

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа __ ИШНПТ __
 Направление подготовки _Машиностроение_
 Отделение школы (НОЦ) __Материаловедение__

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Снижение остаточных напряжений в обработанных дорнованием толстостенных цилиндрах наложением дополнительной растягивающей нагрузки

УДК 539.401-044.57.621.787.624.074

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Засорин Михаил Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Бознак А.О.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский В.Ю.	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романова С. В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		

Томск – 2019 г.

Планируемые результаты освоения ООП

«Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении»

Код	Результат обучения*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
P1	Способность применять гуманитарные, естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин с применением компьютерных технологий	ОПК-1, ОПК-5, УК-1 ФГОС ВО 3+ и проект ФГОС ВО 3++, СУОС ТПУ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса.
P2	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники.	ОПК-3, ОПК-11, ОПК-12, УК-1, УК-2, УК-3 ФГОС ВО 3+ и проект ФГОС ВО 3++, СУОС ТПУ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса.
P3	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, методическую документацию, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения, проводить обучающие семинары, лабораторные или практические занятия со студентами	ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-6, ОПК-9, ОПК-10 ФГОС ВО 3+ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса.
P4	Способность выполнять и обосновывать инженерные проекты для создания сложных конкурентоспособных изделий машиностроения и технологий их производства, в том числе с использованием современных CAD/ CAM/ CAE продуктов.	ОПК-5, ОПК-6, УК-1 ФГОС ВО 3+ и проект ФГОС ВО 3++, СУОС ТПУ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса.
P5	Готовность обеспечивать прогрессивную эксплуатацию оборудования и других средств технологического оснащения автоматизированного производства изделий машиностроения, осваивать и совершенствовать технологические процессы изготовления новых конкурентоспособных изделий, обеспечивать их технологичность.	ОПК-11 ФГОС ВО 3+ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса. 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам. Зарегистрировано в Минюсте России 21 марта 2014 г. N 31692 40.001 Специалист по патентоведению. Зарегистрировано в Минюсте России 21 ноября 2013 г. N 30435 28.002 Специалист по контролингу машиностроительных организаций. Зарегистрировано в Минюсте России 23

		сентября 2015 г. N 38979 28.008 Специалист по инжинирингу машиностроительного производства. Зарегистрировано в Минюсте России 21 марта 2017 г. N 46069 28.001 Специалист по проектированию технологических комплексов механосборочных производств. Зарегистрировано в Минюсте России 10 июля 2015 г. N 37972 28.003 Специалист по автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Зарегистрировано в Минюсте России 24 сентября 2015 г. N 38991 40.013 Специалист по разработке технологий и программ для станков с числовым программным управлением. Зарегистрировано в Минюсте России 04 мая 2017 г. N 46603 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства. Зарегистрировано в Минюсте России 10 мая 2017 г. N 46667 40.083 Специалист по компьютерному проектированию технологических процессов. Зарегистрировано в Минюсте России 29 января 2015 г. N 35787 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства. Зарегистрировано в Минюсте России 13 августа 2015 г. N 38513
--	--	--

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа __ ИШНПТ
Направление подготовки __ 150401/Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) __ Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ71	Засорину Михаилу Александровичу

Тема работы:

Исследование остаточных напряжений и уменьшения их влияния при дорновании	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.05.2019 №3659\с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе 1. Исследовать возможность снижения остаточных напряжений в обрабатываемых дорнованием толстостенных цилиндрах путем наложения на них в процессе дорнования растягивающей нагрузки.	Задачи: 1. Изучить влияние остаточных напряжений. 2. Разработать способы управления остаточными напряжениями. 3. Выявить возможность уменьшения остаточных напряжений.
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Обзор научно-технической литературы. 2. Изучение влияния остаточных напряжений. 3. Изучить способы уменьшения влияния остаточных напряжений; 4. Изучить метод уменьшения остаточных напряжений путём приложения дополнительных растягивающих усилий;
Перечень графического материала	1. Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point);
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Бознак Алексей Олегович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Романова Светлана Владимировна
Исследовательский (на англ. яз.)	Ажель Юлия Петровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
1. Введение 2. Обзор научно-технической литературы 3. Методика эксперимента	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Бознак А.О.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Засорин Михаил Александрович		

Выпускная квалификационная работа 117 с., 25 рис., 28 табл., 50 источников, 1 прил.

Ключевые слова: остаточные напряжения, дорнование, дорн, растягивающие усилия, натяг, углы.

Объект исследования – Заготовка из материала сталь 45 с отверстием диаметра 5мм.

Цель работы - способы уменьшения влияния остаточных напряжений путём приложения заготовки дополнительных растягивающих усилий.

Область применения: авиационная промышленность, ракетно-космическая промышленность.

Оглавление

Введение:	9
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	10
1.1 Краткая характеристика, технологические возможности и область применения процесса дорнования.....	11
1.2 Схемы и режимы обработки при дорнования	13
1.3 Режимы дорнования.....	18
1.4 Смазывающий материалы для дорнования	21
1.5 Остаточные напряжения.....	22
1.6 Остаточные напряжения при дорновании	24
1.7 Методы снятия остаточных напряжений	25
1.8 Положительное влияние остаточных напряжений на эксплуатационные и ресурсные характеристики металлоизделий	27
1.9 Цели и задачи и задачи исследования.....	27
2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	29
2.1 Изготовление образцов, условия экспериментов и технологическая оснастка	30
2.2 Методика изготовления образцов.....	31
2.3 Описание конструкции приспособления	39
2.4 Описание работы установки	40
2.5 Расчёт диаметра штока	40
2.6 Проектирование технологии сборки приспособления	41
2.6.1 Разработка технологической схемы сборки	41
2.6.2 Разработка маршрутного технологического процесса сборки и его нормирование	43
2.7 Измерение размеров образцов	46
2.7.1 Измерение наружных и внутренних размеров поверхностей детали.....	46
2.7.2 Измерение остаточных напряжений детали	48
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	51
3.1 Остаточные напряжения.....	52
3.2 Анализ графиков	59
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	62
4.1 Организация и планирование работ	64
4.2 Продолжительность этапов работ	65

4.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	70
4.4 Расчет затрат на материалы.....	70
4.5 Расчет заработной платы	71
4.6 Расчет затрат на социальный налог	72
4.7 Расчет затрат на электроэнергию.....	72
4.8 Расчет амортизационных расходов	74
4.9 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных).....	75
4.10 Расчет прочих расходов.....	76
4.11 Расчет общей себестоимости разработки	76
4.12 Расчет прибыли	77
4.13 Расчет НДС	77
4.14 Цена разработки НИР	77
4.15 Оценка экономической эффективности проекта.....	77
4.16 Результаты проведенного исследования.....	78
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	79
Введение по разделу социальная ответственность	81
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда.....	82
5.2 Производственная безопасность.....	83
5.3 Анализ выявленных вредных факторов:.....	84
5.3.1 Отклонение показателей микроклимата	84
5.3.2 Превышение уровня шума.....	85
5.3.3 Повышенный уровень вибраций.....	86
5.3.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	87
5.3.5 Эмоциональные нагрузки	89
5.3.6 Повышенная температура материала	89
5.3.7 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	90
5.4 Экологическая безопасность	90
5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС)	91
5.6 Пожарная безопасность	92
5.7 Заключение по разделу социальная ответственность	94
Список источников:	95

Введение:

В машиностроении постоянно возрастают требования к точности размеров и обеспечению высокого качества рабочих поверхностей деталей машин, в частности предъявляются высокие требования к точности и качеству поверхности при обработке отверстий малых диаметров.

Существует широкая номенклатура деталей, имеющих цилиндрические отверстия, к качеству и механическим свойствам поверхности которых предъявляются высокие требования. К таким деталям относятся гильзы гидро- и пневмоцилиндров, втулки, и т.д. Эксплуатационные свойства этих деталей во многом определяются физико-механическими свойствами их поверхностного слоя, непосредственно участвующего в работе.

В процессе эксплуатации любого изделия, в том числе и изготовленного из металла, основную нагрузку воспринимает его наружная поверхность, в то время как внутренние слои остаются практически нетронутыми. В качестве такой нагрузки, может выступать термическое, механическое и химическое воздействия. В связи с изложенным можно сказать, что важным является вопрос, изучения способов улучшения свойств поверхностного слоя.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Краткая характеристика, технологические возможности и область применения процесса дорнования.

На практике точная обработка отверстия оказывается более сложной, чем обработка наружной поверхности.

При обработке отверстий, в связи с ограниченностью рабочего пространства в нём, приходится уменьшать размеры поперечного сечения режущего инструмента, т.е. снижать его жесткость и допускать появление вибраций в процессе резания. Кроме того, обработка усложняется плохим выводом стружки [13].

Следовательно, из-за перечисленных выше проблем для точной обработки отверстий выгодно применять дорнование. После данного процесса шероховатость отверстия уменьшается, кроме того при данном методе отсутствует снятие стружки, поскольку это метод ППД (поверхностного пластического деформирования).

Сущность процесса дорнования заключается в перемещении рабочего инструмента дорна в отверстии заготовки с натягом (рис.1.1).

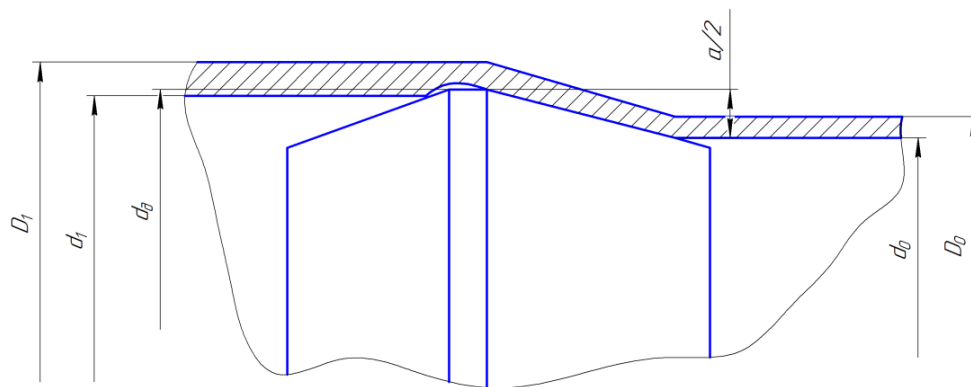


Рисунок 1.1 - Схема дорнования

Где d_0, d_1 – диаметр отверстия заготовки до и после дорнования; d_d – диаметр дорна; D_0, D_1 – наружный диаметр детали до и после дорнования; a – натяг;

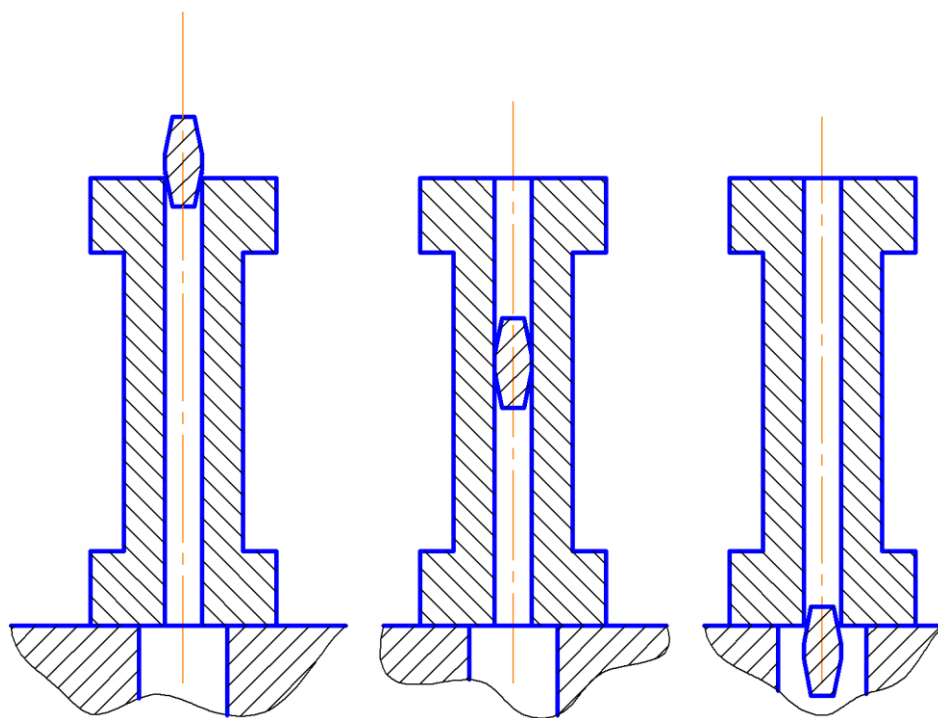


Рисунок 1.2- Схема процесса дорнования

В процессе обработки за счёт натяга обеспечивается упрочнение металла в поверхностном слое, сглаживание исходной шероховатости, а также улучшается точность отверстия. При дорновании поверхность отверстий, выполненных в металлических деталях, подвергают пластической деформации в холодном состоянии, за счет чего на них формируется слой, отличающийся исключительными механическими характеристиками. [6]

Дорнование глубоких отверстий малого диаметра ($d = 1...3$ мм), выполняемое с использованием больших суммарных натягов (до $0,1d$) твердосплавными дорнами, является простым и производительным методом их отделочно-упрочняющей обработки, обеспечивающим высокую точность и качество поверхностного слоя отверстий, в том числе полученных сверлением спиральными сверлами.

Дорнование может быть использовано, кроме упрочнения, и для специальных целей – для повышения статической прочности различных деталей типа цилиндров [12].

Поверхностное дорнование обеспечивает обработку отверстий с точностью IT6...9 и шероховатостью $Ra = 0,32...0,04$ мкм. При поверхностном дорновании пластически деформируется поверхностный слой. Поверхностное дорнование относят к методам ППД.

Объёмное дорнование относят к методам обработки металлов давлением, пластическое деформирование происходит по всему поперечному сечению обрабатываемой детали. При объёмном дорновании в заготовках за один рабочий ход многозубого дорна можно получить отверстия точностью IT11 и шероховатостью обработанных поверхностей – $Ra = 0,63-0,04$ мкм.

В дальнейшем в работе будет рассматриваться только метод поверхностного дорнования.

1.2 Схемы и режимы обработки при дорновании

Известны три основные схемы дорнования:

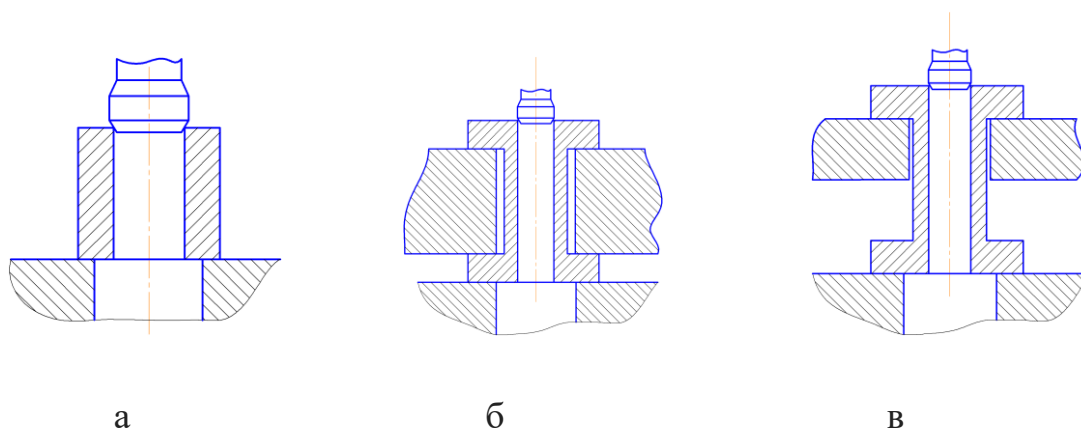


Рисунок 1.3 - Схемы дорнования

Дорнование отверстий с осевым «сжатием» заготовки (рис1.3а). Применяют для изготовления втулок, гильз с отношением $L/d < 8$. Заготовку устанавливают торцом на опорную втулку (устройство) с отверстием, большим диаметра дорна. При обработке отверстий в гильзах с отношением $L/d > 5$ между дорнами устанавливают опорные кольца. Опорные кольца уменьшают прогиб образующей дорнованного отверстия. Заготовки в виде колец и коротких втулок обрабатывают пуансонами, прошивками либо протяжками в наборе по несколько деталей.

При деформации отверстия в передающем сечении заготовки возникают осевые сжимающие напряжения, величина которых ограничена потерей устойчивости тонкостенных, длинных труб [14].

Дорнование отверстий в длинных, тонкостенных гильзах с отношением $L/d > 8 \dots 10$ производится по схеме с растяжением детали (рис1.3б). При этом деталь опирается на технологический фланец, бурт, выточку, предварительно образуемую на трубной заготовке. В отверстиях таких деталей со стороны фланца предусматривается коническая заходная часть либо выточка, что исключает деформацию фланца в процессе дорнования.

В передающей зоне детали возникают осевые растягивающие напряжения, снижающие вероятность появления прогиба образующих, а наличие фланца значительно повышает допускаемую раздачу отверстия до момента появления признаков разрушения металла [14].

Данная схема рекомендуется для обработки отверстий дорнованием в гильзах с фланцами.

С осевым заневоливанием (рис1.3в)

В зависимости от величины и направления действующих на заготовку осевых сил различают схемы дорнования с осевым сжатием (схема сжатия), с осевым растяжением (схема растяжения) и с дополнительным натяжением свободного конца заготовки (схема с противонатяжением). Схемы сжатия применяют в основном для обработки сравнительно коротких изделий с отношением, а схемы растяжения и с противонатяжением – для обработки длинных изделий типа гильз и корпусов гидроцилиндров.

Дорн – инструмент для дорнования. Дорны могут быть однозубые и многозубые, цельные и набранные из отдельных зубьев.

По конструктивному оформлению дорны бывают самых различных типов: (рис1.3)

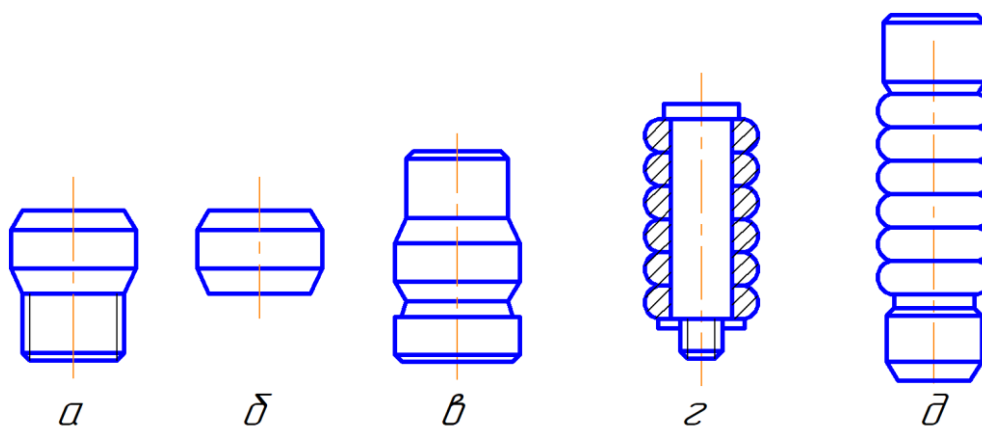


Рисунок 1.4- Виды дорнов

- а) однозубый с хвостовиком для работы на протяжном станке;
- б) однозубый без хвостовика для работы на прессе;
- в) однозубый без хвостовика с направляющим пояском;
- г) наборный дорн; [3]
- д) цельный многозубый дорн;

При дорновании однозубым дорном по схеме сжатия заготовка устанавливается на неподвижную опору, дорнование производится со стороны свободного торца. По сравнению с другими схемами дорнования характеризуется наименьшим утонением стенки и наибольшим укорочением заготовки.

