

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
среднего профессионального образования
ГБОУ СПО Колледж связи № 54

НАЗВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ: *Резец для алмазного
точения при изготовлении прецизионных деталей на токарных
станках с ЧПУ*

НОМИНАЦИЯ: *Металлургия, машиностроение и металлообработка*

Автор (творческий коллектив):

1. Кузнецов Павел Григорьевич, 3-й курс, гр. 11АТ0ТП1,
Автоматизация технологических процессов
2. Небукин Алексей Романович, 3-й курс, гр. 11АТ0ТП1,
Автоматизация технологических процессов

Научный руководитель: Ванин Владимир Агафонович,
преподаватель спец. дисциплин, к.т.н.

Москва, 2014 г.

Содержание

1. Сведения об авторах работы и научном руководителе.....	3
2. Аннотация работы	4
3. Рецензия руководителя работы.....	6
4. Введение.....	8
5. Актуальность и научная новизна работы.....	9
5.1. Алмазное точение и применяемый инструмент	9
5.2. Применение алмазного точения при изготовлении оптических резонаторов для лазеров.....	12
5.3. Разработка приспособления для измерения относительных виброперемещений резца и обрабатываемой детали при точении.....	15
5.4. Разработка системы автоматического управления продольной подачей токарного станка с ЧПУ по относительным виброперемещениям резца и обрабатываемой детали.....	19
6. Выводы по научной работе и возможность использования приспособления в учебном процессе и промышленности.....	25
7. Список литературы.....	26

1. СВЕДЕНИЯ

об авторе (авторах) проекта и научном руководителе

НАЗВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ: *Резец для алмазного точения при изготовлении прецизионных деталей на токарных станках с ЧПУ*

Автор / авторы:

1. Кузнецов Павел Григорьевич, 25.05.1995 г.р., отделение АТП, специальность «Автоматизация технологических процессов и производств», 3-й курс, группа - 11АТ0ТП1.

Электронная почта: fred903@mail.ru

2. Небукин Алексей Романович, 30.03.1996 г.р., отделение АТП, специальность «Автоматизация технологических процессов и производств», 3-й курс, группа - 11АТ0ТП1.

Научный руководитель:

Ванин Владимир Агафонович, Колледж связи № 54 - отделение АТП,
преподаватель спец. дисциплин, к.т.н.

2. АННОТАЦИЯ

исследовательской работы на конкурс КОЛЛЕДЖА СВЯЗИ – март 2014

1. Название работы: ***Резец для алмазного точения при изготовлении прецизионных деталей на токарных станках с ЧПУ***
2. Объем работы: 18 стр.
3. Количество приложений: 0 стр.
4. Количество иллюстраций: 12 ед.
5. Количество таблиц: 2 ед.
6. Количество источников литературы: 11 ед.
7. Наличие публикаций: нет
8. ***Цель исследовательской работы:*** разработка приспособления для изготовления прецизионных деталей алмазным точением на станках с ЧПУ путем автоматического уменьшения продольной подачи при увеличении уровня относительных виброперемещений резца и заготовки выше допустимого значения.
9. ***Способы и методы реализации поставленной цели:*** теоретические исследования литературных источников по технологическим методам изготовления прецизионных деталей алмазным точением на станках с ЧПУ, конструкторская разработка приспособления, экспериментальные исследования оценки работоспособности разработанного приспособления, логические решения при разработке программы управления технологическим приспособлением для автоматического управления продольной подачей станка с ЧПУ в SCADA-системе InTouch Wonderware.
10. ***Основные научно-практические результаты, полученные при выполнении исследовательской работы:***
 - 10.1. Проведен анализ технологических методов изготовления прецизионных деталей с применением алмазного точения.
 - 10.2. Определены основные факторы, влияющие на точность обработки и

шероховатость получаемой поверхности при алмазном точении: тепловые деформации и вибрации.

10.3. Разработана конструкторская документация на приспособление, позволяющее изготавливать прецизионные детали на токарных станках с ЧПУ на основе измерения вектора вибрации при алмазном точении и регулирования продольной подачи с помощью системы ЧПУ.

10.4. Изготовленное приспособление прошло испытание на токарном станке мод. СС-D-6000Е с ЧПУ KOS2 в лаборатории «Автоматизация технологических процессов» Колледжа связи № 54 (режим хол. хода).

10.5. Разработана программа автоматического управления технологическим приспособлением для изготовления прецизионных деталей на токарном станке с ЧПУ в SCADA-системе In Touch Wonderware, демонстрирующая визуально последовательность движений рабочих органов станка, приспособления в ходе изготовления деталей, уменьшения продольной подачи в случае выхода вектора вибрации за предельное значение.

11. *Использование результатов исследовательской работы:*

11.1. ***В учебном процессе*** при изучении МДК.01.04. «Металлорежущие станки», «Технология машиностроения», «Технологическое оборудование и оснастка», «Станки с ЧПУ»; МДК.01.01. «Автоматическое управление»; МДК.01.03. «Контроль функционирования САУ».

11.2. ***В промышленности*** при изготовлении прецизионных деталей алмазным точением на токарных станках с ЧПУ.

Кузнецов Павел Григорьевич -

Небукин Алексей Романович -

Ванин Владимир Агафонович -

3. РЕЦЕНЗИЯ

на исследовательскую работу *«Резец для алмазного точения при изготовлении прецизионных деталей на токарных станках с ЧПУ»*, представленную на конкурс КОЛЛЕДЖА СВЯЗИ № 54 – март 2014

Научная работа объемом 18 страниц содержит 12 рисунков, 2 таблицы и 11 литературных источников.

Работа посвящена разработке приспособления для изготовления прецизионных деталей алмазным точением на станках с ЧПУ путем автоматического уменьшения продольной подачи при увеличении уровня относительных виброперемещений резца и заготовки выше допустимого значения.

Новизна и оригинальность идей, положенных в основу выполненных исследований, заключается в применении цифровых методов измерения быстропротекающих процессов в металлорежущих станках с ЧПУ при изготовлении прецизионных деталей путем автоматического управления регулируемым параметром – продольной подачей суппорта.

