

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

Направление 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Профиль «Технология автоматизированного машиностроения»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ

| | | | |
|----------------------|--|-------|------------------|
| Студент(ка) | <u>В.С. Бородинкин</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| Научный руководитель | <u>А.С. Селиванов</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| Консультанты | <u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| | _____ | _____ | (личная подпись) |

Руководитель магистерской программы
д.т.н., доцент

_____ Н.М. Бобровский
(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой
к.т.н., доцент

_____ А.В. Бобровский
(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

СОДЕРЖАНИЕ

| | Стр. |
|--|------|
| Содержание | 2 |
| Введение | 4 |
| 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА. ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРА- БОТКИ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ | 6 |
| 1.1 Инструменты для обработки деталей машин выглаживанием | 6 |
| 1.2. Конструктивные особенности инструмента для ультразвукового выглаживания | 16 |
| 1.3 Анализ вариантов форм заточки выглаживающего инструмента | 21 |
| 2. АНАЛИЗ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ВЫГЛАЖИВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИЧИН ОТКАЗОВ ИНСТРУМЕНТА | 24 |
| 2.1 Методика анализа работоспособного состояния выглаживающе- го инструмента | 25 |
| 2.2 Классификация причин отказа выглаживающих инструментов | 26 |
| 2.3 Особенности износа инструмента при ультразвуковом выглажи- вании | 30 |
| 3. РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ПЕРЕТОЧКИ ВЫ- ГЛАЖИВАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ | 38 |
| 3.1. Базовая технология переточки выглаживающего инструмента | 38 |
| 3.2 Разработка схем переточки выглаживающего инструмента на шлифовально-заточном станке с ЧПУ Walter Helitronic | 40 |
| 4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИНСТРУ- МЕНТОВ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ | 45 |
| 4.1 Разработка маршрута обработки и описание оборудования | 45 |
| 4.2 Разработка комплекса управляющих программ для заточки ин- | |

| | |
|---|----|
| струмента шлифовально-заточном станке с ЧПУ Walter Helitronic | 54 |
| Заключение | 60 |
| Список литературы | 67 |
| Приложения | 70 |

ВВЕДЕНИЕ

Повышение качества поверхностей обработанных изделий является приоритетной задачей современного машиностроения. Особую актуальность эта проблема приобретает в связи с созданием новых комбинированных технологий механической обработки, когда наряду с механическим воздействием, в поверхностный слой обрабатываемого изделия вводится концентрированный поток дополнительной энергии, например энергии ультразвукового поля. В последнее время одним из перспективных методов финишной обработки деталей машин являются технологии без снятия стружки – методы поверхностного пластического деформирования. В настоящее время теоретически обоснована и практически доказана эффективность применения ультразвуковых технологий в плане обеспечения заданных показателей качества обработки деталей машин. Однако до настоящего времени не в полной мере решены вопросы инструментального обеспечения технологии ультразвукового выглаживания. В литературе практически отсутствуют сведения о стойкостных испытаниях различного типа инструмента, работающего в ультразвуковом поле, также отсутствуют практические рекомендации по рациональному инструментальному обеспечению технологии.

Таким образом целью настоящей магистерской диссертации является повышение эффективности технологии ультразвукового выглаживания путем разработки системы рационального инструментального обеспечения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ и выполнить классификацию инструментально-го оснащения технологии выглаживания, в том числе и для комбинированной ультразвуковой обработки
2. Выполнить анализ остаточного ресурса инструментов для выглаживания и классификацию причин отказов инструмента

3. Разработка рациональных схем переточки выглаживающих инструментов

4. Разработка технологии изготовления и переточки выглаживающих инструментов на шлифовально-заточном станке с ЧПУ

1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА. ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ

1.1. Инструменты для обработки деталей машин выглаживанием

Краткая характеристика технологии выглаживания.

Обработка деталей машин выглаживанием относится к методам модификации поверхностного слоя пластическим деформированием без снятия стружки. Технология выглаживания основана на способности обрабатываемого материала пластически деформироваться и направлена на формирование микрогеометрических и физико-механических характеристик поверхностного слоя. Сущность технологии заключается во внедрении в обрабатываемую поверхность с определенным усилием инструмента – выглаживателя с различными по форме рабочими частями из инструментальных материалов, физико-механические характеристики которых превышают характеристики обрабатываемого материала, и сообщении инструменту продольной подачи, а детали вращательного движения. На рис. 1.1 приведены типовые схемы выглаживания деталей типа тел вращения

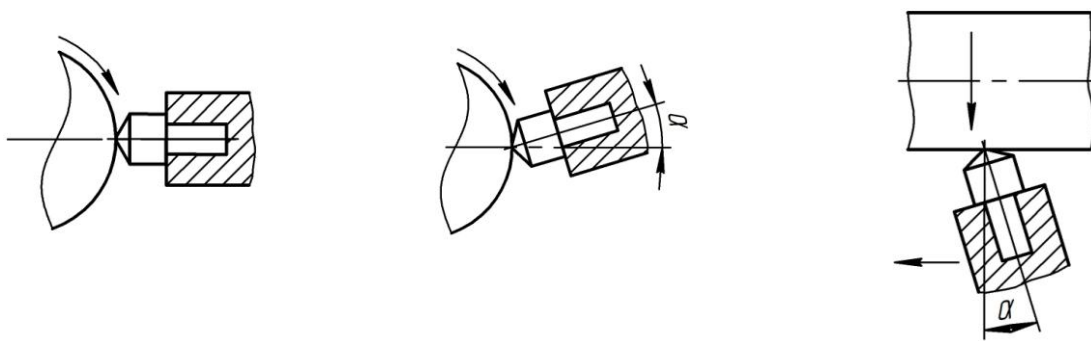


Рисунок - 1.1 Типовые схемы выглаживания

Технология выглаживания поверхностей может быть использована в качестве финишной операции технологического процесса изготовления деталей. В ряде случаев, данный вид обработки может являться альтернативой абразивной обработке, например полированию. Преимущества выглаживания перед абразивной обработкой заключаются в следующем:

- обеспечивается более эффективное снижение шероховатости заготовки, что позволяет в ряде случаев сокращать количество переходов и операций;

- обработанная поверхность характеризуется округлым профилем и относительно большой опорной поверхностью;

- поверхностный слой изделий упрочняется, формируется мелкозернистая структура, образуются благоприятные остаточные напряжения сжатия. Указанные преимущества сказываются на улучшении эксплуатационных характеристиках изделия – повышении долговечности, износостойкости и усталостной прочности.

Инструментальное оснащение технологии выглаживания

Термин «алмазное выглаживание» предполагает использование в качестве инструментального материала натуральный алмаз. Данный вид материала обладает значительной твердостью и позволяет обработать большинство конструкционных материалов. Однако, на практике использование натурального алмаза сопровождается определенными трудностями. Например, для использования алмаза его предварительно необходимо сориентировать в направлении максимальной твердости. Поскольку натуральный алмаз обладает значительной хрупкостью, то обрабатывать поверхности, имеющие большие биения относительно оси вращения не представляется возможным и т.д. В качестве инструментальных материалов для обработки выглаживанием широкое применение нашли такие материалы, как синтетический алмаз, эльбор, сверхтвердые материалы на основе кубического нитрида бора, а также твердые сплавы ВК6, ВК8, как в сочетании с износостойкими покрытиями так и без них. В таблице 1.1. , на основе сопоставления справочных данных,

представлен сравнительный анализ физико-механических характеристик инструментальных материалов, которые возможно использовать при обработке выглаживанием.

Отечественной промышленностью освоен выпуск выглаживателей в основном из натурального и синтетического алмазов. Так, ВНИИАЛМАЗ, г. Москва (www.valmaz.ru) выпускает наконечники для алмазного выглаживания из синтетических алмазов (АСПК), типа «Карбонадо» по ТУ 2-037-100-89 и наконечники из природных алмазов типа 1 со сферической и цилиндрической рабочей частью по ТУ 2-037-631-88.

ОАО "Московское производственное объединение по выпуску алмазного инструмента" (ОАО "МПО по ВАИ"), созданное на базе Томилинского завода алмазного инструмента (www.tomaltools.ru), изготавливает наконечники для выглаживания с рабочей вставкой из природных алмазов и синтетических алмазов (АСПК), типа «Карбонадо». Наконечники из природных (технических) алмазов представлены двух типов: тип 1 – со сферической и цилиндрической рабочей частью, тип 2 – с конической (см. рис. 1.2). Инструмент типа 1 выполнен в трех исполнениях. Типоразмеры выпускаемых инструментов из природного алмаза представлены в таблице 1.2

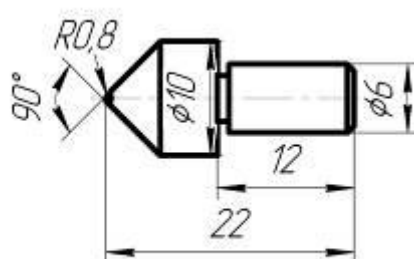
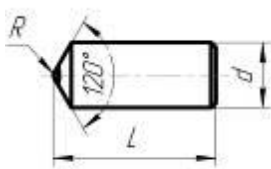
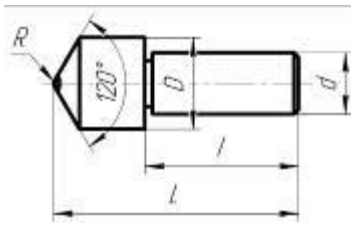
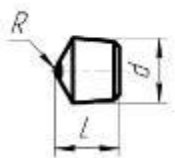


Рисунок 1.2 - Инструмент тип 2 с конической рабочей частью из природного алмаза

Таблица 1.1 - Физико-механические характеристики инструментальных материалов

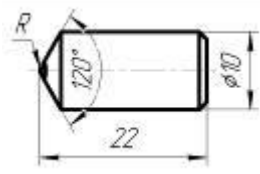
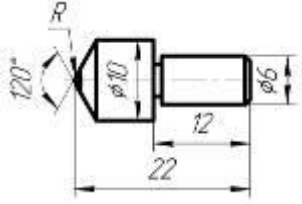
| Материал | Плотность $\rho \cdot 10^3, \text{кг/м}^3$ | Микротвердость, $\text{МПа} \cdot 10^{-2}$ | Модуль упругости $E, \text{ГПа}$ | Предел прочности при сжатии, ГПа | Предел прочности при изгибе $\sigma_i, \text{ГПа}$ | Теплопроводность, $\text{Вт/м}^{\circ}\text{К}$ | Удельная теплоемкость, $\text{Дж/кг}^{\circ}\text{К}$ | Устойчивость к нагреванию на воздухе, К | Красностойкость, $^{\circ}$ | Ударная вязкость | Коэффициент линейного расширения |
|--------------------------|---|---|-------------------------------------|----------------------------------|--|--|--|---|-----------------------------|------------------|----------------------------------|
| Эльбор-Р | 3,31-3,39 | 850-900 | 660-800 | 1,9-2,1 | 0,7, 1,0 | 41,9 | 670 | 1380-1570 | 1500 | - | 4,5; 4,7 |
| ПТНБ | 3,42-3,45 | 950-1000 | 720 | 3,92-4,90 | 0,7-1,0 | - | - | 1370-1570 | - | - | - |
| Гексанит-Р | 3,28-3,36 | 350-800 | 880-980 | 1,96-3,92 | 0,7-1,2 | 60-80 | - | 1070-1170 | - | - | - |
| Композит | 3,7-4,0 | 500-650 | 530-630 | 0,98-1,47 | 0,49 | 25 | - | 1370 | - | - | 4,5 |
| Твердые сплавы | | | | | | | | | | | |
| T15K6 | 11,0-11,7 | 280-300 | 510 | 3,82 | 1,1 | 27,2 | 209 | 1070, 800 | 800-1000 | 24,51-58,8 | 3,0-7,5; 6 |
| ВК8 | 14,4-14,8 | 155-170 | 530 | 3,92-4,90 | 1,6, 1,8 | 58,7 | 167 | 1170, 900 | 750-800 | - | 5; 4,5 |
| Минерало-керамика | | | | | | | | | | | |
| Оксидная | 3,93 | 300 | 4,0 | 3,0 | 0,3-0,4, 950 | 4,2-21,0 | 838 | 1470 | 2000 | 4,9-11,76 | 6,3-9,0; 7,9-8,2 |
| Смешанная (керметы) | 4,4-4,7 | 200-230 | 3,5 | 5,6 | 980 | 25,12-83,70 | - | 1200 | 1400 | 19,6 | 7,2-7,5 |
| Быстрорежущая сталь P18 | 8,5-8,7 | 130-140 | 215, 220 | 3,53 | 3,6, 4,0 | 25,1 | 377 | - | 610-615 | 588 | 9,0-12,0; 11 |
| Алмаз синте- тич. | 3,48-3,56 | 1000 | 900 | 2,0 | 300 | 138,2-146,5 | 298-1073 | 700-800 | 800 | - | 0,9-1,9 |
| Алмаз при- родный | 3,01-3,56 | 10060 | 900 | 2,0 | 210-490 | 133 | 1200 | - | - | - | 0,9-1,45 |

Таблица 1.2 - Типоразмеры инструментов для алмазного выглаживания с сферической рабочей частью из природного алмаза

| Исполнение | Обозначение | Размеры, мм | | | | | Масса алмазов, карат | |
|--|-------------|-------------|-------------|----|----|---------------------|----------------------|---------------|
| | | D | d | L | I | R | | |
| Исполнение 1 (наконечники цилиндрические)  | 1419-0101 | — | 6. 0,008 | 10 | — | 0,5 ^{+0,2} | 0,21 – 0,3 | |
| | 1419-0102 | | | | | 1 ^{+0,1} | | |
| | 1419-0103 | | | | | 1,5 ^{+0,1} | | |
| | 1419-0104 | | | | | 2 ^{+0,1} | | |
| | 1419-0105 | | 8. 0,01 | 20 | | 0,5 ^{+0,2} | | |
| | 1419-0106 | | | | | 1±0,1 | | |
| | 1419-0107 | | | | | 1,5±0,1 | | |
| | 1419-0108 | | | | | 2±0,1 | | |
| | 1419-0109 | | | | | 2,5±0,1 | | |
| | 1419-0110 | | | | | 3±0,1 | | |
| Исполнение 2 (наконечники цилиндрические с головкой)  | 1419-0201 | 10 | 6. 0,008 | 22 | 12 | 0,5 ^{+0,2} | 0,21 – 0,3 | |
| | 1419-0202 | | | | | 1 ^{+0,1} | | |
| | 1419-0203 | | | | | 1,5 ^{+0,1} | | |
| | 1419-0204 | | | | | 2 ^{+0,1} | | |
| | 1419-0205 | | | | | 2,5 ^{+0,1} | | |
| | 1419-0206 | | | | | 3 ^{+0,1} | | |
| | 1419-0207 | | | | | 3,5 ^{+0,1} | | |
| | 1419-0208 | | | | | 4 ^{+0,1} | | |
| | 1419-0209 | | 8. 0,01 | 32 | | 20 | 0,5 ^{+0,2} | 0,21 – 0,3 |
| | 1419-0210 | | | | | | 1±0,1 | |
| | 1419-0211 | | | | | | 1,5±0,1 | |
| | 1419-0212 | | | | | | 2±0,1 | |
| | 1419-0213 | | | | | | 2,5±0,1 | |
| | 1419-0214 | | | | | | 3±0,1 | |
| | 1419-0215 | | | | | | 3,5±0,1 | |
| | 1419-0216 | | | | | | 4±0,1 | |
| Исполнение 3 (наконечники конические)  | 1419-0301 | — | 6. 0,025 | 6 | — | 0,5 ^{+0,2} | 0,21 – 0,3 | |
| | 1419-0302 | | | | | 1 ^{+0,1} | | |
| | 1419-0303 | | | | | 1,5 ^{+0,1} | | |
| | 1419-0304 | | | | | 2 ^{+0,1} | | |
| | 1419-0305 | | 8. 0,03 | 8 | | 0,5 ^{+0,2} | | |
| | 1419-0306 | | | | | 1±0,1 | | |
| | 1419-0307 | | | | | 1,5±0,1 | | |
| | 1419-0308 | | | | | 2±0,1 | | |

Наконечники из синтетических алмазов АСПК «Карбонадо» (ВНИИАЛМАЗ, ОАО «МПО по ВАИ») и термостойкого композиционного материала АКТМ (ООО «АлмазМаркет», г. С.-Петербург) выпускают двух исполнений, типоразмеры которых приведены в таблице 1.3

Таблица 1.3 - Типоразмеры инструментов для алмазного выглаживания с сферической рабочей частью из АСПК и АКТМ

| Исполнение 1 | | Исполнение 2 | |
|---|-------|--|-------|
|  | |  | |
| Обозначение | R, мм | Обозначение | R, мм |
| ИС290.00.00 | 0,5 | ИС290.00.00 - 08 | 0,5 |
| -01 | 1,0 | -09 | 1,0 |
| -02 | 1,5 | -10 | 1,5 |
| -03 | 2,0 | -11 | 2,0 |
| -04 | 2,5 | -12 | 2,5 |
| -05 | 3,0 | -13 | 3,0 |
| -06 | 3,5 | -14 | 3,5 |
| -07 | 4,0 | -15 | 4,0 |

Для осуществления технологии выглаживания создана целая гамма инструментальных державок. В основном державки различают двух типов – жесткая и с созданием упругого поджима. На рис. 1.3 приведены типовые конструкции универсальных устройств для выглаживания наружных цилиндрических поверхностей на станках токарной группы [].

Как следует из анализа литературных источников, для реализации технологии выглаживания в условиях индивидуального и серийного производства чаще всего применяют универсальные токарные станки, в резцедержа-

теле которых или вместо них устанавливают приспособления для выглаживания, а процесс обработки аналогичен точению (рис. 1.4) [].

Развитие технологии выглаживания обеспечило повышение производительности и качества обработки за счет совершенствования технологической оснастки.

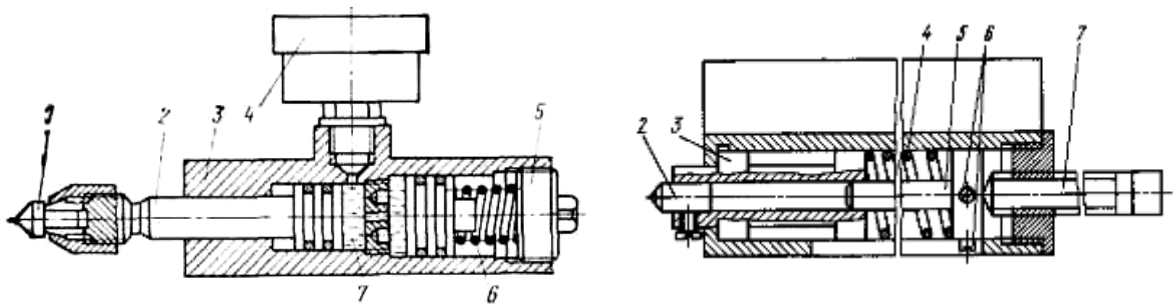


Рисунок 1.4 - Типовые конструкции универсальных устройств для выглаживания наружных поверхностей []: а) с созданием давления сжатой жидкостью, б) с созданием требуемого усилия с помощью пружины []

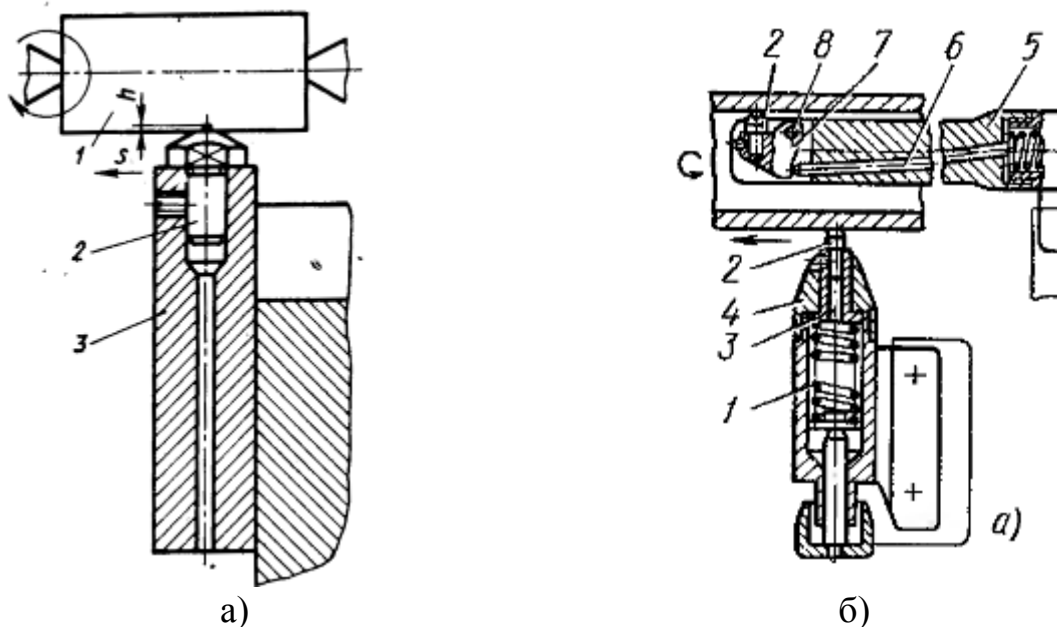
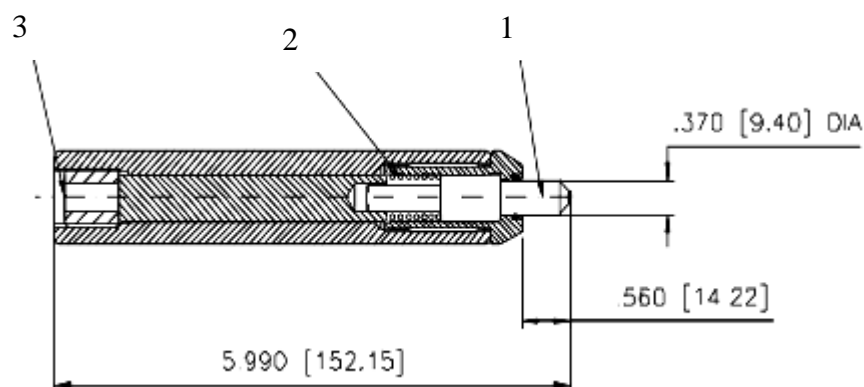


Рисунок 1.5 - Схема обработки выглаживанием: а) с жестким закреплением инструмента [], б) с упругим закреплением инструмента []

В зарубежной литературе упрочняющая обработка статическими методами ППД носит название Ball burnishing (полирование шаром) и deep rolling (накатывание роликом). Зарубежными компаниями представлена целая гамма устройств для реализации технологии как для универсального применения, так и специализированных устройств.

Компания Cogsidill Tool Product, Ins (www.Cogsidil.com) (Великобритания) выпускает четыре типа инструмента для технологии выглаживания как для универсального оборудования, так и для токарных станков с ЧПУ. Инструмент марки **DB-1** предназначен для обработки на универсальном оборудовании с ручным управлением (рис. 1.6)



1 – алмазная вставка; 2 – пружина; 3 – нагружающий винт.

Рисунок 1.6 – Инструмент Cogsidill Tool универсального применения

Более компактные инструментальные державки типа DB-2 применяются в оборудовании с небольшой рабочей зоной (рис. 1.7).

