

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

Институт Кибернетики
 Направление подготовки (специальность) 15.04.01 «Машиностроение»
 Кафедра «ИК»

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата)
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ51	Чжоу Ян

Тема работы:

Оценка оптимальных условий лезвийной обработки углеграфитов с содержанием антрацита 70%.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является моделирование лезвийной обработки углеграфита. Дано: 1. Свойства материала 2. Техническое оснащение производства
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и	1. Обзор литературы по теме исследования 2. Общие сведения о материалах с различным содержанием графита и антрацита 3. Основные технологии обработки углеграфитовых материалов

разработке вопросов	4. Моделирование режимов резания для обработки УГМ 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 6. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1. Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point)
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Шамина Ольга Борисовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын Владислав Владимирович
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович
Исследовательский (на англ. яз.)	Шепетовский Денис Владимирович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: Обзор литературы, постановка целей и задач исследования	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шамина О.Б.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Чжоу Ян		

ВВЕДЕНИЕ

В машиностроении находят применение большое количество графитовых деталей (вкладыши подшипников, электроды, тигли и др.). Процесс обработки графита отличается от обработки других конструкционных материалов вследствие своих специфичных свойств (твердость, отсутствие пластичности, высокая хрупкость, пористость). В справочной литературе до сих пор нет данных о возможностях лезвийной обработки для обеспечения параметров качества поверхности деталей из графита и снижения себестоимости их изготовления. Поэтому исследование вопросов повышения эффективности лезвийной обработки деталей из графита является актуальным.

Целью работы является определение оптимальных условий лезвийной обработки углеграфитов на основе моделирования процесса резания. Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

1. Оценка целесообразности применения лезвийного инструмента.
2. Определение оптимальной марки твердого сплава, нанесения износостойкого покрытия.
3. Анализ влияния режимов резания на силы резания.
4. Анализ влияния режимов резания на температуру в зоне резания.
5. Анализ влияние режимов резания на шероховатость поверхности.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Выбор инструмента для обработки УГМ.
2. Определение геометрии инструмента для обеспечения заданных параметров поверхности.
3. Выбор режимов резания для обработки УГМ.

В работе рассматриваются вопросы, связанные с обеспечением качества обработки углеграфитовых материалов с содержанием антрацита 70%.

Научная новизна работы заключается в моделировании обработки графитовых материалов лезвийными инструментами.

Практическая значимость заключается в оценке возможности лезвийной обработки графитовых деталей и обеспечении заданных параметров шероховатости.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 95 стр., содержит 30 рис., 12 табл., 24 источник, 1 прил.

Ключевые слова: лезвийная обработка, система автоматизированного проектирования (САПР), Deform 3D, углеграфит, технология изготовления.

Объектом исследования является моделирование лезвийной обработки углеграфита.

Цель работы – определение оптимальных условий лезвийной обработки углеграфита на основе моделирования процесса резания.

В процессе исследования проводились: оценка целесообразности применения лезвийного инструмента, моделирование процесса резания углеграфита.

В результате исследования определены оптимальные режимы резания для точения материала 70% антрацит-30%графит.

Область применения: машиностроение.

Экономическая эффективность/значимость работы: повышение производительности и качества изготовления детали из углеграфита.

Аннотация

В машиностроении находят применение большое количество графитовых деталей (вкладыши подшипников, электроды, тигли и др.), но отсутствуют справочные данные о возможностях лезвийной обработки в обеспечении параметров качества поверхности деталей из графита и снижении себестоимости их изготовления. В работе проведен анализ влияния режимов резания на силы резания, температуру в зоне резания и шероховатость поверхности с помощью метода конечных элементов и использованием прикладных программ SolidWorks 2015, ANSYS R16.0, DEFORM 3D V10.2. На основе результатов моделирования процесса лезвийной обработки углеграфита предложены оптимальные условия для точения материала 70% антрацит-30% графит (параметры инструмента и режимы резания)..