Основные результаты исследований, их теоретическая и практическая значимость:

1. Проведен анализ технологических методов изготовления прецизионных деталей с применением алмазного точения.
2. Определены основные факторы, влияющие на точность обработки и шероховатость получаемой поверхности при алмазном точении: тепловые деформации и вибрации.
3. Разработана конструкторская документация на приспособление, позволяющее изготавливать прецизионные детали на токарных станках с ЧПУ на основе измерения вектора вибрации при алмазном точении и регулирования продольной подачи с помощью системы ЧПУ.
4. Изготовленное приспособление прошло испытание на токарном станке мод. СС-D-6000E с ЧПУ KOS2 в лаборатории «Автоматизация технологических

процессов» Колледжа связи № 54 (режим хол. хода).

5. Разработана программа автоматического управления технологическим приспособлением для изготовления прецизионных деталей на токарном станке с ЧПУ в SCADA-системе In Touch Wonderware,

демонстрирующая визуально последовательность движений рабочих органов станка, приспособления в ходе изготовления деталей, уменьшения продольной подачи в случае выхода вектора вибрации за предельное значение.

6. Использование результатов исследовательской работы:

6.1. В учебном процессе при изучении МДК.01.04. «Металлорежущие станки», «Технология машиностроения», «Технологическое оборудование и оснастка», «Станки с ЧПУ»; МДК.01.01. «Автоматическое управление»; МДК.01.03. «Контроль функционирования САУ».

6.2. В промышленности при изготовлении прецизионных деталей алмазным точением на токарных станках с ЧПУ.

7. Использование литературных источников оценивается: использованные литературные источники являются современными и полностью соответствуют решению поставленной задачи.

8. Качество оформления оценивается: работа оформлена с учетом всех требований, предъявляемых к научным исследованиям, и не имеет замечаний.

Считаю, что работа выполнена в полном объеме, на высоком современном уровне и заслуживает положительного решения.

Сведения о рецензенте: Ванин Владимир Агафонович,
преподаватель спец. дисциплин
Колледжа связи № 54, к.т.н.

4. ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие промышленности ставит перед машиностроением все более высокие требования по точности изготовления деталей на металлорежущих станках. Такое положение обусловлено тем, что эксплуатационные показатели изготавливаемых машин находятся в прямой зависимости от точности изготовления и сборки, как отдельных деталей, так и машины в целом. Выполнение финишных операций при изготовлении высокоточных (прецизионных) деталей осуществляется как на шлифовальных, доводочных, суперфинишных станках, так и применением современных нанотехнологий.

Прецизионные детали изготавливаются с высокой точностью и незначительной шероховатостью поверхностей. В гидро-, пневмосистемах, например, в сопряжении «втулка-плунжер» допускается зазор в пределах 1...2,5 мкм. Если учесть, что долговечность прецизионных деталей определяется сопротивлением изнашивания слоев толщиной всего 10 - 20 мкм, то дефектный слой, возникший на предыдущих технологических операциях, должен быть удален последующими финишными операциями.

Применяемые финишные технологические операции (шлифование, доводка, суперфиниширование) очень трудоемкие и не всегда могут быть использованы при изготовлении деталей из цветных металлов и специальных композиционных материалов вследствие быстрого засаливания шлифовальных кругов.

Алмазное точение, как технологический метод получения высокоточных деталей, находит все более широкое распространение в машиностроении, так как обеспечивает изготовление прецизионных деталей из различных материалов. Отработанная технология промышленного получения синтетических алмазов позволяет снизить себестоимость изготовления алмазного режущего инструмента и, как следствие, уменьшить себестоимость изготавливаемых машин.

5. АКТУАЛЬНОСТЬ И НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ

5.1. Алмазное точение и применяемый инструмент

Сущность алмазного точения заключается в срезании с поверхности заготовки тончайших стружек, что обеспечивает высокую точность и чистоту поверхности. Припуск под алмазное точение составляет 0,1—0,2 мм. В качестве режущего инструмента для этой цели используют кристаллы алмаза массой до 0,6 карата (1 карат = 0,2 г), которые крепят в державке механическим способом или впаивают в державку. Кристалл алмаза проходит огранку (шлифование плоскостей алмазным порошком) для достижения требуемой геометрии. Алмазными резцами обрабатывают цветные металлы (медь, алюминий), титановые сплавы, легкие сплавы (сплавы алюминия, латунь, баббит), оптические стекла и пластмассы. Возможно алмазное точение отливок из качественных чугунов (без раковин). Для тонкого точения стали алмазы применяют редко, так как высокая температура в зоне резания приводит к потере алмазом режущих свойств [1,5,10,11].

Алмазное точение характеризуется незначительной глубиной резания ($t = 0,05 \dots 0,2$ мм), малыми подачами ($S = 0,02 \dots 0,2$ мм/об) и высокими скоростями главного движения резания ($V = 120 \dots 1000$ м/мин). Точность размеров IT5... IT6; $Ra = 0,8 \dots 0,4$ мкм. Подготовка поверхности под алмазное точение сводится к чистовой обработке с точностью IT9... IT10. Весь припуск снимается за один рабочий ход. Применяются станки особо высокой точности, жесткости и виброустойчивости [8,9].

В станках для алмазной обработки (наружного точения или расточки) точность подшипникового узла (допуск на радиальное биение шпинделя до 0,005 мм). Этим требованиям удовлетворяют токарные станки повышенной точности и специальные алмазно - расточные станки с быстроходными силовыми головками. Патроны и оправки этих станков должны быть хорошо отбалансированы. Алмазы очень чувствительны к ударам и вибрациям, поэтому при алмазном точении резец подводят к заготовке через 15—20 сек

после начала вращения шпинделя, когда шпиндель как бы «всплыл» в подшипниках и положение его стабилизировалось.

Особенно эффективно применение алмазных резцов на станках с ЧПУ, где высокая стойкость инструмента из алмаза позволяет резко увеличить производительность металлообработки и повысить качество выпускаемой продукции.

