

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

Инженерная Школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
Отделение материаловедения школы (НОЦ)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование технологических возможностей буксирного полирования при обработке режущих инструментов

УДК 621.923.9.04047.44:621.91.02

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Лаптев Никита Витальевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Бабаев А.С.	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Хаперская А.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н.		26.02.18

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Способностью разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
P2	Способностью оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии
P3	Способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
P4	Способностью 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 в области профессиональной деятельности
P5	Способностью применять новые современные методы разработки технологических процессов изготовления изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности с определением рациональных технологических режимов работы специального оборудования в машиностроении
Общекультурные компетенции	
P6	Способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, 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
P7	Способностью на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований

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

Инженерная Школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
Отделение материаловедения школы (НОЦ)

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ61	Лаптев Никита Витальевич

Тема работы:

Исследование технологических возможностей буксирного полирования при обработке режущих инструментов
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Требуется изучить процесс изменения микрогеометрии режущих кромок твёрдосплавных сменных многогранных режущих пластин за счёт применения финишных технологий. Пластины входят в состав торцевой фрезы для обработки конструкционных сталей и выпускаются серийно.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Обзор и анализ применения финишных технологий в процессе изготовления режущих инструментов. Формулирование цели и задач исследования на основе выявления особенностей формирования микрогеометрии режущих кромок при финишной обработке. Проведение серии экспериментальных работ по

	<p>поиску рациональных условий формирования микрогеометрии режущих кромок.</p> <p>Подготовка научно-обоснованных выводов, инженерных рекомендаций и общего заключения о проделанной работе.</p> <p>Разработка структуры и наполнение пояснительной записки.</p> <p>Подготовка участию в конференциях и публикации результатов НИР.</p>
Перечень графического материала	Презентация в MicrosoftPowerPoint
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хаперская А.В.
Социальная ответственность	Федорчук Ю.М.
Раздел ВКР на иностранном языке	Щеголихина Ю.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Обзор литературы	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Омц	Бабаев А.С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Лаптев Н.В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 132 страниц и содержит 68 рис., 46 табл., 45 литературных источников, 3 приложения.

Ключевые слова: буксирная обработка, микрогеометрия режущей кромки, радиус округления.

Объектом исследования является процесс финишной обработки твердосплавного режущего инструмента.

Цель работы – обоснование эффективности применения технологии буксирного полирования при обработке режущего инструмента на примере режущих пластин из твёрдого сплава.

В процессе исследования решались следующие задачи: влияние времени обработки на радиус округления кромки, влияние абразивной среды на округление кромки, влияние окружной скорости на округление кромки, влияние траектории движения планетарного механизма на отклонение формы.

В результате исследования было установлено, что округление режущей кромки в равной степени зависит от глубины погружения в рабочую среду, абразивной среды, частоты вращения приводов. Также было разработано приспособление для адаптации имеющегося оборудования для финишной обработки сменных многогранных пластин.

Область применения: инструментальная промышленность.

Результаты исследования внедрены на предприятии ООО «ПК МИОН».

Благодарности. Автор выражает благодарность генеральному директору ООО «ПРОМТЕХ» (г.Санкт-Петербург) Черторийскому В.П. за предоставление микроскопа MikroCAD^{Premium} и ведущему инженеру по применению компании ООО «Митутойо РУС» (г. Москва) за доступ к кругломеру ROUNDTEST RA-120 для проведения исследований и измерений в рамках настоящего проекта.

Оглавление

Введение	7
ГЛАВА 1. Современное состояние вопроса изготовления твёрдосплавных режущих инструментов в современном производстве	10
1.1. Оборудование и материалы, применяемые для изготовления режущих инструментов из твёрдого сплава.....	10
1.2. Технологии и оборудование для финишной обработки рабочих поверхностей режущих инструментов и контроля режущих кромок	23
1.3. Рекомендации по использованию буксирного полирования для финишной обработки твёрдосплавных режущих инструментов	30
ГЛАВА 2. Исследование технологических возможностей буксирного полирования	42
2.1. Материально-техническая база и методы экспериментальных работ	42
2.2 Влияние буксирного полирования осевых твёрдосплавных инструментов и СМП на изменение параметров микрогеометрии режущих кромок.....	45
2.3. Исследование математической модели, описывающей траекторию перемещения режущих инструментов в неподвижном абразиве	56
Заключение	68
СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	70
ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	88
Список литературы	111
Приложение	115

Введение

Современные тенденции развития машиностроения характеризуются постоянным повышением требованиям к точности, качеству изделий, усложнением конструктивных форм, использованием высокопрочных и труднообрабатываемых материалов, получаемых обработкой резанием. Это в свою очередь требует разработки и создания высокотехнологичного инструмента.

Анализ инструментальных производств показал, что технология изготовления цельных твердосплавных осевых режущих инструментов (на примере концевой фрезы) повышенной точности, прочности и износостойкости предусматривает:[8]

- 1) Использование в качестве заготовок осевых режущих инструментов цилиндрических стержней с различной формой поперечного сечения длиной до 330 мм и диаметром до 20 мм и более, шлифовальных по наружному диаметру с точностью h6 (реже h5) и шероховатостью $Ra < 0,05$ мм;
- 2) Применение в качестве материала стержней однокарбидных твердых сплавов, чаще всего с субмикронной и ультрамелкодисперсной структурой, обладающих повышенными прочностью и износостойкостью;
- 3) Изготовление инструментов на пятикоординатных шлифовально-заточных станках с ЧПУ (числовым программным управлением);
 - Образование основных конструктивных элементов (винтовой стружечной канавки, переднего и заднего угла режущего клина)
 - Заточка режущих поверхностей
- 4) Нанесение на рабочую часть инструментов современных одно- и многослойных покрытий и алмазоподобных.

Использование в качестве заготовок шлифованных цилиндрических стержней, значительно сокращает технологический процесс изготовления, так как отпадает необходимость в подготовке базовых поверхностей инструмента.

Применение однокарбидных твердых сплавов с ультрамелкодисперсной структурой обеспечивает высокие физико-механические свойства, что позволяет использовать данный инструмент при высокоскоростной обработке, обработке без применения СОЖ, при обработке закаленных сталей и сплавов, а также для мелкоразмерных осевых режущих инструментов.

Высокую производительность при изготовлении режущего инструмента и точность обеспечивают трех-пяти координатные станки с ЧПУ. На данном оборудовании изготавливают широкую гамму РИ: концевые фрезы (цилиндрические, конические, с

плоским, радиусным или сферическим торцем), сверла, зенкеры, метчики и др. осевые инструменты. Данные результаты достигаются благодаря высокой точности перемещений и жесткости станков, а также весьма эффективному программному обеспечению, позволяющему производить быстрое и прецизионное перемещение заготовки и шлифовальных кругов по пяти координатам, одновременно управляемые системой ЧПУ станка. В результате становится экономически эффективным изготовление даже одного специального инструмента, а технологический процесс представляет из себя многопереходную шлифовально-заточную операцию[8]. Рассмотрим некоторые примеры таких операций (рис.в.1-3, табл.в.1-3).

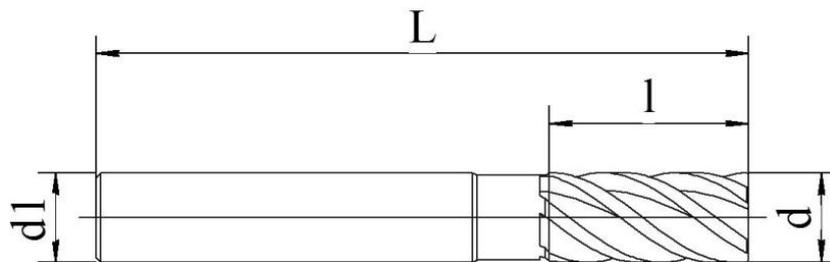


Рис.в.1 Эскиз цельной твердосплавной фрезы[23]

Табл. в.1

Технологический процесс изготовления цельных твердосплавных концевых фрез[8]

Номер операции	Наименование и содержание операции
1	Шлифовальная-заточная с ЧПУ - шлифовать стружечные канавки; - заточить задние поверхности по цилиндру; - заточить зубья по торцу.
2	Термическая. Нанести покрытие.
3	Маркировочная. Нанести текст Лазерным способом.
4	Упаковочная. Провести антикоррозионную обработку и упаковать.

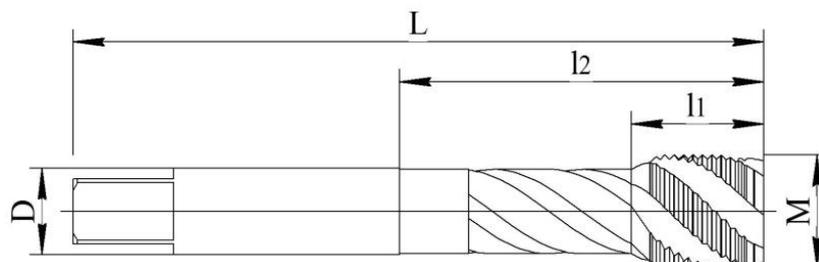


Рис.в.2 Эскиз метчик резьбонарезной[23]

Технологический процесс изготовления цельных резьбонарезных метчиков[8]

№ операции	Наименование и содержание операции
1	Накатывание резьбы роликами на накатном станке Шлифовальная-заточная с ЧПУ Шлифование рабочей части по наружной поверхности после накатывания Шлифование канавок.
2	Термическая. Нанести покрытие.
3	Маркировочная. Нанести текст Лазерным способом.
4	Упаковочная. Провести антикоррозионную обработку и упаковать.

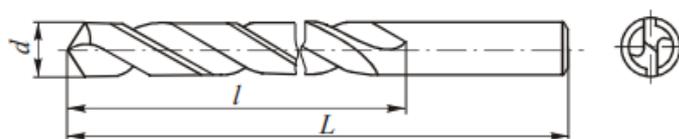


Рис.в.3 Эскиз сверло спиральное[5]

Технологический процесс изготовления цельных твердосплавных спиральных сверл[8]

№ операции	Наименование и содержание операции
1	Шлифовальная-заточная с ЧПУ Шлифовать рабочую часть с образованием обратной конусности Глубинное шлифование винтовых стружечных канавок Шлифование спинки Заточка по задней поверхности Подточка перемычки
2	Термическая. Нанести покрытие.
3	Маркировочная. Нанести текст Лазерным способом.
4	Упаковочная. Провести антикоррозионную обработку и упаковать.

С учетом современной технологии изготовления режущего инструмента и тенденции к совершенствованию этих технологий будут рассмотрены вопросы о применении финишных операций. Финишные технологии применяются для оптимизации микрогеометрии РИ¹, полирования стружечной канавки, подготовки инструмента для нанесения покрытия и после для удаления капельной фазы и снятие напряжений с поверхностного слоя покрытия.

¹ РИ – режущий инструмент

ГЛАВА 1. Современное состояние вопроса изготовления твёрдосплавных режущих инструментов в современном производстве

1.1. Оборудование и материалы, применяемые для изготовления режущих инструментов из твёрдого сплава

В процессе резания режущий клин инструмента испытывает значительные нагрузки в результате сил трения и высокого контактного давления. В результате чего выделяется большое количество тепла и вызывает интенсивный износ контактной поверхности режущего клина. Применение твердых сплавов в инструментальной промышленности позволило значительно увеличить рост стойкости и производительности при работе РИ, при этом повысив скорости резания в 4-5 раз.

Твердые сплавы – это материалы, состоящие из карбидов вольфрама (однокарбидные), вольфрама и титана (двухкарбидные) и с добавлением ниобия, тантала и других легирующих элементов (трехкарбидные), связанные между собой связкой – кобальтом [10,11].

Табл. 1.1

Состав и физико-механические характеристики некоторых современных марок однокарбидных твердых сплавов, применяемых для изготовления твёрдосплавных стержней [10]

Марка сплава	Группа сплава по ISO	d_{wc} , мкм	Содержание Co, %	Плотность $\rho \cdot 10^3$, кг/м ³	Твердость		$\sigma_{и}$, МПа	Изготовитель
					HRA	HV ₃₀		
A04		0.7..0.8	9	14.4	92	1710	3900	КЗТС (Россия)
UF10	K20-K50	0.5..0.8	10	14.5	92	1650	4049	ТаeguТес (Республика Корея)
HB10F	K05-K15	0.8..1.3	6		93.5	1850	3400	Boehlerit (Австрия)
H10F	K20-K30	0.7	10	14.5	92.1	1600	4300	Sandvik Coromant (Швеция)
TSM10	K05-K10	0.5..0.8	6.0	14.90	93.3	1850	3300	Ceratizit (Люксембург)
YF06	K05-K10	0.4	6.0	14.90	93.1	1850	3800	ZCCT-CT(КНР)
MT21		<0.8	10.0	14.45		1570	4000	Nuova(Италия)

DK450 UF		0.5	9.0	14.1	92.3	1870		Guhring (Германия)
DK460 UF	K30-K40	0.5..0.6	10.0	13.9	92.4	1620	3700	
K40UF	K40-K50	0.6	10.0	14.5	91.7	1610	4000	Konrad
K44UF	K40-K50	0.5	12.0	14.45		1680	4000	Friedrichs (Германия)
KX-20		0.7	8.0	14.8	93.6	1710	3200	Ost-Express
KX-40		0.6	10.0	14.45		1610	3600	(Германия)

Для обеспечения высокого качества и производительности при изготовлении цельного осевого твердосплавного инструмента необходимо использовать соответствующее оборудование. Таким требованиям удовлетворяют трех-шестикоординатные шлифовально-заточные станки с ЧПУ. Из них наибольшее применение получили пятикоординатные шлифовально-заточные станки.

Пятикоординатные станки позволяют быстро настроить станок и за одну установку почти полностью изготовить инструмент (далее требуется только нанести покрытие, маркировку, осуществить консервацию и упаковку инструмента)[8]. В таблице 1.2 приведены технические характеристики некоторых моделей пятикоординатных шлифовально-заточных станков.

Табл. 1.2

Технические характеристики некоторых моделей пятикоординатных шлифовально-заточных станков с ЧПУ

Модель станка	WALTER HELITRONIC POWER	ANCA RX7	SCHNEEBERGER Corvus	Rollomatic GrindSmart® 529XS
Характеристики ЧПУ				
Система ЧПУ	Fanuc 310i модель A5	ANCA 5DX	Fanuc 160i	Fanuc 30iMB
Процессор/RAM	PC Pentium M	PC Pentium 4	Pentium 4	Sinumerik
Дисплей	Активный экран 15''	Активный экран 15''	ЖК экран 10,4''	15''
Пульт управления	Поворотный, перемещаемый	Поворотный, перемещаемый	Поворотный	Поворотный
Расположение шлифовального шпинделя				
Поворотный	Поворотный	Консольный	Консольный	Консольный

Модель станка	WALTER HELITRONIC POWER	ANCA RX7	SCHNEEBERGER Corvus	Rollomatic GrindSmart® 529XS
Оси станка				
Перемещение по X-оси, мм	480	435	400	300
Перемещение по Y-оси, мм	320	457	300	220
Перемещение по Z-оси, мм	700	275	300	180
Ось C	±200°	310°	210°	-75°/135°
Ось A	360°	360°	360°	360°
Скорость перемещения по линейным осям, м/мин	15	18	15	12
Число оборотов бабки изделия (для круглого шлифования)	750	600	Не указано	Не указано
Максимальный диаметр инструмента, мм	320	220	410	200
Максимальный вес инструмента, кг	50	20	25	Не указано
Система приводов				
Производитель	Fanuc	ANCA	Fanuc	Fanuc
Система приводов	Fanuc	ANCA Digital	Fanuc	Fanuc
Тип привода X, Y, Z, A, C - осей	Шариковая передача винт-гайка			
Температурные деформации	Температурный датчик автоматической компенсации деформации шлиф.шпинделя	Нет	Нет	Нет

Модель станка	WALTER HELITRONIC POWER	ANCA RX7	SCHNEEBERGER Corvus	Rollomatic GrindSmart® 529XS
Скорость перемещения по линейным осям, м/мин	15	18	15	12
Число оборотов бабки изделия(для круглого шлифования)	750	600	Не указано	Не указано
Максимальный диаметр инструмента, мм	320	220	410	200
Максимальный вес инструмента, кг	50	20	25	Не указано
Система приводов				
Производитель	Fanuc	ANCA	Fanuc	Fanuc
Система приводов	Fanuc	ANCA Digital	Fanuc	Fanuc
Тип привода X,Y,Z,A, C - осей	Шариковая передача винт-гайка			
Температурные деформации	Температурный датчик автоматической компенсации деформации шлиф.шпинделя	Нет	Нет	Нет
Тип шпинделя, кВт	Двунаправленный с бесступенчато-регулируемой скоростью, с охлаждением	ANCA Двунаправленный с бесступенчато-регулируемой скоростью	Поворотный с водяным охлаждением	Поворотный
Мощность шпинделя, кВт	11,5 (опция 24)	19	26	7(11 опция)
Шлифовальная бабка	Портальная	Консольная	Консольная	Консольная
Частота вращения, об/мин	10000	10000	10000	500-10000

Модель станка	WALTER HELITRONIC POWER	ANCA RX7	SCHNEEBERGER Corvus	Rollomatic GrindSmart® 529XS
Максимальный диаметр шлифовального круга, мм	200	200	200	200
Количество шлифкругов за одну установку	8	6	6	4
Измерительный щуп	Renishaw			
Система подачи СОЖ в зону резания	Универсальные гибкие шланги на каждый круг справа и слева	Блочная сменная с жесткими металлическими трубками	Блочная сменная с жесткими металлическими трубками	Блочная сменная с жесткими металлическими трубками
Станина станка	Чугун	Полимербетон	--	--
Вес, кг	4650	4500	9000	От 3200

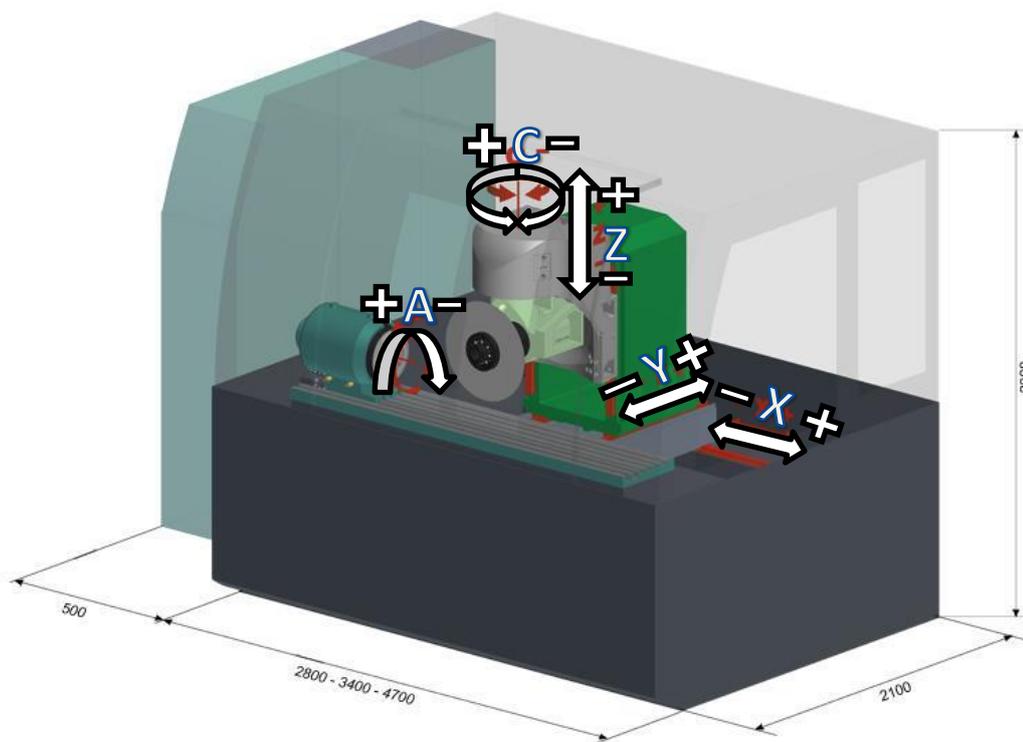


Рис. 1.1 Типовая схема работы 5-ти координатного шлифовально заточного станка на примере SCHNEEBERGER Corvus [24]

Высокая производительность и концентрация переходов обусловлена возможностью установки до 8 абразивных кругов с обеих сторон шлифовального шпинделя станка. Примеры возможных комбинаций различных абразивных кругов, применяемых при изготовлении осевого режущего инструментов, рекомендуемые фирмой Toolgal Degania Industrial Diamonds Ltd. (Израиль), приведены на рис. 1.2. Важно не только правильно выбрать форму алмазных кругов, но и их зернистость, связку, концентрацию зерен в алмазном слое и другие параметры, а также режимы шлифования. Все необходимые данные по алмазным кругам можно найти на сайте производителей абразивных кругов или в специализированной литературе [33].

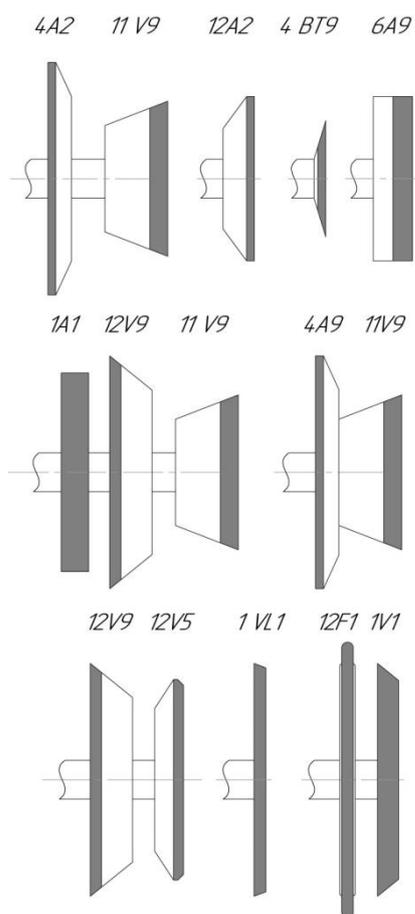


Рис. 1.2 Примеры возможных комбинаций форм алмазных кругов на пятикоординатных шлифовально-заточных станках с ЧПУ

Неотъемлемой частью современной технологии изготовления режущего инструмента относится нанесение износостойких покрытий. Данный процесс позволяет получить оптимальное сочетание контактных площадок РИ «твердость-пластичность». Нанесение покрытий позволяет решать целый спектр задач, связанных с повышением производительности, точности и качества обработки, снижением расхода дорогостоящего инструментального материала, возможность реализации резания без СОЖ [3].

Рассмотрим требования, предъявляемые к износостойким покрытиям для режущего инструмента. Исходя из общих эксплуатационных требований, покрытие должно быть: устойчивым против коррозии и окисления; сохранять свои свойства при высоких температурах; не иметь дефектов (пор, включений); обладать высоким пределом выносливости. В связи со служебным назначением покрытия должны иметь: твердость в 1,5–2 раза превышающую твердость инструментального материала; низкую склонность к адгезии с обрабатываемым материалом; минимальную способность к диффузионному растворению в обрабатываемом материале[11].

Табл. 1.3

Свойства износостойких покрытий и области их применения в обработке материалов [20]

Покрытие	TiN	TiCN	AlTiN	ta-C (DLC-Алмазоподобное)
Толщина покрытия, мкм	1-4	1-4	1-4	1-4
Микротвердость, HV	2300±300	3500±500	3300±300	5500±1500
Коэффициент трения при обработке стали	0,6	0,2-0,3	0,5-0,7	0,07-0,15
Термостойкость	500°C	400°C	800°C	300°C
Область наиболее эффективного применения	Обработка конструкционных сталей	Обработка чугуна, нержавеющей стали	Обработка нержавеющей стали, закаленных сталей, жаропрочных сталей и сплавов	Обработка мягких и вязких металлов (алюминий, латунь), различных пластиков
Качественный эффект	Повышение производительности в 1,5-2 раза, срока службы в 4-6 раз	Повышение производительности в 1,5-2 раза, срока службы в 4-6 раз	Повышение производительности в 1,5-2 раза, срока службы в 4-6 раз	Повышение производительности в 2-4 раза, срока службы в 10-20 раз

Нанесение покрытий реализуется методами:

Химическое осаждение покрытий из газовой фазы – Chemical Vapour Deposition(CVD).

- а) высокотемпературный метод химического осаждения покрытий – High-Temperature CVD (HT-CVD);
- б) среднетемпературный метод химического осаждения покрытий – Medium-Temperature CVD (MT-CVD);

в) метод химического осаждения с плазменным сопровождением – Plasma Assisted CVD (PA-CVD).

Высоко- и среднетемпературные методы химического осаждения (HT-CVD, MT-CVD). В общем случае процессы CVD основаны на протекании гетерогенных химических реакций в парогазовой среде, окружающей режущие инструменты, в результате которых образуется износостойкое покрытие. Получение покрытий из тугоплавких соединений путём осаждения их из газовой фазы основано на восстановлении летучих соединений металлов водородом в присутствии активных составляющих газовой смеси, которые, взаимодействуя с выделяющимся в свободном виде металлом, образуют соответствующие тугоплавкие соединения.

Осаждение покрытий происходит в специальной печи в присутствии водорода в результате взаимодействия газообразных галогенидов ($TiCl_4$, $AlCl_3$) с составляющими смесей:

- а) азотом – при осаждении нитридов тугоплавких металлов;
- б) метаном – при осаждении карбонитридов;
- в) углекислым газом – при осаждении оксидов.

Температуры, при которых формируются покрытия HT-CVD и MT-CVD-методами, превышают $750^{\circ}C$, а PA-CVD-методом – $550...650^{\circ}C$. При этом обеспечивается высокая скорость ($5...8$ мкм/ч) нанесения покрытий, в том числе и многослойных, общая толщина которых может достигать $6...15$ мкм и более.

Химическое осаждение с плазменным сопровождением (PA-CVD). Мощным инструментом воздействия на кинетику процессов нанесения CVD покрытий и свойства самих покрытий, является плазменное сопровождение (ассистирование) в англоязычной литературе получившее название plasmaassisted CVD (PA-CVD) или plasma-enhanced CVD (PE-CVD). Применение различных приемов возбуждения плазмы в реакционном объеме и управление ее параметрами позволяет интенсифицировать процессы роста покрытий, сдвигать их в область более низких температур, делать более управляемыми процессы формирования покрытий требуемой структуры и состава.

Физическое осаждение покрытий в вакууме – Physical Vapour Deposition (PVD).

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

Для всех методов физического осаждения покрытий генерация наносимого вещества осуществляется в результате термического перевода твердого вещества в парообразное (испарением, вакуумной дугой или ионным распылением), а

дополнительное повышение средней энергии осаждаемых частиц производится за счет их ионизации, осуществляемой различными способами (наложением тлеющего, дугового или высокочастотного разряда или подмешиванием ионов, получаемых от автономных источников).

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

CVD–покрытия требуют применения дорогостоящих высокочистых химических реагентов (TiCl₄, NH₃, др.), прецизионных дозаторов химических прекурсоров, точного контроля продуктов химических реакций в рабочей камере и т. д.

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

Типовой технологический процесс нанесения покрытий PVD–методом состоит из следующих основных операций [2]:

- Загрузка инструмента, прогрев и откачка вакуумной камеры.
- Очистка поверхностей пластин ионным травлением в газовом разряде.
- Очистка поверхностей пластин бомбардировкой ионами металла и нагрев до рабочих температур.
- Нанесение покрытия.
- Охлаждение и выгрузка пластин.
- Контроль качества нанесенного покрытия.

Для реализации PVD–метода применяется оборудование фирм ВПТ-МК (Москва), Hauser (Нидерланды), Oerlikon Balzers (Швейцария), Platit (Швейцария), Multi Arc Vacuum System (США), а CVD–метода VTD Vakuumtechnik Dresden GMBH (Германия).

Табл. 1.4

Сравнительные характеристики CVD- и PVD-методов нанесения износостойких покрытий

Характеристика	CVD-метод	PVD-метод
Рабочее давление при нанесении покрытия	Атмосферное (CVD) или вакуум для активируемого плазмой процесса (PECVD)	Вакуум
Температура изделий при нанесении покрытия	700–1100 °С (CVD) 400–500 °С (PECVD)	250–500 °С

<p>Зона поверхности изделий, на которую наносится покрытие</p>	<p>Все поверхности изделий, в том числе внутренние с внешним доступом</p>	<p>При неподвижном изделии — только зона, непосредственно обращенная к источнику ионов, при вращении — вся рабочая поверхность, кроме закрытых внутренних зон</p>
<p>Максимальные габаритные размеры и форма обрабатываемых изделий</p>	<p>Габаритные размеры ограничены размерами реакционных и вакуумных камер; возможность нанесения на разнотипные изделия</p>	<p>Габаритные размеры ограничены размерами вакуумных камер; невозможность нанесения покрытий на разнотипные изделия, паяный инструмент, инструмент из разнородных материалов, сложнопрофильный инструмент, внутренние поверхности, протяженные и глухие полости и отверстия</p>
<p>Ограничения в исходном материале инструмента</p>	<p>Нельзя наносить покрытия на закаленный инструмент с низкой температурой отпуска (например, изготовленный из стали У10, 9ХС, ХВГ, ШХ15, быстрорежущей стали и др.)</p>	<p>Низкие адгезионные свойства при нанесении покрытий на инструмент из материала с низкой температурой отпуска (например, изготовленные из стали У10, 9ХС, ХВГ, ШХ15 и др.)</p>
<p>Предварительная подготовка инструмента</p>	<p>Многооперационная подготовка — обезжиривание, финишная обработка, ультразвуковая мойка, промывка, сушка, обезвоживание</p>	<p>Особо тщательная многооперационная подготовка — мойка, сушка, обезвоживание, подогрев</p>
<p>Толщина наносимого покрытия</p>	<p>2–10 мкм (покрытия больше 3 мкм увеличивают радиус скругления режущей кромки)</p>	<p>0,1–6 мкм (покрытия толщиной 3–6 мкм увеличивают радиус</p>

		скругления режущей кромки)
Состав основных наносимых покрытий	TiC, TiN, TiCN, Al ₂ O ₃ и др.	TiN, TiC, TiCN, TiAlN, ZrC, HfN, HfC, CrN, Al ₂ O ₃ и др.
Твердость наносимых покрытий, ГПа	20–30	20–50
Коэффициент трения покрытия по стали	0,4–0,6	0,1–0,5
Температура окисления покрытия	400–600 °С	400–1100 °С
Остаточные напряжения в поверхностном слое металла	Высокие растягивающие	Растягивающие
Необходимость проведения термической обработки после нанесения покрытия	Требуется дополнительная термическая обработка для снятия остаточных напряжений	Не требуется
Расходные материалы	Высокочистые химические материалы	Специальные катоды (мишени) вакуумного переплава
Дополнительные операции, связанные с увеличением трудоемкости процесса	Загрузка, выгрузка, охлаждение и чистка камеры	
Дополнительные затраты, связанные с увеличением себестоимости нанесения покрытия	Проектирование и изготовление оснастки для установки и позиционирования конкретного инструмента	
Типичное время цикла нанесения покрытия	3–5 ч на конкретную загрузку инструмента	3 ч (откачка, нагрев — 50 мин, очистка, травление — 20 мин, осаждение покрытия толщиной 2 мкм — 90 мин, охлаждение — 20–30 мин)
Экологические проблемы	Токсичность используемых реагентов, взрывоопасность	Необходимость постоянной вытяжки, обеспечивающей отсутствие паров масла в рабочих помещениях и местной вытяжной вентиляции, включаемой при открытии вакуумной

		камеры и выгрузке инструмента
Количество обслуживающего персонала	Оператор установок вакуумного напыления (PECVD), вакуумщик, электрик, электронщик, рабочие для подготовки инструмента	Оператор установок вакуумного напыления, вакуумщик, электрик, электронщик, слесарь, рабочие для подготовки инструмента
Минимальная площадь под оборудование	100–150 м ² (под напыление), 100–150 м ² (для подготовки инструмента)	

В процессе изготовления РИ происходит качественное изменение заготовки: формируется винтовая канавка, основные геометрические параметры режущего клина, а также параметры микрогеометрии инструмента.

Современные измерительные приборы позволили провести переопределение значимости микрогеометрии режущей кромки, а развитие микроэлектроники и техники на данное время позволяют, контролировать параметры микрогеометрии не отрываясь от производства, что подталкивает производителя использовать данные приборы на предприятиях инструментальной промышленности повсеместно. В зарубежной литературе довольно широко освещается данная тема [13,14,15]. В данном параграфе будут освещены вопросы микрогеометрии режущей кромки.

Во время работы возникают большие локальные давления между инструментом и заготовкой, а также высокая температура и силы резания. Эти неблагоприятные эффекты негативно сказываются на сроках эксплуатации инструмента. Поэтому к режущему инструменту предъявляются высокие требования. Примером таких требований являются: высокая твердость режущего клина, удельное сопротивление износу и высокая прочность кромки. Чтобы соответствовать последнему требованию производят оптимизацию геометрии режущего инструмента, используют различные износостойкие покрытия или проводят качественное улучшение микрогеометрии кромки.