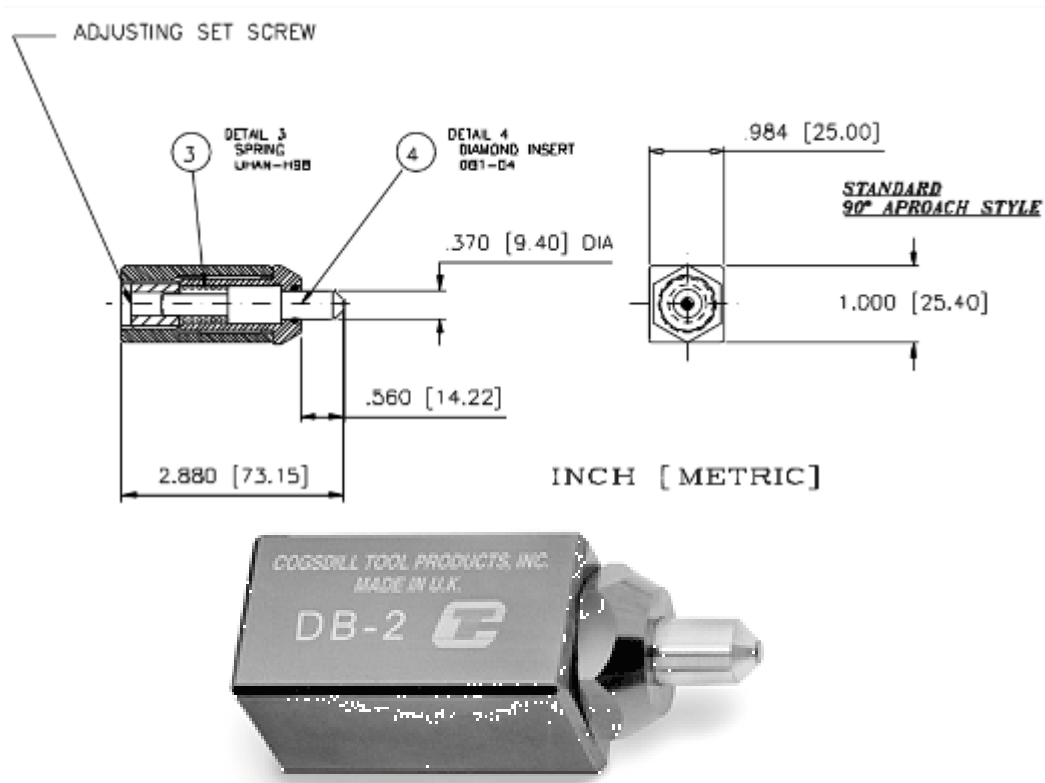


Рисунок 1.7 - Инструмент **DB-2** Cogsidill Tool

Инструменты типа **DB-3** и **DB-4** применяются для обработки на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах (рис 1.8)

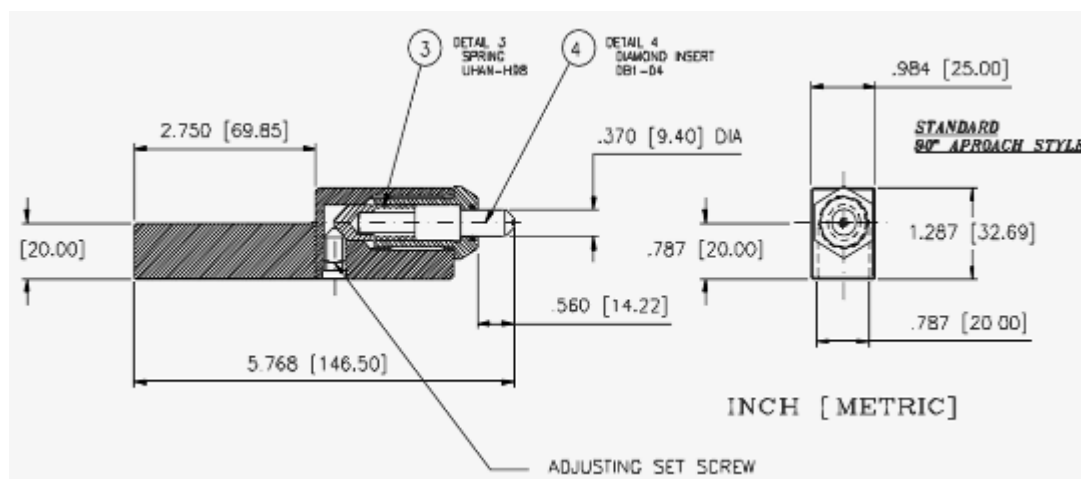


Рисунок 1.8 - Инструмент **DB-3** Cogsidill Tool

На рис. 1.9 представлена 3D модель обработки детали с помощью инструментов Cogsidill Tool Product.

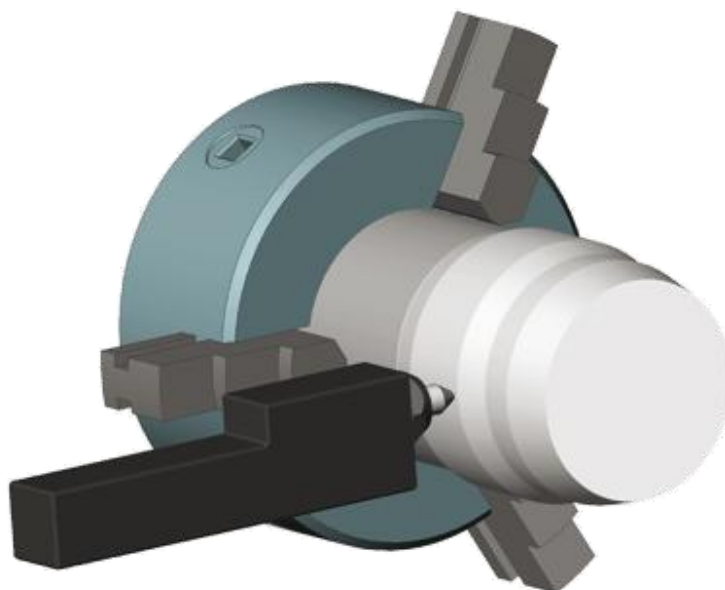


Рисунок 1.9 – 3D модель обработки детали на токарном станке с ЧПУ инструментом **DB-3** Cogsidill Tool

В качестве рабочего инструмента используется вставка с алмазным нако-
нечником (рис. 1.10) требуемое усилие создается за счет пружины.



Рисунок 1.10 - Алмазная вставка для инструментов DB-1, DB-2, DB-3
компании Cogsidill Tool Product

Компания Managhan Advanced Tooling Tehnology Group (США) разрабатывает устройства для реализации технологии на станках с ЧПУ. На рис. 1.11 представлена державка для выглаживания Elliot.

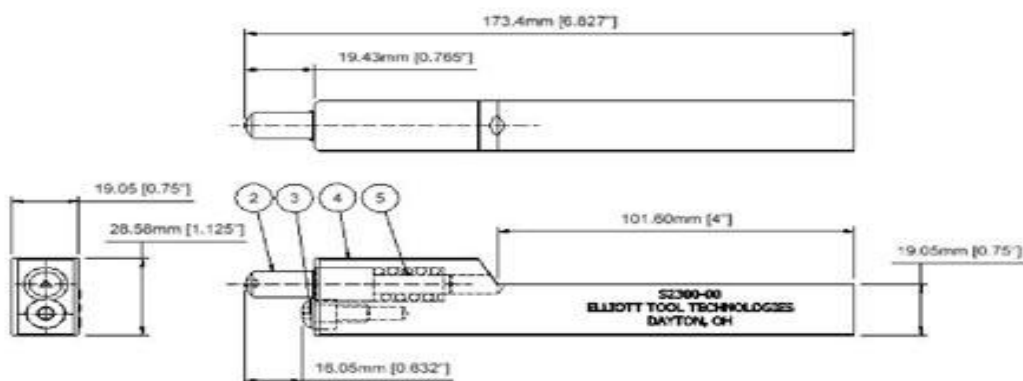


Рисунок 1.11 - Инструмент Elliot для технологии выглаживания на станках с ЧПУ

Компания Sugino (Япония) разработала конструкцию инструмента Cats Eye для технологии выглаживания для обработки на станках с ЧПУ (рис 1.12). особенностью конструкции инструмента является его компактность и возможность обработки ограниченных поверхностей (рис 1.13)



Рисунок 1.12 - Общий вид инструмента CatsEye компании Sugino (Япония) для обработки внутренних и наружных поверхностей.

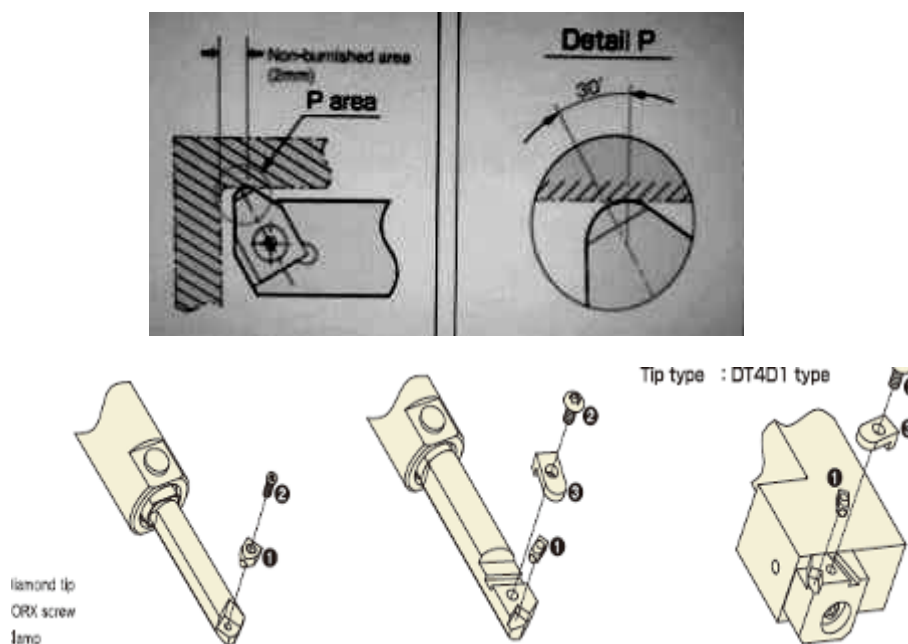
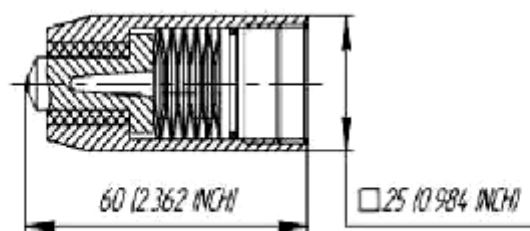


Рисунок 1.13 - Схема обработки ограниченных поверхностей инструментом CatsEye компании Sugino (Япония)

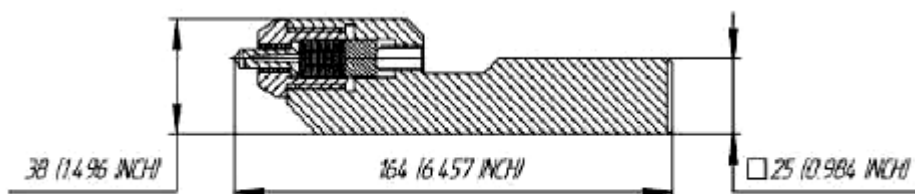
Компактность инструмента достигается за счет использования специальной формы алмазной вставки (а точнее ее небольших размеров) имеющую возможность быстрой замены по аналогии с заменой неперетачиваемых пластин для резцовых державок. Требуемое усилие обработки так же как и в аналогичных устройствах достигается за счет сжатия пружины.

Следует отметить, что при использовании пружинных державок инструмента в процессе обработки возникает вероятность возникновения автоколебаний и неустойчивых вибраций, что приводит к ухудшению качества обработки. Поэтому, при использовании пружинных державок ограничена скорость обработки, а следовательно и производительность.

В отечественной научно-производственной компанией ООО предприятие «Сенсор» (г. Курган) на основе использования в качестве аналога инструмента компании Cogsdill Tool, разработаны оригинальные конструкции державок с применением специальных демпфирующих узлов (рис 1.14).



Патент РФ на полезную модель № 62554



Патент РФ на полезную модель № 70178

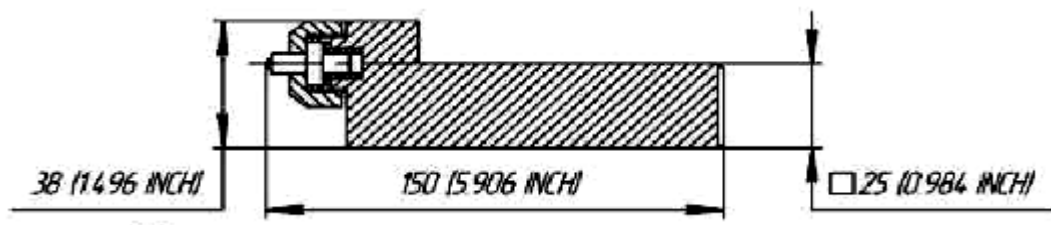


Рисунок 1.14 - Инструмент для упругого выглаживания с демпфирующими узлами

Проведенные обширные исследования показали эффективность применения таких «виброгасящих» узлов в конструкциях державок с упругими элементами. применения инструмента компании ООО предприятие «Сенсор» обеспечивает стабильность получаемых параметров качества поверхности и более устойчивый, с точки зрения вибрация процесс обработки.

Устройства для выглаживания, создающие требуемое усилие с помощью гидравлики, лишены недостатков устройств использующих упругие элементы.

Компанией Ecoroll (Германия) предложены конструкции гидростатических устройств, в которых рабочее давление на инструмент создается потоком гидравлической жидкости.

В качестве рабочего элемента, используется сферический элемент из твердого сплава или минералокерамики со специальной обработанной поверхностью. Шарик прижимается к поверхности заготовки давлением жидкости, одновременно плавая в ней и имея возможность вращаться в любом направлении. Инструментальная державка с шариком обеспечивает автоматическую подачу жидкости под определенном давлением. Давление жидкости находится в диапазоне 100-400 бар (рис 1.15).



Рисунок 1.15 - Гидростатический инструмент компании Ecoroll (Германия)

Компанией разработана целая гамма инструментальной оснастки для обработки наружных цилиндрических, конических и сферических поверхностей, обработки внутренних и плоских поверхностей. Имеются конструкции с различной геометрией рабочего элемента (рис. 1.16). Предлагаемый инструмент может использоваться на токарных и фрезерных станках с ЧПУ, а в качестве рабочей жидкости применяться СОЖ, поступающая в зону обработки непосредственно от станочной станции подачи СОЖ. Может использоваться собственная гидравлическая станция подготовки и подачи рабочей жидкости. На рис 1.17 представлен пример компоновки гидростатического инструмента ECOROLL в револьверной головке токарного станка с ЧПУ.



Рисунок 1.16 - Инструментальные державки и типы инструментов Ecoroll для технологии гидростатического выглаживания

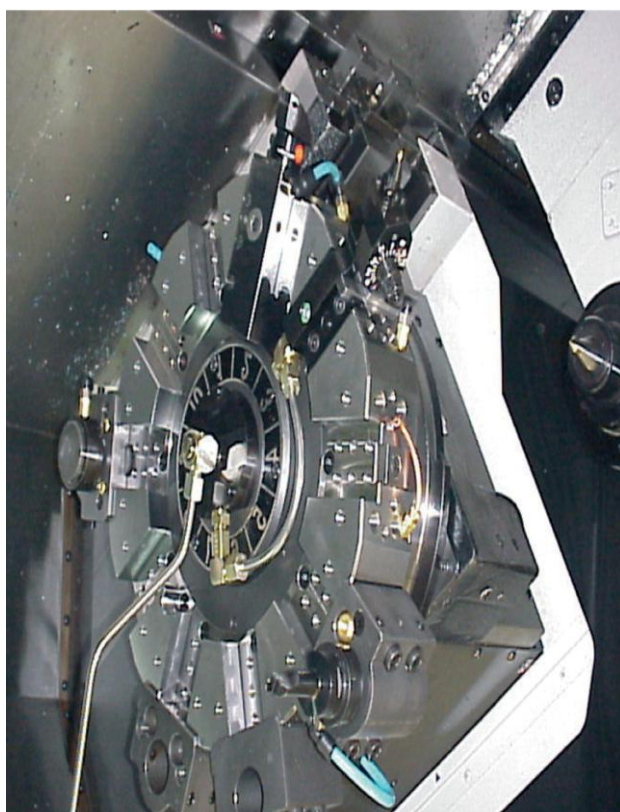


Рисунок 1.17 - Компонировка инструмента ECOROLL в револьверной головке токарного станка с ЧПУ

1.2. Конструктивные особенности инструмента для ультразвукового выглаживания

Краткая характеристики ультразвукового выглаживания

Одним из направлений повышения эффективности обработки выглаживанием является введение в зону обработки дополнительного высокоинтенсивного источника энергии ультразвуковых колебаний. Сущность технологии такая же как и при обычном выглаживании, но при этом выглаживающему инструменту сообщаются механические колебания определенной амплитуды с ультразвуковой частотой. Схема обработки приведена на рис. 1.18

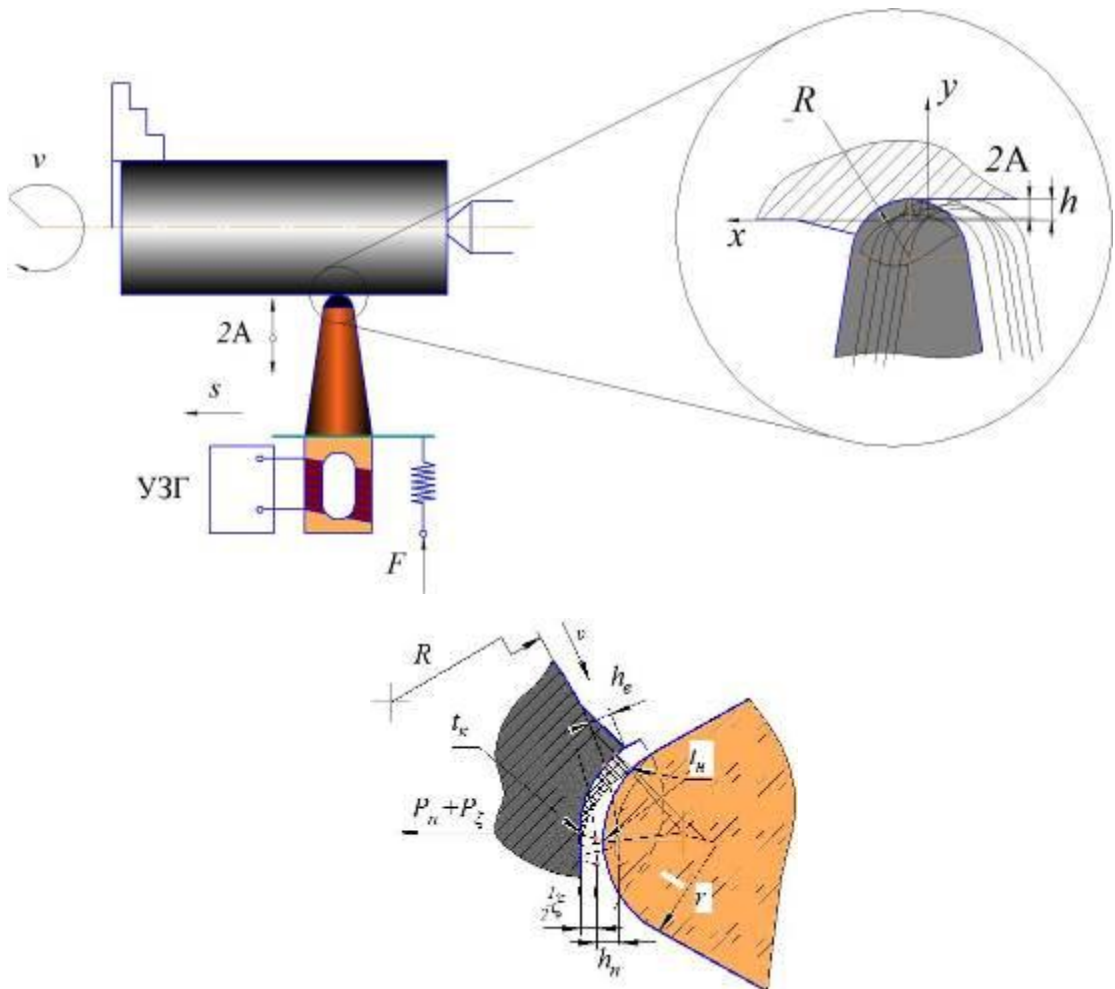


Рисунок 1.18 - Схема ультразвукового выглаживания

Сущность технологии заключается в следующем. Инструмент внедряется в обрабатываемую поверхность с заданным усилием P . От ультразвуко-

вого генератора (УЗГ) через ультразвуковую колебательную систему (УЗКС) инструменту сообщаются дополнительные колебания определенной амплитуды $2A$ с ультразвуковой частотой. За счет множества микроударов инструмента по обрабатываемой поверхности достигаются значительное улучшение физико-механических свойств поверхности по сравнению с традиционной обработкой без ультразвука. В литературе [] имеются обширные данные об эффективности ультразвуковой упрочняющей обработки.

Сообщение инструменту ультразвуковых колебаний осуществляется с помощью специальной системы УЗКС (ультраузвуковая колебательная система). УЗКС представляет собой ультразвуковой преобразователь из специального материала (магнитострикционного или пьезоматериала), соединенного с концентратором. В свою очередь на торце концентратора закрепляется инструмент для выглаживания. Типовые конструкции ультразвуковых колебательных систем приведены на рис. 1.19.

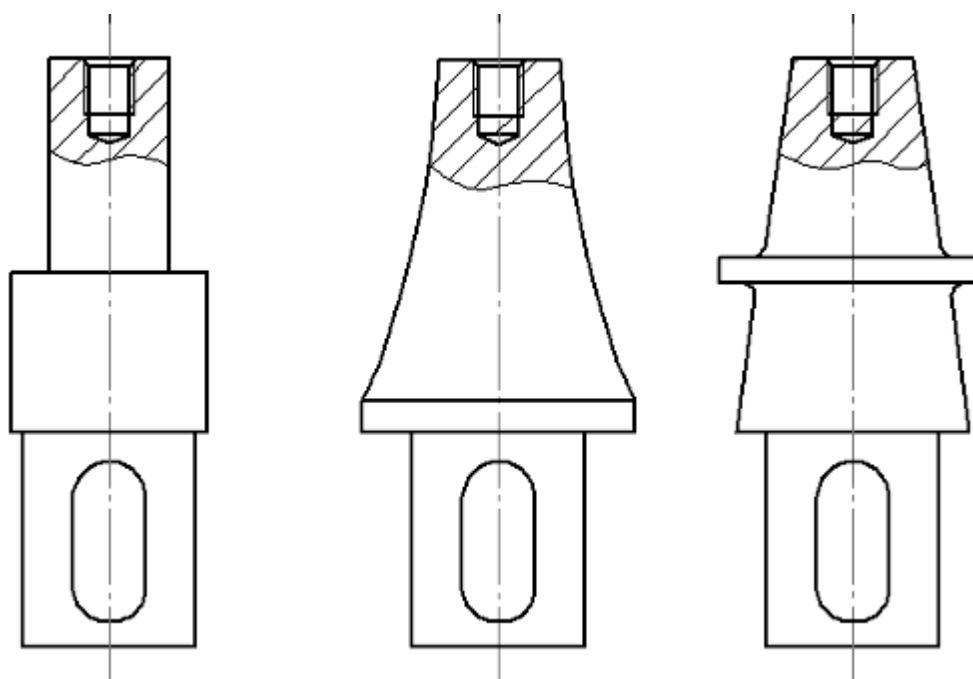


Рисунок 1.19 - Типовые конструкции УЗКС

На торце концентраторов выполняется резьбовое отверстие с возможностью установки в нем инструмента. Следует отметить, что различают и другие способы закрепления инструмента в УЗКС. Однако, наиболее распро-

страненный из них в силу необходимости смены инструмент, получило резьбовое соединение. Рассмотрим возможные конструкции инструмента для ультразвукового выравнивания.

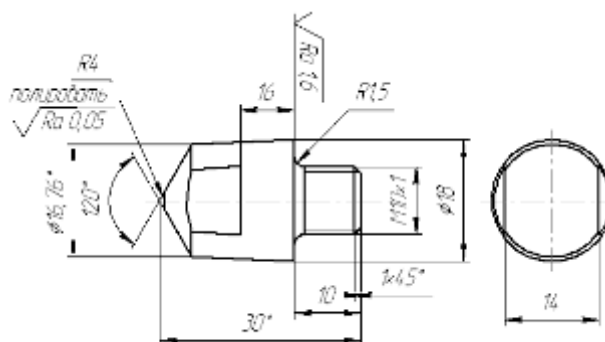


Рисунок 1.20 - Конструкция цельного инструмента из высокопрочной легированной стали

Возможно изготовление инструментов следующих типов:

1) инструмент из цельного материала (высоколегированные прочные стали) (рис. 1.20)

2) инструмент с впаянной твердосплавной вставкой (рис. 1.21). В этом случае державка выполняется из закаленной конструкционной стали, а в определенном месте впаивается твердосплавная вставка.