При выборе углов для алмазного резца учитывают следующие обстоятельства [1]:

а) хрупкость алмаза требует придания режущему инструменту большего угла заострения (не менее $80\text{--}85^\circ$) и возможно более прочной формы;

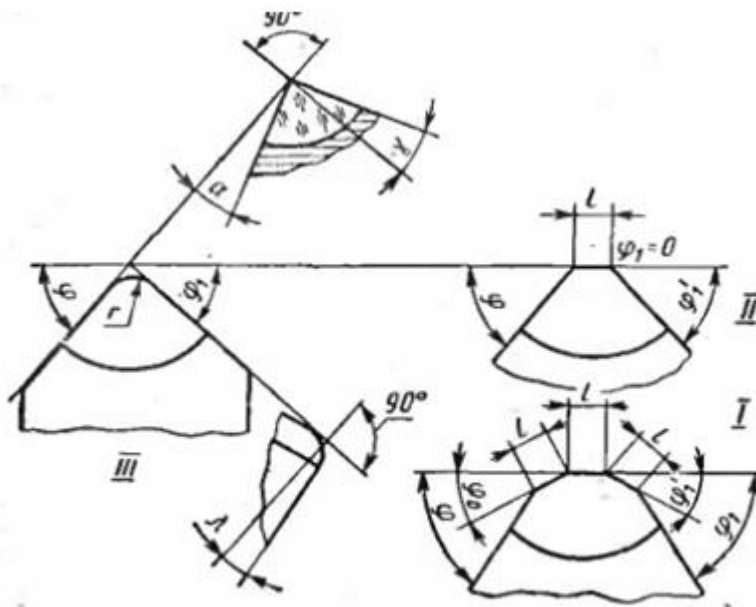


Рис. 1. Геометрия алмазного резца

б) применение небольших (рис.1) вспомогательных углов в плане (до 0°), так как это способствует повышению прочности резца и снижению шероховатости обработанной поверхности; в) при больших углах в плане, особенно в случае, когда применяют

резцы с $\phi = \phi_1 = 45\text{...}50^\circ$, необходимо делать достаточно большой радиус закругления между кромками ($r = 0,54\text{...}1,5$ мм); при этом следует иметь в виду, что увеличение радиуса закругления приводит к повышению радиальной силы резания и снижению точности обработки при недостаточно жесткой системе СПИД; чрезмерные радиусы закругления могут быть причиной губительных для алмаза вибраций.

Конструкции лезвийного инструмента различаются методами закрепления режущих кристаллов в державке. Для алмазных резцов применяют следующие методы крепления кристалла в державке:

а) зачеканивание алмаза в закрытом пазу державки твердым припоем; б) пайка алмаза в открытом пазу державки твердым припоем (рис. 2); в) прессование алмазов в металлокерамические вставки и крепление последних с помощью механических прижимов в державке (рис.3);

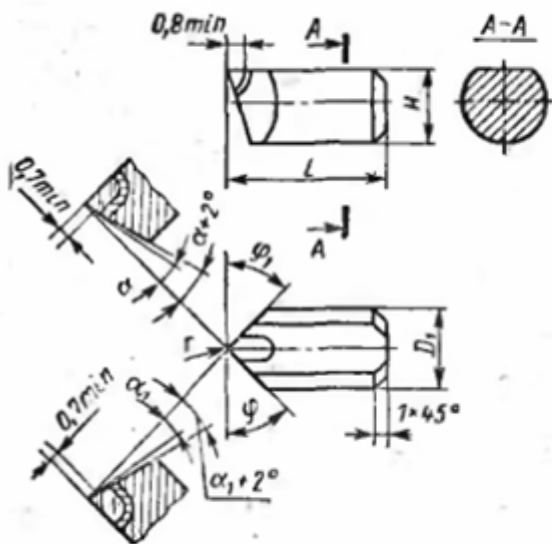


Рис. 2. Конструкция резца с напаянным режущим элементом

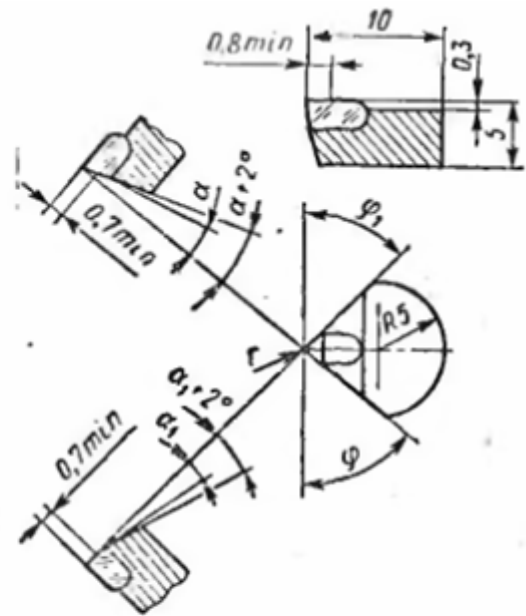


Рис. 3. Конструкция и размеры металлокерамической вставки с режущим элементом

Преимуществами пайки являются простота конструкции и небольшие габаритные размеры инструмента, высокая прочность и надежность крепления кристаллов, возможность использования кристаллов сравнительно небольшого размера (0,31—0,6 карата). Недостатками метода крепления пайкой являются нежелательный нагрев кристалла, необходимость в ряде случаев отпайки кристалле при переточке резца, необходимость подгонки поверхностей кристалла и державки под пайку.

Важной положительной особенностью механического крепления кристаллов в державке (рис. 4) является возможность использования одной державки для работы с различными кристаллами (меняется лишь вставка с алмазом). Главными недостатками механического крепления являются сравнительно большие размеры державки, не позволяющие использовать алмазные резцы

такого типа при обработке отверстий малого размера или при изготовлении малогабаритных деталей комплектом инструментов.