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
РЕФЕРАТ	4
Аннотация	5
1. УГЛЕГРАФИТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ	7
1.1 Углеродистые материалы	7
1.2 Свойства УГМ	9
1.3 Марки УГМ.....	11
1.4 Применение углеродистых материалов	12
2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ УГЛЕГРАФИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	14
2.1 Способы получения заготовок из графита.....	14
2.2 Технология лезвийной обработки УГМ.....	15
2.3 Требования к оборудованию для обработки УГМ.....	17
2.4 Выбор инструмента для обработки УГМ.....	18
2.5 Износ инструмента при обработке УГМ.....	24
3. Моделирование режимов резания для обработки УГМ	28
3.1 Метод исследования.....	29
3.2 Анализ сил резания	31
3.2.1 Влияние глубины резания на силу резания	31
3.2.2 Влияние переднего и заднего угла инструмента на силу резания.....	35
3.2.3 Влияние скорости резания на удельное усилие резания	37
3.3 Анализ температуры в ходе резания	38
3.3.1. Анализ влияния глубины резания на температуру	40
3.3.2. Анализ влияния скорости резания на температуру.....	41
3.4. Анализ шероховатости поверхности	43
3.4.1. Влияние глубины резания на шероховатости поверхности	43
3.4.2. Влияние подачи на шероховатость поверхности	45
3.4.3. Влияние скорости резания на шероховатости поверхности	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
Список использованных источников	50
Экономический раздел.....	52
Раздел «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».....	68
Приложение	84

1.УГЛЕГРАФИТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

1.1Углеграфитовые материалы

Углеграфитовые материалы (УГМ) – материалы на основе углерода. Ассортимент изделий весьма многочислен, каждый вид характеризуется оригинальными свойствами.

Углерод имеет три вида изомеров:

- аморфный углерод (уголь, кокс, сажа и т.д.);
- два вида кристаллического углерода (т.е. графита и алмаза).

В результате высокотемпературной обработки аморфный углерод может быть преобразован в графит. Графит при наличии катализатора, высоком давлении и высокой температуре в свою очередь преобразуется в алмаз - это способ производства искусственного графита и синтетического алмаза.

Три вида изомеров углерода имеют разные кристаллические решетки:

- Графит представляет собой гексагональную систему, состоящую из шестиугольных колец упорядоченной кристаллической структуры.
- Алмаз имеет четырехгранную структуру.
- Аморфный углерод имеет микрокристаллы, расположение которых разупорядочено.