Рассмотрим микрогеометрию режущей кромки рис.1:3.

ρ - радиус округления, мкм;

K - коэффициент симметричности $K = \frac{S_{\alpha}}{S_{\gamma}}$;

S_{α} и S_{γ} - длина округления режущей кромки на передней и задней поверхности;

R_k - шероховатость режущих кромок $R_k = \frac{1}{\sin \beta} \cdot \sqrt{R_z^2 + 2 \cdot R_s \cdot R_f \cdot \cos \beta + R_f^2}$, мкм;

Δr - кратчайшее расстояние от вершины идеальной режущей кромки до реальной, мкм;

β – угол заострения режущего клина, град;

φ – угол между биссектрисой угла заострения режущего клина и вершиной округления режущей кромки, град.

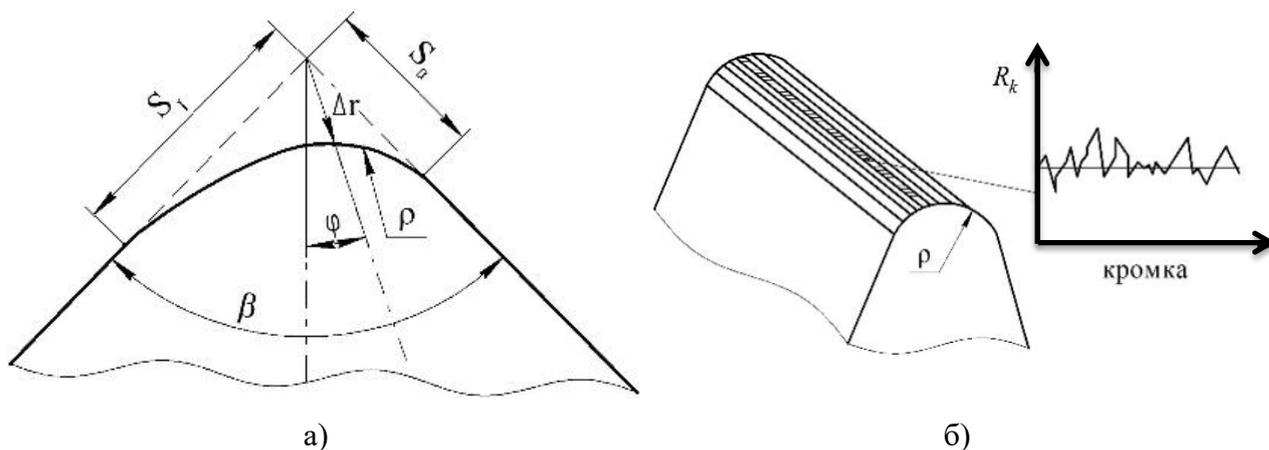


Рис. 1.3. Схемы к определению характеристик микрогеометрии режущей кромки

Полученный промышленностью опыт показывает, что для различных видов материалов радиус округления может варьироваться от 4 до 60 мкм, при этом дисперсия значений не превышает 2-4 мкм. Заточкой сформировать такой допуск радиуса не представляется возможным, поэтому для получения оптимальной микрогеометрии, используют различные финишные операции, которые позволяют довольно точно в узком диапазоне значений получить желаемые характеристики микрогеометрии.

Основным отличием современной технологии производства режущего инструмента от традиционной, это применение финишных операций для стабилизации кромки и подготовки поверхности для нанесения высокоэффективных покрытий и вторичная обработка после нанесения покрытий для удаления капельной фазы и удаления напряжений в поверхностном слое покрытия, путем удаления микрослоя.

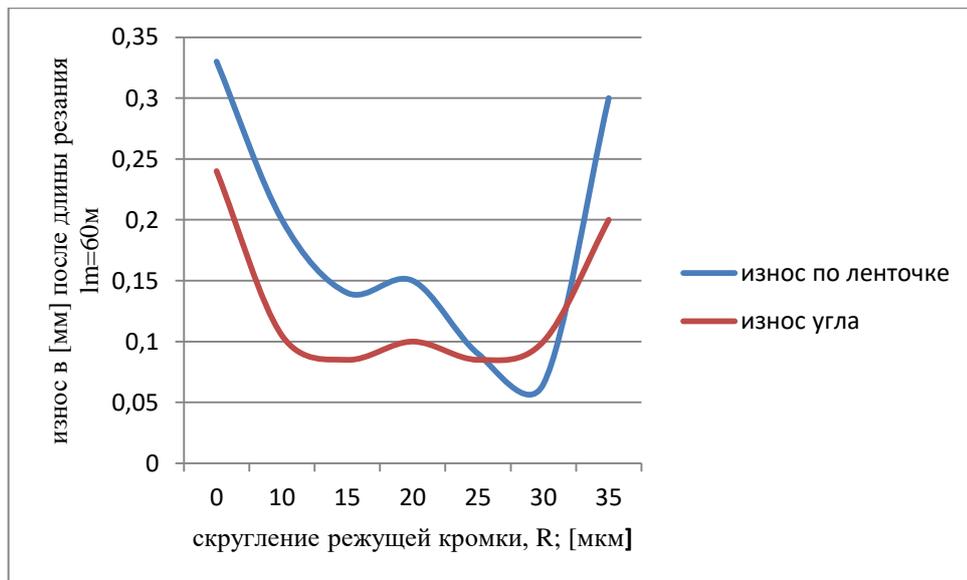


Рис.1.4. Влияние подготовки режущей кромки на стойкость концевой фрезы [20]

В следующем параграфе будут рассмотрены основные виды финишных операций используемых в инструментальном производстве, а также оборудование для их реализации.

1.2. Технологии и оборудование для финишной обработки рабочих поверхностей режущих инструментов и контроля режущих кромок

При контроле микрогеометрии режущих кромок в современном инструментальном производстве применяется следующее оборудование (рис. 1.5.) [1,7,13,16,21].



Рис.1.5. Измерительные приборы для контроля микрогеометрии режущих кромок
а) MikrocAD Premium фирмы LMI Technologies (Канада) б) ALICONA IMAGING GMBH Graz (Австрия)[18,19]

Выбор микрогеометрии в основном зависит от обрабатываемого материала и осаждаемого покрытия. Для подготовки микрогеометрии используют различные методы:

полирование щетками, обработку абразивной суспензией, магнитноабразивную обработку или буксирное полирование, ручное полирование абразивными кругами. Необходимые радиусы округления и шероховатость получаются благодаря взаимному истиранию режущей кромки и воздействующей на неё абразивной среды, в жидком или сухом виде. Основной целью подготовки режущей кромки является увеличение прочности режущего клина за счет снижения количества концентраторов напряжений, уменьшения поверхностных дефектов и получения оптимального радиуса округления для обработки конкретного вида материалов.

К основным задачам финишных операций при обработке твердосплавного инструмента относятся:

- a. Увеличение прочности режущих кромок
 - Стабильная форма кромки по всей длине, для избежания скалывания;
 - Стабильно низкая шероховатость поверхности кромки, чтобы снизить трение между инструментом и заготовкой;
- b. Получение оптимальных радиусов округления режущей кромки и К-фактор
- c. Улучшение адгезионных свойств покрытий
- d. Снижение капельной фазы покрытий
- e. Кратное увеличение производительности за счет выше перечисленных качеств изделия

Последовательно рассмотрим наиболее частое применение технологий финишной обработки.

Щеточно-абразивная обработка. Принцип работы заключается в вращение диска с щеткой с нанесенной абразивной пастой на щетинки. Щетинки оказывают рабочее давление на деталь тем самым полируя и придавая необходимую геометрию. Щеточно-абразивная обработка используется для полировки и округления кромки, снятия заусенцев для инструмента из быстрорежущей стали. Данный метод является наиболее перспективным для обработки твердосплавных сменных многогранных пластин. Данные преимущества обусловлены большой зоной обработки и высокой производительностью относительно других методов обработки.

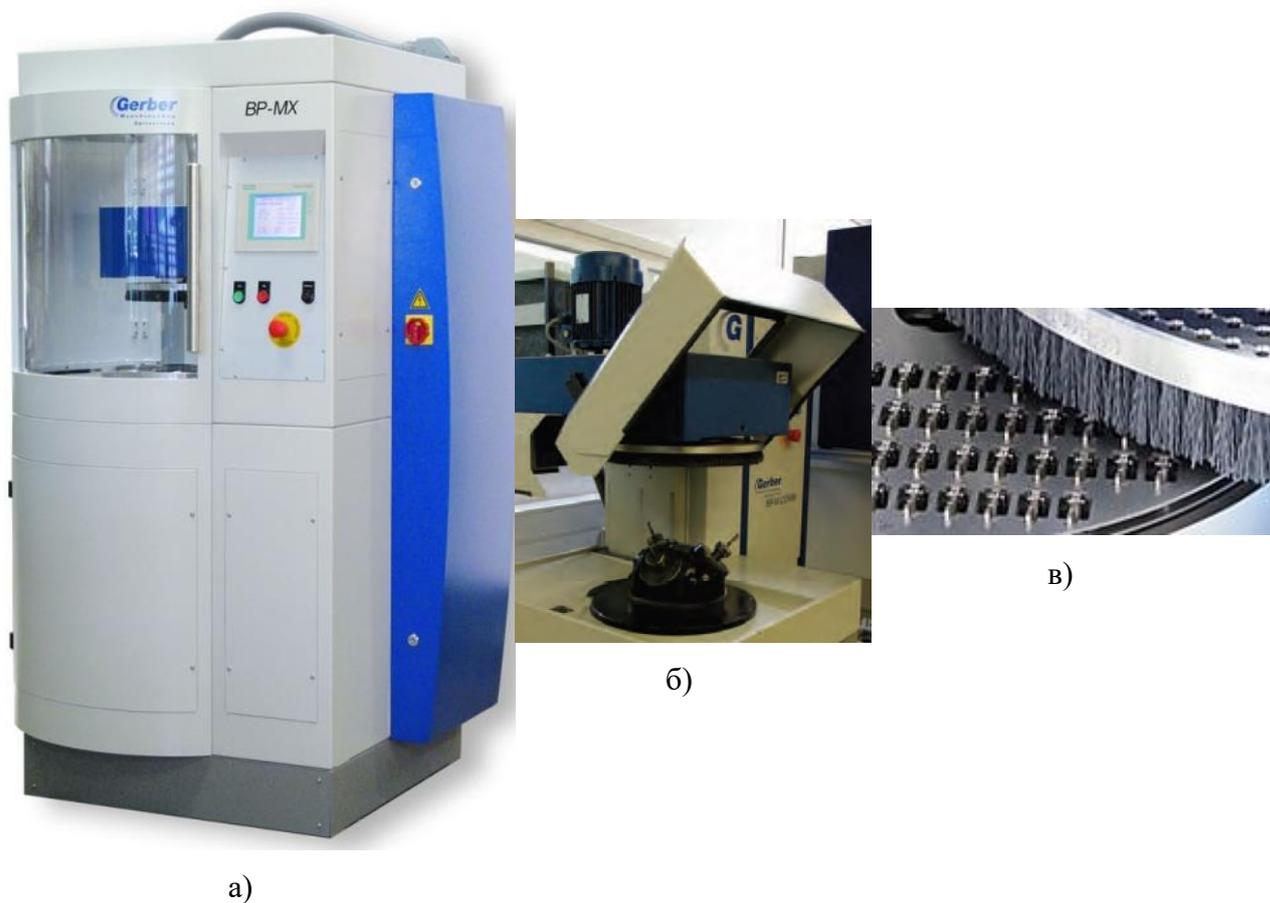


Рис. 1.6. Щеточно-абразивная обработка:

а) Общий вид оборудования модели BP-MX фирмы Gerber; б) рабочая зона; в) обработка СМП²;[34]

Преимущества данного вида обработки заключается:

- Простой и воспроизводимый процесс
- Возможность полирования поверхности
- Возможность обработки различных по форме СМП

Недостатками данной технологии:

- Низкая производительность за счёт длительной переналадки
- Неравномерность обработки (ρ - радиус округления) за счёт изменения усилия по высоте щёток
 - Высокая стоимость расходных материалов (щётки, абразивные порошки, воздушные фильтры)
 - Требования к ограничениям по высоте обрабатываемых инструментов
 - Невозможность равномерной обработки стружечных канавок инструментов

² СМП – сменные многогранные пластины

Обработка абразивной суспензией высокого давления. Осуществляется зернами абразивного материала, введенные в струю жидкости, подаваемую под большим давлением на обрабатываемую поверхность. Выбрасываемые из сопла форсунки вместе с жидкостью абразивные зерна с большой скоростью ударяются об обрабатываемую поверхность, срезая на ней микронеровности.

Данная технология используется для подготовки к нанесению покрытия, для крупногабаритного режущего инструмента, инструмента для черновой обработки сталей.

Преимущества:

- Высокая интенсивность обработки режущих кромок
- Обработка крупногабаритного режущего инструмента (дисковые модульные фрезы, червячные фрезы, протяжки и др.)

Недостатки:

- Низкая производительность (обработка только одного инструмента)
- Повышенные требования к гидравлическому и пневматическому оборудованию
- Обработка преимущественно крупногабаритных изделий
- Высокая стоимость расходных материалов
- Интенсивное шаржирование поверхности абразивом
- Неравномерная обработка сложнопрофильных изделий
- Высокая вероятность разупрочнения кобальта на поверхности твёрдосплавного инструмента



а)



б)

Рис. 1.7 Обработка абразивной суспензией высокого давления на станке фирмы Graf:

а) общий вид оборудования; б) рабочая зона;[35]

Буксирное полирование (drag-finishing). При буксирном полировании, РИ фиксируются на специальных держателях. Эти держатели «протягиваются» круговыми движениями через шлифовальный или полировальный абразив в барабане галтовочного станка. Из-за высокой скорости вращения между режущим инструментом и абразивом возникают высокие контактные силы, в результате которых происходит притупление кромок, сглаживание и полировка поверхности винтовой канавки качеством, сравнимым с ручной полировкой.

В инструментальной промышленности данная технология нашла широкое применение для обработки осевого режущего инструмента.

Преимущества данного вида обработки заключается:

- Простая кинематика процесса (частота вращения, глубина погружения, время обработки)
- Высокая повторяемость и равномерность обработки по длине инструмента
- Возможность замены ёмкости с рабочим абразивом в течение 3 минут
- Идеально подходит для интенсивного удаления капельной фракции с поверхности покрытий
- Управление процессом округления режущей кромки и полирования стружечной канавки
- Простота обслуживания и ремонтпригодность (быстросменные держатели, кабинный тип, сменная ёмкость с абразивом)
- Широкий спектр абразивных сред и их комбинаций под различные задачи (удаление заусенцев, округление кромок, грубое и окончательное полирование)
- Возможна обработка осевых инструментов, СМП при наличие специальной оснастки

Недостатками данной технологии:

- Ограничение по использованию для мелкогабаритных инструментов
- Необходимость поддержания режущих свойств абразивной смеси
- Сложности обработки СМП



а



б

Рис. 1.8 Буксирная обработка в свободном абразиве на оборудовании DF3-Tools

а) общий вид оборудования; б) рабочая зона; [26,36,37]

Магнитно абразивная обработка. Процесс магнитной обработки основан на том, что между двумя вращающимися дисками располагается магнитный абразивный порошок (ферромагнетик). Абразив прилипает к плоской стороне магнитных дисков и при их вращении плотная абразивная эластичная масса воздействует на все поверхности инструмента. Благодаря высокой скорости этого движения, происходит интенсивная обработка поверхности инструмента.



а



б

Рис. 1.9 Магнитно-абразивная обработка (abrasive mageto machining) фирма Mafnetfinish GMH:

а, б) Вид рабочей зоны;[38]

Преимущества:

- Обработка многозубого инструмента
- Обработка с низкими механическими воздействиями на инструменты
- Обработка длинномерного инструмента без деформаций

Недостатки:

- Низкая производительность (обработка только одного инструмента)
- Высокое энергопотребление
- Высокая стоимость оснастки и приспособлений
- Наличие сложностей с наладкой при смене типа инструментов
- Необходимость в размагничивании после обработки
- Ограничение по диаметру обрабатываемых инструментов

Проведен анализ испытаний данных технологий для РИ (табл.1.5)[20].

Табл.1.5

Сравнение методов обработки режущих инструментов

Критерии	Ручная доводка	Полирование щетками	Буксирная обработка	Обработка абразивной суспензией	Магнитно-абразивная обработка
Качество обработки	наилучшее	хорошее	хорошее	хорошее	хорошее
Стойкость режущего инструмента	Зависит от квалификации и рабочего	хорошая	хорошая	хорошая	хорошая
Степень переналадки	Очень высокая	высокая	средняя	хорошая	хорошая
Производ.	низкая	средняя	средняя	высокая	хорошая
Затраты на обработку	Только з/п рабочего	высокие	средние	средние	высокие
Возможность обработки канавки	нет	Ограничения по глубине	да	да	Ограничения по глубине
Возможность удаления капельной фазы	нет	да	да	да	да
Специальные особенности и требования к производству	Для малых партий РИ	Обычно используют для полирования твердосплавных пластин	Удаление капельной фазы, затруднено для малых диаметров	На поверхности не остается материала, шаржирование	Необходимо размагничивание после обработки

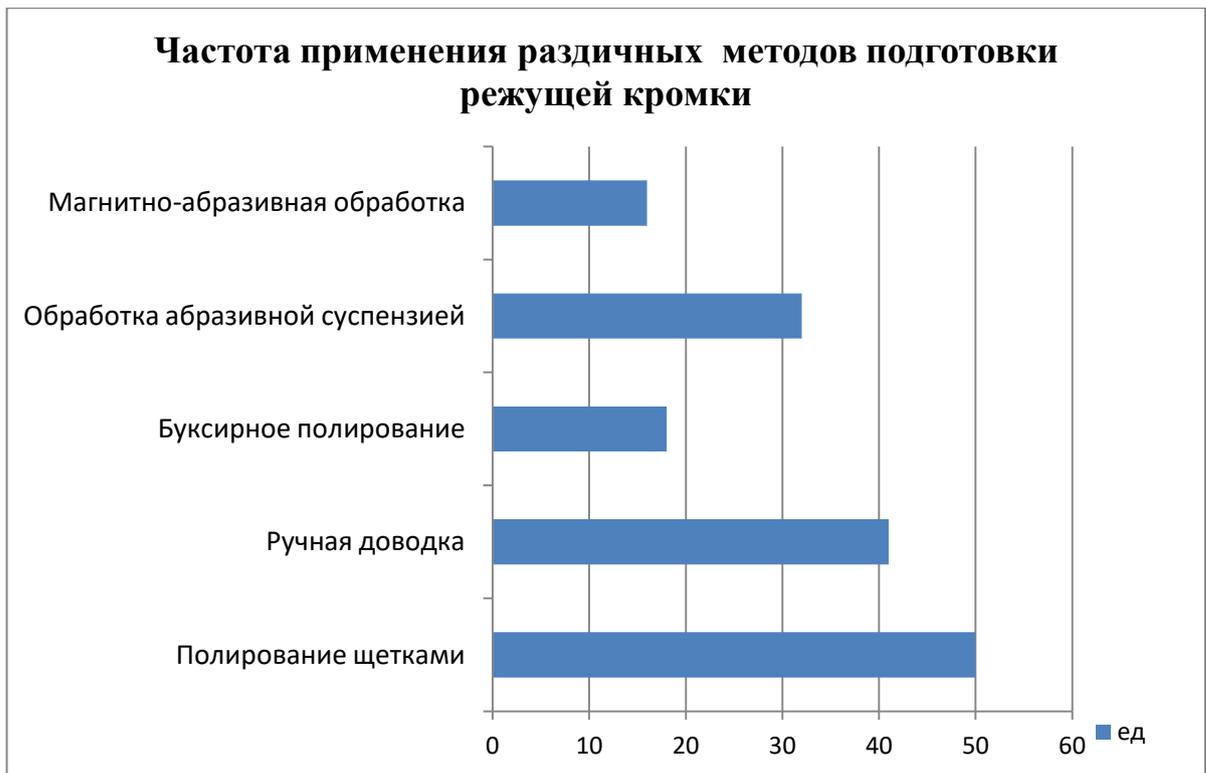


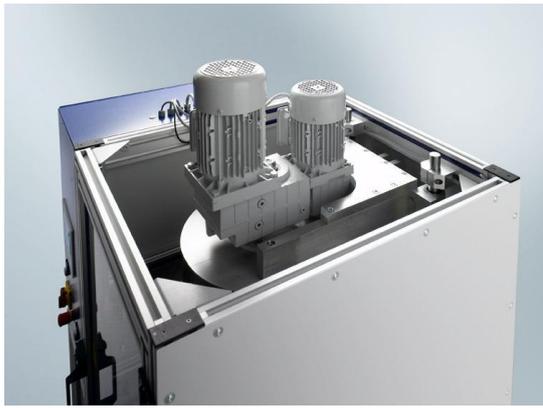
Рис. 1.10 Использование различных методов финишной обработки режущих кромок[20]

1.3. Рекомендации по использованию буксирного полирования для финишной обработки твёрдосплавных режущих инструментов

В данном разделе будут рассмотрены особенности финишной обработки деталей в свободном абразиве на примере буксирного станка серии DF фирмы Otoc (Германия). Данный объект научных изысканий выбран на основании ТЗ³ от промышленного предприятия – инициатора темы ВКР.

Общая компоновка станка (рис. 1.11а) весьма проста и состоит из трех основных элементов, а это: электродвигатели (рис. 1.11б) приводящие в движение установку, рабочая зона (рис. 1.11в) состоящая из емкости с абразивом и системы приводящая в движение обрабатываемое изделие, состоящее из ротора, специальных зажимов и обрабатываемой детали.

³ ТЗ – техническое задание



б



в



а

Рис. 1.11 Общая компоновка буксирного станка на примере серии DF-5Tools HD [26]

а) общий вид оборудования б) электродвигатели в) рабочая зона

Исследуемое оборудование имеет возможности для проведения таких типов обработки как: прецизионная обработка, полирование, удаление заусенцев, притупление кромок. В зависимости от требований, предъявляемых к детали, выбирается абразивная среда и условия обработки. Затем РИ фиксируются в специально спроектированных держателях. Закрепленные РИ опускаются на всю глубину обрабатываемой длины и совершают сложное планетарное движение (рис.1.12). В результате совершаемого взаимного вращения частей планетарного механизма между деталями и абразивом возникает высокая сила сжатия, вследствие чего происходит истирание поверхности инструмента об абразивную смесь.

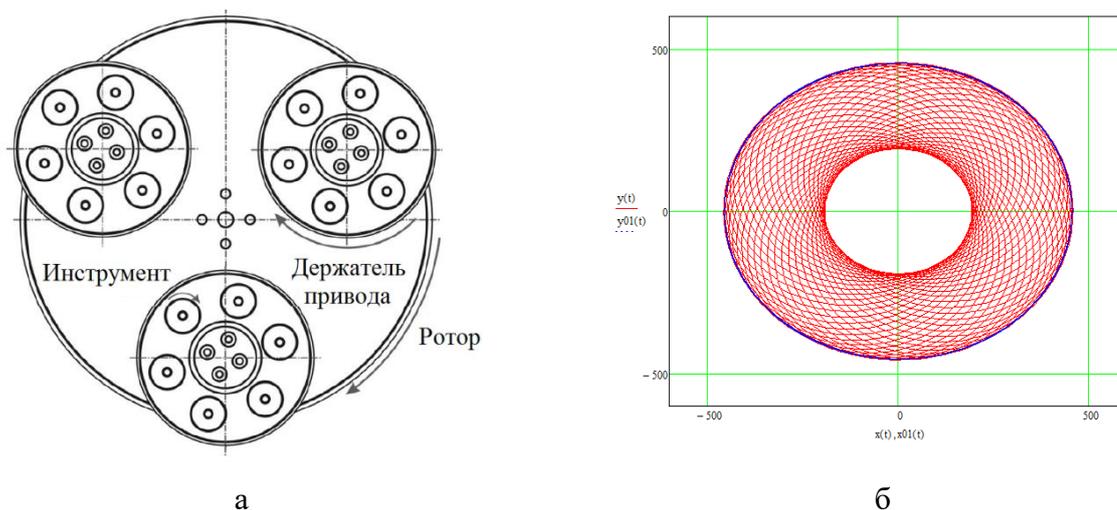


Рис. 1.12 а) схема тройного планетарного движения; б) пример траектории движения точки на детали[6]



Рис. 1.13 Примеры обрабатываемых инструментов: а)концевые фрезы б)бесстружечный метчик [27]

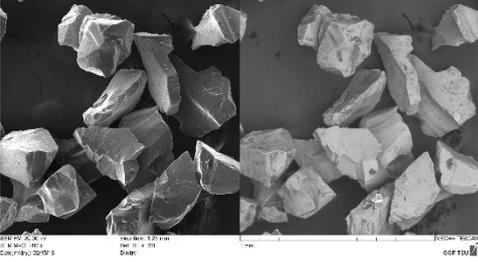
На основании анализа литературы[16,20,27], считается перспективным исследование технологии буксирного полирования, для проведения финишной обработки твердосплавного режущего инструмента. Данный метод считается наиболее эффективным с позиции трудозатрат, производительности, повторяемости результатов и доступности оборудования. Метод буксирного полирования идеально подходит для финишной обработки режущего инструмента со сложной геометрией. Инструмент совершает сложное планетарное движение, равномерно взаимодействует с абразивом. За счет этого значительно снижается шероховатость стружечной канавки, что актуально при обработке мягких материалов. За счет подбора различных абразивных материалов и смены режимов обработки можно достичь различных радиусов округления режущей кромки. А также в результате обработки наблюдается значительное повышение стойкости инструмента из-за снижения количества сколов после заточки и получения равномерной режущей кромки по все длине. Данная технология применима как для подготовки поверхности режущего

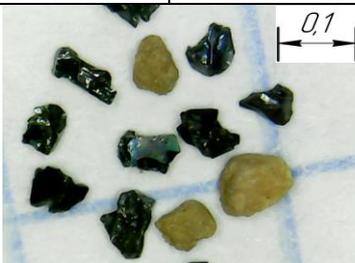
инструмента до нанесения износостойких покрытий, так и для полировки и доводки режущего инструмента после нанесения покрытия.

В качестве рабочей среды для округления кромки и полировки РИ применяется широкая гамма абразивных материалов и полировальных веществ, марки и некоторые характеристики материалов приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6.

Абразивные материалы и компоненты для процесса буксирного полирования на станке Df-3 Tools [31]

Название	Торговая марка	Зернистость, мм	Область применения
			
Микрофинишные материалы	КХМА 16	1,7-2,4	Полировка и тонкая шлифовка изделий из закаленных сталей
	КХМА 20	1,3-1,8	
	КХМА 24	0,8-1,4	
			
Гранулят QZ W	QZ -0.5W	0.5	Используется для округления кромки твердосплавного режущего инструмента
	QZ 1.0-2.0W	1.0-2.0	
	QZ 1.0-3.0W	1.0-3.0	
			
Гранулят скорлупы ореха Н1 Пропитан полировальной пастой	Н 1/30	4.0-6.0	Полировка цветных сплавов, ювелирных изделий, титана и сталей
	Н 1/50	2.4-4.0	
	Н 1/100	1.7-2.4	
	Н 1/200	1.3-1.7	
	Н 1/300	0.8-1.3	

	Н 1/400	0.4-0.8	
	Н 1/500	4.0-6.0	
			
Гранулят скорлупы ореха Н2 Пропитан полировальной пастой	Н 2/30	4.0-6.0	Тонкая шлифовка, удаление заусенцев с поверхности цветных сплавов после процесса штамповки
	Н 2/50	2.4-4.0	
	Н 2/100	1.7-2.4	
	Н 2/200	1.3-1.7	
	Н 2/300	0.8-1.3	
			
Гранулят HSC	<p>Для финишной обработки режущего инструмента из быстрореца и твердосплава</p> <p>Полирование инструмента с износостойким покрытием и удаление капельной фазы</p> <p>Выглаживание и полирование твердосплавного инструмента</p> <p>Притупление кромок твердосплавного инструмента вплоть до макс. 15 – 20 мкм</p> <p>Удаление остатков припоя, например, HSC 1/300, HSC 1/500</p>		
			
Гранулят скорлупы ореха Н3 Пропитан полировальной пудрой PP 01	Н 3/400	0,4-0,8	Выглаживание поверхности, округление кромки, полировка инструмента

			
<p>Гранулят скорлупы ореха Н4 Пропитан полировальной пудрой PP 01</p>	<p>Н 4/400</p>	<p>0,4-0,8</p>	<p>Выглаживание поверхности, округление кромки, полировка инструмента, удаление капельной фазы</p>
			
<p>Гранулят скорлупы ореха М4 Пропитан полировальной пудрой PP 02</p>	<p>М4/300</p>	<p>0,8-1,3</p>	<p>Очень мягкий полировальный гранулят, придает очень гладкую и зеркальную поверхность, полирование стружечной канавки с минимальным округлением режущей кромки</p>
<p>Гранулят скорлупы ореха М5 Пропитан полировальной пудрой PP 02</p>	<p>М5/300</p>	<p>0,8-1,3</p>	<p>Очень мягкий полировальный гранулят, придает очень гладкую и зеркальную поверхность, полирование стружечной канавки с минимальным округлением режущей кромки</p>
			
<p>Пасты для сухой полировки</p>	<p>Р 28</p>		<p>Используются как добавки к гранулятам, позволяют получить высококачественную поверхность. Так как</p>

			большинство паст содержит масло, обладает хорошими антикоррозионными свойствами
Полировальные пудры	PP 02		Используются как добавки к гранулятам, позволяют получить высококачественную поверхность. Так как большинство паст содержит масло, обладает хорошими антикоррозионными свойствами
			
<p>Используются для сухого процесса обработки используют в качестве связки между гранулятами и полировальными пудрами. Маслянистая добавка создает клейкую связку между подложкой гранулята и полировальной пудрой. Маслянистая добавка также используется для восстановления свойств пересохшего гранулята и связки частиц пыли.</p> <p>HL 6: Биологическая маслянистая добавка HL 7: Биологическая адгезионная смазка HL 8: Минеральная маслянистая добавка</p>			

Для анализа применения технологии буксирного полирования были использованы исследования компании Otec по качественному улучшению режущей кромки осевого твердосплавного[32].

Испытывались две концевые фрезы, изготовленные компанией Walter AG (Германия), с диаметром $D=1\text{мм}$. Инструмент без покрытия, изготовлен из мелкозернистого твердого сплава с размером зерна $0,8\ \mu\text{м} \leq d_k \leq 1,3\ \mu\text{м}$. Твердость по Виккерсу $HV_{10}=1716\ \text{кН мм}^{-2}$ и плотностью $\rho=14,5\ \text{кг дм}^3$. Для эксперимента эти концевые фрезы обрабатывались с использованием различных абразивных сред и изменением времени обработки.

В качестве абразивных средств использовались следующие марки HSC 1/300, QZ 0.5-0.8, H4/400 и M4/400. Измерения проводили с помощью специального микроскопа ALICONA IMAGING GMBH. Экспериментальные результаты представлены на

диаграммах рис.1.14.-1.15 Также в данном исследовании отражены результаты изменения шероховатости от вида абразивного материала.

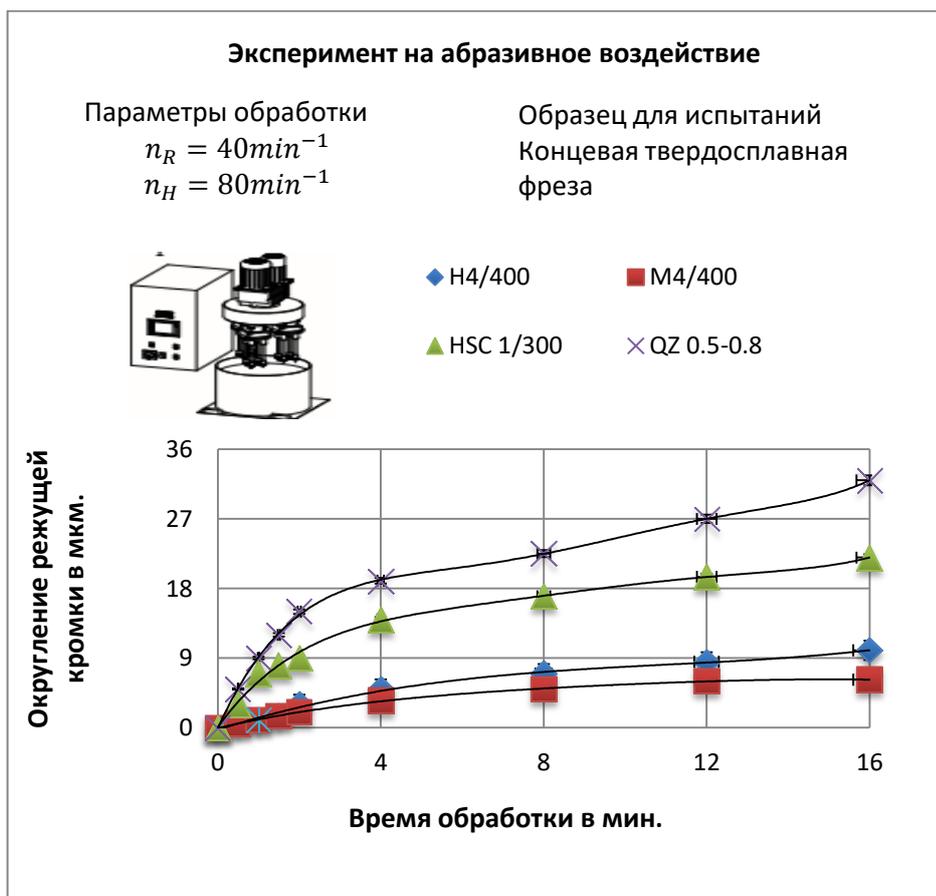


Рис 1.14. График зависимости округления кромки от времени обработки

В исследовании [32] рассмотрены вопросы влияния различных радиусов округления на высокоскоростное фрезерование. Для эксперимента использовался 3-х координатный фрезерный станок WISSNER GAMMA 303 HP. Режимы резания указаны на графике. Для измерения износа использовались камеры модели $\mu\text{Eye UI1480RE-C-HQ CCD}$ с объективом H1214-M C-mount и диодным кольцевым светом.

