

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

Институт Кибернетики
Направление подготовки Машиностроение
Кафедра ТМСПР

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование точности и шероховатости поверхностей отверстий, полученных ружейными сверлами

УДК 621.951.4-472-021.416

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Ярных Андрей Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Кирсанов С.В.	Доктор технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В.	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	Доктор технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТМСПР	Вильнин А.Д.			

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	
Профессиональные компетенции		
P1	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении	
P2	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения	
P3	Способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать	
P5	Способность получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, уметь применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа	
Общекультурные компетенции		
P6	Способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства	
P7	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, для приобретения новых знаний и умений.	

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

Институт Кибернетики
 Направление подготовки (специальность) 15.04.01 «Машиностроение»
 Кафедра «Технологии машиностроения и промышленной робототехники»

УТВЕРЖДАЮ:
 И.о.зав. кафедрой
Вильнин А. Д.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ51	Ярных Андрею Евгеньевичу

Тема работы:

Исследование точности и шероховатости поверхностей отверстий, полученных ружейными сверлами	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	15.05.2017, №3144/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ol style="list-style-type: none"> 1. Технологический процесс изготовления детали «втулка плунжера» в ООО «Роскомплент» 2. Литература по технологии изготовления топливной аппаратуры 3. Проспекты фирм-изготовителей ружейных сверл
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Исследование стойкости ружейных сверл при сверлении глубоких отверстий в стали ШХ-15В. 2. Исследование точности глубоких отверстий полученных ружейными сверлами при сверлении в стали ШХ-15В. 3. Исследование шероховатости глубоких отверстий полученных ружейными сверлами при сверлении в стали ШХ-15В. 4. Разработка рекомендаций по совершенствованию технологического процесса изготовления детали «втулка плунжера»
Перечень графического материала	Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point);

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Кирсанов С.В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын В.В.
Социальная ответственность	Федорчук Ю.М.
Исследовательский (на английском яз.)	Шепетовский Д.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Исследовательский раздел	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Кирсанов С.В.	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Ярных Андрей Евгеньевич		

Оглавление

1. Проблемы технологии изготовления плунжерных насосов	7
2. Применение ружейных сверл для сверления глубоких отверстий в плунжерных насосах	9
3. Конструкции ружейных сверл	12
4. Повышение стойкости ружейных сверл	21
4.1 Виды покрытий.....	21
4.2 Технология нанесения износостойких покрытий.....	21
5. Контроль качества износостойких покрытий	33
6. Эксперимент	42
7. Результаты эксперимента.....	46
8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	54
8.1 Потенциальные потребители результатов исследования	56
8.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	57
8.1.3 SWOT-анализ.....	58
8.2 Инициация проекта	61
8.2.1 Цели и результат проекта.....	61
8.2.2 Организационная структура проекта	62
8.2.3 Ограничения и допущения проекта	63
8.3 План проекта.....	63
8.4 Бюджет научного исследования	66
8.5 Накладные расходы.....	72
8.6 Матрица ответственности	73
8.7 Реестр рисков проекта	74
8.8 Оценка экономической эффективности проекта	75
8.9 Оценка научно-технического уровня НИР.....	75
9. Социальная ответственность	80
9.1 Анализ опасных и вредных факторов	82
9.2 Микроклимат	83
9.3 Вредные вещества	84
9.4 Производственный шум	85

9.5 Освещение.....	86
9.6 Электробезопасность	88
9.7 Пожаровзрывобезопасность.....	89
9.8 Экологичность	90
9.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	91
9.10. Законодательные акты	93
Список литературы	94
Приложение А	95
Приложение Б.....	105

1. Проблемы технологии изготовления плунжерных насосов

В настоящее время одной из сложных технологических задач современного машиностроения является сверление глубоких и точных отверстий.

Потребность в таких отверстиях возникает, в частности, при производстве топливной аппаратуры дизельных двигателей (топливоподводящие каналы форсунок) и др. В этих изделиях имеются отверстия диаметром $d \leq 15$ мм и длиной $l = (5-10)d$ к которым предъявляются жесткие технические требования. Так, изогнутость оси не должна превышать 0,0003-0,0005 мм, некруглость 0,0001-0,0002 мм, точность диаметра 0,01-0,02 мм, а шероховатость поверхности должна быть Ra0,32 мкм. Одним из важнейших и наиболее трудно осуществимых технических требований является обеспечение высокой прямолинейности оси отверстия, без чего невозможно произвести сборку деталей прецизионной пары с малым диаметральный зазором (в ряде случаев 0,0002–0,0004 мм).

Такие отверстия можно получить спиральными и ружейными сверлами. При сверлении отверстий спиральными сверлами возникают значительные трудности, вызванные конструктивными недостатками инструмента, поэтому изогнутость оси оказывается значительной (около 0,1 мм), а шероховатость поверхности достигает Ra1,25 мкм. Это вынуждает удалять большой припуск для устранения погрешностей обработки.

При работе спирального сверла вследствие неравенства сил на его режущих кромках происходит «разбивание» отверстий и увод инструмента от оси детали, чему способствует и наличие поперечной режущей кромки. Недостаточный объем стружечных канавок, а также отсутствие надежного отвода стружки вынуждает периодически выводить сверло из отверстия, что способствует снижению производительности процесса сверления. Из-за сложности проникновения смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону резания стойкость спиральных сверл низкая.

Повышение точности обработки отверстий в деталях может быть достигнуто за счет применения ружейных сверл, обладающих рядом преимуществ перед спиральными при сверлении глубоких отверстий. Сравнительные данные, характеризующие точность обработки отверстий сверлами приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Точность обработки при сверлении отверстий

Погрешность обработки	Спиральное сверло	Ружейное сверло
Точность диаметра, мм	0,1-0,15	0,03-0,05
Изогнутость оси, мм	0,1	0,003-0,005
Погрешности формы в поперечном сечении, мм	0,03-0,05	0,003-0,005
Увод сверла от оси детали, мм	0,2-0,3	0,1
Шероховатость поверхности, класс	4-5	5-6

При производстве топливной аппаратуры детали плунжерных пар должны иметь достаточную износостойкость и обеспечивать герметичность сопряжения, которая достигается высокой точностью изготовления и жесткими требованиями к шероховатости поверхности. Последние условия обусловили высокую стоимость плунжерных пар (Рис. 1.1.).



Рис. 1.1. Плунжерная пара

Процесс сверления плунжерной втулки ружейными свёрлами не отвечает современным требованиям, нужным при изготовлении.

Из-за значительного колебания диаметральных размеров и шероховатостей поверхностей отверстий, увеличивается трудоёмкость процессов хонингования и доводки, соответственно увеличивается стоимость выходного изделия, что не устраивает современным требованиям. В современном машиностроении начинают использовать сверла с износостойкими покрытиями.

Одним из путей повышения стойкости инструмента является применение износостойких покрытий. Применительно к ружейным сверлам, такие сведения в литературе отсутствуют.

2. Применение ружейных сверл для сверления глубоких отверстий в плунжерных насосах

При обработке деталей прецизионных пар плунжерных насосов имеются отверстия малого диаметра и значительной длины, к обработке которых предъявляют жесткие технические требования. Одним из жесточайших и наиболее трудноосуществимых технических требования является обеспечение высокой прямолинейности оси отверстия. В связи с чем применяются ружейные сверла для сверления точных отверстий.

Сверление ружейными сверлами позволяет решить первую важную задачу – получение точного отверстия отверстия « в сырой» заготовке, т. е. до закалки деталей на высокую твердость.

Процесс сверления глубоких отверстий ружейными сверлами отличается от процесса сверления спиральными сверлами. В связи с тем, что ружейные сверла не обладают самоцентрированием, поэтому при врезании им требуется направление. Для этого применяют кондукторные втулки или предварительно просверленные заходные отверстия. На станках глубокого сверления применяются кондукторные втулки. Необходим подбор скорости вращения сверлильной части инструмента или оптимальная скорость резания (подачи свергла). Из-за малого диаметра ружейного сверла, шпиндель вращается с высокой частотой для обеспечения нужной скорости резания. Далее должно быть обеспечено нормальное дробление стружки, а также полный отвод отходов из канала. Важным моментом во время измельчения отходов сверления является сохранность режущей части инструмента, не должно быть повреждений сверла, образования на нем заусениц или иных дефектов. Далее, ключевым фактором качественной обработки поверхностей заготовок или деталей является эффективная и грамотная подача смазочно-охлаждающей жидкости. В отверстие стебля подается СОЖ под давлением, а по V-образной канавке отводится стружка и СОЖ (Рис. 2.1).

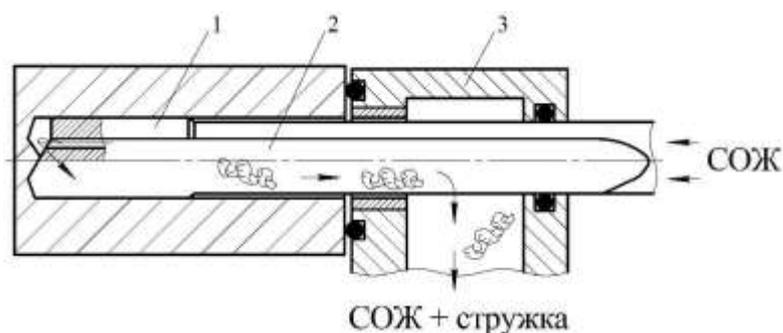


Рис. 2.1. Схема сверления глубокого отверстия ружейным сверлом:

1 – рабочая часть, 2 – стебель, 3 – стружкоприемник

Анализ конструкций станков для сверления глубоких отверстий ружейными сверлами, выпускаемых зарубежными* фирмами SIG

(Швейцария), Loch (Германия), Unisig (США), Tiefbohrtechnik (Германия), Votek(Германия) и др., показал, что станки должны отвечать следующим требованиям:

- наличие высокоскоростных шпинделей (до 25000 мин-1);
- бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя и подачи;
- наличие насосной станции высокого давления (до 20 МПа) с тонкостью очистки СОЖ (5-20 мкм).

В качестве СОЖ при сверлении глубоких отверстий на станках глубокого сверления чаще всего применяют масляные СОЖ, так, как температура в зоне контакта направляющих элементов сверла с поверхностью обрабатываемого отверстия достигает 420...550°С. Это оказывает негативное влияние на стойкость инструмента и качество поверхностного слоя отверстий. Поэтому при сверлении глубоких отверстий ружейными сверлами с целью уменьшения потерь на трение примеряют в основном масляные СОЖ. В отличие от водных СОЖ масляные жидкости состоят из базового минерального масла и присадок различного функционального назначения: антифрикционных, антиокислительных, антипенных, моющих и др. Эти СОЖ оказывают хорошее смазочное и относительно низкое охлаждающие действия, имеют высокую стоимость и характеризуются пожароопасностью. На химическое взаимодействие присадок с металлическими поверхностями трения определяющее влияние оказывают повышенная температура и каталитическое воздействие ювенильной (не покрытой какой-либо пленкой) поверхности металла. Образующиеся модифицированные слои представляют собой твердые смазочные пленки, которые эффективно защищают поверхности контакта от схватывания (заедания).

*В нашей стране станки для сверления глубоких отверстий ружейными сверлами не выпускаются.

3. Конструкции ружейных сверл

«Классическое» ружейное сверло состоит из режущего твердосплавного наконечника (рабочей части) 1 и стального трубчатого стебля 2 с V-образной наружной канавкой и хвостовика 3 (рис. 3.1). Наконечники ружейных сверл бывают цельные твердосплавные, сборные из стали типа 30ХГСА (для $d > 22\text{мм}$), оснащенные напайными режущими и направляющими твердосплавными пластинами, а также сменные твердосплавные (рис. 3.2). Иногда режущие и направляющие пластины припаивают непосредственно на стембель сверла.

Ружейные сверла являются самоцентрирующимся инструментом. В процессе сверления сверло опирается на уже обработанную поверхность своими направляющими. Усилия резания прижимают направляющие к стенкам готового отверстия, что обеспечивает хорошее центрирование, высокое качество и шероховатость просверливаемого отверстия. Благодаря различным формам заточки сверла этого типа можно использовать для обработки разнообразных обрабатываемых материалов.

Соединение со стеблем твердосплавных наконечников осуществляют пайкой припоем ПСрМНц-49 по ТУ 4S-1-326-73 или ПСр40 по ГОСТ 19739-74 с применением флюса 284 по ТУ 48-02-62-71 [63], а сборных наконечников — аргонодуговой сваркой. Для этого наконечники с одной стороны имеют клиновую поверхность с углом профиля $60\dots90^\circ$, которая стыкуется с ответной стыковой поверхностью на стебле сверла (см. рис. 3.1).

Наконечники ружейных сверл имеет круглые или серпообразные отверстия и наружные V-образные канавки с углом профиля 120° . Длина твердосплавных наконечников берется равной $(2.0\dots4.5)d$. Аналогичные заготовки наконечников ружейных сверл выпускают и другие производители.

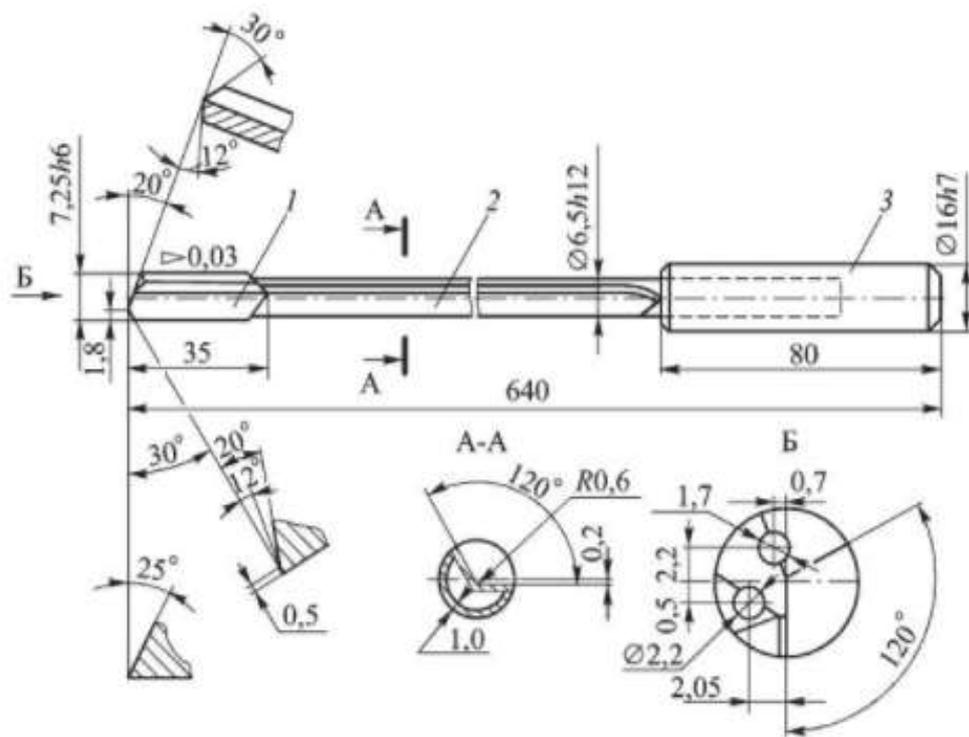


Рис. 3.1. Ружейное сверло: 1-наконечник; 2-стебель; 3-хвостовик

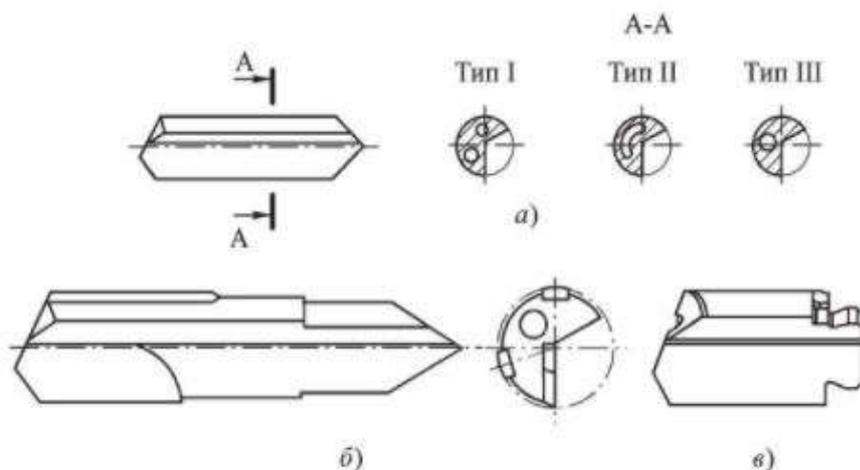


Рис. 3.2. Типы наконечников ружейных сверл:

a – цельный; *б* – сборный, оснащенный напайными твердосплавными пластинами; *в* – сменный твердосплавный фирмы Iscar (Израиль)

В последнее время за рубежом ряд фирм освоили выпуск заготовок твердосплавных наконечников ружейных сверл. Это, в частности, заготовки фирмы Hartmetall (Чехия) — $d = 5,9 \dots 20,9$ мм; Gühring (Германия) — $d = 2,4 \dots 8,7$ мм (с серпообразным отверстием для подвода СОЖ) и $d = 5,5 \dots 13,9$ мм (с двумя отверстиями); Ceratizit (Люксембург) - соответственно $d =$

2,4...8,7 мм и d=5,5...13,9 мм; Voehlerit (Австрия)-d=8,85...19,6 мм (с двумя отверстиями); Votek d = 0,5...60 мм (с серпообразным отверстием, одним отверстием и двумя отверстиями) (Табл. 3.1)

Табл. 3.1. Типы припайных наконечников ружейных сверл одностороннего резания фирмы Votek

Типы	Ø инструмента	
Тип 110 Сверло одностороннего резания с твердосплавной головкой	серпообразный канал для СОЖ для инструментов Ø 1,850 - 7,059 мм	
	2 отверстия для СОЖ для инструментов Ø 7,060 - 51,200 мм	
Тип 111 Сверло одностороннего резания с головкой из стали (с напаянными твердосплавными режущей и направляющими пластинами)	одно отверстие для СОЖ для инструментов Ø 5,800 - 40,009 мм 2 отверстия для СОЖ для инструментов Ø 40,010 - 60,009 мм (без иллюстрации)	
Тип 112 Ступенчатое сверло одностороннего резания с твердосплавной головкой	Серпообразный канал для СОЖ или 2 отверстия для СОЖ, в зависимости от диаметра ступени Инструмент Ø 2,000 - 51,200 мм	
Тип 114 Сверло глубокого кольцевого сверления (с напаянными твердосплавными режущей и направляющими пластинами)	Наружный Ø инструмента 11,000 - 50,000 мм	
Тип 115 Рассверливающий инструмент с твердосплавной головкой	Серпообразный канал для СОЖ или 2 отверстия для СОЖ	
Тип 115-01 Рассверливающий ступенчатый инструмент с твердосплавной головкой	Инструмент Ø 2,000 - 51,200 мм	
Тип 115-03 Рассверливающий инструмент с направляющей цапфой и твердосплавной головкой	Инструмент Ø 4,000 - 12,000 мм	
Тип 115-04 Рассверливающий инструмент с направляющей цапфой и головкой из стали (с напаянными твердосплавными режущей и направляющими пластинами)	Инструмент Ø 12,001 - 60,006 мм	

В качестве материала наконечников ружейных сверл в нашей стране используют однокарбидные твердые сплавы марок ВК8, ВК6, ВК6-М, ВК6-ОМ. За рубежом применяют твердые сплавы примерно того же химического состава, но с меньшим размером зерен карбидной фазы. Благодаря этому повышается твердость и изгибная прочность твердого сплава, уменьшается

выкрашивание лезвий сверл. Другим следствием уменьшения размера зерен карбидной фазы является возможность получения более острой режущей кромки. Поэтому наиболее распространенным в настоящее время материалом наконечников ружейных сверл является однокарбидный вольфрамокобальтовый твердый сплав с размером зерен карбидной фазы 1,3...0,5 мкм. Причем цельнотвердосплавные ружейные сверла изготавливают из субмикроструктурных твердых сплавов с размером зерен карбидной фазы менее 1 мкм.