Дорнование однозубым дорном по схеме растяжения производится со стороны опорного торца. Схема предпочтительнее предыдущей, так как обеспечивает более высокую точность обработки отверстия заготовки. Утонение стенки более интенсивное, укорочение минимальное.

Дорнование с противонатяжением осуществляется с помощью специального натяжного устройства, обеспечивающего определенный уровень осевых напряжений в стенках заготовки. Натяжение заготовки существенно изменяет условия деформирования. Схема дорнования с противонатяжением может быть использована для управления деформациями с целью получения заданного изменения толщины стенки [24].

Дорнование многозубыми дорнами применяется с целью совмещения дорнования с калиброванием отверстия заготовки для получения точного отверстия и малой шероховатости обработанной поверхности. Осуществляется по схемам сжатия, растяжения или противонатяжения.

Осевые напряжения при многозубом дорновании всегда переменны по длине заготовки. Распределение этих напряжений зависит от принятой схемы дорнования, числа деформирующих зубьев дорна и их относительного расположения, величины суммарного натяга дорнования и схемы его распределения по зубьям дорна и других

факторов. У поверхности отверстия образуются благоприятные в эксплуатации сжимающие остаточные напряжения [24].

К дорнам применяют жёсткие требования при их изготовлении, поскольку после дорнования шероховатость обработанной поверхности должна уменьшаться и достигается точность диаметра обрабатываемого дорнованием отверстия. Рабочие поверхности дорнов обрабатываются с шероховатостью $Ra = 0,08-0,04$ мкм, которая обычно формируется доводкой. [25]

Для изготовления дорнов используют стали и сплавы инструментальные (У10А и У12А); легированные (ХВГ, ШХ15, Х12Ф и ХВ5); быстрорежущие (Р18), высокомарганцовистая сталь ЭИ-256 показала хорошие результаты по износостойкости, твёрдые сплавы (ВК8, ВК10, ВК15). Стальные дорны могут успешно применяться при обработке цветных сплавов. Для повышения стойкости дорнов на их рабочую поверхность наносят износостойкие покрытия, например, из нитрида хрома (CrN) или нитрида титана (TiN). [25]

Их применение позволяет обеспечить высокую стойкость инструментов и в большинстве случаев избавиться от нежелательного явления схватывания материалов инструмента и обрабатываемой детали.

Рабочая часть зубьев дорна может быть выполнена в виде сферы или тора, а также в виде двух усеченных конусов, соединенных у их больших оснований 14 цилиндрической ленточкой. Вследствие высокой технологичности наиболее распространенными являются дорны с рабочей частью последнего вида. Один из конусов является рабочим и осуществляет пластическое деформирование материала детали, а второй – обратным, и обеспечивает плавный выход дорна (зуба) из очага

пластической деформации. Цилиндрическая ленточка, соединяющая эти конусы, формирует диаметр получаемых отверстий. Углы рабочего и обратного конусов обычно принимают равными и выбираются из соображений обеспечения минимального усилия, необходимого для проталкивания (протягивания) дорна через отверстие. Их оптимальные значения находятся в пределах $6...12^\circ$. Оптимальная ширина цилиндрической ленточки – $0,1...3$ мм. Находят применение также инструменты с нанесенным на их рабочую поверхность регулярным микрорельефом. Твердосплавные шары, как инструменты, имеют ряд достоинств, к которым относятся: точность формы, высокая прочность и стойкость. Однако их изготовление возможно лишь на специализированном оборудовании. Значительным недостатком шаров, проявляющимся при дорновании отверстий малых диаметров, является невозможность работы с большими натягами. Например, чтобы углы контакта шара диаметром 2 мм с обрабатываемым отверстием не превышали 10° , натяг должен быть меньше 0,03 мм.

После закалки и отпуска достигаемая твёрдость рабочей поверхности стальных дорнов доходит до HRC 62...65. Стальные дорны, покрытые тонким слоем хрома, толщиной $0,005...0,012$ мм, или азотированные на глубину $0,5...0,7$ мм, имеют стойкость в 2-4 раза больше. Опытным путём было установлено, что наилучшие результаты по стойкости дают твёрдосплавные дорны [13].

1.3 Режимы дорнования

Для успешной реализации процесса дорнования следует соблюдать следующие требования:

1) Выбор оптимального натяга.

Основным параметром режима дорнования является натяг. От его величины зависит величина остаточного деформирования, степень и глубина наклепа, величина и глубина распространения остаточных напряжений и т.д. В свою очередь величину оптимального натяга следует выбирать с учетом ряда факторов: механических свойств обрабатываемого металла, равномерности и толщины стенок заготовки, размера отверстия, величины и направления следов исходной шероховатости, качества смазывающей жидкости и др.

Считается, что при $D/d > 3$ усилия дорнования (и контактные давления) сохраняются постоянными, наружная область деталей независимо от натяга дорнования всегда находится в упругом состоянии, а вытесняемый из отверстия металл в основном смещается в виде наплывов на торцы деталей, как показали предварительные эксперименты, нельзя распространять на область больших натягов дорнования. Вполне очевидно, что влияние указанного геометрического параметра на процесс дорнования отверстий нужно рассматривать во взаимосвязи с другими геометрическими параметрами полых цилиндров - диаметром отверстий d и относительной высотой L/d , а также режимами дорнования, его схемами и механическими свойствами металла деталей. Для обоснованного проектирования операции дорнования глубоких отверстий малого диаметра в полых толстостенных цилиндрах нужно располагать математическими зависимостями для оценки усилий дорнования, усадки отверстий и деформаций наружной поверхности цилиндров, которые в настоящее время отсутствуют. [23]

2) Выбор скорости дорнования.

На сегодняшний день известно, что скорость слабо влияет на результат процесса дорнования. Таким образом, скорость дорнования выбирается максимальный исходя из возможности оборудования, но образование нароста при увеличении скорости вследствие повышенного выделения теплоты в зоне контакта увеличивается. Особенно это сказывается при дорновании вязких материалов. Поэтому для них рекомендуется принимать скорость дорнования равной 0,03-0,08 м/с, а для менее пластичных материалов – 0,08-0,11 м/с. Для данного процесса может применяться различное оборудование. Чаще всего используются персы, протяжные станки, в частных случаях модифицируют станки.

3) Тяговые усилия.

Тяговые усилия при изготовлении полых цилиндров из трубы являются важной характеристикой процесса пластического деформирования цилиндрических поверхностей, значение которой необходимо для: выбора оборудования требуемой мощности и усилия; расчёт инструмента и деформирующих элементов на жёсткость и прочность и т.д. [14]

Так как от угла α напрямую зависит величина прилагаемого тягового усилия и последующая чистота поверхности необходимо выбирать его с особой тщательностью. При неудачном выборе этого угла в сторону уменьшения необходимо приложить большую силу дорнования, что вызывает значительный сдвиг поверхностных слоев металла, разрывает масляную подушку и создает царапины и надиры на обрабатываемой поверхности. Значительное увеличение угла может привести к тому, что заборная часть дорна проскользнет в отверстии и ею не будет выполнена основная часть работы, которая приходится на

рабочий конус. В результате чего дорн может повести в отверстиях, т.к. вся деформация будет происходить в зоне цилиндрической ленточки и как следствие выход инструмента из строя.

При конструировании и изготовлении дорна необходимо соблюдать следующие условия:[16]

На процесс дорнования, кроме формы рабочего профиля дорна, оптимального натяга и скорости дорнования, влияют следующие факторы: механические свойства материала обрабатываемой детали, её размеры и степень точности предварительной обработки отверстия. [13]

1.4 Смазывающий материалы для дорнования

Необходимо отметить важную роль смазывающего материала в процессе дорнования. При обработке отверстий методом дорнования неправильный выбор смазки может резко ухудшить качество обрабатываемой поверхности, привести к понижению стойкости инструмента и увеличению тягового усилия в процессе дорнования. Отсутствие смазки в процессе дорнования приводит к налипанию металла на поверхность дорна, что может вызвать его заклинивание.

Смазка должна образовывать на деформируемой поверхности тончайшую плёнку, разделяющую металлические поверхности (инструмент- заготовка), что уменьшает коэффициент трения и равномернее распределяет давление на рабочей поверхности дорна. [14]

При выборе смазочного материала необходимо исходить из условия получения наилучшей чистоты обработанной поверхности. Как правило, при дорновании применяются жирные кислоты, соединения глицерина с пальмитиновой кислотой, эмульсия Укринол, эмульсия Аквол-2, масло МР-1 (для омедненных поверхностей).

Для мало и среднеуглеродистых сталей при обработке дорнами с небольшими относительными натягами (до 0,006 мм) применяются индустриальное и веретенное масла, эмульсии, сульфифрезол и др., а при дорновании более прочных сталей с большими относительными натягами – смеси минеральных и растительных масел с олеиновой кислотой, мылами, а также минеральные масла с наполнителями – графитом, серой, тальком.

Использование порошкообразного дисульфита молибдена или в смеси с минеральным маслом в соотношении 2:1 дает весьма хорошие результаты. Чугун хорошо обрабатывается с керосином, сплавы на медной основе – с эмульсиями и минеральными маслами, а алюминиевые сплавы – с мыльной водой и смесью минеральных и растительных смазок и жиров. Для сплавов на медной основе используются минеральные масла и эмульсии.

Правильно подобранный смазочный материал способен уменьшить параметр R_a обработанной поверхности и снизить коэффициент трения.

1.5 Остаточные напряжения

На сегодняшний день процесс дорнования активно применяется при изготовлении деталей типа втулок, отверстий труб и т.п. Однако существует следующие недостатки данного процесса: высокие остаточные напряжения, образование наплывов на торцах обрабатываемого изделия, не все материалы могут быть обработаны данным способом, необходимость обеспечивать высокую точность инструмента.

Поскольку остаточные напряжения являются одной из основных проблем при дорновании, рассмотрим методы уменьшения образующихся при дорновании остаточных напряжений.

Остаточные напряжения присутствуют всегда. Причиной возникновения остаточных напряжений является неоднородность деформированного состояния твердого тела из-за различного изменения в разных местах его длины или объема.

Остаточные напряжения оказывают значительное влияние на прочность и долговечность деталей. Знать величину и распределение остаточных напряжений необходимо для последующего конструктивного учёта или уменьшения вредных остаточных напряжений на поверхности детали, а также для наилучшего использования их в случае появления в поверхностном слое полезных сжимающих напряжений.

Остаточными или предварительными, или технологическими называют напряжения, существующие в конструкции или в отдельных ее элементах при отсутствии внешних силовых, тепловых и других воздействий. В технике для обозначения остаточных напряжений используют также названия технологических процессов, после которых они проявляются: сварочные напряжения, закалочные напряжения, деформационные, напряжения правки или отделки продукции. Остаточные напряжения играют значительную роль в технике. [11]

Неравномерный нагрев тонких поверхностных слоев в процессе мех. обработки. Структурные превращения, возникающие как за счет тепла, так и за счет пластических деформаций. В зависимости от вида и режима механической обработки действует различное сочетание

указанных причин. Это приводит к образованию остаточных напряжений различной величины и различного знака.

Остаточное напряжение можно разделить на:

1. Остаточные напряжения первого рода, которые уравниваются в объемах, соизмеряемых с объемом изделий и имеют ориентированное направление.
2. Остаточные напряжения второго рода, уравниваемые в объемах одного порядка с объемом кристаллов. Эти напряжения не имеют определенного направления,
3. Остаточные напряжения третьего рода, которые уравниваются в объемах одного порядка с элементарной кристаллической ячейкой (с атомной ячейкой)

Вредные остаточные напряжения являются скрытым дефектом. Для их уменьшения принимаются различные комплексы мер. [3]

1.6 Остаточные напряжения при дорновании

После дорнования в зоне отверстия реализуется сложное напряженное состояние. Следует отметить, что в результате дорнования остаточные напряжения распределяются по высоте отверстия неравномерно. Причиной данной особенности является наличие «корсетности» отверстия и образования наплыва на свободном крае.

При дорновании глубоких отверстий малого диаметра, выполняемого с большими натягами, в полых толстостенных цилиндрах формируются весьма значительные окружные, радиальные и осевые остаточные напряжения.

Около отверстия напряжения являются сжимающими. Увеличение степени толстостенности полых цилиндров вызывает существенное

повышение всех компонентов остаточных напряжений. При этом особенно сильно возрастают осевые остаточные напряжения.

Нежелательным является создание при дорновании слишком высоких напряжений окружного сжатия на внутренней поверхности после выхода дорна из очага деформации. В случае, если это окружное сжатие превзойдёт первоначальный предел текучести материала, на внутренней поверхности цилиндра после удаления давления появится неупругая деформация обратного знака. [13]

В обработанных дорнованием с большими натягами заготовках формируются весьма значительные окружные, радиальные и осевые остаточные напряжения. Наибольшими являются окружные остаточные напряжения, значения которых вблизи отверстия близки к пределу текучести материала заготовок. Все компоненты остаточных напряжений возрастают с увеличением степени толстостенности заготовок, натяга и числа циклов дорнования.

1.7 Методы снятия остаточных напряжений

В некоторых случаях возникает необходимость в уменьшении или полном снятии остаточных напряжений в изделии. Для этого могут быть использованы различные способы приложения к детали (имеющей остаточные напряжения) усилий, вызывающих пластическую деформацию, различные виды термических обработок и т. д.

Наиболее распространённым способом для этого считают термическую обработку. Один из методов термической обработки для уменьшения остаточных напряжений является высокий отпуск изделий, суть которого состоит в нагревании их с последующим медленным охлаждением. [5]

Для наиболее полного снижения остаточных напряжений в деталях после холодного пластического деформирования отжиг.

Отжиг – вид термической обработки, заключающийся в нагреве до определённой температуры, выдержке в течение определенного времени при этой температуре и последующем, обычно медленном, охлаждении до комнатной температуры. При отжиге осуществляются процессы возврата (отдыха металлов), рекристаллизации и гомогенизации. Однако при такой обработке снимается сформированное после холодного пластического деформирования упрочнение, что во многих случаях недопустимо. Поэтому приходится либо мириться с недостаточно полным снятием остаточных напряжений при низких температурах отжига, либо идти на компромисс, добиваясь более существенного снятия остаточных напряжений при некотором ухудшении механических свойств.

Недостатком такого метода является: ухудшение механических свойств стали ввиду роста зерна; появление вторичной неоднородности и пористости; возникновение коагуляции избыточных фаз. Достоинством такого метода является: снятие внутренних напряжений; рекристаллизация; гомогенизация.

Сущность метода снятия остаточных напряжений путем приложения внешней нагрузки состоит в следующем: при приложении к детали внешней нагрузки напряжения, вызываемые ею, складываются с остаточными напряжениями, уже имеющимися в детали, и вызывают местную пластическую деформацию в местах наибольших остаточных напряжений. Пластическая деформация снимает остаточные напряжения в той или иной степени или приводит к их перераспределению по поперечному сечению детали.

1.8 Положительное влияние остаточных напряжений на эксплуатационные и ресурсные характеристики металлоизделий

Остаточные напряжения могут носить не только отрицательный характер, который наблюдается в большинстве случаев, но могут играть и положительный эффект.

Однако эффективное использование такого приёма, например, для повышения прочности различных цилиндрических объектов возможно только при глубоком понимании физико-механических изменений, происходящих в металле при деформировании, если известны величина и характер распределения напряжений в стенке обрабатываемой детали. [13]

Важно знать о растягивающих напряжениях, образующихся на наружной стенке обрабатываемого дорнованием цилиндра, так как превышение некоторого предела эти напряжения могут привести к преждевременному разрушению.

1.9 Цели и задачи и задачи исследования

Цель работы – исследовать возможность снижения остаточных напряжений в обрабатываемых дорнованием толстостенных цилиндрах путем наложения на них в процессе дорнования растягивающей нагрузки.

Для достижения поставленной цели были установлены следующие задачи:

1. Провести литературный обзор по процессу дорнования и образующимся после него остаточным напряжениям, способам измерения этих напряжений и методам их снижения.

2. Выбрать методику проведения экспериментального исследования и составить план эксперимента.

3. Экспериментально исследовать возможность снижения остаточных напряжений в обрабатываемых дорнованием толстостенных цилиндрах путем наложения на них в процессе дорнования растягивающей нагрузки.

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Изготовление образцов, условия экспериментов и технологическая оснастка

В данной работе исследуются остаточные напряжения и возможность их снижения, путем наложения на обрабатываемый дорнованием цилиндр дополнительных растягивающих усилий в процессе обработки.

Материал и геометрия экспериментальных образцов представлены ниже:

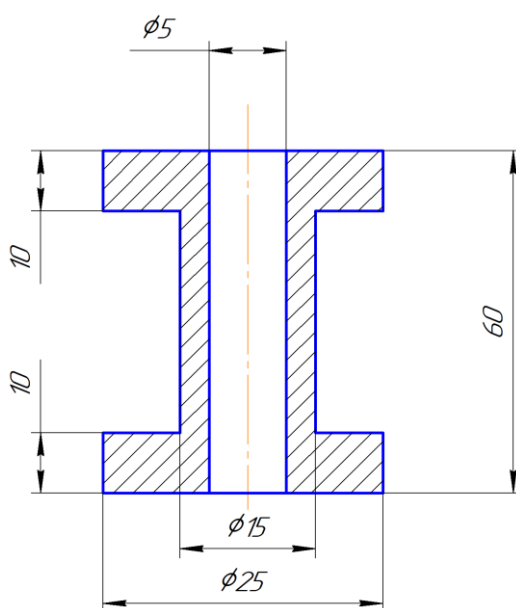


Рис.2.1-Эскиз образца.

Диаметр отверстий образцов составлял $d = 5$ мм, наружные диаметры образцов D составляли 25 мм. Длина образцов L была принята равной 60 мм.