Результаты исследования представлены в таблице 2. Результаты данного исследования показали, что не обработанный инструмент имеет большой разброс значений результатов износа по задней поверхности, обработанный инструмент имеет дисперсию примерно на 92% меньше.

Округление режущих кромок значительно уменьшает число поломок и выкрашиваний фрез и повышает их износостойкость. Округление режущих кромок особенно эффективно в первый период стойкости фрез; при обработке деталей из сталей до первой переточки разрушилось 26% обычных фрез, от второй до третьей – 12% оставшихся фрез. В эти же периоды разрушилось соответственно 0 и 8% фрез с

округленными лезвиями. Радиус округления режущей кромки обеспечивает максимальную разрушающую подачу, значительно больше радиуса, соответствующего максимальной стойкости.

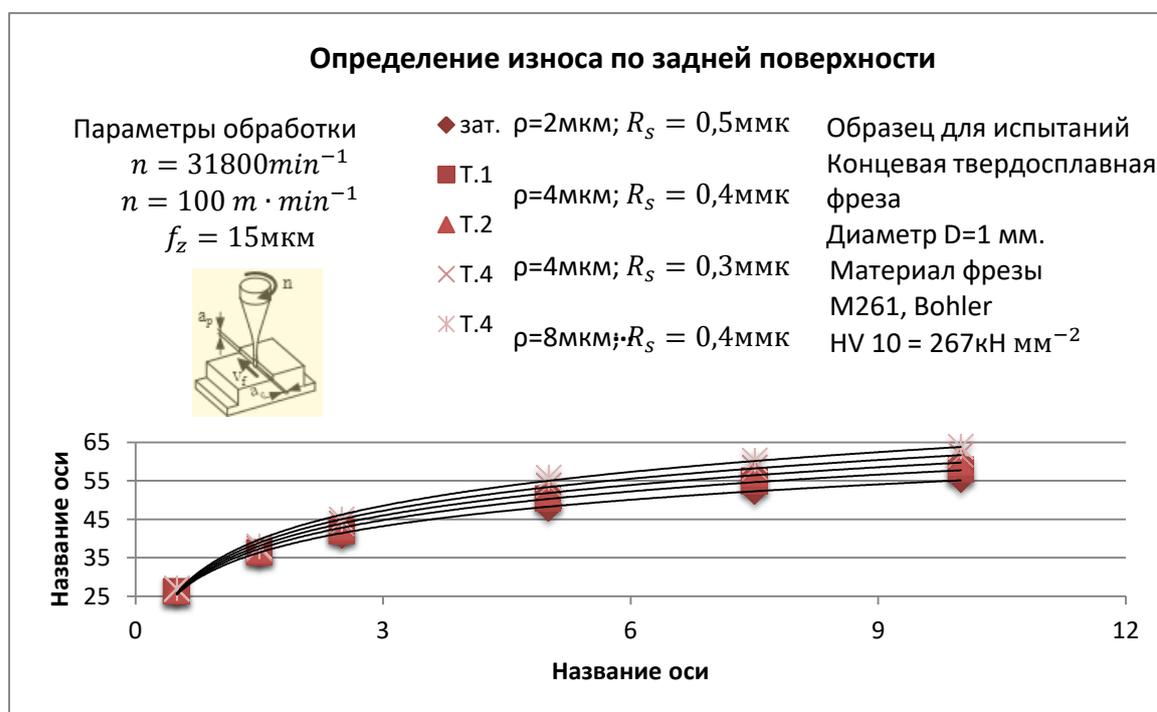


Рис. 1.15. График износа по задней поверхности

В экспериментальной работе был произведен анализ влияния загрузки оборудования на изменение округления режущей кромки, а также влияние глубины погружения. Для эксперимента использовался буксирный станок DF-3 Tools с 18 позиционными держателями. Первые измерения провели с полностью загруженными держателями, округления кромки варьируются в пределах погрешности. Во втором эксперименте загрузили только один диск из 3-х, с 6 позициями. Результаты показали, что радиус округления на уровне полной загрузки. В третьем исследовании было установлено 3 инструмента через одну позицию. Округление кромок на 10% больше предыдущих опытов. В четвертом исследовании использовали 2 инструмента, установленные в 1 и 4 позиции. Был отмечен рост округления кромок до 20%. В пятом эксперименте, исследовали один инструмент. Размер округления кромки 20%.



Рис.1.16. Оценка воспроизводимости процесса



Рис.1.17 Оценка воспроизводимости процесса



Рис.1.18. Оценка воспроизводимости процесса



Рис.1.19. Оценка воспроизводимости процесса

Второй частью исследований было установление влияния глубины погружения на изменение радиуса округления. Экспериментальные данные показали прирост радиуса режущей кромки на 25% с 50мкм до 90мкм. Во время испытаний глубина погружения была увеличена с 80мм до 110мм.



Рис.1.20 Влияние глубины погружения на округление кромки

По данным исследования компании Otex можно сделать выводы о высокой повторяемости результатов, хорошей производительности при обработке осевого

твердосплавного инструмента и высокой эффективности данного процесса по качественному улучшению режущей кромки инструмента.

Выводы: В результате изучения различных источников литературы можно сделать вывод о высокой эффективности применения финишных технологий на различных этапах изготовления режущего инструмента. Данные технологии необходимы для получения конкурентоспособного продукта, отвечающего современным стандартам, требованиям и качеству. В ходе изучения данного вопроса, хочу отметить практически полное отсутствие русскоязычной литературы, что говорит о мало изученности данной тематики на территории Российской Федерации, а также труднодоступность, оборудования для измерения микрогеометрии режущей кромки. Все выше сказанное подчеркивает актуальность данной темы и даёт широкие возможности для научных изысканий. В данной работе проведен анализ самых востребованных финишных операций для подготовки режущей кромки инструмента. Данные методы оценивались с позиции трудозатрат, производительности, повторяемости результатов и других критериев. Технология буксирного полирования относительно других методов финишной обработки РИ является наиболее универсальным для качественного улучшения режущей кромки осевого инструмента.

ГЛАВА 2. Исследование технологических возможностей буксирного полирования

2.1. Материально-техническая база и методы экспериментальных работ

Учитывая конструктивные особенности буксирного оборудования DF-3Tools, которое в основном используется для обработки осевого режущего инструмента., а также исходя из требований предприятия заказчика об обработке сменных многогранных пластин и модернизации уже имеющегося оборудования и роста потребления инструмента с СМП. Для исследований были использованы сменные многогранные пластины (рис.2.1а) сборной торцевой фрезы (рис.2.1б). Промышленностью часто применяется метод аналогов при испытаниях на износостойкость и работоспособность режущего инструмента. Сущность данного метода заключается в замене дорогостоящего инструмента требующего специального оборудования или высокой квалификации сотрудников на более дешевые аналогии с корреляцией значений при необходимости. В данной работе цельные твердосплавные фрезы будут заменены на сборную твердосплавную фрезу. Это обусловлено низкими издержками и высокой доступностью образцов для исследования. [2]

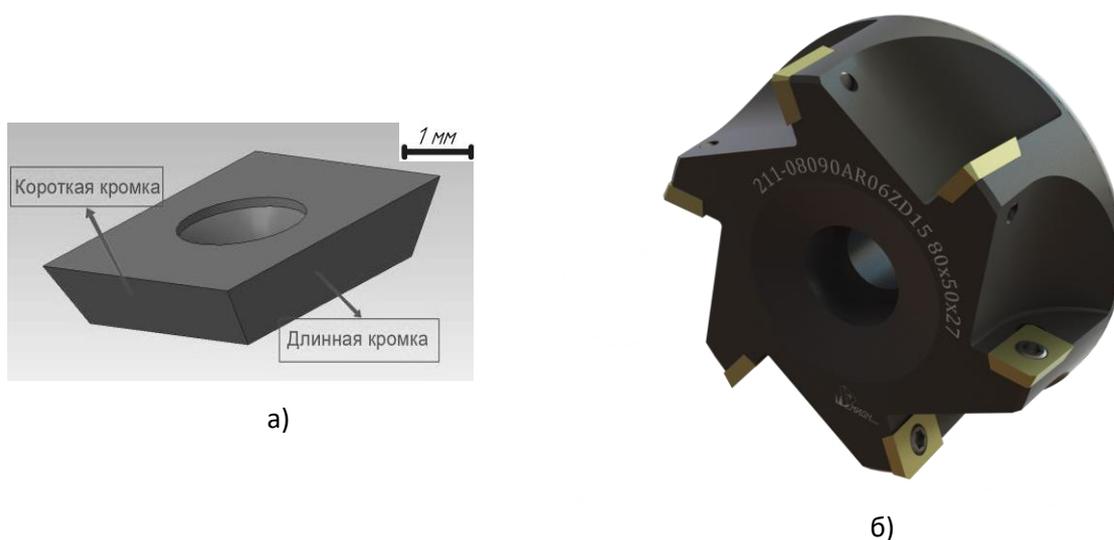


Рис.2.1. а) 3D модель сменной многогранной пластины б) сборная торцевая фреза

Для задания оптимальной микрогеометрии инструмента использовалось буксирное оборудование DF3-Tools компании Otoc производства (Германия) (рис.2.2а). По рекомендациям производителя для округления кромки до 16 мкм была выбрана абразивная смесь гранулята грецкого ореха и карбида кремния марки HSC 1/300 (рис.2.2б). Данная смесь имеет высокие абразивные свойства с выглаживающим

эффектом, что позволяет получить требуемый результат и оптимальную производительность.



а)



б)

Рис.2.2. Общий вид оборудования DF3-Tools б) абразивная смесь HSC[26]

Для оперативного контроля использовался специальный микроскоп модели MikroCAD Premium фирмы LMI Technologies (Канада) (рис.2.3). Данный микроскоп позволяет с точностью до 2 мкм определять радиус округления режущей кромки и её шероховатость. Данные сканирования кромки, а также фотография участка кромки позволяет объективно оценивать состояние кромки как после заточки, так и после финишной операции.

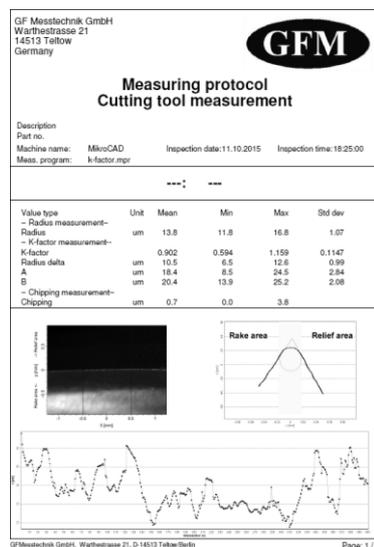


Рис. 2.3. Микроскоп для измерений микрогеометрии режущих кромок MikroCAD^{Premium}[18]

Для обеспечения высокой производительности было спроектировано специальное приспособление. Данное приспособление позволяет производить обработку 45 СМП за один раз вместо 18, в случае закрепления в универсальных держателях. Приспособление представляет собой диск с пальцами для закрепления пластин (рис. 2.4в). Пальцы расположены в два ряда и имеют разную длину, это необходимо, чтобы компенсировать разность износа пластин первого и второго ряда соответственно в результате изменения окружности скорости и глубины погружения (рис. 2.4.а,б). Данная конструкция имеет неокончательный вид и имеет потенциал для модернизаций. Так например есть возможность замены пальцев под другие типы размеры и крепление нескольких СМП к одному из пальцев.

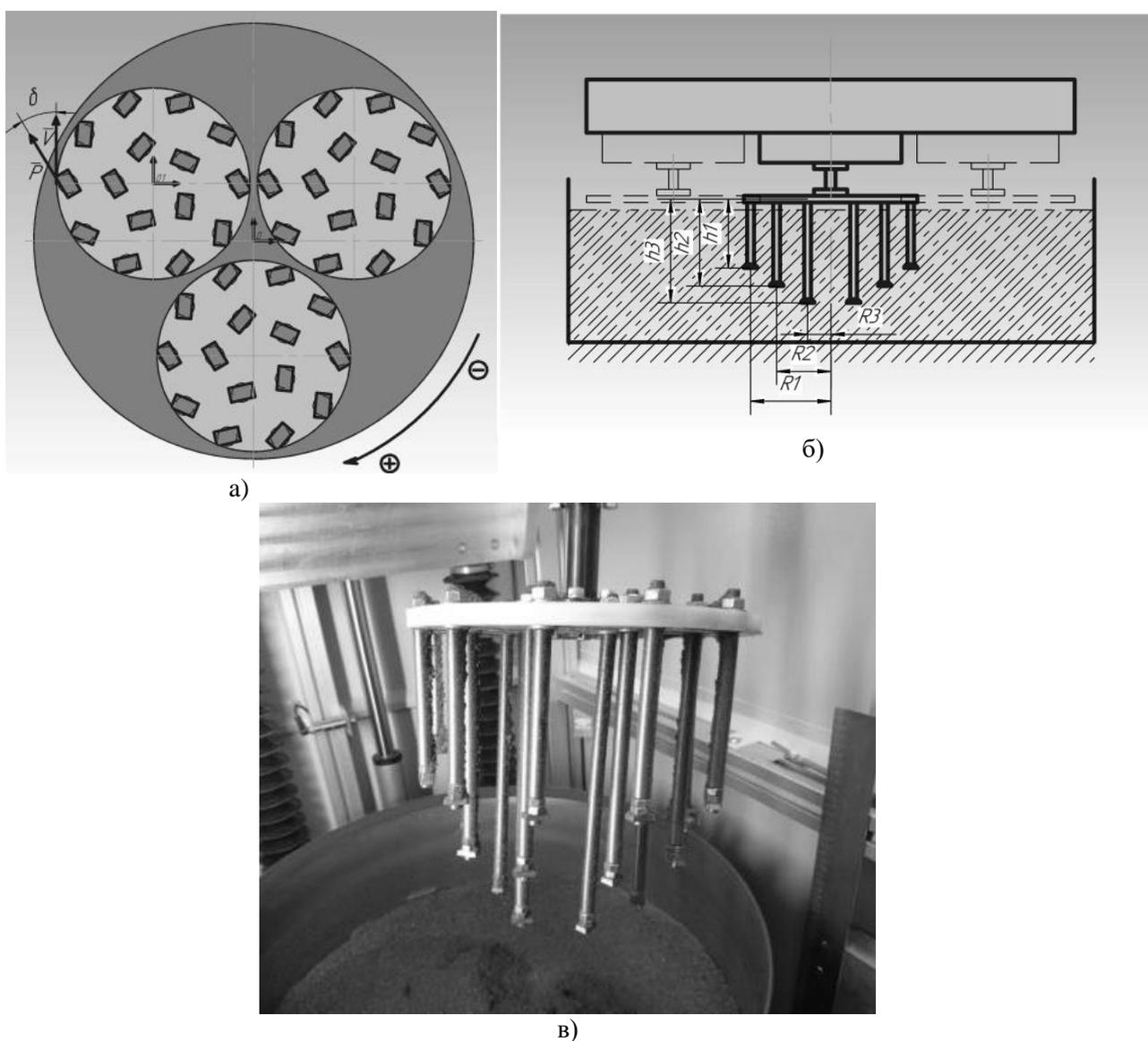


Рис.2.4. Схема обработки пластин: а – схема расположения пластин, б – схема обработки, в – фотография приспособления

2.2 Влияние буксирного полирования СМП на изменение параметров микрогеометрии режущих кромок

Перед измерением режущей кромки, необходимо очистить поверхность от частиц абразива после заточки и остатков смазочно-охлаждающей жидкости. Для этого использовалась ультразвуковая ванна фирмы Elma модели Elmasonic S производства Германия. После очистки поверхности, пластины маркировались (рис.2.5.б,в). Для маркировки использовалась коробка с ячейками под пластины, стенки которой по рядам отмечались буквами латинского алфавита, а ряды нумеровались от 1 до 10.



а



б



в

Рис.2.5. а) Ультразвуковая ванна б,в) маркировка пластин [39]

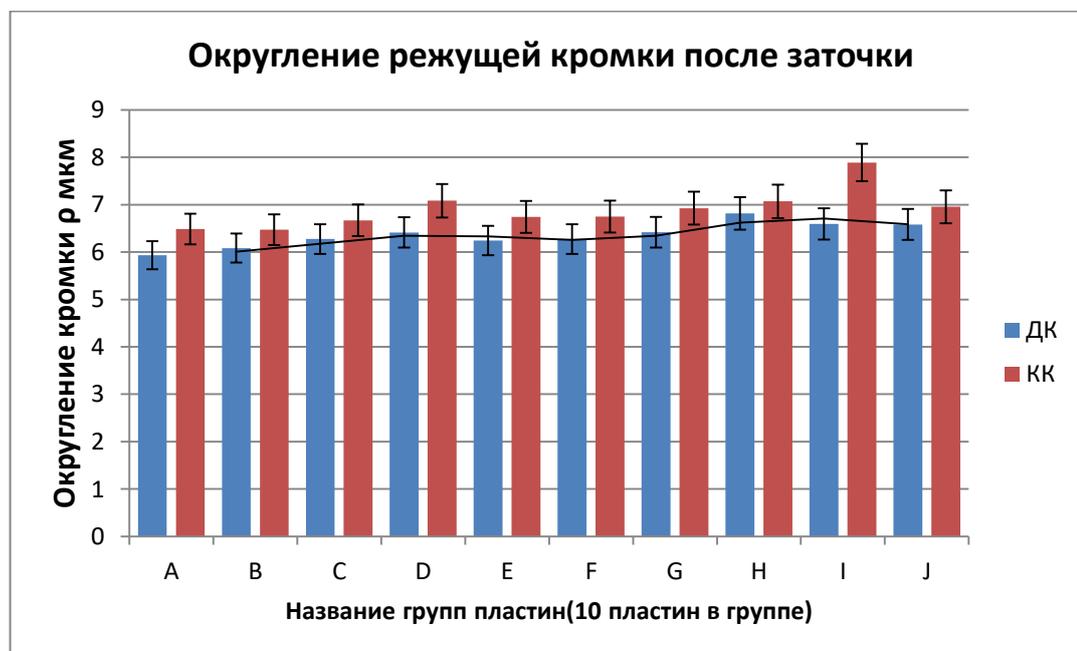


Рис.2.6. Результаты округления режущей кромки после заточки

⁴ ДК – длинная кромка

⁵ КК – короткая кромка

Для определения микрогеометрии использовалось оборудование, описанное в параграфе 2.1. На рисунке 2.6. приведены результаты измерений пластин после заточки. Разброс значений округления кромки в пределах 2мкм. Также на графике видно, что радиус округления короткой кромки больше длинной кромки в пределах двух микрометров. Округление кромки после заточки равномерное, в пределах 2мкм.

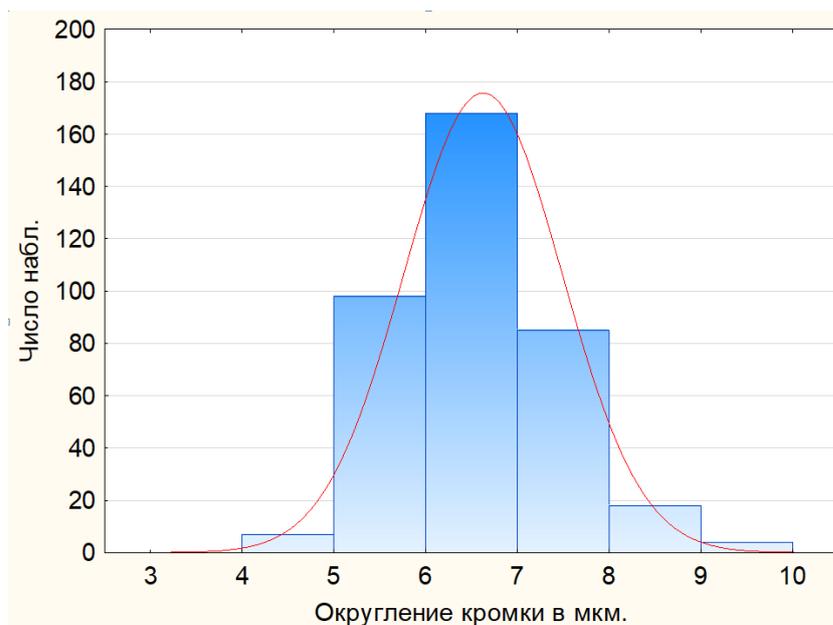


Рис.2.7. Гистограмма распределение значений округления РК

В соответствие с рисунком 2.7 распределение пластин подчиняется нормальному закону распределения после заточки $\rho = 6 \pm 1,5$ мкм., что показывает качество экспериментальных образцов.

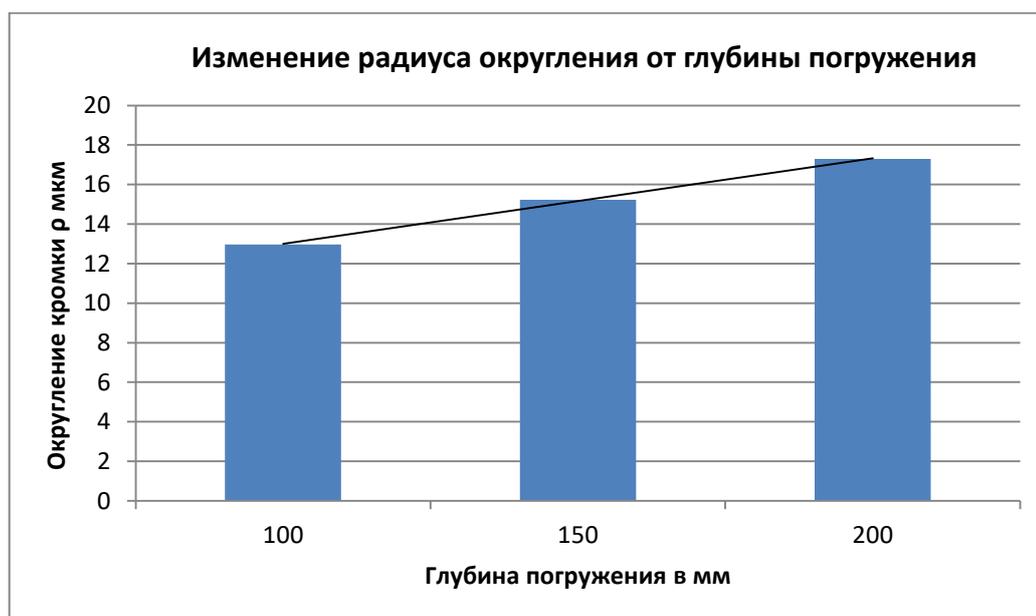


Рис.2.8. Изменение радиуса округления от глубины погружения

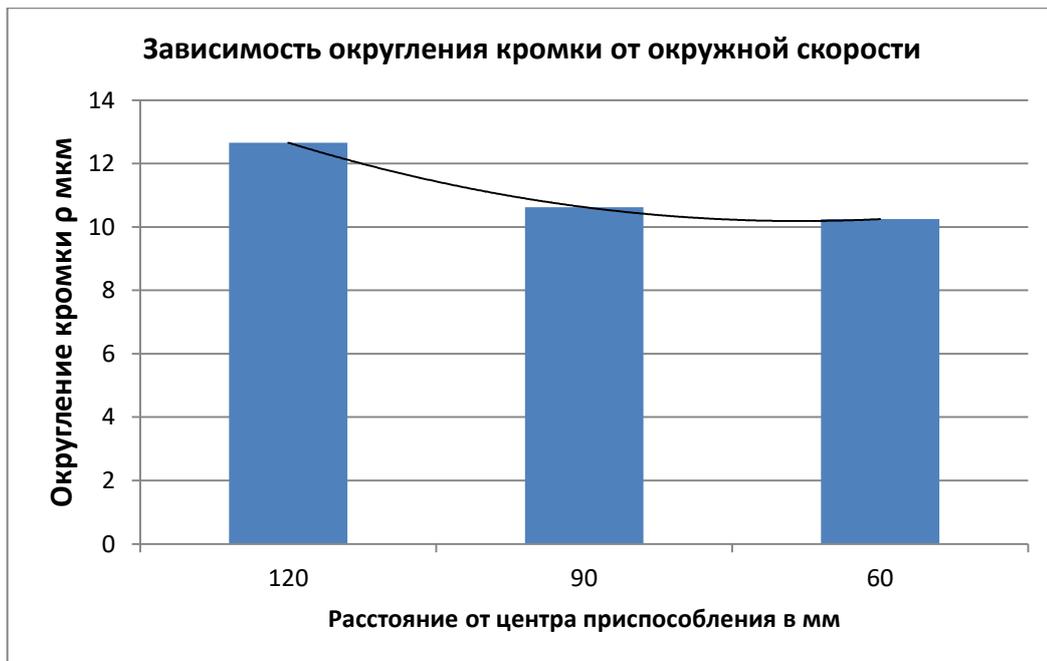


Рис.2.9. Изменение радиуса округления кромки от окружной скорости



Рис.2.10. Изменение радиуса округления режущей кромки от времени обработки

В результате обработке были получены следующие зависимости. Увеличение глубины погружения на 100мм привело к изменению величины режущей кромки на 5мкм. Изменение расстояние от центра приспособления на 60мм увеличило радиус округления на 3мкм, 30мм увеличило на 0,5мкм. Увеличение времени обработки со 150сек. до 300сек. привело к изменению кромки на 1,5мкм.

Определение равномерности обработки от загрузки приспособления. Так как по ТЗ требовалось обеспечить равномерность округления кромки в пределах 3мкм. Был запланирован многофакторный эксперимент. В котором учитывалось: Расположение

пластин на приспособление, расстояние от центра приспособления, глубина погружения и время обработки.

Таблица 1.

Опыт 1

№ смп	Т мм Глубина Погруж.	Р мм Расстояние от центра	t мин. Время Обраб.	Угол Пластины, В градусах	Схема Расп. пальцев	Влияние Разброса абразива
3a	100	120	2.30	20-30	Схема.1	нет
3b	150	90				
3c	200	60				
3d	100	120				
3e	150	90				
3f	200	60				
3g	100	120				
3h	150	90				
3i	200	60				

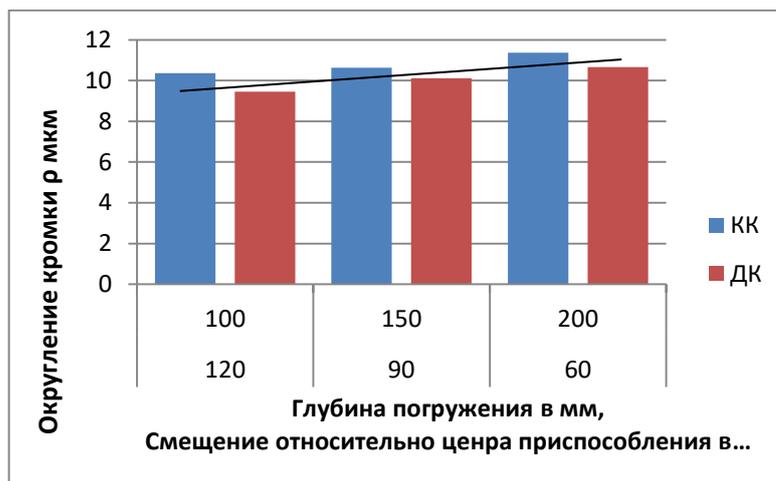


Рис. 2.11 Оценка равномерности обработки

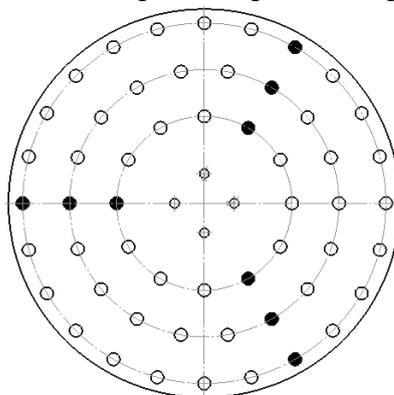


Рис.2.12. Схема 1

Округление кромок 10-11 мкм, по техническому заданию 12-14мкм, время обработки не достаточно, при таком расположении пластин разброс абразивной смеси несущественен.

Опыт 2

№ смп	Г мм Глубина Погруж.	Р мм Расстояние от центра	t мин. Время Обраб.	Угол Пластины, В градусах	Схема Расп. плайцев	Влияние Разброса абразива
4a	100	120	2.30	20-30	Схема.2	есть
4b	150	90				
4c	200	60				
4d	100	120				
4e	150	90				
4f	200	60				
4g	100	120				
4h	150	90				
4i	200	60				

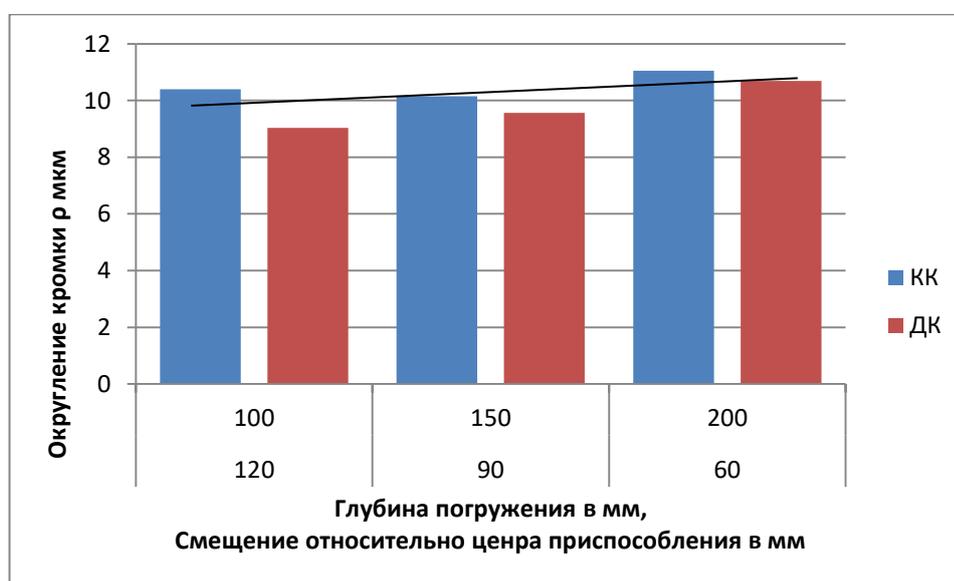


Рис. 2.13 Оценка равномерности обработки

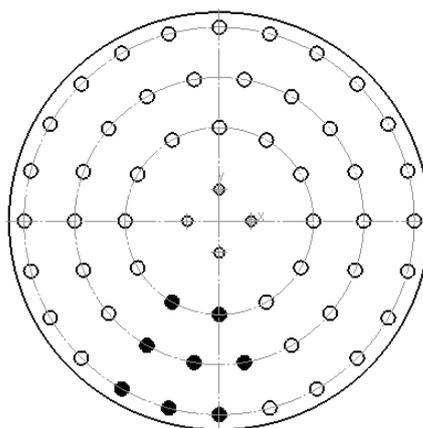


Рис.2.14 Схема 2

При данной схеме расположения пластин, замечено небольшое снижение производительности в результате разброса абразива.