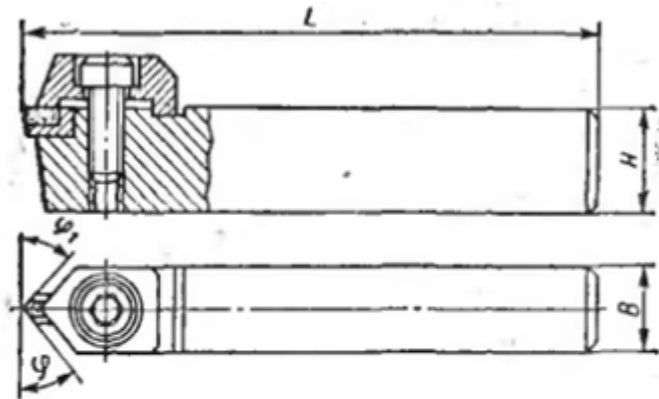


Рис. 4. Резец сборный проходной с механическим креплением режущей вставки

Именно в связи с этим недостатком в инструментальной промышленности наряду с инструментами, в которых вставки с кристаллами закрепляются механически, выпускают резцы, в которых алмаз закрепляют пайкой непосредственно в державке.

Режущую часть алмазных резцов шлифуют алмазными кругами на металлической связке или чугунными дисками, шаржированными алмазными порошками. Алмазные круги зернистостью 28/20 или 40/28 стопроцентной концентрации применяют в том случае, когда с кристалла необходимо удалить сравнительно большой слой, и при шлифовании радиуса закругления между кромками резца в плане. Окончательное шлифование и доводку алмазных резцов производят дисками из чугуна СЧ 12-8 или СЧ 15-32. Для доводки диски шаржируют алмазными порошками малых номеров зернистости и микропорошками. Скорость шлифования (окружная скорость диска) должна быть в пределах 25—40 м/с. Диск должен быть хорошо обработан и точно установлен на шпинделе станка так, чтобы торцовое биение на периферии не превышало 3—5 мкм.

5.2. Применение алмазного точения при изготовлении оптических резонаторов для лазеров

Основным узлом современного лазера [2,3] является оптический резонатор, от точности изготовления которого зависит работоспособность и надежность самого квантового генератора.

Как показано в работах по изготовлению оптических резонаторов для лазеров [6,7] алмазное точение наиболее перспективный метод, как по производительности, так и по точности обработки. Алмазное точение металлооптических элементов характеризуется средними толщинами срезаемого слоя в пределах десятых долей микрометра, силы резания составляют десятые и сотые доли Ньютона, температура резания для периферийной зоны поверхности диаметром 1000 мм не превышает 60-70 °С.

Наиболее широкое применение металлические зеркала находят в лазерных технологических установках, предназначенных для резки, сварки, закалки и других технологических процессов. В этом случае усредненные технические требования к металлическим отражателям составляют: отклонение формы

$N = 2$ интерференционных кольца ($N = 0,55$ мкм) на диаметре пробного стекла, местная ошибка $DN = 0,3$ интерф. кол., средняя квадратичная величина шероховатости менее 12 нм, отклонение радиуса сферической поверхности от номинала менее 1%, коэффициент зеркального отражения более 0,97, местная тепловая деформация поверхности при эксплуатации не более 1 мкм, ресурс работы не менее 100 часов.

Отражательная способность металлооптической поверхности должна характеризоваться коэффициентом зеркального отражения до 0,99 и выше, коэффициентом поглощения менее 0,01, и следует учитывать, что диффузная составляющая отражения пропорциональна величине $(Rq/l)^2$, где Rq – средняя квадратичная величина шероховатости.

Традиционным методом чистовой обработки металлооптических элементов являются чистовое шлифование и окончательное полирование свободным абразивом, что позволяет достичь наилучшего прилегания обрабатываемой поверхности к идеальной сферической или плоской поверхности. По существу метод основан на взаимном притирании инструмента и детали через слой абразивной суспензии. Инструментом служит полировальник с рабочим слоем из полировальной смолы. Предельно высокая точность обработки в этом случае достигается за счет многократной правки полировальника и перенастройки

станка, и во многом зависит от квалификации полировщика. Помимо этого на качество поверхностного слоя отрицательно влияет шаржирование микрометрическими абразивными частицами и загрязнение поверхности полировальным составом. ***Трудоемкость полирования возрастает при обработке крупногабаритных и в особенности асферических металлооптических поверхностей, и может составить десятки и сотни часов.***

На примерах алмазного точения крупногабаритных поверхностей - отражателя с медной сферической поверхностью диаметром 1000 мм и одновременно 3-х вне осевых параболоидов $\varnothing = 406$ мм каждый из алюминиевого сплава - установлено преобладающее влияние радиального износа и теплового удлинения резца на погрешность обработки при жесткости технологической системы более 20 Н/мкм. Общая погрешность поверхности диаметром 1000 мм при движении резца от периферии к центру может составлять 1,2 мкм.

Наилучшие результаты по шероховатости обработанных поверхностей получены при алмазном точении специального мелкокристаллического сплава системы алюминий-магний. Результаты исследований шероховатости по параметру R_{\max} составили: диапазон изменения 14,2-25,3 нм; среднее значение 17,3 нм; среднее квадратическое отклонение 1,05 нм; коэффициент вариации 0,06 (46 измерений, подача 6,3-9,6 мкм/об). Шероховатость по параметру R_{\max} со значением менее 50 нм обеспечивается при значениях подачи менее 9 мкм/об. Такая шероховатость позволяет использовать эти поверхности как отражающие в оптических элементах различного назначения. Для поверхностей, обработанных алмазным точением, характерна высокая отражательная способность. В ИК- области спектра отражательная способность оптических поверхностей после алмазного точения практически соответствует отражательной способности оптических поверхностей, обработанных традиционным методом полирования - доводки.

Проведенный анализ технологических процессов изготовления прецизионных деталей показывает:

1. Изготовление прецизионных деталей из определенных материалов требует применение алмазного точения, как единственного метода обеспечения точностных параметров выпускаемого изделия.
2. Для реализации алмазного точения требуются специальные металлорежущие станки, имеющие высокую точность, жесткость, виброустойчивость.
3. Наиболее эффективным для алмазного точения является использование станков с ЧПУ.
4. При алмазном точении наибольшее влияние на точностные параметры изготавливаемой детали оказывают тепловые деформации и вибрации.