Твердосплавные наконечники ружейных сверл обычно изготавливают прессованием в разъемных пресс-формах двухстороннего действия.

В качестве стандартного стержня используется фасонная труба из материала с улучшенными свойствами, с V-образной канавкой (Рис. 3.3.)

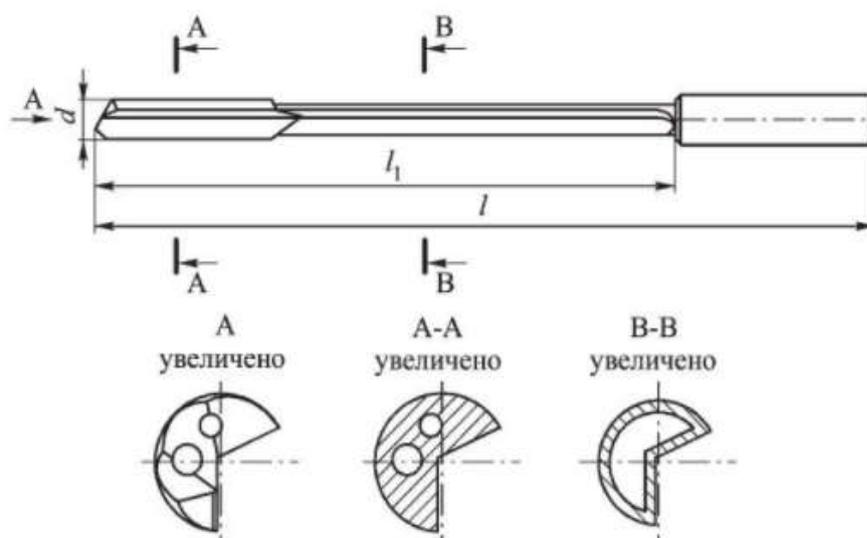


Рис. 3.3. Сечение стержня ружейного сверла (Вид В-В)

Сверло с круглым стержнем может быть только у рассверливающих инструментов с отводом стружки в направлении сверления. Отношение толщины стенки к наружному диаметру стержня имеет огромное значение для крутильной жесткости и проходного сечения. Это гарантирует исключительную производительность и сроки службы. У удлиненных инструментов, для которых в качестве опоры предусмотрены дополнительные люнетные втулки, длина V-образной канавки (желобка) на стержне сверла должна быть ровно такой, какая необходима для отвода

стружки. В области люнетных втулок стержень сверла может быть круглым. Это повышает устойчивость инструмента. Канавку получают холодной прокаткой труб. В качестве материала труб фирма Heller Bremen (Германия), например, применяет вязкие низколегированные улучшаемые хромистомолибденовые стали, закаливаемые на воздухе до 35...40 HRC марки 25CrMo4V (75), что соответствует отечественным сталям марок 15ХМ, 20ХМ и др. ОАО ВНИИИнструмент» для этих целей рекомендует использовать прецизионные трубы по ГОСТ 9567-75 из сталей 30ХГСА или 40ХН2МА [63].

После закалки стебли подвергают многократной рихтовке для обеспечения их прямолинейности в пределах 0,03...0,08 мм при длине стеблей, равной соответственно 400...1000 мм.

Наружные диаметры стеблей во избежание контакта с поверхностями обработанных отверстий должны быть меньше диаметра сверла $a = 0,92d$, а толщина стенок стеблей $S = (0,12,0,15)d$. Для примера в табл. 4.2 приведены диаметры стеблей ружейных сверл, выпускаемых фирмой Votek (Германия).

Табл. 3.2. Диаметры стеблей ружейных сверл фирмы Votek (Германия)

Диаметры сверл d , мм	Диаметры стеблей $d_{ст}$, мм	Диаметры сверл d , мм	Диаметры стеблей $d_{ст}$, мм	Диаметры сверл d , мм	Диаметры стеблей $d_{ст}$, мм
1,9...1,99	1,8	2,5...2,59	2,4	3,36...3,55	3,2
2,0...2,09	1,9	2,6...2,69	2,5	3,56...3,79	3,4
2,1...2,19	2,0	2,7...2,79	2,6	3,8...3,90	3,6
2,2...2,29	2,1	2,8...2,89	2,7	4,0...4,29	3,8
2,3...2,39	2,2	2,9...3,09	2,8	4,3...4,49	4,1
2,4...2,49	2,3	3,1...3,35	3,0	4,5...4,79	4,3

Диаметры сверл d , мм	Диаметры стеблей $d_{ст}$, мм	Диаметры сверл d , мм	Диаметры стеблей $d_{ст}$, мм	Диаметры сверл d , мм	Диаметры стеблей $d_{ст}$, мм
4,8...4,99	4,6	10,1...10,59	9,8	19,51...20,50	19,0
5,0...5,19	4,8	10,6...10,89	10,3	20,51...21,50	20,0
5,2...5,49	5,0	10,9...11,59	10,6	21,51...22,60	21,0
5,5...5,69	5,3	11,6...11,89	11,3	22,61...23,60	22,0
5,7...5,99	5,5	11,9...12,59	11,6	23,61...24,60	23,0
6,0...6,24	5,8	12,6...12,89	12,3	24,61...25,60	24,0
6,25...6,44	6,0	12,9...13,59	12,6	25,61...26,60	25,0
6,45...6,74	6,2	13,6...13,89	13,3	26,61...27,60	26,0
6,75...6,99	6,5	13,9...14,59	13,6	27,61...28,60	27,0
7,0...7,29	6,7	14,6...14,89	14,3	28,61...29,60	28,0
7,3...7,59	7,0	14,9...15,99	14,5	29,61...30,60	29,0
7,6...7,79	7,3	15,6...15,89	15,2	30,61...32,60	30,0
7,8...7,99	7,5	15,9...16,59	15,5	32,61...34,69	32,0
8,0...8,29	7,7	16,6...16,89	16,2	34,7...36,69	34,0
8,3...8,69	8,0	16,9...17,59	16,5	36,7...38,69	36,0
8,7...9,0	8,4	17,6...17,89	17,2	38,7...40,0	38,0
9,01...9,69	8,7	17,9...18,59	17,5	—	—
9,7...10,09	9,4	18,6...19,50	18,2	—	—

Стебель ружейного сверла справа стороны имеет непрофилированный цилиндрический конец, который впаивается (припой ПрМНМц 68-4-2 по ТУ 48-08-476-71, флюс Ф 100 по ТУ 48-02-48-70 (70%) и обезвоженная бура по ТУ 48-4-376-75 (30%) в цилиндрический хвостовик, изготавливаемый из

сталей 45, 50 по ГОСТ 1051–73 или сталей 40Х, 45Х по ГОСТ4543–71
(Рис.3.4.) [63].

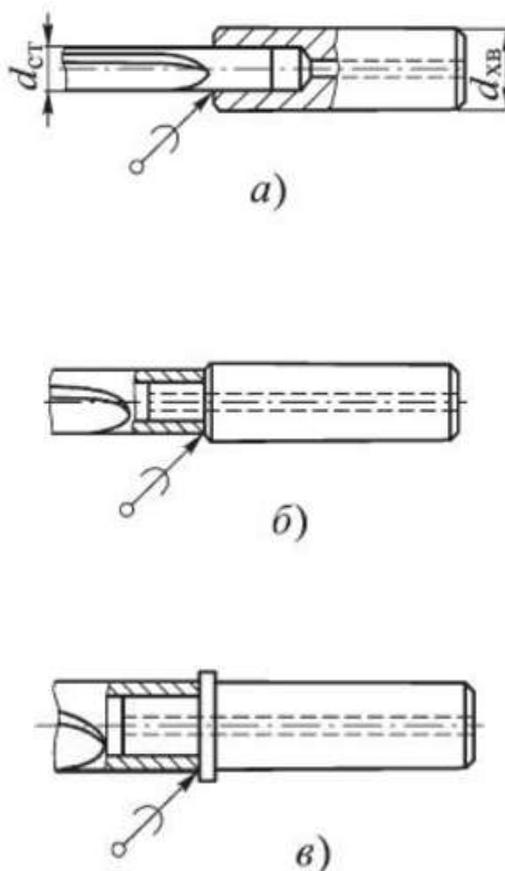
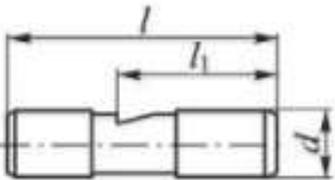
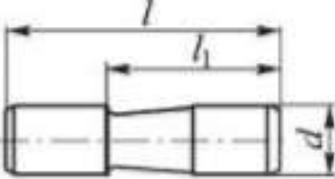
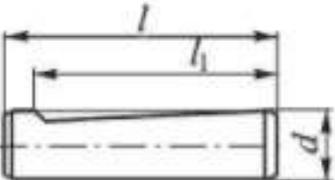


Рис. 3.4. Типы паяных соединений стблей и хвостовиков ружейных сверл:

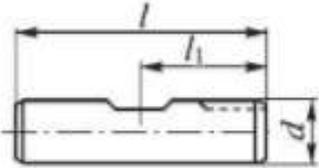
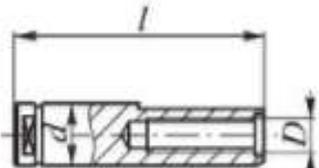
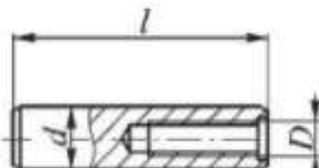
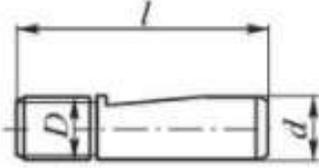
$$a - d_{\text{ст}} < d_{\text{хв}}; \text{б} - d_{\text{ст}} = d_{\text{хв}}; \text{в} - d_{\text{ст}} > d_{\text{хв}}$$

В нашей стране хвостовики ружейных сверл не стандартизированы. За рубежом на эти хвостовики разработан ряд стандартов, но выпускают сверла и с нестандартными хвостовиками. В качестве примера в табл. 3.3. приведены типы хвостовиков ружейных сверл, изготавливаемых фирмой Tiefbohrtechnik (Германия).

Табл. 3.3. Типы хвостовиков ружейных сверл.

Тип хвостовика	d , мм	l , мм	l_1 , мм
	10	40	24
	16	45	31
	16	50	47,5
	25	70	34
	12,7	38,1	25,4
	16	70	44,4
	19,05	69,8	44,4
	20	70	44,4
	25,4	69,8	57,1
	28	70	57,1
	31,75	69,8	57,1
	36	70	57,1
	38,1	69,8	57,1
	10	40	28
	12	45	33
	16	48	36
	20	50	38
	25	56	44
	32	60	48

Продолжение табл. 3.3.

Тип хвостовика	d , мм	l , мм	l_1 , мм
	10	40	20
	12	45	22,5
	16	48	24
	20	50	25
	25	56	32
	32	60	36
	40	70	40
	50	80	45
	d , мм	l , мм	D , мм
	10	68	M6×0,5
	16	90	M10×1
	25	112	M16×1,5
	10	60	M6×0,5
	16	80	M10×1
	25	100	M16×1,5
	36	120	M24×1,5
	16	112	Tr 16×1,5
	20	126	Tr 20×2
	28	126	Tr 28×2
	36	162	Tr 36×2

4. Повышение стойкости ружейных сверл

Одним из современных способов повышения стойкости режущих инструментов является нанесение износостойких покрытий на их рабочие части.

4.1. Виды покрытий

Для повышения износостойкости рабочих частей ружейных сверл фирмы *Botek*, *Stock*, *Gühring* и др. наносят различные покрытия (Таб. 4.1). При этом вид покрытий должны указывать потребители инструментов, а рекомендации к выбору покрытий у фирм-производителей отсутствуют.

Табл. 4.1. Состав и физико-механические характеристики

некоторых износостойких покрытий

Покрытие	Микротвердость, Гпа	Температура окисления, °С	Коэффициент трения	Коэффициент термического расширения, $10^{-6}/^{\circ}\text{K}$	Теплопроводность, Вт/(м·°К)
TiN	22...26	400...550	0,40...0,55	9,35	24,7...30,0
AlTiN	32...36	700...900	0,50...0,70	9,0	22,0
TiCN	35...40	400	0,20...0,30	7,0...8,0	43

Наиболее распространённым методом нанесения покрытий на РССС является *Physical Vapour Deposition (PVD)*, реализуемый при температурах 400...600°С. Это объясняется тем, что, например, метод *Chemical Vapour Deposition (CVD)* реализуется при более высоких температурах - 700...1100°С, что часто неблагоприятно сказывается на работоспособности режущих инструментов. Кроме этого, метод *CVD* практически не используется для нанесения многоэлементных покрытий, например, типа (Al,Ti)N. Поэтому наибольшее предпочтение в нашем случае следует отдать методу *PVD*.

4.2 Технология нанесения износостойких покрытий

После алмазной заточки ружейных сверл их режущие кромки имеют малый радиус округления, пилообразную форму и сколы (Рис. 4.1.). При сверлении это приводит к снижению стойкости инструмента. Поэтому далее

ружейные свёрла подвергают «сухому» полированию, например, на установках фирмы *Otec* (Германия), *Multifinish* (Германия) и др.

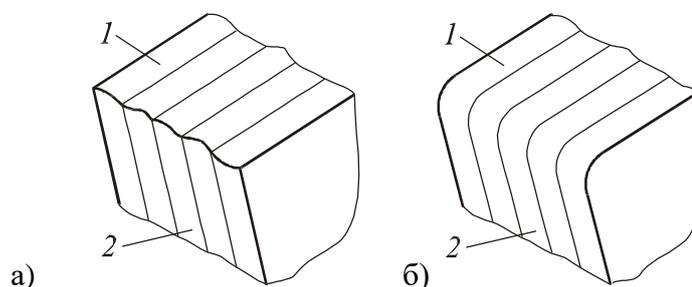


Рис. 4.1. Вид режущей кромки ружейного сверла: а – после алмазного шлифования; б – после «сухого» полирования (1 – передняя поверхность, 2 – задняя поверхность)

Общий вид установки «сухого» полирования *SF-1/1-68* фирмы *Otec* показан на Рис. 4.2, а. В процессе работы установки свёрла, закрепленные в быстросменных держателях, неподвижны, а ёмкость с абразивной смесью вращается (Рис. 4.2.б). Вращение ёмкости с изменяемой скоростью и глубиной погружения в специально подобранную абразивную смесь позволяет добиться равномерности обработки и хорошей воспроизводимости результатов.

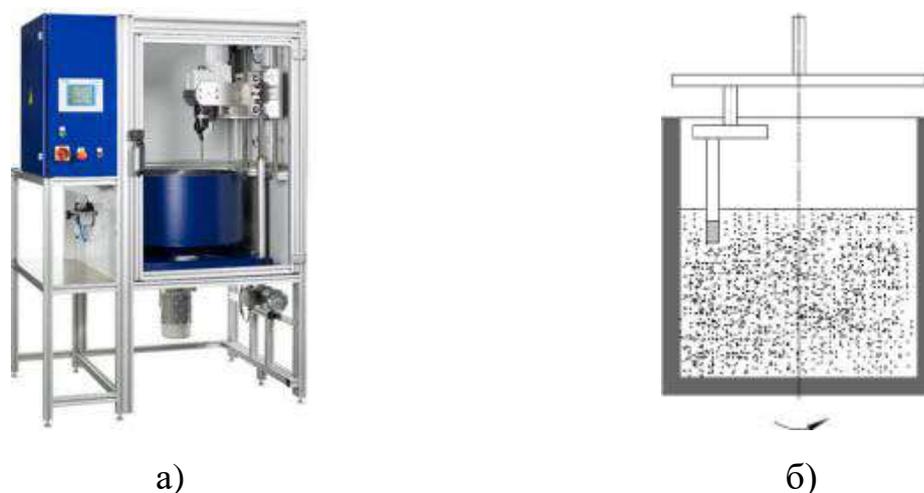


Рис. 4.2. Установка для «сухого» полирования мод. *SF-1/1-68* фирмы *Otec*:
а – общий вид; б – схема работы

В качестве абразивной среды здесь используют, например, гранулы оксида алюминия – корракса (Рис. 4.3) или смесь, рекомендуемую фирмой *Otec* и состоящую из 70 % карбида кремния зернистостью 1,4 мм и 30 % гранул грецкого ореха зернистостью 1,6 мм.

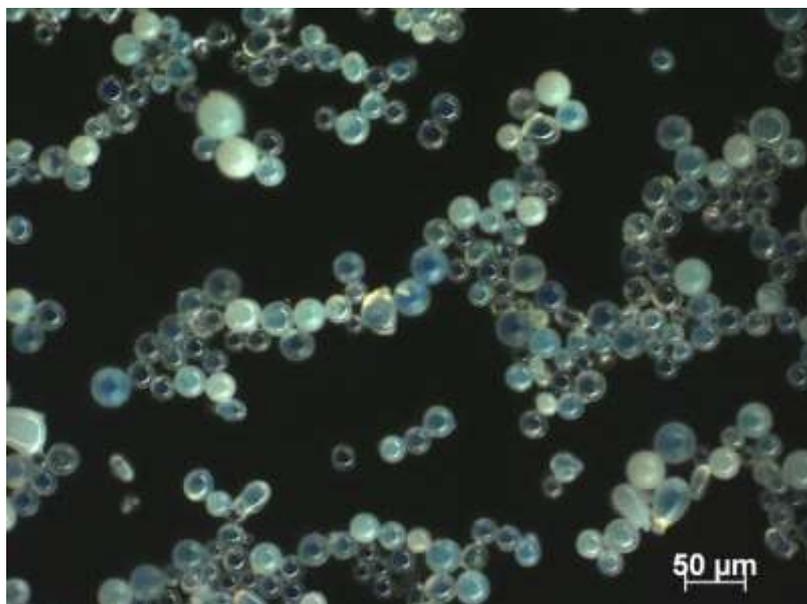


Рис. 4.3. Гранулы оксида алюминия – корракса ($\times 500$)

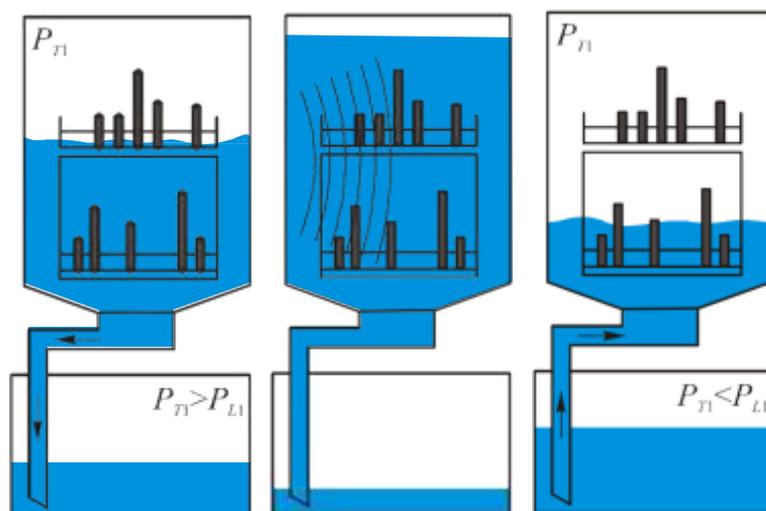
Функциональные характеристики износостойких покрытий зависят от качества подготовки поверхностей рабочих частей ружейных. Поэтому свёрла перед нанесением покрытия подвергают мойке в автоматической моечной машине с вакуумной сушкой, например, фирмы *Platit* (Швейцария) (Рис. 4.4).



