свободно вращающихся поддерживающих роликах 2, размещенных на станине 3 по обе стороны от правильного инструмента - нажимного ролика 4. в плоскости которого изображена схема. Нажимной ролик 4, расположенный между двумя парами роликов 2, имеет привод вращения и установлен на ползуне 5, перемещающемся по направляющим 6 станины 3. Деформацию изделия 1 можно замерять датчиком 7 перемещения. Изделие поджимают роликом 8, снабженным приводом вращения и откидывающимся на рычаге 9. Ролик 8, устанавливаемый вблизи одной из групп поддерживающих роликов 2, служит для обеспечения вращения изделия 1 при малых значениях усилия правки или если нажимной ролик 4 выведен из соприкосновения с изделием 1. Ролик 8 может иметь меньшую окружную скорость, чем ролик 4, или такую же и приводиться во вращение через механизм свободного хода, позволяющий выравнивать указанные скорости. Перед началом правки поддерживающие ролики устанавливают на некотором расстоянии друг от друга, обеспечивающем вращение изделия. Установив изделие, его вращают вокруг оси, включив привод вращения нажимного ролика 4 и установив скорость перемещения нажимного ролика таким образом, чтобы его сближение с осью изделия за один оборот последнего было близко к величине допустимой остаточной не прямолинейности оси изделия после правки. Перемещая нажимной ролик 4 перпендикулярно оси изделия, увеличивают прогиб изделия в направлении воздействия. Непрерывно измеряют величину мощности привода вращения нажимного ролика 4, потребную для устойчивого вращения изделия вокруг оси. По измеренным значениям для каждого оборота изделия определяют амплитуду изменения мощности и максимальное достигнутое значение на каждом обороте и вычисляют отношение указанных величин.

Если завершить правку, как только относительная величина амплитуды изменения мощности достигнет 5-10 % , то остаточная непрямолинейность оси трубы будет в пределах 0,05-0,1 мм, что соответствует предъявляемым требованиям. Вне указанного интервала соотношений амплитуды изменения и максимальной достигнутой мощности привода, потребной для вращения изделия, требуемое качество правки не обеспечивается.



В результате обзора систем и технологий правки маложестких валов выявлено техническое решение, связанное с повышением эффективности холодной правки, которое заключается в одновременном приложении

правлящего усилия с выполнением поверхностной пластической деформации. Это позволяет снизить усилие правки, автоматизировать процесс обработки, провести упрочнение валов.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ХОЛОДНОЙ ПРАВКИ

2.1 Проектирование силового самоцентрирующего люнета

2.1.1 Расчет усилия правки

Остаточные напряжения - это напряжения, существующие в детали при отсутствии внешних воздействий, и силовых и температурных. Эти напряжения остаются в деталях после их изготовления.

Остаточные напряжения условно делят на макронапряжения и микронапряжения. Если в пределах отдельных зерен материала напряжения меняются не существенно, то они относятся к макронапряжениям. Обычные напряжения от внешних нагрузок относятся к макронапряжениям [21].

Микронапряжения резко изменяются в пределах зерна. При оценке влияния остаточных напряжений на прочность и деформации деталей учитывается действие макроскопических напряжений.

В дальнейшем рассматриваются макронапряжения - обычные остаточные напряжения.

Образование остаточных напряжений при различных технологических процессах происходит различным образом. В основе их возникновения обычно лежат необратимые объемные изменения в материале.

Типичным процессом является возникновение остаточных технологических напряжений в результате поверхностной пластической деформации. Эта деформация получается при нагревании или охлаждении тела. Но в основном при действии поперечных сил, изгибающих деталь, или воздействующих локально на поверхность заготовки.

Основные физико-механические свойства сталей и сплавов определяются из испытаний образцов на растяжение. В ходе таких испытаний определяется зависимость между напряжениями растяжения σ и относительной деформацией ϵ . Кривая деформирования показана на рис. 2.1 [8]. Первый участок кривой соответствует линейной упругой зависимости

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = E, \quad (2.1)$$

где E – модуль упругости материала, МПа;

α – угол наклона участка кривой деформирования.

Дальше возникают не только упругие, но и пластические или остаточные деформации. При напряжении, равном пределу текучести материала $\sigma_{0.2}$ составляют 0,2%.

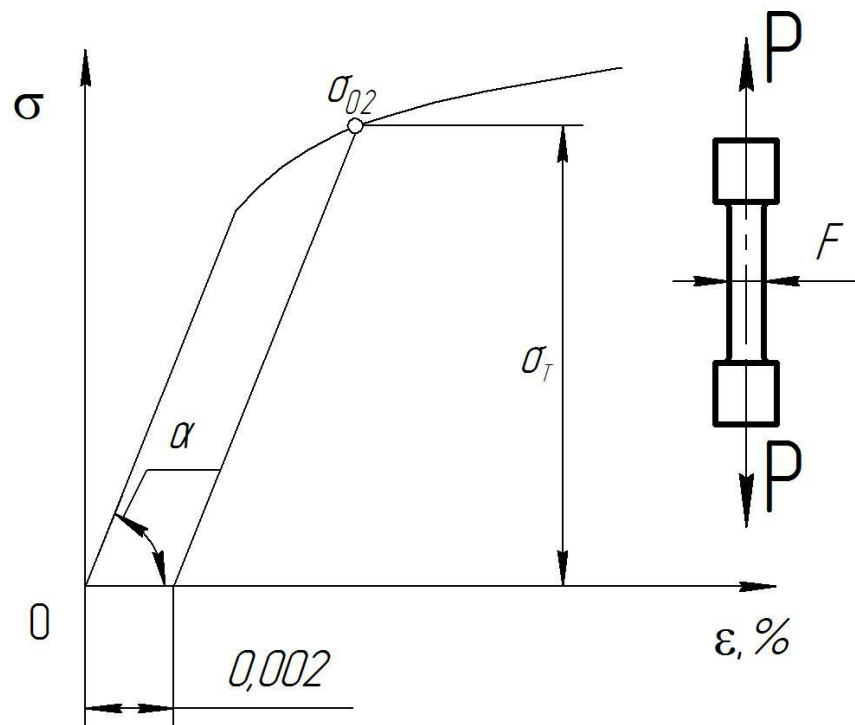


Рис. 2.1. Кривая деформирования для конструкционных материалов.

Уравнение кривой деформирования можно записать в следующем виде:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + 0,002 \left(\frac{\sigma}{\sigma_{0.2}} \right)^n, \quad (2.2)$$

где n определяется из условия, что кривая проходит через точку,

соответствующую пределу прочности материала σ_B . Обычно значения n лежат в пределах от 4 до 15.

Для расчетов используются упрощенные кривые деформирования, показанные на рис. 2.2.

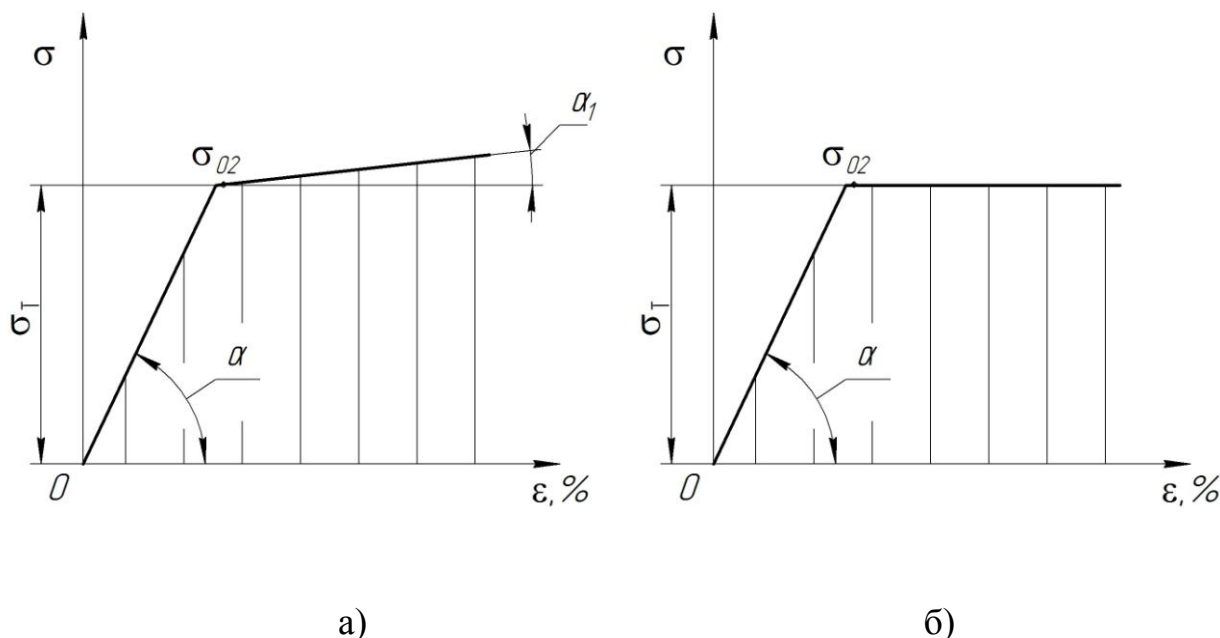


Рис. 2.2. Упрощенные кривые деформирования: *а* – кривая без упрочнения, *б* – кривая с линейным упрочнением.

Кривая без упрочнения (рис. 2.2. а) подходит для описания малых пластических деформаций материалов, имеющих площадку текучести. Это, например, наблюдается у малоуглеродистых сталей.

Кривая с линейным упрочнением даст лучшее приближение к действительной кривой деформирования.

На втором участке этой кривой зависимость

$$\frac{d\sigma}{d\epsilon} = \operatorname{tg} \alpha_1 = E'. \quad (2.3)$$

Модуль упрочнения E' обычно значительно меньше модуля упругости и лежит в пределах

$$E' \approx 0,01 \div 0,05 E.$$

Для выхода за предел текучести на поверхности вала необходимо приложить определенное усилие. Оно зависит от материала вала, его размеров, а также пролета между опорами и положения места приложения усилия. Схема нагружения показана на рис. 2.3. Размер вала максимальный: диаметр 55 мм, общая длина 864 мм. Пролет составляет минимум три диаметра, т.е. 150 мм. Материал пружинно-рессорная конструкционная сталь 50ХФА прокат ГОСТ 14959-79, и кованые заготовки ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70. Свойства приведены в таблице 2.1 [8].

Таблица 2.1 - Физико-механические свойства стали 50ХФА

Термообработка, состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	ψ_5 , %	KCU, Дж/м ²	HRC ₃
Закалка 850 °С, масло, отпуск 470 °С.	Образцы	1080	1270	8		
Поковки. Закалка. Отпуск	100-300	685	835	12	49	
Пружины. Закалка 840-860 °С. Отпуск 420-450 °С, воздух.	15	1270	1470	12		44-49
Изотермический отжиг		350	650	20		
Сфероидизирующий отпуск		350	570	22		

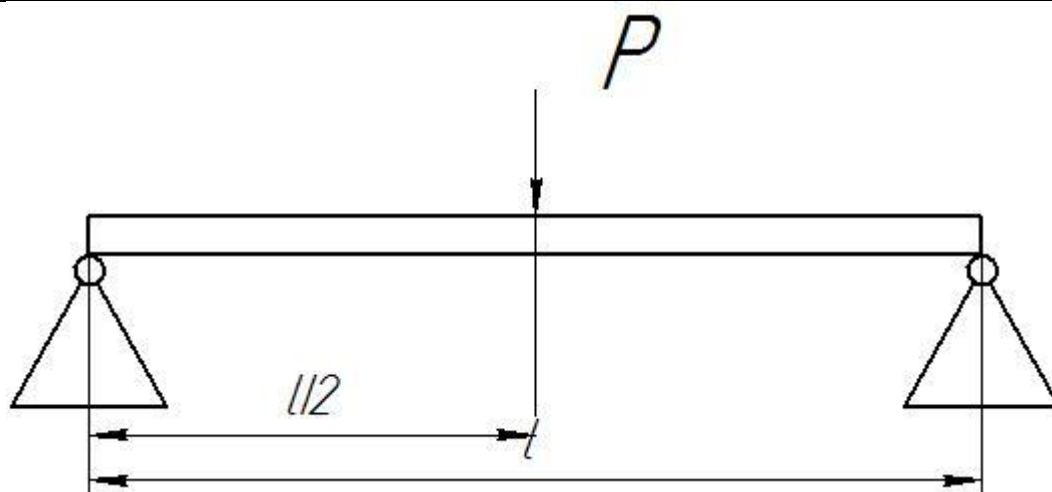


Рис.2.3 Схема правки

2.1.2 Расчет зажимного приспособления

При изгибе максимальные напряжения σ_{max} , рассчитываются по формуле [28]

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x}, \quad (2.4)$$

Где M_{max} - максимальный изгибающий момент. Нм;

W_x - момент сопротивления, $м^3$.

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32} \quad (2.5)$$

Где d – диаметр вала, м.

График для зависимости усилия правки P от длины пролета l приведен на рис. 2.4.