Целью данной работы является разработка конструкции резца для алмазного точения при изготовлении прецизионных деталей на токарных станках с ЧПУ с учетом обеспечения требуемого уровня относительных виброперемещений инструмента и заготовки.

5.3. Разработка приспособления для измерения относительных виброперемещений резца и обрабатываемой детали при точении

Для измерения относительных виброперемещений резца и обрабатываемой детали было сконструировано и изготовлено специальное приспособление, позволяющее выполнять регистрацию уровня вектора вибрации в процессе токарной обработки (рис. 5,6; защитный экран снят). В несущей скобе приспособления выполнены отверстия для закрепления датчиков с резьбой М10х1, что позволяет производить настройку воздушных зазоров Δ_1 и Δ_2 с высокой степенью точности (изготовление приспособления выполнил зав. «Механической мастерской КС № 54» Николаев А.П.).

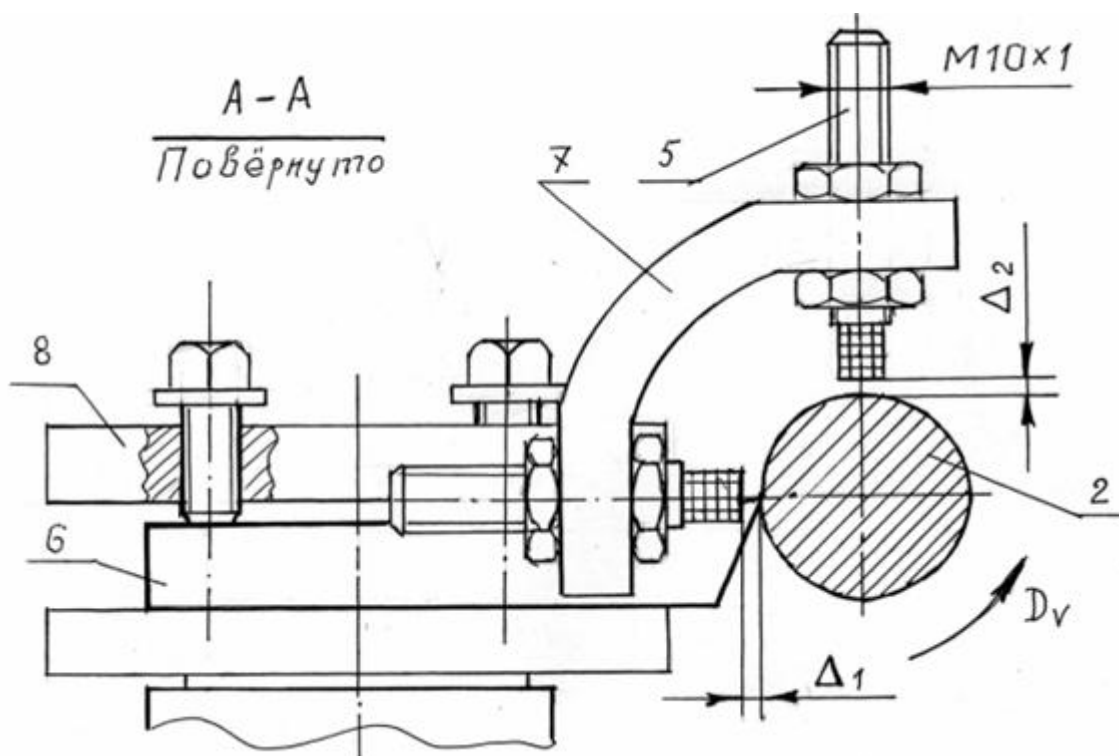


Рис. 5. Пространственное расположение бесконтактных вихретоковых датчиков при продольном точении



Рис. 6. Общий вид приспособления для измерения относительных виброперемещений резца и детали при точении

Измерение относительных виброперемещений резца и обрабатываемой детали выполнялось с помощью виброизмерительной аппаратуры ЗАО «СИЭЛ» с преобразователями линейных перемещений (ПЛП) мод. СИЭЛ-166Д-10-20 и СИЭЛ-166Д-10-125 (рис.7,8,9). Преобразование выходного сигнала датчиков и согласование с регистрирующей аппаратурой осуществлялось с помощью генератора - преобразователя мод. СИЭЛ-1661-10 (виброизмерительная аппаратура предоставлена фирмой ООО «ДИАМЕХ 2000»). ПЛП состоит из датчика 166Д-..., подключенного к генератору G преобразователя (рис. 7). Датчиком служит катушка индуктивности,