Опыт 3

№ смп	T мм Глубина Погруж.	R мм Расстояние от центра	t мин. Время Обраб.	Угол Пластины, В градусах	Схема Расп. пальцев	Влияние Разброса абразива
5a	100	120	2.30	20-30	Схема.3	есть
5b	150	90				
5c	200	60				
5d	100	120				
5e	150	90				
5f	200	60				
5g	100	120				
5h	150	90				
5i	200	60				

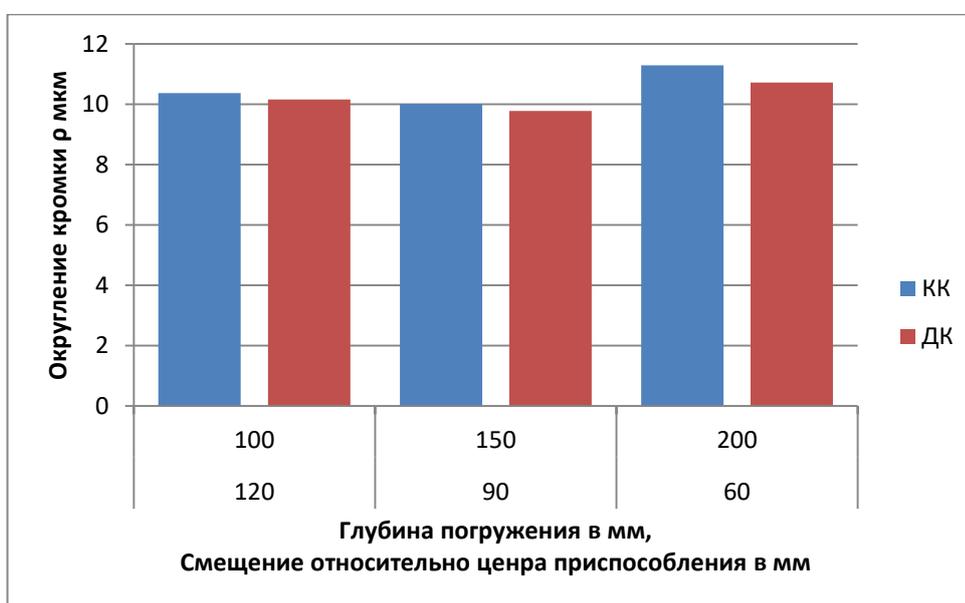


Рис. 2.15 Оценка равномерности обработки

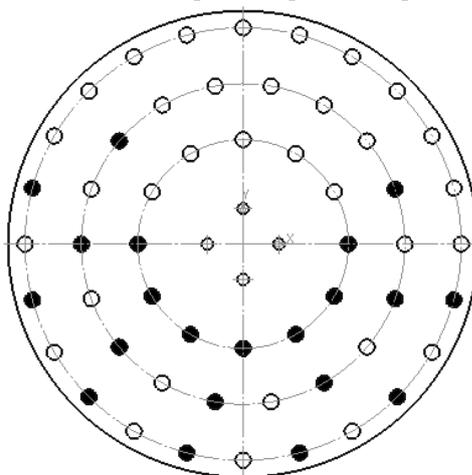


Рис.2.16 Схема 3

По данной схеме пальцы устанавливались через один, небольшое снижение производительности в результате разброса абразива.

Опыт 4

№ смп	T мм Глубина Погруж.	R мм Расстояние от центра	t мин. Время Обраб.	Угол Пластины, В градусах	Схема Расп. пальцев	Влияние Разброса абразива
6a	100	120	4.30	20-30	Схема.4	есть
6b	150	90				
6c	200	60				
6d	100	120				
6e	150	90				
6f	200	60				
6g	100	120				
6h	150	90				
6i	200	60				

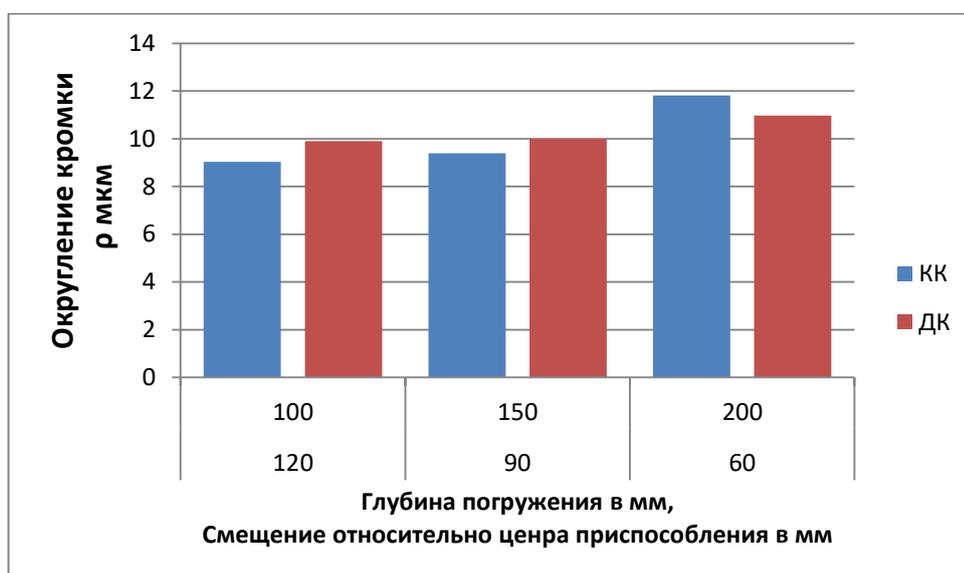


Рис. 2.16 Оценка равномерности обработки

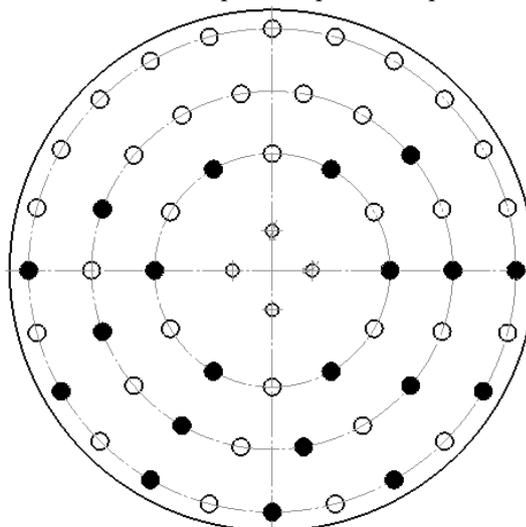


Рис.2.17 Схема 4

Схема расположения аналогична предыдущему опыту, время обработки увеличено на 1 минуту 30 сек, результаты, округление кромки не значительные.

Опыт 4

№ смп	T мм Глубина Погруж.	R мм Расстояние от центра	t мин. Время Обраб.	Угол Пластины, В градусах	Схема Расп. пальцев	Влияние Разброса абразива
7a	100	120	4.30	20-30	Схема.4	есть
7b	150	90				
7c	200	60				
7d	100	120				
7e	150	90				
7f	200	60				
7g	100	120				
7h	150	90				
7i	200	60				

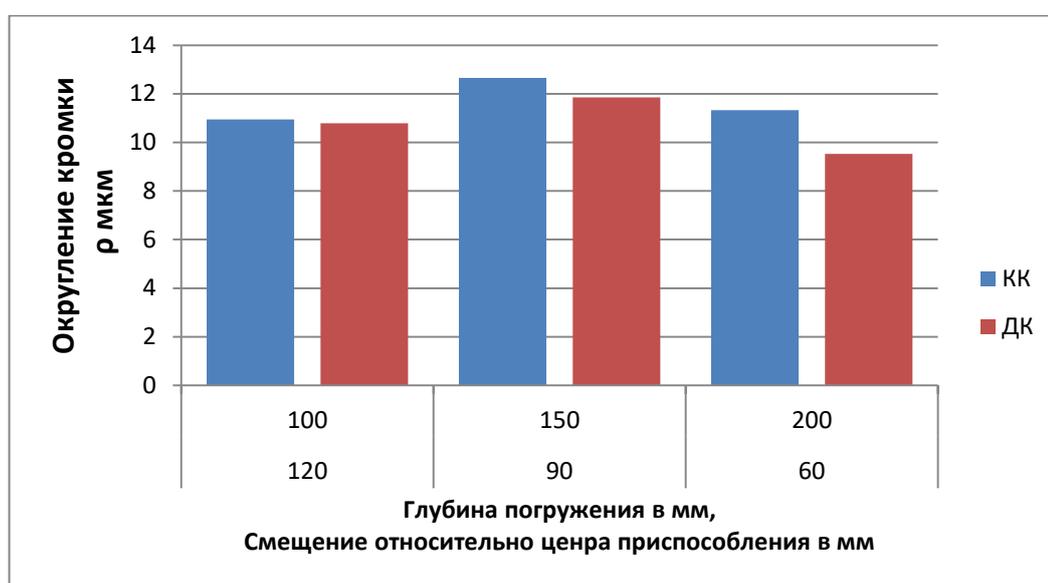


Рис. 2.18 Оценка равномерности обработки

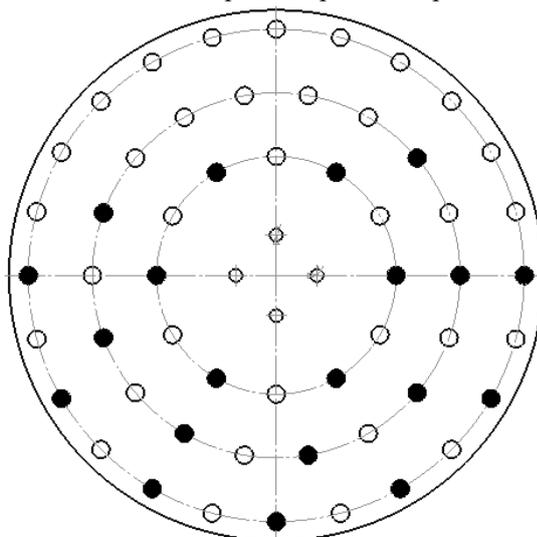


Рис.2.19. Схема 4

Схема расположения аналогична предыдущему опыту, округление кромки от 10-12мкм.

Опыт 5

№ смп	T мм Глубина Погруж.	R мм Расстояние от центра	t мин. Время Обраб.	Угол Пластины, В градусах	Схема Расп. пальцев	Влияние Разброса абразива
8a	100	120	4.30	По направлению движ.	Схема.5	есть
8b	150	90				
8c	200	60				
8d	100	120				
8e	150	90				
8f	200	60				
8g	100	120				
8h	150	90				
8i	200	60				

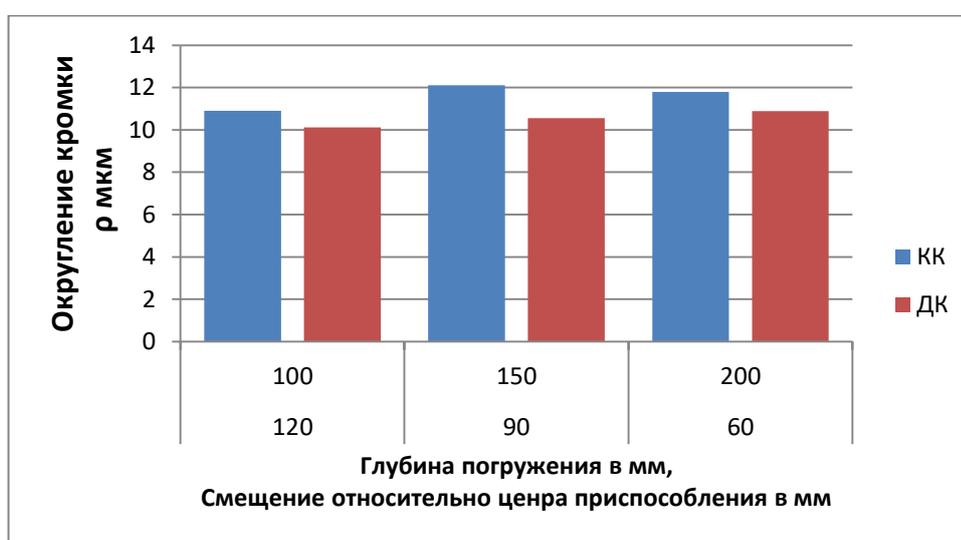


Рис. 2.20 Оценка равномерности обработки

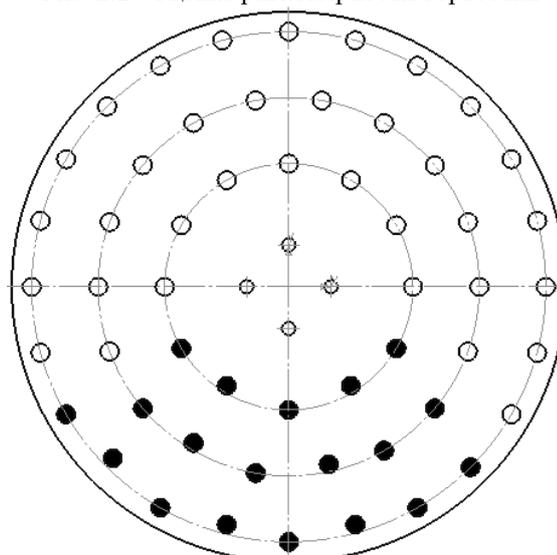


Рис.2.21. Схема 5

При полной загрузке 4 минут 30 секунд недостаточно, для округления кромки на заданный радиус.

Опыт 6

№ смп	Т мм Глубина Погруж.	R мм Расстояние от центра	t мин. Время Обраб.	Угол Пластины, В градусах	Схема Расп. пальцев	Влияние Разброса абразива
9a	100	120	4.30	20-30	Схема.5	есть
9b	150	90				
9c	200	60				
9d	100	120				
9e	150	90				
9f	200	60				
9g	100	120				
9h	150	90				
9i	200	60				

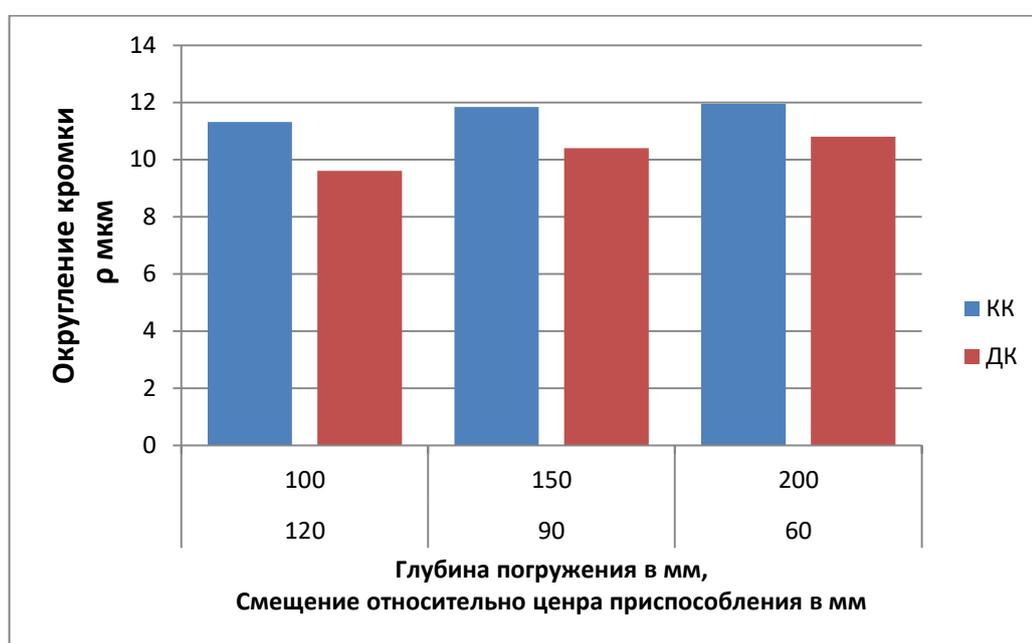


Рис. 2.22 Оценка равномерности обработки

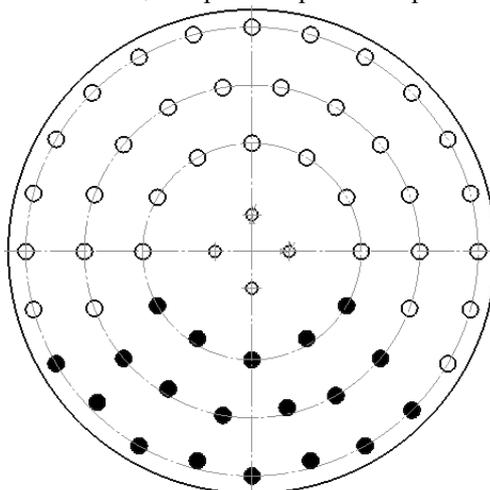


Рис.2.23. Схема 5

При повторение опыта 5, получены аналогичные результаты, для выхода на заданные значения, время обработки увеличиваем до 5 минут.

Опыт 7

№ смп	Г мм Глубина Погруж.	Р мм Расстояние от центра	t мин. Время Обраб.	Угол Пластины, В градусах	Схема Расп. пальцев	Влияние Разброса абразива
10a	100	120	5.00	30-50	Схема.5	есть
10b	150	90				
10c	200	60				
10d	100	120				
10e	150	90				
10f	200	60				
10g	100	120				
10h	150	90				
10i	200	60				

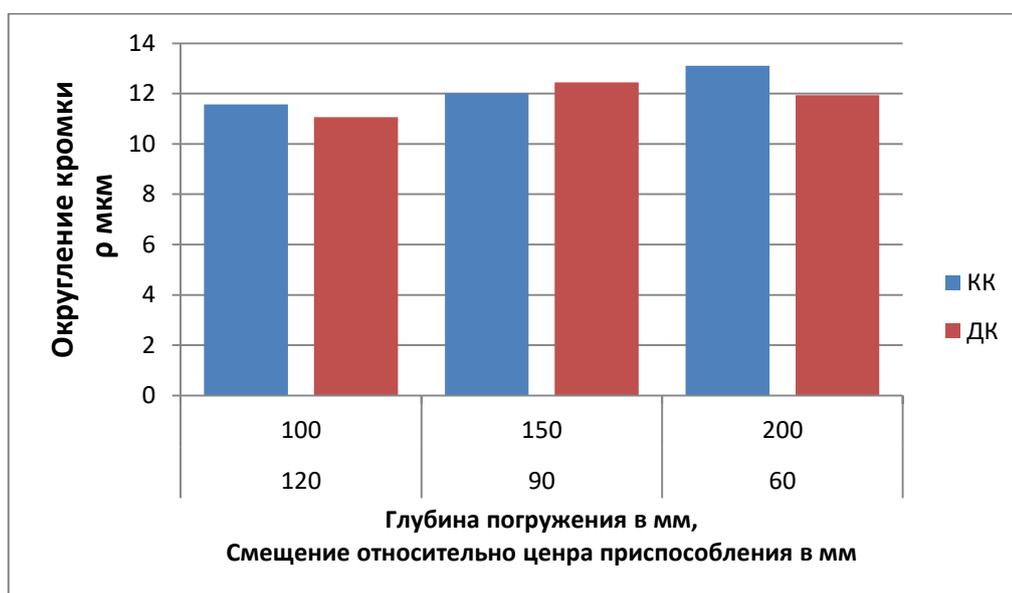


Рис. 2.24 Оценка равномерности обработки

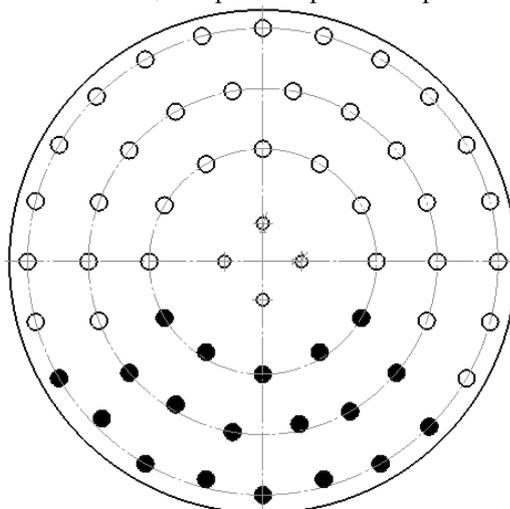


Рис.2.25. Схема 5

Округление кромки равномерное, радиус округления в пределах от 11 до 13 мкм, что в пределах допускаемой погрешности.

2.3. Исследование математической модели, описывающей траекторию перемещения режущих инструментов в неподвижном абразиве

Кинематика станка представлена движением трех органов: ротора, привода и шпинделей. Ротор и держатель привода приводится в движение электроприводом, а закрепленная в шпинделе деталь приводится в движение через зубчатую передачу, связанную с приводом держателя. Такое движение приводов моделирует так называемое планетарное движение, что позволяет получить максимальную производительность обработки.[5]

Рассмотрим схему работы приводов. Представим точку на обрабатываемой детали. Данная точка описывает окружность вокруг оси шпинделя. Окружность которая описывает точка катится по окружности которую описывает держатель привода, который катится по окружности ротора, тем самым описывая сложную траекторию, которая зависит от частоты вращения каждого элемента кинематической схемы. Т.е. данную траекторию движения можно описать параметрическим уравнением 3-х окружностей:

$$x = r_1 \cdot \cos(\theta_1) - r_2 \cdot \cos(\theta_2) - r_3 \cdot \cos(\theta_3)$$

$$y = r_1 \cdot \sin(\theta_1) - r_2 \cdot \sin(\theta_2) - r_3 \cdot \sin(\theta_3)$$

где r_1 – радиус ротора; r_2 – радиус привода; r_3 – радиус детали; θ – угол поворота; знаки минуса и плюса показывают направление движения, знак "+" по часовой стрелке, "-" против часовой стрелки;

$$\theta = n_i \cdot \pi \cdot \frac{t}{30}$$

где θ – угол поворота; i – частота вращения соответственно ротора, держателя и инструмента; t – время обработки;

Для визуализации движения точки были построены графики в программной среде Mathcad v15., разработчик RTC и для проверки уравнения была смоделирована анимация в программной среде Solid works версии SP3.0, разработчик DS SW Corporation с помощью утилиты Solid motion. По результатам компьютерного моделирования были получены различные траектории движения представленные на изображениях рис.1.

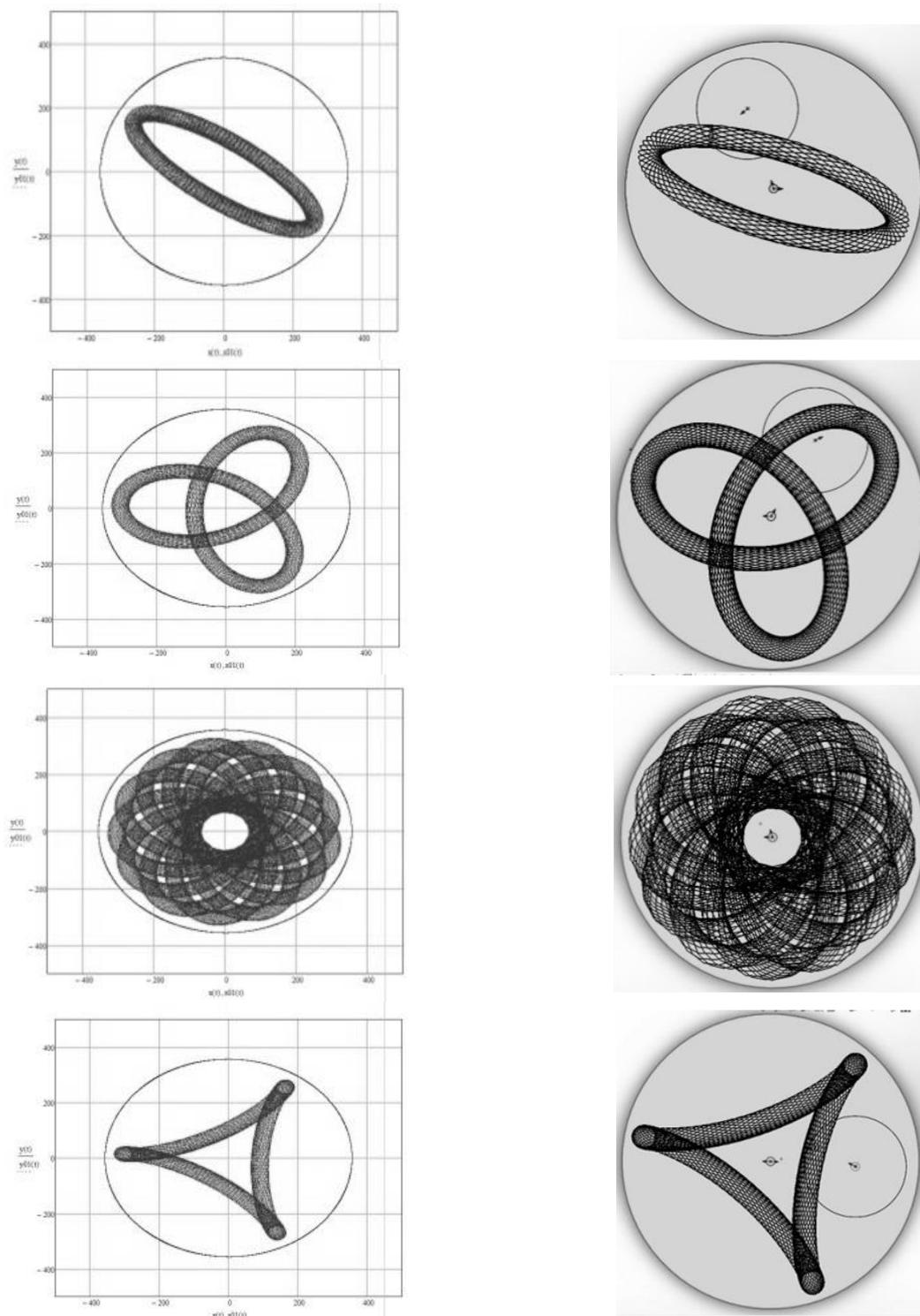


Рис.2.26. Слева траектории построенные в программной среде Mathcad, справа траектории полученные в результате анализа анимации в программной среде Solidworks

Траектории построены при одинаковых частотах вращения и времени. На графиках видно, что траектории повторяют друг друга, что говорит о правильности выведенного уравнения. Математическая и компьютерная модели открывают новые возможности для исследования в данной области. Становится возможным установление связи между траекторией движения и интенсивностью обработки, и расчет режимов обработки для различных деталей.

Измерения отклонения от круглости проводились на кругломере модели ROUNDTEST RA-120 в условиях ООО «Митутойо РУС» г.Москва производства (Япония) рис.2.28

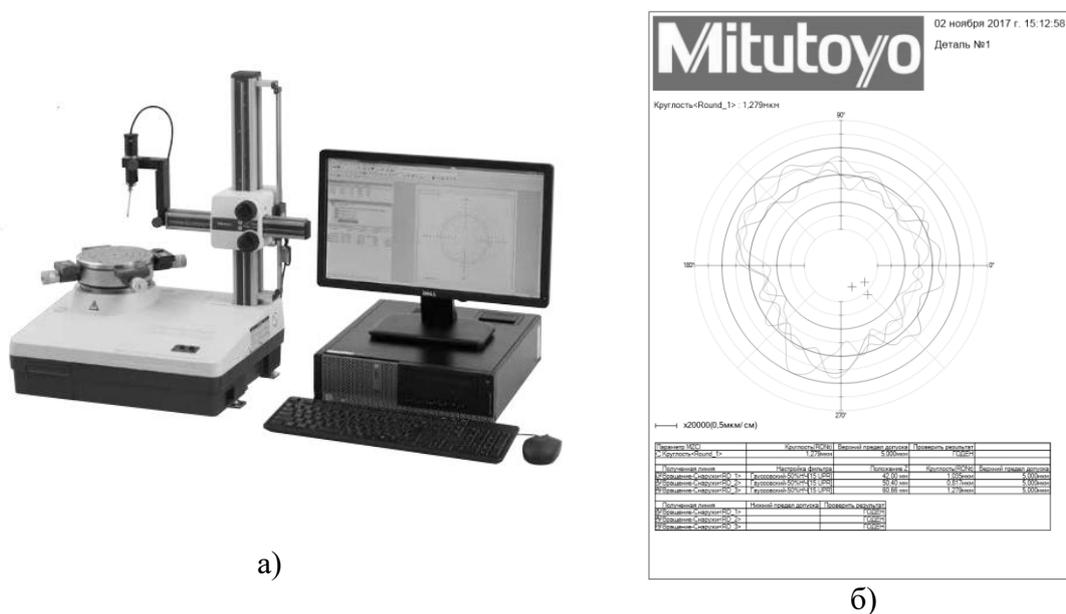


Рис.2.28 а) Общий вид оборудования б) пример отчета [41]

Исследуемые образцы были разбиты на группы по 2-3 образца. Для сокращения времени обработки, была проведена 2-х ступенчатая обработка, вначале грубая, для снятия припуска и тонкая, для получения полированной поверхности. Режимы обработки и марки абразива отражены в таблице 2.

Таблица 8.

Режимы обработки

№ образца	Частота n1/n2(об/мин)	Глубина Н(мм)	Время обр. Т(мин)	Марка абразива
1	45/45	150	20/3	КМ-6/ М5- 300 (рис.4)
2	45/45			
3	45/96			
4	45/96			
11	45/96			
6	20/10			
7	20/10			
5	45/135			
13	45/135			
8	21/100			
14	21/100			
9	45/20			
10	45/20			
12	35/105			
15	35/105			



Рис.2.29 Гранулят пластика KM5, Гранулят кукурузы, M5- 300



а



б

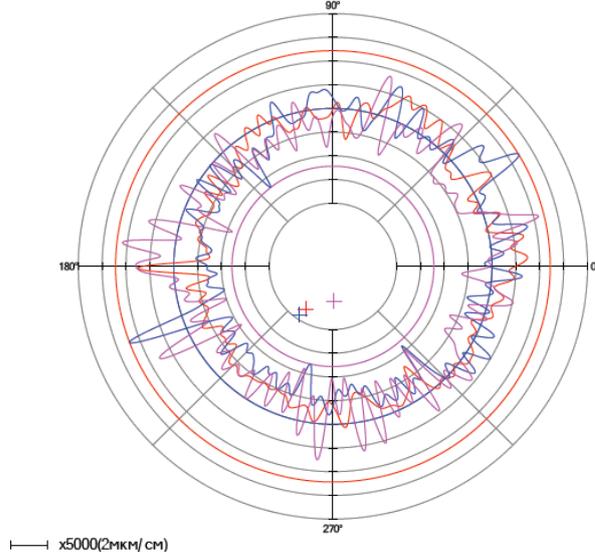


в

Рис.2.30 а) после точения б) после KM5 в) После M5-300

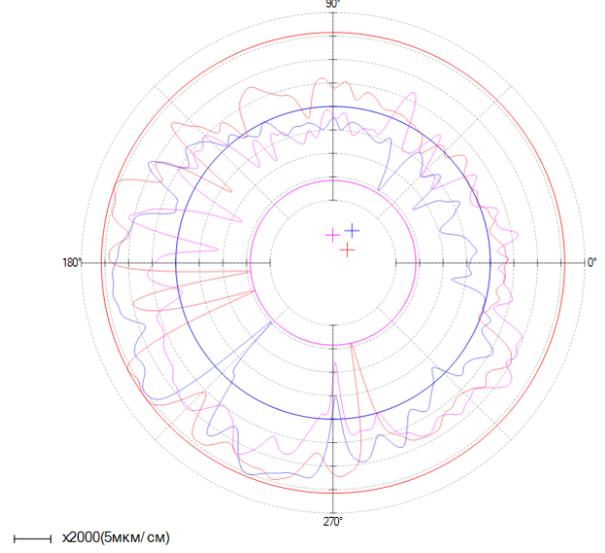
Цель данного эксперимента установить взаимосвязь между сложными циклоидальными траекториями и отклонением формы круглости. Предполагается, что чем более круглая и интенсивная траектория, тем меньшую погрешность мы должны получить по окончанию эксперимента.

Деталь №3
Круглость<Round_1> : 6,239мкм

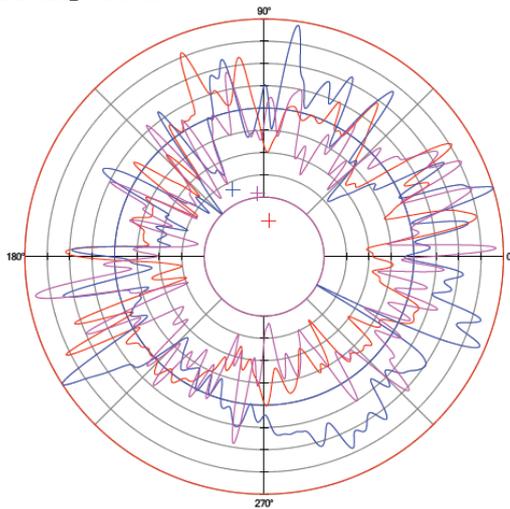


Деталь №3
Круглость<Round_1> : 20,189мкм

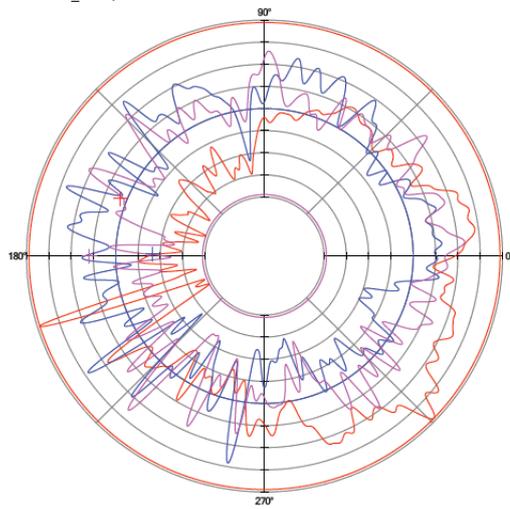
16 октября 2011



Деталь №4
Круглость<Round_1> : 5,107мкм



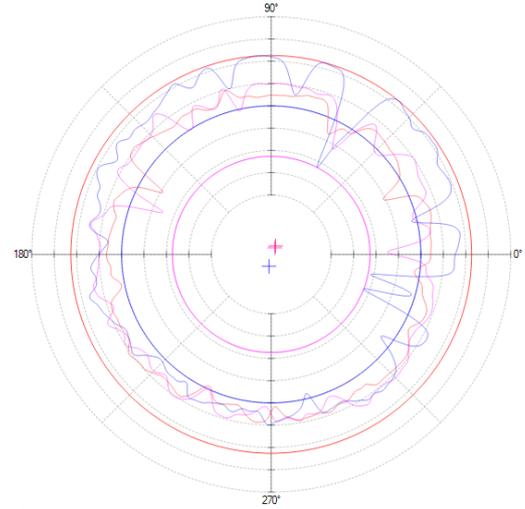
— x10000(1мкм/см)
Деталь №11
Круглость<Round_1> : 4,976мкм



— x10000(1мкм/см)

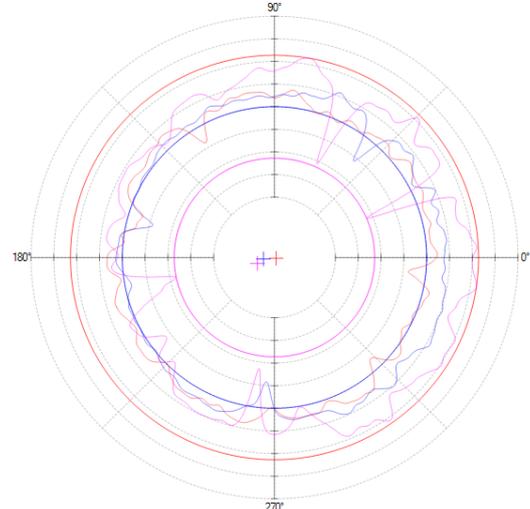
Деталь №4
Круглость<Round_1> : 28,938мкм

16 октября 2017 г.