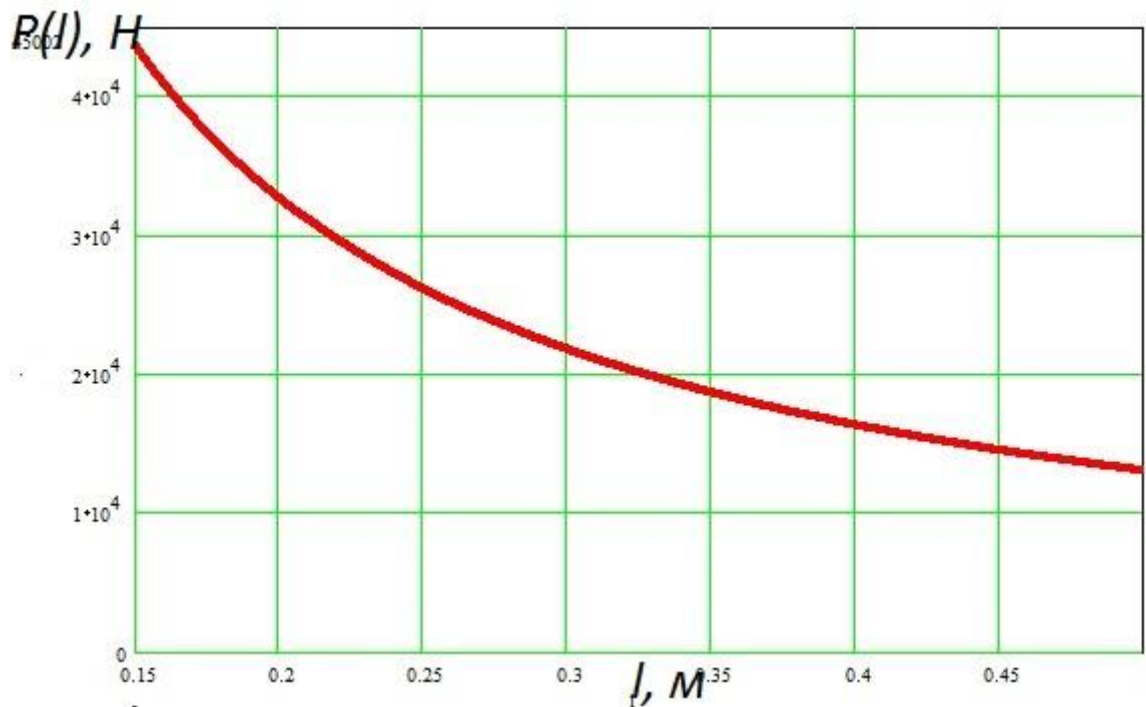


Рис.2.4 Зависимость усилия правки от пролета

Из графика видно, что максимальное усилие правки составляет 40000 Н.

Для данного усилия проведем все остальные расчеты.

2.2 Расчет и проектирование люнета

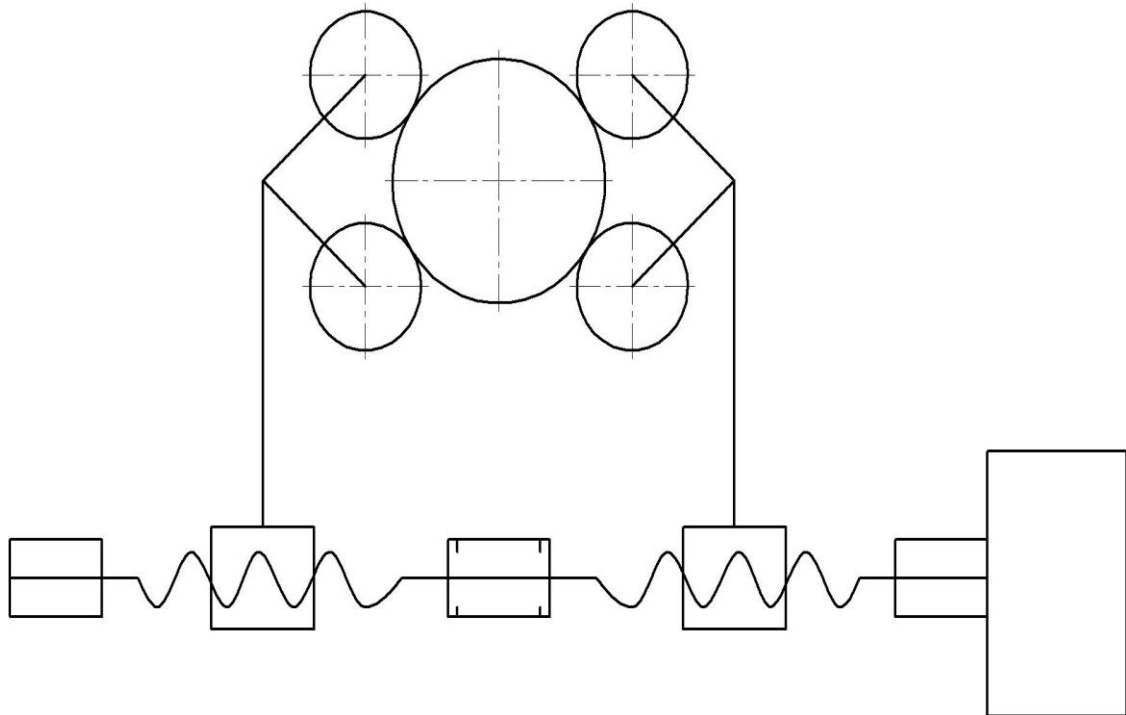


Рис.2.5. Кинематическая схема люнета

Составляющей силы резания R_y противодействуют конструктивные элементы люнета: поворотная щека в рычаге и направляющая, контактирующая с корпусом. Деформации заготовки по оси y определяются контактной жесткостью сопряжений системы люнетов. Поскольку данные поверхности имеют высокую точность по плоскостности и малую шероховатость, деформации в стыках при черновой обработке не превышают 0,01 мм, а при чистовой обработке еще меньше.

В данном случае воздействие при правке превосходит силы резания и поэтому расчет ведется для 40000 Н.

Для винтового зажимного приспособления номинальный диаметр винта d [17]

$$d = 1.4 \sqrt{W_1 / \sigma_p}, \quad (2.6)$$

где σ_p – напряжения растяжения винта, МПа.

$$d = 1.4 \sqrt{12618 / 100} = 15,7 \text{ мм}$$

С учетом того, что обработка проводится в серийном производстве, где номенклатура обрабатываемых деталей широкая, и режимы обработки могут быть более тяжелыми, округление проводим не до ближайшего большего значения, а до М30х3,5.

Момент крутящий определяется по формуле

$$M_{кр} = 0,2 \cdot W_1 \cdot d = 0,2 \cdot 12700 \cdot 0,030 = 71,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Соответственно, подбирается шаговый двигатель по крутящему моменту. Принимаем модель SM86HT118-6004A.

По условию против самовывинчивания $\eta < 0,4$, где η – для данных условий обработки равен 0,351.

Самоцентрирующий люнет содержит корпус 1, внутри которого расположены рычаги 2. Они перемещающиеся по направляющим 3 за счет вращения винта 4. Винт трех опорный и вращается в опорах 5, 6 и 19. На рычагах 2 в пазах крепятся оси 8. На них крепятся на опорных роликах 14 базовые ролики 7. С торцов ролики 7 поджимаются кольцами с сепараторами 13. Оси 8 фиксируются в рычагах винтами 16. Для смазки опорных роликов отверстия в осях 8 набиваются смазкой и закрываются заглушками 17. К винту 4 подсоединен шаговый электродвигатель с гидроусилителем (не показан).

Люнет работает следующим образом. При подаче сигнала на привод зажима винт 4 вращается в опорных втулках 5, 6 и 19. По винту 4 рычаги 2 сходятся, скользя по направляющим 3 к центру. Ролики 7 за счет симметричного расположения относительно вертикальной плоскости базирую

вал по горизонтали. Подбором формы роликов можно управлять процессом правки вала.

Конструкция люнета показана на листе.

Использование предложенного способа и устройства для стабилизации оси вала дает возможность повысить производительность обработки за счет исключения дополнительных переходов.

2.3. Разработка системы поперечного смещения люнетов

Система правки люнетов предназначена как для настройки их по одной оси, совмещенной с технологической осью станка, а также для осуществления предварительной правки заготовки (см. лист и рис.2.6, 2.7)

Система правки содержит плиты 1, на которых крепится люнет. Плиты 1 закреплены на подвижной центральной планке 2 и неподвижных крайних планках 3. Неподвижные планки 3 приварены к плите 4, на которой винтами 9 зафиксирована направляющая 5. На ней винтами 11 закреплен кронштейн 6 в который вкручивается винт 12. Механизм поперечного перемещения подвижной планки 2 состоит из клина 7, который вертикально перемещается винтом 12, который зафиксирован на кронштейне 6 между шайбами 13 гайкой 14. Для фиксации подвижной планки 2 используется боковой винт 10.

Система правки работает следующим образом. При настройке люнетов на одну ось их прихватывают винтами на плитах и зажимают на оправке, установленной в центрах станка. За счет того, что люнеты не жестко фиксированы на плитах, они самоустанавливаются по оправке, после чего их закрепляют жестко. Подвижная планка 2 при этом находится в зафиксированном винтами 10 среднем положении. В случае необходимости правки после раскрепления винта 10 клиновым механизмом, винтом 12 и клином 7, задают перемещение планке 2.

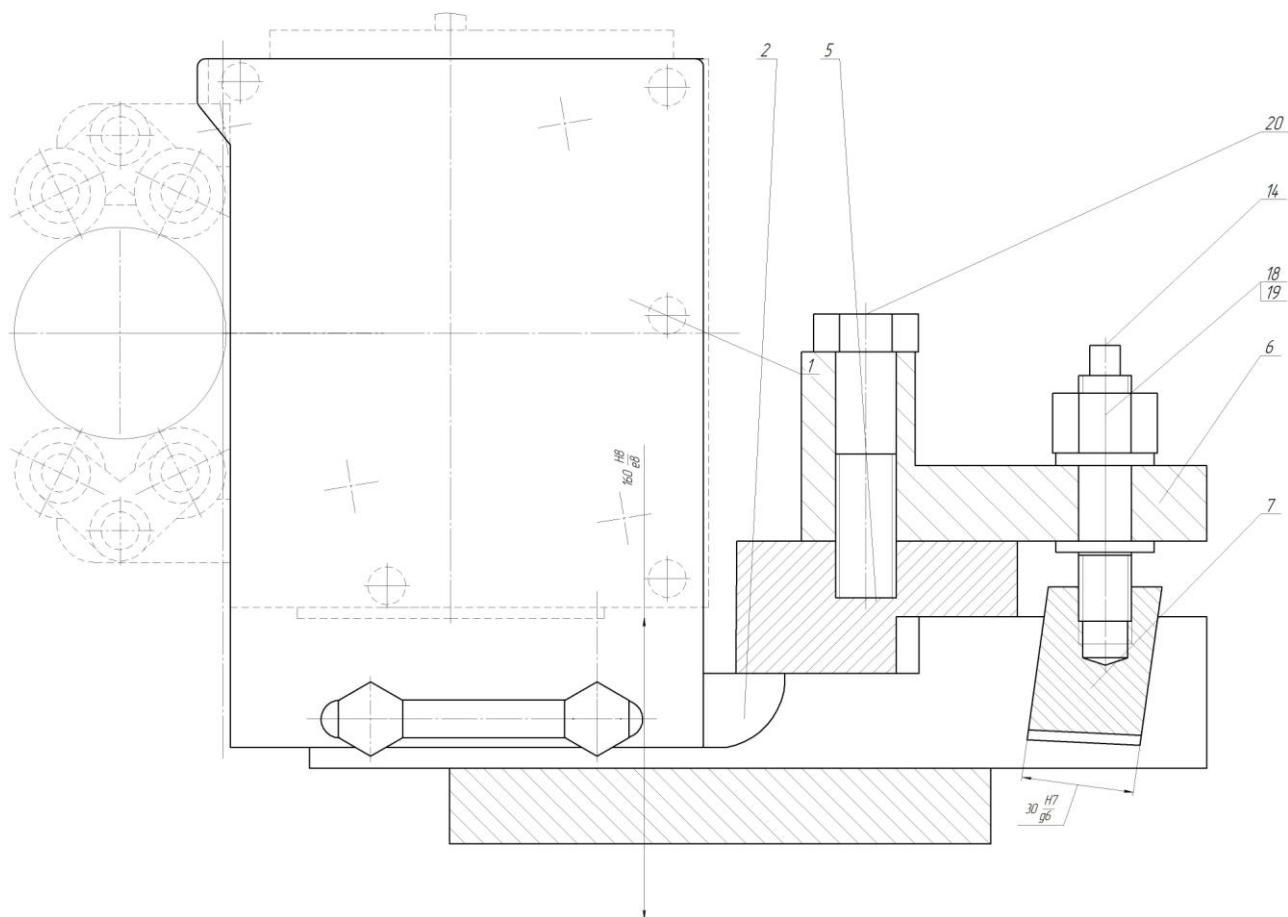


Рис.2.6 Схема комбинированного винтового – клинового привода

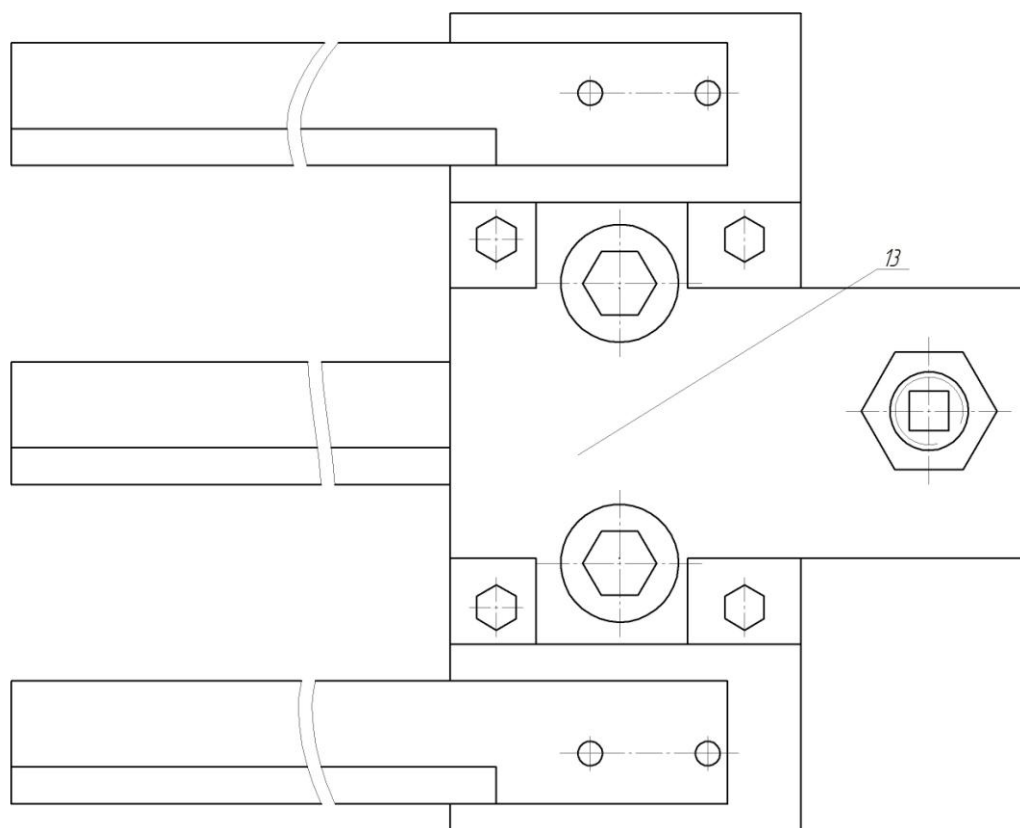


Рис. 2.7 Схема механизма выверки (вид сверху)