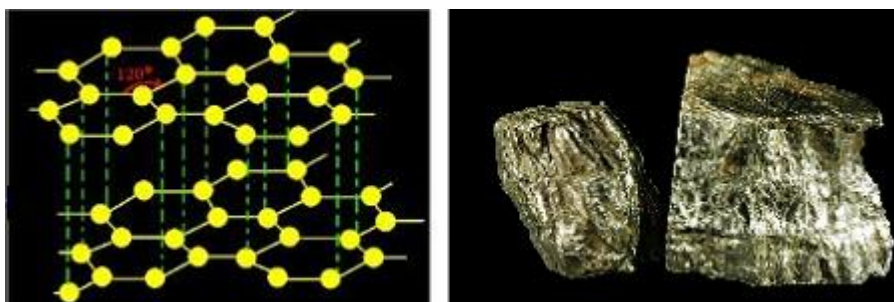


Рис1.1 Структура и фото графита

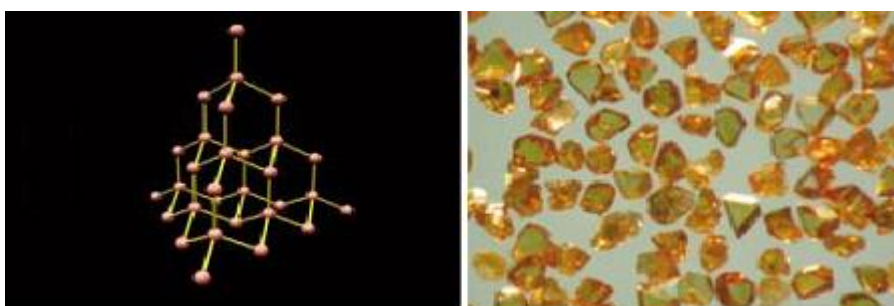


Рис1.2 Структура и фото алмаза

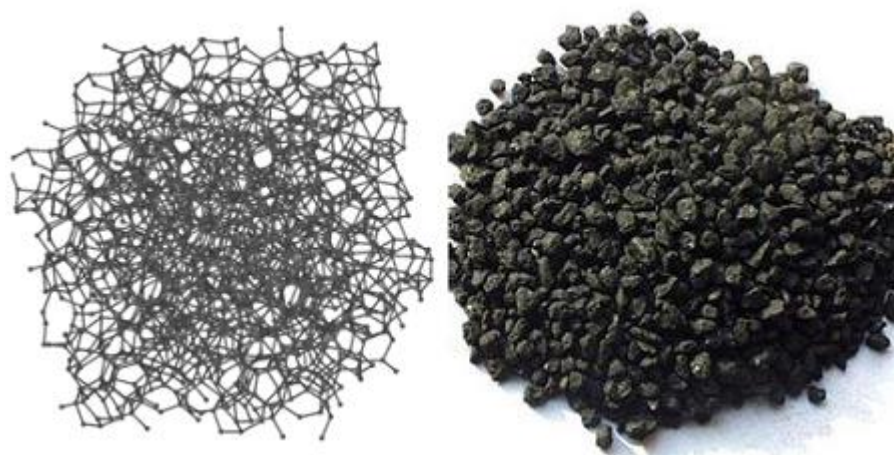


Рис 1.3 Структура и фото аморфного углерода

В промышленном производстве широко используются углеграфитовые материалы антрацит и графит.

Антрацит – аморфный углерод, может рассматриваться как переходная стадия между каменным углём и графитом, имеет чёрно-серый цвет с металлическим блеском, твёрдый, высокой плотности и высокой электропроводности.

Для обеспечения требований, предъявляемых в машиностроении к углеграфитовым материалам, последние часто пропитывают окислами металлов или различными солями металлов, расплавленными металлами (свинцом, оловом, баббитом, цинком, кадмием, алюминием и др.).

В качестве сырья для создания таких материалов используют кокс, искусственный графит, природный графит, сажу, и каменноугольный пек.

Производственный процесс создания заготовок из углеграфитовых материалов состоит из операций измельчения, замешивания, просеивания порошка, холодного изостатического прессования, обжига, графитирования и механической черновой обработки.

В настоящее время основными производителями УГМ являются Тоуо Tanso, Росо, SOL, Carbone и Ividen и другие компании.

1.2 Свойства УГМ

Углеграфитовые материалы, состоящие из смеси антрацита и графита, имеют специфические свойства.

Высокая проводимость. Структура материалов сформирована из параллельно расположенных решёток атомов углерода. Свободные электроны могут перемещаться между графитовыми плоскостями, что

делает графит отличным проводником. Проводимость графита в 100 раз выше, чем проводимость неметаллических минералов.

Термическая стойкость. Точка плавления графита составляет 3850 ± 50 °С, температура кипения графита 4250 °С. УГМ имеет очень малый коэффициент теплового расширения, механические свойства мало изменяются при высокой температуре. При значительном перепаде температуры УГМ имеет небольшое изменение в объеме, в результате низка вероятность появления трещин.

Самосмазываемость. В ходе трения поверхностей из УГМ и металла на поверхности контакта образуется очень плотная графитовая пленка, что значительно снижает коэффициент трения.

Химическая стабильность. Углеродистые материалы обладают хорошей химической стабильностью при температуре окружающей среды, что позволяет противостоять коррозии от кислот, щелочей, растворов солей и органических растворителей. Эти свойства обеспечивают коррозионную стойкость углеродистых материалов гораздо выше, чем коррозионную стойкость металлических материалов.

Прочность. Прочность материала зависит от состава антрацита и графита, чем выше содержание антрацита, тем выше прочность УГМ.