Эксперименты проводили на образцах типа полых цилиндров, в качестве материала была выбрана сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Хотя основной долей в составе Стали 45 обладает железо (Fe) – до 97%, но определяющим показателем марки является углерод (C), его

доля составляет 0,42 – 0,5%. Именно это число обозначается в маркировке стали. Приведём полный химический состав:

Таблица 2.1 - Химический состав стали 45 в % по ГОСТ 1050-88

Fe	C	Si	Cr	Mn	Ni	Cu	P	S	As
До 97	0,42-0,5	0,17-0,37	До 0,25	0,5-0,8	До 0,25	До 0,25	До 0,035	До 0,04	0,08

В результате испытания заготовок на растяжение (ГОСТ 12004-81) были получены следующие характеристики:

Таблица 2.2 - Механические характеристики стали 45

Данные	Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %
ГОСТ 1050-88	20	245	470	19	42

Малое процентное содержание хрома и никеля определяет подверженность изделий из Стали 45 коррозии, что необходимо учитывать при техническом обслуживании и смазке редукторов и цепных звёздочек. [8]

Сталь 45 относится к конструкционным углеродистым качественным сталям. Благодаря высокой выносливости и терпимости к значительным перепадам температуры, сталь 45 применяется при производстве редукторов для изготовления валов-шестерен, зубчатых колёс и цепных приводных звёздочек.

2.2 Методика изготовления образцов

Образцы изготавливались на станке с числовым программным управлением СТХ 310 Ecoline. Сверление отверстий в образцах проводили стандартными спиральными сверлами с цилиндрическим

хвостовиком средней серии со шлифованным профилем (ГОСТ 10902-77). Диаметр сверла $\varnothing 4,9$ мм, материал режущей части Р6М5К5.



Рисунок 2.2 - Станок с числовым программным управлением CTX 310 Ecoline

Перед дорнованием один из торцов образцов подвергался шлифованию на плоскошлифовальном станке модели 3Г71М.

Дорнование отверстий диаметром 5 мм выполняли однозубыми дорнами из твердого сплава ВК8. При выполнении эксперимента угол выбирался в диапазоне $\alpha = 3 \dots 6$.

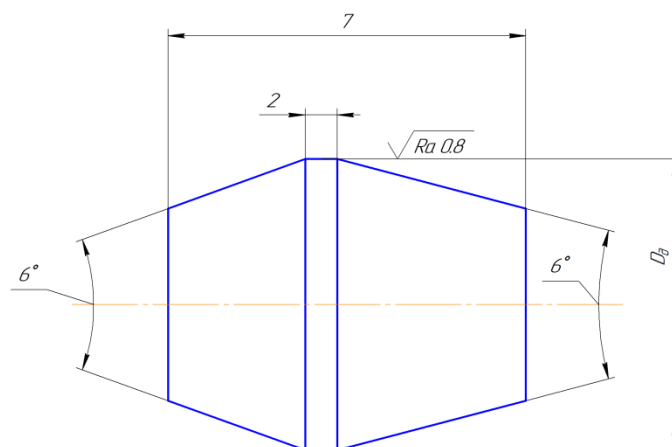


Рисунок 2.3 –Чертёж твердосплавного дорна для обработки глубоких отверстий малого диаметра

В качестве смазочных материалов при дорновании отверстий использовали жидкость МР-7. Скорость дорнования, которое выполняли по схеме сжатия составляла 0,5 м/мин.

Масляная СОЖ МР-7 - это смесь минеральных масел различной вязкости с противозадирными, антифрикционными и антикоррозионными присадками [17].

Далее на электроэрозионном проволочно-вырезном станке с ЧПУ модели DK7725 (КНР) разрезали образцы.



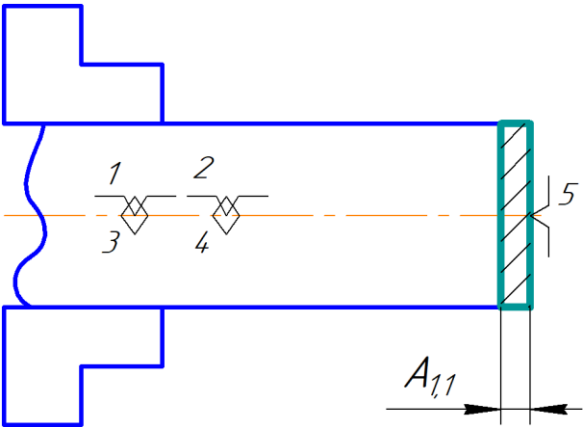
Рисунок 2.7 - Общий вид станка модели DK 7725

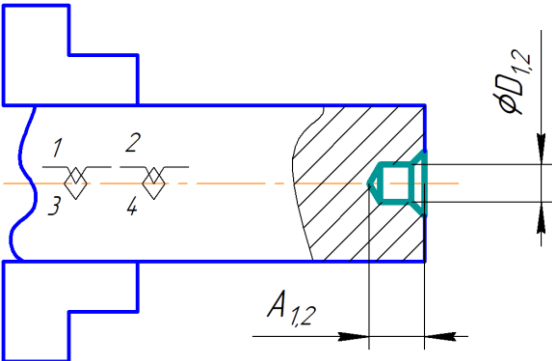
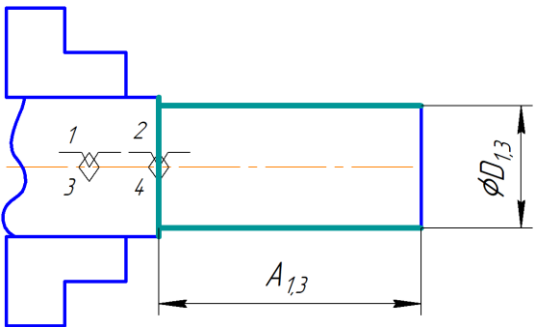
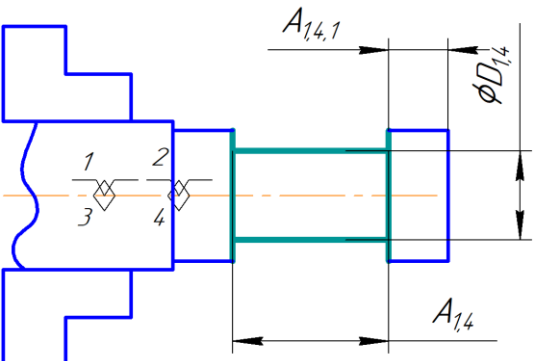
Таблица 2.5 - Технические характеристики станка DK 7725

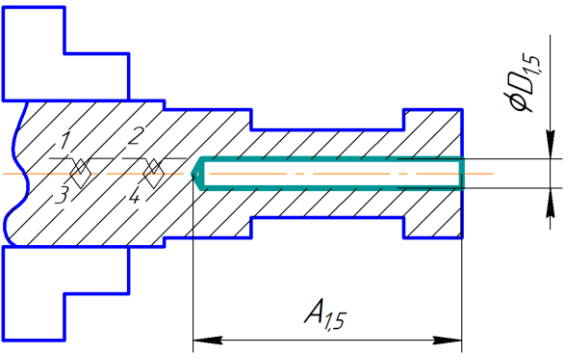
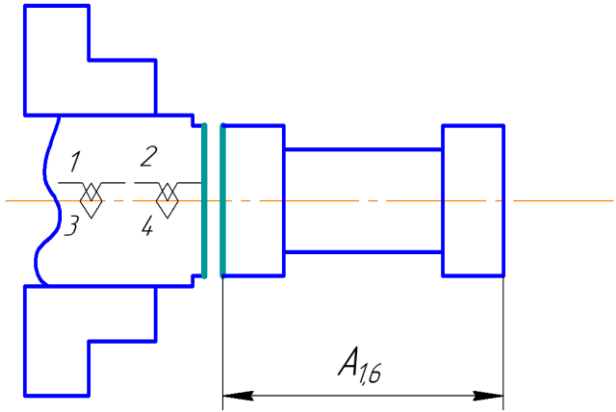
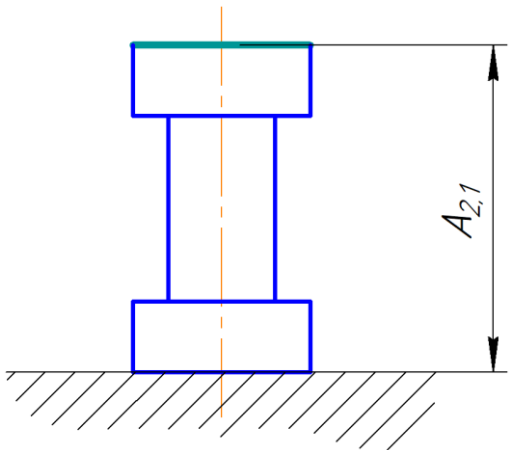
Размер рабочего стола	520x690
Перемещение рабочего стола, мм	250x320
Макс. Толщина реза, мм	300
Стандартный угол наклона	$\pm 6^\circ$
Макс. производительность, мм ² /мин	1/20
Точность обработки по контуру, мм	0,015
Шероховатость обработки поверхности, Ra	2,5

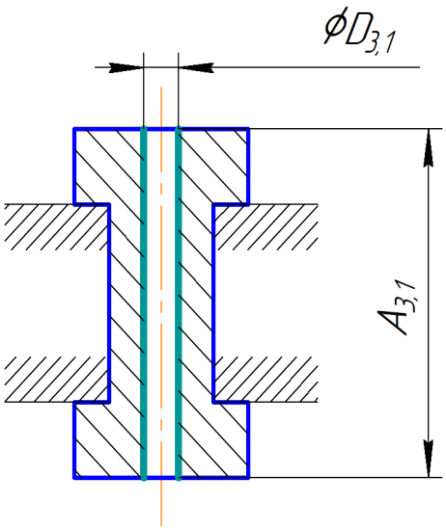
Макс количество проходов	1
Макс. вес заготовки, кг.	200
Диаметр проволоки, мм	0,18
Энергопотребление, кВт.	2,5
Размеры станка (ДхШхВ), мм.	1480х1170х1400
Вес станка, кг.	1200

Таблица 2.3 технология изготовления образцов

Номер		Наименование операций и содержание переходов	Операционный эскиз
Операции	Переход		
1	2	3	4
1	1	Токарная с ЧПУ Установить пруток в патроне Подрезать торец, выдерживая размер $A_{1.1}=2\text{мм}$	$\sqrt{Ra\ 6.3}$ 

2	Сверлить центровое отверстие, выдерживая размеры $D_{1.2} = 2.5\text{мм}$, $A_{1.2} = 1.5\text{мм}$.	✓ $Ra\ 6.3$ 
3	Точить, выдерживая размеры $D_{1.3} = 25\text{мм}$, $A_{1.3} = 65\text{мм}$	✓ $Ra\ 6.3$ 
4	Точить контур, выдерживая размеры $D_{1.4} = 16\text{мм}$, $A_{1.4} = 40\text{мм}$, $A_{1.4.1} = 10\text{мм}$.	✓ $Ra\ 6.3$ 

	5	Сверлить, выдерживая размеры $A_{1,5}=65\text{мм}$, $D_{1,5}=4,8\text{мм}$.	$\sqrt{Ra\ 6.3}$ 
	6	Отрезать заготовку, выдерживая размеры $A_{1,6}=60,3\text{мм}$.	$\sqrt{Ra\ 6.3}$ 
2	1	Плоско-шлифовальный Установить и снять заготовку. Шлифовать торец $A_{2,1}=60\text{мм}$.	$\sqrt{Ra\ 0.8}$ 

3	1	Пресс Установить и снять заготовку. Дорновать отверстие, выдерживая размеры $A_{3.1}=60\text{мм}$, $D_{3.1}=5\text{мм}$.	✓ $Ra\ 0.8$ 
---	---	--	--

Для выполнения эксперимента было спроектировано приспособление для наложения на цилиндр в процессе дорнования дополнительных растягивающих усилий. Конструктивная схема приспособления с призматическими направляющими для толкателя прошивки показана на рис.2.4.

Спроектированное приспособление для придания дополнительных растягивающих усилий состоит из:

1-корпус; 2-шток; 3-стакан; 4-штуцер; 5-пластина нижняя; 6-колонка направляющая; 7-фторопластовая втулка; 8-центратор; 9-болт прижимной; 10-уплотнительное кольцо; 11-дорн; 12-толкатель; 13-колонка толкателя; 14-пластина толкателя; 15-держатель; 16-заготовка.

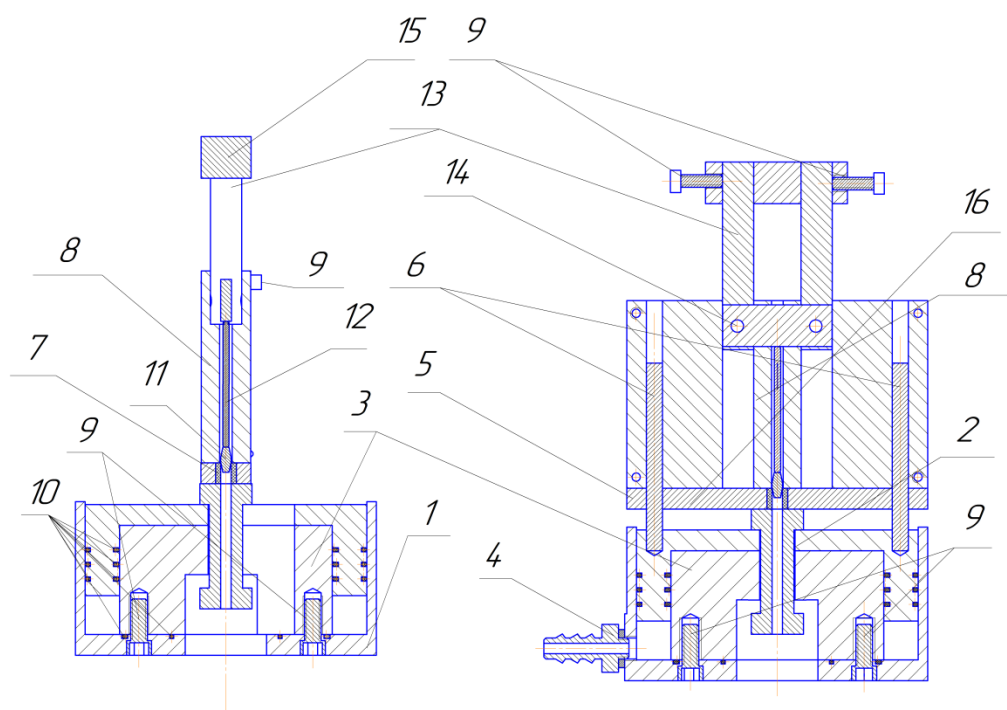
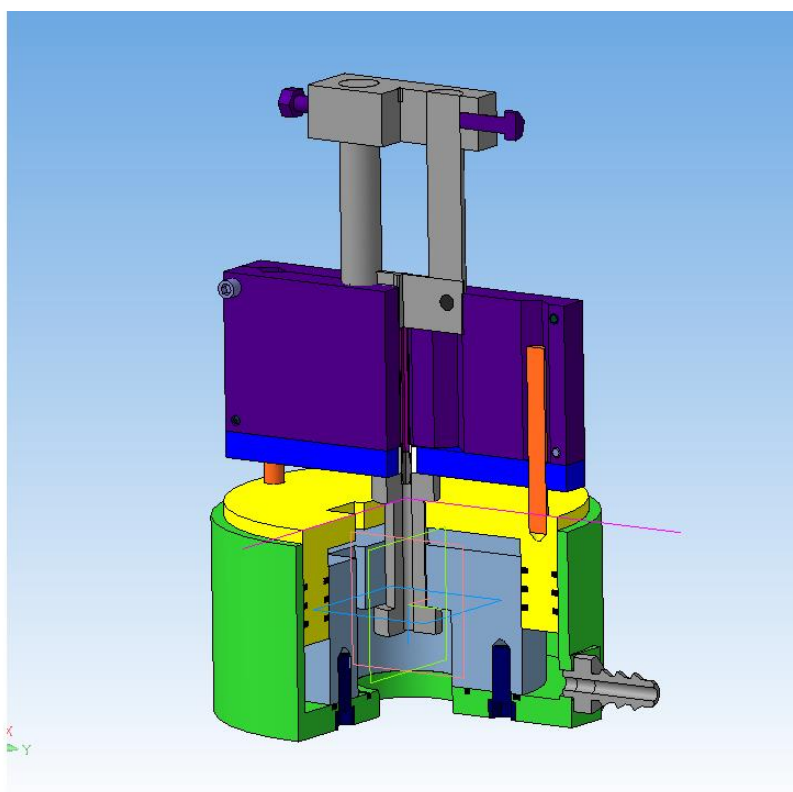


Рисунок 2.4- Сборочный чертёж приспособления для predания
заготовкам дополнительных растягивающих усилий



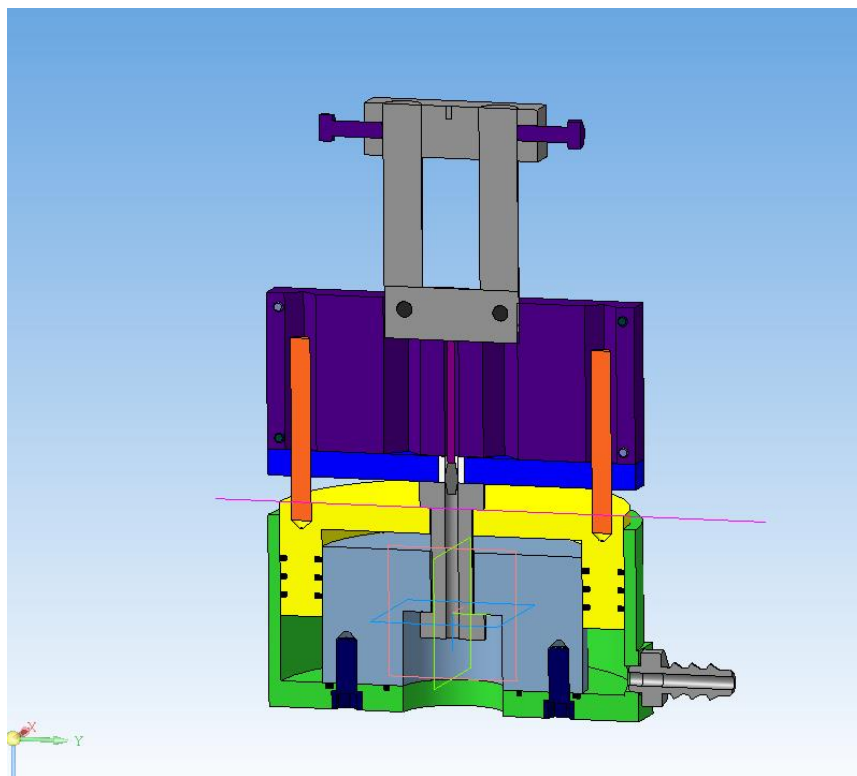


Рисунок 2.5- 3D модель приспособления

2.3 Описание конструкции приспособления

Приспособление применяется для приложения дополнительных растягивающих усилий на образцы при дорновании на гидравлическом прессе модели AE&T T61210M

Приспособление представляет собой растягивающее устройство образца. После приложения образцу растягивающих усилий его обрабатывают дорнованием. Устройство состоит из: корпус 1, к которому прикручивается стакан 3. В стакан помещается заготовка 16, растягивающие усилие на заготовку придаёт шток 2. Шток перемещается по корпусу под давлением масла. Масло поступает через штуцер 4. Для уплотнения применяют уплотнительные кольца 10. После того как заготовка подверглась дополнительным растягивающим усилиям, отверстие обрабатывается дорнованием. Для направления

движения дорна 11 используется фторопластовая втулка 7 закреплённая в пластине нижняя 5. Центратор 8 служит для направления толкателя 12. Центратор состоит из двух деталей свинченных между собой болтами. Базирование центратора осуществляется по колонкам направляющим 6. Колонки запрессованы в отверстия штуцера. Перемещение толкателя 12 по центратору осуществляет пластина толкателя 14 закреплённая в колонках толкателя. Колонки крепятся болтами в держатель 15.