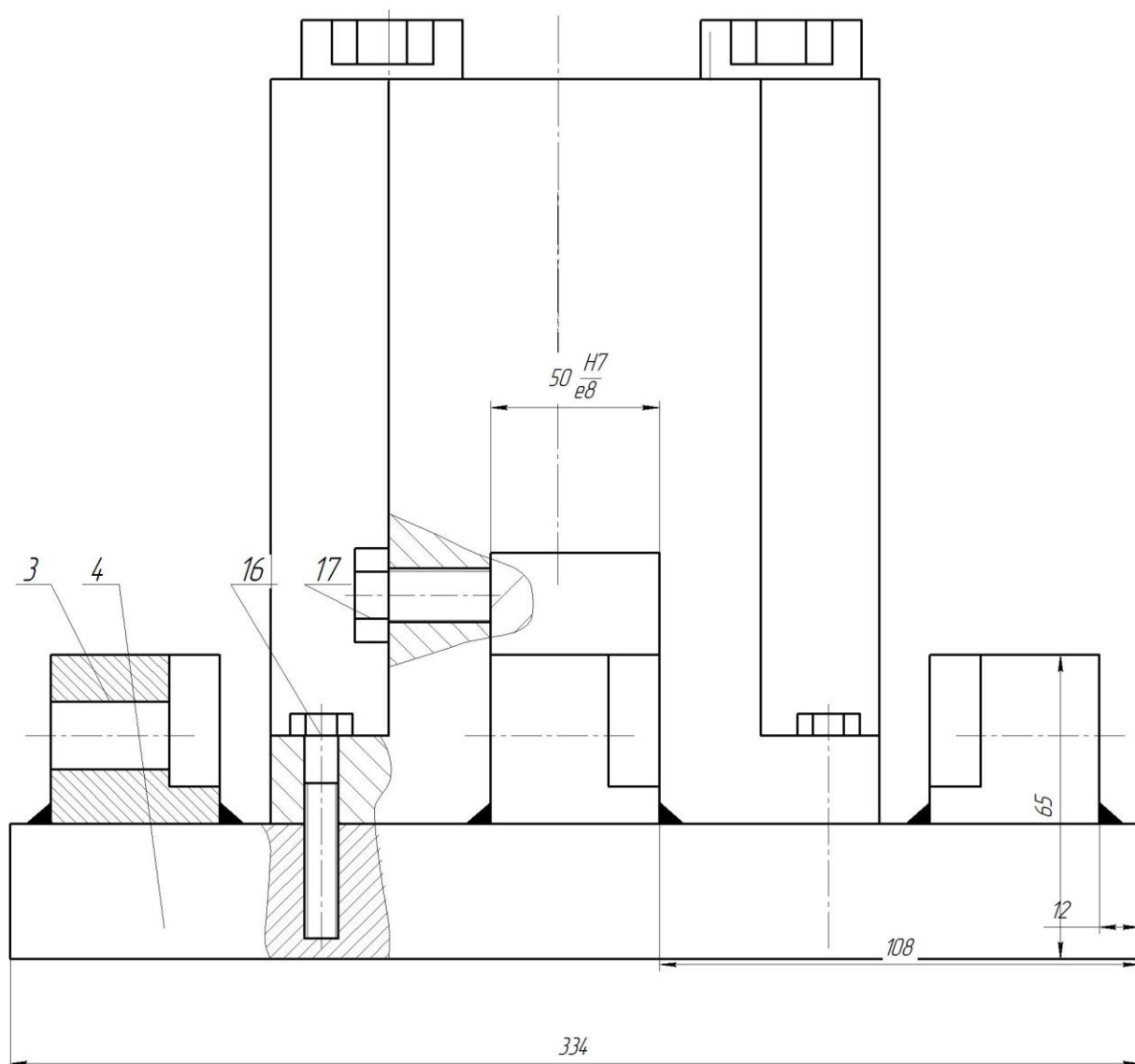


Рис. 2.7 Схема механизма выверки (вид спереди)

Расчет включает в себя определение момента крутящего на винте поз. 14 для комбинированного рычажно-клинового механизма.

Данное усилие необходимо для деформации заготовки при ее первоначальной правке перед черновой обработкой. Исходя из пролета между неподвижными люнетами $L = 150$ мм и диаметра заготовки $d = 50$ мм, необходимое усилие рассчитывается по формуле [9,17]:

$$\sigma_T = \frac{M_T}{W} = \frac{F \cdot L}{2W}, \quad (2.7)$$

где σ_T - предел текучести, МПа;

M_T - изгибающий момент при котором начинается пластическая деформация, Нм;

F - поперечная сила, Н;

L – длина пролета, м;

W – момент сопротивления, м⁴.

$$W = \frac{d^3}{6}, \quad (2.8)$$

где d – диаметр заготовки, м.

После подстановки всех данных для стали с $\sigma_T=250$ МПа получаем $F=40000$ Н.

Соответственно, усилие на винте составит для клинового комбинированного зажима [17]:

$$Q = F \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_1) + \operatorname{tg}\varphi'_2}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_1) \cdot \operatorname{tg}\varphi'_3}, \quad (2.9)$$

где Q – усилие на винте, Н;

α - угол клина, $\alpha=7^\circ$;

φ'_1 - характеризует коэффициент трения на наклонной рабочей части клина;

φ'_2 - характеризует коэффициент трения на направляющей части клина;

φ'_3 - угол трения на направляющей части ползуна.

$$\varphi'_1 = \operatorname{arctg} f_1; \quad \varphi'_2 = \operatorname{arctg} f_2; \quad \varphi'_3 = \operatorname{arctg} f_3, \quad (2.10)$$

где f_{1-3} – коэффициенты трения.

На винте момент

$$M_p = Q \frac{d_{CP}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{PP}), \quad (2.11)$$

где d_{CP} – средний диаметр резьбы, м; α – угол подъема резьбы, °;

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{t}{\pi d_{CP}};$$

t – шаг резьбы, м;

$$\operatorname{tg}\varphi_{PP} = \frac{f}{\cos\beta} \text{ - приведенный коэффициент трения для заданного профиля}$$

резьбы;

f – коэффициент трения на плоскости, $f=0,1$;

β – половина угла при вершине профиля резьбы, 30.

После подстановки всех данных получаем $Q=17833$ Н, $M_p=30,30$ Нм.

Для реализации способа правки в автоматизированном режиме предлагается использовать шаговый двигатель.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

3.1. Анализ служебного назначения и условий работы детали

Деталь «Вал малоожесткий», является приводом. Предназначен для двух сторонней передачи крутящего момента со шкивов на зубчатые колеса. Вал получает крутящий момент боковыми стенками шпоночных пазов на крайних шейках. Далее крутящий момент вал передает боковыми стенками шпоночных пазов внутренних шеек. Вал устанавливается в шарикоподшипниках в корпусе редуктора.

Вал работает в условиях действия крутящего момента и циклической сосредоточенной нагрузки. Нагрузка передается симметрично на вал. Смазка подшипниковых узлов и зубчатых пар в масляной ванне. Температурные условия удовлетворительные.

3.2 Классификация поверхностей детали

Номера поверхностей детали представлены на рис. 3.1. В таблице 3.1 представлены технические требования.

Таблица 3.1 - Анализ технических требований чертежа

№	Тип	Квалитет	Шероховатость
3,9	ОКБ	14	1,25
16,23		6	0,63
26,29	ИП	9	2,5
14,25,18,21	ВКБ	6	0,8
15,24,		9	0,63
26,29		9	2,5
17,13,5,19,30, 27		14	1,25-12,5
1,20,26,22,7,6,28	С	14	12,5

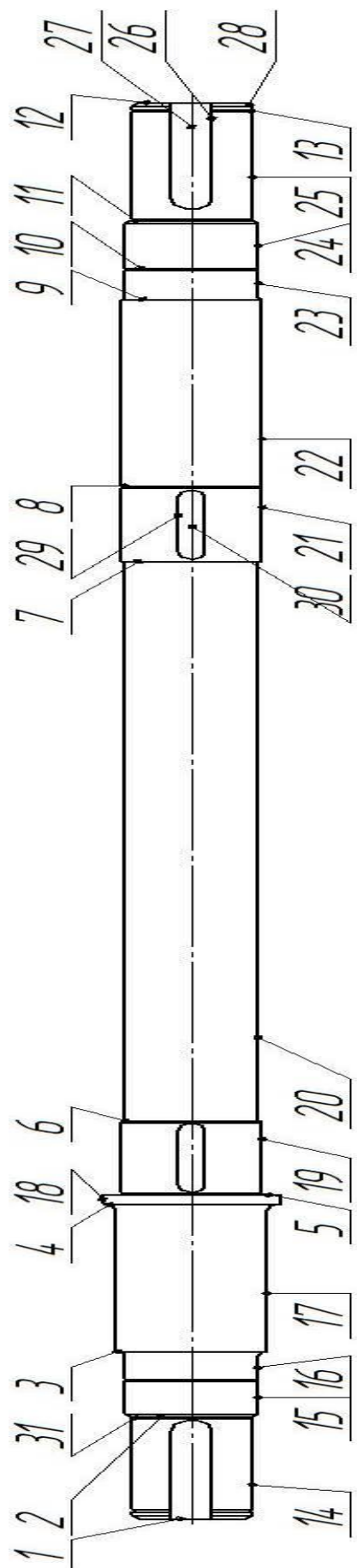


Рис. 3.1 Эскиз детали

Рабочий чертеж вала имеет полностью всю информацию для представления о его конфигурации и требованиях. Даны размеры, их точность, отклонения, указана шероховатость. На наиболее ответственные поверхности заданы отклонения расположения и формы [22].

По требованиям к поверхностям деталь технологична. Для вала длиной $L=864$ мм, средним диаметром $D_{cp}=44,3$ мм, отношение, характеризующее жесткость детали $\frac{864}{44,3}=19,5 > 5$. По данному критерию вал мало жесткий. При разработке технологического процесса необходимо применять дополнительную оснастку для повышения жесткости. Исключается много инструментальная и высокоскоростная обработка.

Черновыми и чистовыми базами для установки заготовки на всех операциях могут быть цилиндрические шейки, в том числе под подшипник или центровые отверстия совместно с торцевыми поверхностями [15].

Измерительные и технологические базы вала при использовании люнетов совпадают, также как и конструкторские.

Реализовать это можно за счет самоцентрирующих люнетов. С точки зрения установки, вал следует считать не технологичным.

3.3 Выбор типа производства

Тип производства зависит от массы детали и годового объема выпуска. При массе вала $M=9,4$ кг и годовом объеме выпуска $N=500$ деталей в год получаем среднесерийное производство [16].

3.4. Выбор и проектирование заготовки

3.4.1 Расчет технологической себестоимости заготовки.

Для выбора метода и способа получения заготовки проводим анализ по технологической себестоимости двух вариантов: прокат и штамповка [14,24].

Определение размеров исходной заготовки.

Масса штамповки через поправочный коэффициент:

$$Q = \kappa \cdot q = 1,15 \cdot 9,4 = 10,9 \text{ кг}, \quad (3.1)$$

Где κ – коэффициент приблизительной массы (ГОСТ 7505-89);

q – масса детали, кг.

Масса детали берется с чертежа $Q_d = 9,4$ кг.

Приемлемый вариант получения заготовки определим сравнивая технологическую себестоимость:

$$\Delta = (C_{T2} - C_{T1})N, \quad (3.2)$$

где C_{T1} , C_{T2} – технологическая себестоимость изготовления детали из сравниваемых заготовок. Себестоимость можно определить по следующей формуле:

$$C_T = \frac{q}{k_{им}} [C_{заг} + C_{мех} - C_{отх}] \cdot k_{им} \quad (3.3)$$

где q – масса детали;

$k_{им}$ – коэффициент использования материала;

$C_{заг}$ – стоимость исходной заготовки, руб.;

$C_{мех}$ – удельная стоимость механической обработки, приведенная к 1 кг. стружки;

$C_{отх}$ – цена 1 кг. отходов, [14].

При расчете стоимость обработки вала из проката необходимо учесть стоимость дополнительной обработки при удалении напусков. Себестоимость исходной заготовки из проката рассчитывается:

$$S_{заг}^{прокат} = M + \sum C_{о.з} \quad (3.4)$$

где M – стоимость материала заготовки проката, руб;

$\sum C_{o.3}$ - технологическая себестоимость переходов по правке, калибровке прутка, его резки на штучные заготовки. Первое слагаемое определяется по формуле:

$$M = QS, \quad (3.5)$$

где S – цена 1 кг. материала заготовки в виде сортового прутка с учетом его резки на штучные заготовки. По [14] для стали 50ХФА – $S=0,2$ руб/кг

$$Q = \pi \frac{0,055^2}{4} 0,870 \cdot 7800 = 16,12 \text{ кг.}$$

$$M = 0,2 \cdot 16,12 = 3,22 \text{ руб.}$$

Затраты на обработку по снятию напусков и припусков:

$$C_{Mex} = C_c + E_n \cdot C_k = 0,356 + 0,15 \cdot 1,035 = 0,51125 \text{ руб / кг,} \quad (3.6)$$

где $C_c = 0,356$ руб / кг – удельные текущие затраты на 1 кг. стружки;

$C_k = 1$ руб / кг – удельные капитальные затраты на 1 кг. стружки;

$E_n = 0,15$ – нормативный коэффициент отдачи капитальных вложений.