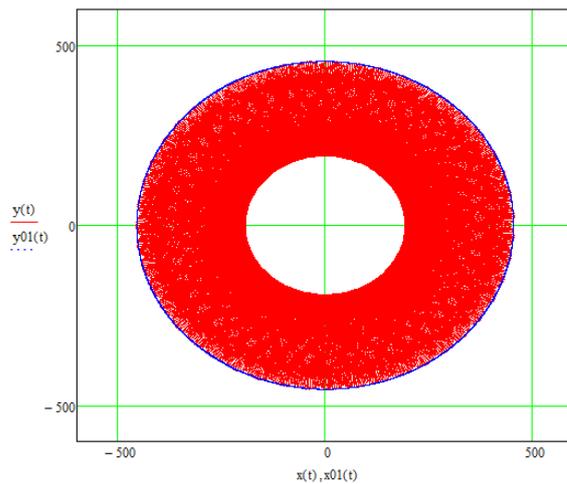


— x1000(10мкм/см)
Деталь №11
Круглость<Round_1> : 29,086мкм

16 октября 2017 г.



— x1000(10мкм/см)

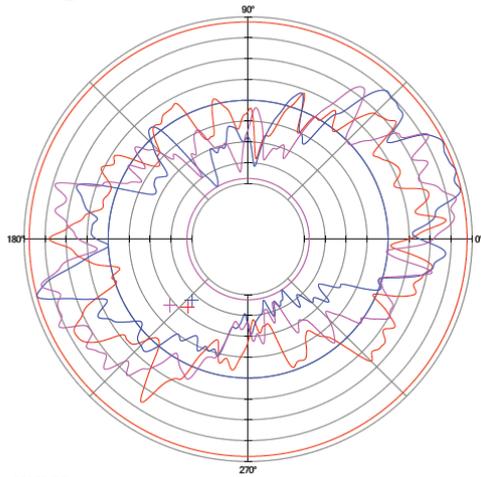


Образец 3,4,11
 $n_1 = 45$
 $n_2 = 96$
 $n_3 = n_2 \cdot 2,48$

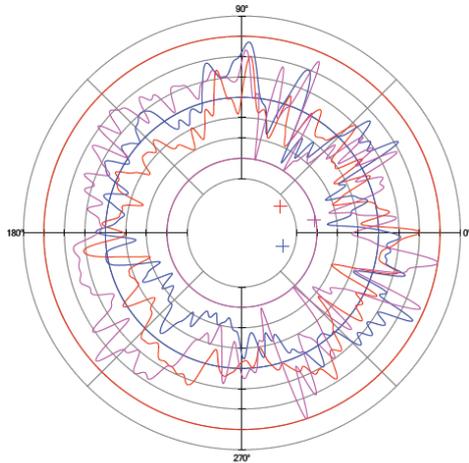
Рис.2.31 Опыт1

В данном опыте по результатам обработки видим, увеличение отклонения от круглости примерно в 5раз. На круглограммах образцов 3,4,11 можно увидеть некоторое выпячивание.

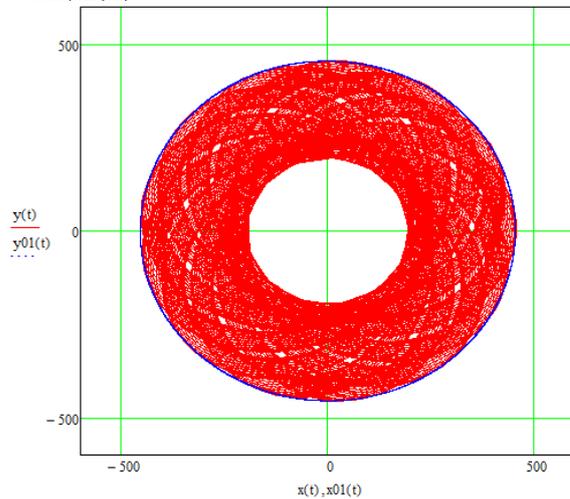
Деталь №9
Круглость<Round_1> : 2,402мкм



— x20000(0,5мкм/см)
Деталь №10
Круглость<Round_1> : 3,849мкм

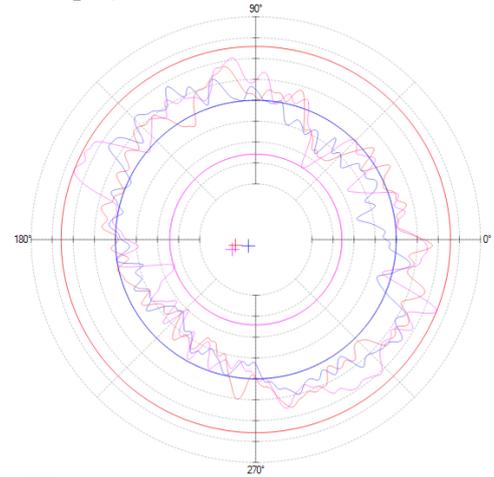


— x10000(1мкм/см)



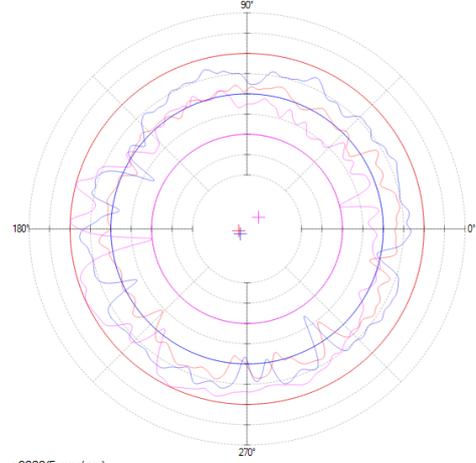
Деталь №9
Круглость<Round_1> : 3,297мкм

16 октября 2017 г.



— x10000(1мкм/см)
Деталь №10
Круглость<Round_1> : 12,753мкм

16 октября 2017 г.



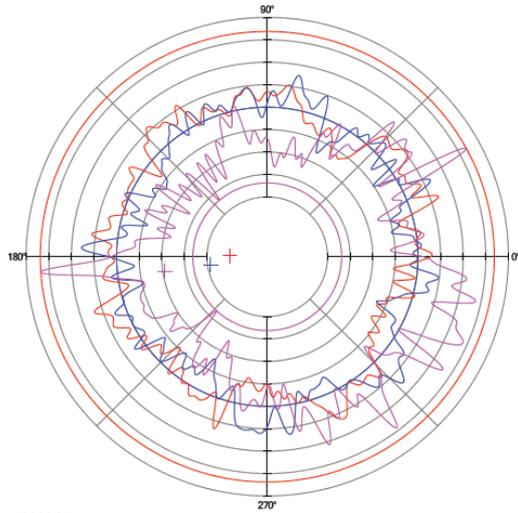
— x2000(5мкм/см)

Образцы 9,10
 $n_1 = 45$
 $n_2 = 20$
 $n_3 = n_2 \cdot 2,48$

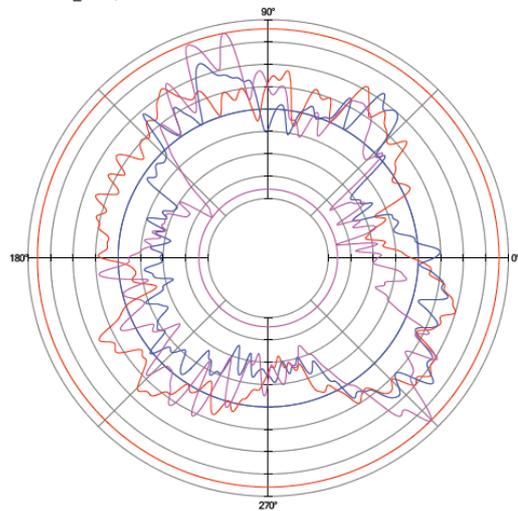
Рис.2.32 Опыт2

В данном опыте интенсивность линий траекторий и интенсивность обработки ниже, чем в предыдущем опыте. Наблюдаем уменьшение величины отклонения от круглости. По круглограммам видим, что форма образца 9 похожа на овал, а на детали 10 есть выпячивание аналогичное образцам 3,4,11

Деталь №14
Круглость<Round_1> : 2,159мкм



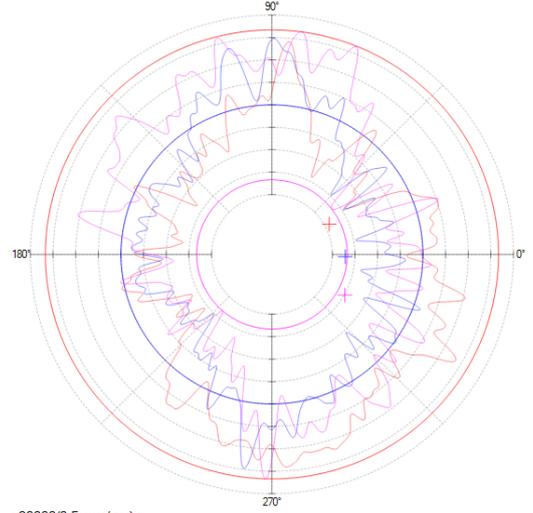
— x20000(0,5мкм/см)
Деталь №8
Круглость<Round_1> : 2,294мкм



— x20000(0,5мкм/см)

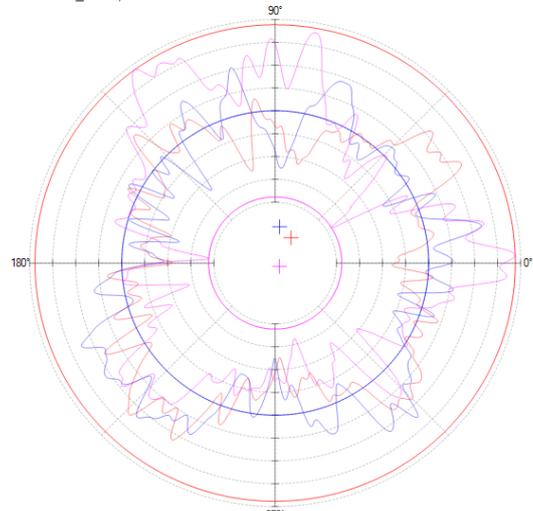
Деталь №14
Круглость<Round_1> : 2,136мкм

16 октября 2017 г.

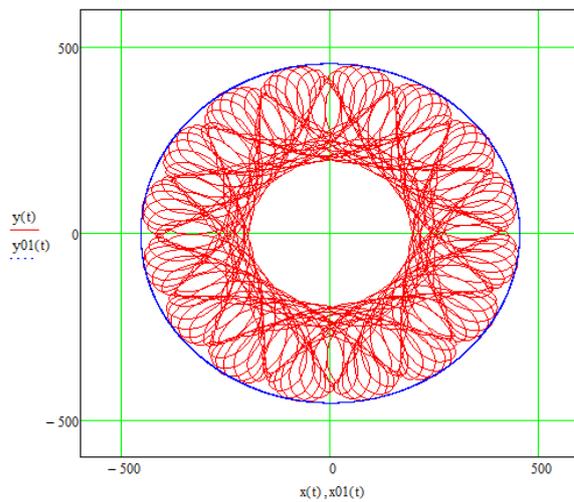


— x20000(0,5мкм/см)
Деталь №8
Круглость<Round_1> : 2,413мкм

16 октября 2017 г.



— x20000(0,5мкм/см)

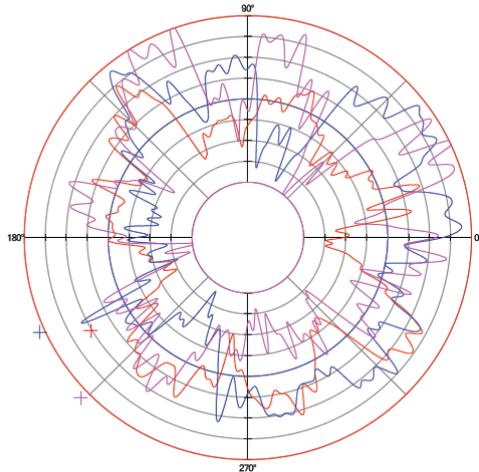


Образцы 8,14
 $n_1 = 21$
 $n_2 = 100$
 $n_3 = n_2 \cdot 2.48$

Рис.2.33 Опыт3

В опыте 3, интенсивность траектории значительно ниже 2-х предыдущих, отклонение круглости находится в пределах погрешности. Из круглограмм можем видеть, что образцы имеют небольшую огранку.

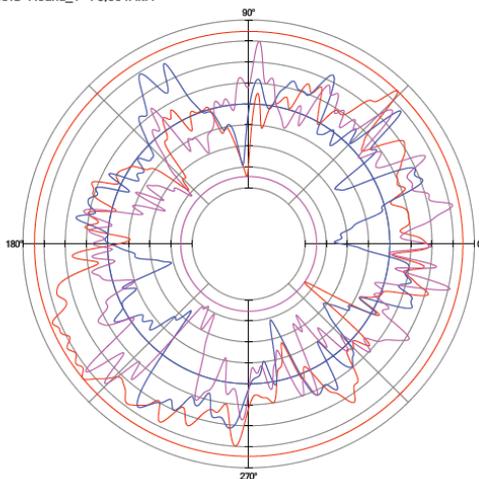
Круглость<Round_1> : 1,083мкм



x50000(0.2мкм/см)

Деталь №2

Круглость<Round_1> : 0,884мкм

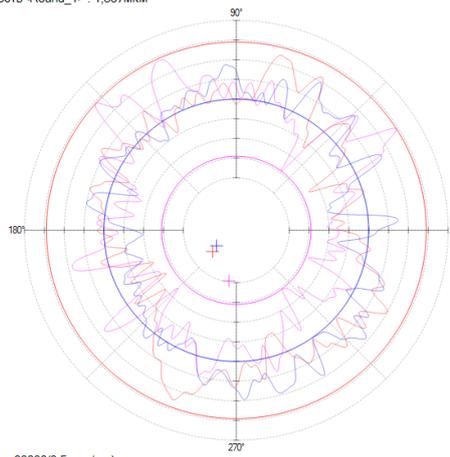


x50000(0.2мкм/см)

Деталь №1

Круглость<Round_1> : 1,857мкм

16 октября 2017 г.

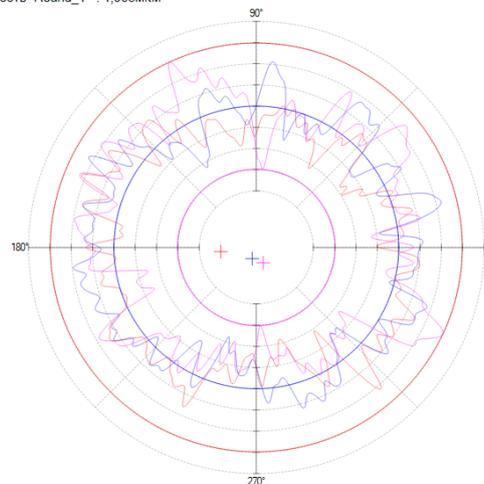


x20000(0.5мкм/см)

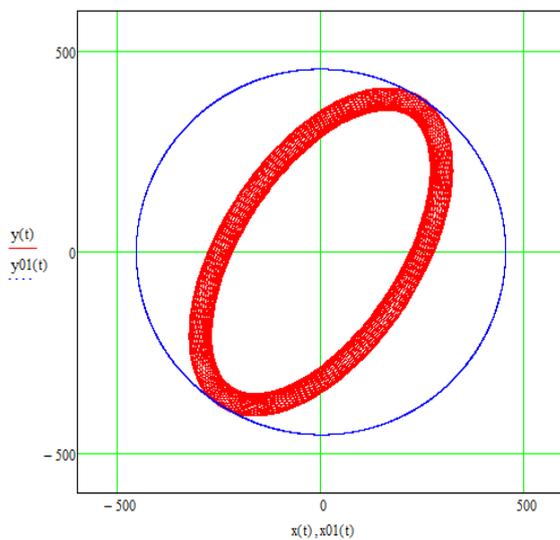
Деталь №2

Круглость<Round_1> : 1,903мкм

16 октября 2017 г.



x20000(0.5мкм/см)



Образцы 1,2

$$n_1 = 45$$

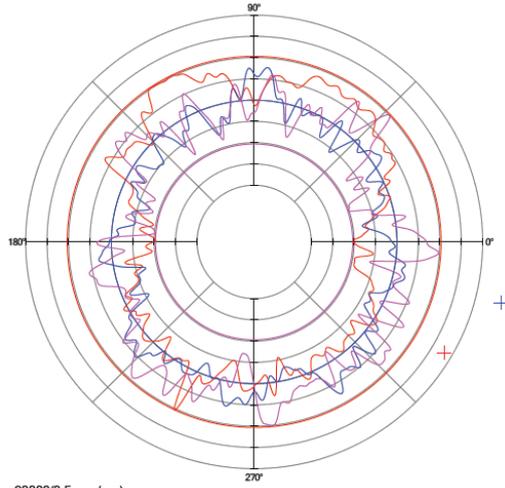
$$n_2 = 45$$

$$n_3 = n_2 \cdot 2,48$$

Рис.2.34 Опыт4

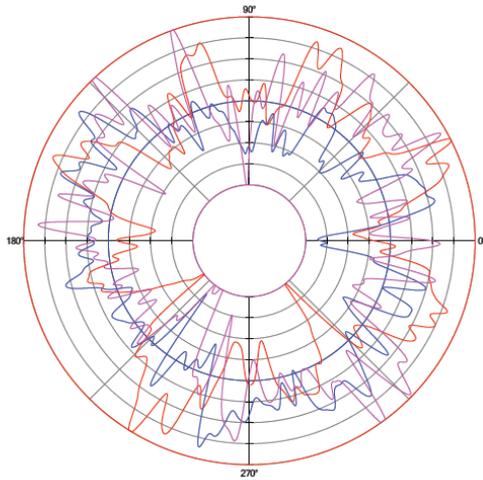
В опыте 4, наблюдается незначительное увеличение отклонения от круглости, на круглограммах наблюдаем небольшую огранку.

Деталь №5
Круглость<Round_1> : 1,319мкм

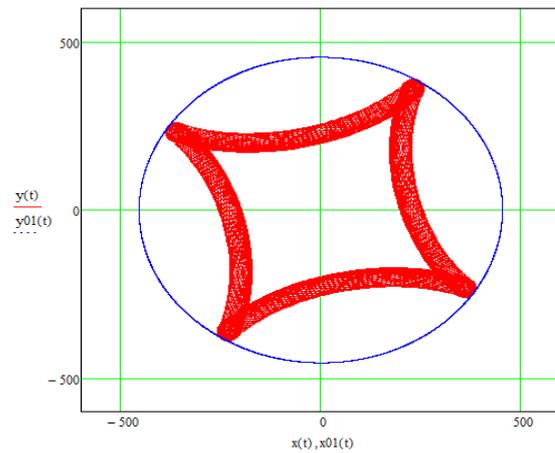


— x20000(0,5мкм/см)

Деталь №13
Круглость<Round_1> : 1,093мкм

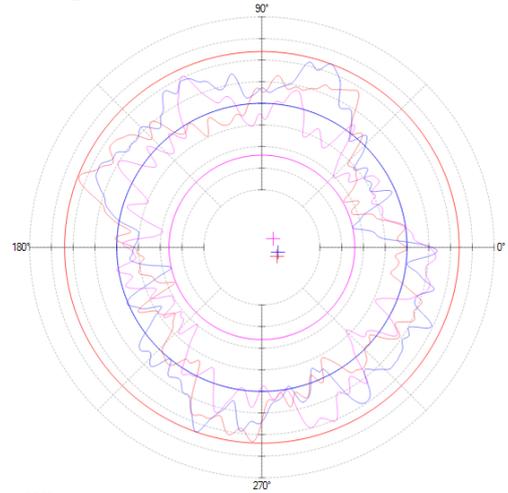


— x50000(0,2мкм/см)



Деталь №5
Круглость<Round_1> : 3,067мкм

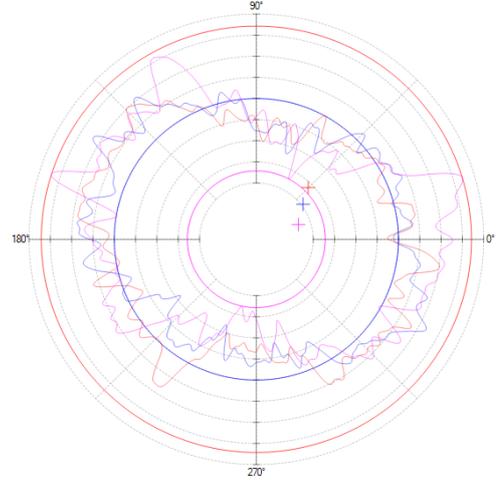
16 октября 2017 г.



— x10000(1мкм/см)

Деталь №13
Круглость<Round_1> : 4,386мкм

16 октября 2017 г.



— x10000(1мкм/см)

Образцы 5,13

$$n_1 = 45$$

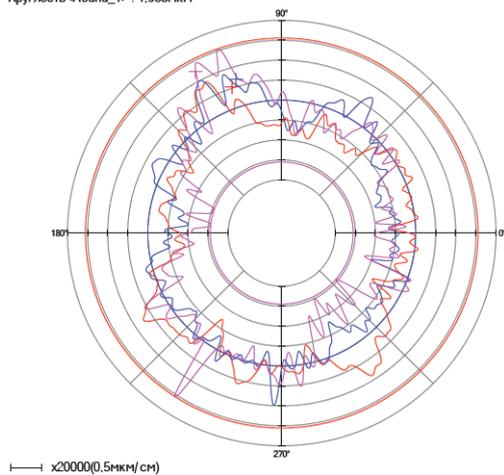
$$n_2 = 135$$

$$n_3 = n_2 \cdot 2.48$$

Рис.2.35 Опыт5

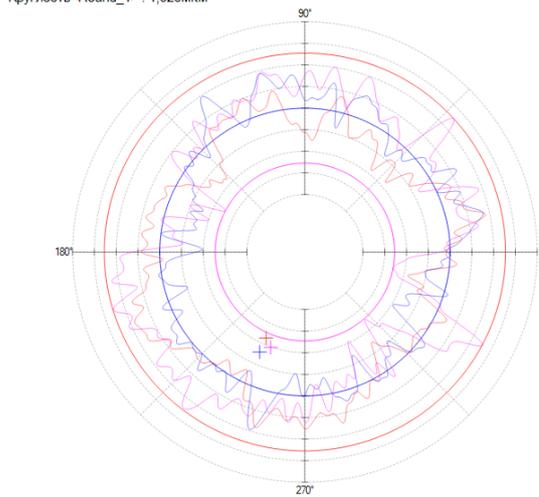
В опыте 5, есть прирост отклонения круглости 2-3 мкм. На круглограммах видим овальность.

Деталь №6
Круглость<Round_1> : 1.988мкм

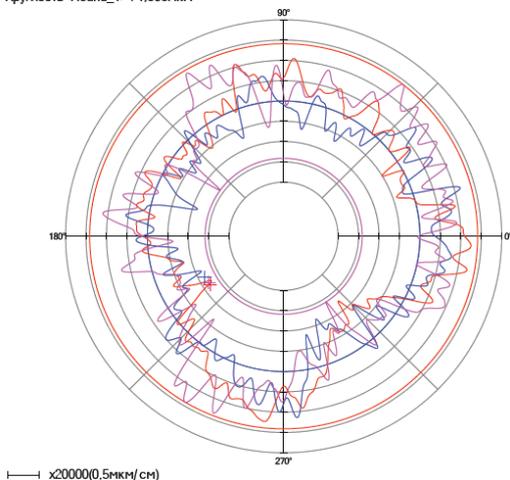


Деталь №6
Круглость<Round_1> : 1.629мкм

16 октября 2017 г.

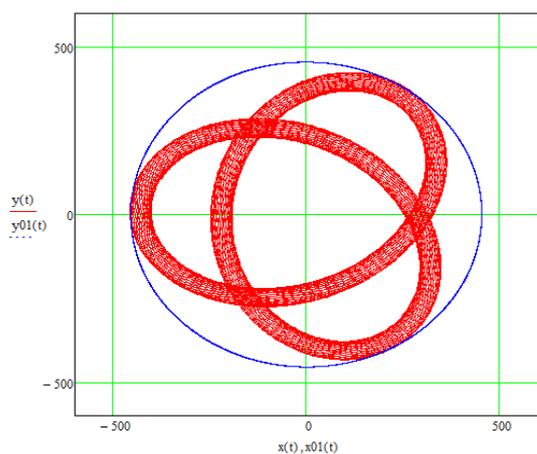
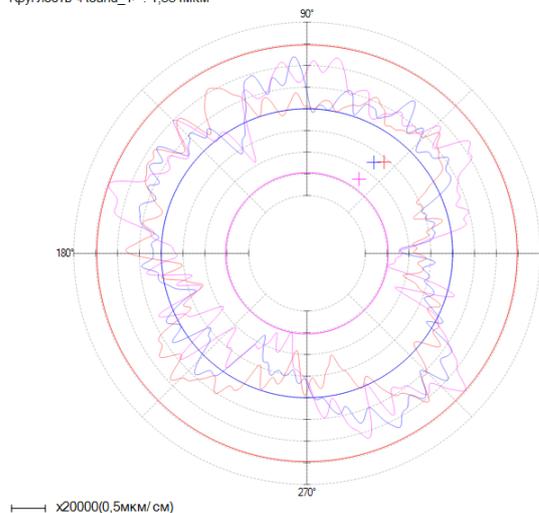


Деталь №7
Круглость<Round_1> : 1.806мкм



Деталь №7
Круглость<Round_1> : 1.884мкм

16 октября 2017 г.

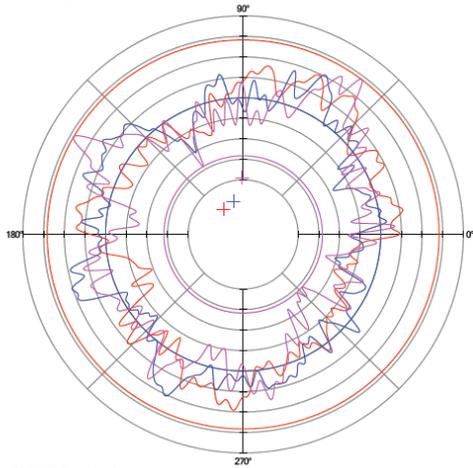


Образцы 6,7
 $n_1 = 20$
 $n_2 = 10$
 $n_3 = n_2 \cdot 2.48$

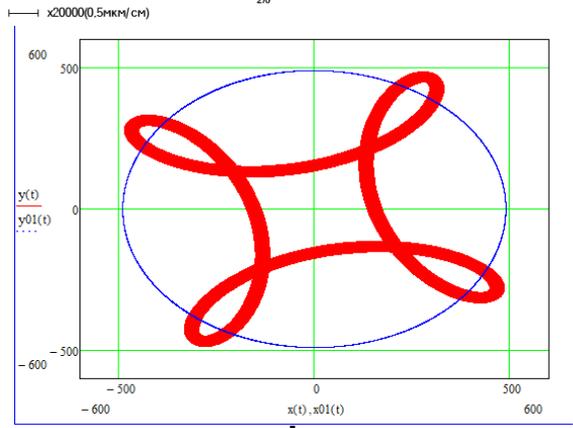
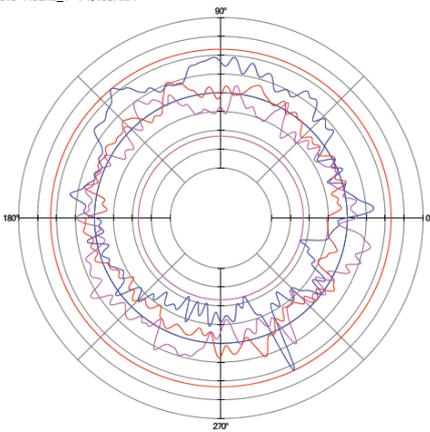
Рис.2.36 Опыт6

В опыте 6, отклонение от круглости изменилось на величину погрешности, данное изменение не будем учитывать, на круглограммах можно увидеть огранку.

Деталь №15
Круглость<Round_1> : 1,809мкм

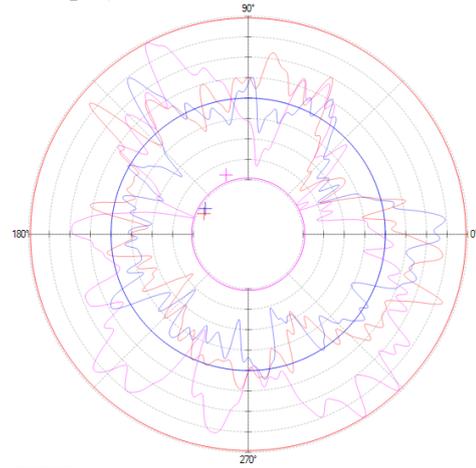


— x20000(0,5мкм/см)
Деталь №12
Круглость<Round_1> : 1,480мкм



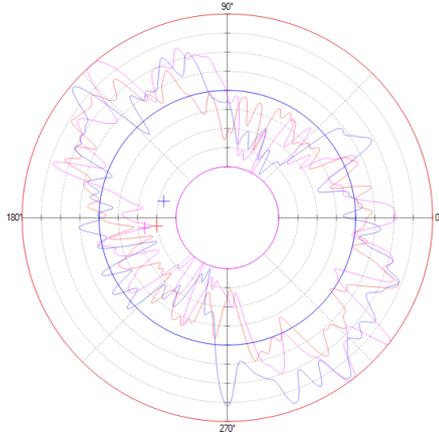
Деталь №15
Круглость<Round_1> : 2,506мкм

16 октября 2017 г.



— x20000(0,5мкм/см)
Деталь №12
Круглость<Round_1> : 2,695мкм

16 октября 2017 г.



— x20000(0,5мкм/см)

Образцы 12,15
 $n_1 = 50$
 $n_2 = 200$
 $n_3 = n_2 \cdot 2.48$

Рис.2.37 Опыт7

В опыте 7, изменение круглости на 1мкм, есть не большая огранка.