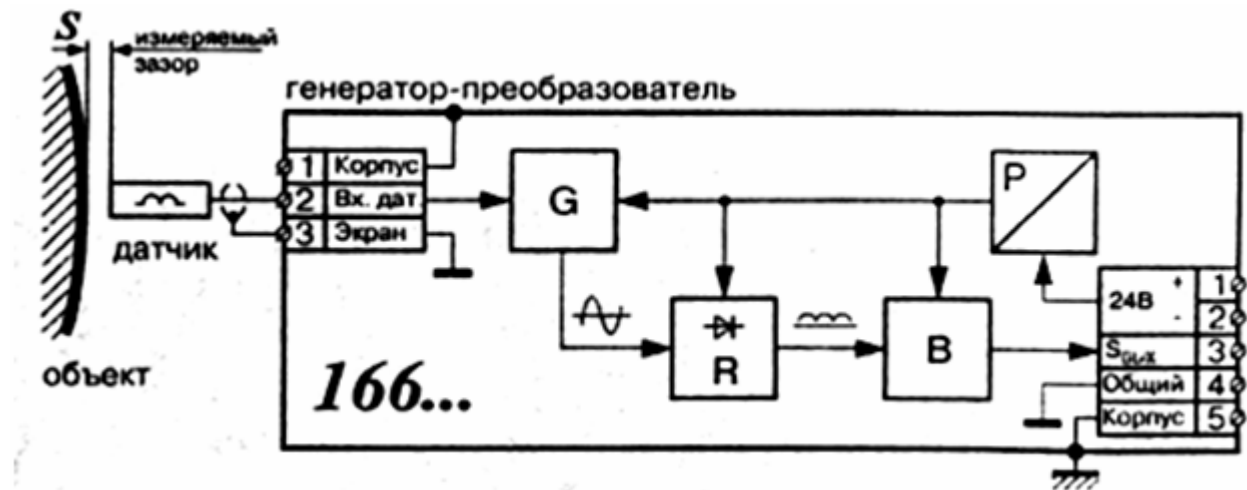


Рис. 7. Функциональная схема датчиков мод. СИЭЛ-166Д-10

входящая в контур генератора. При изменении расстояния S между катушкой и объектом из ферромагнитного сплава изменяется индуктивность катушки и ее добротность, обусловленная потерями на вихревые токи в материале объекта. При этом пропорционально изменяется амплитуда колебаний генератора. К выходу генератора подключен выпрямитель R , сигнал на выходе которого пропорционален пиковому значению амплитуды колебаний генератора. Постоянная времени фильтра выпрямителя обеспечивает измерение виброперемещения в рабочем диапазоне частот. На выход ПЛП сигнал поступает через нормирующий буферный каскад B , в котором устанавливается требуемый коэффициент преобразования.



Рис. 8. Виброизмерительная аппаратура с бесконтактными вихретоковыми датчиками мод. СИЭЛ-166Д-10-20 и СИЭЛ-166Д-10-125



Рис. 9. Статическая тарировка бесконтактных вихретоковых датчиков мод. СИЭЛ-166Д-10-20 и СИЭЛ-166Д-10-125

Основные технические характеристики преобразователей линейных перемещений приведены в табл.1.

Измерения относительных виброперемещений резца и обрабатываемой детали выполнялись в режиме холостого хода (без снятия стружки) на токарном станке мод. СС-D-6000Е с ЧПУ KOS2 в лаборатории «Автоматизация технологических процессов» Колледжа связи № 54 (рис. 10).



Рис. 10. Токарный станок мод.СС-D-6000Е с ЧПУ KOS2 и приспособление для измерения относительных виброперемещений резца и обрабатываемой детали

5.4. Разработка системы автоматического управления продольной подачей токарного станка с ЧПУ по относительным виброперемещениям резца и обрабатываемой детали

Анализ работ по алмазному точению [1,4,5,6,7,10,11] показал, что

Таблица 1


ПЛП СИЭЛ-1662 выпускается в вариантах исполнения, учитывающих геометрические размеры датчика, длину кабеля, диапазон преобразуемых зазоров (виброперемещений).

3.1. Датчик:	тип	166А-10/14
	диаметр резьбы	M10x1
	длина кабеля, м	3,0
3.2. Диапазон преобразования зазора $S_{вх}$, мм		0,3 ÷ 2,5
3.3. Коэффициент преобразования зазора, K_z , мА/мм [мкА/мкм]		8
измеренный для стали марки		20Х13
3.4. Допустимое отклонение от номинального значения коэффициента преобразования, %		3,0.
3.5. Предел допускаемого значения абсолютной погрешности преобразования зазора, мкм		100
3.6. Диапазон преобразования виброперемещения $S_{вх}$, мкм		5 ÷ 300
3.7. Коэффициент преобразования виброперемещения: K_v , мА/мм [мкА/мкм]		7
при установочном зазоре, мм		1,4
3.8. Нелинейность амплитудной характеристики, %		не более 6,0.
3.9. Неравномерность частотной характеристики в диапазоне частот от 2 до 500 Гц, %		не более 5,0.
3.10. Предел допускаемого значения относительной погрешности преобразования виброперемещения, %		8,0.
3.11. Напряжение питания, постоянное $U_{пит}$, В		от 16 до 32.
3.12. Потребляемый ток: I_{max} , мА		не более 30.
3.13. Технические характеристики обеспечиваются при длине соединительного кабеля, м		не более 250.
3.14. Режим работы: непрерывный, время выхода на режим преобразования после включения, мин		не более 15.
3.15. Нарботка на отказ в рабочих условиях применения, час.		не менее 8000.
3.16. Средний срок службы, лет		не менее 5.
3.17. Габаритные размеры генератора-преобразователя, мм		104x54x24.
3.18. Масса генератора-преобразователя, г		не более 150.

наибольшее влияние на точность обработки и шероховатость поверхности оказывают тепловые деформации и вибрации. Для минимизации влияния относительных вибраций инструмента и заготовки была разработана системы автоматического управления продольной подачей токарного

станка с ЧПУ по относительным виброперемещениям резца и обрабатываемой детали (рис. 11). Принцип действия этой системы заключается в том, что измеренные значения вектора вибрации относительных виброперемещений инструмента и заготовки сравниваются с допустимыми значениями (в зависимости от шероховатости поверхности и точности обработки) после чего выдается команда системе ЧПУ станка на уменьшение продольной подачи ($S_{\text{прод}}$), если вектор вибрации выше допустимого.

Последовательность движений рабочих органов токарного станка с ЧПУ при изготовлении прецизионной детали и работа приспособления показана в режиме анимации (рис. 12), программа которой выполнена в SCADA-системе InTouch Wonderware (табл.2); файл по ссылке

 Работа приспособления при точении.mpg

«Зеленый сигнал» на датчиках относительных виброперемещений означает, что значение вектора вибрации при алмазном точении находится в допустимых величинах, «красный сигнал» - **выход величины вектора вибрации за предельное значение, выдается управляющая команда системе ЧПУ на уменьшение продольной подачи токарного станка до таких значений, при которых вектор вибрации принимает требуемый уровень.**