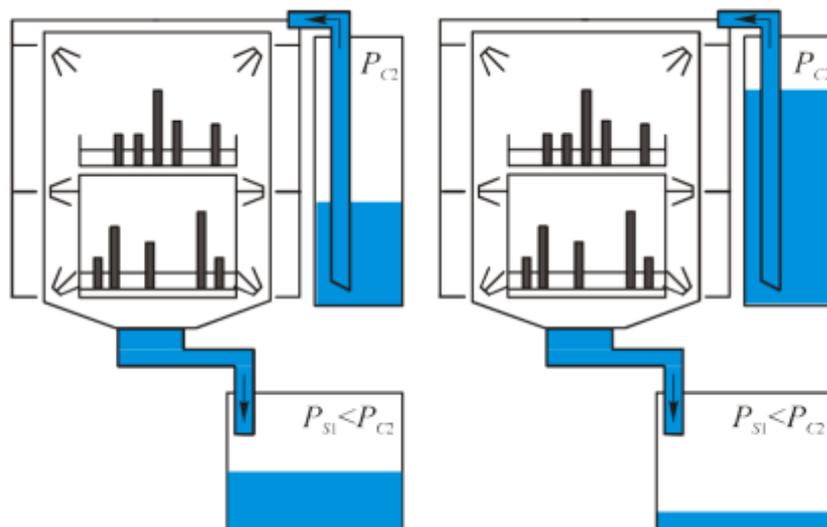
Рис. 4.4. Общий вид автоматической моечной машины с вакуумной сушкой мод. V300 фирмы Platit (Швейцария)

Мойка ружейных свёрл осуществляется в следующей последовательности (время цикла 45 мин):

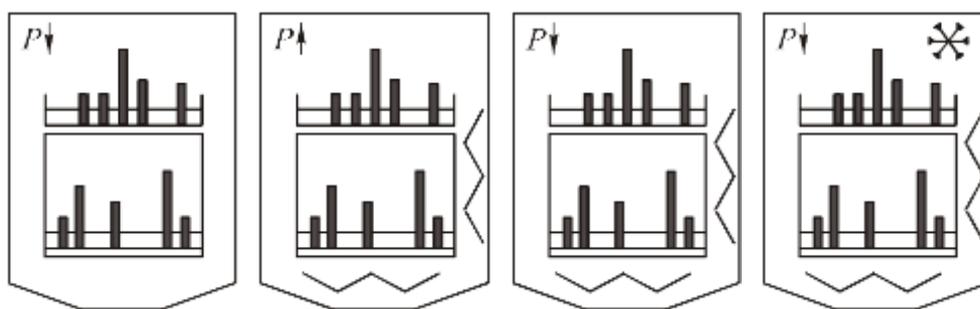
1. Ультразвуковая очистка (моющее средство *Deconex HT 1153* фирмы *Borer Chemie* (Швейцария)).



2. Мойка (моющее средство *Deconex Spray Extra* фирмы *Borer Chemie* (Швейцария).



3. Вакуумная сушка (70...80°C).



После такой обработки инструменты готовы для нанесения покрытия.

Износостойкие покрытия на рабочие части ружейных свёрл наносят методами физического осаждения в вакууме – *Physical Vapour Deposition (PVD)*:

- а) метод вакуумно-дугового испарения;
- б) метод магнетронного распыления;
- в) метод электронно-лучевого испарения.

В основе *PVD*–методов, как правило, лежит испарение (распыление) вещества в вакуумной камере, с последующей ионизацией частиц, ускорением в электрическом (магнитном) поле в направлении к покрываемой поверхности и их конденсацией на этой поверхности в присутствии реакционного газа. При этом перевод твердого вещества в металлический пар

может осуществляться катодным пятном вакуумной дуги (вакуумно-дуговое испарение, Рис. 5.5, а); ионным пучком (магнетронное распыление, Рис. 4.5, б); электронным пучком (электронно-лучевое испарение, Рис. 4.5, в) при температуре 500...600 °С.

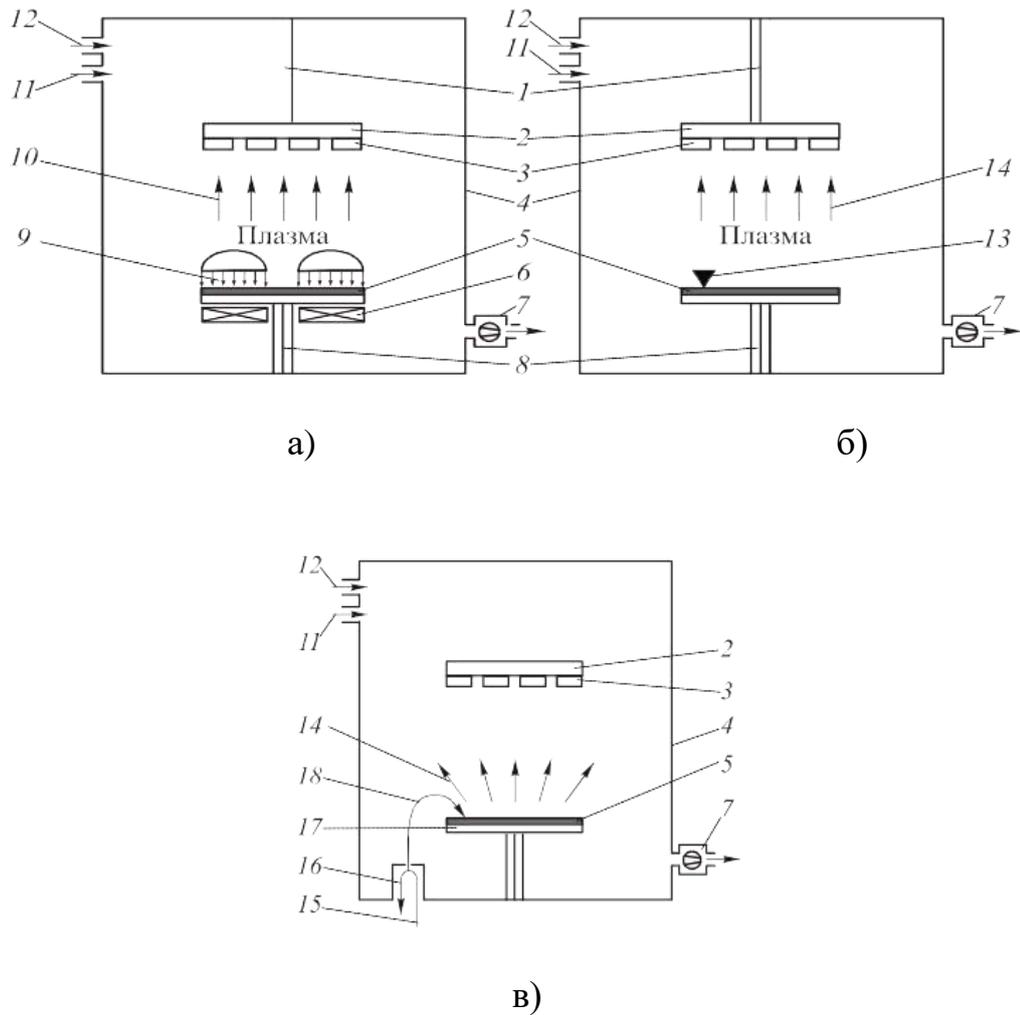


Рис. 4.5. Принципиальные схемы нанесения покрытий на режущий инструмент PVD-методами: а – магнетронным распылением; б – вакуумно-дуговым испарением; в – электронно-лучевым испарением; 1-подача напряжения смещения; 2 – держатель инструментов; 3 – инструмент; 4 – вакуумная камера; 5 – осаждаемый материал; 6 – магнитная система для магнетронного распыления; 7 – вакуумный насос; 8 – подача разрядного напряжения; 9 – ионный пучок; 10 – распыленный материал; 11 – реакционный газ; 12 – инертный газ; 13 – катодное пятно; 14 – испаренный

материал; 15 – подача ускоряющего напряжения; 16 – термокатод; 17 – тигель; 18 – электронный луч

В качестве испаряемого (распыляемого) вещества обычно используют тугоплавкие металлы (Ti, Cr, Mo, Zr, Al и др.), реакционных газов – азот, метан, кислород и получают соответственно покрытия в виде нитридов, карбидов, карбонитридов или оксикарбидов тугоплавких металлов (Табл. 5.2).

Табл. 4.2. Характеристики покрытий, получаемых PVD–методом

Покрытие	Цвет	<i>HV</i> *	Коэффициент трения	Температура начала окисления
TiN	золотистый	23...25	0,55	550...600
TiCN	серо-голубой	35...37	0,2	400
(Ti, Al)N	фиолетово-черный	31...35	0,6	800...850
(Ti, Al)CN	фиолетово-красный	35...37	0,25	500

CrN	серебристо-металлический	12...14	0,3	650
ZrN	золотисто-белый	26...28	0,5	550
(Ti, Cr)N	золотисто-серый	18...20	0,5	700
(Ti, Al, Cr)N	бронзовый	28...30	0,4	850...900

* Так как твердость может варьироваться в широком диапазоне и зависит от режимов осаждения и химического состава покрытия, в таблице представлены данные об оптимальной твердости, рекомендуемой для покрытий на режущий инструмент.

Нанесение PVD–покрытий при помощи дугового или тлеющего разряда (магнетрона) обеспечивает бóльшую производительность и не столь чувствительно к незначительным отклонениям технологических параметров. Поэтому PVD–метод находит все бóльшее применение.

Типовой технологический процесс нанесения покрытий PVD–методом состоит из следующих основных операций:

1. Загрузка свёрл, прогрев и откачка вакуумной камеры.

2. Очистка рабочих поверхностей свёрл ионным травлением в газовом разряде.
3. Очистка рабочих поверхностей свёрл бомбардировкой ионами металла и нагрев до рабочих температур.
4. Нанесение покрытия.
5. Охлаждение и выгрузка свёрл.
6. Контроль качества нанесенного покрытия.

Для реализации *PVD*–метода применяется оборудование фирм *Hauser* (Нидерланды), *Oerlikon Balzers* (Швейцария), *Platit* (Швейцария), *Multi Arc Vacuum System* (США), а *CVD*–метода – *Ricter Precision* (США), *Rübig* (Германия), *Ion Bond* (Швейцария) и др.

На Рис. 4.6 представлен общий вид установки для нанесения покрытий *PVD*–методом мод. π-300 фирмы *Platit*, ее технические характеристики в Табл. 4.3, а виды наносимых покрытий – в Табл. 4.4.



Рис. 4.6. Общий вид установки для нанесения износостойких покрытий мод. π-300 фирмы Platit

Таб. 4.3. Основные технические характеристики установки для нанесения износостойких покрытий мод. π-300 фирмы Platit

Число испарителей (катодов), шт.:	
боковые вращающиеся катоды (LARC®)	3
центральные вращающиеся катоды(CERC®)	1
Температура нанесения покрытия, °С:	230
инструментальные стали	
быстрорежущие стали	350-500
твердые сплавы	350-600
Производительность, шт., при обработке:	
осевого инструмента ø 10 x 70 мм (2 мкм)	504 (цикл 4,5 ч)
твердосплавных пластин ø 20 x 6 мм (2 мкм)	1890 (цикл 4 ч)
Наносимые покрытия	TiN, (Ti,Al)N, nACo®, TiCN-MP, (Ti,Al)CN, CrN, nACRo®, GRADVIC®, CROMVIC®, однослойные, многослойные,
Габаритные размеры рабочей камеры:	
длина×ширина×высота, мм	580×580×540
Материал камеры	коррозионно-стойкая сталь по DIN 1.4301
Максимальные размеры покрываемой детали:	
диаметр, мм	
высота, мм	450
Максимальная масса одной покрываемой детали, кг	30
Максимальная загрузка, кг	150...200
Габаритные размеры установки:	
длина×ширина×высота, мм	1660×2350×2300
Электропитание, В/А/Гц	3×400/160А/50-60
Потребляемая мощность:	
типичная/максимальная, кВт/кВт	50/82
Масса установки, кг.	1511

Табл. 4.4. Виды износостойких покрытий, наносимых на установке мод. π-300 фирмы Platit

Тип покрытия Структура	Хим. состав (Общая толщина)	Последовательность слоев	Толщина слоев, мкм
TiN монослой (золотой)	$Ti_{1,0}N_{1,0}$ (1-7)	TiN	5,0
TiAlN монослой (черный)	$Ti_{0,5}Al_{0,5}N$ (1-5)	AlTiN	0,2
		TiAlN	3,9
		TiN	0,2
TiAlN монослой (золотой)	$Ti_{0,5}Al_{0,5}N$ (1-5)	TiN	0,2
		TiAlN	3,9
		TiN	0,2
TiAlN мультислои (темно-фиолетовый)	$Ti_{0,6}Al_{0,4}N$ (1-4)	TiAlN (верх)	1,0
		TiAlN ₂	0,3
		TiAlN ₁	0,3
		TiN	0,1
AlTiN монослой (черный)	$Al_{0,35}Ti_{0,65}N$ (1-4)	AlTiN	2,0
		TiAlN	0,9
		AlSiTiN	0,3
		TiAlSiN	0,3
		TiN	0,1
AlTiN мультислои (черный)	$Al_{0,4}Ti_{0,6}N$ (1-4)	AlTiN (верх)	1,0
		AlTiN	0,3
		TiAlN	0,3
		TiN	0,1
nACo [®] градиентный (синий)	$Ti_{0,45}Si_{0,05}Al_{0,5}N$ (1-4)	TiAlSiN	3,8
		TiN	0,1
nACo [®] мультислои (синий)	$Ti_{0,48}Si_{0,04}Al_{0,48}N$ (1-4)	AlSiTiN (верх)	1,0
		AlSiTiN	0,3
		TiAlSiN	0,3
		TiN	0,1

Установка для нанесения покрытий PVD–методом мод. *Bernex BP Xpro 530 L – T* фирмы *IonBond* показана на Рис. 4.7, ее технические характеристики в Табл. 4.5, а виды наносимых покрытий – в Табл. 4.6.



Рис. 4.7. Общий вид установки мод. VernexVPXpro 530 L – Т фирмы IonBond

Табл. 4.5. Основные технические характеристики установки
мод. VernexVPXpro 530 L – Т фирмы IonBond

Внешний диаметр реактора, мм	530
Длина реактора, мм	1600
Высота реактора, мм	1250
Количество загружаемых поддонов, шт.	41
Максимальная масса загрузки, кг	400
Рабочий объем реактора, л	110
Количество реакторов, шт.	2
Диапазоны рабочих температур, °C НТ-CVD: МТ-CVD:	900-1050 700-900
Рабочий диапазон давления, Па	$(5-90) \cdot 10^3$
Наносимые покрытия	однослойные: TiN, TiC, CrC, НТ-Ti (C _x N _y), СМТ-Ti (C _x N _y), αAl ₂ O ₃ или □Al ₂ O ₃ , многослойные из вышеуказанных (например, TiN/МТ-Ti(CN)/Al ₂ O ₃ /TiN), HfN, ZrN, ZrC, TaC, Zr(CN), TiZr(CN) Ti(CBN), TiB ₂ , Al ₂ O ₃ -ZrO ₂
Масса установки, кг	10000
Габаритные размеры установки, мм длина×ширина×высота	5100×8100×7000
Потребляемая мощность (максимальная), кВт:	90

Табл. 4.6. Виды покрытий, наносимых на установке
 мод. BernexVPXpro 530 L – T фирмы IonBond

<i>Обозначение</i>	Тип покрытия Цвет Структура	Толщина слоев, мкм
<i>Bernex D</i> (точение)	MT TiCN, золотой, мультислои	Средняя толщина – 12
<i>BernexF</i>	MT TiCN, Золотой, мультислои	Средняя толщина – 4...6
<i>HSA</i> (скоростное резание)	Alpha Al ₂ O ₃ 3 черный мультислои	Средняя толщина – 12
<i>HSM</i> (черновое фрезерование)	Карра Al ₂ O ₃ 3 золотой мультислои	Средняя толщина – 4...6
<i>SpeedMill</i> (скоростное фрезерование)	Fine alpha Al ₂ O ₃ черный мультислои	Средняя толщина – 4...6
<i>SpeedTurn</i> (скоростное точение)	Карра Al ₂ O ₃ 3 золотой мультислои	Средняя толщина – 10...18
<i>HST</i>	Alpha Al ₂ O ₃ черный мультислои	Средняя толщина – 10...18

5. Контроль качества износостойких покрытий

Полный контроль качества износостойких покрытий предусматривает измерение следующих параметров:

а) толщина покрытия

Наиболее просто толщина покрытия контролируется путем «протирания» сферических лунок с заглублиением в подложку малоизнашиваемого криволинейного контртела, обычно шара, с участием абразива. Последующее измерение хорды лунок позволяет рассчитать толщину покрытия исходя, например, из расчетной схемы «шар-плоскость» (Рис. 6.1).

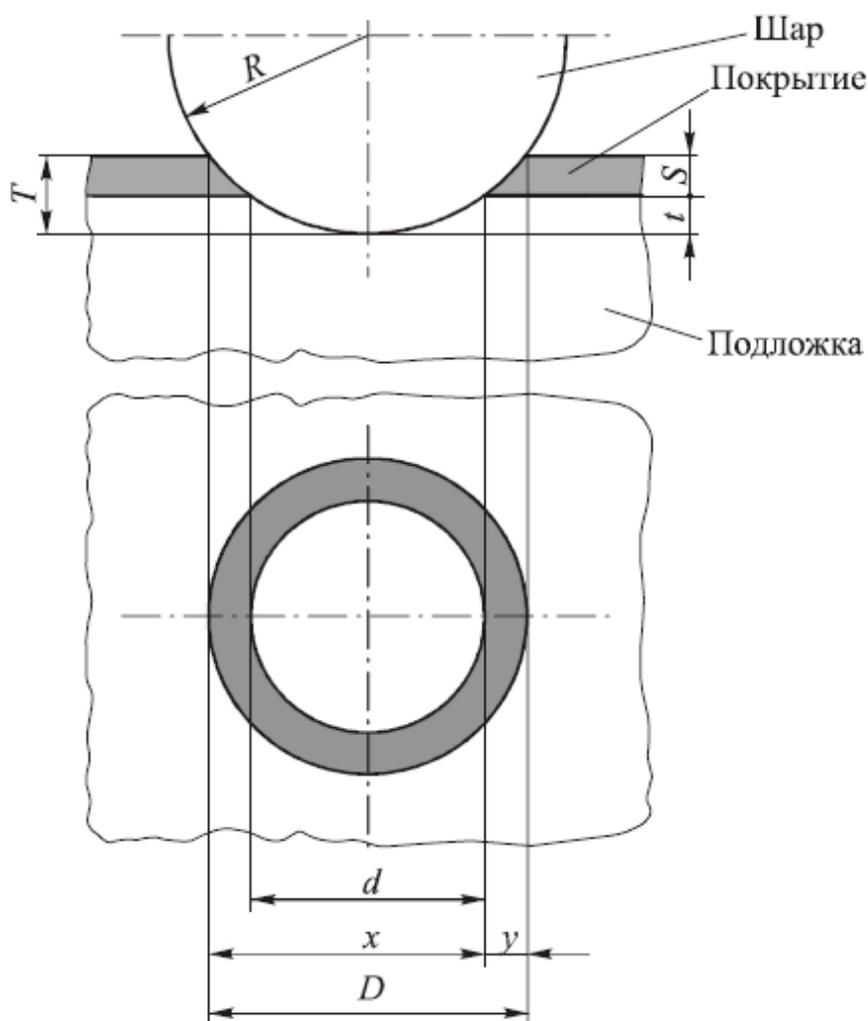


Рис. 5.1. Расчетная схема для определения толщины покрытия (схема «шар-плоскость»)

Здесь толщина покрытия

$$S = T - t \quad (24)$$

Где T – общая глубина сферической лунки;

t – глубина лунки в подложке.

Общая глубина лунки

$$T = R - \left(\frac{1}{2} \sqrt{4R^2 - D^2} \right) \quad (25)$$

а глубина лунки в подложке

$$t = R - \left(\frac{1}{2} \sqrt{4R^2 - d^2} \right) \quad (26)$$

Тогда толщина покрытия

$$S = \frac{1}{2} \left(\sqrt{4R^2 - D^2} - \sqrt{4R^2 - d^2} \right) \quad (27)$$

У тонких покрытий, когда $T \ll R$ последнее уравнение принимает вид:

$$S = \frac{D^2 - d^2}{8R} \quad (28)$$

или заменив $D = x + y$ и $d = x - y$, получаем:

$$S = \frac{xy}{2R} \quad (29)$$

Для контроля толщины покрытий рассмотренным методом обычно используют прибор *Calotest* фирмы *GSM Instruments* (Швейцария). Он позволяет измерять одно- и многослойные покрытия толщиной 0,1...50 мкм в течение нескольких минут. Для этого прибор оснащен микроскопом, цветной видеокамерой и программным обеспечением для анализа изображения.