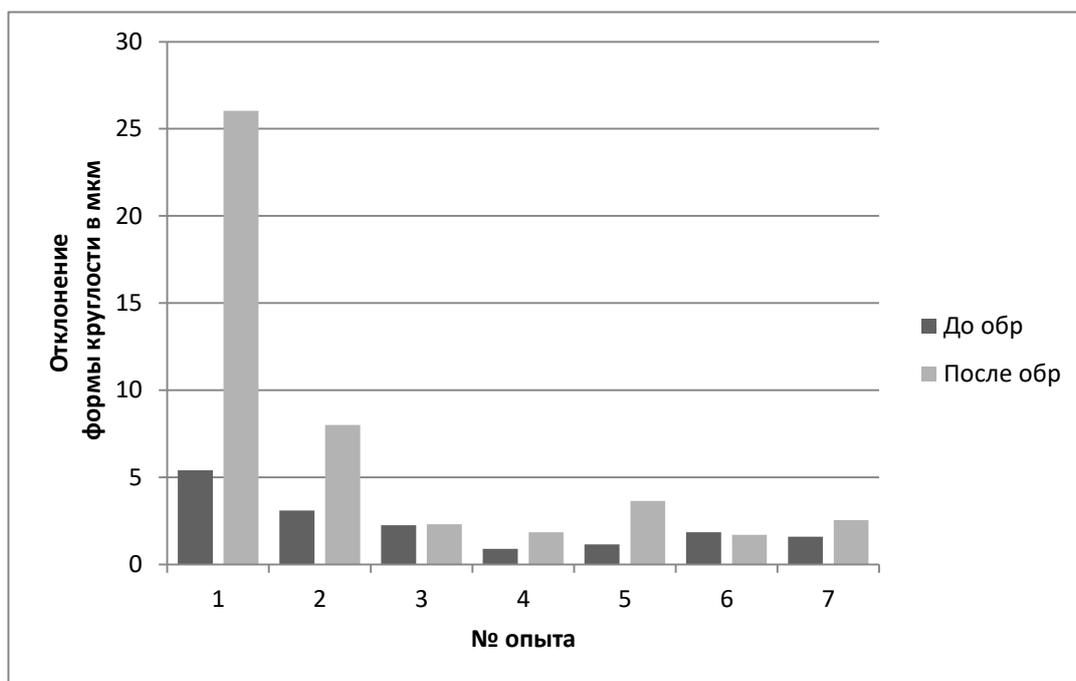


Рис.2.38 Анализ результатов измерений

Заключение

В результате исследовательской работы были получены следующие выводы и рекомендации по обработке твердосплавного режущего инструмента. Для округления кромки в пределах 10мкм, необходимо использовать смесь HSC 1/300 и обрабатывать инструмент на режимах $n_1 = 45$, $n_2=96$ в течение 6-10 мин, при этом, чтобы кромки были симметричны необходимо использовать вращение в обе стороны, т.е вращения вокруг оси инструмента 3-5 мин. по часовой стрелки и 3-5 мин. против часовой стрелки. При этом погрешность по длине кромки не составляет 2-4мкм. При измерении радиуса округления кромки возможны колебания радиуса в этих пределах из-за следующих погрешностей:

- а) неравномерность радиуса округления после заточки
- б) погрешность измерения
- в) неравномерное давление абразива (каждых 100мм на 2мкм).

Для полировки винтовой канавки с минимальным округлением кромки (например для инструмента по обработке титана и алюминия) необходимо использовать гранулят кукурузы М5-300, для снижения шероховатости до 2х раз на винтовой канавке, полировать на режимах $n_1 = 45$, $n_2=96$ в течении 10-15 мин., вращение по часовой стрелки, угол наклона держателей 20° . Данный угол получен экспериментально и обеспечивает более эффективное полирование. При данных режимах обработки радиус округления РК

не будет превышать 2-4мкм. Для обеспечения повторяемости результатов каждые 8 часов необходимо проводить «паровую баню», т.е производить насыщение смеси алмазными пастами, для предотвращения потери абразивных свойств.

При малой партийности СМП, возможна полировка на буксирном оборудовании с небольшой модернизацией для обеспечения производительности процесса.

1. Для получения радиуса округления в 12-14 мкм, кромок твердосплавных сменных многогранных пластин необходимо производить обработку не менее 5-6 минут на постоянных режимах со скоростью вращения приводов $n_1 = 45$, $n_2 = 96$ об/мин в обе стороны.

2. При полной загрузке приспособления производительность процесса падает примерно на 20%.

3. При использовании данного приспособления для обеспечения равномерности округления по 4-м кромкам необходимо строго ориентировать пластины на угол 45°

4. При использовании данной схемы обработки твердосплавных пластин можно с точностью до 2-х мкм подобрать необходимые радиусы округления режущих кромок

В данной магистерской работе было реализовано исследование по зависимости траектории движения планетарного механизма на отклонение формы, по результатам которого были получены следующие выводы:

1. По результатам эксперимента было установлено, что есть зависимость между траекторией перемещения и отклонением от круглости. Предположительно, это связано с автоколебаниями которые возникают при перемещении детали сквозь свободный абразив.

2. Экспериментально доказано, что при работе на режимах с высокой интенсивностью линий в траектории, отклонение круглости значительно увеличивается.

3. Наименьшее отклонение от круглости получены на режимах $n_1 = 20$, $n_2 = 10$; и $n_1 = 21$, $n_2 = 100$ (опыты 3 и 6)

4. Наибольшее отклонение от круглости получено на режимах $n_1 = 45$, $n_2 = 96$; (опыт 1)

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ61	Лаптев Никита Витальевич

Институт	ИНК	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

Тема дипломной работы: Исследование технологических возможностей буксирного полирования при обработке режущих инструментов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Рабочее место – инструментальный участок, место работы оператора.</p> <p>Возможно возникновение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (повышенная запыленность воздуха рабочей зоны, повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны, повышенная или пониженная влажность воздуха, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенный уровень электромагнитных излучений, повышенная напряженность электрического поля, повышенная напряженность магнитного поля - опасных факторов (поражение электрическим током)
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. СанПиН 2.2.4.548-96 2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 3. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 4. ГОСТ Р 12.1.019-2009 5. ГОСТ 12.1.004-91 6. СанПиН 2.1.6.1032-01
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повышенный уровень шума - повышенные уровни электромагнитного и ионизирующее излучения; - отсутствие или недостаток естественного света; - недостаточная искусственная освещенность рабочей зоны; - повышенная яркость света; - повышенная контрастность, прямая и отраженная блеклость - отклонение показателей

<p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты). 	<p>Анализ выявленных опасных факторов: - электрический ток (источником является ПЭВМ) -расчет освещения рабочего места</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Отходы на рабочем месте: бумага(черновики), картриджи, лампочки, СОЖ, металлическая стружка.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>На технологическом участке возможно ЧС 1.техногенного характера – пожар; шпионаж 2.природного характера - сильные морозы;</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Приведены перечень НТД, используемых в данном разделе, схема эвакуации при пожаре, схема размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.18
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	Доктор технических наук		26.02.18

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Лаптев Никита Витальевич		26.02.18

Введение

В данной главе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места на инструментальном участке с соответствием с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В данной работе проводится анализ финишной технологии (буксирное полирование) с целью повышения работоспособности режущего инструмента.

Проектирование рабочего места представляет собой целесообразное пространственное размещение средств производства (оборудования, оснастки, предметов труда и др.), необходимых для осуществления трудового процесса. При организации участка, должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования.

При проектировании участка необходимо уделить внимание охране окружающей среды, безопасному удалению отходов производства, а также организации безотходного производства.

Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

На участке, где находится электрооборудование, буксирный станок, а также используются различные полировальные смеси, могут быть следующие вредные факторы с соответствием с ГОСТ 12.0.003-74:

- а) наличие не комфортного микроклимата;
- б) производственного шума;
- в) недостаточной освещенности;
- г) повышенная напряженность электрического поля;
- д) подвижные части производственного оборудования;
- е) наличие острых кромок, заусенцев и шероховатости на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;

Микроклимат

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами: 1) температура воздуха; 2) относительная влажность воздуха; 3) скорость

движения воздуха. При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При пониженной температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне. Повышенная влажность воздуха ($\phi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\phi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1,2 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей. Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице.

Таблица 1

Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	22-24	40-60	0,1
	Iб	21-23	40-60	0,1
	IIa	18-20	40-60	0,2
	IIб	17-19	40-60	0,2
	III	16-18	40-60	0,3
Теплый	Ia	23-25	40-60	0,1
	Iб	22-24	40-60	0,1
	IIa	21-23	40-60	0,2
	IIб	20-22	40-60	0,2
	III	18-20	40-60	0,3

Допустимые параметры микроклимата в производственных помещениях

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность %, не более	Скорость движения воздуха, м/с	
				Ниже Оптимал.	Выше Оптимал.
Холодный	Ia	15-28	15-75	0,1	0,1
	Iб		15-75	0,1	0,2
	IIa		15-75	0,1	0,3
	IIб		15-75	0,2	0,4
	III		15-75	0,2	0,4
Теплый	Ia	15-28	15-75	0,1	0,2
	Iб		15-75	0,1	0,3
	IIa		15-75	0,1	0,4
	IIб		15-75	0,2	0,5
	III		15-75	0,2	0,5

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

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. На участке этот параметр соответствовал значению 75 дБА. Основным источником шума является планетарный механизм буксирного оборудования и абразивная смесь, которая в следствии перемешивания и контакта с обрабатываемой деталью создает шум. Для снижения уровня шума, конструкцией станка предусмотрен закрытый корпус. 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 и виброизоляции, и вибропоглощения;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;
- применение шумоизолирующих и шумопоглощающих материалов (металла, дерева, пластмасс, бетона и др.) для установки преград в виде экранов, перегородок, кожухов, кабин и др. СИЗ;
- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

Освещенность

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

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 89 поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 7$ м, ширина $B = 4$

м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 0,9$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м; B – ширина, м.

$$S = 7 \times 4 = 28 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c = 50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{\Pi} = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_3 = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен ФЛД = 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 $\lambda = 1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес)

$$h_c = 0,4 \text{ м.}$$

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса, h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1,0 - 0,5 = 2,0 \text{ м.}$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

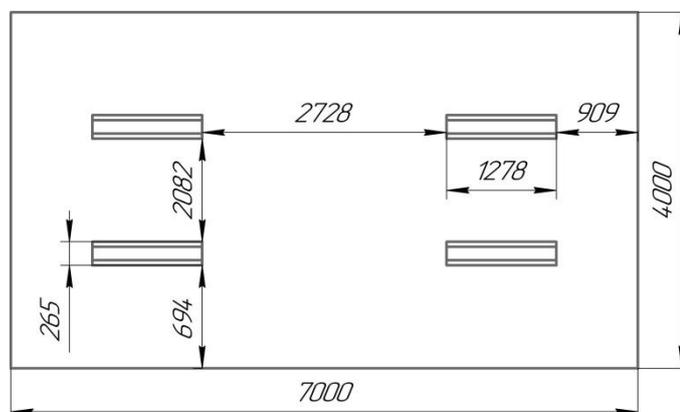


Рис.1 План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{6 \cdot 3}{2,0 \cdot (7 + 4)} = 1,27$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70\%$, $\rho_{\text{С}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,27$ равен $\eta = 0,46$.

Потребные группы люминесцентных ламп светильника по формуле:

$$N = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi_{\text{П}} \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2300 \cdot 0,46} = 6,5 = 8$$

Общее число светильников: $N_{\text{св}} = 4$.

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$\frac{5}{3} L_2 + 2 \cdot 265 = 4000$$

$$L_2 = 2082 \text{ мм}$$

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

$$L_1 + \frac{2}{3} L_1 + 2 \cdot 1227 = 7000$$

$$L_1 = 2728 \text{ мм}$$

Расчёт светового потока группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{рас}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 7 \cdot 4 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{8 \cdot 0,46} = 2152 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2300 - 2152}{2300} \cdot 100\% = 6,4\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 18,1\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

Повышенная напряженность электрического поля

Безопасным для сотрудников считается напряжение электрической сети $U \leq 36$ Вольт, сила тока $I \leq 0,1$ А, $R_{\text{заземления}} < 4$ Ом.

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. Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные). В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные,

кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Инструментальный участок относится к помещению с особой опасностью поражения электрическим током. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Основными электробезопасными средствами в электроустановках напряжением выше 1000 В являются изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, а также изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ (площадки, изолирующие звенья телескопических вышек и пр.).

Работать со штангой разрешается только специально обученному персоналу в присутствии лица, контролирующего действия работающего. При операциях с изолирующей штангой необходимо пользоваться дополнительными изолирующими защитными средствами — диэлектрическими перчатками и изолирующими основаниями (подставками, ковриками) или диэлектрическими ботами.

Изолирующие клещи применяют в электроустановках до 35 кВ для операций под напряжением с плавкими вставками трубчатых предохранителей, а также для надевания и снятия изолирующих колпаков на ножи однополюсных разъединителей.

При пользовании изолирующими клещами оператор должен надевать диэлектрические перчатки и быть изолированным от пола или грунта; при смене патронов

трубчатых предохранителей он должен быть в очках. Клещи нужно держать в вытянутых руках.

Дополнительные электротехнические средства в электроустановках: к дополнительным изолирующим электротехническим средствам относятся диэлектрические перчатки, боты, резиновые коврики и дорожки, изолирующие подставки на фарфоровых изоляторах и переносные заземления.

Освобождение пострадавшего от действия тока напряжением свыше 1000 В может быть произведено только одним способом. Это отключение соответствующей части электрической установки специально обученными людьми. Пострадавшему следует оказать посильную доврачебную помощь.

Факторы пожарной и взрывной природы

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории А_н, Б_н, В_н, Г_н и Д_н.

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории Д - негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;

д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;

е) курение в строго отведенном месте;

ж) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (Рис.2).



Рис.2 План эвакуации

Подвижные части производственного оборудования

Подвижные части производственного оборудования, такие как планетарный механизм, устройство зажима инструмента, режущий инструмент, создают опасность в зоне обработки, когда все технологические системы находятся в движении.

Все станки должны быть обеспечены защитными устройствами (экранами), защищающего самого рабочего, работающего на станке, а также посторонних людей находящихся вблизи от места работы, от отлетающих стружки или опилок или капель смазочно-охлаждающей жидкости. Защитные ограждения должны защищать полот загрязнения его маслом, жидкостью и т.п.

Защитные средства не должны ограничивать технологические возможности станка и вызывать неудобства в работе при уборке и наладке станка. Снимаемые защитные средства должны иметь массу не более 6 кг и крепление без применения ключей и отверток. Крепление защитных устройств должно быть надежным, исключая случаи самооткрывания.

Вращающиеся части станков и механизмов должны быть окрашены в соответствии с ГОСТ 12.4.026-76, а станины надежно заземлены.

Внепосредственной близости от движущихся частей, находящихся вне поля видимости оператора, должны быть установлены органы управления аварийным

остановом(торможением), если в опасной зоне, создаваемой движущимися частями, могут находиться работающие.

Для предотвращения попадания в подвижные части производственного оборудования предметов одежды, оператор обязан использовать средства индивидуальной защиты с соответствии с ГОСТ 12.4.011-89: комбинезон, куртку, ботинки, перчатки.

Наличие острых кромок, заусенцев и шероховатости на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования

Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования, могут привести к травмированию рабочего при случайном прикосновении с ними.

Для предотвращения травмирования рабочего необходимо использовать следующие средства индивидуальной безопасности с соответствии с ГОСТ 12.4.011-89: комбинезон, куртку, ботинки, перчатки.

Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды является по-настоящему важным и значимым процессом. Охраной окружающей среды называется комплекс мер, направленных на предупреждение отрицательного влияния человеческой деятельности на природу, обеспечение благоприятных и безопасных условий жизнедеятельности человека. Приоритетными направлениями в политике РФ являются следующие вопросы:

- обеспечение экологически безопасных условий для проживания;
- рациональное использование и охрана природных ресурсов;
- обеспечение экологической и радиационной безопасности (пдв);
- экологизация промышленности;
- повышение экологической культуры общества и формирование экологического сознания у людей.

Немаловажную роль в защите окружающей среды отводится мероприятиям по рациональному размещению источников загрязнений. К ним относятся:

1) вынесение промышленных предприятий из крупных городов и сооружение новых в малонаселенных районах с непригодными и малопригодными для сельскохозяйственного использования землями;

2) оптимальное расположение промышленных предприятий с учетом топографии местности и розы ветров;

3) установление санитарных охранных зон вокруг промышленных предприятий;

4) рациональная планировка городской застройки, обеспечивающая оптимальные экологические условия для человека и растений.

В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести систематизированные наблюдения за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды. Полученная информация о загрязнениях позволяет быстро выявлять причины повышения концентраций вредных веществ в окружающей среде и активно их устранять. Защита окружающей среды - это комплексная проблема, требующая усилий ученых многих специальностей. Особое значение имеет количественная оценка последствий загрязнения окружающей среды и, в первую очередь, ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением атмосферы. Защита окружающей среды от загрязнений на современном этапе помимо экономической задачи - повышения общественной производительности труда - включает также и социально-экономическую задачу - улучшение условий жизни человека, сохранение его здоровья.

Чтобы максимально снизить уровень загрязнений, выбрасываемых предприятиями, необходимо производить следующие обязательные меры по охране окружающей природной среды (ООС). Мероприятия по охране окружающей среды заключаются в:

1. Выявлении, оценке, постоянном контроле и ограничении вредных выбросов в окружающую среду, создании природоохранных и ресурсосберегающих технологий и техники.

2. Разработке юридических законов, правовых актов по охране окружающей природной среды, а также материальном стимулировании выполнения требований данных законов и природоохранных мероприятий.

3. Предупреждении ухудшения экологической обстановки и охраны окружающей среды от вредных и опасных факторов путем создания специально выделенных территорий (СЗЗ).

Безотходная технология является наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий. Под понятием «безотходная технология» следует понимать комплекс мероприятий в технологических процессах от обработки сырья до использования готовой продукции, в результате чего сокращается до минимума количество вредных выбросов и уменьшается воздействие отходов на окружающую среду до приемлемого уровня.

Для утилизации промышленных отходов таких как стружка, СОЖ, ртутные люминесцентные лампы необходимо предусмотреть следующее. Металлическую стружку необходимо очистить, спрессовать, упаковать и направить на металлоперерабатывающий завод. СОЖ отфильтровать, пригодное для дальнейшего использования масло направить в производство, а оставшийся шлам упаковать и направить в строительные компании. Ртуть содержащие лампы необходимо герметично упаковать и отправить в организацию, занимающуюся их утилизацией.

Защита в ЧС

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и пожар.

Для Томской области в зимнее время года характерны сильные морозы. Достижение аномально низких температур приводит к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, остановке работы, обморожениям. В случае аварии на тепловых сетях должны быть предусмотрены запасные обогреватели (например: газовые каталитические горелки). Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекращалась. Также сильные морозы могут вызвать аварии на электросетях, водопроводе и отсутствие на дорогах городского транспорта. Во избежание последнего следует оставлять транспорт (автобус) в теплом гараже для развозки людей в случае перебоя в транспортном сообщении. В случае отключения воды должно присутствовать автономное водоснабжение, которого должно хватать минимум на сутки для исполнения всех нужд предприятия. Аналогично в энергосистемах должны

использоваться автономные источники питания (аккумуляторы, дизельные генераторы) для функционирования жизнедеятельности во время аварий.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения 102 распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
3. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
4. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
5. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
6. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности
7. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
8. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
9. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

10. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства экранирующие, для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры

11. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"

12. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

13. ГОСТ 12.2.033-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования

14. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

15. РД 153-34.0-03.299/1-2001 Типовая инструкция по охране труда слесарей механосборочных

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ61	Лаптев Никита Витальевич

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	150401/Машиностроение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	...
2. Разработка устава научно-технического проекта	...
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	...
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	...

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Хаперская Алена Васильевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Лаптев Никита Витальевич		

Введение

Успех научных изысканий во многом зависит от экономического эффекта исследуемого продукта. Коммерческая ценность продукта позволяет на ранних этапах оценить эффективность проекта и является необходимым источником финансирования для проведения научного исследования.

В странах с развитой экономикой, машиностроение является одним из основных источников развития экономики и науки. Эффективный рост промышленности напрямую зависит от развития отрасли в целом. Своевременное внедрение инновационных технологий позволяет снижать издержки производства и производить более конкурентоспособную продукцию.

Инженерные кадры машиностроительной отрасли, для обеспечения коммерческого успеха выпускаемой продукции обязаны руководствоваться не только экономическими законами, реализуемые на предприятиях, но и разбираться в законах рынках. Оценивать востребованность продукции, бюджет на разработку продукта, а также время выхода на рынок, чтобы обеспечить востребованность потребителя.

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.

Краткое описание выполненных работ

Применение финишных операций в изготовление высокоэффективного твердосплавного режущего инструмента на предприятиях зарубежных фирм показала свою эффективность. Данные технологии используются, для округления кромки, удаления капельной фазы и полировки винтовой канавки для отвода стружки.

Участие магистранта в проекте заключалась в разработке и отработке высокоэффективной технологии полировки режущего инструмента с помощью буксирного станка DF3-Tolls производства (Германия) компании Otec и специально разработанной для него оснастки, с целью повышения работоспособности инструмента и применения данной технологии на имеющемся оборудовании промышленной компании ООО «ПК МИОН».

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Основные конкуренты на рынке финишных технологий, производители оборудования для:

Б_ф - обработка в свободном абразиве(буксирная обработка);

Б_{к1} - магнитно-абразивной обработки;

Б_{к2} - обработка абразивной суспензией высокого давления;

Б_{к3} - щеточно-абразивная обработка;

Таблица 1

«Оценочная карта для сравнения конкурентных решений»

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _ф	К _к	К _к	К _к
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
Производительность	0,1	4	3	5	4	0,4	0,3	0,5	0,4
Затраты на обработку(эл.эн.,з/п,расх. мат.)	0,1	3	1	1	3	0,3	0,1	0,1	0,3
Качество обработки	0,05	4	4	4	4	0,2	0,2	0,2	0,2
Возможность обработки канавки РИ	0,05	5	4	4	4	0,25	0,2	0,2	0,2
Возможность удаления капельной фазы	0,05	4	4	4	5	0,2	0,2	0,2	0,2
Удобство в эксплуатации	0,1	4	3	3	4	0,4	0,3	0,3	0,4
Простота в эксплуатации	0,1	5	2	4	4	0,5	0,2	0,4	0,4
Энергоэкономичность	0,02	5	2	3	4	0,1	0,04	0,06	0,08
Надежность	0,05	5	5	5	5	0,25	0,25	0,25	0,25
Уровень шума	0,15	3	5	3	3	0,45	0,75	0,45	0,45
Безопасность	0,08	4	3	4	4	0,32	0,24	0,32	0,32
Экономические критерии оценки									
Конкурентоспособность	0,1	5	5	5	5	0,5	0,5	0,5	0,5
Уровень проникновения на рынок	0,1	4	4	4	4	0,4	0,4	0,4	0,4
Цена	0,1	5	3	5	5	0,5	0,5	0,5	0,5
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	5	2	0,5	0,5	0,5	0,5
ИТОГО	1,25	65	53	59	60	5.27	4.68	4.88	5.1

По данным таблице 1 можно сделать вывод о том, что по техническим критериям оборудование для финишной обработки имеют почти равные параметры. Каждая технология занимает свою определенную нишу в производстве, где по определенным параметрам выигрывает у конкурента. Для обработки осевого режущего инструмента все таки более предпочтительна буксирная обработка, с позиции цены оборудования простоты процесса производства и энергозатрат.

FAST – анализ

FAST-анализ выступает как синоним функционально-стоимостного анализа. Суть этого метода базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого отношения к назначению объекта, или связаны с несовершенством конструкции, технологических процессов, применяемых материалов, методов организации труда и т.д.

В качестве объекта FAST-анализа выступает оборудование для буксирного полирования. Описание главной, основных, и вспомогательных функций представлены в таблице 2.

Таблица 2

«Описание главной, основных, и вспомогательных функций»

Наименование детали	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранги функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
DF3-Tools	-	Округление кромки РИ, полирование стружечной канавки	X		
Приводы	2	Приводят в движение планетарный механизм		X	
Планетарный механизм	1	Посредством зубчатых передач задает сложное трохoidalное движение		X	
Бак с абразивом	1	Содержит шлифовальные вещества		X	
Специальные держатели	18	Служит для крепления инструмента			X

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глуценко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Строим матрицу смежности функции таблица 3.

Таблица 3

«Матрица смежности функций»

	Приводят в движение планетарный механизм	Посредством зубчатых передач задает сложное трохоидальное движение	Содержит шлифовальные вещества	Служит для крепления инструмента
Приводят в движение планетарный механизм	=	<	<	>
Посредством зубчатых передач задает сложное трохоидальное движение	>	=	>	>
Содержит шлифовальные вещества	>	<	=	>
Служит для крепления инструмента	<	<	<	=

Преобразуем матрицу смежности в матрицу количественных соотношений функций.

Таблица 4

«Матрица количественных соотношений функций»

	Приводят в движение планетарный механизм	Посредством зубчатых передач задает сложное трохоидальное движение	Содержит шлифовальные вещества	Служит для крепления инструмента	Итого
Приводят в движение планетарный механизм	1	0,5	0,5	1,5	7
Посредством зубчатых передач задает сложное трохоидальное движение	1,5	1	1,5	1,5	9
Содержит шлифовальные вещества	1,5	0,5	1	1,5	7
Служит для крепления инструмента	0,5	0,5	0,5	1	4
					$\Sigma = 27$

Определяем значимость каждой функции:

Приводят в движение планетарный механизм: $7/27=0,26$;

Посредством зубчатых передач задает сложное трохоидальное движение: $9/27=0,33$;

Содержит шлифовальные вещества: $7/27=0,26$;

Служит для крепления инструмента: $4/27=0,15$;

Таблица 5

«Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования»

Наименование детали	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб	зп, руб	Себестоимость, руб/час
DF3-Tools	-	Округление кромки РИ, полирование стружечной канавки	-	0,2	-	35 000	35 000
Приводы	2	Приводят в движение планетарный механизм	-	0,2	4	-	4
Планетарный механизм	1	Посредством зубчатых передач задает сложное трохоидальное движение	-	-	-	-	
Бак с абразивом	1	Содержит шлифовальные вещества	50	0,2	22 500	-	22 500
Специальные держатели	18	Служит для крепления инструмента	-	-	-		
							$\Sigma = 57504$

Определим основные затраты на функцию:

Заработная плата оператора $35000/57504=1,64$

Затраты на электроэнергию $4/57504=0,00007$

Абразивы для полирования и шлифования $22500/57504=0,39$

Информация об объекте, собранная в рамках предыдущих стадий, обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы (Рис. 1):

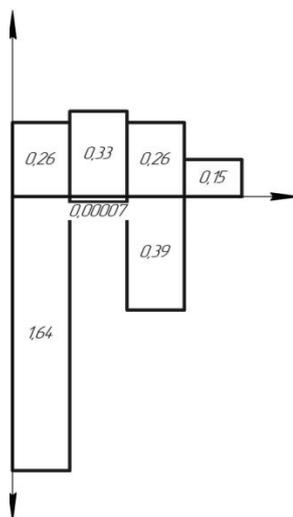


Рис.1 - Функционально-стоимостная диаграмма

Согласно вышеприведенной диаграмме, видно рассогласование по 1, 2, 3 пунктам. Для оптимизации функций можно предложить следующие шаги:

- применения принципиально новых конструкторских решений;
- оптимизации технических параметров;
- применения новых техпроцессов, заготовок и материалов;

В конечном счете результатом проведения FAST-анализа высокотехнологической и ресурсоэффективной разработки должно быть снижение затрат на единицу полезного эффекта, достигаемое путем:

- сокращения затрат при одновременном повышении потребительских свойств объекта;
- повышения качества при сохранении уровня затрат;
- уменьшения затрат при сохранении уровня качества;
- сокращения затрат при обоснованном снижении технических параметров до их функционально необходимого уровня;
- повышения качества при некотором, экономически оправданном увеличении затрат.

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 6.

«Матрица SWOT»

<p>Strengths (сильные стороны)</p> <p>С1. Простота обслуживания</p> <p>С2. Гибкость производства за счет индивидуальных сменных специальных держателей</p> <p>С3. Высокая производительность</p> <p>С4. Невысокая квалификация оператора</p>	<p>Weaknesses (слабые стороны)</p> <p>Сл1. Невозможность обработки длиноразмерного инструмента</p> <p>Сл2. Потеря абразивных свойств в процессе обработки</p> <p>Сл3. Невозможность обработки микроинструмента</p>
<p>Opportunities (возможности)</p> <p>В1. Возможность обработки сложнофасоного инструмента</p> <p>В2. Возможность обработки винтовой канавки РИ.</p> <p>В3. Возможность обработки капельной фазы</p>	<p>Threats (угрозы)</p> <p>У1. Введение санкций на ввоз абразивных веществ.</p> <p>У2. Введение санкций на ввоз оборудования.</p> <p>У3. Частичная или полная замена слесарного труда</p>

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 таблицах ниже.

Таблица 7

«Интерактивная матрица проекта Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны					
		С1	С2	С3	С4
Возможности проекта	В1	+	+	+	-
	В2	-	+	+	-
	В3	-	+	+	-

Таблица 8

«Интерактивная матрица проекта Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	+	+	-
	В2	+	+	-
	В3	-	-	-

Таблица 9

«Интерактивная матрица проекта Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны					
Угрозы		С1	С2	С3	С4
	У1	-	-	+	+
	У2	+	-	+	-
	У3	-	-	-	-

Таблица 10

«Интерактивная матрица проекта Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	-	-
	У2	+	+	+
	У3	-	-	-

На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 11.

Таблица 11

«Итоговая матрица SWOT»

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Простота обслуживания</p> <p>С2. Гибкость производства за счет индивидуальных сменных специальных держателей</p> <p>С3. Высокая производительность</p> <p>С4. Невысокая квалификация оператора</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Невозможность обработки длиноразмерного инструмента</p> <p>Сл2. Потеря абразивных свойств в процессе обработки</p> <p>Сл3. Невозможность обработки микроинструмента</p>
--	---	--

<p>Возможности:</p> <p>В1. Возможность обработки сложнофасоного инструмента</p> <p>В2. Возможность обработки винтовой канавки РИ</p> <p>В3. Возможность обработки капельной фазы</p>	<p>В1С1С2С3 В2С2С3 В3С2С3</p>	<p>В1Сл1Сл2 В2Сл1Сл2</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Введение санкций на ввоз абразивных веществ</p> <p>У2. Введение санкций на ввоз оборудования</p> <p>У3. Частичная или полная замена слесарного труда</p>	<p>У1С3С4 У2С1</p>	<p>У2Сл1Сл2Сл3</p>

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.

Цели и результат проекта

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

Таблица 12

«Заинтересованные стороны проекта»

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Магистрант	Магистерская диссертация
Руководитель проекта	Рекомендации по полированию режущего инструмента

В таблице представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

«Цели и результаты проекта»

Цели проекта:	Разработка рекомендаций по буксирному полированию РИ
Ожидаемые результаты проекта:	Рекомендации по буксирному полированию РИ
Критерии приемки результата проекта:	Увеличение ресурса РИ после полирования по рекомендациям
Требования к результату проекта:	Требование:
	Разработка рекомендаций
	Адаптация технологии под технические возможности предприятия
	Оформление магистерской диссертации

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

«Рабочая группа проекта»

№ п/п	ФИО, Основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, часы
1	Лаптев Н.В., магистрант отд. Материаловедения	Исполнитель	1.Планирование эксперимента 2.Проведение эксперимента 3.Анализ результатов, написание рекомендаций	1300
2	Бабаев А.С., НИ ТПУ, к.т.н., доцент	Руководитель, эксперт	1.Консультация по теоретической части проекта. 2.Помощь в планирование эксперимента. 3.Помощь в проведение анализа эксперимента	130
Итого:				1430

Ограничения и допущения проекта.

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

Таблица 14

«Ограничения проекта»

Фактор	Ограничения/допущения
3.1. Бюджет проекта	210742,9
3.1.1. Источники финансирования	ООО «ПК МИОН» г.Тосмк, НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.05.2017-20.11.2017
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	10.07.2017
3.3. Прочие ограничения и допущения*	-

План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Календарный график представляется в виде таблицы 16.

Код работы (из ИСР)	Название	Дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Постановка целей и задач	3	01.05.2017	04.05.2017	Бабаев А.С.
2	Изучение литературы	30	05.05.2017	05.06.2017	Бабаев А.С. Лаптев Н.В.
3	Разработка календарного плана	4	07.06.2017	11.06.2017	Бабаев А.С. Лаптев Н.В.
4	Обсуждение литературы	23	12.06.2017	05.07.2017	Бабаев А.С. Лаптев Н.В.
5	Разработка ТЗ	12	09.07.2017	20.07.2017	Бабаев А.С. Лаптев Н.В.
6	Составление плана эксперимента	3	21.07.2017	23.07.2017	Бабаев А.С. Лаптев Н.В.
7	Эксперимент	40	23.07.2017	31.08.2017	Лаптев Н.В.
8	Анализ результатов эксперимента	39	01.09.2017	13.10.2017	Лаптев Н.В.
9	Составление отчета	5	15.10.2017	20.10.2017	Бабаев А.С. Лаптев Н.В.
10	Подведение итогов	19	22.10.2017	10.11.2017	Бабаев А.С. Лаптев Н.В.
Итого:		178			

«Календарный план-график проведения НИОКР по теме»

Код работ ы	Вид работы	Исполнитель	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ						
				май.	июнь.	июль.	август.	сентябрь.	оетябрь	ноябрь.
1	Постановка целей и задач	Бабаев А.С.	3							
2	Изучение литературы	Лаптев Н.В.	30							
3	Разработка календарного плана	Бабаев А.С. Лаптев Н.В.	4							
4	Обсуждение литературы	Бабаев А.С. Лаптев Н.В.	23							
5	Разработка ТЗ	Бабаев А.С. Лаптев Н.В.	12							
6	Составление плана эксперимента	Бабаев А.С. Лаптев Н.В.	3							
7	Эксперимент	Лаптев Н.В.	40							
8	Анализ результатов эксперимента	Лаптев Н.В.	39							
9	Составление отчета	Бабаев А.С. Лаптев Н.В.	5							
10	Подведение итогов	Бабаев А.С. Лаптев Н.В.	19							



- руководитель



- инженер

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы 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.