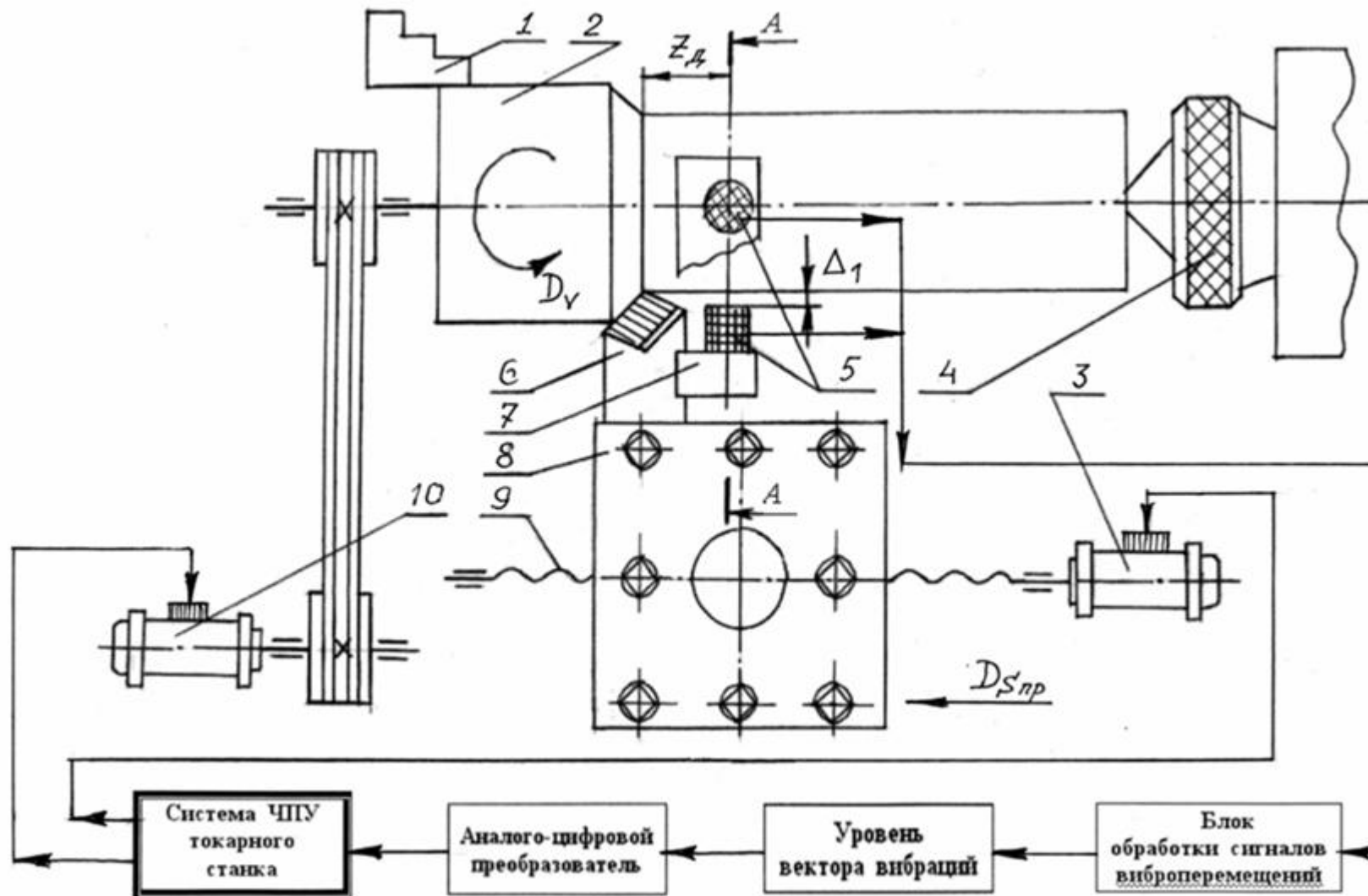


Рис. 11. Структурная схема работы приспособления на токарном станке с ЧПУ:

- 1- трехкулачковый патрон; 2 – обрабатываемая деталь; 3 - привод продольной подачи; 4 - центр задней бабки; 5 – вихретоковые датчики относительных виброперемещений; 6- алмазный резец; 7 - несущая скоба приспособления; 8 - резцедержатель; 9 - передача винт-гайка продольного привода; 10 - привод главного движения