Поверхности установочных деталей должны обладать большой износоустойчивостью. Для изготовления элементов растягивающей машины были использованы конструкционные стали.

2.4 Описание работы установки

Заготовка устанавливается в стакан 3 прикрученный к корпусу 1. Масло под давлением подаётся через штуцер 4, передвигая шток 2 по корпусу. Шток растягивает заготовку. После чего через заготовку в растянутом положении подаётся дорн. Движение дорна обеспечивает толкатель 12, который перемещается по центратору 8.

2.5 Расчёт диаметра штока

Нагрузку прикладываемую на образец найдём исходя из формулы нормального напряжения растяжения.

$$\sigma = \frac{P}{A}; \quad (1)$$

Где Р-нагрузка оказываемая на гидроцилиндр [Н], А-площадь поперечного сечения образца [мм].

Из формулы расчёта площади поперечного сечения найдём диаметр штока гидроцилиндра.

$$A_{\text{гц}} = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}; \quad (2)$$

d -внутренний диаметр штока гидроцилиндра, D -наружный диаметр штока диаметр гидроцилиндра.

$$A_{\text{гц}} = \frac{P}{\rho}; \quad (3)$$

$$P = \sigma \cdot A_{\text{гц}}$$

$$A_{\text{гц}} = \frac{\sigma \cdot A}{\rho} = \frac{\sigma \cdot \frac{\pi D^3}{16} [1 - \frac{d^4}{D^4}]}{\rho} = 160,3 \text{ мм}$$

назначаем давление в гидросистеме , $\rho = 32 \text{ МПа}$

Из формулы поперечного сечения (2) находим диаметр гидроцилиндра.

$$A_{\text{гц}} = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$$

$$160,3 \cdot 10^3 = \frac{3,14 D^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 15^2}{4}$$

$$D = 45,2 \approx 46 \text{ мм.}$$

2.6 Проектирование технологии сборки приспособления

2.6.1 Разработка технологической схемы сборки

Последовательность общей сборки изделия в основном определяется его конструктивными особенностями и принятыми методами достижения требуемой точности, а поэтому не может быть произвольной. На этом этапе важно уметь правильно выделить в изделии сборочные единицы соответствующего порядка, которые характеризуются независимостью и законченностью сборки, а при

транспортировании по рабочим местам сборки не распадается на отдельные детали.

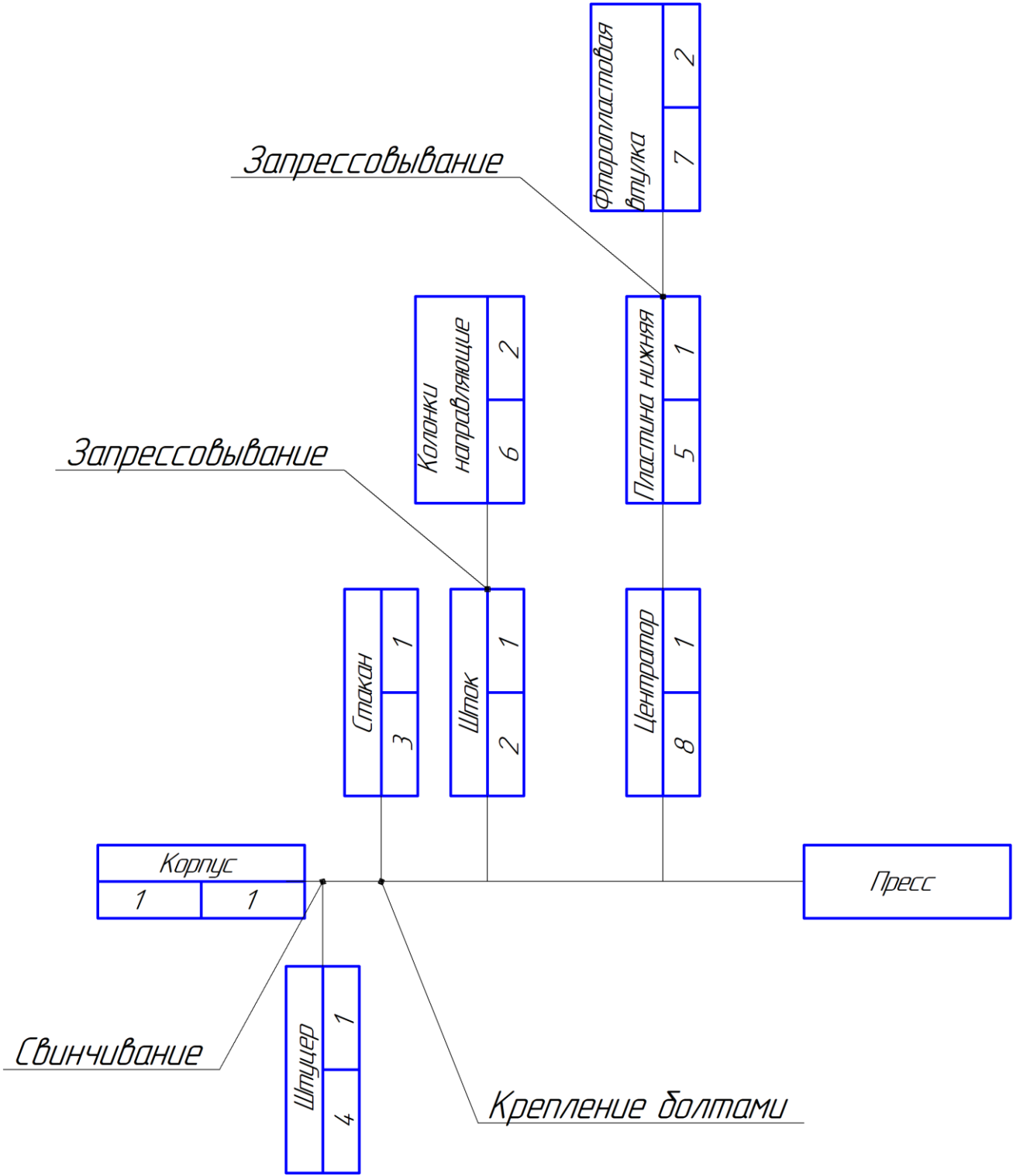


Рис. 2.6 - Технологическая схема сборки приспособления

2.6.2 Разработка маршрутного технологического процесса сборки и его нормирование

Составим технологическую карту сборки приспособления, маршрут технологического процесса приведен в таблице 1.

Таблица 2 – Технологическая карта сборки

№ опер.	Название операции	Содержание операции
005	Сборка растягивающего устройства	1. В корпус 1 поместить прокладки; 2. К корпусу 1 прикрутить штуцер 4; 3. В корпус 1 прикрутить болтами 9 стакан 3; 4. По скользящей расположить шток 2 на стакан 3; 5. В подготовленные отверстия в штоке 2 запрессовать колонки 6.
010	Сборка центратора	1. В пластину нижнюю 5 запрессовать фторопластовую втулку 7; 2. Установить пластину 5 базируя на колонках; 3. Скрутить две половины центратора 8.
015	Сборка толкатля	1. В держатель 15 вставить колонки толкателя 13, прижать болтами; 2. В прорезанную часть в колонках 13 запрессовать пластину толкателя 14, скрепить болтами.
020	Общая сборка	1. Соединить центратор с основным устройством базируя на колонках.

025	Контрольная	1. Проверить надежность сборки и работоспособность приспособления.
-----	-------------	--

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 005– «Сборка растягивающего устройства». Операция выполняется в условиях среднесерийного производства.

1. В корпус 1 поместить прокладки. Расчетное оперативное время $t_1 = 1$ мин.
2. К корпусу 1 прикрутить штуцер 4. Расчетное оперативное время $t_2 = 1,2$ мин.
3. В корпус 1 прикрутить болтами 9 стакан 3. Расчетное оперативное время $t_3 = 2,5$ мин.
4. По скользящей расположить шток 2 на стакан 3. Расчетное оперативное время $t_4 = 0,5$ мин.
5. В подготовленные отверстия в штоке 2 запрессовать колонки 6. Расчетное оперативное время $t_5 = 1$ мин.

$$T_{\text{оп1}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 1 + 1,2 + 2,5 + 0,5 + 1 = 6,3 \text{ мин.} \quad (4)$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 010– «Сборка центратора».

1. В пластину нижнюю 5 запрессовать фторопластовую втулку 7. Расчетное оперативное время $t_1 = 1$ мин.
2. Установить пластину 5 базируя на колонках. Расчетное оперативное время $t_2 = 0,7$ мин.
3. Скрутить две половины центратора 8. Расчетное оперативное время $t_3 = 2,1$ мин.

$$T_{\text{оп2}} = t_1 + t_2 + t_3 = 1 + 0,7 + 2,1 = 3,8 \text{ мин.}$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 010– «Сборка толкатля».

1. В держатель 15 вставить колонки толкателя 13, прижать болтами. Расчетное оперативное время $t_1 = 3,2$ мин.

2. В прорезанную часть в колонках 13 запресовать пластину толкателя 14, скрепить болтами. Расчетное оперативное время $t_2 = 1,6$ мин.

$$T_{\text{оп3}} = t_1 + t_2 = 3,2 + 1,6 = 4,8 \text{ мин.}$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 020– «Общая сборка».

1. Соединить центратор с основным устройством базируя на колонках. Расчетное оперативное время $t_1 = 0,7$ мин.

$$T_{\text{оп4}} = t_1 = 0,7 \text{ мин.}$$

Определим норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 025– «Контрольная».

1. Проверить надежность сборки и работоспособность приспособления. Расчетное оперативное время $t_1 = 0,4$ мин.

$$T_{\text{оп5}} = t_1 = 0,4 \text{ мин.}$$

$$\begin{aligned} \sum T_{\text{оп}} &= T_{\text{оп1}} + T_{\text{оп2}} + T_{\text{оп3}} + T_{\text{оп4}} + T_{\text{оп5}} = 6,3 + 3,8 + 4,8 + \\ &0,7 + 0,4 = 16 \text{ мин.} \end{aligned} \quad (5)$$

Расчет нормы штучно калькуляционного времени в условиях среднесерийного производства производим по формуле:

$$T_{шк} = \sum T_{оп} \left(1 + \frac{\alpha_{пз} + \alpha_{об} + \alpha_{отл}}{100}\right) * K_1 K_2 \quad (6)$$

где $\alpha_{пз}$, $\alpha_{об}$, $\alpha_{отл}$ – проценты соответственно подготовительно-заключительного времени, времени на обслуживание рабочего места и времени на отдых и личные потребности от оперативного времени; K_1 , K_2 – поправочные коэффициенты, учитывающие особенности выполнения операции. Принимаем: $\alpha_{пз}=2\%$; $\alpha_{об}=3,5\%$; $\alpha_{отл}=6\%$; $K_1=1$ (отношение планируемого выпуска изделий в месяц к нормативному); $K_2=1$

$$T_{шк} = 16 * \left(1 + \frac{2+3,5+6}{100}\right) = 16,84 \text{ мин.}$$

2.7 Измерение размеров образцов

2.7.1 Измерение наружных и внутренних размеров поверхностей детали

В предварительных экспериментах для определения размеров наружных и внутренних поверхностей деталей и точности их формы использовали следующий измерительный инструмент:

- Нутромер фирмы «Carl Zeiss Jena» (Германия), снабженным индикаторной головкой с ценой деления 0,002 мм. Измерения диаметра отверстий проводили в шести поперечных сечениях образцов. В каждом из этих сечений измеряли диаметры в двух взаимно перпендикулярных направлениях.;



Рисунок 2.8 - Общий вид нутромера повышенной точности «Carl Zeiss Jena»

- Скоба рычажная СР-25 со встроенным индикатором с ценой деления 0,002 мм. Измерения диаметров наружных поверхностей проводили в трех поперечных сечениях образцов (в среднем по их высоте и на расстоянии 1 мм от их торцов). В каждом из этих сечений измеряли диаметры в двух взаимно перпендикулярных направлениях



Рис. 2.9 - Общий вид скобы рычажной СР-25

В основных экспериментах были использованы следующие измерительные приборы:

- Для измерения точности и формы отверстия компаратор с перфлектрометром фирмы «Leitz» (Германия) с ценой деления 0,0002 мм;

2.7.2 Измерение остаточных напряжений детали

Определение остаточных напряжений в детали осуществлялось методом Давиденкова.

В методе Давиденкова образец разрезают по образующей и измеряют происходящие при этом изменения диаметра. Удаляя с поверхности образца (снаружи или изнутри) последовательно слои металла небольшой толщины, измеряют, как и при разрезке, происходящие при этом деформации по диаметру. В результате находят полное (суммарное) напряжение любого слоя по сечению образца (кольца) в виде суммы трех составляющих [11]:

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \quad (7)$$

где σ_1 – напряжение, удаляемое в рассматриваемом слое в результате разрезке образца по образующей;

σ_2 – напряжение, удаляемое одновременно с удалением слоя;

σ_3 – напряжение, снятое в слое при удалении всех предыдущих слоев.

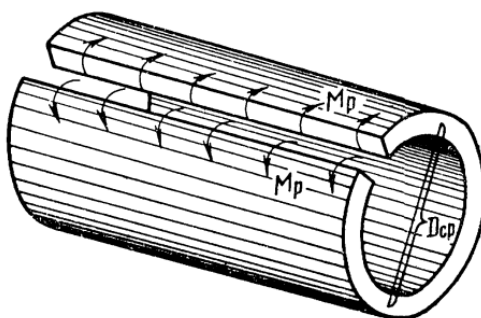


Рисунок 2.10 - Определение дополнительных напряжений при разрезке детали вдоль образующей

Для приближенной оценки часто ограничиваются величиной напряжения σ_1 полученной по формуле [11]:

$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \frac{1}{D_c - 2\gamma} \cdot \left(\frac{-\frac{t}{2} + b + \gamma}{-\frac{t}{2} + b + \frac{D_c}{2}} \right) \cdot \Delta D_c \quad (8)$$

где E – модуль упругости материала образца, МПа; μ – коэффициент Пуассона материала образца; D_c – диаметр срединной поверхности образца, мм; γ – расстояние от нейтральной оси сечения стенки образца до центра его тяжести, мм; t – толщина стенки образца, мм; b – расстояние от рассматриваемой точки до внутренней поверхности образца, мм; ΔD_c – приращение диаметра срединной поверхности образца при его разрезке вдоль образующей, мм.

Остаточные напряжения находили по изменению расстояния между точками (А и В) нанесенными на торцевую поверхность отпечатками конического индентора (рис.2.12). Эти отпечатки выполняли на срединном диаметре. Затем образец разрезали на электроэрозионном проволочно-вырезном станке с ЧПУ модели ДК 7725 и измеряли расстояние между точками. Расстояние между отпечатками измеряли на микроскопе УИМ-21 с ценой деления 0,001 мм.

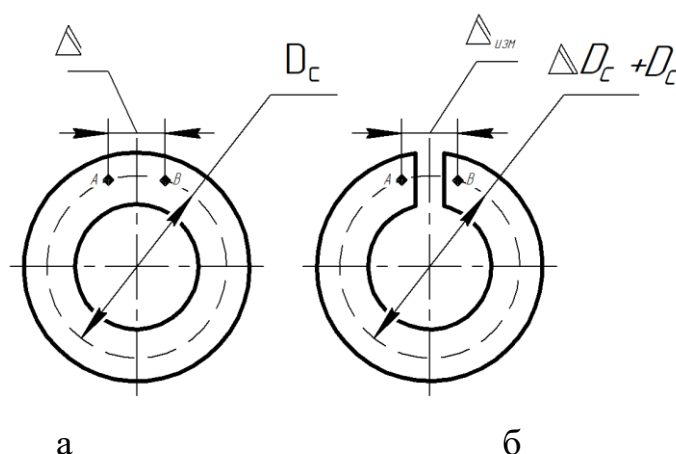


Рисунок 2.11- Изменение срединного диаметра образца: а – до разрезки;
б – после разрезки



Рисунок - 2.13 Общий вид микроскопа УИМ-21

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Остаточные напряжения

Исследования проводились на образцах с внутренним диаметром $d=5\text{мм}$, наружными диаметрами $D_1=25$, $D_2=15$ и длиной $L=60\text{мм}$.