3) сборный инструмент из унифицированного наконечника и державки (рис. 1.22)

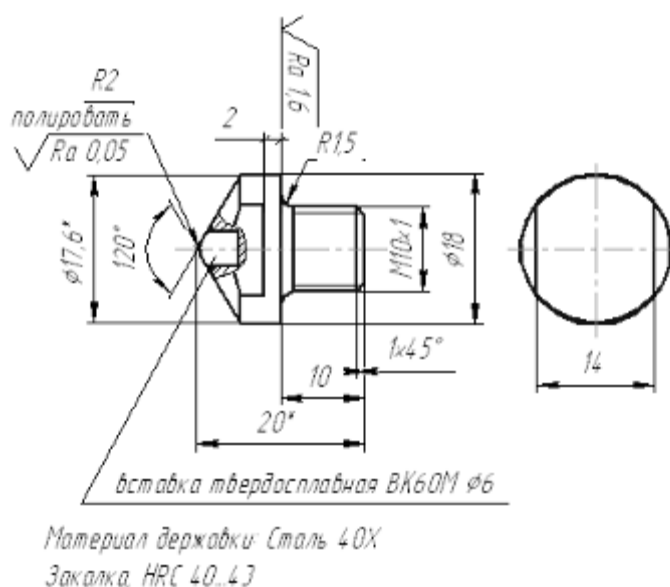


Рисунок 1.21 - Конструкция инструмента с твердосплавной вставкой

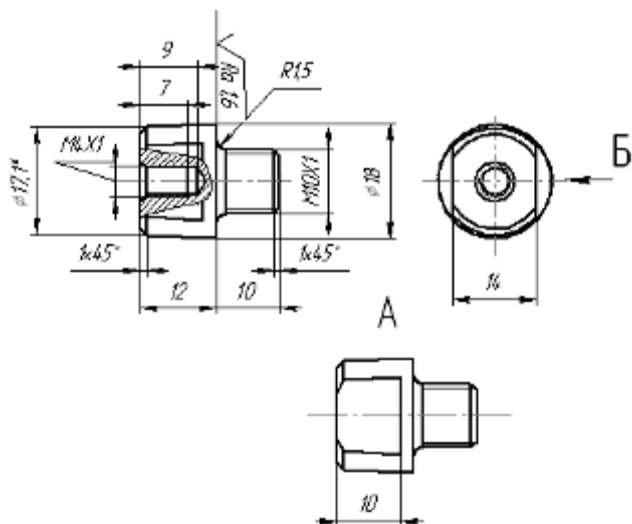


Рисунок 1.22 - Конструкция державки для крепления унифицированного инструмента

Таким образом систему инструментального обеспечения ультразвукового выглаживания можно представить в виде схемы (рис. 1.23).

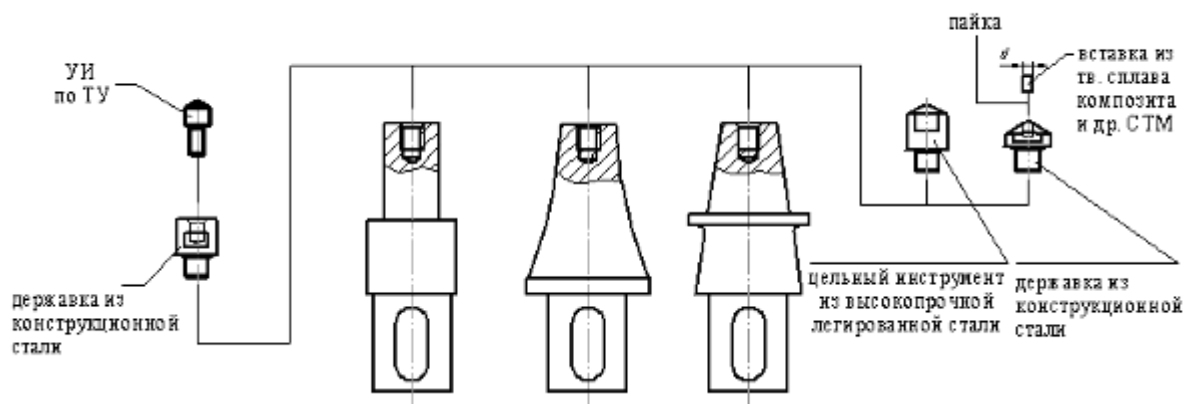


Рисунок 1.23 - Схема инструментального обеспечения ультразвукового выглаживания

За рубежом активно ведутся разработки технологий ультразвуковой упрочняющей обработки ответственных деталей машин. На рис. 1.24, 1.25 приведено технологическое оснащение для ультразвуковой обработки фирм Escoroll (Германия) и HIQUSA (Финляндия). Из анализа литературы следует, что для ультразвуковой обработки требуется специальная конструкция выглаживающего инструмента

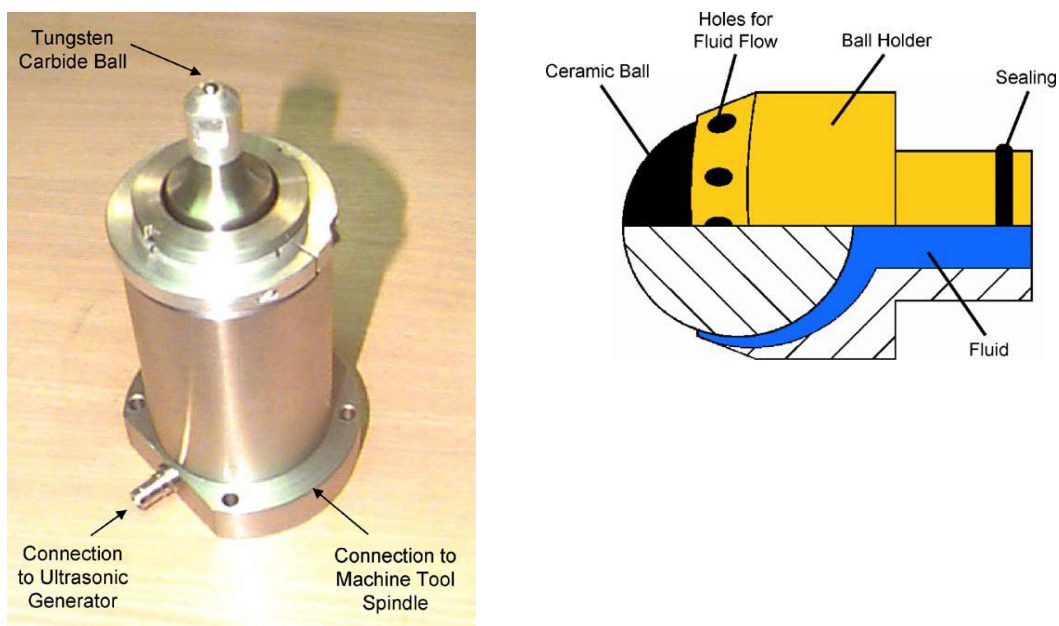


Рисунок 1.24 - Конструкция устройства для ультразвуковой упрочняющей обработки фирмы Ecoroll (Германия)

В конструкции фирмы Ecoroll используется такой же инструмент, представленный компанией, как и для обычной обработки (см. рис. 1.15)



Рисунок 1.25 - Инструментальное обеспечение для ультразвукового выглаживания фирмы HIQUSA (Финляндия)

1.3 Анализ вариантов форм заточки выглаживающего инструмента

Одним из режимных параметров обработки выглаживанием является геометрия инструмента. В большинстве случаев геометрия инструмента представляет собой сферическую рабочую поверхность с определенным радиусом заточки. Радиус сферы оказывает влияние на показатели шероховатости поверхности и производительность обработки, причем чем больше радиус инструмента тем ниже формируемая шероховатость поверхности и выше производительность. Однако, при больших значениях радиуса требуются значительные усилия прижима инструмента для деформационного упрочнения поверхностного слоя и формирования заданных показателей наклепа поверхности. С целью повышения производительности обработки и улучшения качественных характеристик поверхности применяют различные формы заточки инструментов. Например, известны конструкции инструментов с криволинейной рабочей поверхностью выполненной по форме половины поверхности эллипсоида вращения с отношением полуосей 1,8...8 (рис. 1.26).

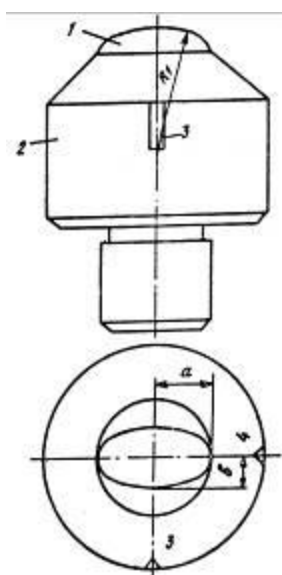


Рисунок 1.26 - Инструмент с криволинейной формой заточки

Для повышения производительности обработки и одновременном улучшении качества поверхности известна конструкция инструмента с рабочим участком, образованным цилиндрами разного радиуса, пересекающихся под прямым углом, причем, оси цилиндров расположены перпендикулярно к оси инструмента (рис. 1.27.).

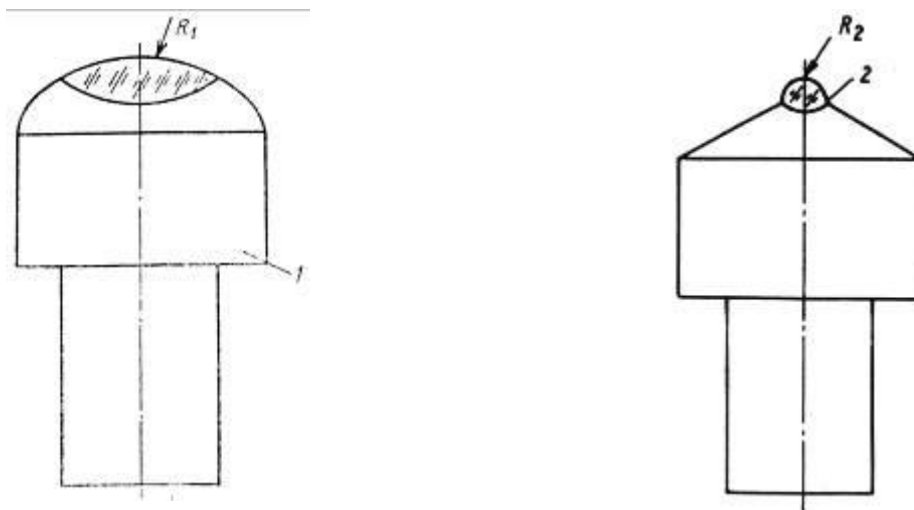


Рисунок 1.27 – Инструмент с рабочей поверхностью, образованной цилиндрами разного радиуса

Представленная на рис. 1.27 конструкция инструмента позволяет исключить микрорезание. На рис. 1.28 представлен инструмент для выглаживания с криволинейной рабочей поверхностью, состоящей из двух участков, один из которых заборный, а другой выглаживающий.

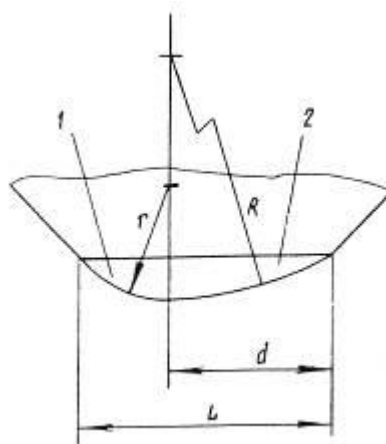


Рисунок 1.28 – Форма заточки выглаживающего инструмента с разными радиусами

Анализ литературы показал, что большинство форм заточки возможно сгруппировать по простейшим геометрическим фигурам, представленные на рис. 1.29

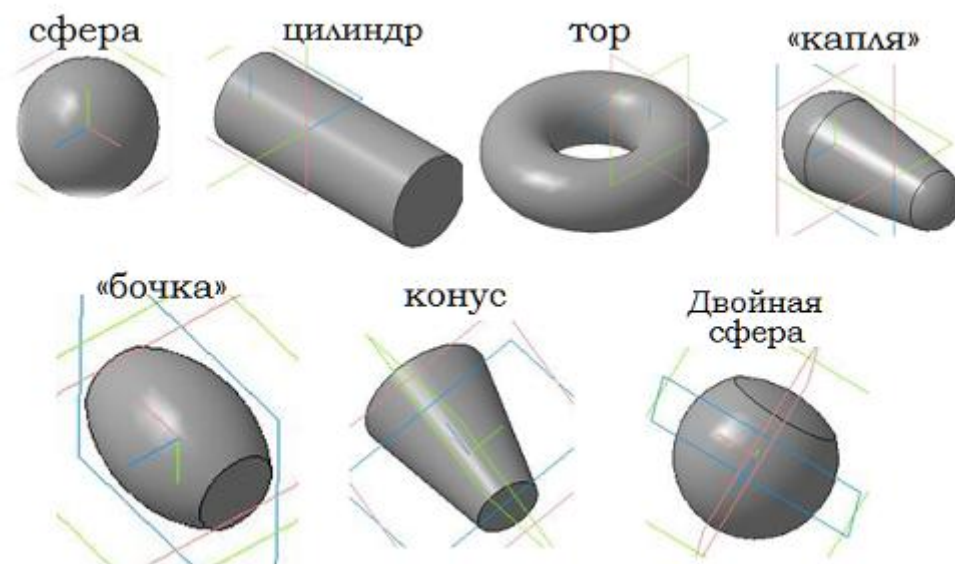


Рисунок 1.29 - Варианты формы заточки рабочей поверхности выглаживающих инструментов

2. АНАЛИЗ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ВЫГЛАЖИВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИЧИН ОТКАЗОВ ИНСТРУМЕНТА

2.1 Методика анализа работоспособного состояния выглаживающего инструмента

Анализ состояния инструмента проводили после выглаживания партии образцов до визуальной оценки потери качества обрабатываемой поверхности или поломки инструмент. Оценку состояния инструмента проводили с помощью оптической микроскопии на металлографическом микроскопе ЛабоМЕТ с максимальным увеличением X800 и с помощью лазерной сканирующей микроскопии на микроскопе Lext (Япония).

На рис 2.1 представлено окно программного обеспечения лазерного сканирующего микроскопа.

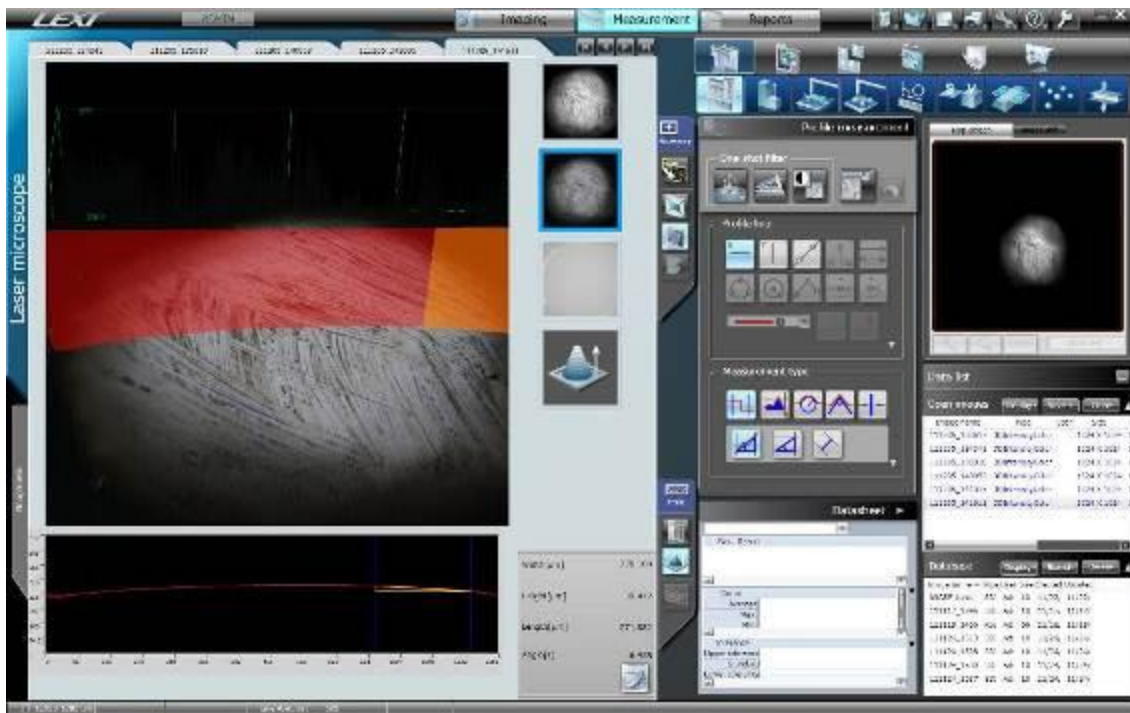


Рисунок 2.1 – Окно программного обеспечения Lext с изображением рабочей поверхности инструмента

На рис. 2.2 приведена фотография окна программного обеспечения лазерного сканирующего микроскопа с отображением фотографии изношенного инструмента

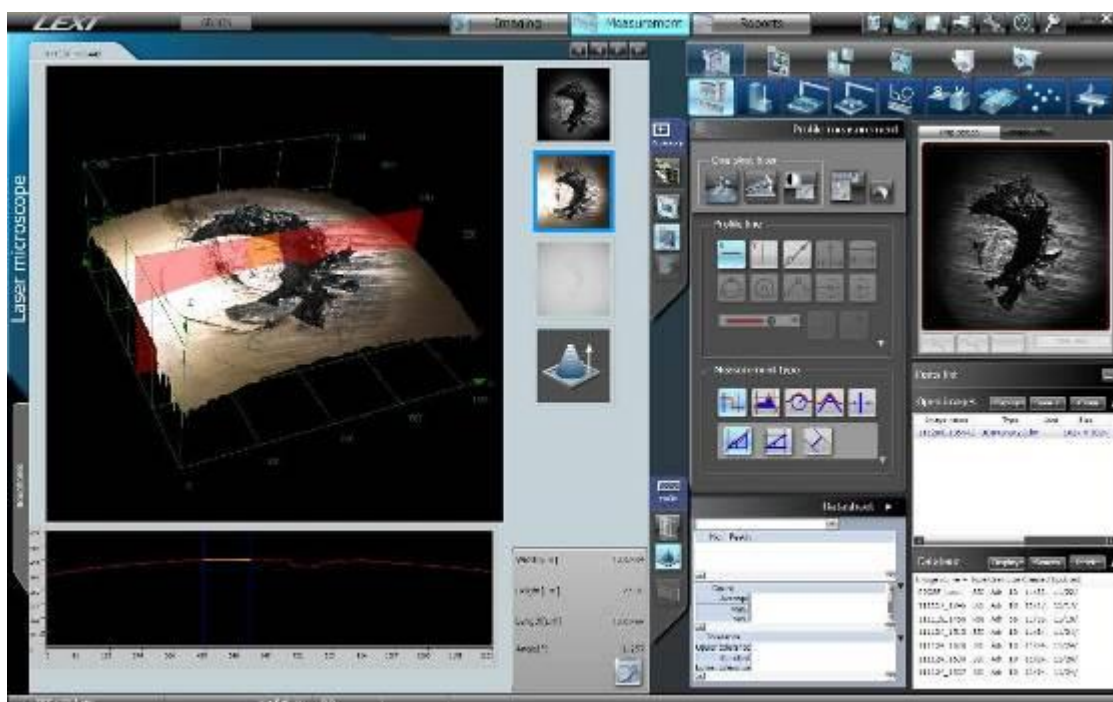


Рисунок 2.2 - Окно программного обеспечения Lext с изображением рабочей поверхности изношенного инструмента

Полученные на оптическом микроскопе фотографии рабочих частей инструмента обрабатывали в редакторе с целью улучшения визуального восприятия изображения, после чего изучали микроскопическое состояние рабочей зоны инструмента.

2.2 Классификация причин отказа выглаживающих инструментов

На рис. 2.2 приведен фронтальный фотоснимок нового инструмента из природного алмаза, используемого в качестве эталона.

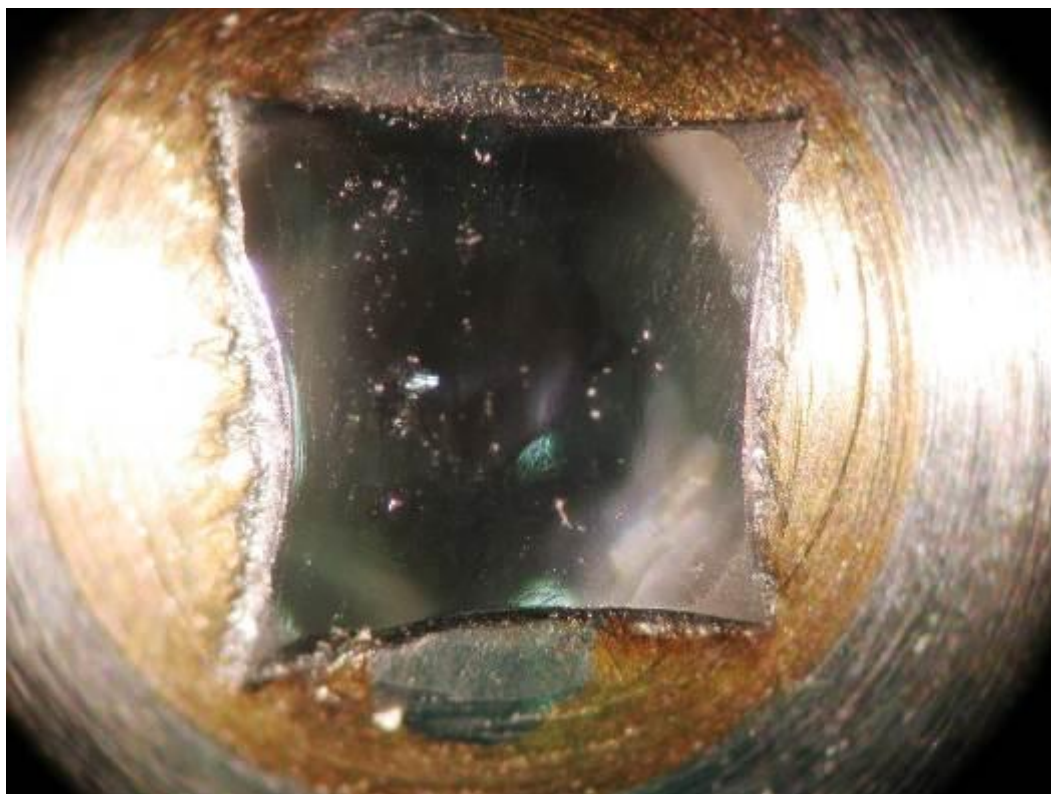


Рисунок 2.2 – Фотоснимок выглаживающего инструмента из природного алмаза

Как показал анализ исследований, в значительном числе случаев, порядка 80-90 % отказа инструмента составляет износ его рабочей части (сферы). Об особенностях износа рабочей части инструмента после ультразвуковой обработки изложено в разделе 2.2

Еще одним наиболее часто встречающимся видом повреждения инструмента является его деформирование на краевом участке, например при выходе с цилиндрического участка на фаску. При этом на рабочей поверхности инструмента наблюдаются вмятины (рис. 2.3).