Коэффициент использования металла будет равен:

$$K = \frac{q}{Q_{заг}^{np}} = \frac{9,4}{16,12} = 0,59, \quad (3.8)$$

т.е. 40% металла будет переводиться в стружку. При использовании штамповки отходы составят 14%.

Общая стоимость заготовки из проката с учетом дополнительной обработки будет составлять

$$C_T = \frac{q}{k_{um}} \cdot \Gamma_{заг} + C_{мех} - C_{отх} \cdot \gamma - k_{um} \cdot \Sigma =$$

$$= \frac{9,4}{0,59} \cdot 1,2 + 0,51125 - 0,0144 \cdot 1 - 0,598 \cdot \Sigma = 6,36 \text{ руб.}$$

$$C_m = \frac{g}{k_m} \cdot \Gamma_3 + C_M - C_O \cdot \gamma - k_m \cdot \Sigma$$

Стоимость одного килограмма заготовки, получаемой на КГШП:

$$C_3 = C_{um} \cdot h_T \cdot h_c \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_n = 1,32 \text{ руб} \quad (3.9)$$

где $C_{шт}$ - базовая стоимость одного килограмма штампованных заготовок, руб

h_T, h_c, h_B, h_M, h_n - коэффициенты зависящие от класса точности, массы, группы сложности, марки материала и объема производства заготовок.

Для штамповки:

$h_T = 1,0$ (2 класс точности);

$h_c = 0,75$ (1 группа сложности получаемой заготовки);

$h_B = 0,8$ (для массы штамповки 10,0...20,0);

$h_M = 1,0$ (Сталь 50ХФА);

$h_n = 1,0$ (1 группа серийности).

Для штамповки базовая стоимость в КГШП $C_m = 2,2$ руб/кг.

$$C_T = \frac{q}{k_{um}} \cdot \Gamma_{заг} + C_{мех} - C_{отх} \cdot \gamma - k_{um} \cdot \Sigma =$$

$$= \frac{9,4}{0,86} \cdot 1,32 + 0,51125 - 0,0144 \cdot 1 - 0,86 \cdot \Sigma = 14,7 \text{ руб.}$$

Условный экономический эффект (т.к. цены на материал взяты по старым ценам) при сравнении указанных способов получения исходных заготовок находится по формуле:

$$\mathcal{E} = (C_{m2} - C_{m1}) \cdot N = (14,7 - 6,36) \cdot 500 = 4170 \text{ руб}$$

Вывод: В качестве способа получения исходной заготовки маложесткого вала принимаем сортовой прокат с диаметром 55 мм и с резкой на штучные заготовки длиной 870 мм.

3.4.2 Расчет припуска

Технологические переходы по обработке посадочных шеек под зубчатые колеса с требованиями $\varnothing 42p6^{(+0,042}_{+0,026)}$ включает [23]:

- обтачивание чернового;
- обтачивание чистовое
- шлифование;
- поверхностное пластическое деформирование (ППД) способом накатывания.

Обтачивание и шлифование проводится в самоцентрирующих люнетах. Записываем технологические переходы в таблицу 3.2. В нее также записываются соответствующие всем технологическим переходам значения элементов припуска. В проекте обработка ведется в люнетах. Поэтому погрешность установки в радиальном направлении равна нулю. Погрешность установки исключается из формулы минимального припуска. Соответствующая колонка не включается в таблицу [12].

Суммарное пространственное отклонение проката:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2} ; \quad (3.10)$$

Где погрешность смещения $\rho_{см}=0$ мм;

Погрешность коробления считается через удельное коробление Δ_{κ} и общую длину заготовки l

$$\rho_{кор} = \Delta_{\kappa} \cdot \ell = 0,06 \cdot 880 = 48,4 \text{ мкм} \approx 0,048 \text{ мм}; \quad \rho_{\eta} = 0. \quad (3.11)$$

Остаточное пространственное отклонение:

после чернового обтачивания $\rho_1 = 0,06 \cdot 0,048 = 0,00282 \text{ мм}$.

после чистового обтачивания $\rho_2 = 0,04 \cdot 0,048 = 0,00188 \text{ мм}$.

после шлифования $\rho_3 = 0,02 \cdot 0,048 = 0,00094 \text{ мм}$.

после ППД $\rho_4 = 0,02 \cdot 0,048 = 0,00094 \text{ мм}$.

Расчет минимальных значений припусков производим, пользуясь основной формулой

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (3.12)$$

Где Rz_{i-1} - шероховатость предыдущего перехода, мкм;

T_{i-1} - глубина дефектного слоя от предыдущего перехода, мкм;

ρ_{i-1} - пространственные отклонения предыдущего перехода, мкм;

ε_i - погрешность установки, которая принимается равной нулю.

Минимальный припуск:

под черновое обтачивание

$$2Z_{\min 1} = 2(200 + 300 + 48) = 2 \cdot 548 \text{ мкм}$$

под чистовое обтачивание

$$2Z_{\min 2} = 2(50 + 50 + 2,82) = 2 \cdot 103 \text{ мкм}$$

под шлифование

$$2Z_{\min 3} = 2(30 + 30 + 2) = 2 \cdot 62 \text{ мкм}$$

под ППД

$$2Z_{\min 4} = 2(5 + 10 + 1) = 2 \cdot 16 \text{ мкм}.$$

Расчетный размер определяется начиная с чертежного размера на финишной операции. Для этого прибавляем расчетный минимальный припуск:

$$d_{p4} = 42,026 + 0,032 = 42,058 \text{ мм};$$

$$d_{p3} = 42,058 + 0,124 = 42,182 \text{ мм};$$

$$d_{p2} = 42,158 + 0,206 = 42,36 \text{ мм};$$

$$d_{p1} = 42,36 + 1,1 = 43,46 \text{ мм}.$$

Максимальные значения припусков $Z_{\max}^{np}$ находятся как разность максимальных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

Таблица 3.2 - Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности

Ø42h6 $\left(\begin{smallmatrix} 0,042 \\ 0,026 \end{smallmatrix} \right)$ вала

Технологические переходы обработки поверхности Ø60K6 $\left(\begin{smallmatrix} 0,021 \\ 0,002 \end{smallmatrix} \right)$	Элементы припуска, мм			Расчетный припуск $2Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мкм		Предельные значения, мкм	
	Rz	T	ρ				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Заготовка	200	300	0,048		43,46	1800	43,46	45,26	-	-
Обтачивание черновое	50	50	0,00282	2·548	42,36	460	42,36	42,82	1096	2440
Обтачивание чистовое	30	30	0,00188	2·103	42,182	190	42,182	42,372	206	448
Шлифование черновое	5	10	0,00094	2·62	42,058	46	42,058	42,104	124	268
ППД	0,6	-	0,000094	2·16	42,026	19	42,026	42,042	32	62

Как уже было выше сказано, для заготовки выбираем горячекатаный прутки диаметром 55 мм, причем предварительно он должен пройти термическую обработку – отжиг для снятия внутренних напряжений и повышения технологических свойств. Для исправления оси заготовки необходимо провести также холодную правку, которая выполняется на токарном станке.

3.4.3 Проектирование заготовки

Расчет припуска из предыдущего раздела скорректируем. Поверхность $\varnothing 42_{p6}^{(+0,042}_{+0,026})$ на первом переходе находится под слоем припуска. Это определяется максимальным диаметром буртика $\varnothing 53$. Припуск на сторону для чернового точения по всей длине примем равным 1 мм. Далее припуски будут сниматься согласно расчету.

На торцевые поверхности припуск принимаем равным 2 мм. Допуск на горячекатаный прокат на диаметр 1, 8 мм, на длину 1,2 мм.

3.5 Технологический маршрут и разработка схем базирования

Черновыми базами для установки заготовки на первой операции по механической обработке является цилиндрическая поверхность 18^{00} и торцовая поверхность 1^{00} проката. В дальнейшем за базы будем принимать и цилиндрические поверхности и центровые отверстия.

Измерительные базы детали можно использовать в качестве технологических баз.

Схемы базирования показаны на плане изготовления.

Таблица 3.3 - Выбор технологических переходов по обрабатываемым поверхностям

№	Маршрут
1	2
1	Фрезерование (IT 13, Ra 12,5)
2	Точение чернов. (IT 13, Ra 12,5) Точение чист. (IT 9 Ra 6,3) Шлифов. чернов. (IT 7 Ra 1,25)
3	Точение чернов. (IT 13, Ra 12,5)
4	Точение чернов. (IT 13, Ra 12,5)
5	Точение чернов. (IT 13, Ra 12,5) Точение чист. (IT 9 Ra 6,3) Шлифов. чернов. (IT 7 Ra 1,25)
6	Точение чернов. (IT 13, Ra 12,5)
7	
8	
9	Точение чернов. (IT 13, Ra 12,5) Точение чист. (IT 9 Ra 6,3) Шлифов. чернов. (IT 7 Ra 1,25)
10	Точение чернов. (IT 13, Ra 12,5)
11	Точение чернов. (IT 13, Ra 12,5)
	Точение чист. (IT 9 Ra 6,3) Шлифов. чернов. (IT 7 Ra 1,25)
12	Фрезерование (IT 13, Ra 12,5)
13	Точение чернов. (IT 12 Ra 12.5)
14	Точение чернов. (IT 12 Ra 12.5) Точение чист. (IT 9 Ra 6.3) Шлифов. чернов. (IT 8 Ra 1.25) Шлифов. чист. (IT 7 Ra 0.8) Накатывание (IT 6 Ra 0.63)
15	Точение чернов. (IT 12 Ra 12.5) Точение чист. (IT 9 Ra 6.3) Накатывание (IT 8 Ra 0.63)

Продолжение табл.3.3

1	2
16	Точение чернов. (IT 12 Ra 12.5) Точение чист. (IT 9 Ra 6.3) Шлифов. чернов. (IT 8 Ra 1.25) Шлифов. чист. (IT 7 Ra 0.8) Накатывание (IT 6 Ra 0.63)
17	Точение чернов. (IT 12 Ra 12.5)
18	Точение чернов. (IT 12 Ra 12.5)
19	Точение чернов. (IT 12 Ra 12.5) Точение чист. (IT 9 Ra 6.3) Шлифов. чернов. (IT 8 Ra 1.25) Шлифов. чист. (IT 7 Ra 0.8) Накатывание (IT 6 Ra 0.63)
20	Точение чист. (IT 9 Ra 6.3)
21	Шлифов. чернов. (IT 8 Ra 1.25)
22	Точение чист. (IT 9 Ra 6.3)
23	Точение чернов. (IT 12 Ra 12.5) Точение чист. (IT 9 Ra 6.3) Шлифов. чернов. (IT 8 Ra 1.25) Шлифов. чист. (IT 7 Ra 0.8) Накатывание (IT 6 Ra 0.63)
24	Точение чернов. (IT 12 Ra 12.5) Точение чист. (IT 9 Ra 6.3) Шлифов. чернов. (IT 8 Ra 1.25) Шлифов. чист. (IT 7 Ra 0.8) Накатывание (IT 6 Ra 0.63)
25	Точение чернов. (IT 12 Ra 12.5) Точение чист. (IT 9 Ra 6.3) Шлифов. чернов. (IT 8 Ra 1.25) Шлифов. чист. (IT 7 Ra 0.8) Накатывание (IT 6 Ra 0.63)
26	Шлифов. чернов. (IT 8 Ra 1.25) Шлифов. чист. (IT 6 Ra 0.8)
27	Фрезерование (IT 9, Ra 3,2)
30	
31	Точение чист. (IT 9 Ra 6.3)

3.6. Выбор средств технологического оснащения

Таблица 3.4 - Выбор оборудования

№	Наименование оборудования	Габариты	Рабочая зона		Диапазон скоростей и частот	Диапазон подач	N, кВт
			L	D(B)			
000 Заготовительная	-	-	-	-	-	-	-
005 Правка	Токарной фрезерный центр САТ 400	4200x1750x1900	1000	380	140-4000 об/мин	1-6000 мм/мин	22
010 Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный МР73М	3300x1575	500..1250	25..125	125/712-238-1125 мин ⁻¹	20-400-20-300 мм/мин	13
015 Токарная	Токарной фрезерный центр САТ 630	4920x2060x2180	1000	720	140-2800 об/мин	1-6000 мм/мин	22
020 Термообработка	Печь электрическая						
025 Центрошлифовальная	Центрошлифовальный станок TOYODA GC 12-130		700	700	5000 об/мин	1-200 мм/мин	2,5
030 Шлифование черновое	Торцруглошлифовальный станок 3Т160	3754x4675x2245	-	280	55-620/1250	0,05-5 м/мин	17
035 Шлифование чистовое	Круглошлифовальный станок 3У142	6310x2585x1982	1000	400	30-300/1112	0,1-5000 мм/мин	7,5
040 Токарная	Токарной станок МК6731	5500x2700x1690	1000	500	12,5-2000	0,05-2,8 мм/об	11

Таблица 3.5 - Выбор приспособлений, инструмента

№	Наименование станка	Наименование приспособления	Инструмент	Контрольные средства
1	2	3	4	5
000 Заготовительная	-	-	-	-
005 Правка	Токарной фрезерный центр САТ 630	Люнеты самоцентрирующие		
010 Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный МР73М	Тиски станочные самоцентрирующие 7200-0252 ГОСТ 21168-75 Оправка для торцевых фрез 6222-4009-0113 К40/d22	Фреза торцовая d63 Т15К6 ГОСТ24360-80 Сверло центровочное ГОСТ 14952-75	ЩЦ-III ГОСТ 166-73
015 Токарная	Токарной фрезерный центр САТ 630	Трех кулачковый поводковый патрон ПЗК-У-315Ф8.93; Центр вращающийся ХМИЗ 703204002; Люнет неподвижный	Резец контурный 2103-0711 ГОСТ 20872-80 Т10К8; Резец контурный 2103-0711 ГОСТ 20872-80 Т15К6; Резец канавочный 035-2126-1183 ОСТ 2И10-7-84 Т15К6; Резец канавочный 035-2126-1835 ОСТ 2И10-7-84 Т15К6	ЩЦ-III ГОСТ 166-73; ЩЦ-I ГОСТ 166-73

Продолжение табл.3.5

1	2	3	4	5
020 Термообработка	Печь электрическая			
025	Центрошлифовальный станок TOYODA GC 12-130	Тиски станочные самоцентрирующие 7200-0252 ГОСТ 21168-75	11 350x70x50 24AF40L6V ГОСТ 2424-2008	Микрометр СР25-50ГОСТ 11098-64
030 Торцекруглошлифовальная	Торцекруглошлифовальный станок 3Т160	Патрон поводковый 7108-0059 ГОСТ 2572-72; Центр вращающийся 7032-4159-0035 КМ5	3 350x70x50 24AF40L6V ГОСТ 2424-2008	Микрометр СР25-50ГОСТ 11098-64; ИИГ 0,4 мкм; Кругломер 256; Профилграф профилометр мод. 201
035 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок 3У142	Патрон поводковый 7108-0059 ГОСТ 2572-72; Центр вращающийся 7032-4159-0035 КМ5	2 350x90x60 24AF80M6V ГОСТ 2424-2008	Микрометр СР25-50ГОСТ 11098-64; ИИГ 0,4 мкм; Кругломер 256; Профилграф профилометр мод. 201

1	2	3	4	5
040 Токарная	Токарной станок МК6731	Патрон поводковый 7108-0059 ГОСТ 2572- 72; Центр вращающийся 7032-4159- 0035 KM5	Накатник ШХ15	Микром етр СР25- 50ГОСТ 11098- 64

3.7. Разработка технологических операций.