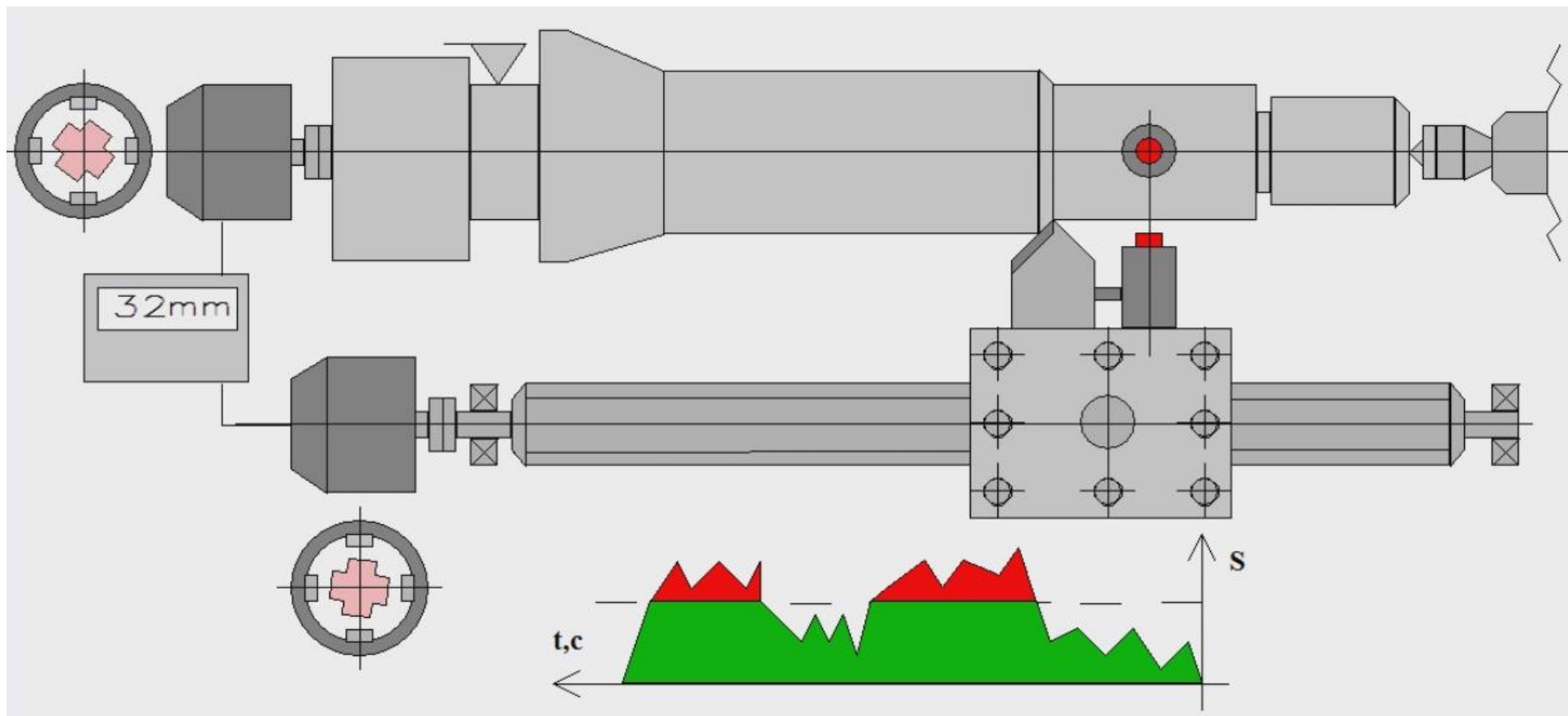


Рис. 12. Работа приспособления при продольном точении алмазным резцом (анимация)

(файл по ссылке [Работа приспособления при точении.mpg](#))

Программа
работы приспособления для изготовления
высокоточных деталей на токарных станках с ЧПУ

```
IF pos_x < 30 AND pos_x >= 0 THEN
pos_x = pos_x + 2.5;
vibro = 0;
ENDIF;

IF pos_x < 60 AND pos_x >= 30 THEN
pos_x = pos_x + 1;
vibro = 1;
ENDIF;

IF pos_x < 80 AND pos_x >= 60 THEN
pos_x = pos_x + 2.5;
vibro = 0;
ENDIF;

IF pos_x < 100 AND pos_x >= 80 THEN
pos_x = pos_x + 1;
vibro = 1;
ENDIF;

IF pos_x >= 100 THEN
pos_x = 0;
ENDIF;

IF rot < 100 THEN
IF pos_x < 30 AND pos_x >= 0 THEN
rot = rot + 4;
ENDIF;

IF pos_x < 60 AND pos_x >= 30 THEN
rot = rot + 1;
ENDIF;

IF pos_x < 80 AND pos_x >= 60 THEN
rot = rot + 4;
ENDIF;

IF pos_x < 100 AND pos_x >= 80 THEN
rot = rot + 1;
ENDIF;
ELSE
rot = 0;
ENDIF;

IF rot2 < 100 THEN
rot2 = rot2 + 5;
ELSE
rot2 = 0;
ENDIF;
```


6. Выводы по научной работе и возможность использования приспособления в учебном процессе и промышленности

1. Проведен анализ технологических методов изготовления прецизионных деталей с применением алмазного точения.
2. Определены основные факторы, влияющие на точность обработки и шероховатость получаемой поверхности при алмазном точении: тепловые деформации и вибрации.
3. Разработана конструкторская документация на приспособление, позволяющее изготавливать прецизионные детали на токарных станках с ЧПУ на основе измерения вектора вибрации при алмазном точении и регулирования продольной подачи с помощью системы ЧПУ.
4. Изготовленное приспособление прошло испытание на токарном станке мод. СС-D-6000Е с ЧПУ KOS2 в лаборатории «Автоматическое управление» КС № 54 (режим холостого хода).
5. Разработана программа автоматического управления технологическим приспособлением для изготовления прецизионных деталей на токарном станке с ЧПУ в SCADA-системе InTouch Wonderware, демонстрирующая визуально последовательность движений рабочих органов станка, приспособления в ходе изготовления деталей, уменьшения продольной подачи в случае выхода вектора вибрации за предельное значение.
7. Разработанное приспособление может быть использовано:
 - 7.1. В учебном процессе при изучении МДК.01.04. «Металлорежущие станки», «Технология машиностроения», «Технологическое оборудование и оснастка», «Станки с ЧПУ»; МДК.01.01.«Автоматическое управление»; МДК.01.03. «Контроль функционирования САУ».
 - 7.2. В промышленности при изготовлении прецизионных деталей алмазным точением на токарных станках с ЧПУ.

7. Литература

1. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник. Под ред. д-ра техн. наук проф. А.Н. Резникова. М., «Машиностроение», 1977.
2. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и лазерные пучки. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990.
3. Быков В.П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2004.
4. Высокие технологии размерной обработки в машиностроении: Учебник для вузов / А.Д. Никифоров, А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров, А.Г. Схиртладзе. - М.: Высш. шк., 2007.
5. Головань А.Я., Грановский Э.Г., Машков В.Н. Алмазное точение и выглаживание. М., «Машиностроение», 1976.
6. Грубый С.В. Разработка модели процесса алмазного точения металлооптических элементов// Наука и образование. Электронное научно-техническое издание. - 2009. - №12.
7. Грубый С.В. Моделирование процесса алмазного точения крупногабаритных поверхностей зеркал// Наука и образование. Электронное научно-техническое издание. - 2011. - №10.
8. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: КВ. Фролов (пред.) и др.-М.: Машиностроение. Технология изготовления деталей машин Т. III-3/ А.М. Дальский, А.Г. Суслов, Ю.Ф. Назаров и др.; Под общ. ред. А.Г. Суслова, 2000.
9. Технология машиностроения: Кн. 2. Производство деталей машин: Учеб. пособ. для вузов/Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина.— М.: Высш. шк., 2003.
10. Тонкое и алмазное растачивание. Маталин А.А., Линчевский П.А., Ломакин К.В. «Техника», 1973.
11. Торбило В.М. Алмазное выглаживание. М., «Машиностроение», 1972.