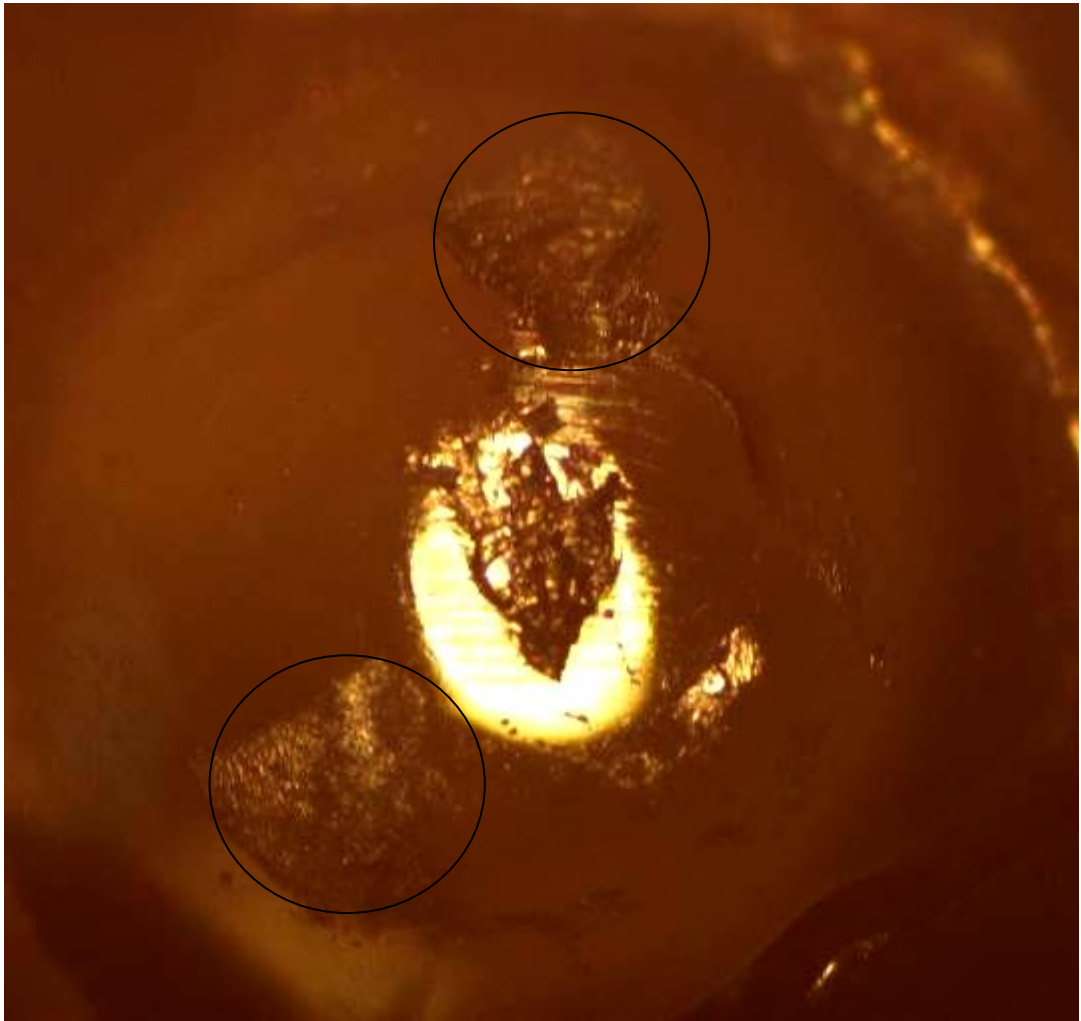


Рисунок 2.3 – Следы деформирования инструмента при выходе на краевой участок

Еще одним видом поврежденности инструмента является пластическая деформация его контактной поверхности в результате которой искажается форма профиля рабочей части (рис. 2.4). Фото инструмента с пластической деформацией контактной зоны представлено на рис. 2.5

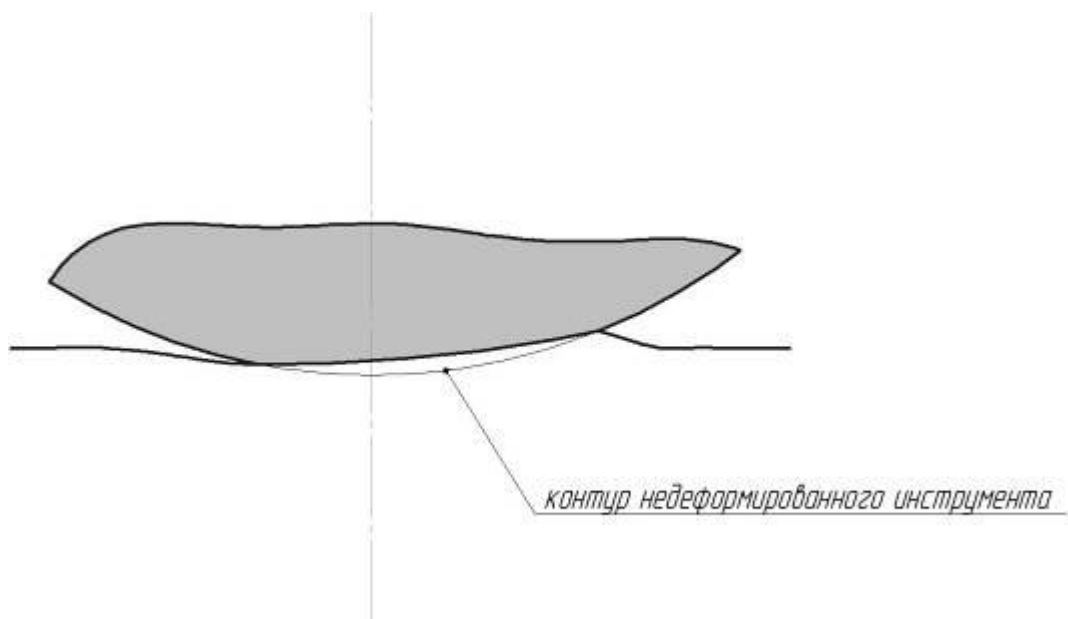


Рисунок 2.4 – Схема искажения профиля рабочей поверхности инструмента вследствие его пластической деформации

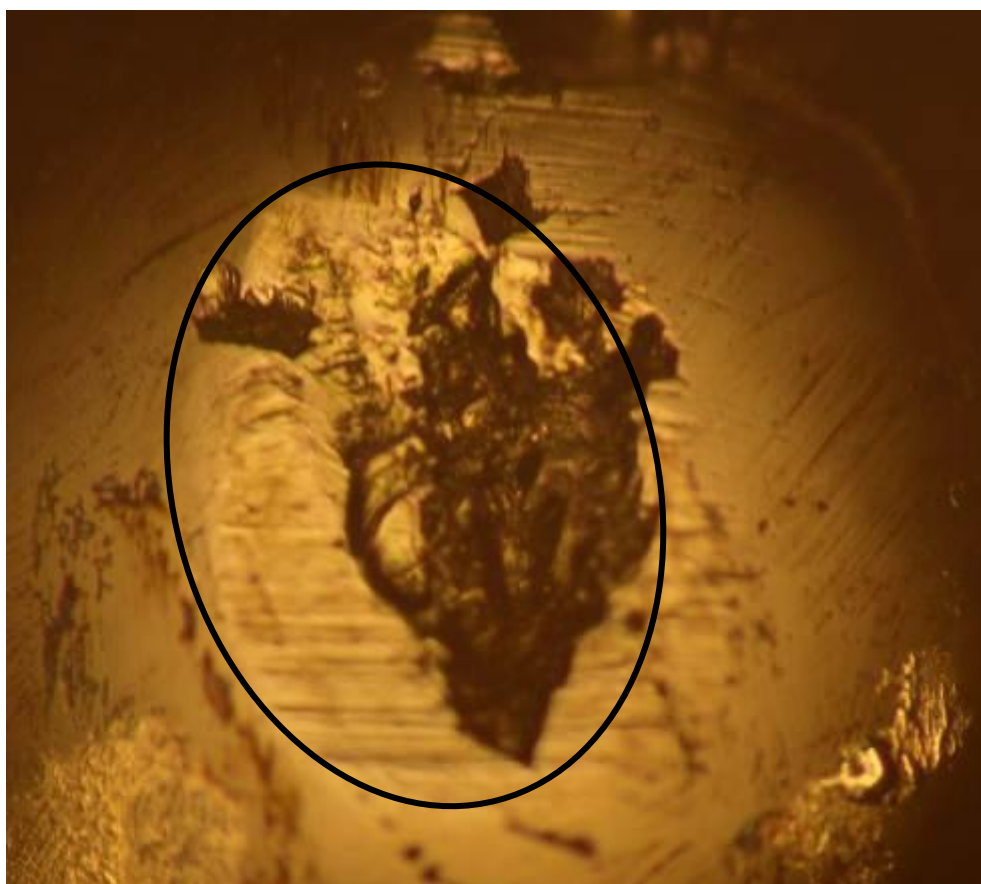


Рисунок 2.5 – Фото рабочей части инструмента с зоной пластической деформации

Для выглаживающего инструмента, работающего в ультразвуковом поле в результате высокочастотных вибраций имеется вероятность «выпадения» инструментальной вставки вследствие разрушения припоя (рис. 2.6.)

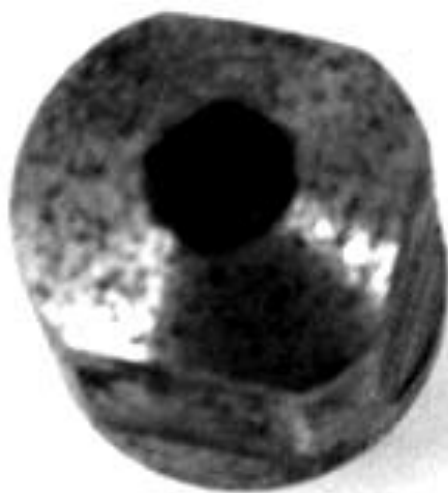


Рисунок 2.6 - Фото инструмента с разрушенной рабочей вставкой

Также имеются случаи отказа инструмента из-за разрушения резьбового переходника с концентратором (рис. 2.7.)



Рисунок 2.7 - Разрушения резьбового участка инструмента

Таким образом, исходя из анализа типовых отказов инструмента формулируем технические требования. К конструкции инструмента для ультразвукового выглаживания, предъявляются следующие технические и эксплуатационные требования:

1. Надежное крепление к ультразвуковой колебательной системе с целью эффективной передачи акустической энергии.
2. Точность изготовления рабочей поверхности. Недопускаются макротклонения от заданной рабочего профиля поверхности.
3. Надежное закрепление алмазной или твердосплавной вставки в державке инструмента.
4. Требования по шероховатости к рабочей поверхности порядка Ra 0,04...0,06 мкм.

2.3 Особенности износа инструмента при ультразвуковом выглаживании

В настоящее время при идентификации износа выглаживающего инструмента принято считать параметры износа инструмента в виде площадки износа и величины (глубины лунки) износа как схематично показано на рис. 2.8

В случае ультразвукового выглаживания, когда инструмент испытывает значительные динамические нагрузки и форма очага его износа имеет специфическую форму (рис. 2.9) требуется учитывать непосредственно структуру площадки износа инструмента.

Рассмотрим более подробно специфические особенности изнашивания инструмента при ультразвуковом выглаживании по сравнению с традиционной обработкой.

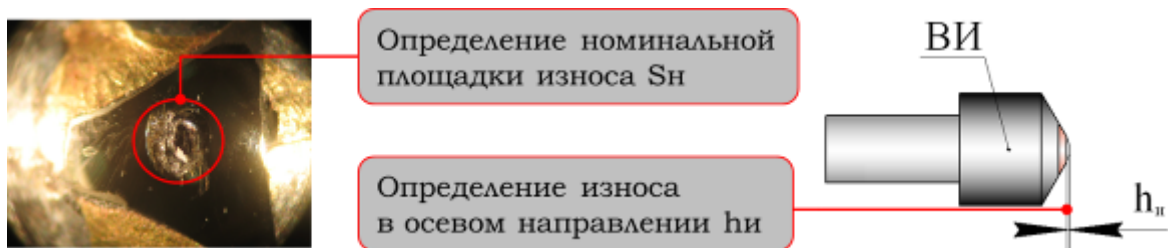


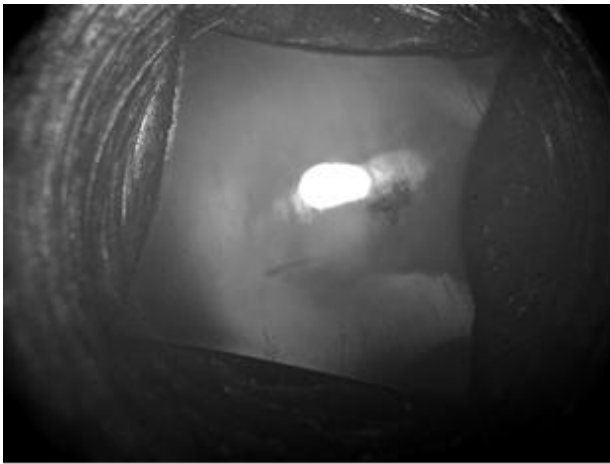
Рисунок 2.8 – Схема идентификации износа выглаживающего инструмента (ВИ)



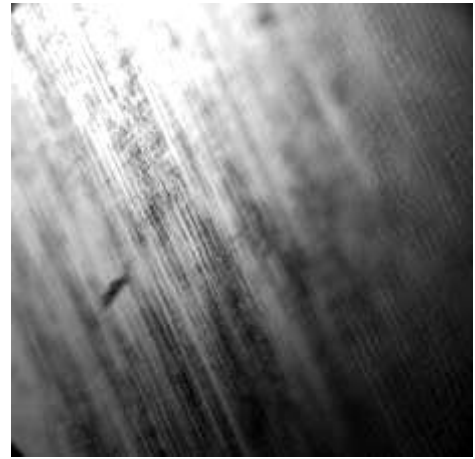
Рисунок 2.9 – Схема, поясняющая особенности износа инструмента при ультразвуковом выглаживании

На рис. 2.10 представлено фото рабочей поверхности нового инструмента и его топография, полученная с помощью лазерного сканирующего микроскопа. Как следует из анализа фотографий новый инструмент характеризуется определенной микротопографией рабочей поверхности с шероховатостью поверхности в пределах $0,07 \dots 0,12$ мкм по Ra.

На рис. 2.11 – 2.14 представлены фотоснимки последовательного развития очагов износа инструмента при обычном выглаживании. Как следует из фото при обычной обработке в результате трения изначально развивается система микродеформационных складок материала, ориентированных перпендикулярно направлению вектора скорости.



а)



б)

Рисунок 2.10 – Фото нового инструмента, полученные оптической микроскопией (а) и лазерной сканирующей микроскопией (б)

Далее эта система развивается в виде микротрещин, ориентированных также в перпендикулярном вектору скорости направлении

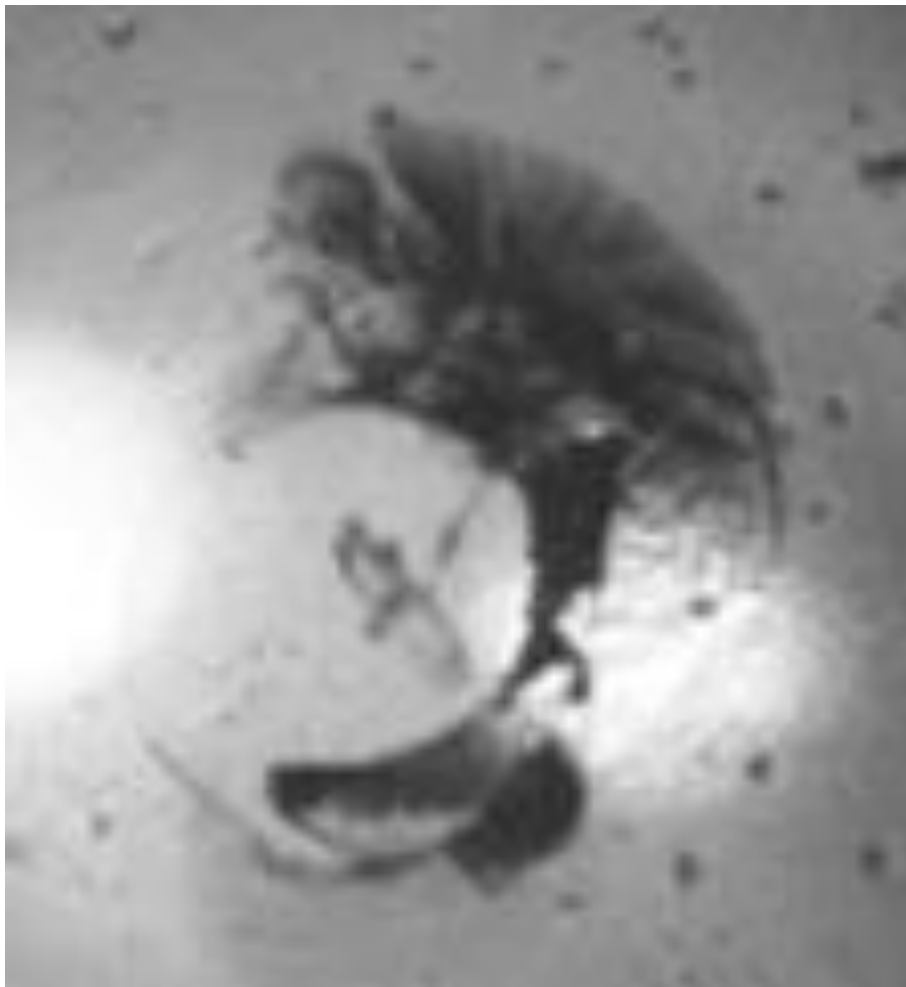


Рисунок 2.11 Очаг износа выглаживающего инструмента

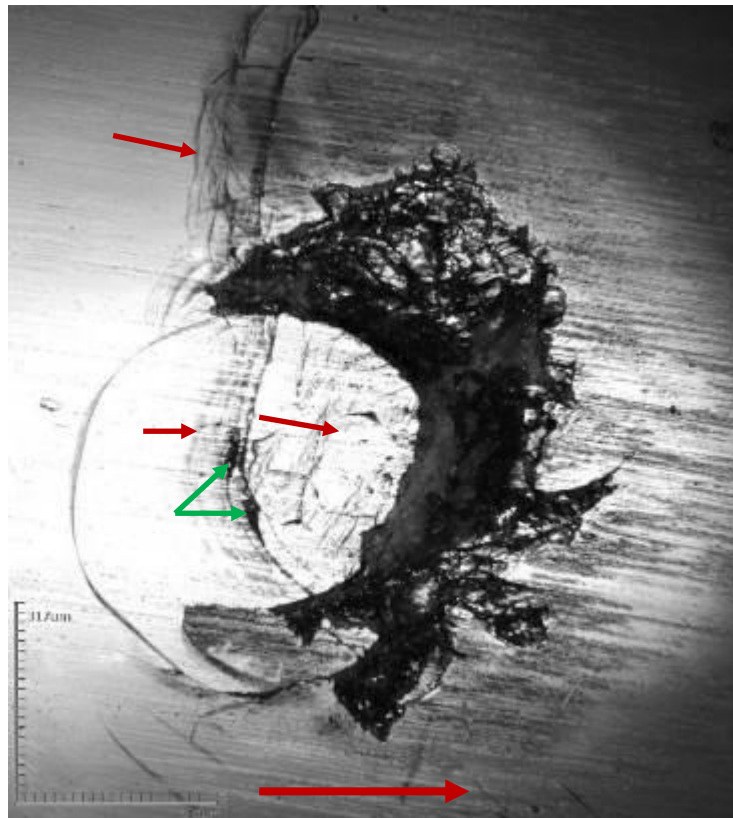


Рисунок 2.12 Очаг износа выравнивающего инструмента
(в направлении вектора скорости видны микродеформационные линии)

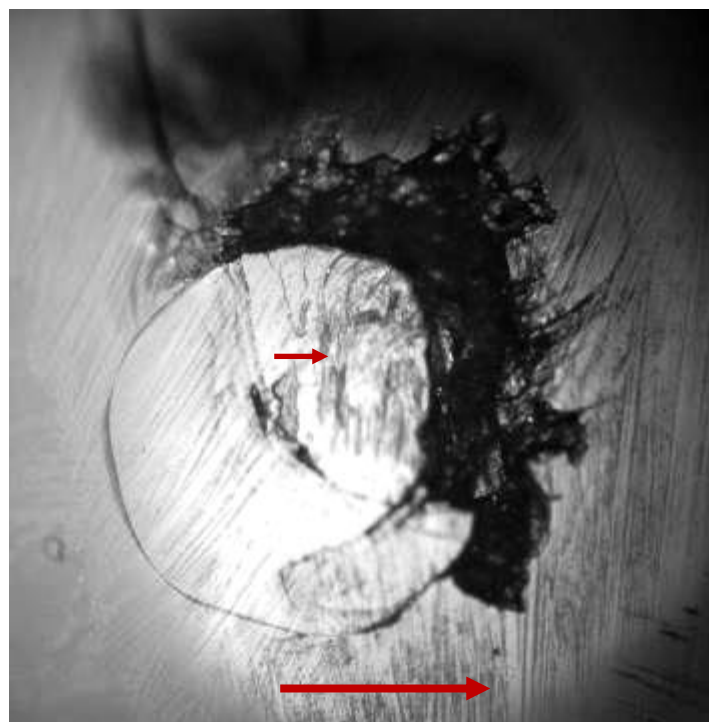


Рисунок 2.13 Очаг износа выравнивающего инструмента
(в направлении вектора скорости видны более развитая система микро-
деформационных линии)

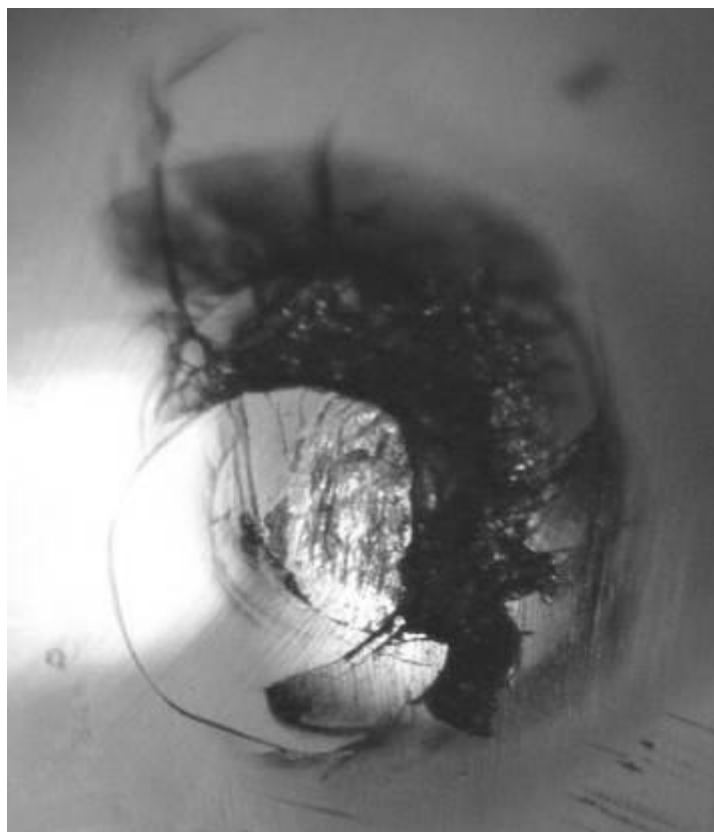


Рисунок 2.14 Очаг износа выглаживающего инструмента
(в направлении вектора скорости видны более развитая система микро-
деформационных линии)

При дальнейшей эксплуатации инструмента микротрещины развиваются до критических размеров, объединяются друг с другом и происходит отделение части материала, т.е. его износ. Наиболее развитый участок очага износа выглаживающего инструмента смещен относительно центральной оси инструмента в область, где в процессе обработки действуют максимальные нагрузки.

Иначе обстоит дело в развитии очагов износа при ультразвуковом выглаживании. В процессе ультразвуковой обработки инструмент оказывает ударное воздействие на обрабатываемый материал практически в перпендикулярном направлении. В связи с чем касательная сила трения практически минимальна. И в результате такой многочастотной ударной нагрузки, вероятность разрушения инструмента будет происходить преимущественно мик-

росколами. На рис. 2.15 – 2.17 представлены фотографии рабочих участков инструментов после ультразвукового выглаживания.