б) твердость и модуль упругости покрытия

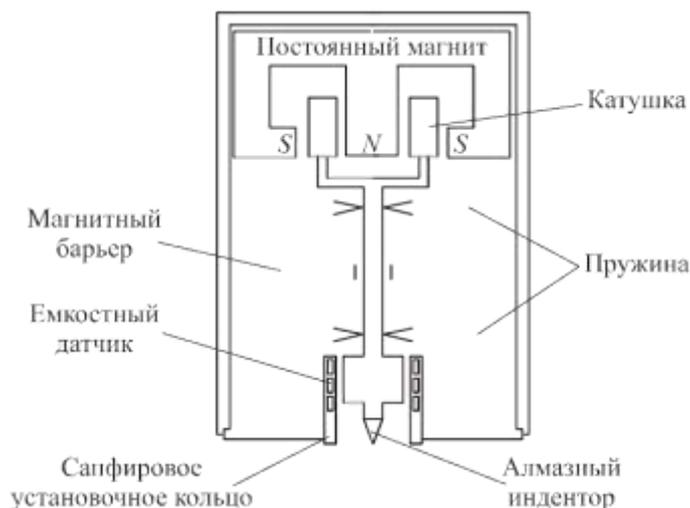


Рис. 5.2. Схема измерительной головки нанотвердомера Nano-Hardness Tester фирмы GSM Instruments

Для этой цели используют, например, нанотвердомер *Nano-Hardness Tester* фирмы *GSM Instruments* (Швейцария) (Рис. 5.2). Прибор состоит из прецизионного твердомера, оптического микроскопа и предметного столика с механическим приводом. Образец с плоско-параллельными поверхностями – опорной и изучаемой, размером не менее 6 мм помещают на предметный столик и с помощью оптического микроскопа выбирают место для индентирования.

Перемещения предметного столика в горизонтальной плоскости (позиционирование) и индентора в вертикальной плоскости (измерения) управляются персональным компьютером с использованием программного обеспечения фирмы *GSM* с очень высокой точностью (Табл. 5.1).

Табл. 5.1. Основные технические характеристики нанотвердомера Nano-HardnessTester фирмы GSMInstruments

	Значение
Нагрузка, МН	0,1...300,0
Глубина проникновения, мкм	0,03...50
Погрешность вертикального позиционирования индентора, мкм	0,0003

Шаг горизонтального позиционирования предметного столика, мкм	1,0
---	-----

При измерении твердости на поверхность образца опускается сапфировое кольцо внутренним диаметром 5 мм, а затем вдавливается индентор (Рис. 5.2). Такая схема позволяет термостатировать область измерения, устранить возможный изгиб тонких образцов при нагружении, а по моменту касания кольца оценить расстояние от базового наложения индентора до поверхности образца.

Из схемы измерительной головки видно, что нормальная нагрузка передается индентору через вертикальный стержень, являющийся сердечником прецизионного электромагнита, закрепленного мембранными пружинами. Перемещение стержня относительно сапфирового кольца измеряется высокочувствительным емкостным датчиком, который связан с персональным компьютером. Инденторами являются алмазные четырех- или трехгранные пирамиды соответственно Виккерса или Берковича (Рис. 5.3).



Рис. 5.3. Отпечатки инденторов Виккерса (а) и Берковича (б): d – размер отпечатка по диагонали; l – длина горизонтальной проекции отпечатка

Перед началом серии испытаний проводят калибровку нанотвердомера по эталонному образцу с известным модулем упругости (например, плавленый кварц, $E=72$ ГПа, $H=9,5$ ГПа), а измерения производят при нагрузке 10 мН и скорости нагружения 0,33 мН/с.

Затем задают параметры испытания: нагрузка, скорость нагружения, время выдержки под нагрузкой и скорость разгружения. При этом управляющая программа позволяет сохранить на жестком диске персонального компьютера для каждого испытания 1000 точек с

координатами «время–нагрузка–глубина вдавливания».

Типичная кривая непрерывного индентирования в виде зависимости глубины проникновения индентора от нагрузки представлена на Рис. 5.4. Здесь верхняя кривая соответствует нагружению и отражает сопротивление материала внедрению индентора, а нижняя – описывает возврат деформации после снятия внешней нагрузки и характеризует упругие свойства материала.

При внедрении индентора вблизи области контакта создается сложное напряженное состояние, близкое к всестороннему сжатию, а деформация, распространяющаяся вглубь материала, имеет как пластическую (необратимую), так и упругую (обратимую) составляющие. Благодаря этому при непрерывном индентировании оказывается возможным рассчитать:

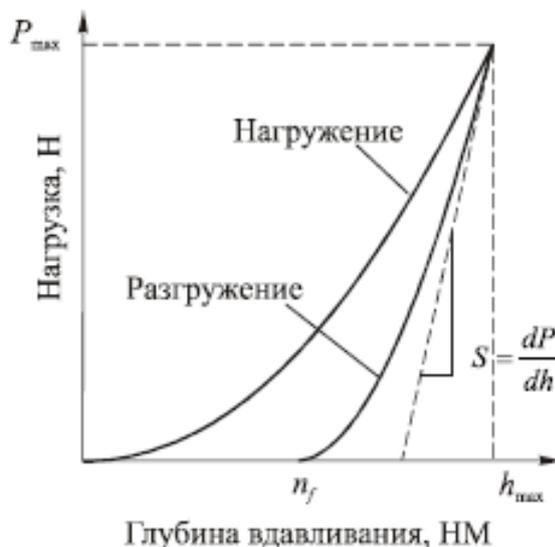


Рис. 5.4. Типовая диаграмма вдавливания индентора

- твердость (отношение максимальной нагрузки к площади проекции невосстановленного отпечатка)

$$HV=1,854 \cdot P / d^2 \text{ (пирамида Виккерса) (30)}$$

$$HV=1,570 \cdot P / l^2 \text{ (пирамида Берковича) (31)}$$

- приведенный модуль упругости Юнга

$$E^* = \frac{(\sqrt{r} \cdot S)}{2\beta \cdot \sqrt{A}}; \frac{1}{E^*} = \frac{(1-\nu^2)}{E} + \frac{(1-\nu_1^2)}{E_1} \text{ (32)}$$

Где S – контактная жесткость,

$$S = \frac{dP}{dh};$$

β – коэффициент, $\beta=1,012$ (пирамида Виккерса), $\beta = 1,034$ (пирамида Берковича);

A – площадь проекции восстановленного отпечатка;

ν, ν_1 – коэффициенты Пуассона соответственно для стали ($\nu=0,25$) и алмаза ($\nu_1=0,07$);

E_1 – модуль упругости алмаза, $E_1=1140$ ГПа.

в) упругое восстановление (доля упругой составляющей в общей деформации)

$$R = (h_m - h_f) / h_m$$

Где h_m – наибольшая глубина погружения индентора, мкм;

h_f – глубина отпечатка после снятия нагрузки, мкм.

Таким образом, в методе наноидентирования твердость определяется исходя из площади невосстановленного отпечатка, т. к. определение твердости по площади восстановленного отпечатка в случае использования материалов, у которых упругое восстановление $R > 10 \dots 20$ %, дает завышенные значения твердости.

в) адгезионная прочность связи покрытия с подложкой

- метод вдавливания (отслаивания)

В поверхность плоского образца с нанесенным покрытием на приборе Роквелла (шкала C) вдавливают алмазный индентор под определенной нагрузкой, приводящей к появлению повреждений в покрытии (Рис. 5.5). После снятия нагрузки делают микрофотографии зоны вдавливания. Качественную оценку прочности адгезионной связи осуществляют путем сравнения полученных микрофотографий с эталонными (Рис. 5.6), а

количественную – по отношению площади отпечатка к площади скола покрытия, образующегося в результате вдавливания индентора;

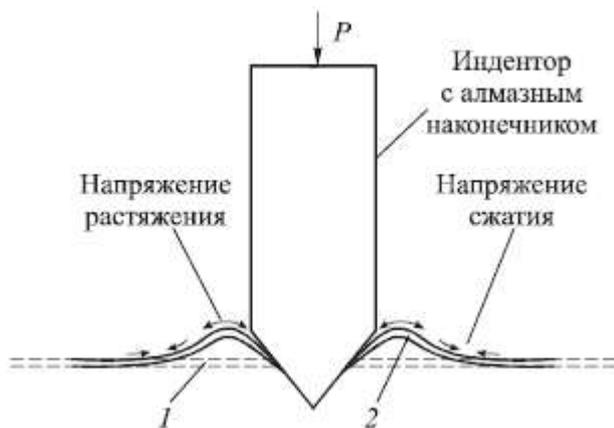


Рис. 5.5. Схема определения адгезионной прочности покрытия методом вдавливания с помощью прибора Роквелла: 1 – первоначальное состояние поверхности образца с покрытием; 2 – деформированная поверхность покрытия после приложения нагрузки.

- склерометрический метод (скретч-тест)

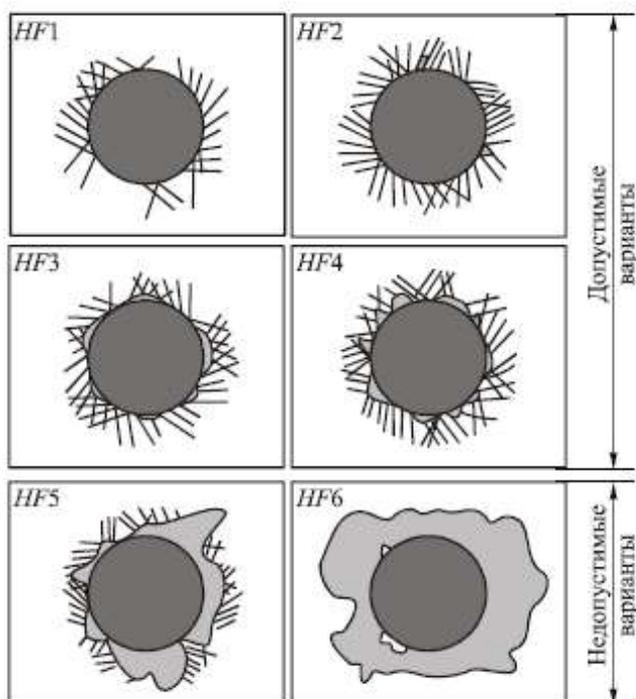


Рис. 5.6. Варианты разрушения покрытий (HF1 – HF6) на образце в результате вдавливания индентора на приборе Роквелла (VDI 3198)

На поверхность покрытия алмазным индентором наносится царапина при постоянной, постепенно нарастающей или пошаговой нагрузке (Рис. 5.7). При определенной критической нагрузке $L_c(H)$ покрытие начинает разрушаться. При этом данные критической нагрузки фиксируются с высокой точностью с помощью акустического датчика, а также с помощью встроенного оптического микроскопа. Значение критической нагрузки используют для расчета адгезионной силы в системе «покрытие–подложка». Кроме акустической эмиссии измеряют прилагаемую нормальную нагрузку P , силу трения и глубину проникновения индентора. В совокупности эти параметры определяют уникальный «почерк» каждого покрытия.



Рис. 5.7. Схема контроля адгезионной прочности покрытия методом скретч–тестирования (царапания)

В настоящее время для контроля прочности покрытия широко применяют скретч–тестеры фирмы *GSM Instruments* (Швейцария) (Табл. 6.2).

Табл. 5.2. Основные технические характеристики скретч-тестеров фирмы GSM Instruments

	Тип прибора		
	Нанотест	Микротест	Макротест
Нормальная нагрузка, Н	0,01...1,0	0,3...30,0	0,5...200,0
Максимальная сила трения, Н	1	30	20
Максимальная длина царапины,	12	12	70
Максимальная глубина царапины,	2	1	1
Увеличение видеомикроскопа	×200, ×800,	×200, ×800	×200, ×800

г) износостойкость покрытий

Оценивают на машинах трения в соответствии с международными стандартами *DIN* (стандарт Германии) и *ASTM* (стандарт Американского общества испытания материалов). Это, например, автоматизированная машина трения *Tribometer* фирмы *GSM Instruments* (Швейцария). Она позволяет осуществлять комплексное трибологическое исследование, которое включает:

- непрерывную запись коэффициента трения по схеме «шарик-вращающийся диск» (Рис. 5.8)

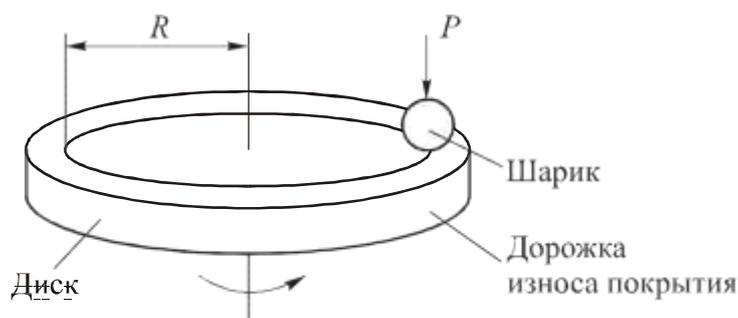


Рис. 5.8. Схема испытания износостойкости покрытий на машине трения Tribometer фирмы GSM Instruments

- фрактологическое исследование дорожки износа покрытия и площадки износа шарика.

Размеры дорожек и площадок износа измеряют оптическим микроскопом *AxiovertCA25* фирмы *CarlZeiss* (Германия) и

стереомикроскопом *MBC*. Затем рассчитывают объемы шара $V_{ш}$ и покрытия $V_{п}$, удаленные в процессе их износа по формулам

$$V_{ш} = \pi \cdot h^2 \left(r - \frac{1}{3}h \right)$$

Где h – высота сегмента,

$$h = r - \left[r^2 - (d'/r)^2 \right]^{1/2}$$

r – радиус шарика;

d' – диаметр площадки износа шара.

$$V_n = S \cdot l$$

Где S – площадь поперечного сечения дорожки износа покрытия;

l – длина дорожки износа, $l = 2\pi R$;

R – радиус дорожки износа.

На основе данных об объемах изношенных материалов с помощью компьютерной программы *Instrum X for Tribometer GSM Instruments* рассчитывают скорости износа покрытия и контртела (шара), а, соответственно, судят об износостойкости изучаемого покрытия.

6. Эксперимент

Технология изготовления плунжерных втулок топливных насосов дизельных двигателей, применяемая в ООО «Роскомплект» (г. Барнаул), предусматривает, в частности, данную последовательность обработки:

Сверление ружейным сверлом (НВ 179...207)

$D = 8,76^{+0,058}$ длиной $L = 52,5$ мм.

Термообработка (HRC 61...66).

Хонингование: 1) $D = 8,81$ мм. Ra 1,25 мкм;

2) $D = 8,86$ мм. Ra 1,25 мкм.

Доводка: 1) $D = 8,89$ мм. Ra 0,16 мкм;

2) $D = 8,91$ мм. Ra 0,08 мкм;

3) $D=8,915$ мм. Ra 0,04 мкм.

Однако в настоящее время процесс сверления ружейными свёрлами не отвечает современным требованиям из-за значительного колебания диаметральных размеров и шероховатостей поверхностей отверстий, что увеличивает трудоёмкость процессов хонингования и доводки. Опыт эксплуатации ружейных сверл показывает, что эффективным средством борьбы с этими недостатками является нанесение износостойких покрытий на рабочие части инструментов [2]. Для проверки этих рекомендаций в ООО «Роскомплект» было выполнено специальное исследование, которое проводили путём сверления в заготовках плунжерных втулок (Рис 7.1) изготавливаемых из стали марки ШХ15-В (твёрдость НВ 179...207) по ГОСТ 801-78, отверстий диаметром $D=8,76^{+0.058}$ длиной $L=52,5$ мм.

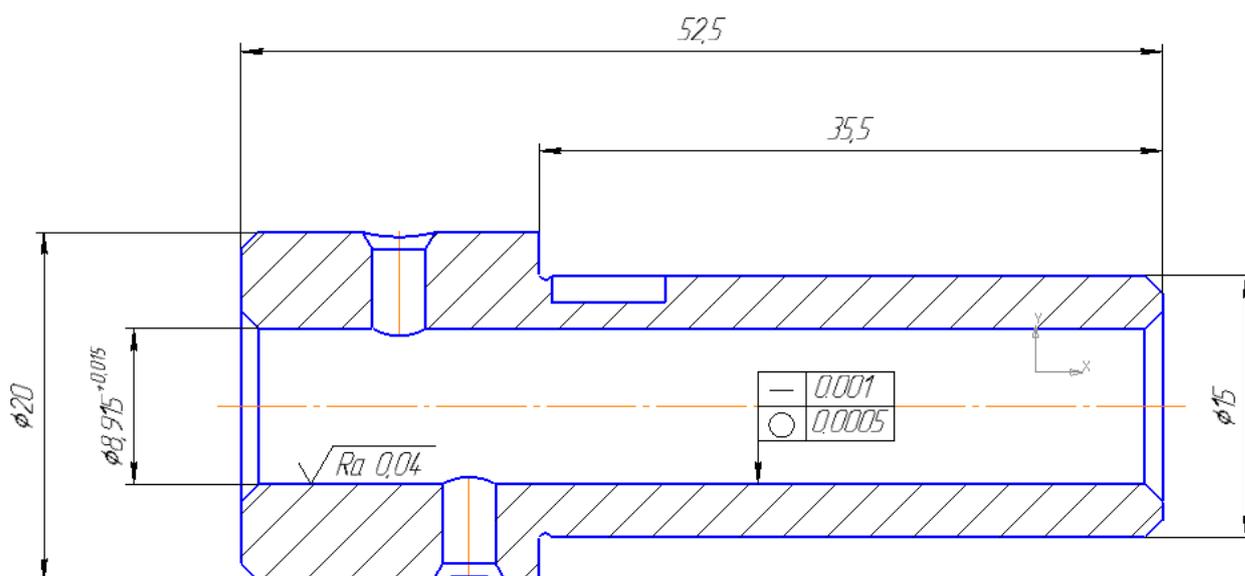


Рис. 6.1. Плунжерная втулка

Заготовки сверлили на четырёхшпиндельном станке глубокого сверления мод. ВЕМ 84/0,25 фирмы Schweizerische Industrie Gesellschaft (Швейцария) (Рис. 6.2.). С режимами сверления:

- 1) Скорость резания $V=75$ м/мин ($n=2730$ мин⁻¹);
- 2) Подача $S_o=0,0288$ мм/об ($S_m=78,6$ мм/мин);

В качестве охлаждающей жидкости использовалась масляная СОЖ марки МР-3 по ТУ 0258-041-57518521-2011 давление $p=5...6$ МПа.

Схема сверления – сверло вращается, заготовка неподвижна.