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 17

«Сырье, материалы, комплектующие изделия»				
Наименование, марка	Размер	Кол-во, шт.(кг)	Цена за единицу (кг), руб	Сумма, руб.
ZDCW1503ADTR пластина		100	156	15 600
Изготовление спец. оснастки	250x300	1		5 000
Абразив HSC 1/300		50	450	22 500
Всего за материалы				43 100
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				1 724
Итого по статье С _м				44 824

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:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб}$$

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:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} * M}{F_{д}}$$

где: $Z_{м}$ – 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;

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{м} = Z_{б} * (k_{пр} + k_{д}) * k_{р}$$

где: $Z_{б}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 18.

Таблица 18

«Расчет основной заработной платы»

Исполнители	$Z_{б}$, руб	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$	$Z_{дн}$	$T_{р}$	$Z_{осн}$
Руководитель	21880	1,2	1,1	1,3	65421,2	380,1	70	26 607
Инженер	14874	1,2	1,1	1,3	44473,26	258,4	175	45 220

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:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}$$

где: $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 19

«Заработная плата исполнителей НТИ»		
Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	26 607	45 220
Дополнительная зарплата	2660	4522
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	79 009	

4) Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

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

$$C_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 * 79 009 = 23 702,7 \text{ руб.}$$

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:

$$C_{\text{накл}} = K_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

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

$$C_{\text{накл}} = K_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 * 79 009 = 63 207,2 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости проведения исследований. Все данные сведены в таблицу 20.

Таблица 20

«Группировка затрат по статьям»	
Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	44 824
Основная заработная плата	71827
Дополнительная заработная плата	7182
Отчисления на социальные нужды	23 702,7
Накладные расходы	63207,2
Итоговая плановая себестоимость	210742,9

Общие итоги финансирования и расходов

Итоговая плановая себестоимость составила 210 742,9 рублей, финансирование составило 50 000 рублей. Посчитаем разницу:

$$210\,742,9 - 200\,000 = 10\,742,9 \text{ р.}$$

Разница составляет 10 742,9 рублей, расходы превышают поступления. Разработка и выполнение проекта велось на средства ООО «ПК МИОН», с использованием оборудования и материалов предприятия. Таким образом, недостающая разница в финансировании проекта была покрыта за счет возможностей компании.

Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности.

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).

Согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

«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.Разработка ТЗ	И	У
6.Составление плана эксперимента	И	У
7.Эксперимент	И	О
8.Анализ результатов эксперимента	И	С
9.Составление отчета	И	У
10.Подведение итогов	И	С

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. 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.

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 22

«Весовые коэффициенты признаков НТУ»

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

Таблица 23

«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 24

«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 25

«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

«Оценка уровня научно-технического эффекта»

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

«Сводная таблица оценки научно-технического уровня НИР»

Фактор НТУ	Значимость	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень новизны	0,3	Относительно новая	4	Обобщение и систематизация данных о различных финишных технологиях для полирования РИ, формирование рекомендаций по выбору параметров для буксирного полирования.
Теоретический уровень	0,2	Элементарный анализ связей между фактами	2	Разработка конструкции переходника для обработки СМП на буксирном оборудовании
Возможность реализации	0,5	В течение первых лет	10	Повсеместное внедрение технологии буксирного полирования в отечественное инструментальное производство

Из сводной таблицы оценки научно-технического уровня НИР можно сделать вывод, что несмотря на невысокий теоретический уровень и отсутствия принципиально новой информации, анализ накопленного промышленностью опыта в области полирования осевого режущего инструмента позволило в короткие сроки реализовать пуско-наладочные работы по полированию сменных многогранных пластин на не приспособленном для этого оборудовании, что позволит сэкономить миллионы рублей на покупке дорогостоящего оборудования.

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

$$K_{\text{НТУ}} = 0,3 \cdot 4 + 0,2 \cdot 2 + 0,5 \cdot 10 = 1,2 + 0,4 + 5 = 6,6$$

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

Реестр риска проектов

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

Таблица 28

«Реестр рисков»

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Поставки материала	Срыв поставок материала	3	3	Средний	Найти Российские аналоги	Ввод санкций
2	Экономический	Снижение финансирования	3	3	Средний	Найти материалы по низкой цене	Экономический кризис
3	Технический	Изменение технологии обработки	2	2	Низкий	Применение оборудования конкурента	Увеличение производительности

Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где I_{Φ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где I^a – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 29

«Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта»

	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог1	Аналог2	Аналог3
Способствует росту производительности труда пользователя	0,25	3	5	1	2
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	3	5	1	1
Помехоустойчивость	0,05	1	1	1	1
Энергосбережение	0,05	1	1	1	1
Надежность	0,1	5	3	1	1
Материалоемкость	0,2	5	3	4	4
Вложения	0,25	5	1	1	1
ИТОГО	1	21	19		

$$I_{ТП} = 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 = 3,9;$$

$$I_{Аналог1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,25 = 3,5.$$

$$I_{Аналог2} = 1 \cdot 0,25 + 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,25 = 2,6.$$

$$I_{Аналог3} = 2 \cdot 0,25 + 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,25 = 1,85.$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$)

определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a}.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a},$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ - сравнительная эффективность проекта;

Таблица 30

«Сравнительная эффективность разработки»

№ п/п	Показатели	Аналог1	Аналог2	Аналог3	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	2,18	1,2	1,4	1,05
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,5	2,6	1,85	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	1,6	2,16	1,32	3,71
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	3,71			

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление технологии буксирного полирования относительно аналогов, т.к. значение меньше аналогов.

При сравнение значений интегральных показателей эффективности разработки и аналога, можно сказать, что более эффективным для полирования РИ является технология буксирного полирования.

Список литературы

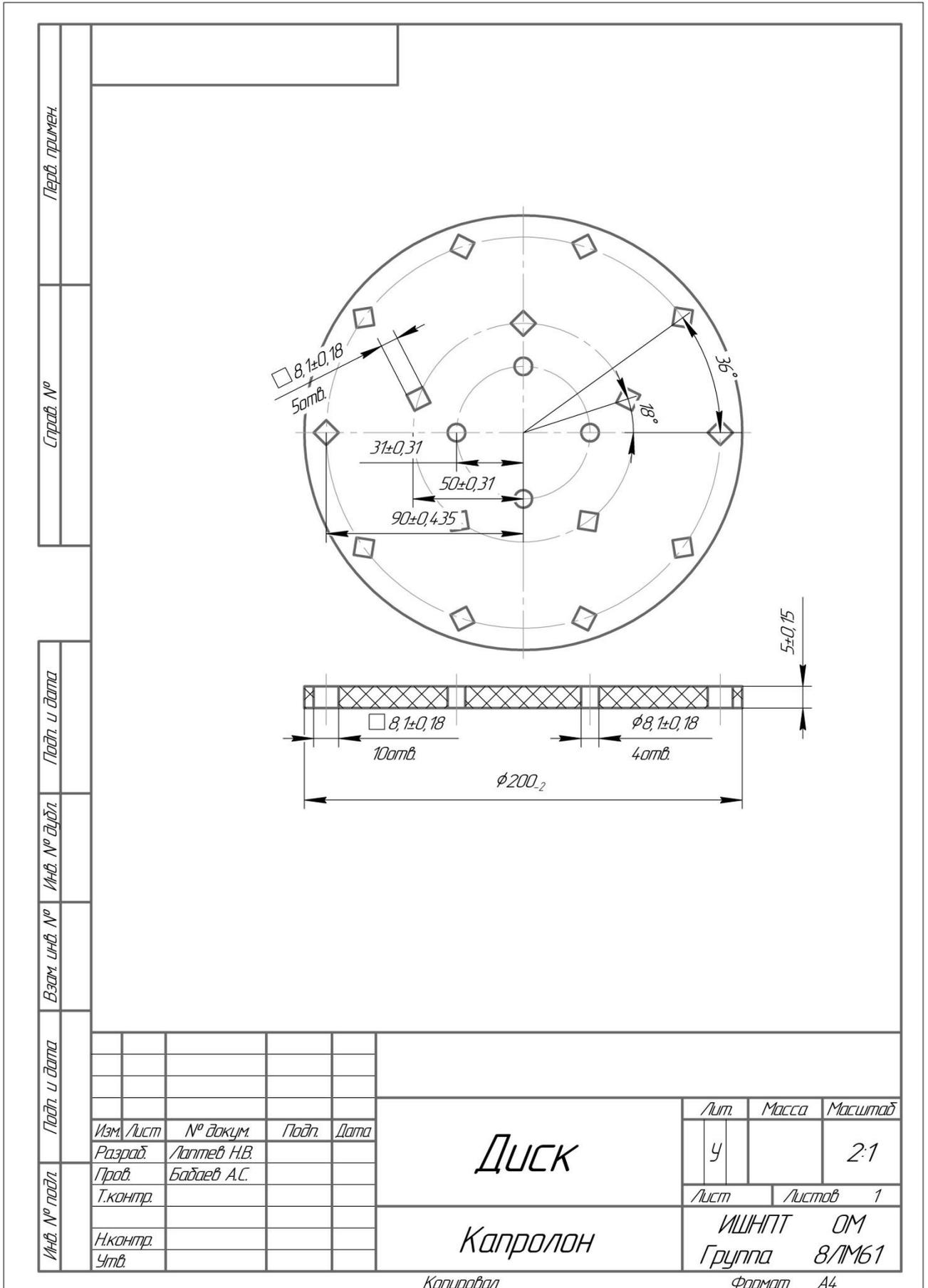
1. Бабаев А.С., Лаптев Н.В., Чарторийский В.П. Исследование влияния условий буксирного полирования режущих инструментов на изменение микрогеометрии режущих кромок // Актуальные проблемы в машиностроении. - 2016 - Т. 4 - №. 1. - С. 75-80.
2. Башков В.М., Кацев П.Г. Испытания режущего инструмента на стойкость. – М: Машиностроение , 1985. – 136 с., ил.
3. Григорьев, С.Н. Технологические методы повышения износостойкости контактных площадок режущего инструмента / С.Н. Григорьев, В.П. Табаков, М.А. Волосова. - Старый Оскол: ТНТ. 2011. -378 с.
4. Демме А., Циклоидальные кривые или трохоиды, Матем. просв., 1937, выпуск 11, 19–28.
5. Кожевников Д.В., Кирсанов С.В. Резание материалов. –М.: Машиностроение, 2007. – 304 с.
6. Лаптев Н.В., Бабаев А.С. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТОДОМ БУКСИРНОГО ПОЛИРОВАНИЯ // МОЛОДЁЖЬ И СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. – 2018. – С. 257-258.
7. Лаптев Н.В. Изменение радиуса округления режущих кромок концевых фрез, обработанных по технологии DRAG FINISHING // Высокие технологии в современной науке и технике: сборник трудов V Международной научно- технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Томск, 5-7 Декабря 2016. - Томск: STT, 2016 - С. 427-428.
8. Современные технологии изготовления цельных твердосплавных осевых режущих инструментов: учебное пособие / С.В. Кирсанов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 85 с.
9. Технология изготовления режущего инструмента / А.И. Барсов, А.В. Иванов, К.И. Кладова и др. –М.: Машиностроение. –1979. –136 с.
10. Фальковский В.А., Боровский В.Г. Твердые сплавы на основе карбида вольфрама с нанозернистой и ультратонкой структурой // Цветные металлы. –2010. –№ 5. –С. 106-112.
11. Фальковский В.А., Клячко Л.Н. Твердые сплавы. –М.: Издательский дом «Руда и металлы». –2005. –416 с.

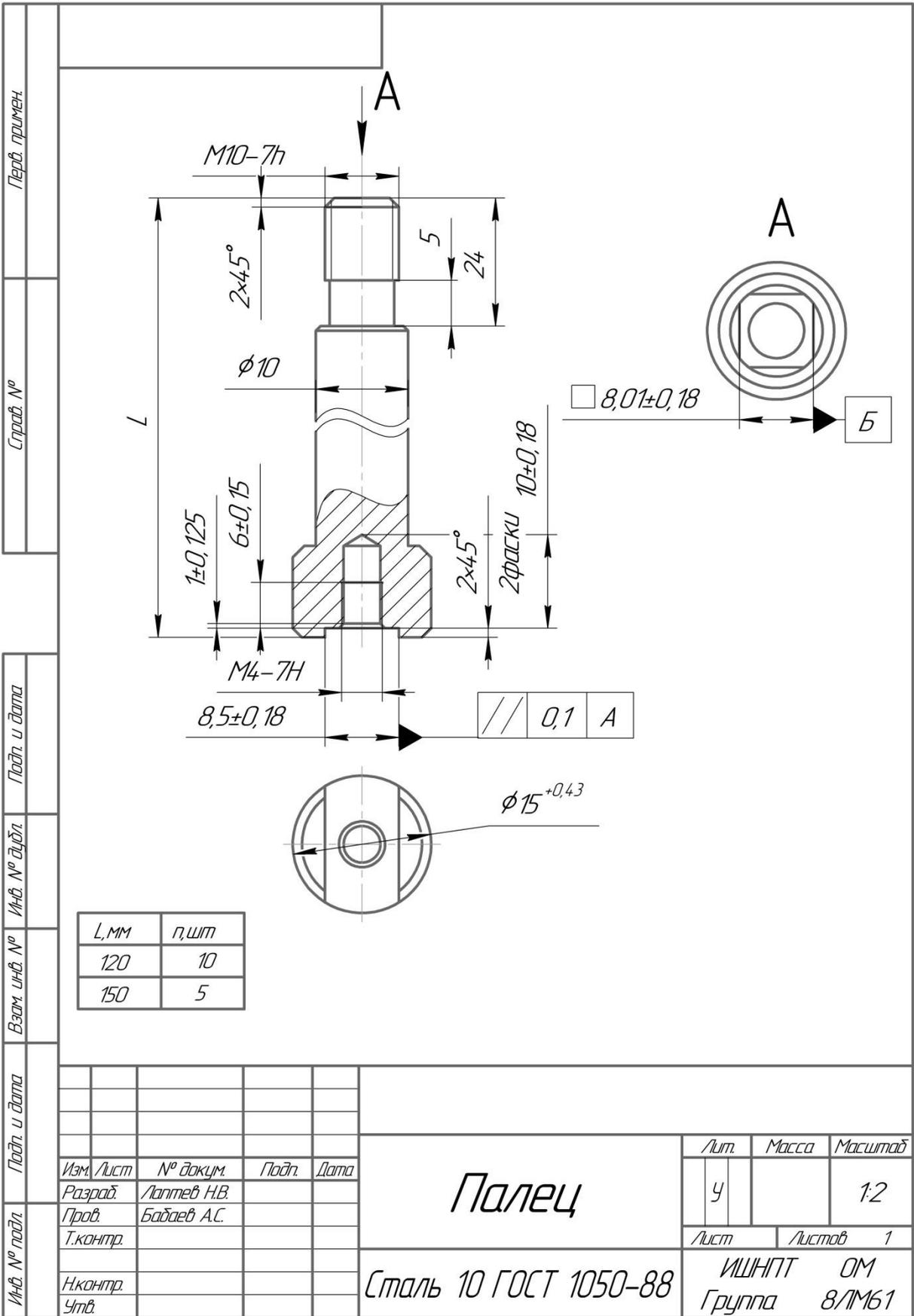
12. Халет Г.Л. Прочность режущего инструмента. М., «Машиностроение», 1975. 168 с. с ил.
13. Frankowski G. et al. Real-time 3D Shape Measurement with Digital Stripe Projection by Texas Instruments Micromirror Devices (DMD). Proc. of SPIE.V. 3958. (2000). P. 90-106.
14. Rodriguez C. Cutting edge preparation of precision cutting tools by applying micro-abrasive jet machining and brushing, Kassel University press GmbH, Kassel. (2009). 205 p.
15. Denkena, B. Cutting edge geometries. CIRP Annals / B. Denkena, D. Biermann// Manufacturing Technology. 63 (2). (2014). P. 631-653.
16. Бабаев А.С., Чарторыйский В.П. Изучение микрогеометрии режущих кромок ружейных свёрл с использованием микроскопа MikroCAD // Обработка металлов (Технология, оборудование, инструменты). 2015. №2. С. 309-312.
17. Кашук В. А., Верещагин А. Б. Справочник шлифовщика.—М.: Машиностроение, 1988.— 480 с: ил.
18. MikroCAD^{premium} [электронный ресурс] // «LMI 3D»: [сайт] – режим доступа: <https://lmi3d.com/products/mikrocad>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
19. Alicona InfiniteFocus [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: <http://www.alicon.com/products/infinitefocus/>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
20. Platite. Compendium 47 Russian [электронный ресурс] // «Platite» [сайт] – режим доступа: https://www.platit.com/sites/default/files/pdf/compendium_ruv47.pdf – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
21. ScineDirect [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814002732>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
22. Google Patents [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: <https://patents.google.com/patent/DE102012025233B4/de?oq=DE102012025233A1>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
23. Sandvik Coromant [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/Pages/versatile-solutions.aspx>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
24. SCHNEEBERGER [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: <http://schneeberger.swiss/en/products/production-grinding/spline/gears-grinding/corvus-ctype.html>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).

25. Portal Tpu [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: http://portal.tpu.ru/SHARED/k/KIRSSANOV/met_work/Tab2/Tab1/ST3.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
26. OTEC Präzisionsfinish GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: <https://www.otec.de/de/produkte/gleitschleifen/schleppfinishanlagen/serie-df>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
27. OTEC Präzisionsfinish GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: https://www.otec.de/fileadmin/uploads/Downloads/Prospekte/DF_Prospekt_EN.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
28. OTEC Präzisionsfinish GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: http://www.hn-obt.ch/OTEC-Schleppschleifanlage-Serie-DF-Tools_HN-OBT.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
29. OTEC Präzisionsfinish GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: https://www.otec.de/fileadmin/user_upload/mediapool/pdf/fachberichte/serie_df/mw_05_10_0124.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
30. OTEC Präzisionsfinish GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: https://www.otec.de/fileadmin/user_upload/mediapool/pdf/fachberichte/allgemein/Verrundung_von_Schneidkanten_per_Knopfdruck_07_08.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
31. OTEC Präzisionsfinish GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: https://www.otec.de/fileadmin/user_upload/mediapool/pdf/fachberichte/allgemein/PR_Perfekte_Oberflaechen_bei_Zerspanungswerkzeuge_10_09.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
32. OTEC Präzisionsfinish GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: https://www.otec.de/fileadmin/uploads/Downloads/Prospekte/Verfahrensmittel_Prospekt_EN.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
33. Toolgal [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: http://www.toolgal.com/wp-content/uploads/2016/03/Cataloge-2016_EN.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
34. René Gerber AG [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: <http://www.gerbermaschinen.ch/de/Produkte/Buerstpoliermaschinen/BP-MX>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 29.04.2018).
35. Graf Technik GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: <http://www.graf-technik.de/en/products/wet-blast-cleaning-systems>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 29.04.2018).

36. Bel Air - Mass Finishing Equipment & Media [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: http://www.belairfinishing.com/Drag_Finishers.htm#vdragPage, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 29.04.2018).
37. Rosler [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: <https://ru.rosler.com/ru-ru/produkcija/galtovochnaja-tehnika/ustanovki-dlja-buksirnoi-galtovki>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 29.04.2018).
38. Magnetfinish GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: <http://www.magnetfinish.com/products.html>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 29.04.2018).
39. Elma Schmidbauer GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: <https://www.elma-ultrasonic.com/ru/produkty/ultrazvukovye-vanny/elmasonic-s/#tabs|p55:features>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 29.04.2018).
40. DMGMORI [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: <https://ru.dmgmori.com/products/machines/turning/universal-turning/ctx-ecoline/ctx-310-ecoline>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 29.04.2018).
41. Mitutoyo [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: http://mitutoyo.ru/files/5114/4474/4045/151005_MitutoyoRoundtestFormtracer_Promo_RU_WEB.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 29.04.2018).
42. OTEC Präzisionsfinish GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: http://www.hn-obt.ch/OTEC-Schleppschleifanlage-Serie-DF-Tools_HN-OBT.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
43. OTEC Präzisionsfinish GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: https://www.otec.de/fileadmin/user_upload/mediapool/pdf/fachberichte/allgemein/PR_Perfekte_Oberflaechen_bei_Zerspanungswerkzeuge_10_09.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
44. Bienemann R. Evaluation der Schneidkantenbelastung beim Gewindebohren schwer zerspanbarer Werkstoffe // Ralf Bienemann. - Kassel University. Dr.-Ing. Autoref. - 2009. 12. Tikal F.
45. Schneidkantenpräparation Ziele, Verfahren und Messmethoden. Berichte aus Industrie und Forschung/ F. Tikal, R. Bienemann, L. Heckmann. Kassel University Press GmbH, Kassel. 2009. - 193 S.

Приложение А

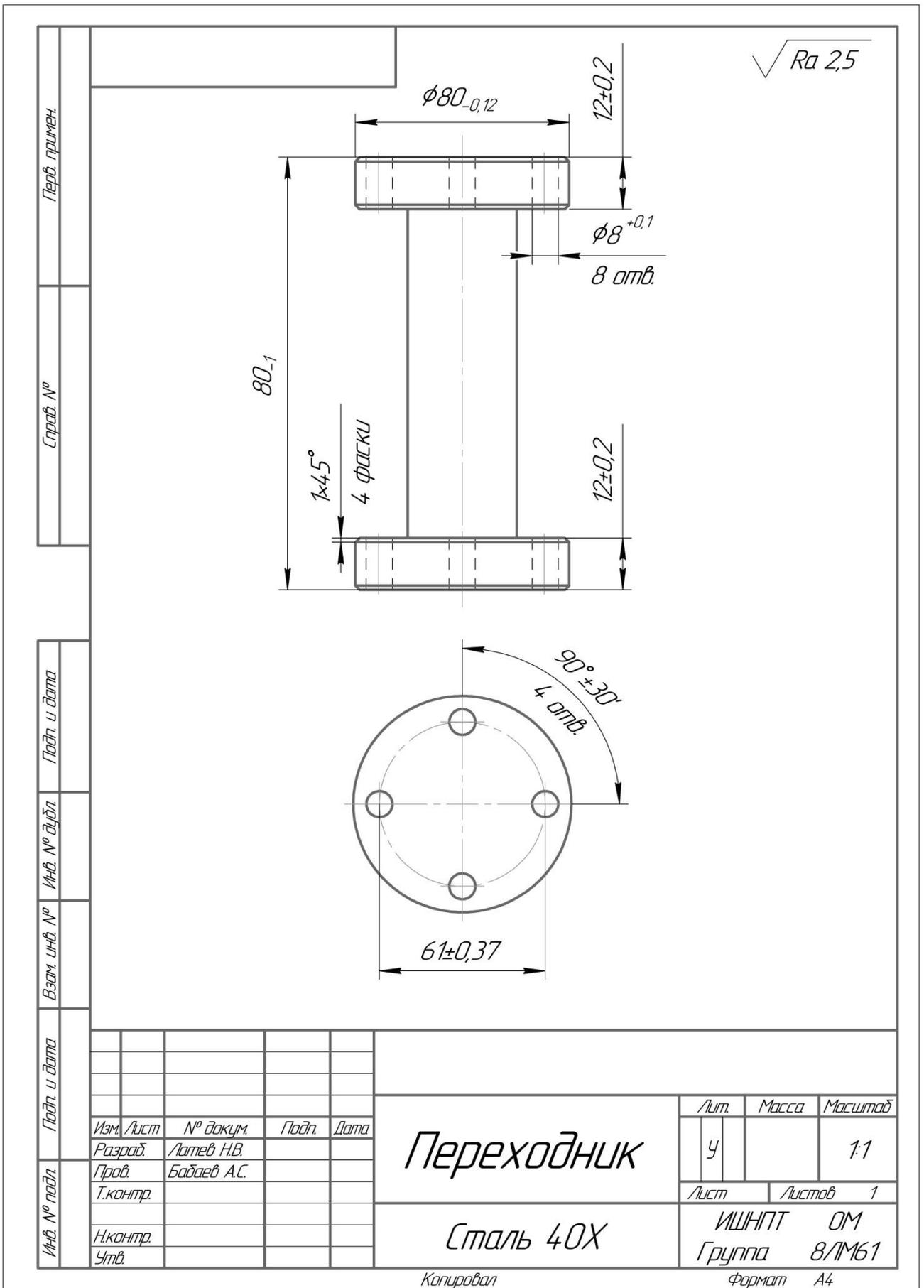




L, мм	п, шт
120	10
150	5

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Палец</h1>	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.	Лоптев Н.В.					У		1:2
Проб.	Бабдаев А.С.					Лист	Листов	1
Т.контр.						Сталь 10 ГОСТ 1050-88		
И.контр.					ИШНПТ ОМ			
Утв.					Группа 8/М61			
						Формат А4		

Копировал



Приложение В

Ein modernes Verfahren zu Entgratung und Kantenverrundung von Werkzeugen

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8лмб1	Лаптев Н.В.		

Руководитель ВКР _____

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Бабаев А.С.	к.т.н.		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Щеголихина Ю.В.	к.ф.н.		

Mikroprozesse an der Schneidkante

In der Zerspangung werden unterschiedliche Schneidkantenpräparationen eingesetzt, um die Schneidkante zu stabilisieren, Kerbverschleiß zu reduzieren, die Oberflächenqualität zu erhöhen oder bei der Grobbearbeitung die Schneidkante durch eine Schutzfase zu entlasten. Die Schneidkantenarchitektur beeinflusst dabei die Ausprägung der Deformationszonen, die Temperaturverteilung, die Eigenspannungen und die Schnittkräfte, sodass Verschleißbeständigkeit und Oberflächenintegrität des Bauteil maßgeblich von der Schneidkantengestaltung abhängen.

Abb. 1 zeigt unterschiedliche Aspekte der Schneidkante, die benutzt werden können, um eine Schneidkantenpräparation vollständig zu beschreiben. Zu nennen sind vor allem die Art und das Ausmaß der Kantenverrundung. Daneben spielen die Oberflächentopografie sowie die Schartigkeit des Kantenprofils eine entscheidende Rolle. Aber auch Keilund Spanwinkel tragen ihren Teil zur Wirkung der Kantenpräparation bei, da sie festlegen, in welchem geometrischen Eingriffsverhältnis der Schneidkeil wirkt. Letztendlich bestimmt gerade das geometrische Eingriffsverhältnis über die Schneidwirkung und Stabilität des Schneidkeils [5].

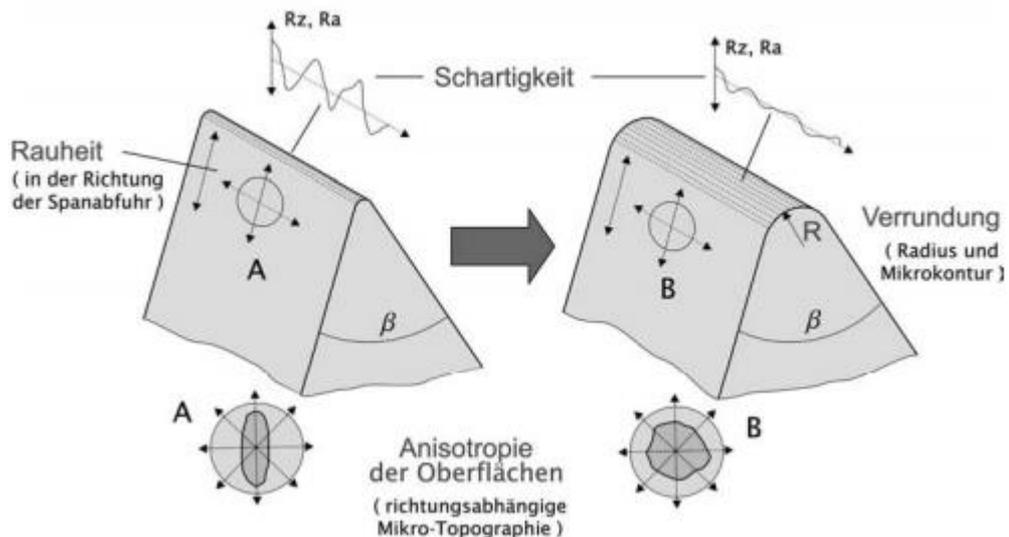


Abb. 1: Charakterisierung der Schneidkantenarchitektur [5]

Günstige Schneidkantenarchitekturen beeinflussen die Leistung eines Zerspanwerkzeugs auf zwei Weisen. Zum einen kann durch die Kantenpräparation die Zuverlässigkeit moderner Schneidstoffe merklich erhöht werden. Zum anderen wird das Versagen der Schneidkante herausgezögert und somit die Standzeit merklich erhöht. Die Werkzeugendkunden realisieren somit drastische Kostenreduzierungen und Leistungssteigerungen. Und das unabhängig von der Frage, ob konfektionierte Standard- oder Spezialwerkzeuge eingesetzt werden. In der Vergangenheit hat die Kantenpräparationstechnologie mit der rasanten Entwicklung des

Schneidstoffsektors kaum mitgehalten, daher wird derzeit im Kantensektor geforscht. Und obwohl die Fertigungsprozesse der Werkzeugentwickler in höchstem Maß effektiv sind, bleibt ein Bedarf an Kantensäuberung und Kantengestaltung bestehen. Dabei ist die Anwendung der Präparationstechnologie für viele Anwender mehr Kunst als Wissenschaft, und Gleitschleifen gilt meist als prozesssichere Fertigungsalternative, die vor allem durch die Anlagenflexibilität und das Anwenderwissen begrenzt ist. Problematisch ist der Umstand, dass bei dem Verfahren die Schneidenecken meist zu stark bearbeitet werden, und das Arbeitsergebnis schwer zu steuern ist, da die Ausgangsqualität der Bauteile sehr stark variiert. Infolgedessen sind die Streubreiten der Präparationen groß und Kantenpräparationsprobleme stehen an der Tagesordnung.

An eine ideale Schneidkantenverrundung werden eine Reihe von Anforderungen gestellt. So müssen die präparierten Kanten anwendungstechnischen Anforderungen (Geometrie, Variabilität) genügen, wobei die Streuung innerhalb enger Grenzen liegen muss. Darüber hinaus müssen unterschiedliche Eingangsbedingungen (Schartigkeit, Grat, Abmaße) gezielt einstellbar sein. Insbesondere die Reduzierung von Graten sowie der Schartigkeit ist eine Grundvoraussetzung, um reproduzierbare Kantengeometrien zu erzeugen.

Die Schneidkantenpräparation besteht entweder aus einem Anfasen oder dem Anbringen einer Verrundung an die Schneidkante. Beim Anfasen entstehen neue scharfe Schneiden, die bei längerem Einsatz wiederum zu Ausbrüchen führen können. Zudem entstehen höhere Kräfte bei der Bearbeitung mit gefasten Werkzeugen als bei Verrundeten. Ein weiterer Vorteil verrundeter Schneidkanten ist, dass bei einer Vergrößerung der Spannungstiefe die Bearbeitungskräfte weniger steigen als bei Gefasten. Dies ist direkt auf den wirksamen Spanwinkel an der Schneidkante zurückzuführen. Entlang der Fase bleibt der Spanwinkel konstant negativ, und die Schnittkräfte steigen stärker an (Denkena, et al. 2002). Die Erforschung des Einflusses der Schneidkantengeometrie war bisher auf den mittleren Kantenradius beschränkt. Aktuelle Erkenntnisse zeigen jedoch, dass auch die Mikroarchitektur einen wesentlichen Einfluss auf die Zerspankräfte und den Werkzeugverschleiß hat. Symmetrische Kantenverrundungen stellen in der Praxis aber eher die Idealisierung dar. Darüber hinaus zeigen asymmetrische Geometrien mitunter besseres Einsatzverhalten. Zur Charakterisierung der Asymmetrie wurde daher ein K-Faktor-Modell eingeführt.