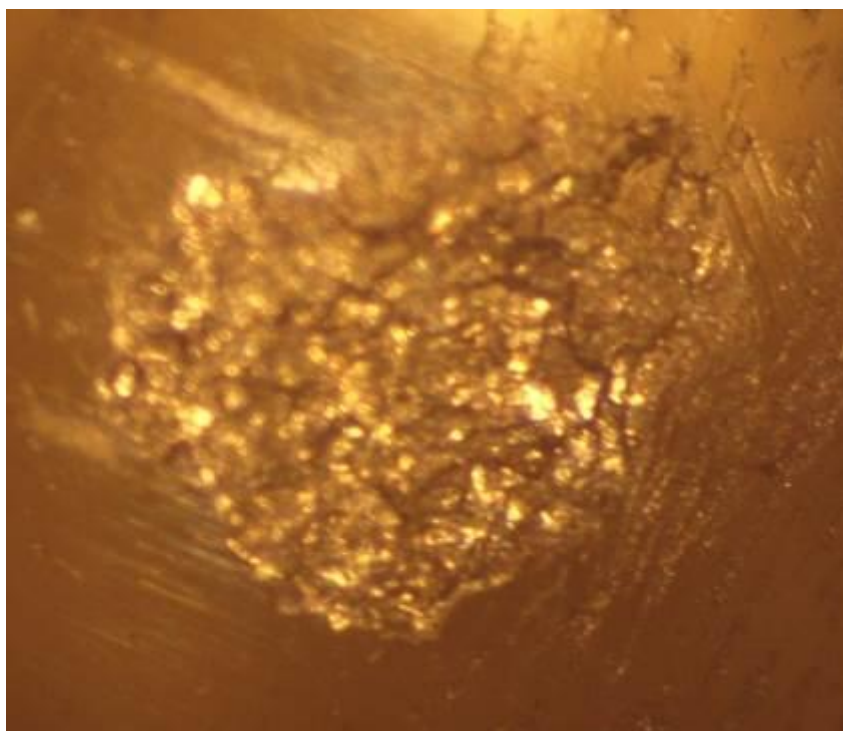


Рисунок 2.15 – Очаг износа выглаживающего инструмента из кубического нитрида бора (КБН)

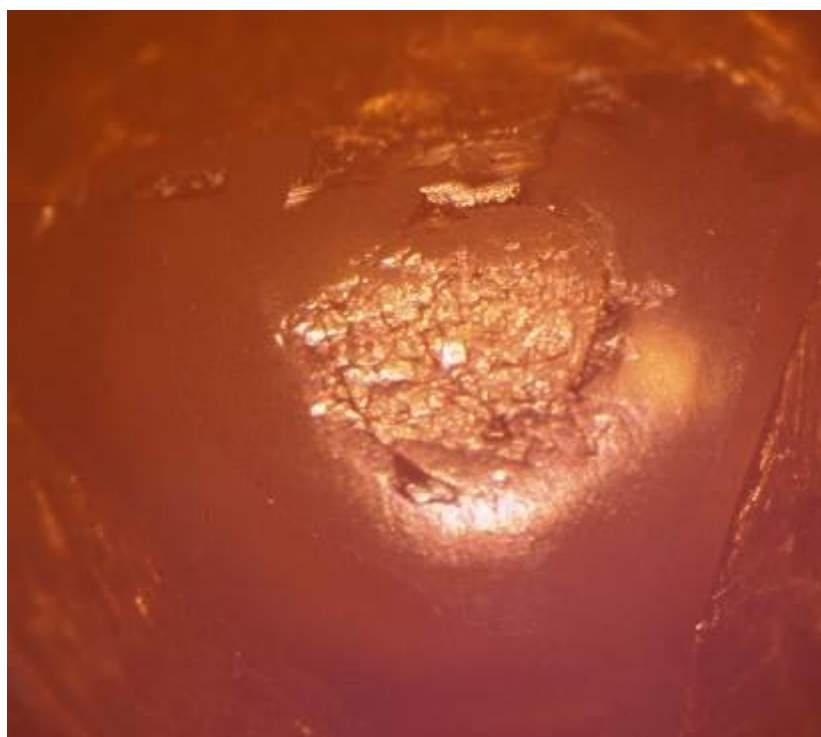


Рисунок 2.16 – Очаг износа выглаживающего инструмента из твердого сплава ВК-ОМ

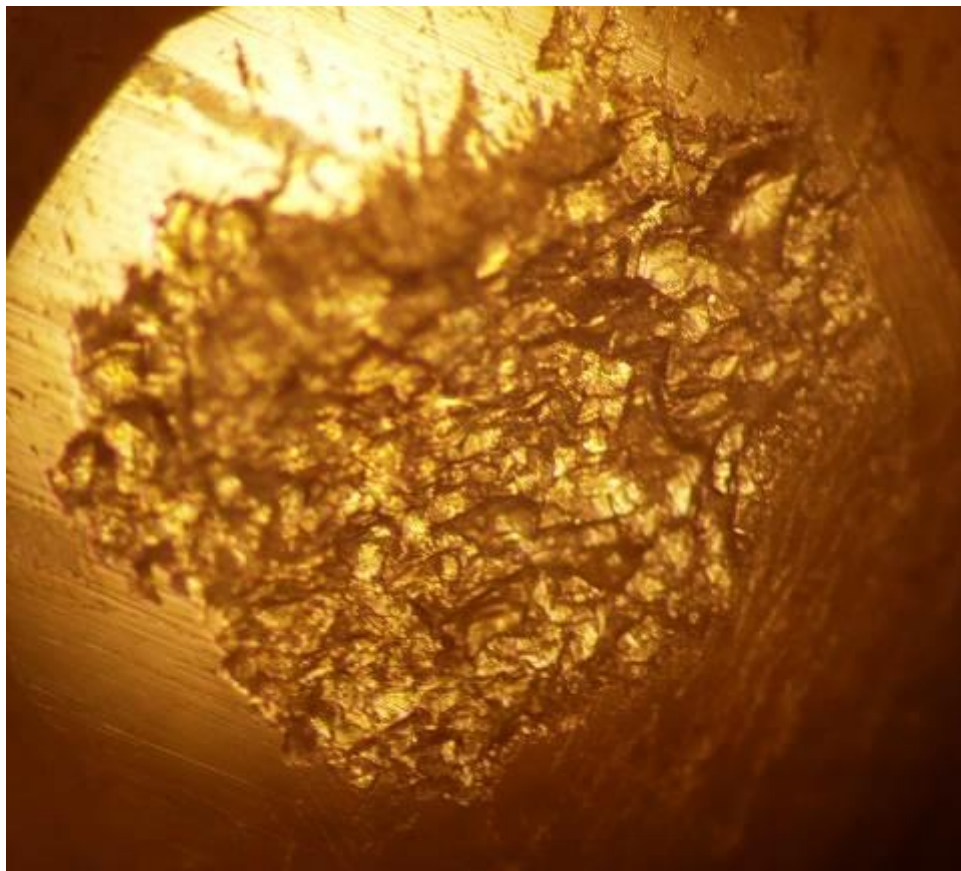
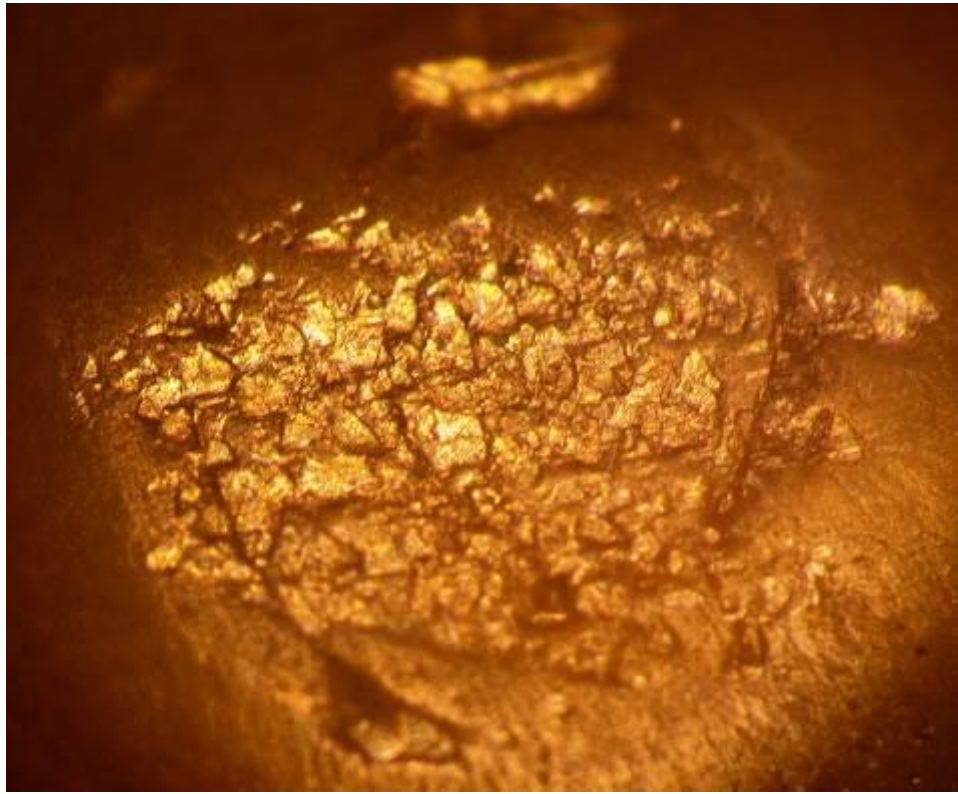


Рисунок 2.17 – Увеличенные фрагменты участков рабочей поверхности инструмента после ультразвукового выглаживания

Как видно из фотографий очаг износа рабочего участка инструмента после ультразвуковой обработки представляет собой множество микро кратеров разрушения, вызываемых в результате хрупкого ударного разрушения. Причем величина кратеров практически одинакова. Можно предположить, что на такой характер развития очагов износа при ультразвуковой обработки оказывает кавитация слоя смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) или маслянных пленок, остающейся на поверхности детали. Таким образом, для изготовления инструмента, используемого при ультразвуковой обработки целесообразно применять более ударопрочные инструментальные материалы.

3. РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ПЕРЕТОЧКИ ВЫГЛАЖИВАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

3.1. Базовая технология переточки выглаживающего инструмента

Одной из трудоемких технологических операций является операция заточки инструмента. В научно-технической литературе известны технические решения для оборудования, предназначенные для заточки выглаживателей. На рис. 3.1. приведена конструкция полуавтомата для заточки выглаживателей.

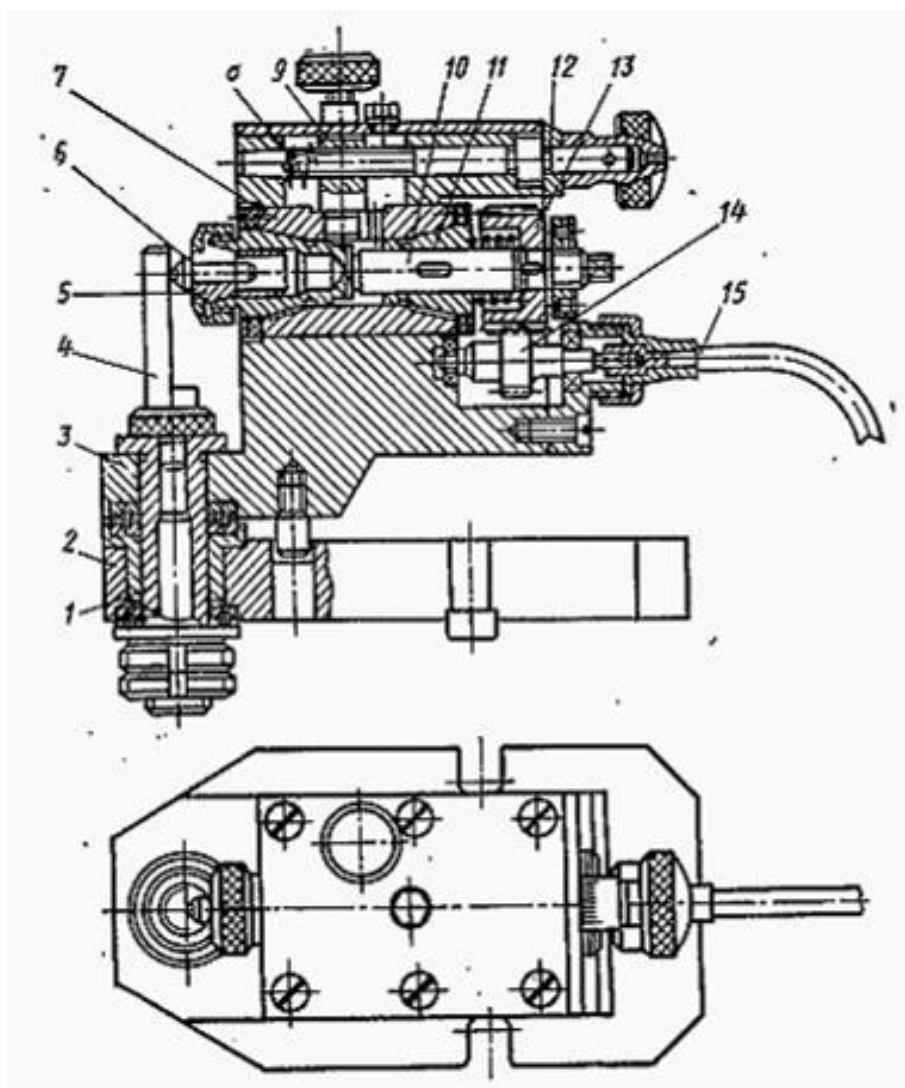


Рисунок 3.1 - Полуавтомат для заточки выглаживателей.

Данное приспособление устанавливается практически на любой универсальный заточной станок. В шпиндель приспособления устанавливается инструмент, который необходимо заточить, а остальные движения формообразования происходят согласно особой кинематика приспособления. Кинематическая схема станка приведена на рис. 3.2.

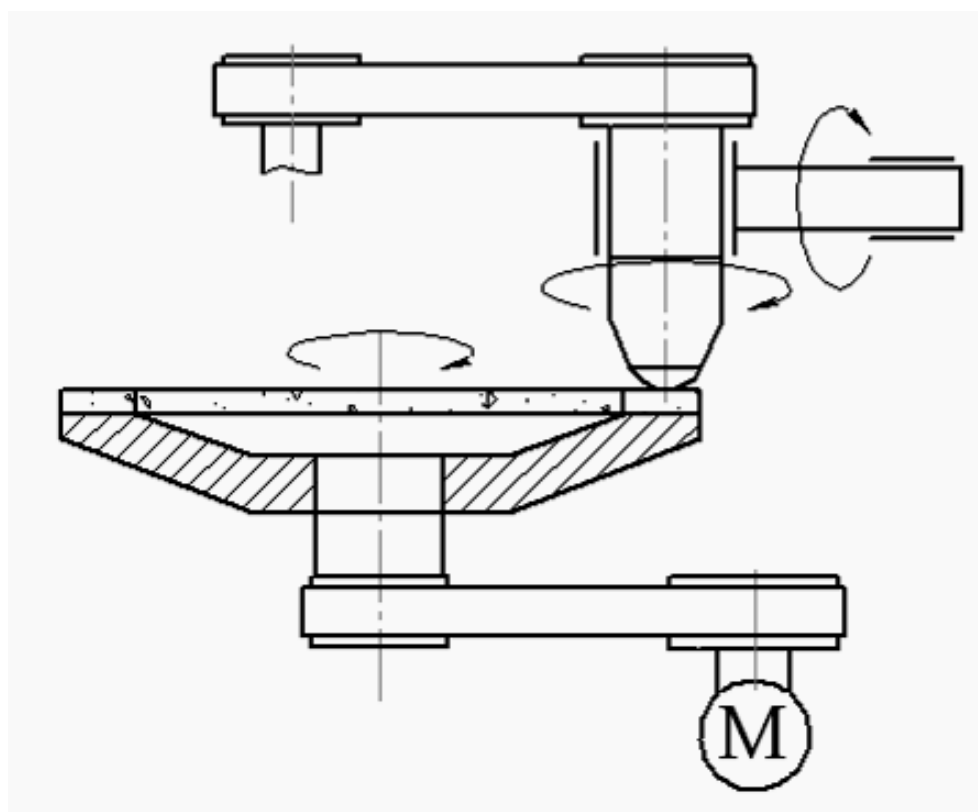


Рисунок 3.2 - Кинематическая схема установки для заточки выглаживателей

Согласно приведенной кинематической схеме возможна заточка практически любой рабочей поверхности инструмента.

Недостатками базовой технологии заточки является трудность настройки и переналадки на заточку другого радиуса. Кроме того качество заточки остается не совсем удовлетворительное.

3.2 Разработка схем переточки выглаживающего инструмента на шлифовально-заточном станке с ЧПУ Walter Helitronic

При эксплуатации инструмента вследствие его износа возникает необходимость его переточки. Для переточки инструментов предлагается использовать шлифовально-заточной станок с ЧПУ Walter Helitronic. При переточки инструмента необходимо учитывать характер его износа, в частности глубину лунки износа. В зависимости от глубины лунки износа возможно предложить несколько схем переточки. Учитывая конструктивные особенности инструмента переточку возможно осуществить на тот же радиус, но с уменьшением эффективного участка рабочего вылета инструмента, и переточку на другой (большой радиус) с сохранением такого же вылета рабочей части инструмента. На рис. 3.3 представлен фрагмент индентификации величины износа инструмента изображение которого получено с помощью лазерного сканирующего микроскопа. При этом величина (глубина лунки износа составила величину порядка 0,03 мм.)

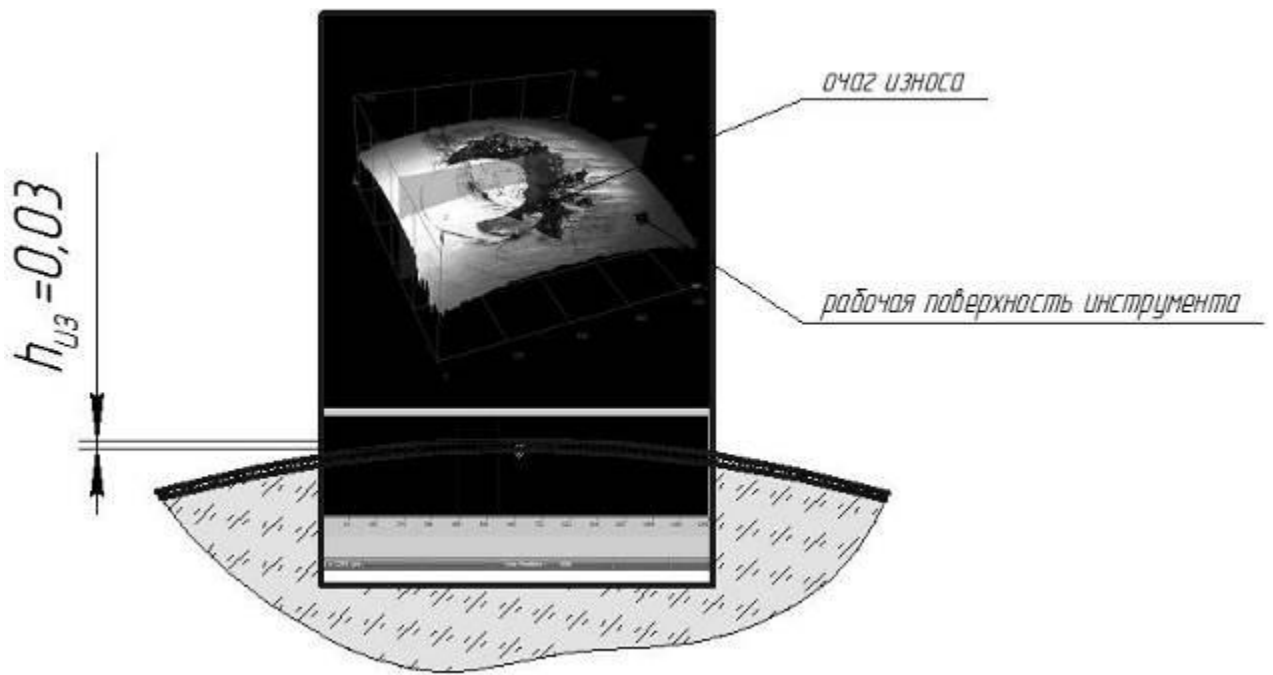


Рисунок 3.3 – Фото рабочей части инструмента, полученное с помощью лазерного сканирующего инструмента

С помощью геометрических построений в программном продукте Компас V16 в реальном масштабе времени профилей инструментов различного радиуса с различной глубиной лунки износа в пределах от 0,01 до 0,04 мм были получены различные варианты переточки рабочей части инструмента. На рис. 3.4., 3.5 приведены результаты моделирования схем переточки инструментов. На основании анализа расчетных данных можно сделать вывод, что выглаживающий инструмент целесообразно перетачивать на то же значение радиуса рабочей поверхности

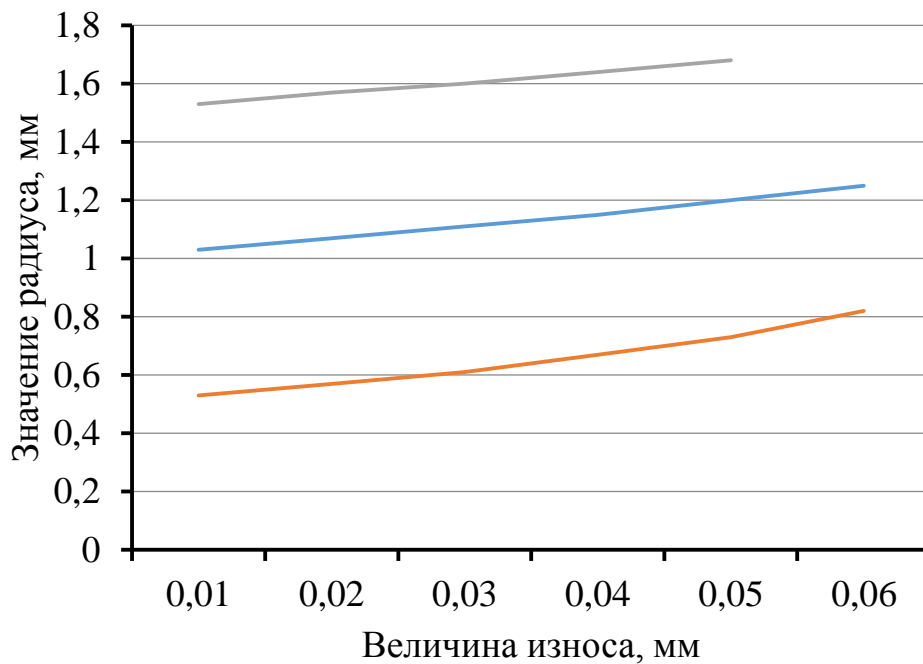


Рисунок 3.4 Зависимость величины радиуса переточки инструмента от величины износа для различных значений исходного радиуса

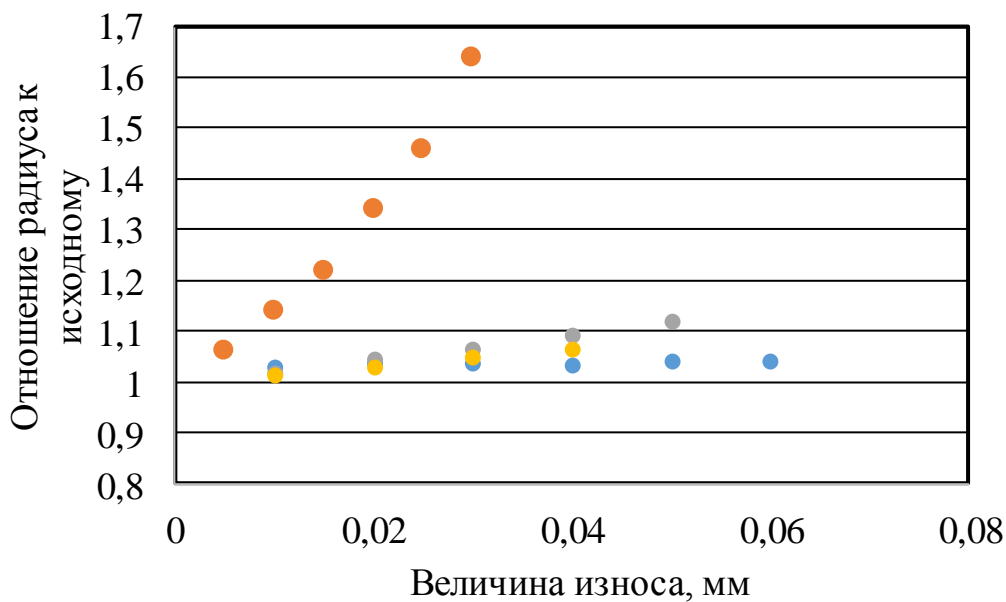


Рисунок 3.5 – Зависимость величины относительного радиуса (радиус переточки к исходному) от величины износа

На рис. 3.3. и 3.4. представлены схемы переточки инструментов

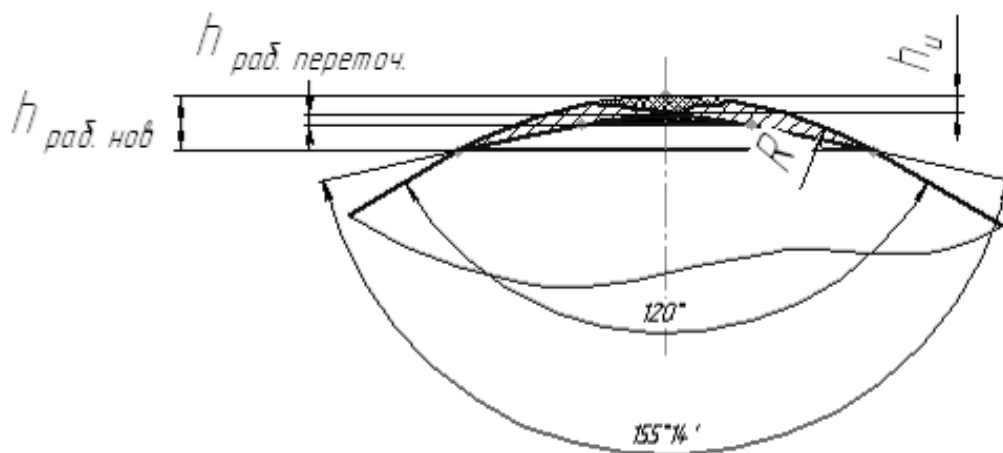


Рисунок 3.3 - Схема переточки на тот же радиус

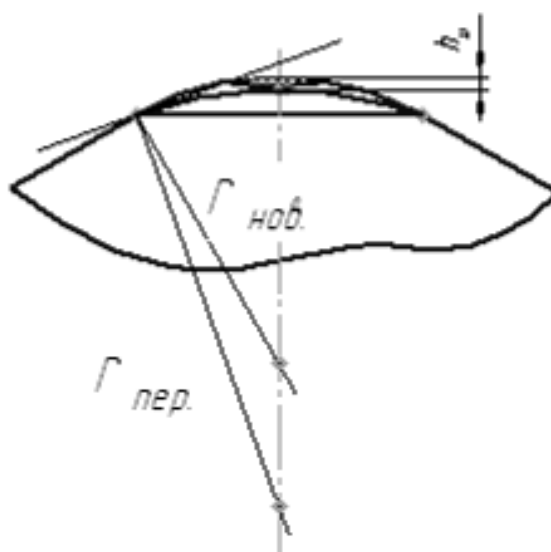


Рисунок 3.4 - Схема переточки на больший радиус

В зависимости от схем переточки предложены следующие последовательные переходы (рис. 3.5., 3.6.)