3.7.1. Расчет режимов резания

При разработке технологической операции определяем ее содержание: последовательность выполнения технологических переходов.

Все технологические операции организуем на основе принципа концентрации [11,13]. При этом структура включает максимальное возможное при конкретных условиях число технологических переходов.

Операция токарная выполняется на современном токарно-фрезерном станке САТ 630. В эту операцию входят черновое и чистовое точение, фрезерные переходы. Этот станок модернизируем под холодную правку и используем инструмент для накатывания поверхности. Расчет выполним для типовых переходов: точения, фрезерования, шлифования и накатывания.

Расчет режима резания, это выбор или расчет глубины резания, подачи и скорости резания.

Токарная: точение черновое.

1. Глубина резания: $t=1,0$ мм.
2. Подача: продольная подача $S = 0,8$ мм/об.
3. Скорость резания

При точении резцом из твердого сплава расчетная скорость резания определяется по следующей формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} \cdot K_v, \quad (3.12)$$

где K_v - поправочный коэффициент, $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$,

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий марку обрабатываемого материала;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий инструментальный материал.

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = 0,7 \cdot \left(\frac{750}{865} \right)^{1,25} = 0,7 \cdot 0,84 = 0,59,$$

$$K_{nv} = 0,9,$$

$$K_{uv} = 1,0,$$

$$K_v = 0,59 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,53.$$

T – стойкость инструмента, $T = 60$ мин.

C_v, x, y, m - коэффициенты

$$v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 1,0^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,53 = 87,8 \text{ м/мин.}$$

4.Находим необходимое число оборотов шпинделя в минуту. Расчетное число оборотов шпинделя в минуту определяем по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин.} \quad (3.13)$$

где D – диаметр заготовки, $D = 53$ мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 87,8}{3,14 \cdot 53} = 528, \text{ об/мин.}$$

Принимаем данные обороты как фактические (привод регулируется бесступенчато).

5. Минутная подача:

По фактическим оборотам шпинделя и подаче суппорта на один оборот, определим минутную подачу:

$$S_{мин} = S \cdot \Pi_{\phi} \quad (3.14)$$

$$S_{мин} = 0,8 \cdot 528 = 422 \text{ мм/мин.}$$

6. Сила резания и крутящий момент:

Силу резания раскладывают на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную P_z , радиальную P_y , осевую P_x). Эти составляющие рассчитываем по формуле:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (3.15)$$

Рассчитаем P_z , где K_p – поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{rp}, \quad (3.16)$$

где $K_{mp} = 0,75$, $K_{\phi p} = 1,0$, $K_{yp} = 1,15$, $K_{\lambda p} = 1,0$, $K_{rp} = 1,2$.

$$K_p = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,2 = 1,04.$$

$C_p = 200$; $x = 1,0$; $y = 0,75$.

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 1,0^{1,0} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 87,8^0 \cdot 1,04 = 1759 \text{ Н}.$$

7. Мощность резания кВт, рассчитываем по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (3.17)$$

$$N = \frac{1759 \cdot 87,8}{1020 \cdot 60} = 2,52 \text{ кВт.}$$

Сравнив мощность резания с паспортным значением мощности станка САТ 630 ($N_{\text{ст}}=22$ кВт). Делаем вывод, что условие выполняется. Так как условие выполняется, то на выбранном оборудовании можно осуществить операцию точения при рассчитанных режимах резания. Сведем в таблицу 3.6 рассчитанные на операции 010 на черновые переходы режимы резания.

Таблица 3.6 - Режимы резания на токарную черновые переходы

Элемент резания	Единицы измерения	Значение
1	2	3
Глубина резания, t	мм	1,0
Подача на один оборот шпинделя, S	мм/об	0,8
Минутная подача, $S_{\text{мин}}$	мм/мин	422
Скорость резания, V	м/мин	87,8
Число оборотов шпинделя в минуту, n	Об/мин	528
Сила резания, P_z	кН	1,759
Мощность резания, N	кВт	2,52

Получистовые переходы по точению:

1. Глубина резания: $t=0,3$ мм.

2. Подача $S = 0,4$ мм/об.

3. Скорость резания

$$K_{nv} = 1,0 ; K_{uv} = 1,0 ; K_{mv} = 0,59$$

$$K_v = 0,59 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,59$$

$$v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,42^{0,45}} \cdot 0,59 = 153 \text{ м/мин.}$$

4. Число оборотов шпинделя в минуту:

$$n = \frac{1000 \cdot 153}{3,14 \cdot 53} = 920 \text{ , об/мин.}$$

Такие же будут фактические обороты и скорость резания равна расчетной.

5. Минутная подача

$$S_{\text{мин}} = 0,42 \cdot 920 = 386 \text{ мм/мин.}$$

6. Сила резания

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,42^{0,75} \cdot 154^0 \cdot 1,04 = 324 \text{ Н}$$

7. Мощность резания

$$N = \frac{324 \cdot 153}{60 \cdot 1020} = 0,81 \text{ кВт.}$$

Таблица 3.7 - Режимы резания на токарную черновые переходы

Элемент резания	Единицы измерения	Значение
1	2	3
Глубина резания, t	мм	0,3
Подача на один оборот шпинделя, S	мм/об	0,42
Минутная подача, S _{мин}	мм/мин	386
Скорость резания, V	м/мин	153

1	2	3
Число оборотов шпинделя, n	Об/мин	920
Сила резания, P_z	кН	324
Мощность резания, N	кВт	0,81

Переходы по фрезерованию пазов. Фреза шпоночная Р6М5 Ø6, Ø8 мм.

1. Глубина фрезерования: $t = 4$ мм.

2.Ширина фрезерования: $B = 8$.

3. Подача на один оборот фрезы:

- при осевом врезании $S_z = 0,007$ мм/зуб.

- при продольном движении $S_z = 0,022$ мм/зуб.

4.Скорость резания, м/мин.

$$v = \frac{22,5 \cdot 8^{0,35}}{60^{0,27} \cdot 4^{0,21} \cdot 0,007^{0,48} \cdot 8^{0,003} \cdot 2^{0,1}} = 116,5 \text{ м/мин.}$$

5.Частота вращения шпинделя, об/мин.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 116,5}{3,14 \cdot 8} = 4637 \text{ об/мин.}$$

по паспорту станка принимаем 4500 об/мин.

6. Фактическая скорость резания, м/мин.

$$v = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 4500}{1000} = 113 \text{ м/мин.}$$

4. Сила резания.

$$P_z = \frac{1000 \cdot 68,2 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,007^{0,72} \cdot 8^{1,0}}{8^{0,86} \cdot 4500^0} = 900,2 \text{ Н.}$$

5. Крутящий момент

$$M_{кр} = \frac{900,2 \cdot 8}{2 \cdot 100} = \frac{7201,6}{200} = 36 \text{ Нм.}$$

6. Мощность резания, кВт

$$N_e = \frac{900,2 \cdot 113}{61200} = 1,7 \text{ кВт.}$$

при продольном движении $S_z = 0,022 \text{ мм/об.}$

1. Скорость резания, м/мин.

$$v = \frac{46,6}{0,73} = 64 \text{ м/мин.}$$

2. Частота вращения шпинделя, об/мин.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 64}{3,14 \cdot 8} = 2548 \text{ , об/мин.}$$

По паспорту станка частота 2500 об/мин.

3. Фактическая скорость резания, м/мин.

$$v = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 2500}{1000} = 62,8 \text{ м/мин.}$$

4. Сила резания.

$$P_z = \frac{1000 \cdot 68,2 \cdot 3,3 \cdot 0,022 \cdot 8}{6} = 1800 \text{ Н.}$$

5. Крутящий момент

$$M_{кр} = \frac{1800 \cdot 8}{200} = 72 \text{ Нм.}$$

6. Мощность резания, кВт

$$N_e = \frac{1800 \cdot 62,8}{61200} = 1,85 \text{ кВт.}$$

Таблица 3.8 - Режимы резания на фрезерном переходе

	Элемент резания				
	Скорость резания	Частота вращения	Сила резания	Крутящий момент	Мощность резания
	v, м/мин	N, об/мин	Pz, Н	M _{кр} , Н·м	Ne, кВт
осевое врезание на глубину	113	4500	900	36	1,7
продольное движение	62,8	2500	1800	72	1,9

040 Токарная: накатывание чистовое.

Определяем оптимальные режимы накатывания. Твердость обрабатываемого материала HB-235. Исходная шероховатость после шлифования Ra = 1,25 мкм. Радиус ролика 3,0 мм. Исходя из этих данных назначаем:

1. Сила P, Н

$$P = 120 \text{ Н.}$$

2. Подача на оборот, мм

$$S = 0,8 \text{ мм/об.}$$

3. Скорость, м/мин

$v = 180$ м/мин. Обороты 1400 об/мин. Минутная подача: 1120 мм/мин.

Шероховатость обработанной поверхности составит 0,63 мкм.

3.7.2 Расчет норм времени

Расчет норм времени проведем в соответствии с методикой, изложенной в [14, 24]. В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени $T_{ш-к}$:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}, \quad (3.18)$$

где $T_{п-з}$ – подготовительно-заключительное время, мин.

$T_{шт}$ – штучное время обработки одной детали на данной операции;

n – количество деталей в партии запуска.

В свою очередь штучное время определяется по следующей формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_{\epsilon} + T_{об} + T_{от}, \quad (3.19)$$

где T_o – основное время, мин;

T_{ϵ} – вспомогательное время, мин;

$T_{об}$ – время на обслуживание рабочего места, мин;

$T_{от}$ – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

$$T_{\epsilon} = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из}; \quad (3.20)$$

где $T_{у.с.}$ – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{з.о.}$ – время на закрепление и открепление детали, мин;

$T_{уп}$ – время на приемы управления, мин;

$T_{из}$ – время на измерение детали, мин.

Проведем расчет норм времени для всех операций.

015 Токарная: Основное время

$$T_o = \frac{L}{nS_o} \cdot i; \quad (3.21)$$

где L – расчетная длина рабочего хода инструмента с врезанием, перебегом ($L = l + l_1 + l_2$), мм;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S_o – подача на один оборот шпинделя, мм/об;

i – число проходов инструмента.

1 переход

Таблица 3.9 - Расчет длины рабочего хода (установА)

1.	$L_1 = 200$	1 проход
2.	$L_2 = 100$	1 проход
3.	$L_3 = 60$	1 проход

$$T_o = \frac{200 \times 1 + 100 \times 1 + 80 \times 1}{528 \times 0,8} = 0,9 \text{ мин.}$$

Таблица 3.10 - Расчет длины рабочего хода (установБ)

1	$L_1 = 670$	1 проход
2	$L_2 = 665$	1 проход
3	$L_3 = 342$	1 проход
4	$L_4 = 235$	1 проход
5	$L_5 = 192$	1 проход

$$T_o = \frac{670 + 665 + 342 + 235 + 192}{528 \times 0,8} = 5,7 \text{ мин.}$$

Таблица 3.11 - Расчет длины рабочего хода(установ В)

1	$L_1 = 72$	1 проход
2	$L_2 = 120$	1 проход

$$T_o = \frac{72 + 120}{920 \times 0,42} = 0,5 \text{ мин.}$$

Таблица 3.12 -Расчет длины рабочего хода (установ Г)

1	$L_1 = 120$	1 проход
2	$L_2 = 125$	1 проход
3	$L_3 = 78$	1 проход

$$T_o = \frac{120 + 125 + 78}{920 \times 0,42} = 0,83 \text{ мин.}$$

Таблица 3.13 -Расчет длины рабочего хода на фрезеровании

1	$L_1 = 6 \text{ врезание}$ $+120$	1 позиция
2	$L_2 = 5 \text{ врезание}$ $+84$	1 позиция
3	$L_3 = 78$	1 проход

$$T_o = \frac{6 \cdot 2 + 5 \cdot 2}{4500 \times 0,014} + \frac{120 \cdot 2 + 78 \cdot 2}{2500 \times 0,044} = 4,0 \text{ мин.}$$

$$T_{y.c.} = T_{з.о.} = 0,22 \text{ мин.}$$

$$T_{yn} = 0,01 + 0,025 \cdot 5 + 0,24 = 0,38 \text{ мин.}$$

$$T_{uz} = 0,24 \text{ мин.}$$

$$T_{\epsilon} = 0,22 + 0,38 + 0,24 = 0,84 \cdot k = 1,55 \text{ мин.}$$

В среднесерийном производстве $T_{об}$ и $T_{от}$ определяются совместно. В нормативах дается сумма этих двух составляющих в %-тах от оперативного времени. Оперативное время $T_{оп} = T_o + T_v$, а общее время на обслуживание рабочего места и отдых в серийном производстве $T_{об.от} = T_{оп} \cdot \Pi_{от}/100$.

$$\Pi_{об.от} = 6,5\%$$

$$T_{он} = T_o + T_v = 11,9 + 1,55 = 13,5 \text{ мин.}$$

$$T_{об.от} = \frac{3,7 \cdot 6,5}{100} = 0,24 \text{ мин.}$$

$$T_{от} = T_o \cdot \Pi_{от}/100$$

где $\Pi_{от}$ - затраты времени на отдых в %-ном отношении к оперативному времени.

$$T_{от} = 11,9 \cdot 6,5/100 = 0,8 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{от} = 11,9 + 1,55 + 0,24 + 0,8 = 14,5 \text{ мин}$$

$$T_{н-з} = 14 \text{ мин}$$

$$T_{ш-к} = \frac{T_{н-з}}{n} + T_{шт} = \frac{14}{12} + 14,5 = 15,7 \text{ мин}$$

На остальные операции расчет времени проведен по [14], а результаты сведены в приложение (маршрутная карта).