Расстояние после разрезки между точками занесены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

№ образца	$\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2}$	$\Delta_{\text{изм}}$
1	0	0,087
6	0	0,087
19	0	0,089
10	0,35	0,085
15	0,35	0,079
16	0,35	0,084
2	0,52	0,079
14	0,52	0,080
20	0,52	0,085
5	0,7	0,077
7	0,7	0,075
12	0,7	0,072
4	0,78	0,074
21	0,78	0,069
25	0,78	0,066
8	0,87	0,065
22	0,87	0,065
23	0,87	0,057
18	0,96	0,063
24	0,96	0,051

По данной формуле рассчитаем напряжение, удаляемое в рассматриваемом слое в результате разрезке образца по образующей:

$$\sigma_1 = \frac{E}{1 - \mu^2} \cdot \frac{1}{D_c - 2\gamma} \cdot \left(\frac{-\frac{t}{2} + b + \gamma}{-\frac{t}{2} + b + \frac{D_c}{2}} \right) \cdot \Delta D_c$$

Используя данные полученные в ходе эксперимента построим эпюры. Для построения эпюр рассчитаем среднее значение ΔD_c для трёх точек; используем b – расстояние от рассматриваемой точки до внутренней поверхности образца, для первой точки:

$$t = \frac{(D-d)}{2} = \frac{(15-5)}{2} = 5\text{м} \quad (9)$$

$$D_c = \frac{(d+D)}{2} = \frac{5+15}{2} = 10\text{мм} \quad (10)$$

$$\gamma = \left(\frac{D_c}{2}\right) - \left(\frac{t}{D/d}\right) = \left(\frac{10}{2}\right) - \left(\frac{5}{\ln^{15/5}}\right) = 0,43 \quad (11)$$

$$\sigma_1 = \frac{200000}{1-0,3^2} \cdot \frac{1}{10-2 \cdot 0,43} \cdot \left(\frac{-\frac{5}{2}+0+0,43}{-\frac{5}{2}+0+\frac{10}{2}}\right) \cdot 0,028 = -553\text{Мпа}$$

$$A = \frac{E}{1-\mu^2} ; B = \frac{\Delta D_c}{D_c-2 \cdot \gamma}; C = \frac{b-\frac{t}{2}+\gamma}{b-\frac{t}{2}+\frac{D_c}{2}}$$

Для удобства составим таблицу:

Таблица 3.2- Расчёты напряжения, удаляемое в рассматриваемом слое в результате разрезке образца по образующей, на глубине $b=0$

№	d, мм	D, мм	ΔD_c , мм	D_c , мм	t, мм	γ , мм	b_0 , мм	A	B	C_0	σ_θ , МПа
1	5	15	0,028	10	5	0,45	0	219780	0,003	-0,82	-553
6											
19											
10	5	15	0,026	10	5	0,45	0	219780	0,003	-0,82	-521
15											
16											
2	5	15	0,026	10	5	0,45	0	219780	0,003	-0,82	-513
14											
20											

5	5	15	0,024	10	5	0,45	0	219780	0,003	-0,82	-471
7											
12											
4	5	15	0,022	10	5	0,45	0	219780	0,002	-0,82	-439
21											
25											
8	5	15	0,019	10	5	0,45	0	219780	0,002	-0,82	-383
22											
23											
18	5	15	0,018	10	5	0,45	0	219780	0,002	-0,82	-359
24											
X											

Таблица 3.3 - Расчёты
напряжение, удаляемое
в рассматриваемом слое
в результате разрезке
образца по образующей,
на глубине b=1

b ₁ , мм	C ₁	σ _θ , МПа
1	-0,30	-202
1	-0,30	-191
1	-0,30	-188
1	-0,30	-172
1	-0,30	-161
1	-0,30	-140
1	-0,30	-132

Таблица 3.4 - Расчёты
напряжение, удаляемое
в рассматриваемом слое
в результате разрезке
образца по образующей,
на глубине b=2

b ₂ , мм	C ₂	σ _θ , МПа
2	-0,01	-8
2	-0,01	-7
2	-0,01	-7
2	-0,01	-7
2	-0,01	-6
2	-0,01	-5
2	-0,01	-5

Таблица 3.5 - Расчёты
напряжение, удаляемое
в рассматриваемом слое
в результате разрезке
образца по образующей,
на глубине b=3

b ₃ , мм	C ₃	σ _θ , МПа
3	0,17	116
3	0,17	110
3	0,17	108
3	0,17	99
3	0,17	92
3	0,17	80
3	0,17	76

Таблица 3.6 - Расчёты
напряжение, удаляемое
в рассматриваемом слое
в результате разрезке
образца по образующей
на глубине $b=4$

b_4 , мм	C_4	σ_θ , МПа
4	0,30	202
4	0,30	190
4	0,30	187
4	0,30	172
4	0,30	161
4	0,30	140
4	0,30	131

Таблица 3.7 - Расчёты
напряжение, удаляемое
в рассматриваемом слое
в результате разрезке
образца по образующей
на глубине $b=5$

b_5 , мм	C_5	σ_θ , МПа
5	0,39	265
5	0,39	250
5	0,39	246
5	0,39	226
5	0,39	211
5	0,39	183
5	0,39	172

По полученным значениям строим эпюры:

Таблица 3.8.1

1, 6, 19	
r , мм	σ_θ , МПа
2,5	-553
3,5	-202
4,5	-8
5,5	116
6,5	202
7,5	265

Таблица 3.8.2

10, 15, 16	
r , мм	σ_θ , МПа
2,5	-521
3,5	-191
4,5	-7
5,5	110
6,5	190
7,5	250

Таблица 3.8.3

2, 14, 20	
r , мм	σ_θ , МПа
2,5	-513
3,5	-188
4,5	-7
5,5	108
6,5	187
7,5	246

Таблица 3.8.4

5, 7, 12	
r , мм	σ_θ , МПа
2,5	-471
3,5	-172
4,5	-7
5,5	99
6,5	172
7,5	226

Таблица 3.8.5

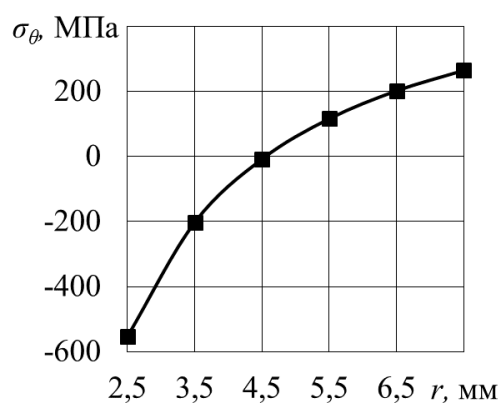
4, 21, 25	
r, мм	σ_θ , МПа
2,5	-439
3,5	-161
4,5	-6
5,5	92
6,5	161
7,5	211

Таблица 3.8.6

8, 22, 23	
r, мм	σ_θ , МПа
2,5	-383
3,5	-140
4,5	-5
5,5	80
6,5	140
7,5	183

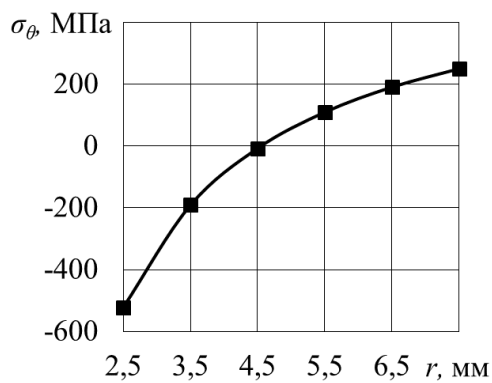
Таблица 3.8.7

18, 24	
r, мм	σ_θ , МПа
2,5	-359
3,5	-132
4,5	-5
5,5	76
6,5	131
7,5	172

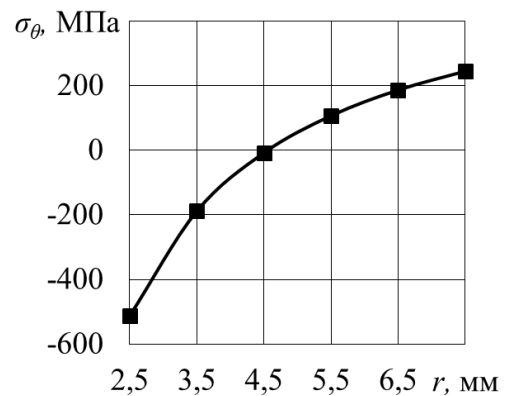


Эпюра для образцов 1,6,19 при нагружении $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2} = 0$

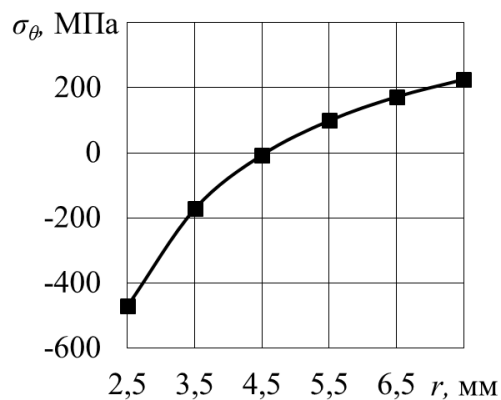
Из полученных данных видно, что при нулевой нагрузке на образец, в измеряемом слое действуют сжимающие напряжения равные -553 МПа, с дальнейшим углублением напряжения переходят в растягивающие. При этом остаточное удлинение образца после дорнования не происходит.



Эпюра для образцов 10,15,16 при
нагружение $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2}=0,35$



Эпюра для образцов 2,14,20 при нагружение
 $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2}=0,52$



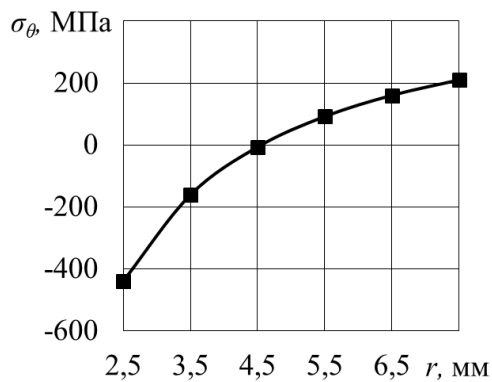
Эпюра для образцов 5,7,12 при нагружение $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2}=0,7$

Анализируя графики можно сказать, что при увеличении нагрузки происходит уменьшение остаточных напряжений. При нагружении образцов до $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2} = 0,7$, в поверхностном слое напряжение равно $\sigma_{\theta} = -471$ МПа, то есть, остаточные напряжения уменьшились на 15%.

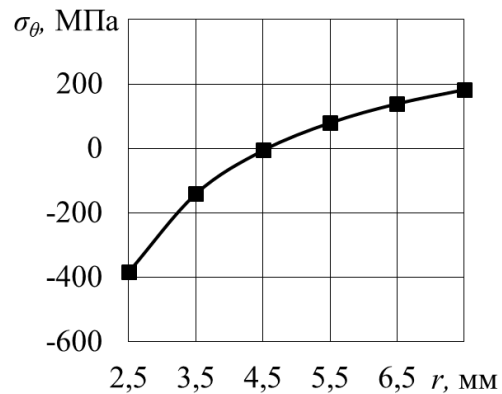
При меньшей величине растягивающей нагрузки изменения остаточных напряжений не значительны, что можно заметить на

графиках где образцы нагружали до $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2} = 0,35$ и $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2} = 0,52$.

Значительного остаточного удлинения образцов не наблюдалось.



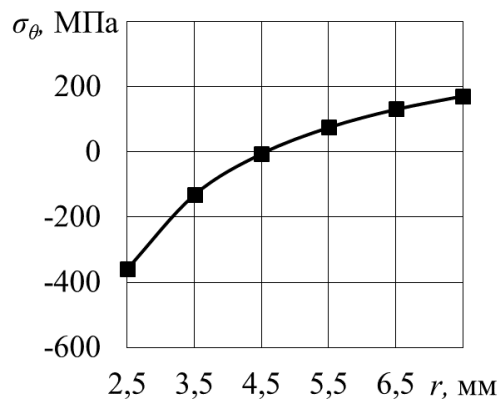
Эпюра для образцов 4,21,25 при
нагружение $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2}=0,78$



Эпюра для образцов 8,22,23 при
нагружение $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2}=0,87$

Проанализировав два графика делаем выводы, что при увеличении нагрузки до $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2} = 0,87$ происходит уменьшение остаточных напряжений в поверхностном слое до $\sigma_{\theta} = -383$ МПа, то есть на 31%. При этом, в наружной поверхности цилиндра имеют место растягивающие напряжения, равные $\sigma_{\theta} = 183$ МПа. Так же видно что происходит переход от сжимающих до растягивающих напряжений.

Образец подвергся значительному удлинению по сравнению с образцами, к которым прикладывали меньшее растягивающее усилие, остаточное удлинение при нагрузке $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2} = 0,87$ составило 11%.



Эпюра для образцов 18,24 при нагружение $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2} = 0,96$

Ознакомившись с данным графиком делаем вывод, что так же как и в предыдущих образцах происходит переход от сжимающих до растягивающих напряжений. Так же как и в предыдущих образцах наблюдается уменьшение остаточных напряжений на 35%. Но значительного уменьшения остаточного напряжения в толстостенном цилиндре не наблюдается по сравнению с образцами к которым прикладывали дополнительное растягивающие усилие равное $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2} = 0,87$. Остаточное удлинение составило 18%.

3.2 Анализ графиков

На основе экспериментов были получены следующие графики.

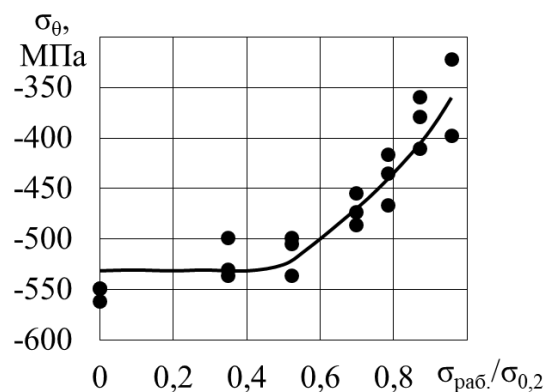


Рисунок 3.1- График зависимости остаточных напряжений от нагрузки

Из графика видно, что при дорновании с использованием дополнительных растягивающих усилий происходит уменьшение остаточных напряжений. И чем больше нагрузка, тем меньше напряжения по абсолютной величине.

Но при таком способе дорнования наблюдается существенное остаточное удлинение образца, что видно на графике 3.2. Таким образом, при внедрении данного процесса в производства этот фактор необходимо учитывать.

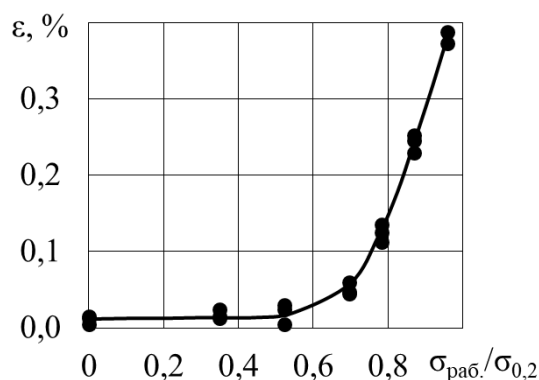


Рисунок 3.2- График зависимости удлинения образца от приложенных усилий

Анализируя график можно сказать, что происходит удлинение образца, при приложении растягивающих усилий. Так же из графика видно, чем больше растягивающая нагрузка на образец, тем больше происходит удлинение. При небольших нагрузках удлинения практически не происходит, соответственно, чем больше нагрузка, тем большее удлинение.

Заключение:

В результате исследований, проводимых в данной работе получены следующие результаты:

1. Проведен литературный обзор по тематике процесса дорнования и образующимся после него остаточным напряжениям, способам измерения этих напряжений и методам их снижения.

2. Выбрана методика определения остаточных напряжений методом Н.Н. Давиденкова, так как она является простой и достаточной достоверной для исследования остаточных напряжений в толстостенных цилиндрах после дорнования.

3. Экспериментально было установлено, что наложение на толстостенный цилиндр в процессе дорнования дополнительной растягивающей нагрузки является эффективным способом снижения остаточных напряжений, образующихся в цилиндре при дорновании. Уже при растягивающей нагрузке равной $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2} = 0,7$ происходит снижение окружных остаточных напряжений на 15%, а при увеличении нагрузки до $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2} = 0,96$ напряжения снижаются на 35%.

4. Установлено, что при наложении на толстостенный цилиндр в процессе дорнования дополнительной растягивающей нагрузки остаточное удлинение образца возрастает, по сравнению с обработкой без наложения нагрузки. В частности, при $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2} = 0,7$ образец получает остаточное удлинение 9%, а при $\sigma_{\text{раб}}/\sigma_{0,2} = 0,96$ – 18%.

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ71	Засорин Михаил Александрович

Школа		Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский В. Ю.	К. Э. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Засорин Михаил Александрович		

4.1 Организация и планирование работ

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы.

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. В данном пункте составлен полный перечень проводимых работ, определены их исполнители и рациональная продолжительность.

Перечень работ и продолжительность их выполнения приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Поиск и анализ литературы по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Планирование экспериментов	НР, И	НР – 100% И – 40%

Подготовка к экспериментам	НР, И	НР – 10% И – 100%
Проведение предварительных экспериментов	И,НР	НР – 100% И – 100%
Анализ полученных данных	НР, И	НР – 80% И – 100%
Проведение основных экспериментов	И,НР	НР – 100% И – 100%
Анализ полученных данных	НР, И	НР – 80% И – 100%
Вывод по проведенной работе	НР, И	НР – 60% И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

4.2 Продолжительность этапов работ

Определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5},$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{\text{РД}}$) ведется по формуле:

$$T_{\text{РД}} = \frac{t_{\text{ож}}}{K_{\text{ВН}}} \cdot K_{\text{Д}},$$

где $t_{\text{ож}}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{\text{ВН}}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{\text{ВН}} = 1$;

$K_{\text{Д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{\text{Д}} = 1$ – $1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{\text{КД}} = T_{\text{РД}} \cdot T_{\text{К}},$$

где $T_{\text{КД}}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{К}}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}},$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

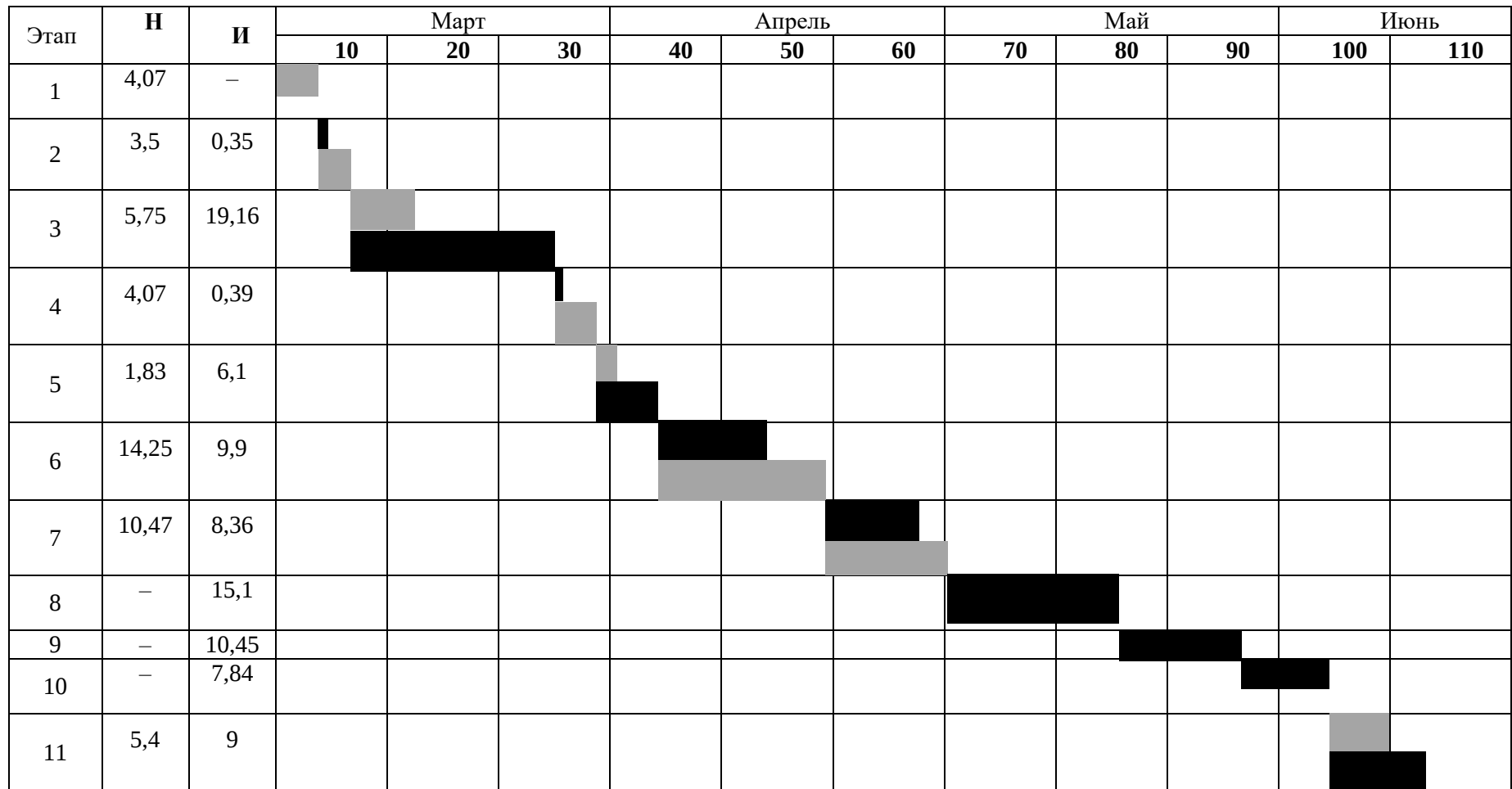
$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

Таблица 4.2

Этап	Испол нител и	Продолжительность работ, дни			Труд-сть работ по исполнителям чел.-дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{РД}$		$T_{КД}$	
					НР	И	НР	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	4	2,8	2,8	-	3,374	-
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	1	3	1,8	1,8	0,18	2,169	0,216
Поиск и анализ литературы по тематике	НР, И	16	21	18	5,4	18		
Обсуждение литературы	НР, И	2	7	6,8	2,04	6,8	2,892	8,194
Планирование экспериментов	НР, И	4	2	2,8	2,8	1,12	3,374	1,35
Подготовка к экспериментам	НР, И	3	5	3,8	0,38	3,8	0,4579	4,579

Проведение предварительных экспериментов	НР, И	2	4	2,8	2,8	2,8	3,374	3,374
Анализ полученных данных	НР, И	2	7	6,8	0,68	6,8	8,194	0,8194
Проведение основных экспериментов	И	3	6	3,2	-	3,2	-	3,856
Анализ полученных данных	НР, И	2	7	6,8	5,44	6,8	6,55	8,194
Вывод по проведенной работе	НР, И	7	4	5,8	3,48	5,8	4,19	6,989
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	1	0	0,6	-	0,6	-	0,723
Оформление графического материала	И	4	0	0,4	-	0,4	-	0,482
Подведение итогов	НР, И	9	4	7	4,2	7	5,061	8,435
Итого:					31,4438	63,3	39,6359	47,2114

Линейный график работ



HP – ■; И ■

4.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие (накладные расходы) расходы.