Переход 1 Шлифование на конус



Переход 2 Заточка сферы



Рисунок 3.6 - Схема съема припуска при переточке изношенного инструмента на тот же радиус

Переход 1 заточка сферы



Рисунок 3.7 - Схема съема припуска при переточке инструмента на больший радиус

4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ

4.1 Разработка маршрута обработки и описание оборудования

Типовой маршрут изготовления инструмента включает последовательное выполнение следующих технологических операций:

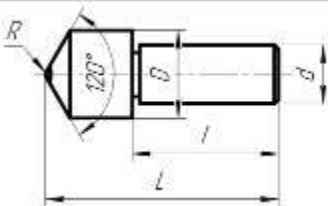
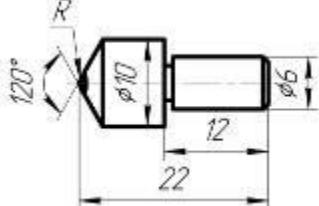
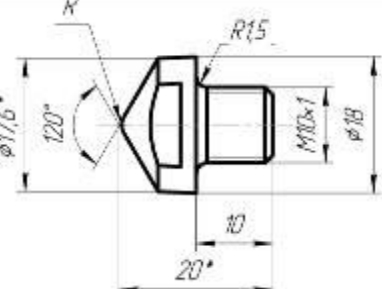
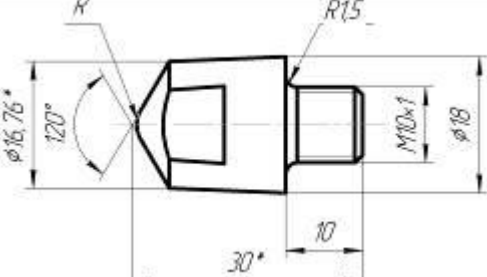
1. Отрезка заготовки из прутка
2. Токарная обработка
3. Термообработка
4. Пайка твердосплавной вставки
5. Шлифование предварительное
6. Шлифование окончательное
7. Заточка

В таблице представлен типоразмер инструментов для разработки технологии их изготовления. Данный инструмент специально спроектирован под ультразвуковой технологический модуль для выглаживания на токарных станках с ЧПУ (рис. 4.1)



Рисунок 4.1 - Технологический модуль для ультразвукового выглаживания на токарных станках с ЧПУ

Таблица 1.1 -Типоразмер инструментов для ультразвукового выглаживания

| Наименование | Эскиз | Радиус рабочей части, R , мм |
|---|--|--------------------------------|
| Инденитор с сферической рабочей частью из природного алмаза (исполнение 2) |  | 3 мм |
| Инденитор с сферической рабочей частью из синтетического алмаза АСПК «Карбонадо» (исполнение 2) |  | 1-3 мм |
| Инструмент с рабочей частью из твердого сплава ВК6 |  | 2, 4 мм |
| Инструмент с рабочей частью из инструментальной стали X12MФ |  | 2, 4 мм |

На основании анализа технических требований, предъявляемых к инструменту, типовых его отказов и анализа базовой технологии изготовления предложен следующий маршрут изготовления инструмента для ультразвукового выглаживания:

1. Технологический маршрут изготовления цельного инструмента:

Операция 010 – Токарная с ЧПУ (обработка контура инструмента в два станова)

Операция 020 – Фрезерная (фрезерование лыски, необходимой для затяжки инструмента в УЗКС)

Операция 030 – Резьбонакатная

Операция 040 – Термообработка (закалка, отпуск)

Операция 050 –

Переход 1. Шлифовально-заточная предварительная

Переход 2. Шлифовально-заточная окончательная

Для изготовления инструмента с твердосплавной вставкой предложен следующий технологический маршрут:

Операция 010 – Токарная с ЧПУ (обработка контура инструмента в два станова. На втором станове – операция сверления центрального отверстия – гнезда для твердосплавной вставки)

Операция 020 – Фрезерная (фрезерование лыски для установки инструмента в УЗКС)

Операция 030 – Резьбонакатная (накатывание резьбы)

Операция 040 – Термообработка

Операция 050 – Пайка

Операция 060 – Шлифовально-заточная

Последовательность технологических операций отражена на рис. 4.2.

Операции заточки инструмента предлагается осуществлять на шлифовально-заточном станке с ЧПУ Walter Helitronic 50 CNC. Общий вид шлифовально-заточного станка с ЧПУ представлен на рис. 4.3.

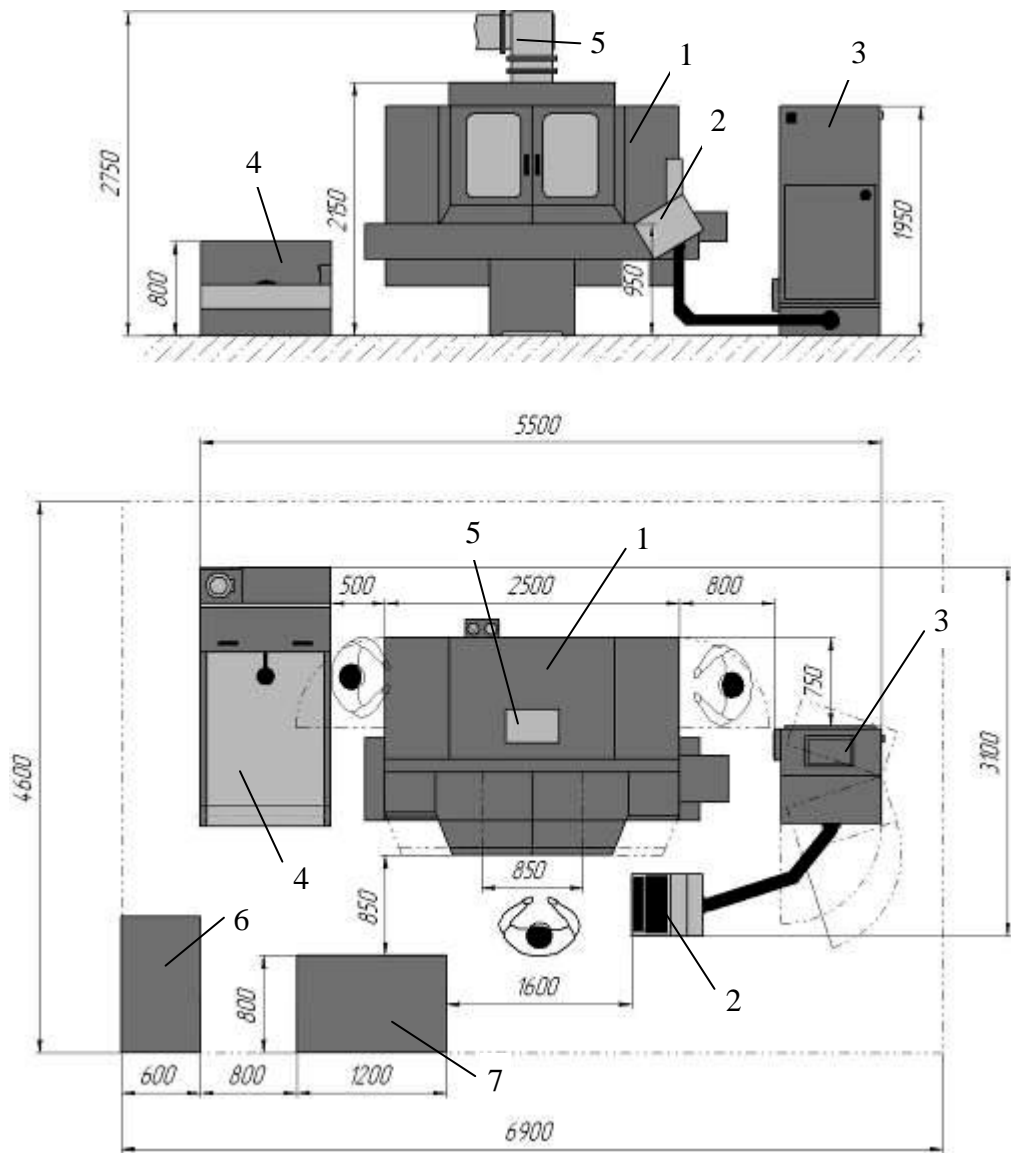
Станок 1 оснащен системой числового программного управления (СЧПУ) FlexNC. Для управления станком в ручном и автоматическом режимах служат программно-аппаратные средства, интегрированные в стойке СЧПУ 2 станка.

Монтаж электронных блоков СЧПУ и компонентов электроавтоматики станка выполнен в распределительном шкафу 3 (вид защиты IP 54).

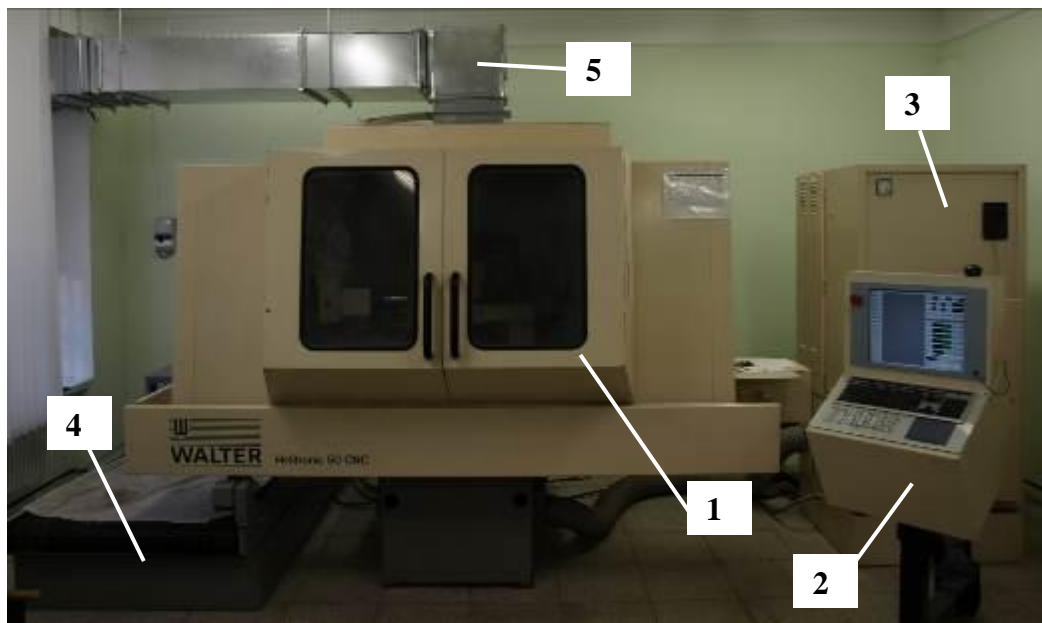
Питание осуществляется с помощью трехфазной сети переменного тока с заземленным средним проводом. Рабочее напряжение – 380V/ 50Hz, управляющее напряжение – 24V постоянного тока.

Общая потребляемая мощность электроэнергии около 30 кВт. Для централизованной подачи, сбора и очистки СОЖ от шлама служит лоток 4 с магнитным сепаратором и системой микрофильтров. В качестве СОЖ рекомендуется использовать масло с максимальной вязкостью 8 мм²/с при 40⁰ С.

Удаление масляного тумана из рабочей зоны станка осуществляется с помощью системы вентиляции 5 установленной на станке с возможностью 3-х ступенчатого увеличения мощности (максимальная мощность вытяжки 1800 м³/час). Для расположения вспомогательной оснастки, мерительного инструмента и заготовок предназначены стеллаж 6 и стол 7. Доступ оператора (наладчика) в рабочую зону станка осуществляется с помощью фронтальных раздвижных шторок и боковых дверцев.



a)



б)

Рисунок 4.3 - Общий вид станка Walter Helitronic (обозначения см. в тексте)

Основные узлы и механизмы станка

Компоновка станка Walter Helitronic 50 CNC представлена на рис. 4.4.

Несущей базой станка является литая станина 1, на которой размещены приводы продольного 2 (ось X) и поперечного 3 (ось Z) перемещения рабочих узлов станка. В приводе поперечного перемещения установлена выдвижная пиноль с приводом 4 вертикального перемещения (ось Y) шлифовальной бабки 5.

На приводе продольного перемещения установлен стол 6, на котором расположена планшайба 7 кругового перемещения бабки 9 (ось C). Бабка 9 оснащена приводом для вращения зажимного приспособления 10 (цангового патрона) с заготовкой 11. Бабка 9 имеет возможность ручной регулировки своего положения относительно оси вращения планшайбы с помощью крестообразных салазок 8.

Для отработки технологических переходов привод продольного 2 (ось X) перемещения имеет рабочий ход 545 мм., привод поперечного 3 (ось Z) перемещения имеет рабочий ход 267 мм., привод 4 вертикального перемещения (ось Y) шлифовальной бабки имеет рабочий ход 180 мм.

Обозначение осей и их принадлежность к системе координат установлены для технологических машин с ЧПУ в международных нормах ДИН 66 217. В этом стандарте указаны также отдельные направления движений на станке с ЧПУ. Координатное пространство станка как правило определено прямоугольной (декартовой) правоориентированной системой координат, в которой оси X, Y, Z ориентированы на основные направляющие станка (рис. 4.3). Так, на станке Walter Helitronic три оси линейного позиционирования (X, Y, Z) обеспечивают соответственно продольное перемещение суппорта, на котором располагается бабка с обрабатываемой заготовкой, вертикальное и поперечное перемещение шлифовальной бабки; две поворотные оси (C, A) обеспечивают круговое перемещение бабки с заготовкой (ось C) и вращение заготовки вокруг своей оси (ось A).

На рис. 4.4 приведены обозначения положительного или отрицательного исчисления для направлений соответствующих осей.

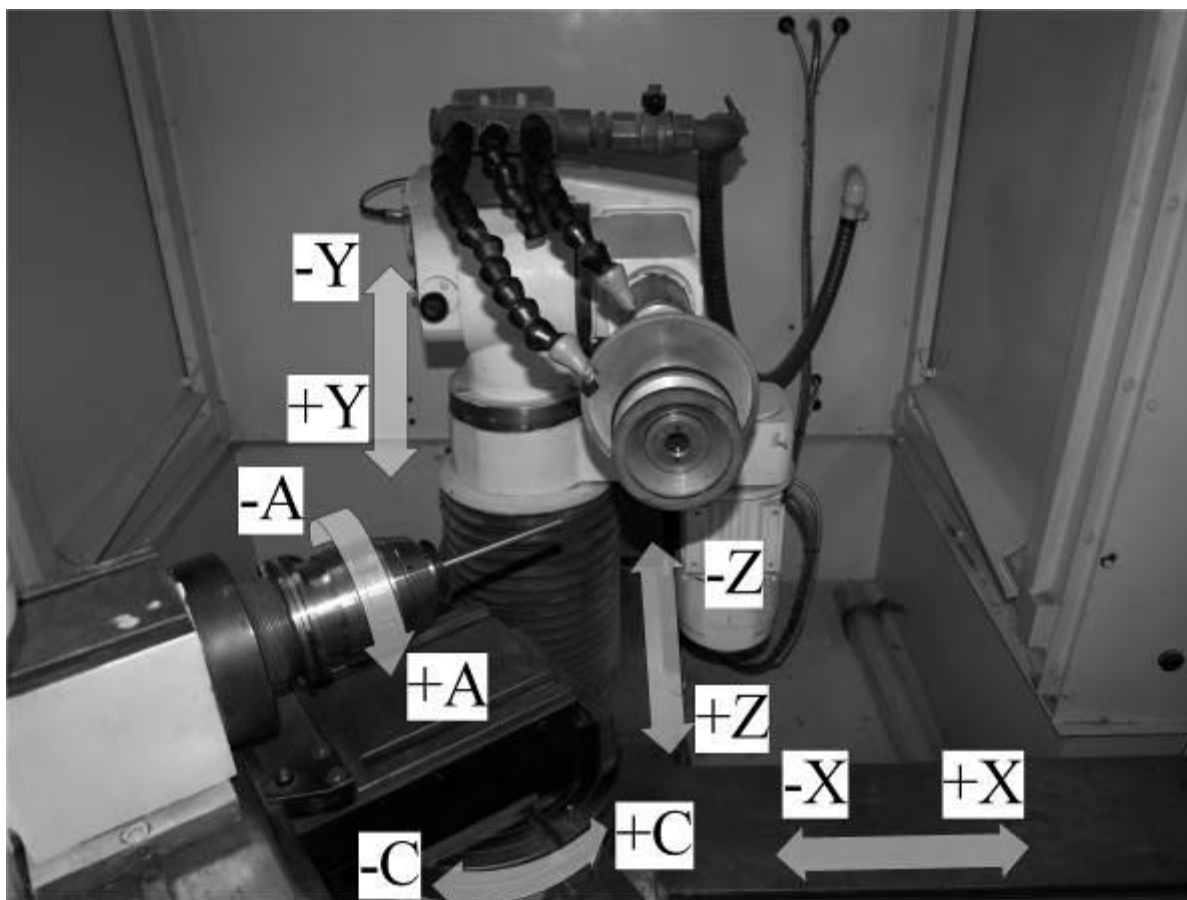


Рисунок 4.4 - Обозначение управляемых осей станка Walter Helitronic

При разработке управляющих программ предполагается, что обрабатываемая заготовка, установленная в приспособлении, неподвижна, а движется только инструмент относительно заготовки, т.е. программируется траектория перемещения инструмента относительно контура детали. В связи с чем выделяют три основные и взаимосвязанные системы координат: 1 – система координат станка (машинная система координат, Machine Tool Coordinate System), является базовой, в ней определяются обозначения осей координат и их положительное направления; 2 – инструментальная система координат (Tool Coordinat System) предназначена для «привязки» обрабатывающих инструментов и 3 – рабочая (программная) система координат (Workpiece Coordinat System) связана с обрабатываемой заготовкой, в ней определяются координаты контура детали и разрабатывается управляющая программа.

Точное положение установленных в ДИН 66 217 систем координат определяется посредством нулевых и опорных точек отсчета.

Нулевая и опорные точки инструментальной системы координат

Нулевая точка Т инструментальной системы координат находится на пересечении торца шлифовального шпинделя и оси его вращения (координаты Z) (рис. 4.5). Относительно ее осуществляется «привязка» инструментов (шлифовальных кругов) с помощью координат Z1, Z2 (см. рис.) Кроме нулевой точки инструментов выделяют опорные точки – точка зажима N и точка установки E инструментов. В зажатом положении инструментальной оправки точки зажима и установки инструментов совпадают. При наладке шлифовальных кругов вне станка нулевую точку инструмента можно выделить на торце инструментальной оправки, тогда «привязка» шлифовальных кругов осуществляется с помощью координат A, B (см. рис.)

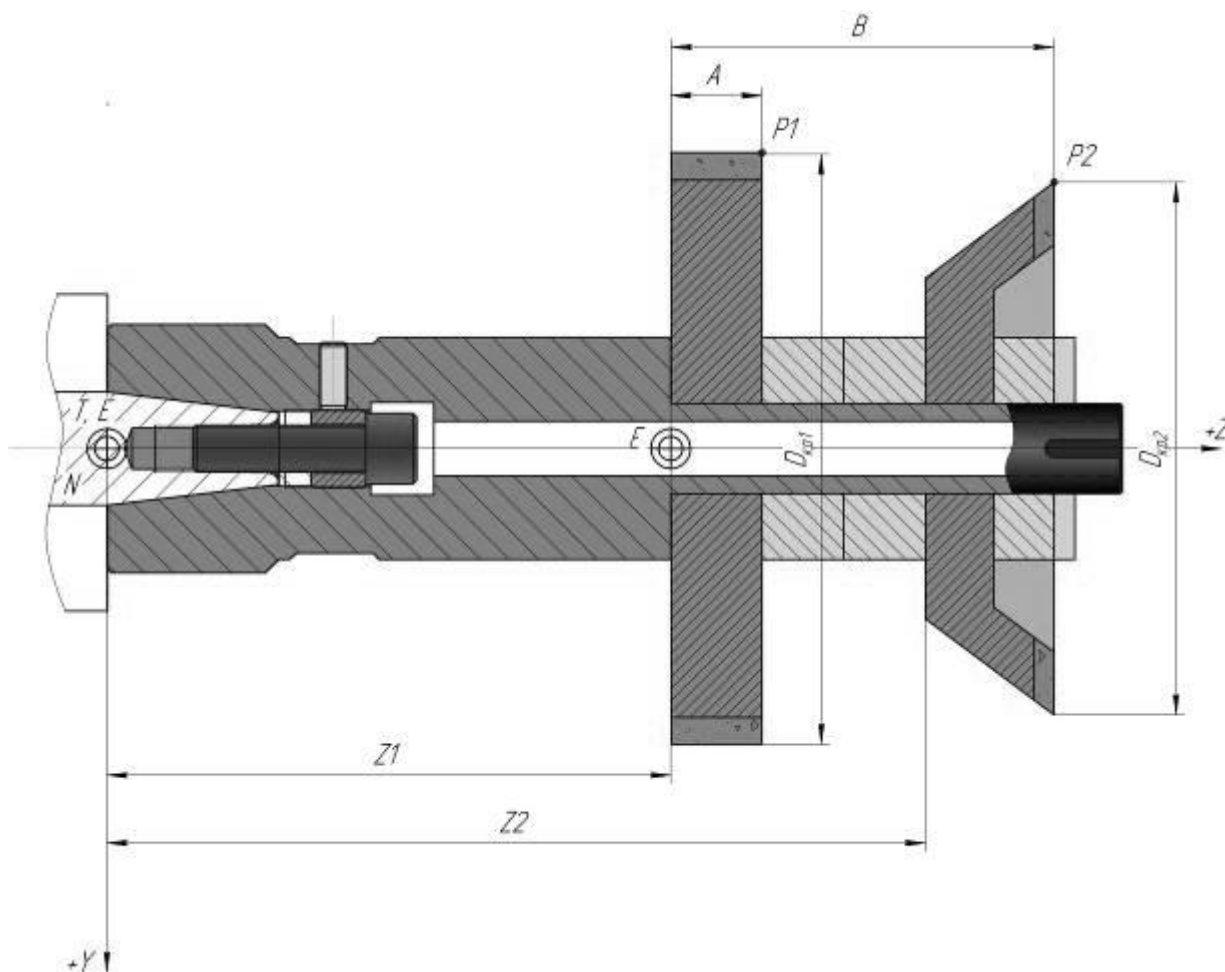


Рисунок 4.5 - Инструментальная система координат

Разработку технологии проводили с использованием модернизированного шлифовально-заточного станка с ЧПУ *Walter Helitronic 50 CNC*. На рис. 4.6 представлена компоновка рабочей зоны станка.