Таблица 3.14 - Сводная таблица штучного времени

№	Наименование оборудования	Т0, мин		Тшт, мин	
1	2	3		4	
005 Правка	Токарной фрезерный центр САТ 400	2,1		4,4	
010 Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный МР73М	1,3		3,4	
015 Токарная	Токарной фрезерный центр САТ 630	база	проект	база	проект
		20,8	11,9	23,5	14,5

Продолжение табл.3.14

1	2	3	4
025	Центрошлифовальный станок к TOYODA GC 12-130	0,7	2,9
030 Шлифование черновое	Торцруглошлифовальный станок 3Т160	2,7	5,3
035 Шлифование чистовое	Круглошлифовальный станок 3У142	3,6	6,5
040 Токарная	Токарный станок МК6731	0,7	1,9

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

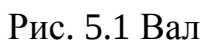
В разделе проектируется инструмент обрабатывающий поверхность без снятия стружки, поэтому правильно его отнести к группе деформирующих. Способ обработки заключается в следующем. Вал устанавливается и закрепляется на токарном станке. К поверхности вала усилием P прижимают роликовую державку с роликом. Придают вращение патрону токарного станка с закрепленным в нем валом. Включают подачу суппорта токарного станка с закрепленной в нем роликовой державкой. Вал обкатывают роликом по обрабатываемым шейкам. Эффект накатки валов зависит от глубины наклепанного слоя. Накатка роликом увеличивает прочность поверхностного слоя вала. Это повышает предел выносливости и благоприятно влияет на сопротивление усталости. Основной причиной повышения сопротивления усталости является создание на поверхности вала сжимающих остаточных напряжений.

Накатка состоит из державки 1 с изогнутым корпусом. Это позволяет создавать эффект пружинения. Инструмент можно подводить на разное расстояние, плавно изменяя усилие накатки. В пазу державки 1 на оси 3 вращается рабочий ролик 2 из стали ШХ15. Для фиксации в осевом направлении ось 3 фиксируется шайбами 5 по пазам снаружи от державки. От проворота ось 3 зафиксирована винтами 4. Ролик 2 вращается на оси 3 на игольчатых роликах 6. Деформация упругой части державки 1 регистрируется по оси 8, которая в кронштейне 7 закрепляется винтом 11 и свободно проходит через кронштейн 12. Между кронштейнами 7 и 12 на ось 8 установлена пружина 9.

Накатка работает следующим образом. Ролик 2 выставляют в заданное положение относительно обрабатываемой поверхности. Величина смещения в тело заготовки определяется необходимым усилием накатки, которое контролируется по смещению оси 8 относительно кронштейна 12. Ролик 2 имеет несимметричный профиль для обеспечения возможности обработки

прилежающих к торцам участков цилиндрической поверхности.
Уменьшенный диаметр снижает усилие деформирования.

Ниже приведены листы графической части: деталь, технологическая и конструкторская части (рис. 5.1-5.8).



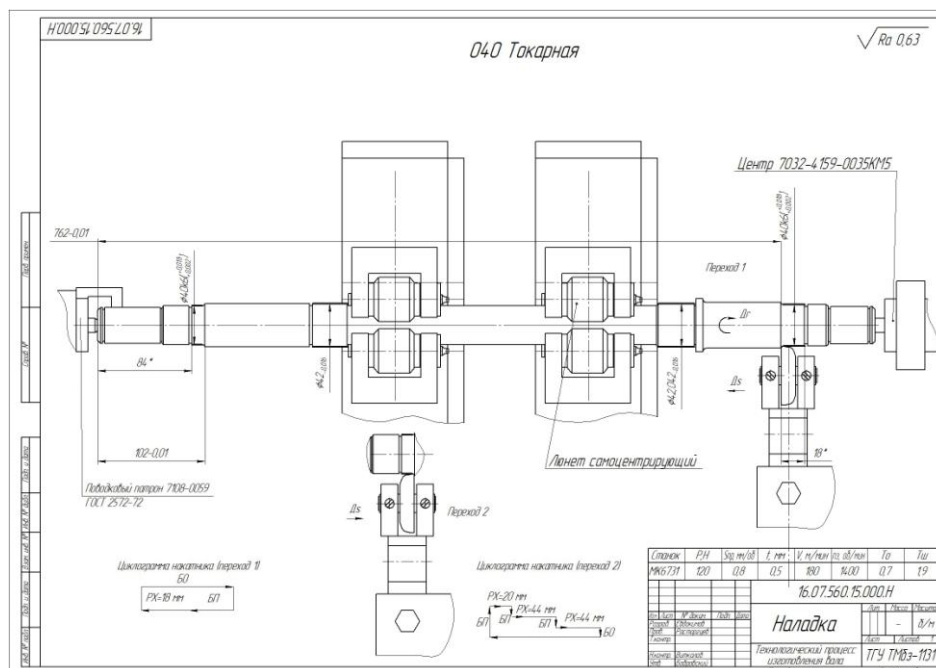


Рис. 5.5 Наладка на токарную операцию

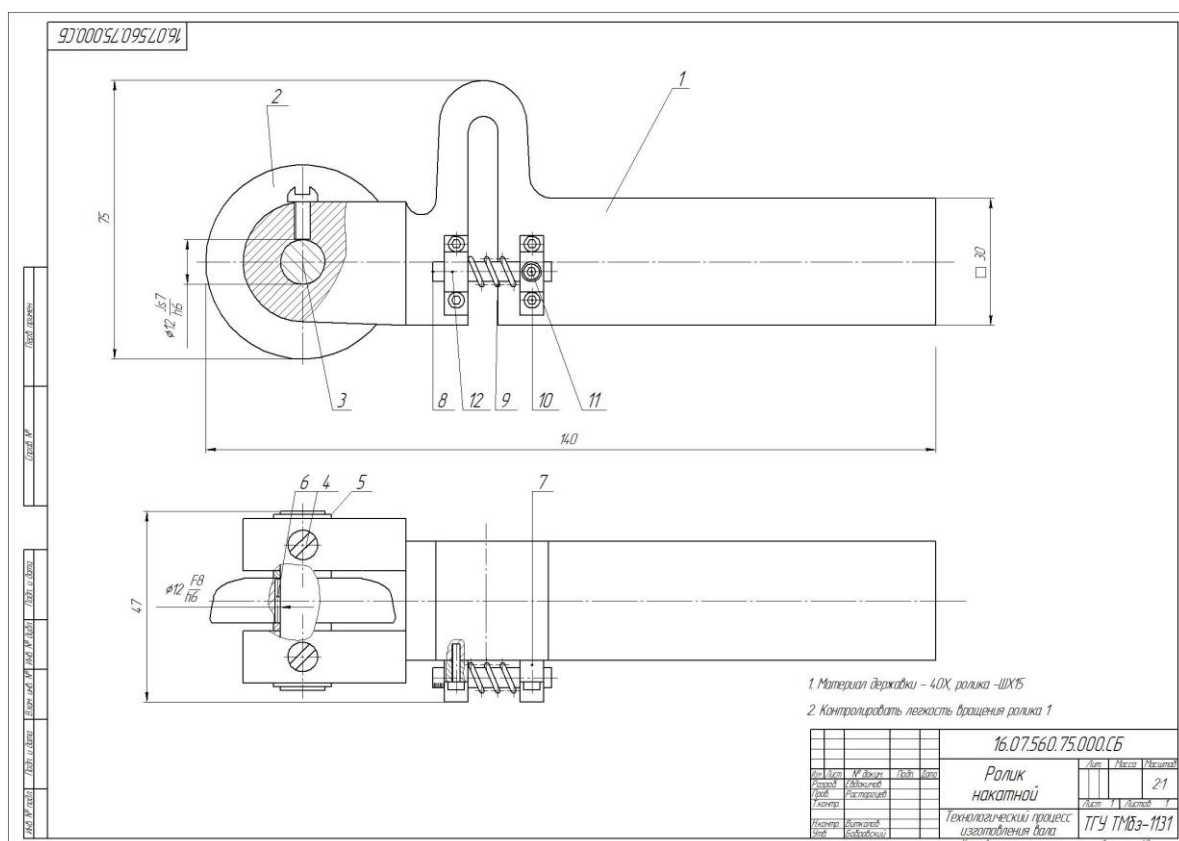


Рис. 5.6 Накатник

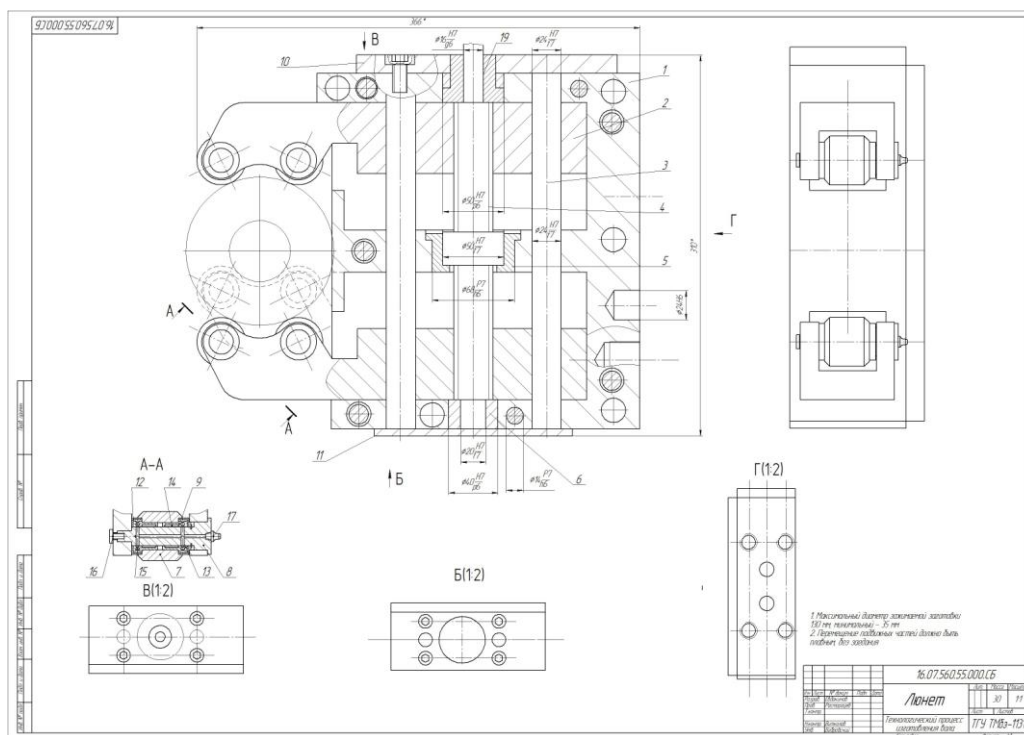


Рис. 5.7 Люнет самоцентрирующий

Система выверки приведена в соответствующем разделе.

6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Таблица 6.1 - Технологический паспорт объекта

№ оп	Наименование операции	Вид выполняемых работ	Наимено- вание должности работника	Оборудование	Материалы вещества
000	Заготовительная	Прокат	Фрезеров щик	Круглопильный отрезной станок	Фреза отрезная Р6М5К5, СОЖ
005	Правка	Правка	Оператор станков с ЧПУ	Токарной фрезерный центр САТ 630	Ветошь, масло
010	Фрезерно- центровальная	Фрезеровани е, сверление	Фрезеров щик	Фрезерно- центровальный MP73M	Фреза торцовая Т15К6 Сверло центровочное Р6М5
015	Токарная	Точение черновое, чистовое	Оператор станков с ЧПУ	Токарной фрезерный центр САТ 630	Резец Т10К8 и Т15К6, СОЖ
025	Термообработка	Закалка	Термист	печь	
030	Центрошлифова льная	Шлифование центров	Шлифовщ ик	Центрошлифовал ьный станок TOYODA GC 12- 130	Абразивный круг; СОЖ
035	Торцекруглошл ифовальная	Шлифование черновое	Шлифовщ ик	Торцекруглошлифо вальный станок 3Т160	Абразивный круг; СОЖ
035	Круглошлифова льная	Шлифование чистовое	Шлифовщ ик	Круглошлифоваль ный станок 3У142	Абразивный круг; СОЖ
040	Токарная	Накатка	Токарь	Токарной станок МК6731	Накатник

Таблица 6.2 - Идентификация профессиональных рисков

№ п.	Наименование операции	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
1	Заготовительная (штамповка)	Физические ОВПФ: Повышенная температура; Движущиеся механизмы и машины.	Пресс, печь, штампы.
2	Правка	Физические ОВПФ: Движущиеся механизмы и машины.	Оборудование, оснащение, рабочая зона
3	Фрезерно-центровальная, токарная Шлифовальные	Физические ОВПФ: Повышенная температура; Стружка, пыль при обработке материала; Шум, вибрации; Химические ОВПФ: Токсичные вещества (соединения хлора, тяжелых металлов, диоксид серы)	оборудование; СОЖ; оснастка, инструмент.
4	Термическая	Физические ОВПФ: Повышенная температура; Запыленность и загазованность воздуха рабочей среды Химические ОВПФ: Токсичные вещества (аммиак, оксиды азота)	Печь; охлаждающая среда, заготовка.
5	Моечная	Физические ОВПФ: Повышенная температура; Высокая влажность.	Испарения, зона мойки

Таблица 6.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов.