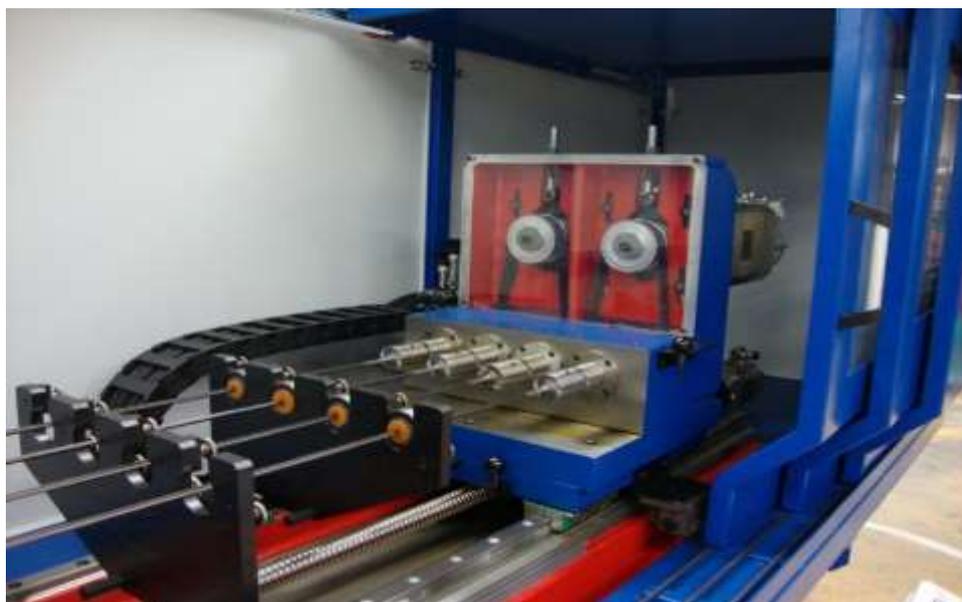


Рис. 6.2. Четырёхшпиндельный станок глубокого сверления мод. *VEM 84/0,25* фирмы *SIG*.

В качестве режущих инструментов использовали ружейные свёрла (Рис. 7.3.) трёх исполнений диаметром $d=8,79h5(-0,006)$, изготовленные для этого исследования фирмой *Votek* (Германия) по заказу ООО «Трансет» (г. Санкт-Петербург): 1) без покрытия (4 шт.); 2) с однослойным покрытием TiN (4 шт.); 3) с многослойным покрытием ХТ (4 шт.).

Сверление заготовок происходило до достижения инструментами предельного износа, критериями которого являлись сливная стружка, прижоги режущих кромок, характерный «свист» и повышенная разбивка

отверстий. После этого свёрла отправляли на переточку, и так повторялось от 3 до 8 раз до полного разрушения инструмента.

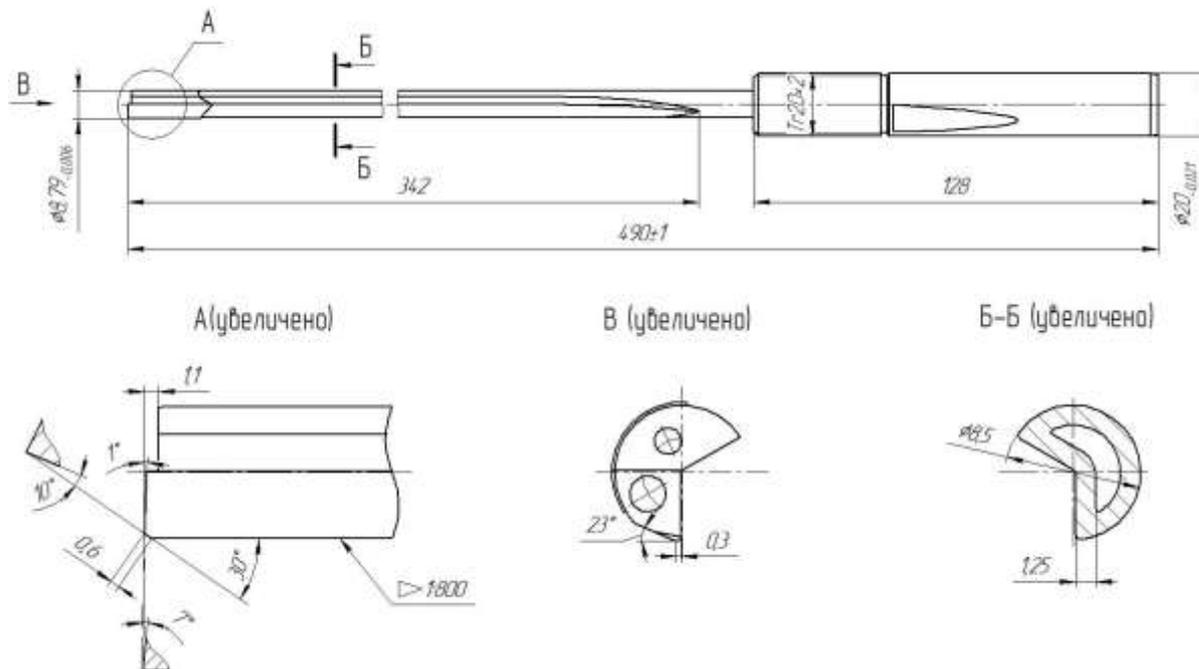


Рис. 6.3. Конструктивные и геометрические параметры ружейного сверла

7. Результаты эксперимента

В процессе исследования на указанном режиме свёрлами без покрытия было просверлено 4200, с покрытием TiN – 8472; а с покрытием ХТ – 9755 заготовок (всего 22427 заготовок). Таким образом, стойкость сверл с покрытием TiN увеличилась в 2,02, а с покрытием ХТ – 2,32 раза, по сравнению с сверлами без покрытий.

Для измерения диаметров и шероховатости поверхностей отверстий отбирали первую, каждую восьмидесятую и последнюю из просверленных каждым сверлом заготовок. Для этого использовали нутромер повышенной точности фирмы Carl Zeiss (Германия) (Рис. 7.1.) с ценой деления 2 мкм.

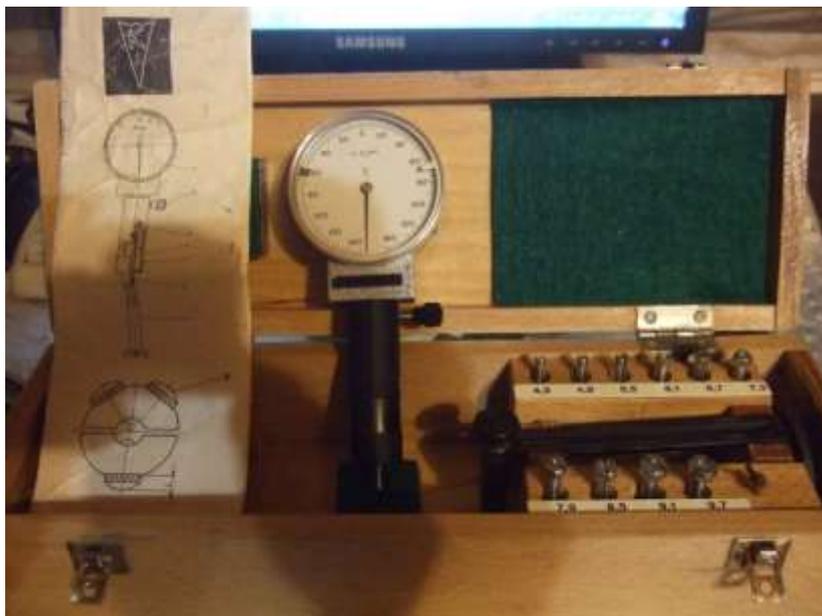
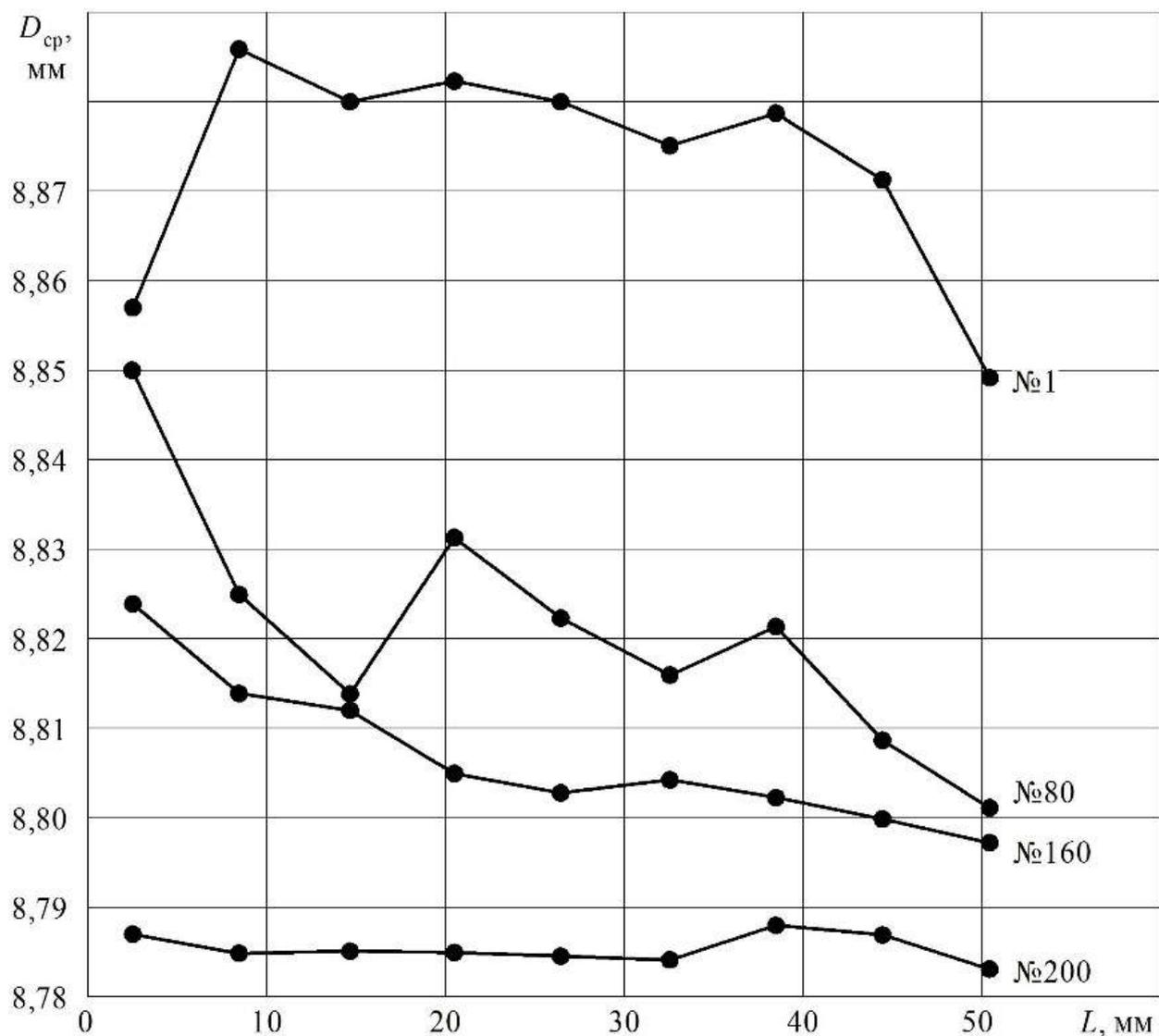


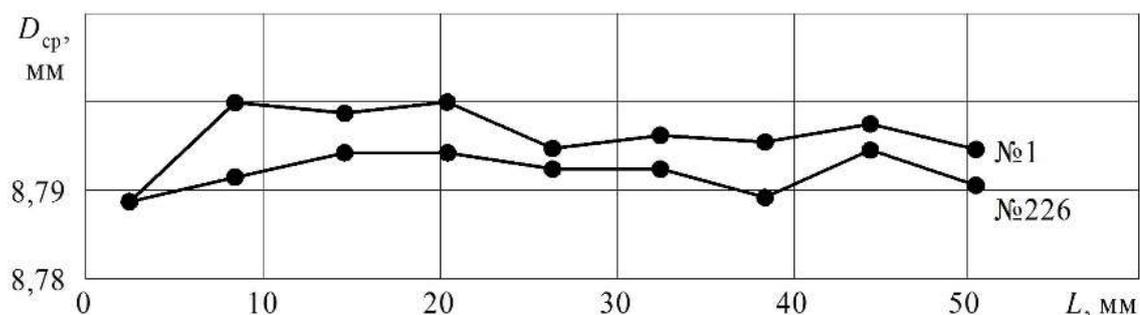
Рис. 7.1. Нутромер повышенной точности *Carl Zeiss* (Германия) с ценой деления 2 мкм.

Диаметры отверстий измеряли в девяти сечениях, равномерно расположенных по длине отверстий, а затем рассчитывали средние диаметры в каждом из сечений по формуле, $D_{cp} = (D_{max} + D_{min})/2$, где D_{max} и D_{min} – предельные диаметры отверстий, мм. Типичная картина изменения средних

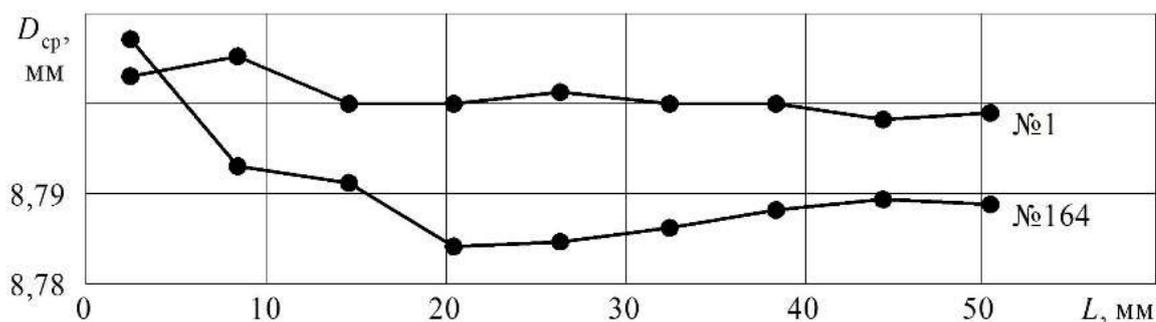
диаметров отверстий по их длине в зависимости от количества просверленных заготовок и вида износостойкого покрытия показана на рис. 7.2. Из этих данных следует, что оба вида покрытий способствуют существенному уменьшению разбивки отверстий и повышению стабильности диаметров отверстий.



а)



б)



в)

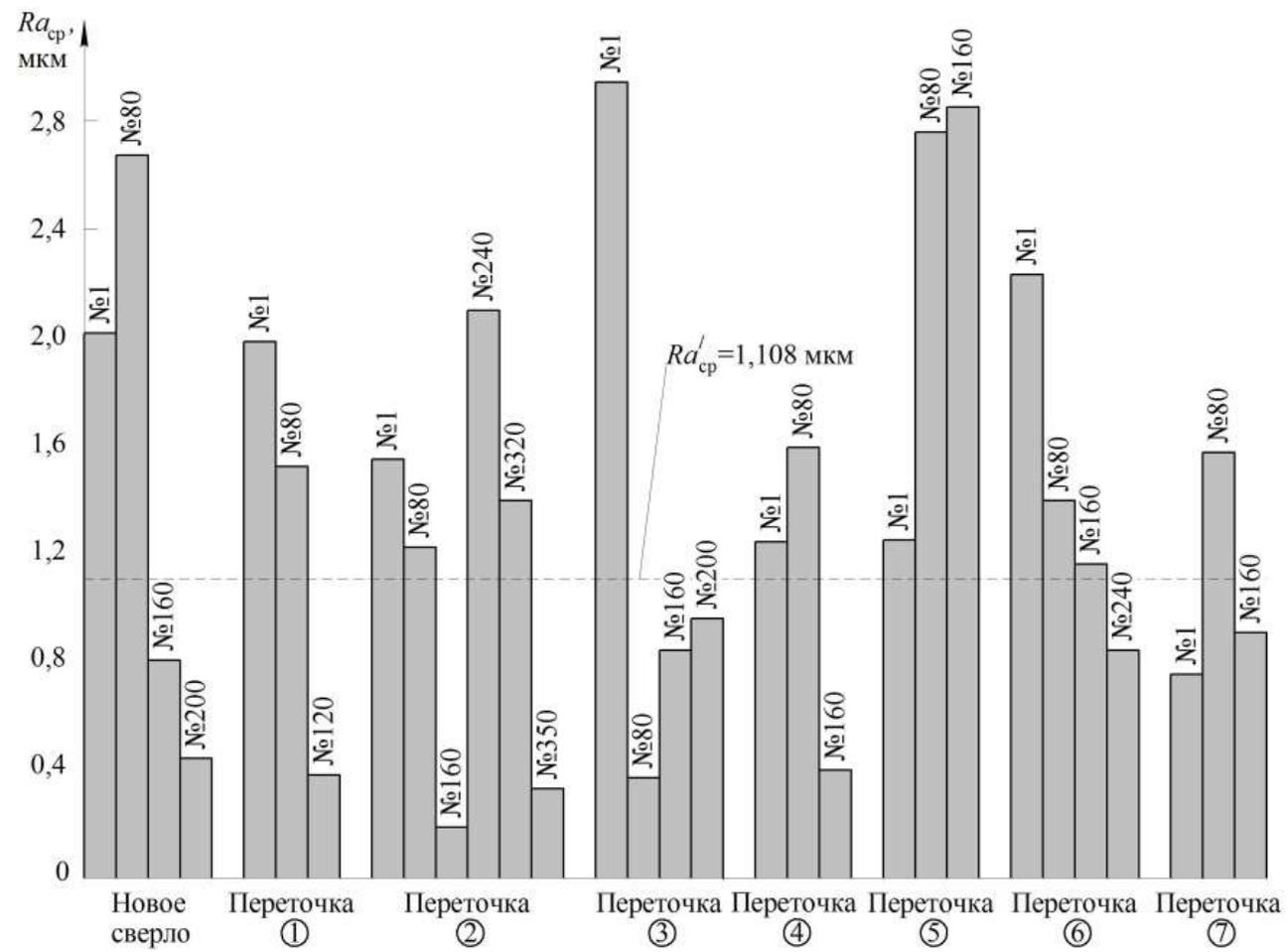
Рис. 7.2. Изменение средних диаметров отверстий $D_{ср}$ по их длине L в зависимости от количества № заготовок, просверленных новыми ружейными сверлами: а – без покрытия; б – с покрытием TiN; в – с покрытием XT.

Для измерения шероховатости отбирали первую, каждую восьмидесятую и последнюю из просверленных каждым сверлом заготовок. Измеряли шероховатость трёхмерным бесконтактным профилометром мод. Micro Measure 3D Station фирмы STIL (Франция) (Рис. 7.3.). Перед измерением шероховатости, отверстия в заготовках вскрывали фрезерованием с целью обеспечения доступа лазерного луча к контролируемой поверхности. При этом разрешающая способность профилометра по направлению сканирования была установлена на уровне 1 мкм, скорость перемещения образца составляла 0,03 мм/с, а длина трассирования в соответствии с рекомендациями ISO 4288-1996 – 3 мм. Для выделения шероховатости согласно указанному стандарту использовали фильтрацию сигнала функцией Гаусса с величиной отсечки шага равной 0,8 мм. Параметр Ra шероховатости поверхностей отверстий измеряли в пяти местах каждой заготовки, а затем рассчитывали его среднее значение $Ra_{ср}$.