Рисунок 4.6 - Рабочая зона шлифовально-заточного станка *Walter Helitronic 50 CNC*

4.2 Разработка комплекса управляющих программ для заточки инструмента на шлифовально-заточном станке с ЧПУ *Walter Helitronic*

*Характеристика системы ЧПУ *FlexNC**

Система числового программного управления станком *Walter Helitronic FlexNC* выполнена на базе PC совместимого контролера движения *Delta Tau* с DSP процессором *Motorola*, на котором реализовано три контура управления электроприводами, контроллеры движения и электроавтоматики станка.

Управление электроприводами станка осуществляется с помощью силовых блоков (автономных инверторов) FlexPower. В качестве электроприводов перемещения по координатам используются асинхронные электродвигатели трехфазного тока с встроенными датчиками углового положения (энкодерами). Электронные блоки СЧПУ, системный блок РС, силовые блоки управления электроприводами и электроавтоматика смонтированы в шкафу управления.

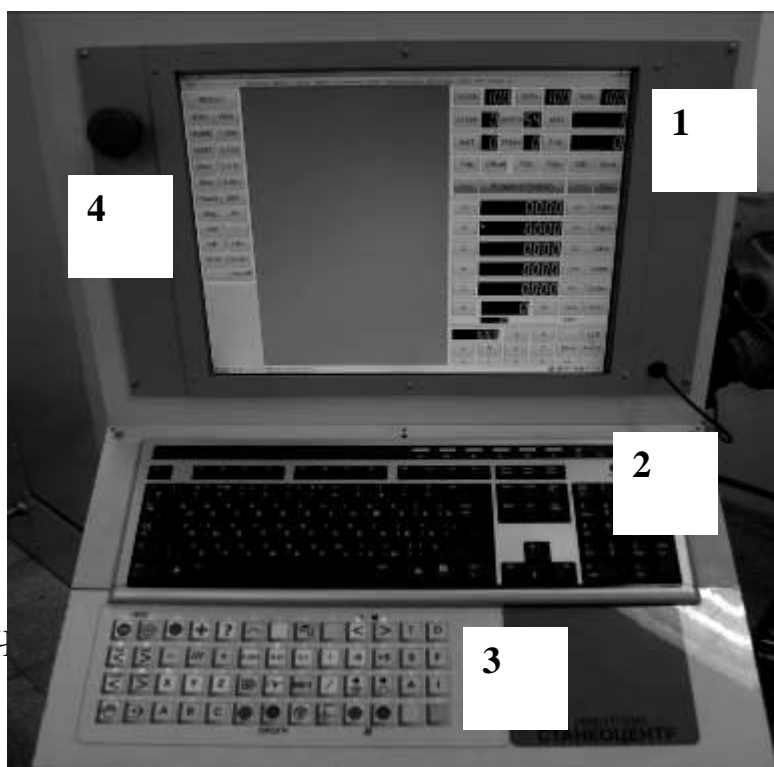





Рисунок 4.7 – Стойка системы ЧПУ FlexNC

На стойку управления FlexNC (рис. 4.7) выведены цветной 17” монитор 1, мышь и компьютерная клавиатура 2 для программирования в NC коде, панель управления станком 3 и кнопка 4 аварийного отключения питания. Общий вид панели управления представлен на рис. 4.8, в таблице 4.3 дана расшифровка основных кнопок управления. Каждая кнопка сверху снабжена световым индикатором, символизирующим ее включение



Рисунок 4.8 - Панель управления СЧПУ FlexNC

Таблица 4.3 - Основные кнопки панели управления СЧПУ FlexNC

| Обозначение | Расшифровка |
|---|--|
|  | Включение (загрузка)/выключение СЧПУ |
|  | Включение силового питания (380 В) электроприводов станка |
|  | <p>Ручное перемещение по соответствующим координатам станка как в отрицательном направлении (-), так и положительном (+). Примечание 1: для перемещения необходимо один раз нажать кнопку, обозначающую соответствующую координату, например X, (отобразится световой индикатор), а затем нажать кнопку в зависимости от необходимого направления (+ или -).</p> <p>Примечание 2: отрицательное и положительное направление перемещения обозначены относительно машинного нуля</p> |

| | |
|---|--|
|  | Выход в машинный ноль (ноль станка) |
|  | Режим пошагового перемещения по координатам |
|  | Кнопки выбора величины шага для режима пошагового перемещения по координатам в мм. |
|  | Режим ручного и программного управления соответственно |
|  | Включение подачи СОЖ |
|  | Включение и выключение напряжения питания электроприводов |
|  | Соответственно пуск работы управляющей программы (УП), ее останов и пауза. Примечание: кнопки работают при активном режиме программного управления |
|  | Запуск вращения шпинделя соответственно против часовой и по часовой стрелке |

Включение станка и загрузка СЧПУ FlexNC осуществляется в сле

дующей последовательности: включение питания блоков управления СЧПУ и системного блока РС поворотом по часовой стрелке рубильника 1 в положение «ON», расположенного на боковой панели шкафа управления с правой стороны (рис. 4.9). Здесь же можно подать питание на привода лотка транспортера шлама и насоса подачи СОЖ включением соответственно рубильников 2 и 3, расположенных на лицевой панели шкафа управления.

Далее нажатием кнопки «ON» панели управления станком осуществляется загрузка операционной системы Windows XP и программной оболочки СЧПУ FlexNC, вид которой представлен на рис. 4.10. После загрузки FlexNC

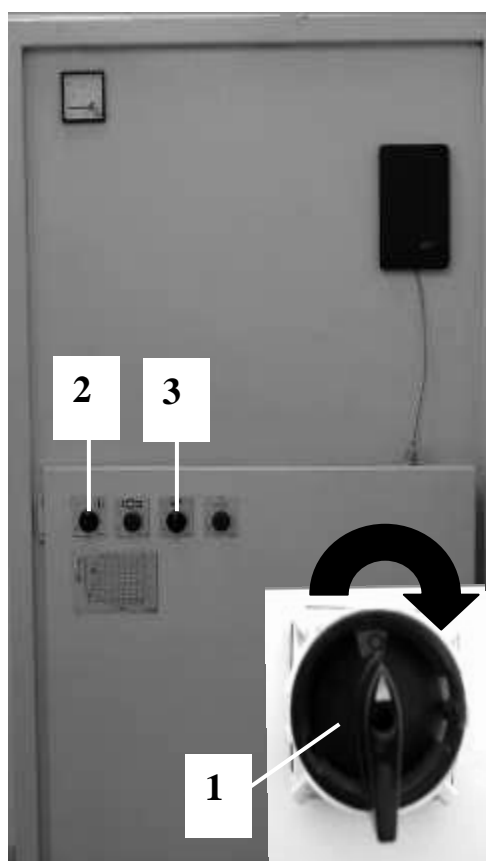


Рисунок 4.9- Шкаф управления СЧПУ FlexNC

нажатием соответствующей кнопки на панели управления подается силовое напряжение на электропривода станка.

Выход в машинный ноль станка.

После включения станка и подачи силового напряжения на электропривода необходимо обнулить машинные координаты станка, т.е. обеспечить перемещение рабочих узлов станка в исходную (нулевую) позицию. Фактически это осуществляется в автоматическом режиме в два этапа: 1 – перемещением узлов станка по соответствующим осям (X, Y, Z, A, C) до конечных выключателей, и 2 – выход в запрограммированную исходную (нулевую) позицию.

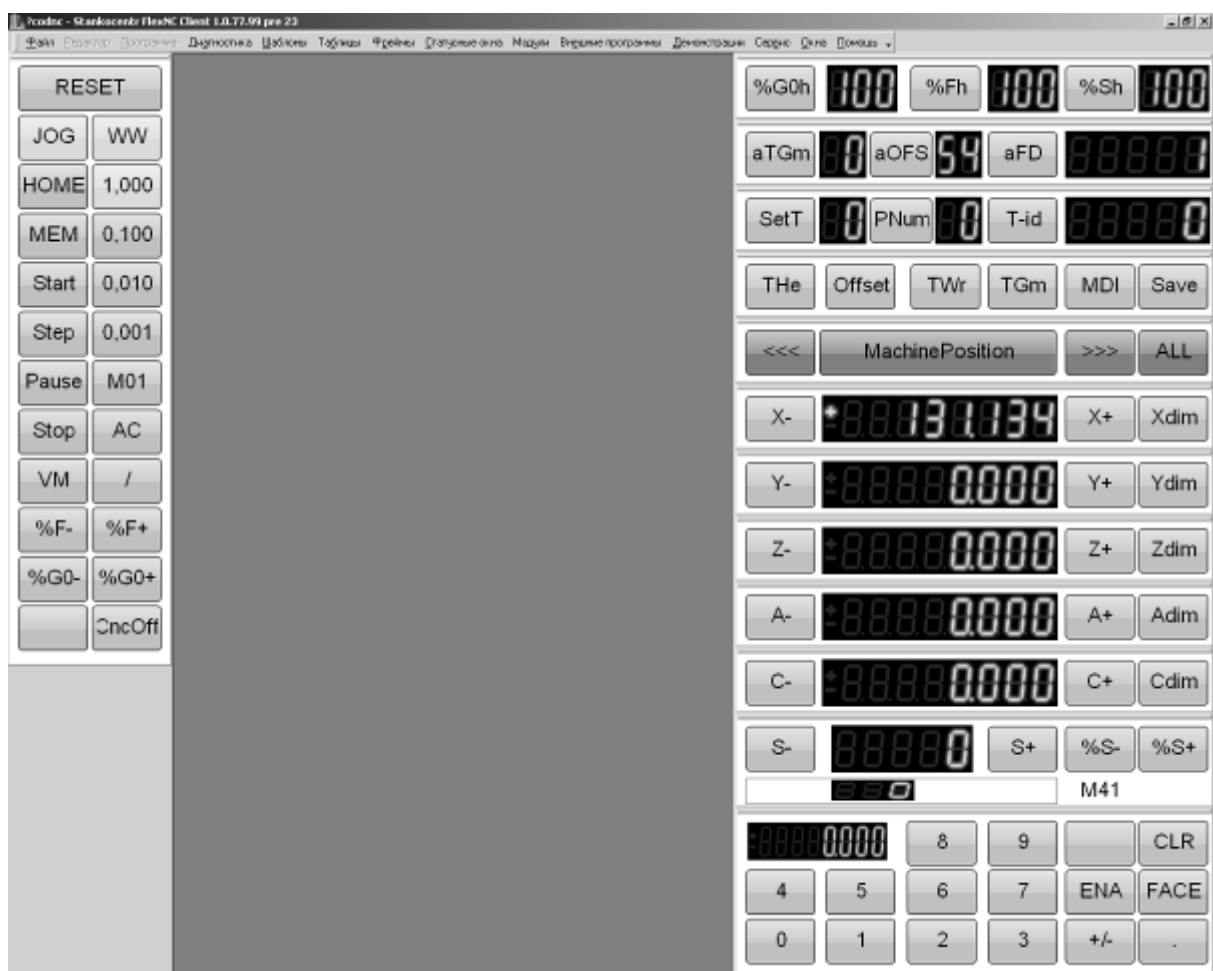


Рисунок 4.10 - Программная оболочка СЧПУ FlexNC

Реализуется выход в ноль станка последовательным нажатием кнопки выхода в ноль и кнопок соответствующих координат на панели управления

После обнуления машинных координат станка в таблице MachinePosition оболочки СЧПУ напротив соответствующих координат появятся нули.

Также окно программной оболочки СЧПУ FlexNC имеет стандартный рабочий интерфейс и соответствующий набор команд управления файловой структурой СЧПУ, средствами их обработки, хранения, загрузки и копирования.

Обеспечивается цифровая индикация в онлайн-режиме положения исполнительных и технологических узлов станка и перемещений по программным осям системы координат станка.

Разработка шаблонов управляющих программ для заточки сферического участка рабочей поверхности инструмента

Схема технологических наладок на изготовление инструмента для ультразвукового выглаживания представлены на рис. 4.11

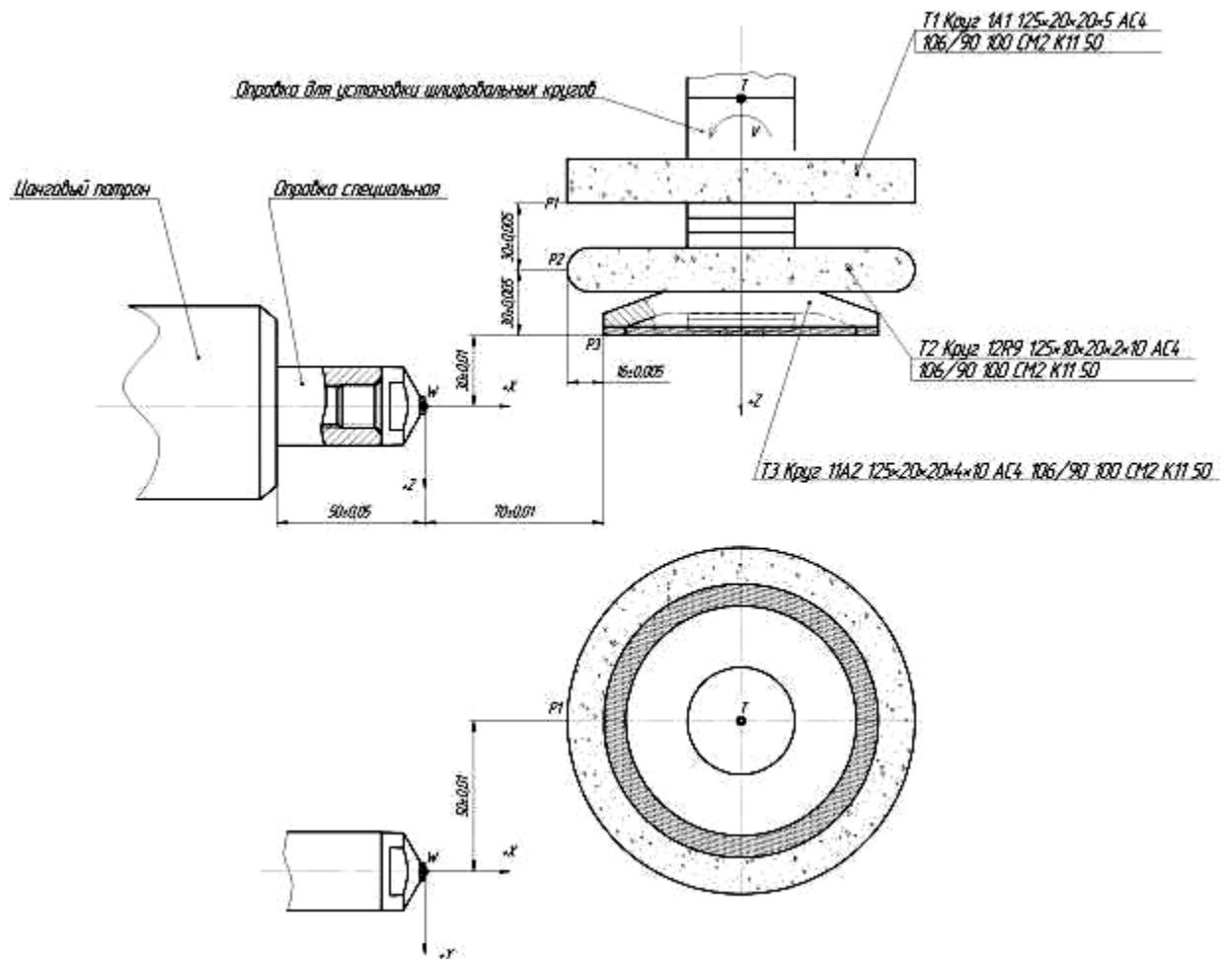
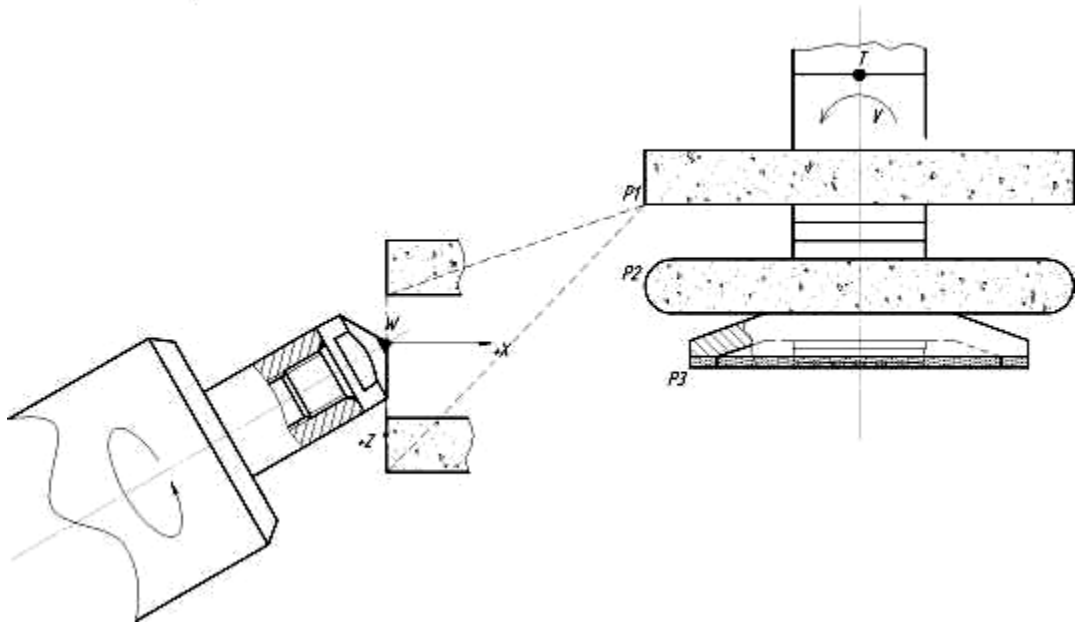
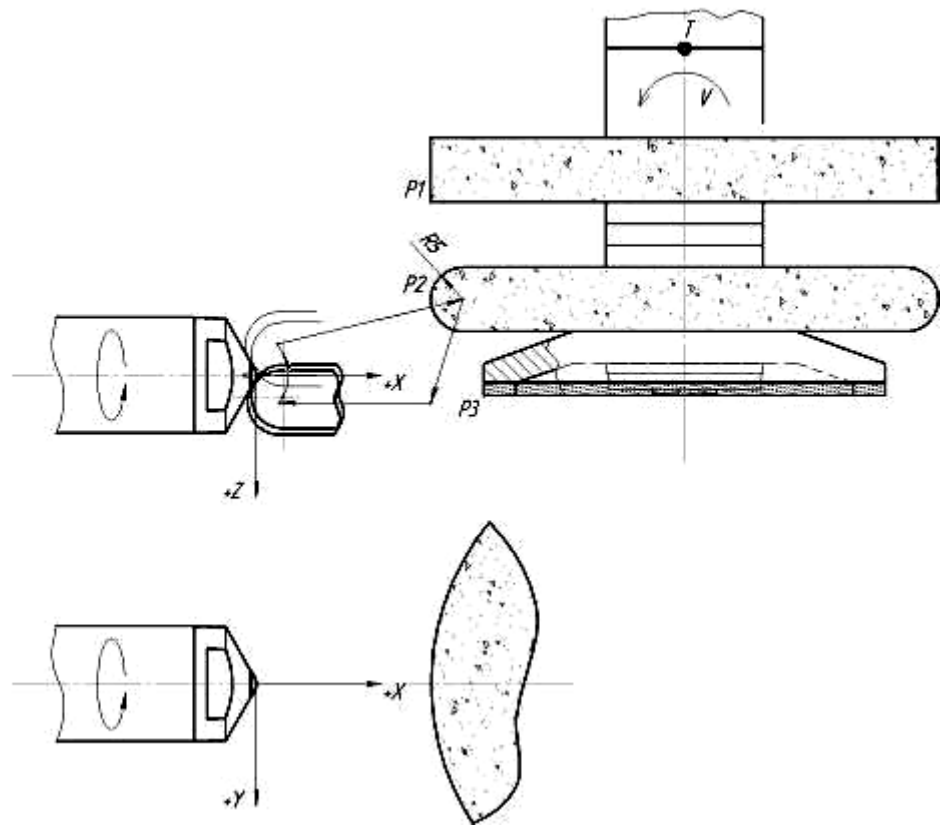


Рисунок 4.11 Технологическая наладка на обработку инструмента

Позиция I

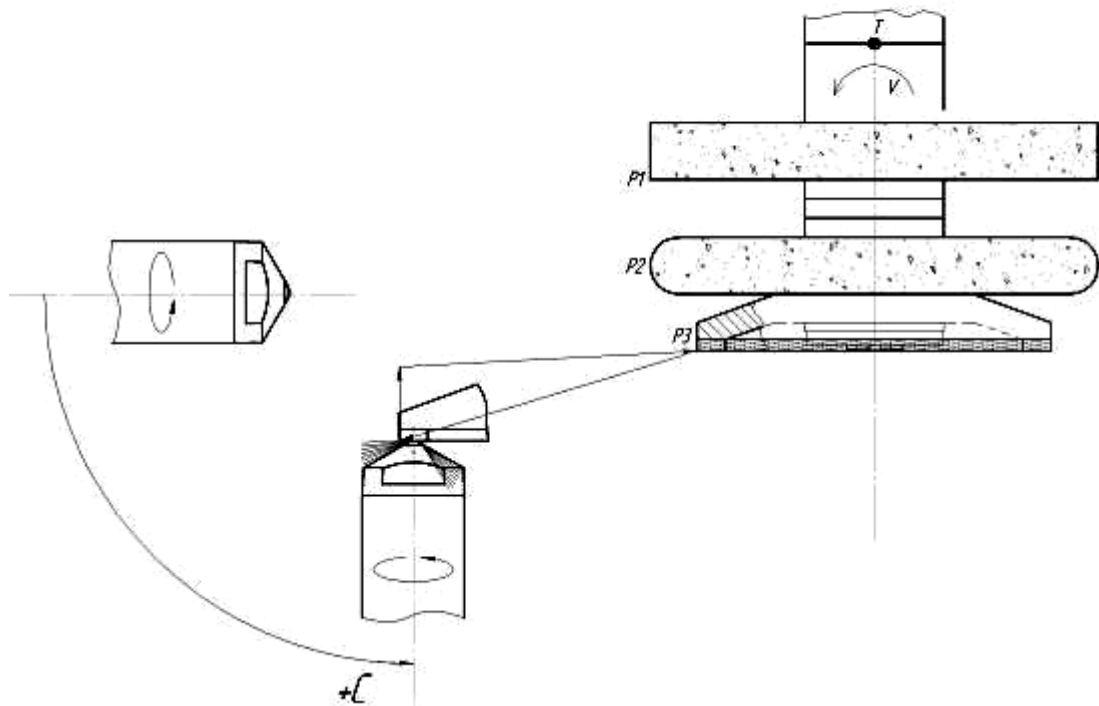


Позиция II



Продолжение рисунка 4.11

Позиция II



Продолжение рисунка 4.11

На рис. 4.13 представлена расчетная схема позиционирования шлифовального круга относительно обрабатываемой поверхности