№	Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Повышенная температура	Ограждение опасной зоны; Система охлаждения оборудования; Система вентиляции и кондиционирования	Специальная одежда
2	Движущиеся механизмы и машины.	Ограждение и разметка опасной зоны	-
3	Стружка, пыль при обработке материала	Подача СОЖ в зону резания; Экранировка зоны резания; вентиляция и кондиционирование воздуха	Защитные очки; спец. одежда, респиратор.
4	Шум, вибрации	защитный экран рабочей зоны оборудования; виброизоляция оборудования; рациональное размещение работающего оборудования и цехов	Наушники, спец. одежда.
5	Токсичные вещества	вентиляция и кондиционирование воздуха	респиратор Спец. одежда..
6	Высокая влажность.		

Таблица 6.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

№	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Механосборочное производство	ГКМ, фрезерный, токарный, шлифовальный станки	В	Пламя и искры; тепловой поток	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
3	Цех для термообработки		В	Пламя и искры; тепловой поток	Осколки, части разрушившихся зданий, сооружений, транспортных средств, технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
4	Контрольно-измерительная лаборатория	Контрольный стол	В	Пламя и искры;	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 6.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Пенные и порошковые огнетушители ОВП-8 ОП-8	Передвижные воздушно-пенные огнетушители	Спринклерная водяная система пожаротушения	Извещатели пожарные	Гидрант пожарный	Респиратор, очки, спец. одежда	Шит пожарный ЦП-Б	Извещатели пожарные ручные, световые и звуковые пожарные оповещатели

Таблица 6.6 - Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Черновой и чистовой этапы техпроцесса обработки	Квалифицировать все рабочие места по категориям взрывоопасной и пожарной опасности. Разработать и утвердить план эвакуации в случае пожара. Разработать систему оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях.	Линии электропитания помещений зданий, сооружений и строений должны иметь устройства защитного отключения, предотвращающие возникновение пожара при неисправности электроприемников. Правила установки и параметры
Термическая упрочняющая операция	Приобретать и своевременно	

	обновлять средства устройств защитного пожаротушения. Проводить занятия по пожарному минимуму с ответственными лицами в подразделениях.	отключения должны учитывать требования пожарной безопасности, установленные в соответствии с настоящим Федеральным законом.
--	--	---

Таблица 6.7 - Идентификация экологических факторов технического объекта.

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Термическая операция	Печь	Пыль, токсичные испарения,	-	Окалина
Механическая обработка	Металлорежущие станки	Пыль, токсичные испарения,	Моющие средства, отработанная СОЖ	Стружка, промасленная ветошь

Таблица 6.8 - Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Организационно-технические мероприятия
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Рукавный фильтр ФРИ-30
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Установка по очистке промышленных сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Утилизация, стружка на переплавку

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления вала, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 6.1).

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу изготовления вала, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: отлетающие частицы обрабатываемого материала и инструмента; повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука и различных излучений; испарение токсичных веществ; химический ожог кожного

покрова; высокая влажность и скорость движения воздуха; повышенная яркость света и пульсация светового потока.

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно система охлаждения активных органов оборудования, ограждения и разметка зон повышенной опасности, непрерывная подача СОЖ на обрабатываемый материал; защитный экран рабочей зоны оборудования; система вентиляции и кондиционирования атмосферного воздуха, защитный экран рабочей зоны оборудования; виброизоляция оборудования, искусственное подавление светового потока. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 6.3).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 6.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 6.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 6.6).

5. Идентифицированы экологические факторы (таблица 6.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 6.8).

7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Рассмотрим предлагаемые совершенствования на предмет экономической обоснованности внедрения изменений в ТП изготовления детали. Подробная информация, касающаяся технологического процесса, рассмотрена в предыдущих разделах, поэтому считаем необходимым указать только отличия между вариантами процесса изготовления детали.

Базовый вариант.

Токарно-фрезерная обработка выполняется на одной операции, для этого применяется токарно-фрезерный центр, модель САТ 400. Закрепление заготовки обеспечивается 3-х кулачковый поводковый патрон, центром вращающийся и люнетом неподвижным. Получение заданных поверхностей обеспечивают: резец контурный Т10К8, резец контурный Т15К6, резец канавочный, Т15К6 – 2 шт.

Проектный вариант.

В технологический процесс включена операция правки 005, которая позволит исключить полустистовую токарную обработку из операции 015. 005 операция выполняется на токарно-фрезерном центре САТ 400. Для закрепления используются люнеты самоцентрирующие и система правки. Операция 015 – выполняется на токарно-фрезерном центре САТ 630. Оснастка и инструмент остались без изменения.

Представленные изменения позволяют сократить трудоемкость выполнения описанных операций, а результаты представлены в таблице 7.1.

Представив краткое описание предлагаемых изменений, рассчитаем капитальные вложения в проектируемый вариант технологического

процесса, для этого будем использовать специальную методику, согласно которой данная величина составляет $K_{ВВ.ПР} = 82206,77$ руб.

Таблица 7.1 - Значение трудоемкости выполнения операций

Номер операции	Наименование времени	Значение параметров	
		Базовый вариант	Проектный вариант
Операция 005 - Правка	Штучное время, мин	–	4,4
	Основное время, мин	–	2,1
Операция 015 - Токарная	Штучное время, мин	23,5	14,5
	Основное время, мин	20,8	11,9

Далее согласно методике, определим технологическую себестоимость, которая зависит от материала заготовки, заработной платы, начисления на нее и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования. Учитывая то, что метод получения заготовки и ее материал по вариантам не изменились, поэтому расчет технологической себестоимости будем осуществлять без затрат на материал, т.к. эти значения существенного влияния на конечный результат не окажут. Сравнительная структура технологической себестоимости изготовления детали «Ходовая оправка» по сравниваемым вариантам представлена на рисунках 7.1 и 7.2.

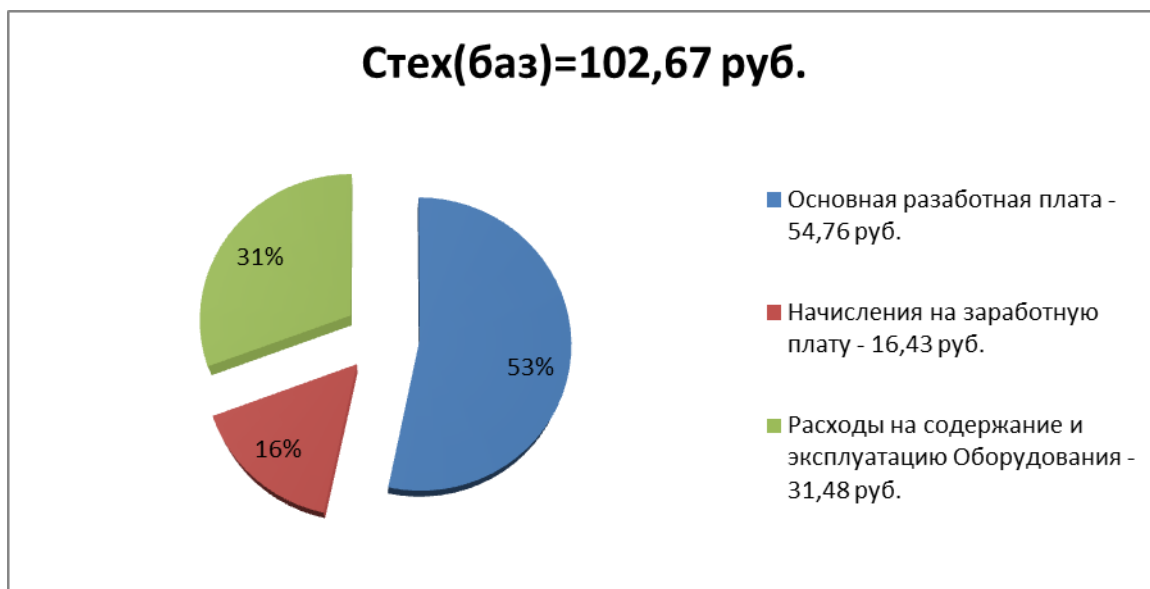


Рис. 7.1 Структура технологической себестоимости, по базовому варианту

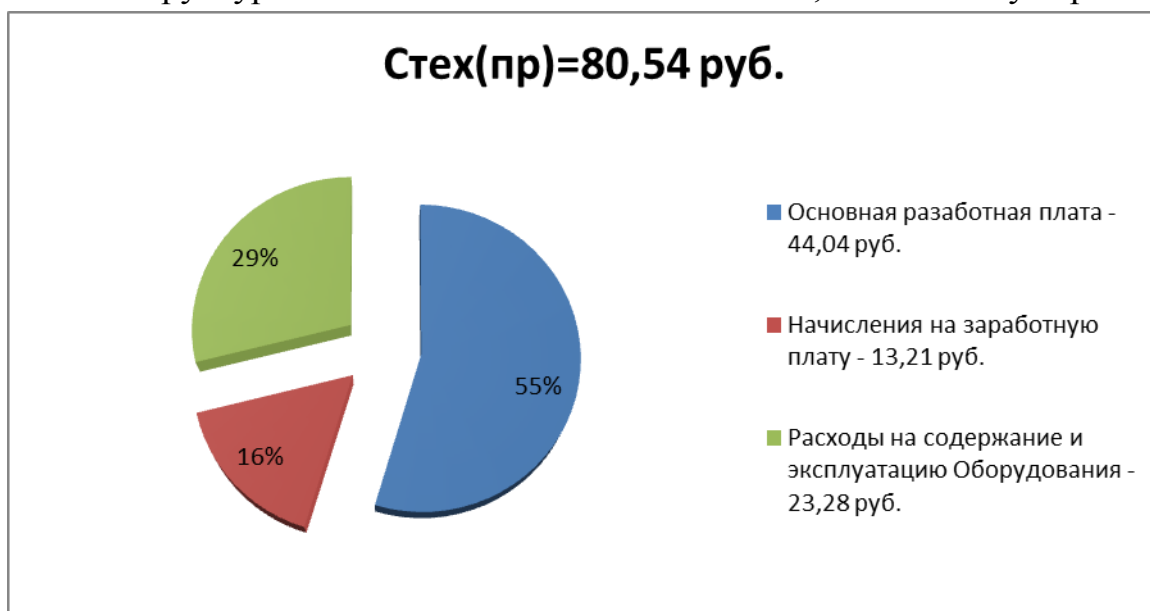


Рис. 7.2 Структура технологической себестоимости по проектному варианту

На базе полученных данных и с применением методики составления калькуляции полной себестоимости мы рассчитываем ее значения для выполнения описанных операций. Согласно расчетам по базовому варианту полная себестоимость без учета затрат на материал, как обосновывалось ранее, составила 302,9 руб.; а по проектному варианту – 241,6 руб.

Далее проведем экономическое обоснование предложенных изменений. Для этого будем использовать методику расчета показателей экономической эффективности, согласно которой мы получаем следующие данные.

$$P_{P.OЖ} = \mathcal{E}_{yT} = (C_{\text{ПОЛ.БАЗ}} - C_{\text{ПОЛ.ПР}}) \cdot P_T \text{ руб.} \quad (7.1)$$

$$P_{P.OЖ} = \mathcal{E}_{yT} = (402,9 - 241,6) \cdot 500 = 30650 \text{ руб.}$$

$$H_{\text{ПРИБ}} = P_{P.OЖ} \cdot K_{\text{НАЛ}} \text{ руб.} \quad (7.2)$$

$$H_{\text{ПРИБ}} = 30650 \cdot 0,2 = 6130 \text{ руб.}$$

$$P_{P.\text{ЧИСТ}} = P_{P.OЖ} - H_{\text{ПРИБ}} \text{ руб.} \quad (7.3)$$

$$P_{P.\text{ЧИСТ}} = 30650 - 6130 = 24520 \text{ руб.}$$

$$T_{\text{ОК.РАСЧ}} = \frac{K_{\text{ВВ.ПР}}}{P_{P.\text{ЧИСТ}}} + 1, \text{ года} \quad (7.4)$$

$$T_{\text{ОК.РАСЧ}} = \frac{82206,77}{24520} + 1 = 4,36 = 5 \text{ лет}$$

$$D_{\text{ДИСК.ОБЩ}} = P_{P.\text{ЧИСТ.ДИСК}}(T) = \sum_1^T P_{P.\text{ЧИСТ}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (7.5)$$

$$D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} = P_{P.\text{ЧИСТ.ДИСК}}(T) = 24520 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,1)^1} + \frac{1}{(1+0,1)^2} + \frac{1}{(1+0,1)^3} + \frac{1}{(1+0,1)^4} + \frac{1}{(1+0,1)^5} \right) = 92930,8 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \text{ЧДД} = D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} - K_{\text{ВВ.ПР}} \text{ руб.} \quad (7.6)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \text{ЧДД} = 92930,8 - 82206,77 = 10724,03 \text{ руб.}$$

$$ИД = \frac{D_{\text{ОБЩ.ДИСК}}}{K_{\text{ВВ.ПР}}} \text{ руб.} / \text{руб.} \quad (7.7)$$

$$ИД = \frac{92930,8}{82206,77} = 1,13 \text{ руб.} / \text{руб.}$$

Предлагаемые изменения по рассмотренному технологическому процессу можно считать экономически обоснованными, потому, что достигнуто снижение себестоимости на 20,3%. Кроме того, в результате расчетов была достигнута положительная величина интегрального экономического эффекта, которая составила 10724,03 руб., что свидетельствует об эффективности проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной работе разработан технологический процесс изготовления вала. Главной особенностью процесса является использование на операциях механической обработки люнетов. Они используются на токарных и шлифовальных операциях для повышения жесткости заготовок. Эта же система стабилизации оси вала применяется на первой после заготовительного этапа операции как система правки. Это обеспечивает точность заготовки – проката. Выравниваются остаточные технологические напряжения, что благоприятно сказывается на стабильности размеров вала.