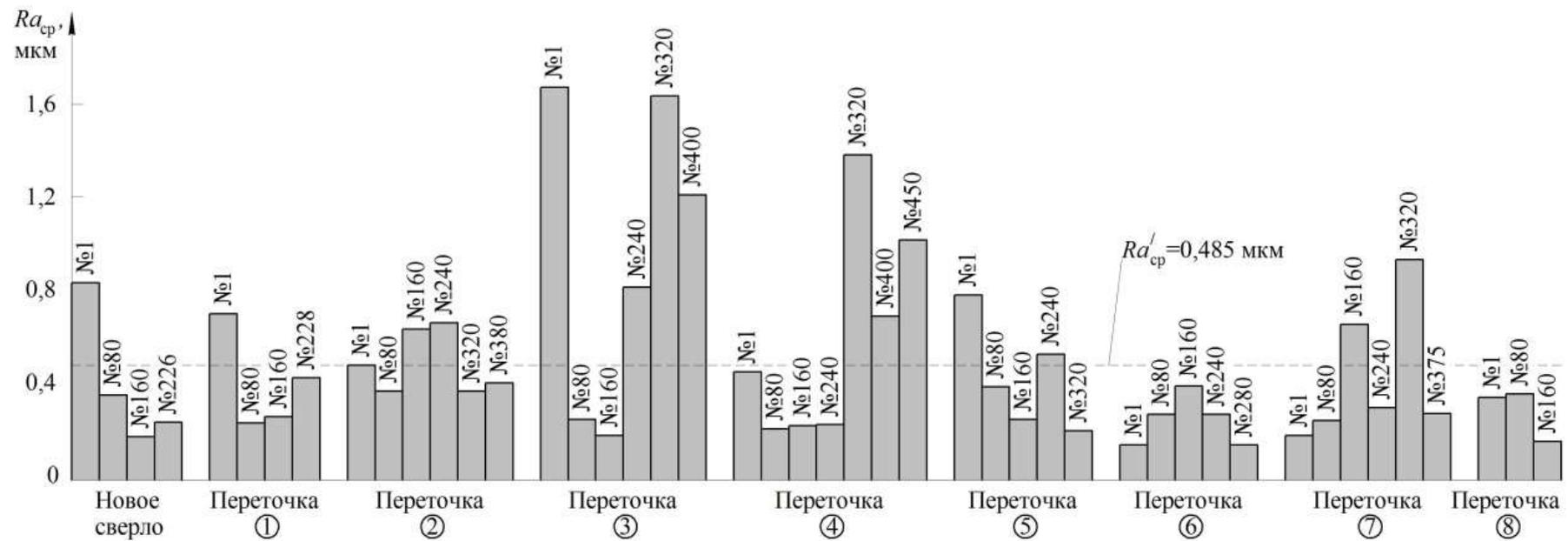


Рис. 7.3. Бесконтактный профилометр мод. Micro Measure 3D Station фирмы STIL (Франция)

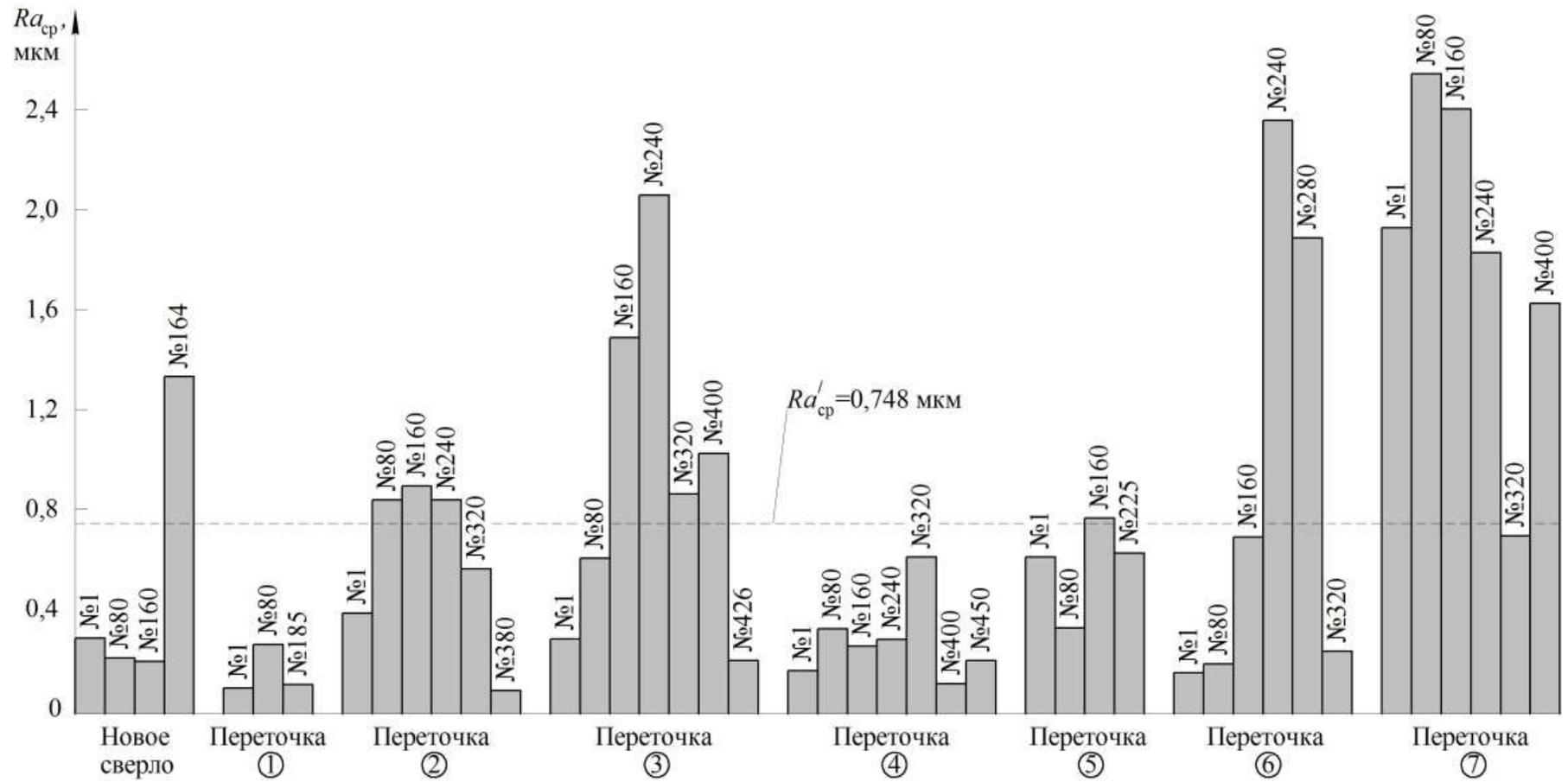
Измерения шероховатости поверхностей отверстий показали ее значительную нестабильность (Рис. 8.4.). При этом средняя шероховатость отверстий, полученных ружейными сверлами без покрытия $Ra'_{cp} = 1,108$, с покрытием TiN $Ra'_{cp} = 0,485$, а с покрытием XT $Ra'_{cp} = 0,748$ мкм. Таким образом, благодаря покрытию TiN средняя шероховатость уменьшилась на 56,2, а покрытию XT – на 32,5 %.



a)



б)



в)

Рис. 7.4. Зависимости шероховатости Ra поверхностей отверстий от количества № просверленных заготовок, числа переточек: а – сверла без покрытия б – сверла с покрытием TiN; в – сверла с покрытием XT.

Акт о производственных испытаниях представлен в приложении Б.

В результате полученных данных в ходе эксперимента можно утверждать, что:

1. Нанесение износостойких покрытий на рабочие части ружейных сверл при сверлении стали ШХ15-В способствует увеличению стойкости инструмента с покрытием TiN в 2,02, а с покрытием XT – 2,32 раза.
2. Покрытие TiN и XT вызывает существенное уменьшение разбивки отверстий и повышение стабильности их диаметральных размеров.
3. Покрытие TiN уменьшает среднюю шероховатость поверхностей отверстий на 56,2, а покрытие XT – на 32,5 %.
4. Нанесение износостойких покрытий на рабочие части ружейных сверл позволяет уменьшить трудоемкость обработки центральных отверстий в плунжерных втулках топливных насосов путем замены двойного хонингования на одинарное.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ51	Ярных Андрей Евгеньевич

Институт	ИК	Кафедра	ТМСПР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ) включает в себя: 1. Расчет оплаты труда работников; 2. Расчет стоимости материала.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Расчёт затрат на исследование</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>При расчете заработной платы труда учитывались отчисления во внебюджетные страховые фонды, которые составляют 30 %.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>1. Составлен портрет потенциального потребителя, выполнен SWOT-анализ</i>
<i>2. Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>2. Разработан устав проекта</i>
<i>3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>3. Составлен график Ганта, подсчитан бюджет проекта, оценены риски проекта</i>
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>4. Оценена эффективность проекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. SWOT-анализ
4. График проведения и бюджет НТИ
5. Матрица ответственности
6. Потенциальные риски
7. Оценка экономической эффективности НТИ
8. Оценка научно-технического уровня НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Спицын В.В.	к. э. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Ярных Андрей Евгеньевич		

8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность

и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не только масштабом, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности результатов исследования является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Машиностроение является одной из движущих отраслей индустрии. Эффективный рост промышленности, а также в свою очередь темпы внедрения инновационных технологий в превосходящей степени зависят от уровня развития отрасли машиностроения. Технический прогресс в отрасли машиностроения характеризуется не только улучшением конструкций машин, но и циклическим улучшением технологии их производства. Очень важно качественно, дешево и в заданные плановые сроки с минимальными затратами живого и овеществленного труда изготовить машину, применив высокопроизводительное оборудование, технологическую оснастку, средства механизации и автоматизации производственного процесса. От выбранной технологии производства во многом зависит качество работы выпускаемых машин, а также более низкие экономические затраты на их эксплуатацию.

Оправданное применение прогрессивного оборудования и инструмента способно привести к значительному снижению себестоимости продукции и трудоёмкости её производства. К таким же результатам может привести и использование совершенных методов обработки детали.

Также машиностроение относится к энергоемким производствам и является крупнейшим потребителем электроэнергии, газа, мазута и других энергоносителей. Трудовые ресурсы машиностроительных предприятий должны отличаться высоким уровнем профессиональной подготовки от рабочего до управляющего, что обусловлено применением сложной техники, созданием сложнейшей конкурентоспособной продукции и технологических процессов ее изготовления, а также в связи с постоянной необходимостью координации и регулирования хода производства, обусловленных его прерывностью. Указанные особенности машиностроительного производства требуют от каждого работника (мастера, инженера, руководителя) знаний экономических законов, реализуемых на машиностроительном предприятии, умений использования их для достижения главных целей предприятия.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Исследование влияния нанесения износостойких покрытий на наконечники ружейных сверл востребованы в машиностроительном производстве, в частности, при изготовлении плунжерных втулок топливных насосов. Может быть применено для ускорения и удешевления процесса изготовления деталей.

8.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных ружейных сверл с тремя разными типами наконечников:

1-ый тип - ружейное сверло с твердосплавным наконечником без износостойкого напыления;

2-ой тип – ружейное сверло, на твердосплавном наконечнике которого нанесено износостойкое покрытие TiN;

3-ий тип – ружейное сверло, на твердосплавном наконечнике которого нанесено многослойное износостойкое покрытие ХТ.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Проведем анализ с помощью оценочной карты (Табл. 8.1.)

Табл. 8.1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производ. труда пользователя	0,13	2	3	3	0,26	0,39	0,39
2. Шероховатость	0,15	2	5	4	0,3	0,75	0,6
3. Точность диаметральных размеров	0,17	2	4	4	0,34	0,52	0,52
4. Стойкость инструмента	0,19	2	4	5	0,38	0,76	0,95
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	1	4	4	0,1	0,4	0,4
2. Уровень проникновения на рынок	0,1	4	2	2	0,4	0,2	0,2
3. Цена инструмента	0,1	4	2	1	0,4	0,2	0,1
4. Срок эксплуатации	0,06	2	4	3	0,12	0,24	0,18
Итого	1	19	28	26	2,3	3,46	3,34

8.1.3 SWOT-анализ

Для проведения комплексного анализа проекта воспользуемся SWOT- анализом. Он проводится в несколько этапов. На первом этапе определяются сильные и слабые стороны проекта, а также выявляются возможности и угрозы для реализации проекта. Первый этап проведения SWOT-анализа представлен в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Матрица SWOT

Strengths (сильные стороны) С1. Единственный способ получения точных глубоких отверстий	Weaknesses (слабые стороны) Сл1. Низкие прочность и жесткость инструмента Сл2. Необходимость подачи СОЖ под высоким давлением Сл3. Необходимость тонкой очистки СОЖ Сл4. Сложность изготовления сверл
Opportunities (возможности) В1. Возможность уменьшения количества операций изготовления детали В2. Возможность внедрения результатов проведенного исследования на производство В3. Подъем топливной, химической, гидравлической промышленности	Threats (угрозы) У1. Ограниченное число заказчиков У2. Экономический кризис в стране

После того как сформированы четыре области, переходим ко второму этапу, на котором необходимо выявить соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого в рамках данного этапа строится интерактивная матрица, при этом каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы представлены в таблице 8.3, 8.4, 8.5 и 8.6.

Таблица 8.3 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта		
Возможности проекта		C1
	B1	+
	B2	-
	B3	+

Таблица 8.4 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	-	+
	B2	-	-	-	-
	B3	-	-	-	+

Таблица 8.5 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта		
Угрозы		C1
	У1	+
	У2	+

Таблица 8.6 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	-	-	+
	У2	-	-	-	-

На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 8.7.

Таблица 8.7 – Итоговая матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Единственный способ получения точных глубоких отверстий</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Низкие прочность и жесткость инструмента Сл2. Необходимость подачи СОЖ под высоким давлением Сл3. Необходимость тонкой очистки СОЖ Сл4. Сложность изготовления сверл</p>
<p>Возможности: В1. Возможность уменьшения количества операций изготовления детали В2. Возможность внедрения результатов проведенного исследования на производство В3. Подъем топливной, химической, гидравлической промышленности</p>	<p>В1С1 В3С1</p>	<p>В1Сл4 В3Сл4</p>
<p>Угрозы: У1. Ограниченное число заказчиков У2. Экономический кризис в стране</p>	<p>У1С1 У2С1</p>	<p>У2Сл4</p>

8.2 Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

8.2.1 Цели и результат проекта

В данном разделе необходимо привести информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 8.8 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Магистрант	Магистерская диссертация
Руководитель проекта	Получение результатов исследований прочности и износостойкости ружейных сверл

В табл. 8.9 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 8.9 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Исследование влияния износостойких покрытий на шероховатость точность обработки отверстий плунжерных втулок
Ожидаемые результаты проекта:	<ul style="list-style-type: none"> • исследовать пути увеличения точности получаемых отверстий ружейными сверлами; • разработать рекомендации по выбору покрытий; • уменьшение трудоемкости изготовления деталей, путем изменения технологии.
Критерии приемки результата проекта:	Полученные данные и рекомендации полностью обоснованы
Требования к результату проекта:	Требование:
	Получение результатов исследований
	Способ стойкостных испытаний покрытий
	Оформленный графический материал
	Оформленная магистерская диссертация

8.2.2 Организационная структура проекта

На данном этапе работы решены следующие вопросы: кто входит в рабочую группу данного проекта, определена роль каждого участника в данном проекте, а также прописаны функции, выполняемые каждым

участников и их трудозатраты в проекте. Эту информация представлена в таблице 8.10.

Таблица 8.10 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Ярных А.Е., магистрант каф. ТАМП	Исполнитель	1. Проведение испытаний. 2. Анализ результатов 3. Составление отчета.	1500
2	Кирсанов С.В., НИ ТПУ, профессор	Руководитель, эксперт	1. Консультация по теоретической части проекта. 2. Помощь в проведении анализа и оформлении отчета.	130
ИТОГО:				1630

8.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта.

Таблица 8.11 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	400000 руб.
3.1.1. Источник финансирования	ООО "Роскомплект" (г. Барнаул)
3.2. Сроки проекта:	12.10.2016-10.06.2017
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	13.11.2016
3.3. Прочие ограничения и допущения*	-

8.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в виде табл. 8.12.

Таблица 8.12 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Постановка целей и задач	3	12.10.16	15.10.16	Кирсанов С.В.
2	Изучение литературы	19	19.10.16	7.11.16	Кирсанов С.В. Ярных А.Е.
3	Разработка календарного плана	4	9.11.16	13.11.16	Кирсанов С.В. Ярных А.Е.
4	Обсуждение литературы	26	16.11.16	12.12.16	Кирсанов С.В. Ярных А.Е.
5	Выбор методики проведения эксперимента	12	14.12.16	26.12.16	Ярных А.Е.
6	Подготовка к эксперименту	12	11.01.17	23.01.17	Ярных А.Е.
7	Проведение экспериментов	54	1.02.17	26.03.17	Кирсанов С.В. Ярных А.Е.
8	Анализ результатов исследования	5	28.03.17	2.04.17	Кирсанов С.В. Ярных А.Е.
9	Оформление пояснительной записки	40	4.04.17	14.05.17	Ярных А.Е.
10	Оформление графического материала	5	16.05.17	21.05.17	Ярных А.Е.
11	Подведение итогов	18	23.05.17	10.06.17	Кирсанов С.В. Ярных А.Е.
Итого:		193			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы

Таблица 8.13 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы	Вид работы	Исполнитель	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ											
				окт.	нояб.	дек.	янв.	фев.	март	апр.	май	июнь			
1	Постановка целей и задач	Кирсанов С.В.	3	■											
2	Изучение литературы	Кирсанов С.В. Ярных А.Е.	19	■	■										
3	Разработка календарного плана	Кирсанов С.В. Ярных А.Е.	4		■	■									
4	Обсуждение литературы	Кирсанов С.В. Ярных А.Е.	26			■	■								
5	Выбор методики проведения эксперимента	Кирсанов С.В. Ярных А.Е.	12				■	■							
6	Подготовка к эксперименту	Кирсанов С.В. Ярных А.Е..	12					■	■						
7	Проведение экспериментов	Кирсанов С.В. Ярных А.Е.	54					■	■	■	■	■	■	■	■
8	Анализ результатов исследования	Кирсанов С.В. Ярных А.Е.	5									■	■		
9	Оформление пояснительной записки	Ярных А.Е.	40										■	■	■
10	Оформление графического материала	Ярных А.Е.	5											■	
11	Подведение итогов	Кирсанов С.В. Ярных А.Е.	18												■



- руководитель



- инженер

по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде табл. 8.13 с разбивкой по месяцам и декадам за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Сетевой график – графическое отображение комплекса работ по теме с установленными между ними взаимосвязями.

8.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице.

1) Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода

Таблица 8.14 Сырье, материалы,
комплектующие изделия

Наименование, марка	Размер	Кол-во, шт. (кг)	Цена за единицу (кг), руб.	Сумма, руб.
Круг ст. ШХ15	d=22 мм, l=6000 мм	206	991 (1 шт)	202500

Всего за материалы	202500
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)	8100
Итого по статье C_m	210600

2). Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя и инженера (магистранта) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{р}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дн. $F_{\text{д}}=1790$ раб.дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k$$

Таблица 8.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{б}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	33162,87	1,2	1,1	1,3	99156,98	576,11	62	35718,82
Инженер	14584,32	1,2	1,1	1,3	43607,12	253,36	193	48898,48

3) Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала.

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{о}}$$

Таблица 8.16 – Заработная плата исполнителей НИИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	35718,82	48898,48
Дополнительная зарплата	3571,88	4889,85
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	93079,03	

4) Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot 93079,03 = 27923,71 \text{ руб.}$$

8.5 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,7 \cdot 93079,03 = 65155,32 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости проведения исследований. Все данные сведены в табл. 8.17.

Таблица 8.17 – Группировка затрат по статьям

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	210600
Основная заработная плата	84617,3
Дополнительная заработная плата	8461,73
Отчисления на социальные нужды	27923,71
Накладные расходы	65155,32
Итоговая плановая себестоимость	396758,06

Итоговая плановая себестоимость составила 396758,06 рублей, финансирование составило 400000 рублей.

8.6 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (табл. 8.18).

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Таблица 8.18 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Инженер (магистрант)	Руководитель проекта
1. Постановка целей и задач	И	О
2. Изучение литературы	И	О
3. Разработка календарного плана	И	О
4. Обсуждение литературы	И	О
5. Выбор методики проведения эксперимента	И	У
6. Подготовка образцов к эксперименту	И	У
7. Проведение экспериментов	И	О
8. Анализ результатов исследования	И	О
9. Оформление пояснительной записки	И	У
10. Оформление графического материала	И	У
11. Подведение итогов	И	О

8.7 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 8.19 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Поставки материала	Срыв поставки материала	3	3	Средний	Смена поставщиков	Истечение срока договора
2	Экономический	Снижение финансирования	4	4	Средний	Комплекующие изделия по низкой цене	Экономический кризис

8.8 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. Так как последние являются единовременными, то мы имеем дело с частным случаем задачи оценки экономической эффективности инвестиций, т.е. вложением денежных средств в предприятие, организацию, отраслевую, региональную социально-экономическую систему и т.п. (т.н. объекты инвестиций) с целью получения определенного результата в будущем. Отличительными особенностями инвестиций, особенно когда речь идет о вложениях в нематериальные активы в форме НИР являются:

- результат может быть получен в течение ряда последующих лет в общем случае – на протяжении жизненного цикла создаваемой системы;
- результаты инвестиций содержат элементы риска и неопределенности;
- связывание на некоторое время финансовых средств инвестора.