4.4 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н.

транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5 - 20 %.

Таблица 4.3

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Дорн	1470,70	3	4412,1
Бумага для принтера формата А4	190	1 уп.	190
Итого:			4602,1

Допустим, что ТЗР составляют 5% от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны

$$C_{\text{мат}} = 4602,1 \cdot 1,05 = 4832,2$$

4.5 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{25,083}.$$

Таблица 4.4

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 664	1342,09	32	1,699	72966,75
И	15 470	616,75	64	1,699	67062,93
Итого:					140029,68

4.6 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$.

$$C_{\text{соц}} = 140029,68 \cdot 0,3 = 42008,9 \text{ руб.}$$

4.7 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл. об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}},$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$C_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $C_{\text{э}} = 5,748 \text{ руб./кВт·час}$ (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5.2 для инженера/оператора станка ($T_{рд}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{рд} \cdot K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{рд}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования. Для станка во время проведения экспериментов примем $K_t = 0,8$.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном.} \cdot K_c,$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_c \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_c = 1$.

Таблица 4.5

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты на электроэнергию $C_{эл. об.}$, руб.
ПК	115	1	661,02
Плоско-шлифовальный станок 3Г71	4	2,2	50,58
Электроэрозионный станок Проволочно-	12	5	344,88

вырезной электроэрозионный станок Kingred. Модель DK7763			
Итого:			1056,48

4.8 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула:

$$C_{\text{ам}} = \frac{H_A \cdot C_{\text{об}} \cdot t_{\text{рф}} \cdot n}{F_D},$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{об}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку $C_{\text{ам}}$. Например, для ПК в 2019 г. (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять $F_D = 298 \cdot 8 = 2384$ часа;

$t_{\text{рф}}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Таблица 4.6

Наименование оборудования	Стоимость $C_{об}$, руб.	Время работы оборудования $t_{рф}$, час	H_A	F_D	Амортизационные расходы $C_{ам} =$, руб.
ПК	30 000	115	0,4	2384	587,73
Плоско-шлифовальный станок 3Г71	755000	4	0,1	2384	126,68
Электроэрозионный станок Проволочно-вырезной электроэрозионный станок Kingred. Модель DK7763	1090000	12	0,2	3576	731,54
Итого:					1445,95

4.9 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.

Норма оплаты суточных – 100 руб./день.

Данные расходы в работе не предусмотрены.

4.10 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нр}}) \cdot 0,1$$

Для данной работы это:

$$\begin{aligned} C_{\text{проч}} &= (4832,2 + 140029,6 + 42008,9 + 1056,48 + 1828,55 + 0) \cdot 0,1 \\ &= 18\,975,57 \text{руб.} \end{aligned}$$

4.11 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Таблица 4.7

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	4832,2
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	140029,6
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	42008,9
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.об}}$	1056,48
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	1828,55
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	-
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	18975,57
Итого:		208731,3

Таким образом, затраты на исследование составили $C = 208731,3$ руб.

4.12 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере 5 - 20% от полной себестоимости проекта. В данной работе она составляет 20873,13 (10%) от расходов на разработку проекта.

4.13 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это:

$$\text{НДС} = (208731,3 + 20873,13) \cdot 0,2 = 45\,920,89 \text{ руб.}$$

4.14 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$C_{\text{НИР}} = 208731,3 + 20879,13 + 45920,89 = 275531,32 \text{ руб.}$$

4.15 Оценка экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта.

Качественный анализ позволяет радикально ограничить круг перспективных проектов, но зачастую его недостаточно для формирования окончательного множества, подлежащего реализации. В этом случае он дополняется количественным анализом, предполагающим использование ряда

расчетных показателей, позволяющих в итоге проранжировать оставшиеся проекты с точки зрения их экономической эффективности.

Каждый из таких показателей, представляет собой количественную модель соотнесения величины инвестиций в проект с адекватным им экономическим результатом (эффектом), при этом и те и другие могут носить распределенный в календарном времени характер.

4.16 Результаты проведенного исследования

На данный момент сложно говорить о конечном результате, так как проект будет в дальнейшем дорабатываться, и будут применяться другие способы обработки, а так же приложение больших растягивающих усилий.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ71	Засорин Михаил Александрович

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

Тема выпускной квалификационной работы: «Снижение остаточных напряжений в обработанных дорнованием толстостенных цилиндрах наложением дополнительной растягивающей нагрузки»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объектом исследования является участок цеха по производству образцов для дорнования, в частности оборудование, находящееся в нём</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1) Повышенная или пониженная относительно нормативных требований температура, влажности и подвижности воздуха; 2) Повышенный уровень шума; 3) Повышенный уровень вибраций 4) Недостаточная освещенность рабочей зоны; 5) Эмоциональные нагрузки; 6) Отлетающие кусочки металла, абразивного материала; 7) Электрический ток; 8) Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы;
3. Экологическая безопасность	1) Влияние деятельности на литосферу, атмосферу и гидросферу: Токсичные выбросы, неразлагающийся мусор. 2) Способы утилизации отходов
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на производстве: 1) Природного характера - воздействие низких температур 2) Техногенное возникновение пожара
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
12 апреля 2019	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преп. ООД ШБИП	Романова Светлана Владимировна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Засорин Михаил Александрович		

Введение по разделу социальная ответственность

В данном разделе рассмотрены вопросы организации рабочего места оператора станка с ЧПУ, в процессе производства заготовок для дорнования, в соответствии с нормами производственной безопасности и охраны окружающей среды.

Сущность процесса дорнования заключается в перемещении рабочего инструмента дорна в отверстие заготовки с натягом. В процессе обработки за счёт натяга обеспечивается упрочнение металла в поверхностном слое, сглаживание исходной шероховатости, а так же улучшается точность отверстия. При дорновании внутреннюю поверхность отверстий, выполненных в металлических деталях, подвергают пластической деформации в холодном состоянии, за счет чего на них и формируется слой, отличающийся исключительными механическими характеристиками.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются с позиции исполнителя (оператор станка с ЧПУ), связанного непосредственно с изготовлением заготовки для изучения.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда

Для рабочих должны проводиться мероприятия по вопросам обеспечения безопасного труда. В систему таких мероприятий должны входить:

- постоянное совершенствование технологических процессов и оборудования с целью устранить и предотвратить возможность появления производственных вредностей;
- переход от ручной работы к механизированной;
- безусловное соблюдение технологических режимов, строгий контроль за их исполнением;
- знание и соблюдение техники безопасности;
- безусловное соблюдение режимов труда и отдыха, правильная организация рабочего места;
- постоянный контроль за состоянием воздушной среды производственных помещений (соблюдение норм предельно допустимого количества абразива в воздухе и паров химических веществ);
- регулярные медицинские осмотры;
- соблюдение требований безопасности труда к освещенности помещения, отоплению, вентиляции (система вытяжной вентиляции), кондиционированию воздуха;
- соблюдение норм допустимой концентрации вредных веществ в воздухе;
- доступ к системе водоснабжения, сан.узлу;
- регламентированные перерывы в работе на обед и на отдых;
- оборудованное помещение для отдыха работников, оснащенное необходимой мебелью (стулья, кресла, столы, холодильник, микроволновая печь, электрический чайник);
- доступ к питьевой воде.

5.2 Производственная безопасность

Работа по изготовлению заготовки проводилась на металлообрабатывающем оборудовании, а по измерению – на координатно-измерительной машине:

- 1) Токарный обрабатывающий центр Goodway GLS1500LY;
- 2) Координатно-измерительная машина Coord3 модель EOS.

При работе с обеими машинами существуют ряд вредных и опасных факторов:

Таблица 5.1. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб а	Изгото в	Эксплу а	
1.Отклонение показателей микроклимата;	+	+	+	ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования
2. Превышение уровня шума;		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.005-88
3. Повышенный уровень вибраций;	+	+	+	ССБТ. Общие санитарно-гигиенические
4.Отсутствие или недостаток естественного света;	+	+	+	требования к воздуху рабочей зоны. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования
5.Недостаточная освещенность рабочей зоны;		+	+	безопасности. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная
6.Эмоциональные нагрузки;	+	+	+	болезнь. Общие требования. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы
7. Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы;	+	+	+	защиты от шума. Классификация. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
8.Повышенные температуры материалов;	+	+	+	Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (с изменениями и дополнениями).

9.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	
--	---	---	---	--

5.3 Анализ выявленных вредных факторов:

5.3.1 Отклонение показателей микроклимата

В ходе работы необходимо соблюдать допустимые значения на следующие производственные метеоусловия – влажность воздуха на рабочем месте, температура воздуха, скорость движения воздуха, а так же тепловые излучения. Указанные физические свойства воздуха на рабочем месте оказывают значительное влияние на протекание жизненных процессов в организме человека. Так, при неблагоприятном микроклимате (превышение или же занижение допустимых нормативных показателей указанных в СанПиН 2.2.4.548 – 96) снижается производительность труда и ухудшается здоровье работника.

Неблагоприятные условия вызывают перенапряжение механизма терморегуляции, что приводит к перегреву или переохлаждению. Нарушениями механизма терморегуляции являются:

- Повышенная утомляемость;
- Снижение его производительности труда;
- Повышенный риск простудных и сердечных заболеваний.

Для профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия. Например, такие как системы местного кондиционирования воздуха, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), регламент времени работы и т.д.

К числу СИЗ от неблагоприятных климатических условий относят спецодежду, спецобувь, средства защиты рук, головные уборы.

5.3.2 Превышение уровня шума

В рабочем помещении должны соблюдаться нормы уровня шума согласно СН2.2.4/2.1.8.562-96.

Источником шума в рассматриваемом рабочем пространстве является токарный обрабатывающий центр, а также пневмопистолет для подачи воздуха под давлением.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в ГОСТ 12.1.003–83.

Таблица 5.2

Категория напряженности	Категория тяжести трудового процесса				
трудо- вого процесса	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
легкой степени	80	80	75	75	75

Если уровень шума на работе превышает 70-80 дБ необходимо использовать индивидуальные средства защиты (беруши, специальные наушники). Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на:

- акустические (звукоизолирующие кожухи, кабины, акустические экраны, выгородки, звукопоглощающие облицовки, объемные поглотители звука и др.). Физическая сущность звукоизолирующих преград состоит в том, что наибольшая часть звуковой энергии отражается от специально выполненных массивных ограждений из плотных твердых материалов (металла, дерева, пластмасс, бетона и др.) и только незначительная часть проникает через ограждение. Уменьшение шума в звукопоглощающих преградах обусловлено переходом колебательной энергии в тепловую благодаря внутреннему

трению в звукопоглощающих материалах. Хорошие звукопоглощающие свойства имеют легкие и пористые материалы (минеральный войлок, стекловата, поролон и т.п.).

Для уменьшения воздействия неблагоприятных шумовых эффектов, рабочим следует использовать беруши, наушники.

Так же в обеденный перерыв обязательно нужно покидать рабочее место и отправляться в более тихое место, чтобы слух немного отдохнул и адаптировался к нормальному уровню громкости. Не реже 1 раза в год (или в полгода, если уровень шума очень высокий) проверять слух у врачоториноларинголога, следует уловить момент ухудшения и принять меры.

5.3.3 Повышенный уровень вибраций

В процессе обработки деталей, если режущий инструмент выставлен неправильно, а также если станок не имеет крепкого фундамента под собой, или не установлен на виброопорах, могут возникать вибрации.

Основная цель нормирования вибрации на рабочих местах — это установление допустимых значений характеристик вибрации, которые при ежедневном систематическом воздействии в течение всего рабочего дня и многих лет не могут вызвать существенных заболеваний организма человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности.

Основным документом, регламентирующим уровень вибрации на рабочих местах, является СН 2.2.4/2.1.8.566-96 “Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий”. В этом документе приведены предельно допустимые значения колебательной скорости, колебательного ускорения и их уровней в октавных и третьоктавных полосах частот для локальной и общей вибрации в зависимости от источника возникновения, направления действия.

Коллективные виды средств защиты от вибрации считаются предпочтительными, в то время как средства индивидуальной защиты применяются в качестве вспомогательных. К ним относятся: виброзащитные

обувь, перчатки со специальными упруго-демпфирующими элементами, поглощающими вибрацию.

5.3.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Искусственное освещение должно обеспечивать в помещении освещенность, позволяющую выполнять операции, наладку оборудования без производственных дефектов и травматизма, возникающих по причине недостаточной освещенности. Недостаточная освещенность является вредным фактором при выполнении исследовательских работ, требующих особую точность. При работе в таких условиях сначала происходит перенапряжение глаз, которое впоследствии может вызвать ухудшение зрения. В этом случае требуется привлечение дополнительных источников света, в частности настольных ламп.

В цеху, помимо искусственных источников света, установлены большие окна по всему периметру помещения.

Нормы освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливают в зависимости от характеристики зрительной работы.

Таблица 5.3

Разряды работы	Характер работ, выполняемых в помещении		Нормы к.е.о. в %	
	виды работ, по степени точности	Размер объекта <i>мм</i>	при верхнем и комбинированном освещении	при боковом освещении
1	2	3	4	5
I	Особо точные работы	0,1 и менее	10	3,5
II	Работы высокой точности	Более 0,1 до 0,3	7	2

III	Точные работы	Более 0,3 до 1	5	1,5
IV	Работы малой точности	Более 1 до 10	3	1
V	Грубые работы	Более 10	2	0,5
VI	Работы, требующие общего наблюдения за ходом производственного процесса	-	1	0,25

Для вечернего освещения, помимо потолочных ламп, рабочее место должно быть оборудовано дополнительным источником света. В вечернее время в цехах обязательно общее искусственное рабочее освещение, причем расположение светильников должно быть равномерным. Недостаточная освещенность рабочего места не только уменьшает остроту зрения, но и вызывает утомление организма в целом, что приводит к снижению производительности труда и увеличению опасности заболеваний человека. Поэтому с целью обеспечения требуемых норм освещенности необходимо произвести расчет искусственной освещенности. Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока (коэффициента использования), учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен. При работе с персональным компьютером в сочетании с работой с нормативной и технической документацией согласно нормам СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

5.3.5 Эмоциональные нагрузки

Эмоциональные нагрузки определяются тремя параметрами:

- степень ответственности за результат собственной деятельности;
- степень риска для собственной жизни;
- ответственностью за безопасность других лиц.

Практика аттестации рабочих мест показывает, что оценка всех трех параметров происходит в соответствии с профессией без каких-либо дополнительных измерений, что в данном случае является наилучшим выбором, чем проведение крайне субъективных оценок непрофильными специалистами. Проблема эмоциональных нагрузок не может исчерпываться тремя показателями и требует профессиональных методик оценки, которые должны разрабатываться специалистами в области социальной психологии, психологии труда, психологии мотивации и эмоций и т.д., а не гигиенистами, как это было сделано при разработке гигиенических критериев.

Степень ответственности за результат собственной деятельности, значимость ошибки указывает, в какой мере работник может влиять на результат собственного труда при различных уровнях сложности осуществляемой деятельности. С возрастанием сложности повышается степень ответственности, поскольку ошибочные действия приводят к дополнительным усилиям со стороны работника или целого коллектива, что соответственно приводит к увеличению эмоционального напряжения.

5.3.6 Повышенная температура материала

В процессе резания металла, он нагревается до высоких температур (200-600°C), большая часть тепла (50-80%) отводится стружкой, однако, при постоянном воздействии резца на заготовку, она разогревается до температур, которые при кратковременном воздействии могут причинить вред человеку (ожог).

Во избежание получения термических травм, рекомендуется использовать специальные приспособления для транспортировки только что

обработанных деталей, а так же применять смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Основы безопасности и требования при работе с движущимися частями машин приводятся в ГОСТ 7599-82.

5.3.7 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Производственные цеха относятся к II классу электроопасности - помещению с повышенной опасностью, которая характеризуется наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой. Токарный обрабатывающий центр Goodway работает в сети с напряжением 380 В.

Средствами индивидуальной защиты от поражения электрическим током являются инструменты с ручками из изолирующего материала, специальные перчатки и обувь, а также дорожки и коврики.

5.4 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через как можно более полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное

использование ресурсов природы, а также их восстановление и улучшение природных условий. С развитием промышленности вред, который может быть нанесён окружающей среде, увеличивается, поэтому задача по охране окружающей среды должна быть приоритетна для всех, без исключения, компаний.

При написании данной выпускной квалификационной работы не было использовано токсичных и радиоактивных материалов, а также материалов, подлежащим особым условиям утилизации. Однако, с целью рационализации использования природных ресурсов (металл, СОЖ), рекомендуется:

- Пакетировать стружку по маркам, сдавая её в последующем на переработку;
- Очищать СОЖ для повторного использования, с вторичным использованием отфильтрованной взвеси абразивной пыли и мелкой стружки (неответственные конструкции).

При проведении в цеху экспериментов для квалификационной работы вредных выбросов в атмосферу, почву и водные источники не производилось, чрезвычайные ситуации не наблюдались, существенных воздействий на окружающую среду не было.