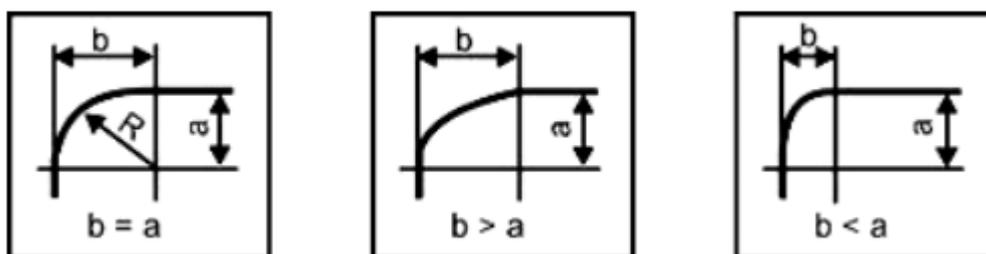


Abb. 2: Asymmetrische Kantenprofile

Hierbei werden gerade Schneidkanten bis zum Scheitelpunkt unterstellt und die Abweichung von dieser Idealkontur numerisch bestimmt. Der K-Faktor stellt in diesem Zusammenhang das Längenverhältnis der Spanflächenabweichung zur Freiflächenabweichung dar. Zusätzlich ist der Abstand zwischen höchstem Kantenpunkt und idealem Schnittpunkt (Δr) sowie die Winkellage der zugehörigen Verbindungslinie anzugeben. Ein kleines Δr bezeichnet somit ein scharfkantiges Werkzeug, wohingegen $K > 1$ ein zur Spanfläche geneigtes Profil repräsentiert. Da das vorgestellte Modell die Spannungstiefe sowie den Anstellwinkel unberücksichtigt lässt, sind alle Kenngrößen wechselseitig abhängig, und ihre Wirkung kann nicht unabhängig im Zerspanprozess bewertet werden. Versuche belegen dennoch eine Abhängigkeit der Vorschub- und Abdrängkräfte sowie eine Unabhängigkeit der Schnittkraft vom K-Faktor. [5]

Messtechnik. Zur Messung der Kantenverrundung wird ein Sensor benötigt, der sowohl in der Tiefe als auch lateral eine sehr hochauflösende Messung erlaubt. Um eine Verrundung von 10 μm Radius zu vermessen wird idealerweise ein Auflösungsvermögen von weniger als 1 μm benötigt. Dies macht optische Sensoren zwingend erforderlich. Um günstige Messbedingungen zu erhalten, sollte die Probe annähernd symmetrisch zum Lichtstrahl ausgerichtet sein und günstige optische Eigenschaften besitzen. Stark geneigte Messflächen bereiten diesbezüglich Probleme. Der Sensor sollte darüber hinaus dynamisch reagieren, da große Reflexionsgradienten auftreten. Taktile Messgeräte bereiten aufgrund der Tastspitzenproblematik z. T. Probleme. Im Bereich bis etwa 30 μm ist die Streifenlichtprojektion vorteilhaft.

Bei der Entwicklung neuartiger Schneidkantearchitekturen ist die Bestimmung des mittleren Kantenradius häufig zu ungenau. Die Charakterisierung entsprechend des K-Faktormodells ist hier aussagekräftiger.

Der K-Faktor ist das Verhältnis der Verlängerungen der geraden Span- und Freiflächen und indiziert, ob eine Schneidkante zur Span- oder Freifläche geneigt ist. Die Abflachung ist durch den Abstand zwischen idealem und realem Schnittpunkt repräsentiert. Das auf der Streifenlichtprojektion basierende Kantenmessgerät ermittelt die Kenngrößen automatisch und reproduzierbar. Die zusätzliche Bestimmung der Schartigkeit ist im Wesentlichen eine Rauheitsmessung, bei der die Messposition an der Kantenspitze liegt. Die Messung muss auf dem höchsten Punkt erfolgen. Eine Anforderung, die mit kleineren Radien zunehmend schwerer ist. Für den Vergleich mit Messdaten nach dem Einsatz ist eine hochgenaue Ausrichtung der Messdaten erforderlich, die anhand der unverschlissenen Flanken von Span- und Freifläche durchgeführt wird.

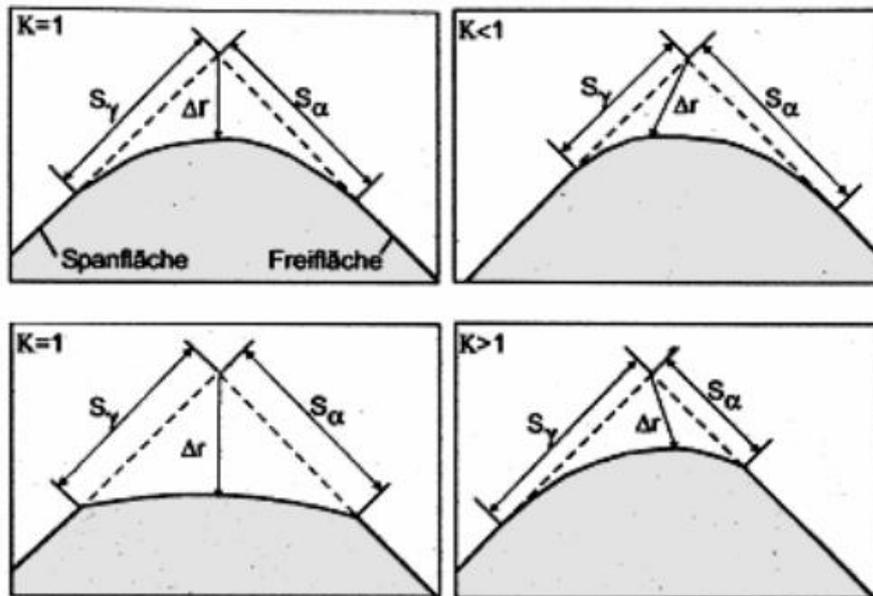


Abb. 3: K-Faktormodell [4]

Die Schneidkantenabschnitte des K-Faktor-Modells besitzen einen wesentlichen Einfluss auf den Zerspanprozess. Einerseits bestimmt der Freiflächenabschnitt die Reibverhältnisse zwischen Werkzeug und Bauteil (Kontaktlänge, Temperatur, Passivkräfte). Andererseits bestimmt das Verhältnis die Verschiebung des effektiven Spanwinkels bei geringen Spannungstiefen. Traditionell erfolgt die Kantenmessung taktil.[4]

Schleppscheifen. Durch Schleppscheifen können rotierende Werkzeuge gezielt verrundet werden. (Denkena, B. (Hg.) 2005) Das Verfahren scheint wegen seiner Kinematik geeignet, reproduzierbare kleine Radien ($< 10 \mu\text{m}$) erzeugen zu können. Die zu bearbeitenden Werkzeuge werden in der Schleppscheifmaschine in die Satellitenträger eingespannt, die ihrerseits mittels eines Trägerarms auf einer Kreisbahn durch den Behälter mit dem Schleifmedium geführt werden. Das Aufprallen und Abgleiten des Mediums an den Werkzeugen erzeugt die Schleifwirkung an den betroffenen Stellen. Die Werkzeuge rotieren zusätzlich um die eigene Achse, was eine gleichmäßige Behandlung aller Werkzeugbereiche gewährleistet. Infolge wechselnder Hebelarmverhältnisse treten jedoch keine kritischen, kinematischen Änderungen der Anströmgeschwindigkeit auf. Grobes Schleifgranulat ($> 2 \text{ mm}$) bewirkt eine unregelmäßige Kantenformung, wohingegen feines Korn ($< 0,1 \text{ mm}$) gut regelbare Verrundungen erzeugt. Ein wichtiger Einflussfaktor ist die Eintauchtiefe. Größere Eintauchtiefen bewirken größere Radien bei konstanten Peripheriebedingungen. Die Standweguntersuchungen zeigen, dass verrundete Kanten bei gleicher Belastungsexposition weniger ausbrechen, was auf eine geringe Kerbschwächung infolge der Schartigkeitseinebnung durch das Gleitschleifen hindeutet. Der Hauptverschleiß tritt dann an der Schneidecke auf. Standwegerhöhungen von 360 %

(unbeschichtet) sind realisiert worden. Bereits bei einer Verrundung von 4 µm tritt eine merkbare Kantenstabilisierung auf.[4]

Schleppschleifverfahren, ein modernes Verfahren zu Entgratung und Kantenverrundung von Werkzeugen.

In der industriellen Fertigung kommt das Schleppschleifverfahren immer häufiger zur Anwendung. Sein Einsatzspektrum reicht vom Polieren künstlicher Kniegelenke über das Glätten von Zahnflanken bei Getriebezahnrädern in der Formel 1, bis hin zur Bearbeitung von Schneidwerkzeugen. Das Schleppschleifen kommt immer dann zum Einsatz, wenn hochwertige Oberflächen, hohe Traganteile oder definierte Kantenverrundung gefragt sind. Die Arbeitsergebnisse sind prozesssicher und reproduzierbar.

Der Aufbau von Schleppschleifmaschinen ist relativ einfach. Sie benötigen wenig Aufstellraum und der Invest ist überschaubar. Das Verfahren ist umweltfreundlich und bietet neben einer breiten Auswahl an Schleifmittel die Möglichkeit, eine Vielzahl von Parametern zu beeinflussen, um so den gestiegenen Anforderungen an Werkstoffe und Geometrie Rechnung zu tragen.



Abb. 1: Schleppschleifmaschine[26]

Funktion der Maschine

Verfahrensbedingung wird beim Schleppschleifen, wie die Abb. 2 zeigt, eine Vielzahl von Werkstücken in vertikal angeordnete Spannzangen (siehe Abb.3 -Abb.5) aufgenommen. Für die Bearbeitung taucht das Werkzeug in ein ruhendes Schleif- oder Poliermedium ein. Es rotiert dabei um die eigene Achse und bewegt sich gleichzeitig auf einer Planetenbahn.

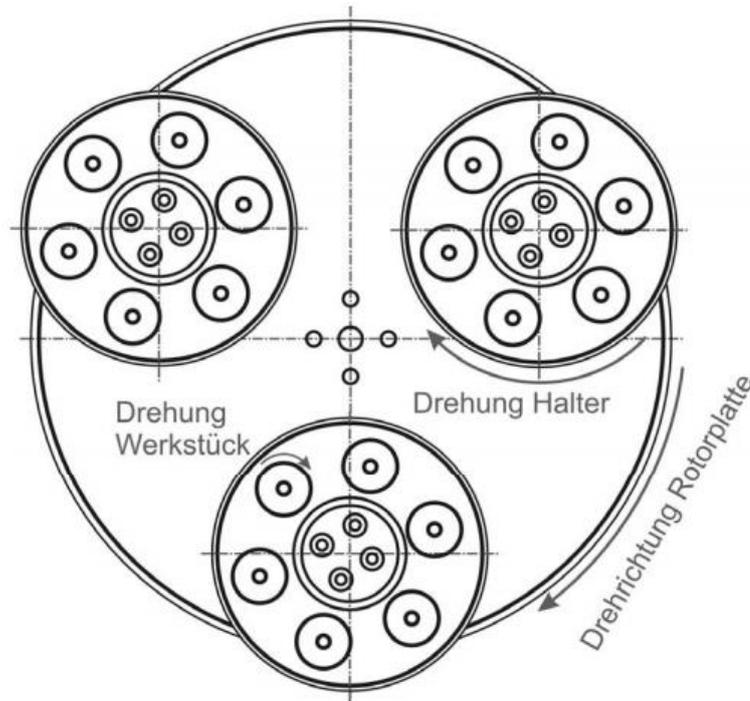


Abb. 2: Prinzipskizze Gleitschleppschleifen [4]

Durch das Halten der Werkstücke in Spannzangen wird ein gegenseitiges Beschädigen der Werkzeuge untereinander verhindert. Jedes der hier aufgeführten Spannsysteme hat Vor- und Nachteile und ist für einen bestimmten Einsatzbereich konzipiert.

Das Spannen der Werkzeuge über die Kunststoffbuchsen (Abb.3a) ist besonders geeignet für Losgrößen unter 100 Stück. Es überzeugt durch seine preiswerten Spannzangen, die in verschiedenen Ausfertigungen, passend für unterschiedliche Durchmesser, einfach und mit geringem Aufwand wechselbar sind. Zusätzlich gibt es noch eine Reihe unterschiedlicher Sonderaufnahmen, die z.B. für Aufnahme von Wendeschneidplatten (Abb.3b) geeignet sind. Bei den Schnellspannaufnahmen (Abb.3c) werden die Werkzeuge über Federkraft gehalten und können mittels eines Hebels einfach und schnell gelöst und ausgetauscht werden. Dieses System eignet sich besonders für Losgrößen über 100 Stück, da der Spannbuchsenwechsel minimal aufwendiger ist.

Zusätzlich gibt es noch eine Reihe unterschiedlicher Sonderaufnahmen, die z.B. für Aufnahme von Wendeschneidplatten (Abb.3b) geeignet sind.

Bei den Schnellspannaufnahmen (Abb.3c) werden die Werkzeuge über Federkraft gehalten und können mittels eines Hebels einfach und schnell gelöst und ausgetauscht werden. Dieses System eignet sich besonders für Losgrößen über 100 Stück, da der Spannbuchsenwechsel minimal aufwendiger ist.



Abb.3: a) Aufnahme für Schaftwerkzeuge (antriebener Halter); [1]

b) Sonderaufnahme für Wendeschneidplatten (antriebener Halter);

c) Antriebener Halter mit Schnellspannaufnahmen für Schaftwerkzeuge;

Im Schleppschleifprozess umströmt das Schleifmedium gleichmäßig das Werkstück. Durch den entstehenden Anpressdruck und die Relativgeschwindigkeit werden die Werkstücke bearbeitet. Je nach Maschinenausführung können bei einem Durchmesser von maximal 65 mm bis zu 60 Werkstücke auf einmal bearbeitet werden. Typische Bearbeitungszeiten für das Kantenverrunden von Hartmetallwerkzeuge sind 2-10 Minuten. Für das Polieren von Kniegelenken werden bis zu 2 Stunden benötigt. [4]

Einflussparameter

Schleifmedia. Durch die Auswahl der entsprechenden Schleifmedia, kann die Bearbeitung wesentlich beeinflusst werden. Die zur Geltung kommende Faktoren sind die Korngröße, die Härte und die Dichte der Media. In diesem Bericht sollen nur die gebräuchlichsten Media für die Bearbeitung von Zerspanungswerkzeugen betrachtet werden. In anderen Anwendungsgebieten können auch Media, beispielsweise aus Keramik-KunststoffFormkörpern eingesetzt werden. Speziell bei den Walnusschalengranulaten (Abb. 4) können Schleif- oder Polierzusätze (wie z.B. Polierpaste P 17) zugegeben werden. Dabei dient das Granulat selbst, in diesem speziellen Fall, nur als Trägermaterial für die Pasten. Diese

bestehen im Wesentlichen aus einem Schleif- oder Polierpulver und einem Haftöl. Die Pasten sind verantwortlich für die Abtragsleistung, sowie die Beschaffenheit der Kanten und Flächen der Werkstücke . Bei den anderen Media wie HSC, SIX, QZ wird Öl zur Unterdrückung der Staubbildung zugegeben. Auch hier gilt, dass verschiedene Mediagruppen auf entsprechende Anforderungen abgestimmt sind [4].

<p>Walnussschalen-Granulat, z. B. H 1/100, H 1/400 etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bearbeitung von HSS-Werkzeugen z.B. H 1/400 • Polieren, geringes Entgraten, Kantenverrunden • Abtragsleistung je nach Schleif- oder Polierzusatz gering • Polierpaste: P 28 	
<p>Walnussschalen-Granulat, z. B. H 4/400</p> <ul style="list-style-type: none"> • Naturgranulat behaftet mit Polierpulver PP02 • Polieren von Hartmetall-Werkzeugen bei nur geringer Kantenverrundung von ca.8 µm • Entfernen von Droplets 	
<p>HSC-Granulat, z. B. HSC 1/300</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bearbeitung von HSS- und Hartmetallwerkzeugen • Polieren von beschichteten Werkzeugen und Entfernen von Droplets • Glätten und Polieren von Hartmetall-Werkzeugen • Kantenverrunden von Hartmetall bis max. 15-20 µm • Entfernung von Lot-Rückständen • Abtragsleistung je nach Körnung mittel bis stark • erzeugt sehr hohe Oberflächengüte z.B. Rz.0,5 (vorher Rz 2,5) 	
<p>TZ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kantenverrunden von Hartmetallwerkzeugen bis maximal 200 µm • Verstopft keine Kühlschmierbohrung • In den Größen 4x5mm und 2x3mm erhältlich 	
<p>QZ 1-3</p> <ul style="list-style-type: none"> • besonders starke Kantenverrundung ab ca. 30 µm • Edelkorund mit einer Größe von 1-3 mm 	

Abb.4 Schleifmedia [1]

Die Standzeit der Media schwankt zwischen 200 (Walnussgranulate) und 400 Betriebsstunden (SIX Granulate). In dieser Zeit nimmt die Polier- und Schleifwirkung um ca. 20% ab. Die Verringerung wird im Wesentlichen durch die Verrundung der Schleifkörner verursacht. Allerdings spielen auch der Abtrag des Medias und der Werkstücke eine große Rolle. Um dies zu überwachen, sind die Schleppscheifmaschinen mit einem integrierten Betriebsstundenzähler, der die Standzeit erfasst, ausgestattet.

Das HSC Granulat verrundet etwa bis zu einem Grenzwert von 15 μm . Dadurch ist eine gleichmäßige Verrundung auch bei komplexeren Strukturen, zu erzielen. Bei HSS Werkstoffen liegt der Grenzwert bei ca. 25 μm . Es ist noch anzumerken, dass die stärker verrundeten Medias, wie z. B.: QZ 1-3 bei geringen Verrundungen (15 μm) eine deutliche höhere Schartigkeit auf der Schneidkante erzeugen wie z.B. ein HSC 1/300. Deshalb ist es ratsam die geforderte Verrundung dem Schleifmittel anzupassen. Z.B. 15 μm Verrundung = HSC 1/300, 50 μm Verrundung: QZ 1-3. [4]

Drehzahl. Die bei der Bearbeitung einzustellende Drehzahl, ist mit verantwortlich für den Bearbeitungsdruck. Zusammen mit Dichte, Korngrösse und Härte der eingesetzten Media ist die Drehzahl bestimmend für die Abtragsleistung. Eine zu hoch gewählte Drehzahl führt zu einem unvollständigem Umspülen des Werkzeugs mit dem entsprechendem Media. Dadurch erfolgt eine ungleichmäßige und unzureichende Bearbeitung in der Spannut. Dabei können die auftretenden Kräfte, gerade bei dünnen und langen Werkstücken, zum Bruch des Werkzeugs führen. Die Otec Maschinen ermöglichen eine stufenlose Einstellung der Rotor und der Sonnenraddrehzahl innerhalb gewisser Grenzen. Die Drehzahlen des Rotors (Z1) sind z. B. bei einer DF 4 tools von 15-45 1/min frei wählbar. Das entspricht einer absoluten Geschwindigkeit von 0,25 bis 0,75 m/sec. Die Drehzahl des Planetenrades des Eigenrotationshalters (Z2) ist von 46 bis 140 1/min stufenlos regelbar. Das entspricht einer absoluten Geschwindigkeit von 0,3 bis 0,9 m/sec. Die Drehzahl des Werkstückes um die eigene Achse (Z4) ist maximal 500 1/min. Dies entspricht bei einem Werkstückdurchmesser von 10 mm 0,26 m/sec.

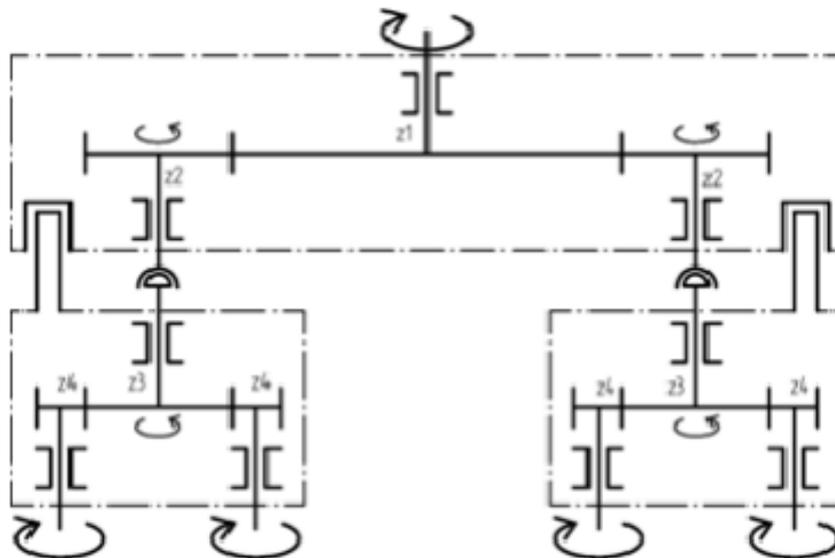


Abb. 5: Maschinenkinematik Gleitschleppscheifen

Praktische Tests haben ergeben, dass mit höherer Drehzahl (auch bei höherer Eigenrotation), die Gleichmäßigkeit der Kantenverrundung leidet. So werden bei Gewindebohrern und HM Fräsern die Spitzen und Ecken ungleich stärker verrundet werden. [4]

Bearbeitungszeit. Über die Länge der Bearbeitungszeit kann der Prozess gezielt gesteuert werden. Die Bearbeitungszeit hängt von den Eingangsgrößen und der Zielsetzung ab. Für die Dropletentfernung beträgt die Bearbeitungszeit nur wenige Sekunden, zum Kantenverrunden dagegen werden mehrere Minuten benötigt. Bei den Media ist zu beachten, dass ein grobes Media stärker (bei gleicher Zeiteinheit) abträgt, als ein feines. Bei Maschinenparametern wie beispielsweise der Drehzahl gilt, je höher die Drehzahl, desto höher der Abtrag. Festzuhalten ist, dass die Verrundung/Zeiteinheit mit der Dauer der Bearbeitungszeit abnimmt. Das heißt die Verrundung geht zunächst schnell vonstatten und wird dann immer langsamer, bis sie einen Grenzwert erreicht. Die anfänglich hohe Schartigkeit verringert sich kontinuierlich mit der Erhöhung der Bearbeitungszeit. Bei der Bearbeitung von Hartmetall lassen sich Schartigkeiten von unter $1,0 \mu\text{m}$ erzielt. [4]

Werkstückgröße. Der Einfluss der Eigenrotation auf das Ergebnis der Schneidkantenverrundung ist zu vernachlässigen, da dieser minimal ist. Entsprechend geringe Einflüsse auf das Bearbeitungsergebnis zeigen der Werkstückdurchmesser und die Länge der Werkzeuge. [4]

Eintauchtiefe. Die Eintauchtiefe ist ein wichtiger Parameter. Aufgrund des statischen Druckes, steigt der Anpressdruck des Medias mit der Eintauchtiefe. Im Allgemeinen kann man sagen, dass pro 100 mm Eintauchtiefe die Verrundungsgröße um bis zu 30% variiert.

Zusammenfassend ist erkennbar, dass die unterschiedlichen Arbeitsergebnisse zum einen von der Dichte der verwendeten Media abhängen und zum anderen von der Wahl einer geeigneten Drehzahl, da sich bei zu geringen Drehzahlen nur geringe Fortschritte erzielen lassen.

Bei den DF Tool Maschinen kann die Eintauchtiefe an der Steuerung vorgegeben werden. Beim Eintauchen der Werkstücke in der Media, wird die Werkstücklänge über einen Laser gemessen, wodurch eine genaue Positionierung gegeben ist und sich daraus eine hohe Prozesssicherheit ergibt. [4]

Kantenverrundungsprozesse vor dem Beschichten von Zerspanwerkzeugen

Die Beschichtung ist ein wesentlicher Bestandteil in der Aufbereitungskette von Zerspanwerkzeugen. Doch im Vorfeld müssen diese Werkzeuge (Bohrer, Fräser, Gewindebohrer, Wälzfräser etc.) nach dem (Nach-) Schleifen mit speziellen Verfahren beschichtungs- und somit anwendungstauglich gemacht werden. Insbesondere die Kantenverrundung spielt hier eine wesentliche Rolle. Diese Art der Vorbereitung wiederum würde auch einem unbeschichteten Werkzeug eine deutlich verbesserte Performancesteigerung bringen.[4]

Eingangskontrolle / Entschichtung. Bei der Eingangskontrolle sollten bei einem Beschichtungsunternehmen folgende Merkmale eines Werkzeuges kontrolliert werden:

- (Nach-) geschliffene Oberfläche – insbesondere in Bezug auf Schleifbrand (HSS)
- Schneiden – Restverschleiß sowie Grate

Um diese Kontrolle möglichst effizient vornehmen zu können, wird das Werkzeug (HSS & HM) vor der Kontrolle entschichtet.[4]

Entgraten. HSS Werkzeuge müssen vor der eigentlichen Schneidkantenpräparation entgratet werden, da ein überbeschichteter Grat im Einsatz sofort brechen würde und somit die Schneidkante frei läge. Dies würde einen direkten Angriff für Verschleiß bedeuten. Die Schneidkante selber ist nach dem Entgratprozess relativ inhomogen, da der Grat immer unterschiedlich bricht. Im folgenden Schritt (Schneidkantenverrundung) muss die Schartigkeit der Schneidkante egalisiert werden.[4]

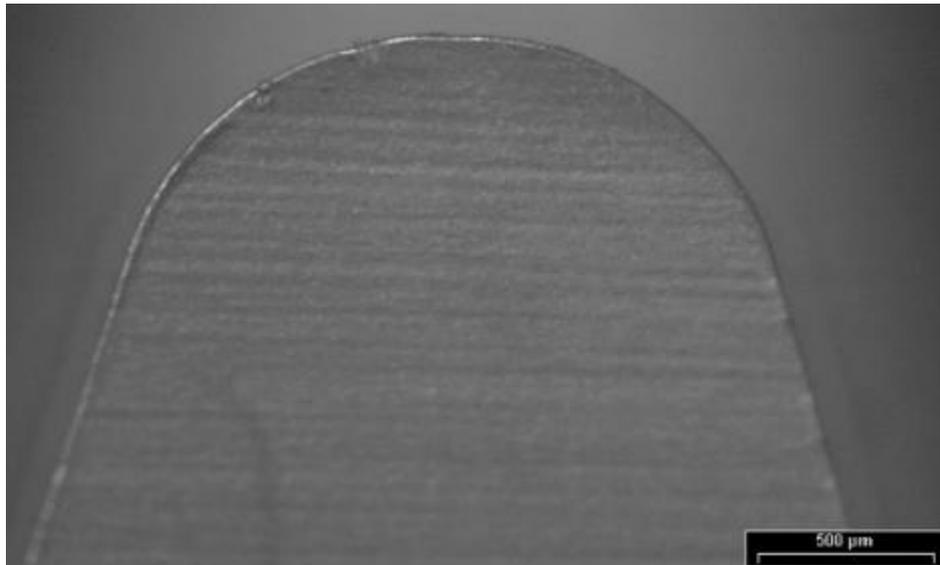


Abb. 6: Inhomogene Schneidkante nach dem Entgraten [4]

Kantenverrundung. HSS: Nun muss die Schneidkantenverrundung an das Werkzeug sowie die Bearbeitung angepasst werden. Wichtig ist hierbei, die verschiedenen großen Spandicken (Kopf-Flanke-Fuß), die der Zahn „sieht“ in der Präparation zu berücksichtigen. Somit muß der Kopf eine andere Schneidkantenverrundung aufweisen als die Flanke oder der Zahnfuß.

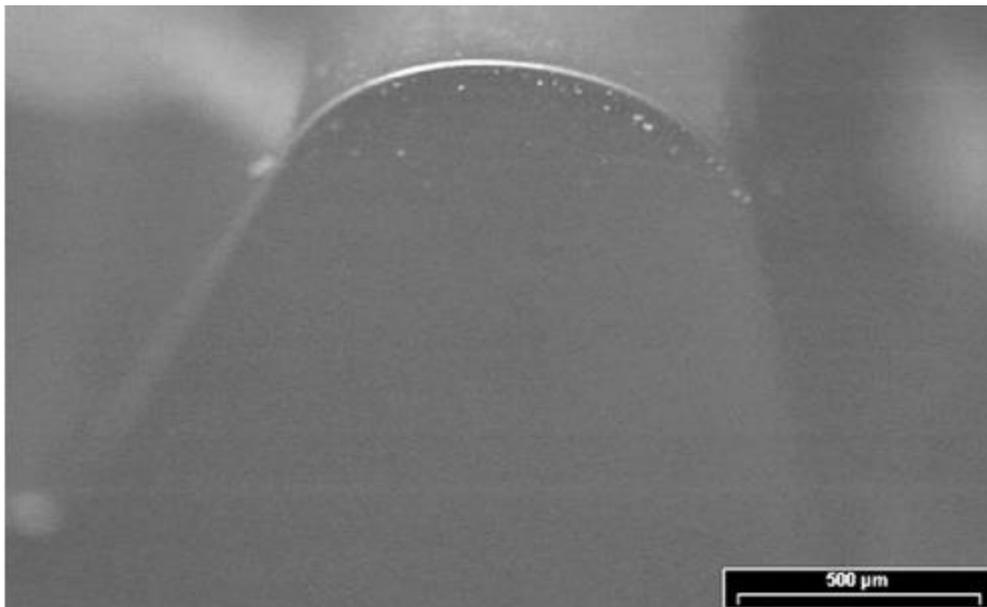


Abb. 7: Schneidkante (Kopf) nach dem Verrunden [4]

VHM: Hartmetallwerkzeuge werden wie HSS-Werkzeuge mit einem Strahlverfahren präpariert. Aufgrund der deutlich höheren Härte des Hartmetalls ist es jedoch deutlich schwieriger, eine genau definierte Schneidkantenverrundung auf dem Werkzeug aufzubringen. Eine einfache Erhöhung des Strahldruckes oder der Strahldauer kann hier ggfs. sogar negative Einflüsse haben. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass die Schneidkante nach der Vorbehandlung auch die gewünschte Geometrie aufweist. So sind folgende Geometrien realisierbar:

- Wasserfall
- Trompetenform
- Viertelkreis

Ein Beispiel für solch eine Kantenverrundung mit Viertelkreischarakter ist in Abb. 7 zu erkennen.

Die entscheidende Rolle bei dem gewählten Naßstrahlverfahren (Mischung von Edelmetallpulver und Wasser) sind die

- Wirtschaftlichkeit,
- Reproduzierbarkeit
- und Prozesssicherheit.

Der Aufwand für die Vorbehandlung sollte im Allgemeinen so gering sein, dass der Maschinenbediener die Anlage quasi nebenbei bedienen kann. Somit sind nur automatisierte Lösungen ggfs. auf Mehrspindelanlagen für eine hohe Wirtschaftlichkeit, gepaart mit höchster Qualität, möglich.

Ein weiterer sehr wichtiger Aspekt bei der Wirtschaftlichkeit und Reproduzierbarkeit ist die Aufbereitung des Stahlmittels. Separatoren trennen das verbrauchte Material vom noch verwendbaren und speisen das „Gute“ wieder in den Kreislauf ein.

Solche Separatoren rechnen sich meistens schon nach wenigen Monaten Betriebsdauer.

Idealerweise werden sämtliche Prozesse, wie sie oben beschrieben wurden und im Weiteren noch unten aufgeführt werden, aus einer Hand geliefert und installiert. Nur so ist eine optimale Abstimmung aller Parameter gewährleistet.

Nicht selten haben „zusammengewürfelte“ Lösungen trotz bester Technologien eine deutliche schlechtere Performance als aufeinander abgestimmte.

Diese sogenannten TurnKey-Solutions haben außerdem den Vorteil, nur einen einzigen Ansprechpartner für eine komplette Fertigungslinie zu haben. Diese Art der Vorbehandlung hat jedoch auch noch andere Eigenschaften.

Das Naßstrahlverfahren ist zum Einen aufgrund seines schonenden „Abtrages“ sowohl für HSS als auch Hartmetall einsetzbar, zum Anderen aber auch hervorragend als Reparaturmaßnahme bei

- Co-Leaching (Cobalt-Auswaschungen)
- Co-Smearing (Cobalt-Aufschmierungen)

sowie zum Reinigen stark verschmutzter Oberflächen geeignet.[4]

Используемая литература

1. OTEC Präzisionsfinish GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: http://www.hn-obt.ch/OTEC-Schleppscheifanlage-Serie-DF-Tools_HN-OBT.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
2. OTEC Präzisionsfinish GmbH [электронный ресурс]: [сайт] – режим доступа: https://www.otec.de/fileadmin/user_upload/mediapool/pdf/fachberichte/allgemein/PR_Perfekte_Oberflaechen_bei_Zerspanungswerkzeuge_10_09.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 28.04.2018).
3. Bienemann R. Evaluation der Schneidkantenbelastung beim Gewindebohren schwer zerspanbarer Werkstoffe // Ralf Bienemann. - Kassel University. Dr.-Ing. Autoref. - 2009. 12. Tikal F.
4. Schneidkantenpräparation Ziele, Verfahren und Messmethoden. Berichte aus Industrie und Forschung/ F. Tikal, R. Bienemann, L. Heckmann. Kassel University Press GmbH, Kassel. 2009. - 193 S.

Приложение В

УТВЕРЖДАЮ



АКТ

о внедрении результатов магистерской работы

Настоящий акт подтверждает внедрение результатов научно-исследовательской работы магистранта 2-го года обучения Лаптева Н.В. на тему «Разработка конструкции специального приспособления для обработки твердосплавных сменных многогранных режущих пластин методом буксирного полирования». Работа проводилась в рамках договора № 15.13-235/2017. Результаты работы внедрены на ООО «ПК «МИОН» (г. Томск).

Основные результаты работы: 1) Подготовлена конструкторская документация на сборку специального приспособления; 2) Выработаны эффективные режимы и рекомендации для обработки твердосплавных сменных многогранных режущих пластин методом буксирного полирования. Применение данного приспособления и режимов позволяет полировать сменные многогранные пластины на станке Multifinish MDF-100 в свободном абразиве, что позволяет повысить их работоспособность при фрезеровании конструкционных легированных сталей.

Технический директор ООО «ПК «МИОН»

Г.И. Коровин

От ТПУ:
Доцент Отделения материаловедения ИШНПТ

А.С. Бабаев

Магистрант ИШНПТ

Н.В. Лаптев