Однако в данной работе провести оценку экономической эффективности проекта не представляется возможным.

8.9 Оценка научно-технического уровня НИР

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод бальных оценок.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i,$$

где: R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Таблица 8.20 – Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признак НТУ	Примерное значение весового коэф-та n_i
1. Уровень новизны	0,4
2. Теоретический уровень	0,1
3. Возможность реализации	0,5

Таблица 8.21 – Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 8.22 – Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1 Установка закона, разработка новой теории	10
2 Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
3 Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6

4 Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
5 Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 8.22 – Возможность реализации научных, теоретических результатов по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Таблица 8.23 – Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

Таблица 8.24 – Сводная таблица оценки научно-технического уровня НИР

Фактор НТУ	Значимость	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень новизны	0,4	Относительно новая	4	Обобщение и систематизация данных о различных видах конструкций ружейных сверл; составление рекомендаций по выбору, нанесению и проверке износостойких покрытий
Теоретический уровень	0,1	Элементарный анализ связей между фактами	2	Описание влияния износостойких покрытий ружейных сверл на их износ и качество обработанной поверхности
Возможность реализации	0,5	В течение первых лет	10	Полученные данные позволят обоснованно выбирать ружейные сверла с износостойкими покрытиями или без.

Из сводной таблицы 8.24 можно сделать вывод, что исследование имеет широкое практическое применение.

В производстве изделий машиностроения (автомобили, гидравлика, медицина) есть потребность получать глубокие ($\geq 10d$) отверстия с высокой точностью. На данный момент обработка производится ружейными сверлами. У ружейных сверл есть недостатки: низкая прочность и жесткость. Рекомендации, приведенные в работе, позволят увеличить производительность и сократить затраты на лишние операции при изготовлении изделий.

Исходя из оценки признаков НИОКР, показатель научно-технического уровня для данного проекта составил:

$$K_{нт\gamma} = 0,4*4 + 0,1*2 + 0,5*10 = 1,6 + 0,2 + 5 = 6,8$$

Таким образом данное исследование имеет средний уровень научно-технического эффекта.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ51	Ярных Андрею Евгеньевичу

Институт	Кибернетики	Кафедра	Технологии машиностроения и промышленной робототехники
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	150401/Машиностроение

Тема дипломной работы: «Сверление центральных отверстий в плунжерных втулках топливных насосов ружейными сверлами с износостойкими покрытиями».

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. *Ноксологический анализ инновационных решений по теме диссертации на предмет возникновения:*
 - **вредных** проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, эл – магнитные поля, ионизирующие излучения, и других специфических явлений);
 - **опасных** проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной взрывной и другой природы);
 - **негативного** воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу);
 - **чрезвычайных ситуаций** (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)
2. *Компетентный обзор законодательных и нормативных документов по теме.*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. *Анализ выявленных **вредных** факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:*
 - физико – химическая природа фактора, его связь с разрабатываемой темой;
 - действие фактора на организм человека;
 - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
 - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)
2. *Анализ выявленных **опасных** факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:*
 - механические опасности (источники, средства защиты)
 - термические опасности (источники, средства защиты)
 - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты);
 - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения);
3. *Охрана окружающей среды:*
 - защита селитебной и других зон окружающей среды;
 - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
 - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы: СОЖ);
 - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы: стружка, бумага);
 - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
4. *Защита в чрезвычайных ситуациях:*
перечень возможных ЧС на объекте: сильные морозы, диверсия;
выбор наиболее типичной ЧС;
разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;

<i>разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</i>
5. <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</i> • <i>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</i>
Перечень графического материала:
<i>План эвакуации План размещения светильников на потолке рабочего помещения</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	Доктор технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Ярных Андрей Евгеньевич		

9. Социальная ответственность

Основной целью данного раздела является выявление опасных факторов промышленного производства, создание оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются на основе сверления ружейными сверлами в плунжерных втулках топливного насоса. Сверлили ружейными сверлами с тремя типами покрытий наконечников (без покрытия, с покрытием TiN, с покрытием многослойным покрытием ХТ). Исследование длилось до полного разрушения всех типов инструмента. Анализ итогов испытаний велся с использованием ЭВМ. Испытания проходили на четырёхшпиндельном станке глубокого сверления мод. *ВЕМ 84/0,25* фирмы *SIG* (Швейцария). Основным местом проведения работы являлся завод «АЗТН-Роскомплект» г. Барнаул.

Производственная среда, организация рабочего места должны соответствовать общепринятым и специальным требованиям техники безопасности, эргономики, нормам санитарии, экологической и пожарной санитарии.

9.1 Анализ опасных и вредных факторов

При изготовлении оправки использовалось металлообрабатывающее оборудование. Работа на нем представляет некоторые вредные производственные факторы.

Вредные факторы, возникающие при данном технологическом процессе:

- Недостаточная освещенность рабочей зоны, наличие прямой и отраженной блескости, повышенная пульсация светового потока.
- Мелкая стружка и аэрозоли смазочно-охлаждающей жидкости;
- Повышенный уровень вибрации;

- Повышенный уровень шума;
- Повышенный уровень статического электричества;

Опасные факторы, возникающие при данном технологическом процессе:

- Получение травм, при работе на станке глубокого сверления *ВЕМ 84/0,25*;
- Поражение электрическим током, при работе оборудования;
- Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы.

Кроме того, в ходе выполнения данного исследования большое количество времени работе велась с использованием ПЭВМ. Для работы с данным оборудованием существует следующая типовая инструкция: ТОИ Р 01-00-01-96 «Типовая инструкция по охране труда для операторов и пользователей персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ) и работников, занятых эксплуатацией ПЭВМ и видеодисплейных терминалов (ВДТ)». Работа оператора ПЭВМ относится к категории работ, связанных с опасными и вредными условиями труда.

Самый верный и наиболее надежный путь борьбы с производственным травматизмом – четкое знание каждым работником требований правил техники безопасности труда и неукоснительное их исполнение.

Таким образом, в ходе выполнения данного исследования имело место большое количество опасных и вредных производственных факторов.

9.2 Микроклимат

Состояние микроклимата на механическом участке должна соответствовать допустимым нормам по ГОСТ 12.1.005-88. Метеорологические условия в производственных условиях определяются следующими параметрами:

- температура воздуха t , °С;
- относительная влажность воздуха ϕ , %;

- скорость движения воздуха на рабочем месте v , м/с.

Движение воздуха в помещениях является важным фактором, влияющим на тепловое самочувствие человека. В жарком помещении движение воздуха способствует увеличению отдачи теплоты организмом и улучшает его состояние, но оказывает неблагоприятное воздействие при низкой температуре воздуха в холодный период года.

По тяжести работ оператор относится к категории 2б. Параметры микроклимата не должны выходить за рамки допустимых значений, указанных в таблице.

Таблица 9.1 Результаты замеров микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, С°		Влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		Фактич.	Допуст.	Фактич.	Допуст.	Фактич.	Допуст.
Теплый	2б	23	18-27	60	65	0,13	0,2
Холодный	2б	18	17-23	57	<75	0,11	0,2

На проектируемом участке показания замеров микроклимата не превышает допустимых пределов и обеспечивается за счет следующего:

- в холодный период года – применение водяного отопления;
- в теплый период года – искусственной вентиляцией.

9.3 Вредные вещества

При анализе вредных выделений на участке выявлены следующие вредные вещества: масло минеральное, окись железа. Результаты замеров сведены в таблицу.

Таблица 9.2 Результаты замеров вредных выделений

Наименование вещества	Макс. Мг/м ³	Номин. Мг/м ³	ПДК Мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Окись железа	3,6	3,1	6	4	Аэрозоль
Масла минеральные	2,1	1,8	5	3	Аэрозоль

На проектируемом участке концентрация загрязняющих элементов соответствует санитарным нормам ПДК по ГОСТ 12.1.005 – 88. Очистка воздуха от загрязнения осуществляется с помощью фильтров и приточной – вытяжной вентиляцией.

9.4 Производственный шум

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 71 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения (бетонные блоки с облицовочным кирпичом внутри станочного помещения);
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

СИЗ

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

9.5 Освещение

Согласно СП 52.13330.2011 в помещении, где производится металлообработка освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 300 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 12$ м, ширина $B = 8$ м, высота = 3,0 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1$ м.

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами без штор $\rho_c = 70\%$, чистого бетонного потолка $\rho_n = 50\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений со средним выделением пыли равен $K_3 = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу ЛД-40, световой поток которой равен $\Phi_{лд} = 2300$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной

решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,2$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,1$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,0 - 1 - 0,1 = 1,9 \text{ м.}$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A * B}{h * (A + B)} = \frac{12 * 8}{1,9 * (12 + 8)} = 2,5$$

Коэффициент использования светового потока $\eta = 0,56$.

Потребное количество люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$n = \frac{E * A * B * K_3 * Z}{\Phi_{\Pi} * \eta} = \frac{300 * 12 * 8 * 1,5 * 1,1}{2300 * 0,56} \approx 36$$

Общее число светильников: $n = 18$.

Размещаем светильники в 6 рядов по 3 светильника.

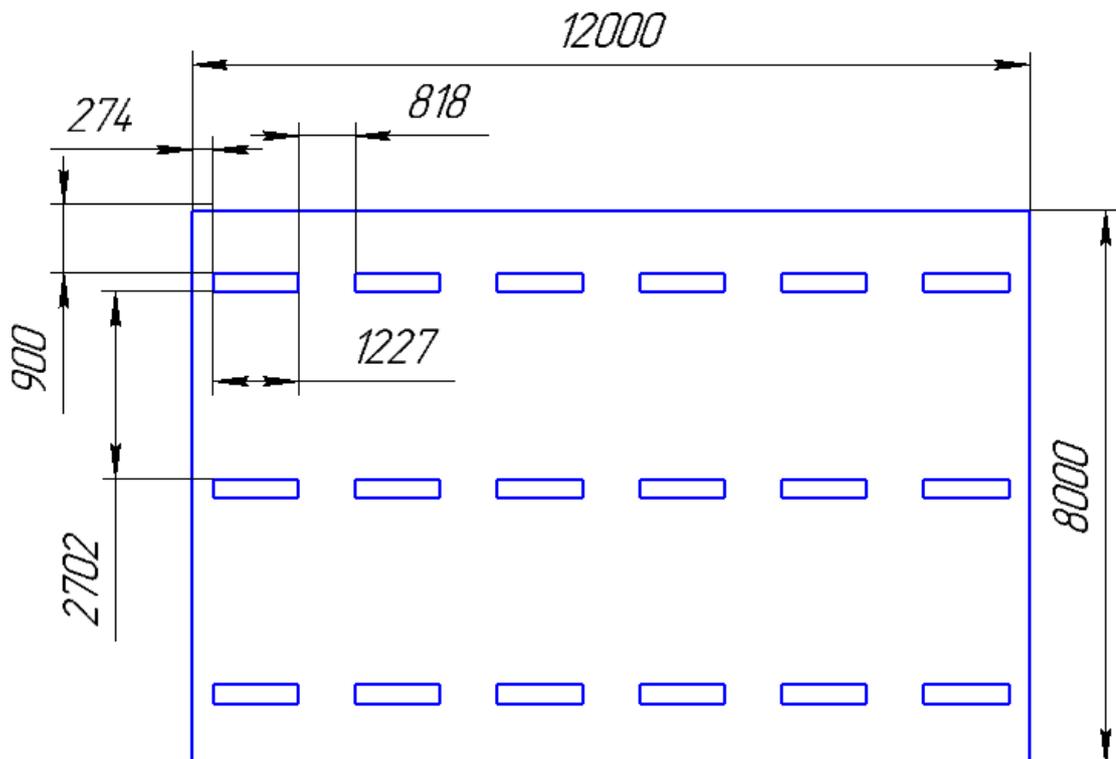


Рис. 9.1 План размещения светильников в помещении

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$\frac{2}{3}L_1 + 5L_1 + 6 * 1227 = 12000$$

$$L_1 = 818$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$\frac{2}{3}L_2 + 2L_2 + 3 * 265 = 8000$$

$$L_2 = 2702$$

Расчет светового потока группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_p = \frac{E * A * B * K_3 * Z}{n * \eta} = \frac{300 * 12 * 8 * 1,5 * 1.1}{36 * 0,56} = 2357$$

Проверяем выполнение условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{лд} - \Phi_{п}}{\Phi_{лд}} 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{2300 - 2357}{2300} * 100 \approx -2,5\%$$

$-10\% \leq -2,5\% \leq 20\% \sim$ условие выполнено.

9.6 Электробезопасность

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.

Помещение со станками относится к II классу электроопасности - помещению с повышенной опасностью, которая характеризуется наличием следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящие полы (железобетонные), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей

металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

В лаборатории применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте. Станки и оборудование оснащены защитным заземлением и системой защитного отключения, так же используются безопасные номиналы напряжений. К средствам коллективной защиты относятся знаки производственной безопасности, сигнальные цвета и сигнальная разметка. Средствами индивидуальной защиты от поражения электрическим током являются инструменты с ручками из изолирующего материала, специальные перчатки и обувь, а также дорожки и коврики.

9.7 Пожаровзрывобезопасность

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.

Помещение, в котором осуществляется процесс изготовления изделия, по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Г: материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии. 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.

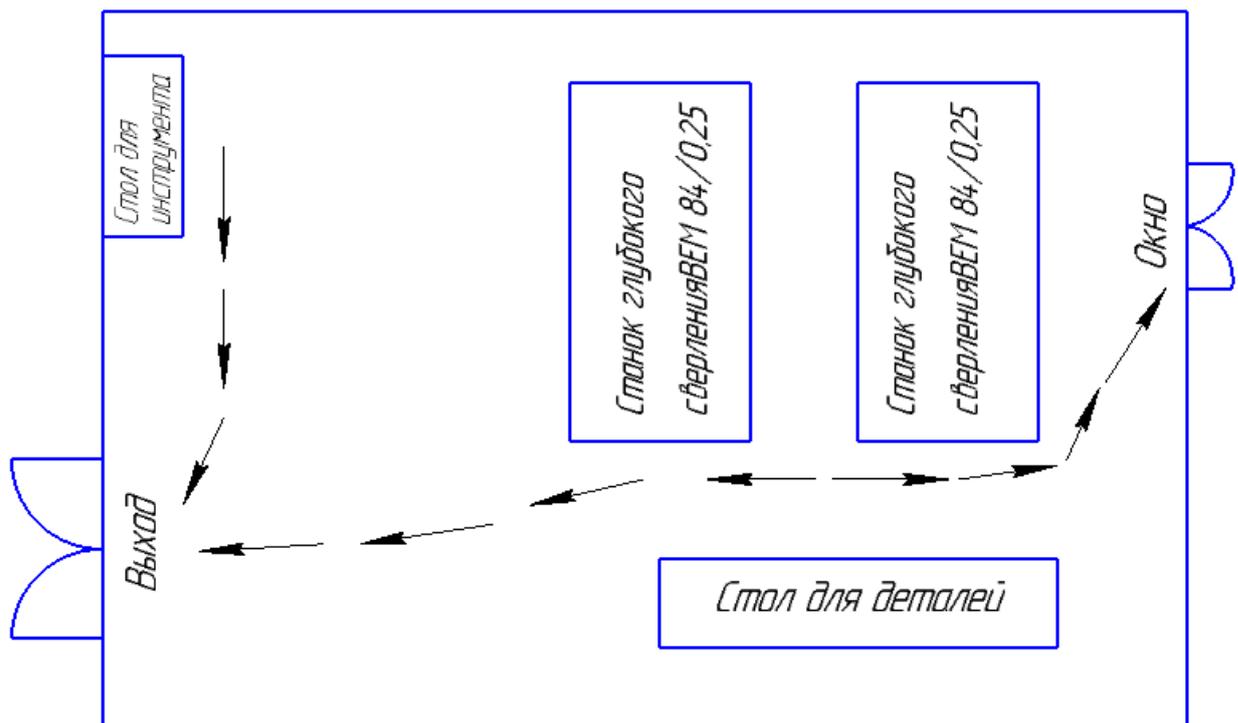


Рис. 9.2 План эвакуации из помещения со станками

9.8 Экологичность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма ее решения – это сокращение вредных выбросов

промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрана природы — комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов. Окружающий человека воздух непрерывно подвергается загрязнению. Воздух производственных помещений загрязняется выбросами технологического оборудования или при проведении технологических процессов. Удаляемый из помещений вентиляционный воздух может стать причиной загрязнения воздуха промышленных площадок и населенных мест. Средства защиты атмосферы должны ограничивать наличие вредных веществ в воздухе среды обитания человека не выше ПДК. В тех случаях, когда реальные выбросы выше этого уровня, необходимо использовать аппараты для очистки газов от примесей.

Данная магистерская работа не представляет опасности для экологической обстановки, поскольку отсутствует использование токсичных материалов. Все операции являются сугубо механическими, без выделения вредных газов и веществ, однако, в процессе металлообработки снимается слой металлической стружки, которая должна правильно утилизироваться для переработки (переплавки). Стружку необходимо разделить на цветной и черный лом, спрессовать, упаковать и отправить на переплавку. Ртутные лампы сдать в соответствующую фирму на утилизацию. Смазочно-охлаждающую жидкость фильтровать и вернуть в цикл, взвеси собрать и сдать в строительную или дорожную промышленность в качестве инертного материала.

9.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной

среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Завод находится в городе Барнаул с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т.д.) в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС могут быть: природного характера – сильные морозы, техногенного характера – шпионаж, диверсия.

Критически низкие температуры могут привести к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае заморозки труб в лаборатории предусмотрены запасные электрообогреватели. Электропитание для обогревателей обеспечивает генератор. Данное оборудование хранится на складе и их техническое состояние постоянно проверяется.

ЧС, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными, однако, работы в данном случае все равно прекращаются. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположений помещений и оборудования в помещениях, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица обязаны раз в полгода проводить тренировки по отработке действий на случай ЧС.

9.10. Законодательные акты

1. ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности
2. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
7. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
8. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
9. [ГОСТ 12.1.004-91](#). Пожарная безопасность. Общие требования.
10. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности.
11. [СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха](#)
12. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
13. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
14. СП 52.13330.2011 "Естественное и искусственное освещение"

Список литературы:

1. Павлючук А. И., Фефелов Н. А. Технология точного аппаратуростроения. Л.: Машиностроение (Ленингр. отделение), 1977, 1-30 с.
2. Кирсанов С. В., Бабаев А. С. Точность и шероховатость поверхностей отверстий, полученных ружейными сверлами малых диаметров // Справочник. Инженерный журнал. Приложение № 1, 2016, с. 18-24.
3. Кирсанов С. В., Гречишников В. А., Григорьев С. Н., Схиртладзе А. Г. Обработка глубоких отверстий в машиностроении // Справочник. Москва: Машиностроение, 2010, 113-137 с.

Приложение А

Раздел на иностранном языке

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Ярных Андрей Евгеньевич		

Консультант кафедры ТМСР _____:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Кирсанов С.В.	д.т.н		

Консультант – лингвист кафедры ИЯФВТ _____:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Шепетовский Д.В.			

5. Increase of firmness of gun drills

One of modern methods to increase to firmness of tool pieces is application of wearproof coating to their working parts.

5.1. Types of coating

For the increase of wearproofness of working parts of gun drills firms Botek, Stock, Gühring and other apply different coating (Table. 5.1). At that the type of coating must be specified by the consumers of instruments while recommendations to the choice of coating from firms-producers are absent.