5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС)

Так как г.Томск расположен в Сибири, где температура зимой опускается до опасных для человека морозов, существует риск чрезвычайной ситуации природного характера. Природная чрезвычайная ситуация — обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате источника чрезвычайной ситуации, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Для того, чтобы устранить полностью или снизить ущерб от различных возможных чрезвычайных ситуаций, проводятся профилактические мероприятия, поэтому при аварии на:

- Водоканале: следует обеспечить подвоз питьевой и технической воды рабочим, если нет возможности прервать технологический цикл изготовления деталей. Также в цеху рекомендуется иметь запас питьевой воды из расчёта 2 л/чел. в смену.
- Теплотрассе: предусмотреть обогреватели помещения, работающие от электрической сети, а также СИЗ (тёплая одежда, перчатки, шапки).
- Электросетях: следует обеспечить генератором (бензиновым или дизельным), который сможет производить ток требуемой мощности. Так же для профилактики рекомендуется:
 - 1) Снабжение предприятия, учреждения, населенного пункта с двух направлений, от независимых энергоисточников. Это значительно повышает надежность, так как одновременный выход из строя двух линий передачи электроэнергии (при закольцованности) менее вероятен;
 - 2) замена воздушных линий на кабельные подземные;
- Transporte: предприятие, зная механизм образования зимней скользкости, обязано не только ликвидировать ее при обнаружении в установленные сроки, но и проводить профилактические мероприятия при наличии прогноза погодных условий, являющихся причиной образования зимней скользкости на дорогах, в том числе применять меры реагирования по ее устранению после окончания выпадения осадков, не дожидаясь сообщений со стороны третьих лиц.

5.6 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

В нашем случае пожаропасность относится к категории «Г — умеренная пожароопасность».

Пожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара. Успех борьбы с пожаром во многом зависит от его своевременного обнаружения и быстрого принятия мер по его ограничению и ликвидации.

Тем не менее, никогда не стоит забывать об опасности возникновения пожара. Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения;
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

В помещении необходимо иметь 2 огнетушителя марки ОП-5, исходя из размеров помещения, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить помещение. Огнетушители должны всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезаряжаться. Желательно помещать на стенах инструкции по пожарной безопасности и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

5.7 Заключение по разделу социальная ответственность

В данном разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены различные виды вредного воздействия на человека и окружающую среду, а так же способы уменьшения их воздействия.

К таким вредным воздействиям на организм человека относятся: вибрации, шум, недостаток освещённости, эмоциональные нагрузки. В разделе приведены способы уменьшения воздействия на организм человека вредных факторов, а так же средства индивидуальной защиты для уменьшения воздействия этих факторов.

Список источников:

- [1] [Электронный ресурс] <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения 13.05.2018)
- [2] [Электронный ресурс] <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения 13.05.2018)
- [3] [Электронный ресурс] <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения 13.05.2018)
- [4] [Электронный ресурс] <http://docplayer.ru/37922309-Ostatochnye-napryazheniya-pri-uprochnenii-otverstiya-metodami-mestnogo-glubokogo-plasticheskogo-deformirovaniya.html> (дата обращения 14.05.2018)
- [5] [Электронный ресурс] <http://mash-xxl.info/info/504119/> (14.05.2018)
- [6] [Электронный ресурс] <http://met-all.org/obrabotka/prochie/dornovanie-dornirovanie-otverstij-stvolov.html> (дата обращения 14.05.2018)
- [7] [Электронный ресурс] http://studvesna.qform3d.ru/db_files/articles/531/article.pdf (дата обращения 14.05.2018)
- [8] [Электронный ресурс] https://www.prombirga.ru/informaciya/novosti/primenenie-stali-45-pri-proizvodstve-reduktorov._294.html (дата обращения 14.05.2018)
- [9] [Электронный ресурс] http://bookwu.net/book_osnovy-eksperimentalnyh-rabot-v-materialovedenie_1016/34_3.4.7-metody-opredeleniya-ostatocnyh-napryazhenij (дата обращения 14.05.2018)
- [10] [Электронный ресурс] <http://www.findpatent.ru/patent/245/2457932.html> (дата обращения 14.05.2018)

- [11] ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ Буркин, С.П. Б91 Остаточные напряжения в металлопродукции : учебное пособие / С. П. Буркин, Г.В. Шимов, Е.А. Андрюкова. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. — 248 с.
- [12] 1. Кожевников Д.В. Современная технология и инструмент для обработки глубоких отверстий. — М.: НИИмаш, 1981. — 60 с
- [13] Проскуряков Ю.Г. Дорнование отверстий / Проскуряков Ю.Г. — Москва; Свердловск: Машгиз, 1961.-192с.: ил.
- [14] Монченко В.П. Эффективная технология производства полых цилиндров.- М.: Машиностроение, 1980.-248с, ил.
- [15] Управление остаточными напряжениями в металлах и сплавах. Я. Д. Вишняков, В. Д. Пискарев.- М.: Металлургия, 1989.-с.254.
- [16] http://www.rusnauka.com/13_NPN_2010/Tecnic/66194.doc.htm (27.12.2018)
- [17] Исаев А.Н. Выбор заготовок при изготовлении изделий из трубного проката дорнованием // Справочник. Инженерный журнал. — 2005. — № 1. — С. 21–24.
- [18] Арляпов А.Ю., Ватолин А.В., Охотин И.С., Скворцов В.Ф. Универсальное приспособление для дорнования глубоких отверстий малого диаметра // Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении: материалы IV международной научно-технической конференции — Тюмень, ТюмГНГУ, 2008, Т. 1. — С. 6–8.
- [19] Е.П. Михаевич. Разработка технологического процесса сборки изделия в машиностроении. Томский Политехнический университет. 2013. -24с.
- [20] Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Серийное производство. М.: НИИТруда, 1976. - 155с.
- [21] В.Е. Антонюк, В.А. Королев, С.М. Башеев. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений. Минск, «Беларусь», 1969. 392 с.

[22] Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учеб.пособие/ И.Н. Аверьянов, А.Н. Болотеин, М.А Прокофьев; - Рыбинск: РГАТА, 2010. – 220 с. ил.

[23] Охотин Иван Сергеевич «ДОРНОВАНИЕ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИИ МАЛОГО ДИАМЕТРА В ПОЛЫХ ТОЛСТОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРАХ С БОЛЬШИМИ НАТЯГАМИ»

[24] Суслов А.Г., Блюменштейн В.Ю., Гуров Р.В., Исаев А.Н. Технология и инструменты отделочно-упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием: справочник. В 2-х томах. Т. 1. // Под общ. Ред. А.Г. Суслова.-М.: Машиностроение, 2014.-480с.: ил.

[25] Бознак Алексей Олегович «УПРАВЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ ПРИ ДОРНОВАНИИ ОТВЕРСТИЙ В ТОЛСТОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРАХ»

[26] Кнышова Е. Н. Экономика организации: учебник / Е. Н. Кнышова, Е. Е. Панфилова. – Москва: Форум Инфра-М, 2012. – 334 с.: ил. – Профессиональное образование.

[27] Бочаров В. В. Инвестиции : учебник для вузов / В. В. Бочаров. – 2-е изд. – СПб: Питер, 2009. – 381 с. – Учебник для вузов.

[28] Староверова Г. С. Экономическая оценка инвестиций : учебное пособие / Г. С. Староверова, А. Ю. Медведев, И. В. Сорокина. – 2-е изд., стер. – Москва: КноРус, 2009. – 312 с

[29] Несветаев Ю. А. Экономическая оценка инвестиций: учебное пособие / Ю. А. Несветаев; Московский Государственный индустриальный университет; Институт дистанционного образования. – 3-е изд., стер. – Москва: Изд-во МГИУ, 2006. – 162 с.

[30] Белов, Сергей Викторович. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник для

академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп.. - Москва: Юрайт ИД Юрайт, 2015. - 703 с. Ссылка на электр

[31] Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: учебное пособие для вузов / П.П. Кукин и др. - 5-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2009. - 335 с

[32] Авраамов, Ю. С. Защита человека от электромагнитных воздействий / Ю. С. Авраамов, Н. Н. Грачев, А. Д. Шляпин. — Москва: Изд-во МГИУ, 2002. — 232 с.: ил. — Это важно знать!. — Библиогр.: с. 227- 231.

[33] Максименко, Георгий Тарасович. Техника безопасности при применении пожароопасных, взрывоопасных и токсичных материалов / Г. Т. Максименко, В. М. Покровский. — 3-е изд., перераб. и доп. — Киев: Будівельник, 1987. — 150 с.: ил.: 22 см. — Библиогр.: с. 148 (27 назв.).

[34] Мاستрюков, Борис Степанович. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий : учебное пособие / Б. С. Мاستрюков. — Москва: Академия, 2011. — 368 с.: ил. — Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности. — Библиогр.: с. 364- 365.

Используемые ГОСТ:

[35] Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)

[36] ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования

[37] ГОСТ Р ИСО 14738-2007. Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин.

[38] ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

[39] ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. [34]

[40] ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

- [41] ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
- [42] ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования .
- [43] ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
- [44] ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
- [45] ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
- [46] ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
- [47] ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения.
- [48] ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.
- [49] ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.
- [50] Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (с изменениями и дополнениями).

Приложение А

LITERATURE REVIEW AND TASKS OF THE RESEARCH

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Засорин Михаил Александрович		

Консультант школы отделения ИШНПТ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бознак А.О.	К.Т.Н.		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ажель Ю.П.			

1. LITERATURE REVIEW AND TASKS OF THE RESEARCH

1.1. Brief description, technological capabilities and application area of the burnishing process.

The essence of the process of hole burnishing

In practice, precise hole machining is more difficult than machining of the outer surface.

While hole machining, due to the limited working space, it is necessary to reduce the cross-section dimensions of the cutting tool, i.e. to reduce its rigidity and allow vibrations during the cutting process. In addition, machining is complicated by poor chip output [13].

As a result, due to the problems mentioned above, it is advantageous to use burnishing for precise hole machining. After this process, the roughness of the hole is reduced, and there is no chip removal, since this is the surface plastic deformation method.

The essence of the process of burnishing is the movement of the working tool (Fig. 1.3) in the hole of the workpiece with tension (Fig. 1.4). During processing, due to the tension the metal is hardened in the surface layer, the initial roughness is smoothened, and the hole accuracy is improved. While burnishing, the inner surface of the holes made in metal parts is subjected to plastic deformation in a cold state, due to which a layer is formed on them that has exceptional mechanical characteristics. [6]

The burnishing of deep holes of small diameter (with $d = 1 \dots 3$ mm), performed using interference fit (up to $0.1 d$) with hard-alloy mandrels, is a simple and productive method for their finishing and hardening treatment, ensuring high accuracy and quality of the surface layers of holes, including those obtained by drilling with twist drills.

Burnishing can be used, in addition to hardening, for special purposes such as increasing the static strength of various cylinders [12].

Surface burnishing provides hole machining with an accuracy of IT6 ... 9 and a roughness of $Ra = 0.32 \dots 0.04$ microns. While surface burnishing surface layer is plastically deformed. Surface burnishing is referred to as surface plastic deformation method.

Volumetric burnishing is referred to as metal pressure treatment, plastic deformation occurs over the entire cross section of the workpiece. With volumetric burnishing in billets for one working stroke of a multi-tooth mandrel, holes can be obtained with an IT11 accuracy and surface roughness of $Ra = 0.63\text{--}0.04 \mu\text{m}$.

Further only the method for surface burnishing will be considered.

1.2 Schemes and processing modes of burnishing

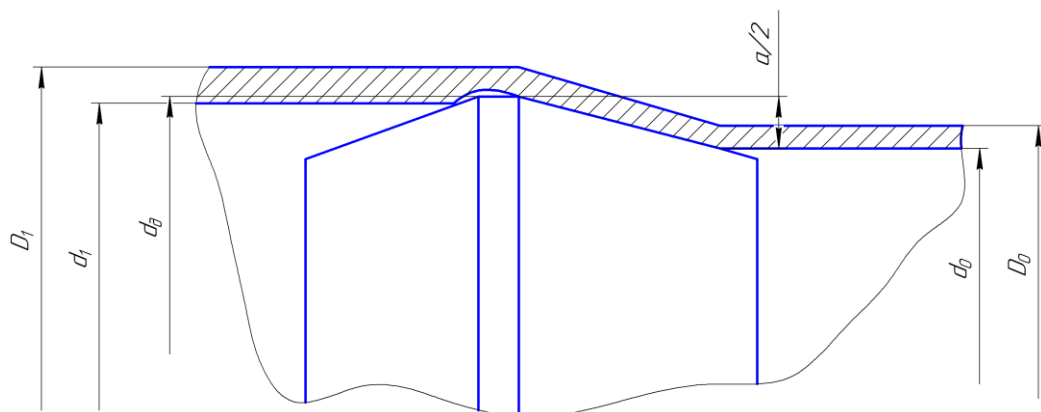


Figure 1.1 - Scheme of burnishing

d_0, d_1 is the diameter of the hole in the workpiece before and after burnishing;

d_d - mandrel diameter;

D_0, D_1 - outer diameter of the part before and after burnishing; a — tension;

Depending on the magnitude and direction of the axial forces affecting the workpiece, there are distinctions of burnishing schemes with axial compression (compression scheme), with axial tension (tension scheme) and with additional tension of the free end of the workpiece (counter-tension scheme). Compression schemes are mainly used for processing relatively short products with a ratio, and tension schemes and with counter-tension schemes - for processing long products like liners and hydraulic cylinder bodies.

While the single-tooth mandrel burnishing according to the compression scheme, the billet is placed on a fixed support, the burnishing is performed from the side of the free end. Compared with other schemes, it is characterized by the smallest wall thinning and the largest shortening of the workpiece.

Single-tooth mandrel burnishing according to the tension scheme is made from the support end. The scheme is preferable to the previous one, as it provides a higher accuracy of processing the hole. The wall thinning is more intense, the shortening is minimal.

Burnishing according to the counter-tension scheme is carried out with the help of a special tensioning device providing a certain level of axial stresses in the walls of the workpiece. The tension of the workpiece significantly changes the conditions of deformation. A counter-tension scheme can be used to control deformations in order to obtain a given change in wall thickness [24].

The multi-toothed mandrel burnishing is used to combine the burnishing with the calibration of the workpiece hole to obtain accuracy and a to reduce surface roughness. It is made according to the schemes of compression, tension or counter-tension. While multi-tooth burnishing axial stresses are always variable along the length of the workpiece. The distribution of these stresses depends on burnishing scheme, the number of deforming teeth of the mandrel and their relative location, the magnitude of the total tension and its distribution on the teeth of the mandrel and other factors. At the surface of the hole favorable in operation compressive residual stresses are formed [24].

There are three main schemes of burnishing:

1) Burnishing with axial "compression" of the workpiece (Figure 1.2a). It is used for the manufacture of bushings, sleeves with the ratio $L / d < 8$. The billet is set on the support device with a hole that is larger than the diameter of a mandrel. While machining the holes in the sleeves with the ratio $L / D > 5$ supporting rings are installed between the mandrels. Supporting rings reduce the deflection of the hole. Billets in the form of rings and short bushings are treated with punches or broaches in a set of several details.

During the deformation of the hole in the transmitting section of the workpiece, axial compressive stresses arise, the magnitude of which is limited by the loss of stability of thin-walled, long pipes [14].

2) The burnishing of holes in long, thin-walled sleeves with the ratio $L / d > 8 \dots 10$ is carried out according to the tension scheme (Figure 1.2b). In this case, the detail rests on the technological flange, shoulder, recess, previously formed on the tube billet. In the holes of such parts from the side of the flange, a conical lead-in part or a recess is provided for, which excludes the deformation of the flange in the process of burnishing.

Axial tensile stresses occur in the transmission zone of the part, reducing the chance of deflection, and the presence of a flange significantly increases the permissible distribution of the hole until the signs of metal destruction occur [14].

This scheme is recommended for burnishing the holes in sleeves with flanges.

3) With axial pre-deformation (Figure 1.2b)

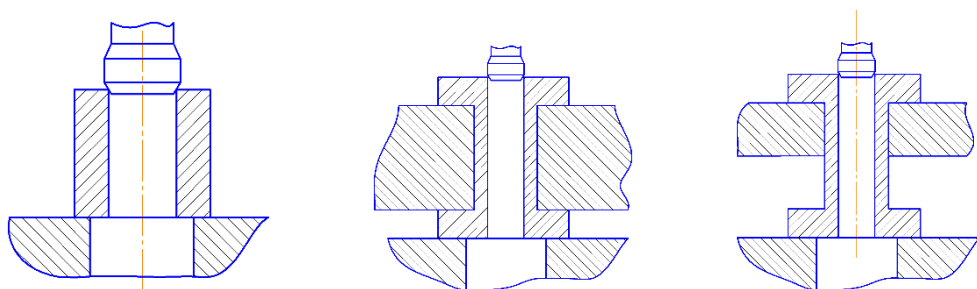
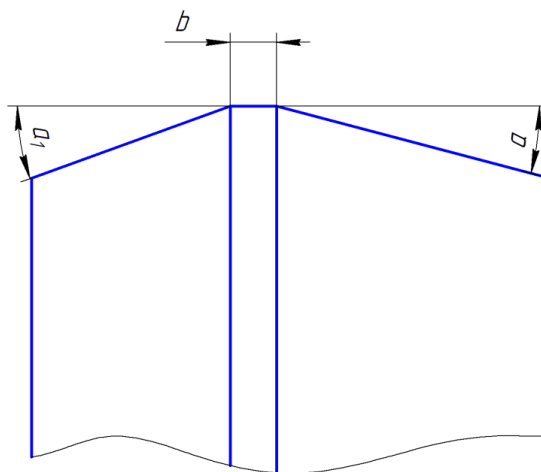


Figure 1.2 - Schemes of burnishing

Mandrel is a tool for surface burnishing. Mandrels can be single-tooth and multi-tooth, solid and recruited from individual teeth.



b - width of the calibration tape; α - posterior and anterior corners of the mandrel.