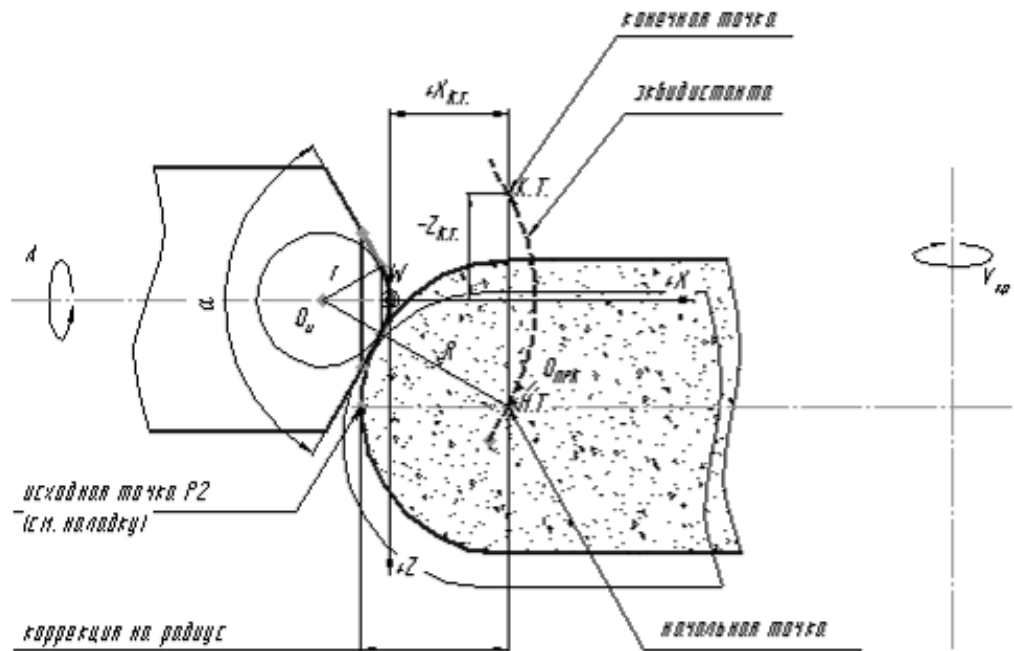
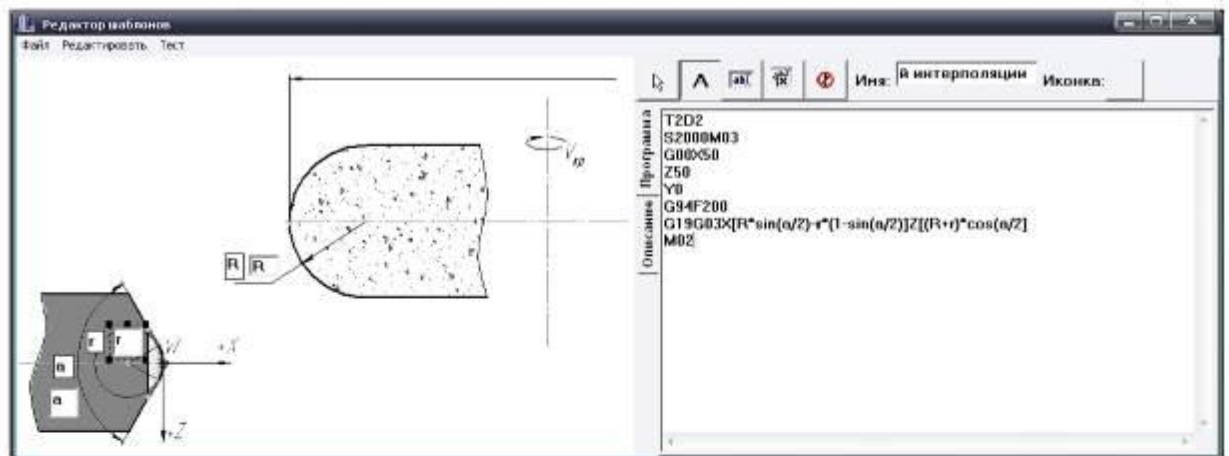


Рис. 4.13- Расчетная схема координат позиционирования шлифовально-го круга относительно обрабатываемой поверхности

На основании расчетной схемы получены уравнения для расчета соответствующих координат позиционирования:

| | |
|--|--|
| <i>Конечная точка:</i> | <i>Центр дуги от Н.Т.</i> |
| $X_{к.т.} = +R \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) - r(1 - \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right))$ | $K = -(r + R) \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ |
| $Z_{к.т.} = (r + R) \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ | $l = -R \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) + r \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ |

Для удобства написания управляющей программы в системе ЧПУ *FlexNC* разработаны шаблоны управляющих программ. Последовательность разработки проиллюстрирована на рис. 4.14.



Готовый шаблон для ввода данных для параметрического программирования цикла обработки

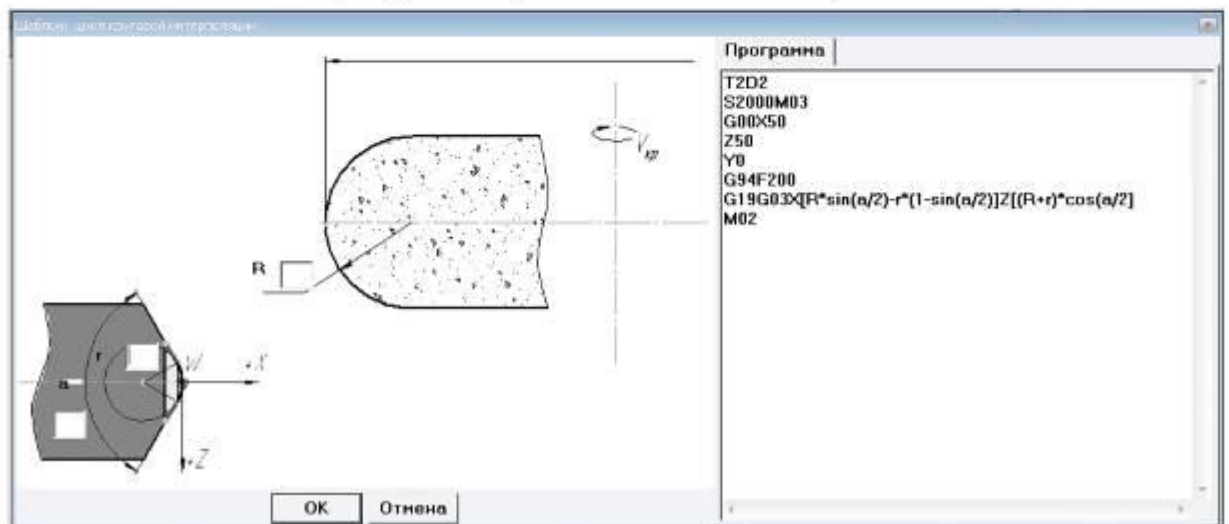


Рис. 4.14. Шаблон управляющей программы для заточки сферы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для ультразвукового выглаживания возможно применять как унифицированный инструмент – алмазные наконечники из синтетического алмаз АСПК Карбонадо, термостойкого композиционного материала АКТМ и из природного алмаза, так и из специально изготовленного инструмент. В магистерской работе проанализированы типовые конструкции унифицированного и специального инструмента и предложены решение по эффективному изготовлению инструмент.

Важным моментом в инструментальном обеспечении ультразвукового выглаживания является качество изготавливаемого или восстановленного инструмента. В магистерской диссертации проанализированы основные причины выхода инструмента из строя и базовая технология заточки инструмента. На основании полученных результатов разработан прогрессивный технологический процесс изготовления и заточки специального инструмента для ультразвукового выглаживания с применением шлифовально-заточного станка с ЧПУ Walter Helitronic. На станке осуществляется полный цикл формирования сферического участка рабочей части инструмента. Для технологии переточки, в зависимости от характера износа инструмента, предложены две принципиально отличающие схемы. По первой схеме переточки предполагает переточку инструмента на тот же радиус изношенного инструмента. Однако, при этом уменьшается рабочая часть инструмента. По второй схеме инструмент перетачивается на больший радиус при неизменной рабочей части.

С целью формирования сферического профиля инструмента по управляющей программе с ЧПУ на станке Walter разработана расчетная схема позиционирования радиусного шлифовального круга относительно обрабатываемого инструмента. По данной расчетной схеме определены опорные точки и выполнена организация цикла подвода шлифовального круга с использованием стандартных G кодов линейной и круговой интерполяции.

На основе использования расчетной схемы определено уравнение позиционирования шлифовального круга в системе координат детали в зависимости от радиуса круга, угла конуса инструмента и радиуса его заточки.

С использованием расчетной схемы и полученного уравнения разработан шаблон управляющей программы в системе ЧПУ FlexNC для станка Walter Helitronic.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костецкий Б.И., Колесниченко Н.Ф. Качество поверхности и трение в машинах. «Техника», 1969, 216 с.
2. Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностно – пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 1978.-152с. ил.
3. Одинцов, Л.Г. Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибровыглаживанием / Л.Г. Одинцов. М.: «Машиностроение», 1981. – 160 с.(202)
4. Торбило, В.М. Алмазное выглаживание / В.М. Торбило. – М.: «Машиностроение», 1972. –104 с. (206)
5. Торбило, В.М. Геометрия области контакта движущегося сферического индентора при алмазном выглаживании / В.М. Торбило // Машиноведение. – 1981. – № 4. – С. 111. – 117.
6. www.valmaz.ru
7. www.tomaltools.ru
8. www.Cogsidil.com
9. www.ecoroll.de
10. www.hiqusa.com
11. Марков, А.И. Ультразвуковая обработка материалов. – М.: Машиностроение, 1975. 237 с.
12. Агранат Б.А. [и др.] Основы физики и техники ультразвука. – М.: Высшая школа, 1987. – 352 с.
13. О механизме упрочнения при поверхностном пластическом деформировании / М.А. Балтер, Л.Я. Гольдштейн, А.А. Чернякова [и др.] // Физика металлов и металловедение. – 1969. – Т. 28. - № 5. – С. 926–930.
14. Балтер М.А. Упрочнение деталей машин. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 184 с.
15. Марков, А.И. Ультразвуковое алмазное выглаживание деталей и режущего инструмента / А.И. Марков, И.Д. Устинов. – М.:Машиностроение, 1979. – 54 с.

16. Нерубай, М.С. Физико-технологические особенности применения ультразвука при механической обработке, упрочнении и сборке / М.С.
17. Ультразвук. Маленькая энциклопедия: гл. ред. И.П. Голямина – М.: «Советская энциклопедия. 1979 – 400 с. (267)
18. Киселев, Е.С. Интенсификация процессов механической обработки рациональным использованием энергии ультразвукового поля. / Е.С. Киселев – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 186 с.
19. Киселев, Е.С. Использование ультразвука при обработке заготовок шлифованием и выглаживанием / Е.С. Киселев, В.Н. Ковальногов, З.В. Степчева // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2007–№8. – С. 43-53.
20. Селиванов А.С. Повышение эффективности ультразвукового выглаживания на станках с ЧПУ на основе управления дислокационно-энергетическим состоянием поверхностного слоя. Дисс. канд. техн. наук. – Ульяновск, 2011. – 174 с.
21. Малышев В.И., Левашкин Д.Г., Селиванов А.С. Автоматизация гибридных и комбинированных технологий на основе модернизации станочного оборудования и выбора кинематических связей // Вектор науки ТГУ. – Тольятти: ТГУ, 2010. – № 3 (13). – С. 70-74.
22. Малышев В.И., Селиванов А.С. Автоматизированная система управления процессом ультразвукового выглаживания на станке с ЧПУ // Вектор науки ТГУ. – Тольятти: ТГУ, 2011. – № 1 (). – С. - .
23. Патент РФ № 2385213 «Способ отделочно-упрочняющей обработки выглаживанием наружных цилиндрических поверхностей», А.С. Селиванов, В.И. Малышев
24. Левашкин, Д.Г. Руководство оператора системы ЧПУ «ИНТЕГРАЛ». Учебное пособие по работе с токарной группой станков./ Левашкин, Д.Г., Малышев, В.И, Селиванов А.С.:– Тольятти, ТГУ, 2009 г., 53 с.
25. Левашкин, Д.Г. Основы программирования в системе ЧПУ «ИНТЕГРАЛ». Учебное пособие по работе с токарной группой станков./Левашкин, Д.Г., Малышев, В.И, Селиванов А.С.:– Тольятти, ТГУ, 2009 г., 85 с.

26. Стратиевский И.Х., Юрьев В.Г., Зубарев Ю.М. Абразивная обработка: справочник. М.: Машиностроение, 2010. 352 с.

<http://www.winter-superabrasives.com>

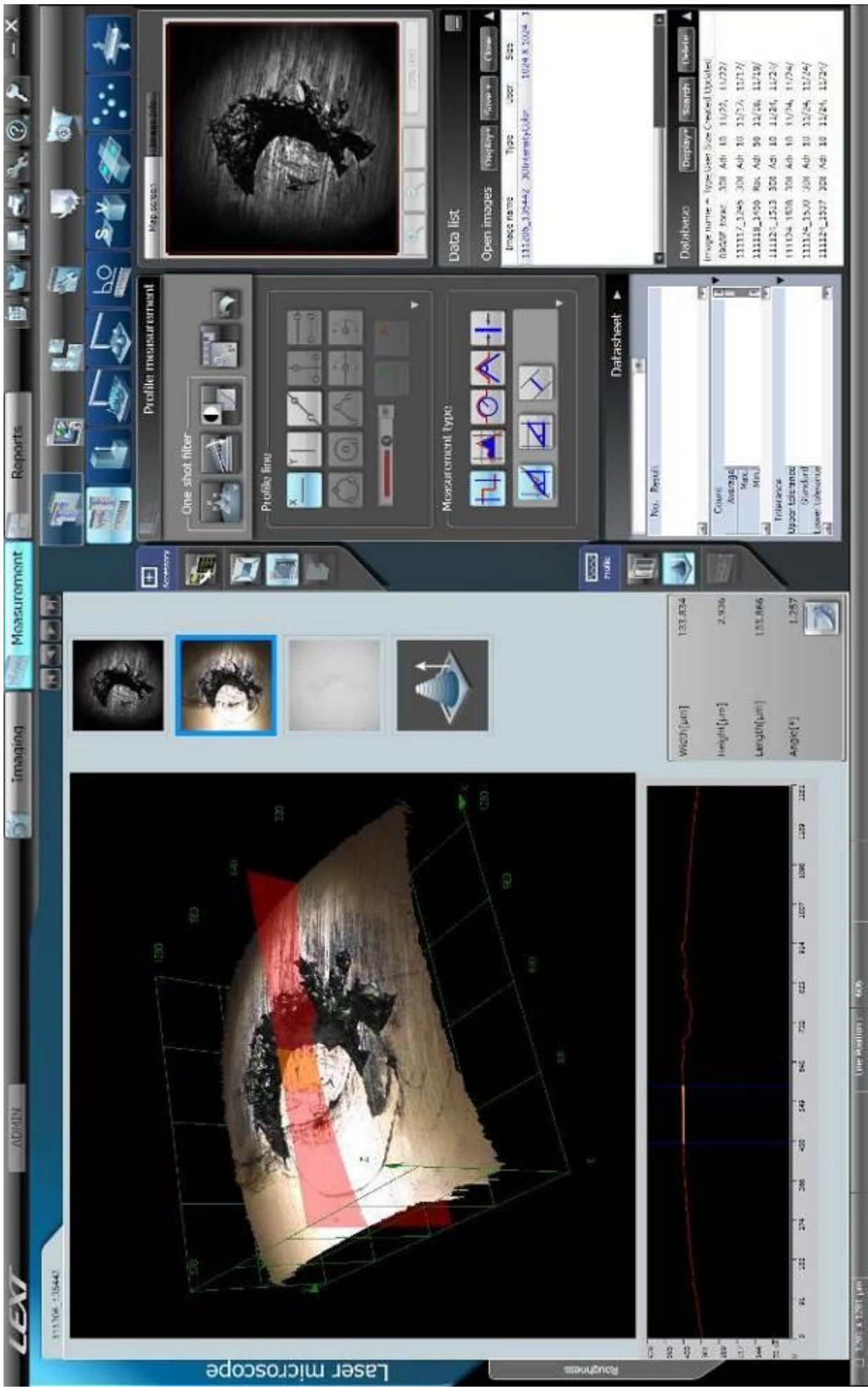
27. Dr. Mike Hitchiner Why grinding is often the solution for difficult-to-machine applications //Grinding Journal, Summer 2010, p 19. – 23.

28. Malkin S., Guo, C, Grinding Technology: Theory and Applications of Machining with Abrasives, Second Edition. Industrial Press, New York, 2008. – p.372.

29. Малышев, В.И. Технология изготовления режущего инструмента / В.И. Малышев / Тольятти: ТГУ, 2013 – 368 с.

30. Маслов Е.Н. Теория шлифования. – М.; Машиностроение, 1978 – 320 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ



LEX

311306_15442

ADMIN

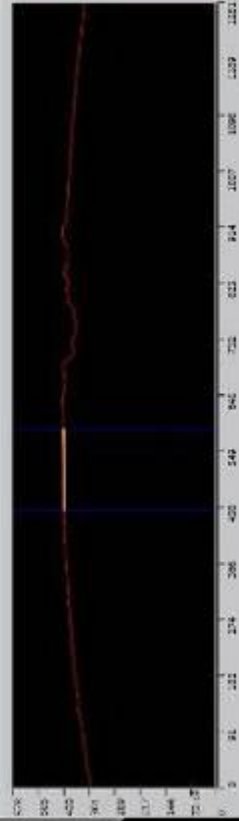
Imaging

Measurement

Reports

Laser microscope

Roughness



| Width [µm] | Height [µm] | Length [µm] | Angle [°] |
|------------|-------------|-------------|-----------|
| 133.874 | 2.926 | 133.866 | 1.287 |

Data list

| Image name | Type | User | Size |
|-------------------------|------|------|-------------|
| 311306_15442_2016060406 | | | 1024 X 1024 |

Open images

Datashheet

| No. Points | Count | Average | Max | Min | Tolerance | Upper tolerance | Standard | Lower tolerance |
|------------|-------|---------|-----|-----|-----------|-----------------|----------|-----------------|
| | | | | | | | | |

Profile measurement

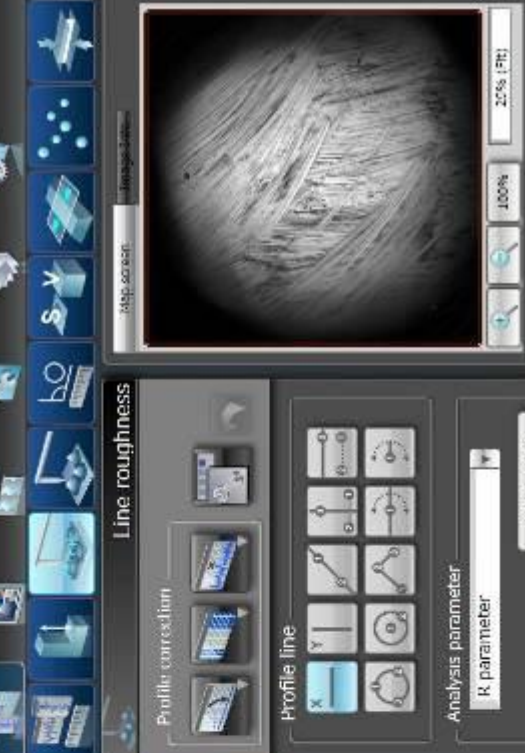
| One shot fiber | Profile line | Measurement type |
|----------------|--------------|------------------|
| | | |

LEX Laser microscope

ADMIN Imaging Measurement Reports

111205_125010 111205_140005 111205_140005 111205_143611 111205_151254

Resp screen



Line roughness

Profile correction

Profile line

Analysis parameter

R parameter

Register/Edit

Cutoff

Ac 80.0 μm None None

As 250 μm 25 μm

Mf 7.5 μm None None

Mf 1.25 μm None None

Open images

| Image name | Type | User | Size |
|---------------|----------------|-------------|------|
| 111205_133517 | 500x250x5Color | 1024 X 1024 | J |
| 111205_134941 | 500x250x5Color | 1024 X 1024 | J |
| 111205_135010 | 500x250x5Color | 1024 X 1024 | J |
| 111205_140003 | 500x250x5Color | 1024 X 1024 | J |
| 111205_141005 | 500x250x5Color | 1024 X 1024 | J |
| 111205_141011 | 500x250x5Color | 1024 X 1024 | J |
| 111205_151254 | 500x250x5Color | 1024 X 1024 | J |

Data list

Database

Image name = Type User Size Created Updated

| | | | | | |
|-----------------|-----|-----|-------|----------|----------|
| 0605F (raw) | 301 | Adh | 10 | 11/27 | 11/27/11 |
| 111517_1245_301 | Adh | 10 | 11/17 | 11/17/11 | |
| 111518_1456_301 | Adh | 55 | 11/16 | 11/16/11 | |
| 111524_1513_301 | Adh | 10 | 11/24 | 11/24/11 | |
| 111524_1528_301 | Adh | 10 | 11/24 | 11/24/11 | |
| 111524_1530_301 | Adh | 10 | 11/24 | 11/24/11 | |
| 111524_1537_301 | Adh | 10 | 11/24 | 11/24/11 | |

Line roughness

| No. | Result | Re(μm) | Rq(μm) | Rz(μm) |
|-----|--------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | | 3.757 | 4.625 | 8.383 |

Count

| Count | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Average | 3.757 | 4.625 | 8.383 | 8.383 | 8.383 |
| Max | 3.757 | 4.625 | 8.383 | 8.383 | 8.383 |
| Min | 3.757 | 4.625 | 8.383 | 8.383 | 8.383 |

Setting information

Analysis date: 12/5/2011 3:17:08 PM

Evaluation length: μm

Cutoff: Ac: 80.000 μm As: 2.500 μm Mf: -- μm

Filter: Caussion Filter

Analysis parameter: R parameter

Objective lens: X10

Analysis parameter

| | | | |
|----------|--------------------------|----------|--------------------------|
| R_p | 3.757 (μm) | R_v | 4.625 (μm) |
| R_a | 8.383 (μm) | R_b | 4.415 (μm) |
| R_z | 24.967 (μm) | R_d | 1.307 (μm) |
| R_q | 1.710 (μm) | R_k | -0.436 |
| R_{pm} | 3.639 | R_{zm} | 10.733 (μm) |
| R_{dq} | 74.255 (%) | R_{dc} | 2.460 (μm) |
| R_{Dm} | 100.000 (%) | R_{Dz} | 10.086 (μm) |

Primary Roughness Waviness Mix

398 x 1281 μm 517

Laser microscope

ADMIN

111205_140005 111205_11811 111205_131254 111205_157148

Imaging

Measurement

Reports

Profile measurement

One spot filter

Profile line

Measurement type

Open images

| Image name | Type | user | Size |
|---------------|------------------|------|-------------|
| 111205_131254 | 3DIntensityColor | | 1024 X 1024 |
| 111205_131254 | 3DIntensityColor | | 1024 X 1024 |
| 111205_131254 | 3DIntensityColor | | 1024 X 1024 |
| 111205_140005 | 3DIntensityColor | | 1024 X 1024 |
| 111205_140005 | 3DIntensityColor | | 1024 X 1024 |
| 111205_140005 | 3DIntensityColor | | 1024 X 1024 |
| 111205_157148 | 3DIntensityColor | | 1024 X 1024 |
| 111205_157148 | 3DIntensityColor | | 1024 X 1024 |
| 111205_157148 | 3DIntensityColor | | 1024 X 1024 |

Delta list

| No. | Repeh | Count | Average | Max | Min. | Tolerance | Upper tolerance | Standard | Lower tolerance |
|-----|-------|-------|---------|-----|------|-----------|-----------------|----------|-----------------|
| 1 | | 273 | 169 | | | | | | |
| 2 | | 40 | 116 | | | | | | |
| 3 | | 273 | 129 | | | | | | |
| 4 | | 8 | 443 | | | | | | |

Dashboard

Image name = Type (User Size Checked Uploaded)

052608 Error 328 Adr 10 11/20, 11/20/

111172_1245 308 Adr 10 11/20, 11/20/

111115_1450 Res Adr 50 11/25, 11/26/

11112_1513 328 Adr 10 11/24, 11/25/

111124_1518 328 Adr 10 11/24, 11/24/

111126_1510 328 Adr 10 11/24, 11/24/

11112_1517 328 Adr 10 11/24, 11/24/

Width[um] 273.169

Height[um] 40.116

Length[um] 273.129

Angle[°] 8.443

Roughness

111205_140005 111205_11811 111205_131254 111205_157148

Unit evaluation 362

Unit: 5.000 um