Table. 5.1. Composition and physical- mechanical descriptions of some wearproof coating

Coverage	Microhardnes, GPa	Temperatue of oxidization, °C	Coefficient of friction	Coefficient of thermal expansion, $10^{-6}/^{\circ}\text{K}$	Heat conductivity, $\text{w}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{K})$
TiN	22...26	400...550	0,40...0,55	9,35	24,7...30,0
AlTiN	32...36	700...900	0,50...0,70	9,0	22,0
TiCN	35...40	400	0,20...0,30	7,0...8,0	43

The most widespread method of overcoating on GDST is Physical Vapour Deposition (PVD), implemented at temperatures 400...600°C. It is explained by the fact that, for example, method of Chemical Vapour Deposition (CVD) will be implemented at higher temperatures - 700...1100°C, that often unfavorably affect capacity of the tool pieces. Besides, the CVD method is rarely used for application of multi-element coating, for example, (Al, Ti)N type. Therefore, the PVD method is the most preferable.

5.2 Technology of application of wearproof coating

After the diamond sharpening of gun drills their cutting edges have small radius of rounding off, saw-like form (Fig. 5.1.). During boring it results in the decline of firmness of the instrument. Therefore, further gun drills undergo the "dry" polishing, for example, it is options of firm Otec (Germany), Multifinish (Germany) and other.

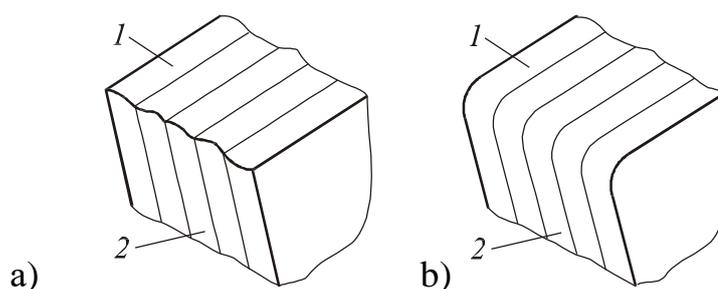


Fig. 5.1. Type of cutting edge of gun drill : a - after the diamond polishing; b- after the "dry" polishing (1 is a front surface, 2 is a back surface)

General view of setting of the "dry" polishing of SF - 1/1-68 firms of Otec is shown in Fig. 5.2, and. During the operation of the unit there are the drills fixed in rapid changing holders, while the tank with abrasive mixture rotates (Fig. 5.2.b). Rotation of the tank with changeable speed and ability to change immersion depth of the tool allows obtaining evenness of treatment and good to reproducibility of results.



a)

b)

Fig. 5.2. Setting for the "dry" polishing of model SF - 1/1-68 firm Otec:

a-general view; b- chart of work

As an abrasive environment granules are used, for example, oxide aluminium - corracas (Fig. 5.3) or mixture recommended by Otec and consisting of 70 % carbide silicon at grittiness 1.4 mm and 30 % granules of walnut at grittiness of 1.6 mm.

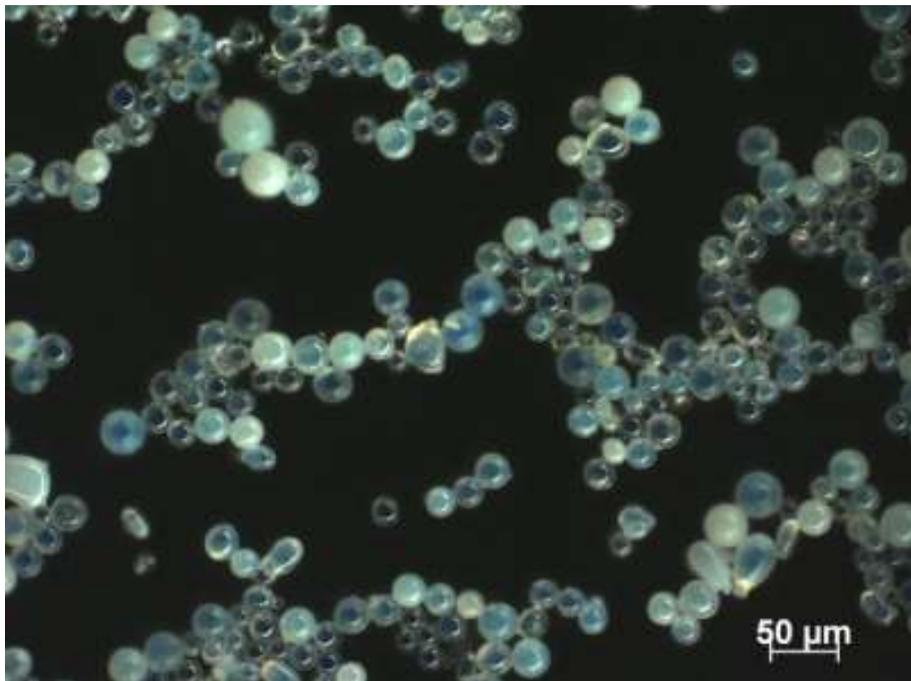


Fig. 5.3. Granules of oxide aluminium - corracas ($\times 500$)

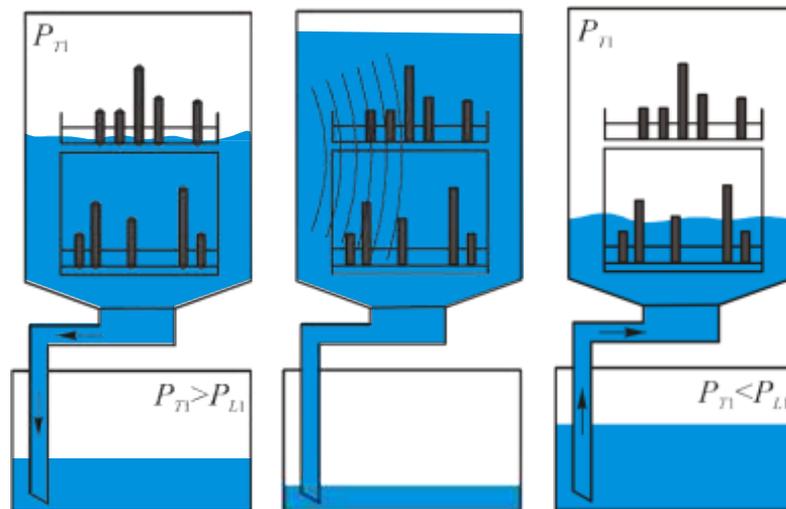
Functional descriptions of wearproof coating depend on qualities preparation of surfaces working parts gun. Therefore, drills before overcoating are exposed to washing in automatic washing machine with a vacuum drying, for example, firm Platit (Switzerland) (Fig. 5.4).



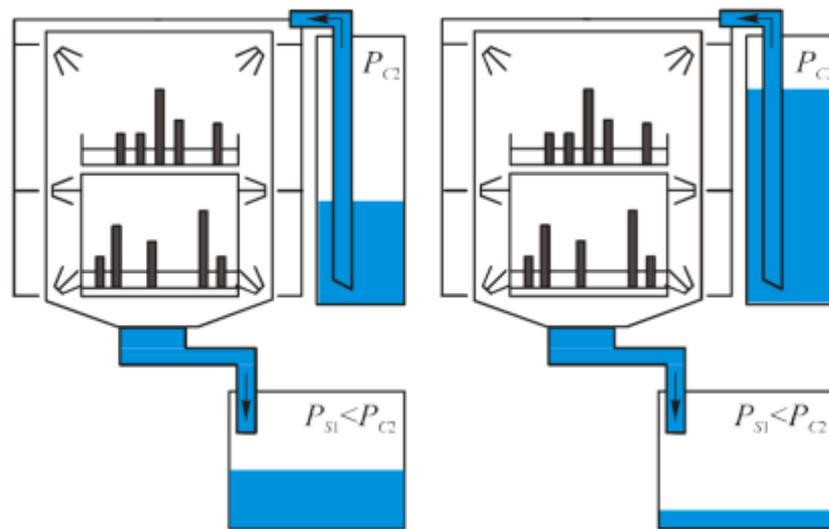
Fig. 5.4. General view of automatic washing machine with a vacuum drying of model V300 of firm Platit (Switzerland)

Gun drills comes through washing in the following sequence (time of cycle is 45 minutes) :

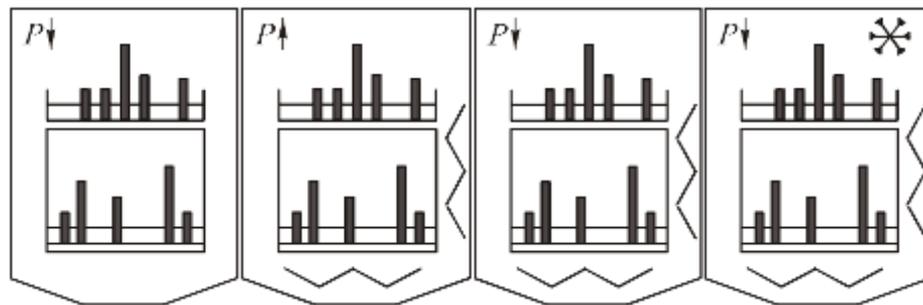
1. Ultrasound cleaning (cleanser of Deconex HT 1153 from Borer Chemie (Switzerland).



1.1 Washing machine (cleanser of Deconex Spray Extra from Borer Chemie (Switzerland).



2. Vacuum drying (70...80°C).



After such treatment the tools are ready for overcoating. Wearproof coating is inflicted on working parts of gun drills application by the methods of the physical vacuum-depositing - Physical Vapour Deposition (PVD):

- a) method of vacuum-arc evaporation;
- b) method of magnetron dispersion;
- c) method of cathode-ray evaporation

PVD - methods, are usually based on, evaporation (dispersion) of substances in a vacuum chamber, with subsequent ionising particles, by an acceleration in the electric (magnetic) field in the direction of surfaces being covered and their condensation on this surface in the presence of reactionary gas. Thus translation of hard substance in metallic steam can come true by the cathode spot of a vacuum arc (vacuum-arc

evaporation, Fig. 5.5, a); an ionic bunch (magnetron dispersion, Fig. 5.5, b); the electronic bunch (cathode-ray evaporation), Fig. 5.5, c) at the temperature 500...600°C

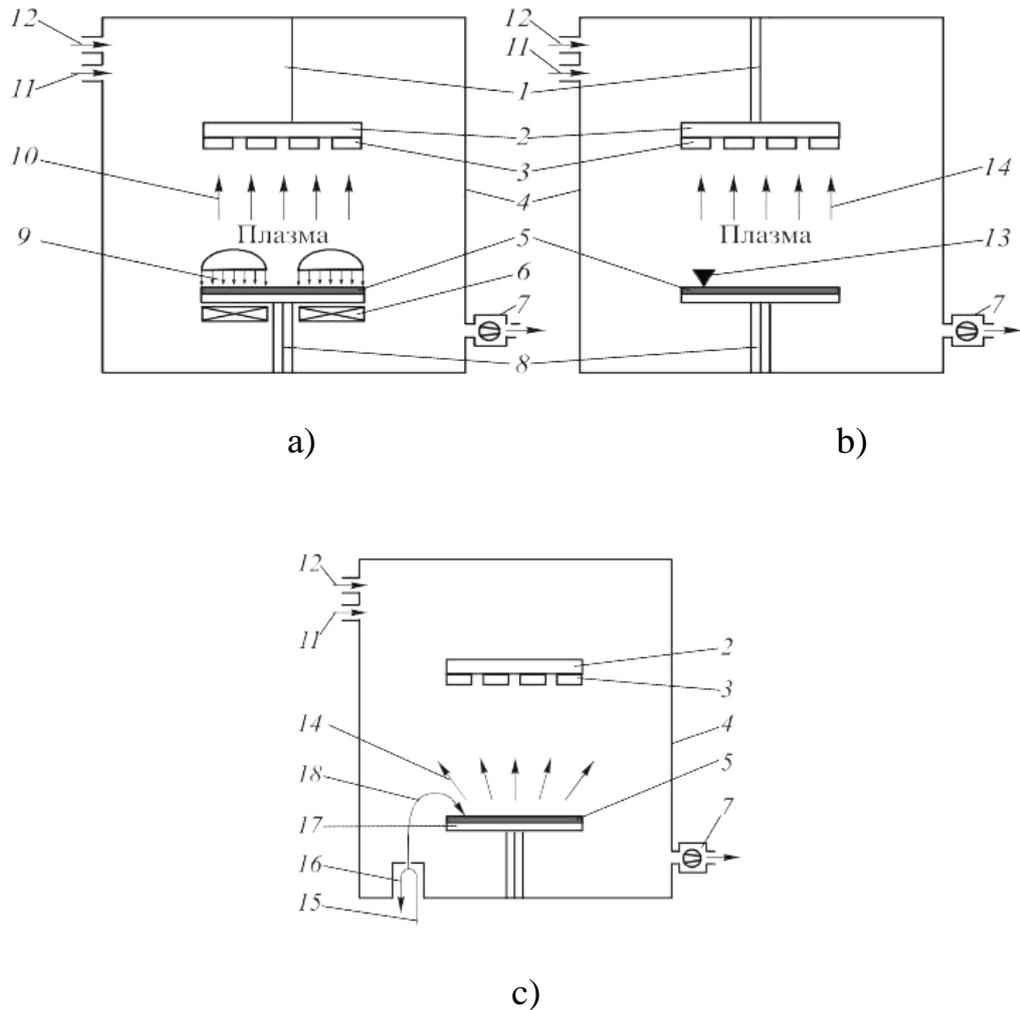


Fig. 5.5. Fundamental charts of overcoating on the toolpiece of PVD - methods:
a) magnetron dispersion; b) vacuum-arc evaporation; c) cathode-ray evaporation;
1- tension of displacement; 2 - a holder of tools; 3 – a tool; 4 - a vacuum chamber;
5 - the deposited material; 6 - the magnetic system for magnetron dispersion; 7 - a
vacuum pump; 8 - a serve of bit tension; 9 - ionic bunch; 10- the nebulized
material; 11- reactionary gas; 12- rare gas; 13- a cathode spot; 14- the evaporated
material; 15 - a serve of accelerating tension; 16 - a thermal cathode; 17 - crucible;
18 - electronic ray

As (nebulized) an evaporant use usually refractory metals (Ti, Cr, Mo, Zr, Al of and other), reactionary gases is nitrogen, methane, oxygen and get accordingly

coatings of nitride, carbides, carbonitride or oxidecarbide of refractory metals (Table. 5.2).

Table. 5.2. Descriptions of coating, got PVD - method

Coverage	Color	<i>HV</i> *	Coefficient of friction on steel 45	Temperature of beginning of oxidization on air, °C
TiN	gold	23...25	0,55	550...600
TiCN	grey-blue	35...37	0,2	400
(Ti, Al)N	violet-black	31...35	0,6	800...850
(Ti, Al)CN	violet-red	35...37	0,25	500

CrN	Silver-metallic	12...14	0,3	650
ZrN	Gold-white	26...28	0,5	550
(Ti, Cr)N	Gold-grey	18...20	0,5	700
(Ti, Al, Cr)N	Bronze	28...30	0,4	850...900

* Because hardness can be varied in a wide range and depends on modes of deposition and chemical composition of coat, in a table data are presented about optimal hardness recommendable for coating on a toolpiece.

Application of PVD coating through an arc or smouldering charge (magnetron) provides the bigger productivity and not so perceptible to the insignificant changes of technological parameters. Therefore, PVD-method finds more and more application. Model technological process of overcoating of PVD-method consists of next basic operations:

1. Loading drills, warming up and pumping of a vacuum chamber.
2. Cleaning of working surfaces drills an ionic etch in gas digit.
3. Cleaning of working surfaces drills by bombardment ions metal and warming to the working temperatures.

4. Overcoating.
5. Cooling and unloading of drills.
6. Control of quality of the inflicted coat.

For implementation of PVD-method the equipment of firms of Hauser is used (Netherlands), Oerlikon Balzers (Switzerland), Plaitit (Switzerland), Multi Arc Vacuum System (THE USA), and for CVD-method - Richter Precision (THE USA), Rübige (Germany), Ion Bond (Switzerland) and other On Fig. 5.6 the general view of coater is presented PVD by the method π - 300 firm Plaitit, her types of overcoated - in Table. 5.4.



Fig. 5.6. General view of setting for causing wear proof coating model π - 300 firm Plaitit.

Table. 5.4. Types the wear proof coat applied
By unit π - 300 of firm Plaitit.

Type of coating Structure Color	Chemical composition (General thickness of plate, mcm)	Sequence of layers	Thickness of layers, mcm

TiN monolayer (gold)	$Ti_{1,0}N_{1,0}$ (1-7)	TiN	5,0
TiAlN monolayer (black)	$Ti_{0,5}Al_{0,5}N$ (1-5)	AlTiN	0,2
		TiAlN	3,9
		TiN	0,2
TiAlN monolayer (gold)	$Ti_{0,5}Al_{0,5}N$ (1-5)	TiN	0,2
		TiAlN	3,9
		TiN	0,2
TiAlN multilayer (darkly-violet)	$Ti_{0,6}Al_{0,4}N$ (1-4)	TiAlN (bepx)	1,0
		TiAlN ₂	0,3
		TiAlN ₁	0,3
		TiN	0,1
AlTiN monolayer (black)	$Al_{0,35}Ti_{0,65}N$ (1-4)	AlTiN	2,0
		TiAlN	0,9
		AlSiTiN	0,3
		TiAlSiN	0,3
		TiN	0,1
AlTiN multilayer (black)	$Al_{0,4}Ti_{0,6}N$ (1-4)	AlTiN	1,0
		AlTiN	0,3
		TiAlN	0,3
		TiN	0,1
nACo [®] gradient (blue)	$Ti_{0,45}Si_{0,05}Al_{0,5}N$ (1-4)	TiAlSiN	3,8
		TiN	0,1
nACo [®] multilayer (blue)	$Ti_{0,48}Si_{0,04}Al_{0,48}N$ (1-4)	AlSiTiN (bepx)	1,0
		AlSiTiN	0,3
		TiAlSiN	0,3
		TiN	0,1

Приложение Б

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор Томского
политехнического университета
по научной работе и инновациям
д-р техн. наук, проф.
 Дьяченко А.Н.
«» 2016 г.



«УТВЕРЖДАЮ»
Директор
ООО «Роскомплект»

 Тараденко В.А.
«» 2016 г.



АКТ

о производственных испытаниях ружейных свёрл

С 23 августа по 28 сентября 2015 г. в ООО «Роскомплект» (г. Барнаул) проводились производственные испытания ружейных свёрл, производства фирмы *Botek* (Германия) с покрытиями рабочих частей инструментов, предложенными Томским политехническим университетом.

Испытания проводились на станке глубокого сверления модели мод. *ВЕМ 84/0,25* фирмы *Schweizerische Industrie Gesellschaft* (Швейцария) путём сверления в заготовках плунжерных втулок топливных насосов из стали марки ШХ15-В по ГОСТ 801-78 отверстий диаметром 8,76 мм длиной 52,5 мм. Режим сверления: скорость резания $V=75$ м/мин, подача $S_n=78,6$ мм/мин, давление СОЖ марки МР-3 по ТУ 0258-041-57518521-2011 $p=5...6$ МПа.

В процессе испытаний 12 свёрлами было просверлено 22427 отверстий и установлено следующее:

1. Нанесение износостойких покрытий на рабочие части ружейных сверл при сверлении стали ШХ15-В способствует увеличению стойкости инструмента с покрытием TiN в 2,02, а с покрытием TiAlN – 2,32 раза.
2. Покрытие TiN и TiAlN вызывает существенное уменьшение разбивки отверстий и повышение стабильности их диаметральных размеров.
3. Покрытие TiN уменьшает среднюю шероховатость поверхностей отверстий на 56,2, а покрытие TiAlN – на 32,5 %.

Вывод: нанесение износостойких покрытий на рабочие части ружейных сверл позволяет уменьшить припуск на последующую обработку отверстий хонингованием, что будет способствовать уменьшению трудоемкости обработки центральных отверстий плунжерных втулок топливных насосов путем замены двойного хонингования на одинарное.

Заместитель начальника производства

Батрашкин В. Н.

Представители
Томского политехнического университета:

д-р техн. наук, проф.

аспирант

магистрант

Кирсанов С. В.

Цыганков Р. С.

Ярных А. Е.