Figure 1.3- Mandrel

Types of mandrels:

For constructive design mandrels can have various types:

- a) single-tooth with a shank for work on a broaching machine;
- b) single-tooth without shank to work on the press;
- c) single-tooth without shank with a guide strap;
- d) recruited mandrel; [3]
- e) solid multi-tooth mandrel;

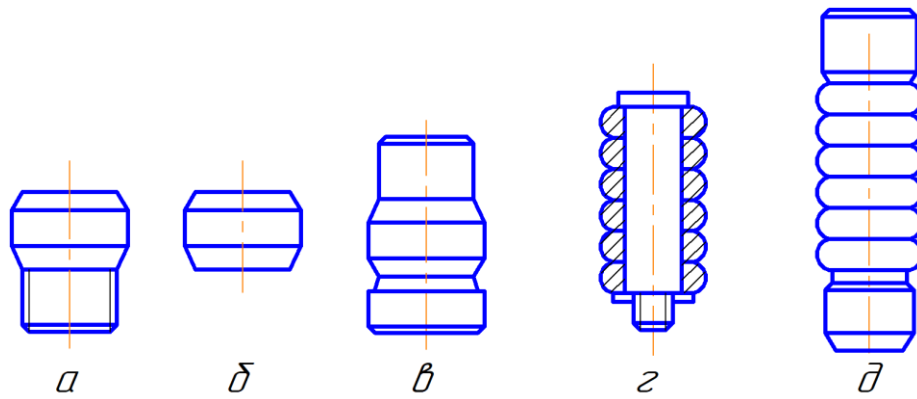


Figure 1.4- Types of mandrels

Tough requirements are applied to mandrels in their manufacture, since after burnishing the roughness must be reduced and the accuracy of the diameter of the hole must be achieved. The working surfaces of the mandrels are processed to a roughness of $Ra = 0.08\text{--}0.04\text{ }\mu\text{m}$, which is usually formed by fine-tuning. [25]

For the manufacture of mandrels, steel and tool alloys are used (U10A and U12A); alloyed (CVH, SK15, X12F and XV5); high-speed (P18), high-manganese steel EI-256 showed good results in wear resistance, hard alloys (VC8, VC10, VC15). Steel mandrels can be successfully used in the processing of non-ferrous alloys. To increase the resistance of the mandrels, wear-resistant coatings are applied to their working surface, for example, of chromium nitride (CrN) or titanium nitride (TiN). [25]

By using them the durability of a tool is provided and in most cases it allows to get rid of the undesirable fact of the setting of the materials of a tool and the workpiece. The working part of the teeth of the mandrel can be made in the form of a sphere or a torus, as well as in the form of two truncated cones connected at their large bases with a 14 cylindrical ribbon. Due to its high manufacturability, the mandrels with the working part of the last type are the most common. One of the cones is working and performs plastic deformation of the material of the detail, and the second one is reverse, it provides a smooth exit of the mandrel (tooth) from the source of plastic deformation. The cylindrical ribbon connecting these cones, forms the diameter of the resulting holes. The angles of the working and reverse

cones are usually taken equal and selected to ensure the minimum effort necessary to push (pull) the mandrel through the hole. Their optimal values are within $6 \dots 12^\circ$. The optimal width of the cylindrical ribbon is $0.1 \dots 3$ mm. Instruments with a regular microrelief applied to their working surface are also used. Hard alloy balls, like tools, have a number of advantages, which include: accuracy of form, high strength and durability. However, their manufacture is possible only on specialized equipment. A significant drawback of the balls, which manifests itself during the burnishing of the holes of small diameters, is the impossibility of working with *interference_fit*. For example, so that the contact angles of a ball 2 mm in diameter with the hole being machined do not exceed 10° , the tension should be less than 0.03 mm.

After quenching and tempering, the hardness of the working surface of steel mandrels reaches HRC 62 ... 65. Steel mandrels, coated with a thin layer of chromium, with a thickness of $0.005 \dots 0.012$ mm, or nitrated to a depth of $0.5 \dots 0.7$ mm, are 2-4 times more durable. It has been established experimentally that the best results in durability are given by hard-alloy mandrels [13].

Modes

For the successful implementation of the process of burnishing, the following requirements should be considered:

- 1) Selection of the optimal *interference_fit*.

The main parameter of the mode is the *interference_fit*. The magnitude of residual deformation, roughness of the machined surface, the degree and depth of work hardening, the magnitude and depth of residual stresses, etc. depend on its magnitude. The value of the optimal *interference_fit* should be chosen taking into consideration a number of factors: the mechanical properties of the metal being processed, the uniformity and thickness of the workpiece walls, the size of the hole, the size and direction of traces of the initial roughness, the quality of the lubricant, etc.

The magnitude of the interference_fit i while burnishing $i = d - d_3$, where d_3 is the diameter of the billet's hole before the burnishing [13].

It is believed that in case where $Did > 3$, the strength of the burnishing (and contact pressure) is kept constant, the outer area of the parts, regardless of the tension, is always in an elastic state, and the metal displaced from the hole mostly shifts in the form of inflows to the ends of the parts, as was shown by preliminary experiments, it can not be applied in the area of high tension of interference_fit. It is quite obvious that the influence of the specified geometric parameter on the process of burnishing should be considered in conjunction with other geometric parameters of hollow cylinders — the diameter of the holes d and the relative height Lid , as well as the modes of the burnishing, its schemes and the mechanical properties of the metal parts. For a reasonable design of the burnishing operation of deep holes with small diameter in hollow thick-walled cylinders, it is necessary to have mathematical dependencies for estimating the efforts of burnishing, shrinking of the holes and deformations of the outer surface of the cylinders, which are currently missing. [23]

2) The choice of burnishing speed.

Today it is known that the speed has little effect on the result of the burnishing process. Thus, the speed of burnishing is selected based on the maximum capacity of the equipment, but the formation of build-up with a speed increase due to an increased heat release in the contact zone increases. This is especially affected while burnishing of viscous materials. Therefore, for them it is recommended to take the rate of burnishing equal to 0.03-0.08 m / s, and for less ductile materials - 0.08-0.11 m / s. Various equipment may be used for this process. The most commonly used are broaching machines, in particular cases the machines are modified.

3) Traction.

While manufacturing of hollow cylinders from a pipe traction is an important characteristic of the process of plastic deformation of cylindrical

surfaces, the value of which is necessary for: choosing equipment of required power and effort; calculation of tools and deforming elements for stiffness and strength, etc. [14]

With more tension while burnishing the formation of build-up may be caused, which is unacceptable.

Because the angle α directly affects the value of the tension and the subsequent purity of the surface, you must choose it with special care. If this angle is chosen unsuccessfully in the direction of reduction, it is necessary to apply a large force of burnishing, which causes a significant shift in the surface of metal layers, breaks the oil pad and creates scratches on the treated surface. A significant increase in the angle may cause the intake part of the mandrel to slip in the hole and it will not perform the main part of the work, which falls on the working cone. As a result, the mandrel can lead in the hole, because all deformation will occur in the area of the cylindrical ribbon and, as a consequence, tool failure.

While designing and manufacturing of the mandrel, the following conditions should be followed:

- the angle of the intake cone of the mandrel for specific conditions should be determined by the formula:

$$\alpha_{opt} = \frac{1,79\mu^2 \left(\frac{D^2}{d^2} - 1 \right) \ln \left(1 + \frac{i}{d_3} \right)}{\left(\frac{D_s^2}{d^2} - 1 \right)} \cdot \left[\sqrt{\frac{0,56 \left(\frac{D_s^2}{d^2} - 1 \right)}{\mu^3 \left(\frac{D^2}{d^2} - 1 \right) \ln \left(1 + \frac{i}{d_3} \right)} + 1} - 1 \right]$$

α_{opt} - optimal angle of the intake cone of the mandrel, radians;

$\frac{i}{d_3}$ - Relative tightness while burnishing;

D - the outer diameter of the workpiece, mm;

d – diameter of the hole, mm;

μ - the friction coefficient;

D_s^2 - the value characterizing the zone of the metal in which additional shifts of the metal occur;

p - the true resistance to deformation, determined for a given degree of deformation according to the diagram of true stresses;

D_m - hardening modulus, determined separately for each material based on the diagrams of true stresses. [16]

While performing the experiment, the angle was chosen in the range $\alpha = 3 \dots 6$.

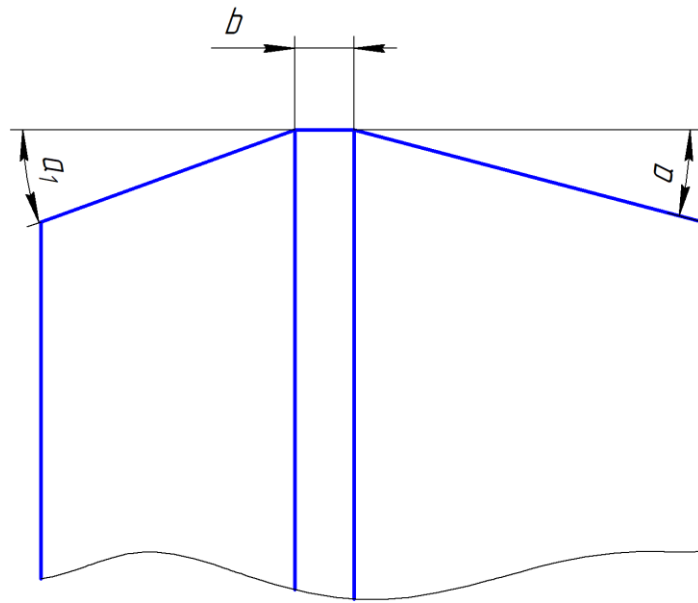


Figure 1.5- Geometry of a mandrel

The process of burnishing, in addition to the shape of the working profile of the mandrel, the optimal tension and speed of burnishing, is influenced by the following factors: the mechanical properties of the material of the workpiece, its dimensions and the degree of accuracy of the hole preprocessing. [13]

1.3 Lubricant

The important role of the lubricant in the process of burnishing should be noted. When machining holes using the burnishing method, the wrong choice of lubricant can dramatically degrade the quality of the surface being treated, lead to a decrease in tool life and an increase in tractive effort during the burnishing process.

The lack of lubrication in the process of burnishing leads to sticking of the metal to the surface of the mandrel, which can cause it to jam.

The lubricant should form on the deformable surface a thin film that separates metal surfaces (tool-billet), which reduces the coefficient of friction and evenly distributes the pressure on the working surface of the mandrel. [14]

Lubricant selection:

When choosing a lubricant, it is necessary to proceed from the condition of obtaining the best purity of the treated surface. As a rule, fatty acids, glycerol compounds with palmitic acid, Ukrinol emulsion, Acvol-2 emulsion, MP-1 oil (for copper-clad surfaces) are used in case of burnishing.

For low and medium carbon steels, when treating with mandrels with small relative tensions (up to 0.006 mm), industrial and spindle oils, emulsions, sulfofresol, etc. are used; and, during the burnishing of stronger steels with large relative tensions, mixtures of mineral and vegetable oils with oleic acid, soaps, and also mineral oils with fillers — graphite, sulfur, talc. The use of powdered molybdenum disulfite or mixed with mineral oil in the ratio of 2: 1 gives very good results. Cast iron is well treated with kerosene, copper-based alloys with emulsions and mineral oils, and aluminum alloys with soapy water and a mixture of mineral and vegetable greases and fats. Mineral oils and emulsions are used for copper-based alloys.

The right lubricant can reduce the Ra parameter of the treated surface and reduce the friction coefficient.

Disadvantages of burnishing:

Today, the process of burnishing is actively used in the manufacture of details such as bushings, pipe holes, etc. However, there are the following disadvantages of this process: residual stresses, inflows, jamming of the tool, not all materials undergo this process, the need to ensure high accuracy of the tool.

The main task, which burnishing solves, is to ensure the reliable protection against the negative factors listed above.

1.4 Residual stresses:

Since residual stresses are one of the main problems in the process of burnishing, methods for reducing the effect of residual stresses after this type of hole processing should be considered.

Stresses are called residual or preliminary or technological when they exist in the structure or in its individual elements in the absence of external power, thermal and other effects. In the engineering to designate residual stresses, the names of technological processes are also used, after which they appear: welding stresses, quenching stresses, deformation stresses, straightening stresses, or product finishing. Residual (preliminary) stresses play a significant role in engineering. [11]

Residual stresses always occur. The cause of residual stresses is the inhomogeneity of the deformed state of a solid part due to various changes in different places of its length or volume.

The main causes of residual stresses are uneven plastic deformation of the surface layers when processing with a tool. Uneven heating of thin surface layers during machining. Structural transformations arising from both heat and plastic deformations. Depending on the type and mode of machining, a different combination of listed above causes occur. This leads to the formation of residual stresses of various sizes and different signs (+ σ kg / mm² tensile; - compressive) - σ kg / mm²)

The residual stresses can be divided into:

1. Residual stresses of the first kind, which are balanced in volumes commensurate with the volume of products and have oriented direction.
2. Residual stresses of the second kind, balanced in volumes of the same order with the volume of crystals. These stresses do not have a specific direction.

3. Residual stresses of the third kind, which are balanced in volumes of the same order with the elementary crystal cell (with the atomic cell)

Harmful residual stresses are a latent defect. To reduce them, various steps are taken. [3]

Residual stresses while burnishing:

Residual stresses have a significant impact on the strength and durability of details. It is essential to know the magnitude and distribution of residual stresses for the subsequent constructive consideration or reduction of harmful residual stresses on the surface of the detail, as well as for their best use if useful compressive stresses appear in the surface layer.

The creation of the circumferential compression on the inner surface after the exit of the mandrel from the deformation zone is unwelcome. In case that this circumferential compression exceeds the initial yield strength of the material, inelastic deformation of the opposite sign appears on the inner surface of the cylinder after the pressure is removed. [13]

Methods for removing residual stresses:

The most common method for this is considered to be a heat treatment. The most common and effective method of removing residual stresses is high tempering of products, which consists of heating them to 600–650 ° C, followed by slow cooling. [5]

A frequently used method for reducing residual stresses is annealing. Annealing is a type of heat treatment that consist of heating to a certain temperature, exposure for a certain time at this temperature and usually slow cooling to room temperature. During annealing, the processes of return (rest of metals), recrystallization and homogenization are carried out. The purpose of which is to reduce hardness to facilitate machining, improve the microstructure, as well as to achieve greater homogeneity of the metal, the removal of internal stresses.

For the most complete reduction of residual stresses in details after cold plastic deformation, annealing is preferably carried out at the recrystallization temperature. However, such processing removes the hardening formed after cold plastic deformation, which in many cases is unacceptable. Therefore, it is necessary either to put up with an insufficiently complete removal of residual stresses at low annealing temperatures, or to compromise, achieving a more substantial removal of residual stresses with some deterioration in mechanical properties.

The disadvantage of this method is deterioration of the mechanical properties of steel due to grain growth; the appearance of secondary heterogeneity and porosity; the occurrence of coagulation of excess phases. The advantage of this method is the removal of internal stresses; recrystallization; homogenization.

In some cases, it is necessary to reduce or completely relieve residual stresses in the product. For this, various methods for applying to the detail (that have residual stresses) forces causing plastic deformation, various types of heat treatments, etc. can be used.

The essence of the method of removing residual stresses by applying an external load is following: when an external load is applied to a detail, the stresses caused by it add up to residual stresses already present in the detail and cause local plastic deformation at the places of the greatest residual stresses. Plastic deformation relieves residual stresses in varying degrees or leads to their redistribution over the cross section of the part.

The positive effect of residual stresses on the operational and resource characteristics of metal products

Residual stresses can be not only negative, which is observed in most cases, but can also have a positive effect.

However, the effective use of such a technique, for example, to increase the strength of various cylindrical objects is possible only with a deep understanding

of the physical and mechanical changes that occur in the metal during deformation, if the magnitude and nature of the distribution of stresses in the wall of the workpiece are known. [13]

It is important to know about the tensile stresses generated on the outer wall of the object that is being burnished, as after exceeding a certain limit, these stresses can lead to premature failure.

List of sources:

[1]<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5> (05/13/2018)

[2] https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D1%80%D0%BD_%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82 (05/13/2018)

[3]https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F (05.13.2018)

[4]<http://docplayer.ru/37922309-Ostatocnyye-napryazheniya-pri-uprochnenii-otverstiya-metodami-mestnogo-glubokogo-plasticheskogo-deformirovaniya.html> (14.05.2018)

[5] <http://mash-xxl.info/info/504119/> (14.05.2018)

[6] <http://met-all.org/obrabotka/prochie/dornovanie-dornirovanie-otverstij-stvolov.html> (05/14/2018)

[7]http://studvesna.qform3d.ru/db_files/articles/531/article.pdf (05/14/2018)

[8] https://www.prombirga.ru/informaciya/novosti/primenenie-stali-45-pri-proizvodstve-reduktorov._294.html (05/14/2018)

[9] http://bookwu.net/book_osnovy-eksperimentalnyh-rabot-v-materialovedenie_1016/34_3.4.7-metody-opredeleniya-ostatocnyh-napryazhenij (05.14.2018)

[10] <http://www.findpatent.ru/patent/245/2457932.html> (05/14/2018)

[11] RESIDUAL VOLTAGES IN METAL PRODUCT Burkin, S.P. B91 Residual stresses in metal products: a tutorial / S. P. Burkin, G.V. Shimov, E.A. Andryukov. - Ekaterinburg: Publishing house Ural. University, 2015. - 248 p.

[12] 1. Kozhevnikov D.V. Modern technology and processing tool deep holes. - M.: NIImash, 1981. - 60 s

[13] Proskuryakov Yu.G. Opening holes / Proskuryakov Yu.G. - Moscow; Sverdlovsk: Mashgiz, 1961.-192s.: ill.

[14] Monchenko V.P. Effective production technology of hollow cylinders.- M.: Mashinostroenie, 1980.-248s, il.

[15] Control of residual stresses in metals and alloys. Ya. D. Vishnyakov, VD Piskarev.- M.: Metallurgy, 1989.-p.254.

[16] http://www.rusnauka.com/13_NPN_2010/Tecnic/66194.doc.htm (12/27/2018)

[17] Isaev A.N. The choice of blanks in the manufacture of products from pipe rolled by burnishing // Reference book. Engineering magazine. - 2005. - № 1. - p. 21-24.

[18] Arlyapov A.Yu., Vatolin A.V., Okhotin I.S., Skvortsov V.F. Universal device for the mandibing of deep holes of small diameter // New materials, non-destructive control and high technologies in mechanical engineering: materials of the IV international scientific and technical conference - Tyumen, Tsogu, 2008, V. 1. - P. 6–8.

[19] E.P. Mihaevich. Development of the process of assembly of the product in engineering. Tomsk Polytechnic University. 2013. -24s.

[20] General engineering standards for the time for the metalworking of parts and the fitting and assembly work on assembling machines. Mass production. M .: NIITruda, 1976. - 155s.

[21] V.E. Antonyuk, V.A. Korolev, S.M. Basheev. Reference designer on the calculation and design of machine tools. Minsk, "Belarus", 1969. 392 p.

[22] Design and calculation of machine tools and test-measuring devices in course and diploma projects: study guide / I.N. Averyanov, A.N. Bolotein, M.A. Prokofiev; - Rybinsk: RGATA, 2010. - 220 p. silt

[23] Okhotin, Ivan Sergeevich “PREGNANCY OF THE DEEP HOLES OF SMALL DIAMETER IN HOLLOW THICK WALL CYLINDERS WITH LARGE TENSIONS”

[24] Suslov A.G., Blumenshtein V.Yu., Gurov R.V., Isaev A.N. Technology and tools finishing and hardening treatment of surface plastic deformation: a reference. In 2 volumes. T. 1. // Under total. Ed. A.G. Suslova.-M .: Mashinostroenie, 2014.-480s .: ill.

[25] Aleksey O. Boznak “MANAGEMENT OF RESIDUAL STRESSES WHEN COMPLETING HOLES IN THICK-WALL CYLINDERS”