Также в техпроцессе используются методы ППД при помощи накатных роликов. Предложенные усовершенствования подтверждаются расчетами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. СССР №1834791 Устройство для правки и упрочнения вала, 1991.
2. А.с. СССР №1682149 В24В39/00 Устройство для правки и упрочнения вала, 1991.
3. А.с. СССР В21D3/16 №1516171 Устройство для правки и упрочнения вала, 1989.
4. А.с. СССР В23В39/04 №1504071 Способ комбинированной обработки валов, 1989.
5. А.с. СССР В21D3/16 №1532120 Способ правки нежестких валов, 1989.
6. А.с. СССР В21D3/16 №1792764 Способ холодной правки нежестких деталей и устройство для его осуществления, 1993.
7. А.с. СССР №1652015 В21 D3/10 И.Б.Шендеров Способ правки осесимметричных изделий изгибом, 1991.
8. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/ В. И. Ануриев [и др.].- М.: Машиностроение, 1982. – 728с.
9. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 2-х т. Т.2/ В. И. Ануриев [и др.].-М.: Машиностроение, 1982. – 584с.
10. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 2-х т. Т.3/ В. И. Ануриев [и др.].- М.: Машиностроение, 1982. – 576с.
11. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов/ Ю.В. Барановский. - М.: Машиностроение, 1972. - 409 с.
12. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/ Косилова А.Г. [и др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2/ Косилова А.Г. [и др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
14. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения./А.Ф. Горбачевич, Шкред В.А. - Минск, "Высш. Школа", 1983 - 256 с.

15. Гусев А.А. Технология машиностроения (специальная часть)/ А.А. Гусев, М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.
16. Михайлов А.В., Расторгуев Д.А. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства/ А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев. - Тольятти: ТГУ, 2003. – 160 с.
17. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т.2/ Б.Н. Вардашкин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1984. – 656с.
18. Кузнецов Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник/ Ю.И. Кузнецов [и др.] – М.: Машиностроение, 1983. – 359с.
19. Марков Н.Н., Граневский Г.М. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов./ Н.Н. Марков, Г.М. Граневский – М.: Машиностроение, 1981. –367с.
20. Ординарцев И.А. Справочник инструментальщика/И.А. Ординарцев [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846с.
21. Суслов А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - М. : Машиностроение, 2007. - 429 с. : ил. - Библиогр.: с. 424-425
22. Лебедев В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта - Ростов н/Д : Феникс, 2008. - 361 с. : ил. - Библиогр.: с. 354-356. –
23. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с. : ил. - Библиогр.: с. 50. - 28-58.
24. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с. : ил. - Библиогр.: с. 55-56. - Прил. : с. 57-140. - ISBN 978-5-8259-0817-5 : 1-00.

25. Михайлов А.В., Расторгуев Д.А. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства/ А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев. - Тольятти: ТГУ, 2003. – 160 с.
26. Тайц В. Г. Технология машиностроения и производство подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин : учеб. пособие для вузов / В. Г. Тайц, В. И. Гуляев. - Гриф УМО. - М. : Академия, 2007. - 365 с.
27. Технология машиностроения: Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов н/Д : Феникс, 2008. - 361 с. : ил. - (Высш. образование). - Библиогр.: с. 354-356.
28. Ицкович Г.М. [и др.] Руководство к решению задач по сопротивлению материалов: Учебное пособие для вузов.-М.: Высш. Шк., 1999. – 592 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Разраб.	Евдокимов				ТГУ кафедра ОиТМП								10140.02001						
Провер.	Расторгуев																		
Утв.	Бобровский				Вал														
Н. контр.	Виткалов																		
M01	Сталь 50ХФА ГОСТ 14959-79																		
M02	Код		ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ.	Код загот.		Профиль и размеры			КД	МЗ					
	02		166	9,4	1		0,59	24		Ø104×506			1	15,9					
А	Цех.	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования							СМ	Проф.		Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.
A03	XX	XX	XX	000	Заготовительная												1		
B04	XX	XX	005 Правка																4,4
05			381101 Токарной фрезерный центр САТ 630;					Люнеты самоцентрирующие											
A06	XX	XX	XX	010	4269 Фрезерно-центровальная										ИОТ	ИЗ7101	7016-88		
B07	Фрезерно-центровальный МР73М							2	18632		22	1Р	1	1	1	35	1		3,4
008	Фрезеровать торцы, выдерживая l=38-0,63 мм; сверлить два центровочных отверстия, выдерживая l=17-0,058																		
O09																			
T10	396131 Тиски 7200-0252 ГОСТ 21168-75; 39280 Оправка для торцевых фрез 6222-4009-0113 К40/d22; 391854 Фреза торцовая со вставными ножами Т5К10																		
T11	ГОСТ 9413-80; 391240 Сверло центровочное Р6М5К5 Ø4; 393311 Штангенциркуль ШЦ – I - 1000-01 ГОСТ 166-80																		
12																			
A13	XX	XX	XX	015	4114 Токарная										ИОТ	ИЗ7101	7016-88		
B14	381101 Токарной фрезерный центр САТ 630							2	15292		22	1Р	1	1	1	35	1	15	14,5
O15	Точить пов.выдерживая размеры																		
T16	396110 Трех кулачковый поводковый патрон ПЗК-У-315Ф8.93; 392871 Центр вращающийся ХМИЗ 703204002; Люнет неподвижный; 392190 Резец контурный 2103-																		
T17	0711 ГОСТ 20872-80 Т10К8 392190 Резец контурный 2103-0711 ГОСТ 20872-80 Т15К6; 392190 Резец канавочный 035-2126-1183 ОСТ 2И10-7-84																		
18	392190 Резец канавочный 035-2126-1835 ОСТ 2И10-7-84 Т15К6 393311 ШЦ-III ГОСТ 166-73;Т 166-73																		
19																			
A20	XX	XX	XX	020	Термообработка										ИОТ	ИЗ7101	7016-88		
B21	Печь электрическая							2			22	1Р	1	1	1	35	1		
O22	Калить.																		
23																			
24																			
T25																			
26																			
МК																			

А	Цех.	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа							
---	------	-----	----	-------	----------------------------	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--

Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.
A01	XX	XX	XX	025	4132 центрошлифовальная											
B02	381311 Центрошлифовальный TOYODA GC 12-130					2	15887	22	1Р	1	1	1	35	1	20	2,9
O03	Шлифовать пов., выдерживая размеры															
O4																
T05	396131 Тиски с призматическими губками Головка шлифовальная коническая EW 10x25x6 25AF40 P 7 V 35 A ГОСТ Р 52781-2007															
O6	Микрометр CP25-50ГОСТ 11098-64; 1ИГ 0,4 мкм; Профилограф профилометр мод. 201															
O7																
A08	XX	XX	XX	030	4131 Шлифование черновое											
B09	381101381311 Торцруглошлифовальный станок 3Т160					2	18873	22	1Р	1	1	1	35	1	20	5,3
O10	Шлифовать пов., выдерживая размеры															
O11																
T12	39392811 Патрон поводковый 7108-0059 ГОСТ 2572-72; 396110 Центр вращающийся 7032-4159-0035 KM5; 398110 Круг шлифовальный 25AF4 O6V35A ГОСТ Р															
T13	52781-2007; Микрометр CP25-50ГОСТ 11098-64; 1ИГ 0,4 мкм; Профилограф профилометр мод. 201															
O14																
A15	XX	XX	XX	035	4131 Шлифование чистовое							ИОТ	ИЗ7101	7013-88		
B16	381311 Круглошлифовальный станок 3У142					2	18632	22	1Р	1	1	1	250	1		6,5
O17	Шлифовать пов., выдерживая размеры															
T18	392811 Патрон поводковый 7108-0059 ГОСТ 2572-72; 396110 Центр вращающийся 7032-4159-0035 KM5; 398110 Круг 25AF4 O6V35A ГОСТ Р 52781-2007															
O14	Микрометр CP25-50ГОСТ 11098-64; 1ИГ 0,4 мкм; Профилограф профилометр мод. 201															
A15	XX	XX	XX	040	4114 Токарная с ЧПУ							ИОТ	ИЗ7101	7017-83		
B16	381101 Токарной станок МК6731					2	15292	22	1Р	1	1	1	35	1		1,9
O17	Точить пов.выдерживая размеры															
O18																
T19	396110 Патрон поводковый 7108-0059 ГОСТ 2572-72; Центр вращающийся 7032-4159-0035 KM5; Люнет неподвижный; 392190 Накатник ШХ15															
O20																
A21	XX	XX	XX	045	Моечная											
B22	Камерная моечная машина															
O23																
T24																
A25	XX	XX	XX	050	Контрольная											
B26	Контрольный стол															
O27																
T28																

Разработ.	Евдокимов			ТГУ ТМбз-1131									
Проверил	Расторгуев												
Н. контр.	Виткалов			Вал								035	
Утвердил	Бобровский												
Наименование операции		Материал			Твердость		ЕВ	МД	Вид и размеры заготовки			МЗ	ОИД
4131 Шлифование чистовое		Сталь 50ХФА ГОСТ 14959-79			220 НВ		кг	9,4	штамповка			15,9	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			T _о	T _в	T _{ПЗ}	T _{шт}	СОЖ				
381311 Круглошлифовальный станок 3У142					3,6	1,2	20	6,5	Укринол 1				
Р		D(в)мм	Lмм	tмм	i	S _z мм/зуб	S ₀ мм/об	S _м мм/мин	n ₁ об/мин	v ₁ м/мин	n об/мин	Точн.	
O01	1. Установить (снять) заготовку												
T02	392811 Патрон поводковый 7108-0059 ГОСТ 2572-72; 396110 Центр вращающийся 7032-4159-0035 КМ5												
O03	2. Шлифовать пов., выдерживая d=42,1-0,046 мм, l=42 мм; d=40,1-0,046 мм, l=42 мм; d=38,018-0,016 мм, l=72 мм												
T04	398110 Круг 25AF4 O6V35A ГОСТ Р 52781-2007												
P05		42,1	42	0,1	2		0,25		460	58		1,8	
O06	3. Раскрепить и переустановить заготовку												
T07	392811 Патрон поводковый 7108-0059 ГОСТ 2572-72; 396110 Центр вращающийся 7032-4159-0035 КМ5												
08													
O09	4. Шлифовать пов., выдерживая d=42,1-0,046 мм, l=42 мм; d=40,1-0,046 мм, l=42 мм; d=38,018-0,016 мм, l=72 мм;												
T10	398110 Круг 25AF4 O6V35A ГОСТ Р 52781-2007												
P11		42,1	42	0,1	2		0,25		460	58		1,8	
O12	5. Раскрепить и снять заготовку												

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
Разраб.	Евдокимов						ТГУ													
Провер.	Расторгуев						Кафедра ОТМП													
Утв.	Бобринский						Вал													
Н. контр.	Витколов																			

Установ А

584 *

744 ± 0.05

792 ± 0.05

42 *

42 *

φ42,1-0,046

φ40,1-0,046

φ38,018-0,016

Ra 0,63

Ra 125

Ra 125

КЭ

035

Разработ.	Евдокимов			ТГУ ТМбз-1131											
Проверил	Расторгуев														
Н. контр.	Виткалов			Вал										040	
Утвердил	Бобровский														
Наименование операции		Материал			Твердость		ЕВ		МД		Вид и размеры заготовки			МЗ	ОИД
4111 Токарная		Сталь 50ХФА ГОСТ 14959-79			220 НВ		кг		9,4		штамповка			15,9	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			Т _о		Т _в		Т _{пз}		Т _{шт}		СОЖ		
381101 Токарной станок МК6731					0,7		0,5		10		1,9		Укринол 1		
Р	D(в)мм			Lмм	tмм	i	S _z мм/зуб	S ₀ мм/об	S _м мм/мин	n ₁ об/мин	v ₁ м/мин	п об/мин	Точн.		
O01	1.Установить (снять) заготовку														
T02	396110 Патрон поводковый 7108-0059 ГОСТ 2572-72; Центр вращающийся 7032-4159-0035 КМ5														
O03	Накатать пов., выдерживая d=40,018-0,016 мм, l=18 мм; d=42,046-0,016 мм, l=42 мм														
T04	Накатник ШХ15														
P05		40,018	18	0,1	2		0,8			1400	180		0,7		

Дудл.																			
Взам.																			
Подл.																			
Разраб.	Евдокимов			ТГУ Кафедра ОТМП															
Провер.	Расторгуев																		
Утв.	Бодровский			Вал															
Н. контр.	Виткалов																		

$\sqrt{Ra\ 0,63}$

Technical drawing of a shaft with the following dimensions and tolerances:

- Left end diameter: $\phi 40k6(+0,018/+0,002)$
- Left end length: 84^*
- Left end step length: $102-0,01$
- Shaft diameter: $\phi 42-0,016$
- Shaft length: $762-0,01$
- Right end diameter: $\phi 42,0k7-0,016$
- Right end step length: 18^*
- Right end diameter: $\phi 40k6(+0,018/+0,002)$

КЭ

040