Низкая плотность. Углеродистые материалы имеют плотность от 1-3 г/см³, что в 3 раза меньше плотности железа. При проектировании это позволяет существенно снизить вес конструкции.

1.3 Марки УГМ

В настоящее время не существует единого стандарта для данных материалов, разные компании имеют свои марки материалов. В табл. 1.1 приведено описание марок в соответствии с российскими стандартами [22].

Таблица 1.1

Марка	Плотность, г/см ³	σ_B	σ_H	Козффицент теплопровод ности при 20 °С Вт/(м*К)	Допустимая рабочая температура°С	
					В окислитель ной среде	В восстановит ельной и нейтральной средах
АО-1500	1,65-1,70	150-180	60-80	11-17	350-400	1300-1500
АО-600	1,60-1,65	110-150	50-70	11-16	300-350	1300-1400
АГ-1500	1,70-1,80	80-100	40-50	80-90	400-450	2300-2500
АГ-600	1,65-1,75	60-80	35-40	80-90	400-450	2300-2500
АО-1500-СО5	2,70-3,00	260-280	100-120	35	300	300
АО-600-СО5	2,80-3,10	250-270	90-110	35	-	-
АО1500-Б83	2,60-2,90	250-270	90-110	35	230	230
АО-600-Б83	2,70-3,00	240-260	80-90	35	-	-
АГ-1500-СО5	2,50-3,10	150-160	60-75	90-100	300	300

АГ-600-СО5	2,60-3,10	140-150	55-70	80	300	300
АГ-1500-Б83	2,40-2,80	140-150	50-60	90-100	230	230
АГ-600-Б83	2,50-2,80	130-140	45-55	80	230	230
АГ-1500-БpC30	2,30-2,50	150-160	60-70	85-95	400-500	900
ЭГО-Б83	2,80-3,20	80-90	22-26	80	230	230
7В-2А	1,90-2,00	35-58	20-30	9-11	250	250
АФГМ	2,15-2,30	8-16	10-15	1,1-1,7	180	200
АВГ-80ВС	2,05-2,15	10-19	-	0,6-1,1	200	200
АМС-1	1,76-1,80	150-160	50-70	4-6	-	-
АМС-3	1,78-1,80	100-110	25-35	11-17	-	-
АМС-5	1.40-1.45	180-200	-	3-6	-	-
НИГРАН	1.65-1.70	90-120	30-40	14-17	-	-
НИГРАН-В	1.80-1.85	140-160	50-60	20-23	300	300

1.4 Применение углеграфитовых материалов

В машиностроении почти все рабочие процессы связаны с движением, что требует высокой прочности и эластичности материала, особенно при работе в агрессивной среде при высоких температурах. Углеграфитовые материалы соответствуют указанным выше требованиям, в результате чего УГМ нашли широкое применение.

В системе передач из-за хорошей самосмазываемости углеграфитовые материалы используются для вращающихся деталей, например, разные виды валов в центробежным насосе, компрессоре и т.д. Механические уплотнительные устройства с такими системами имеют

низкий уровень трения, утечки и износа и работают лучше, чем устройства с сальниками.

Благодаря малому весу, высокой электропроводности и другим характеристикам, углеграфитовые материалы могут быть использованы в качестве материала электрода. Для электродов графит имеет следующие важные характеристики:

- Скорость черновой обработки УГМ в три раза выше, чем меди, предел высокой скорости в пять раз выше, чем меди.
- Хорошая обрабатываемость для достижения сложных геометрических форм.
- Малый вес – плотность УГМ в 4 раза меньше, чем у меди, электроды легко устанавливаются в приспособлении.
- Хорошая термическая стабильность, отсутствие деформации при обработке.

Углеграфитовые материалы являются химически инертными, термостойкими, легкими, упругими, имеющими стабильные размеры и непроницаемые для жидкостей и газов. Они могут быть подвергнуты механической обработке с жесткими допусками. Использование разных наполнителей позволяет создать УГМ с универсальными свойствами.

2.ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ УГЛЕГРАФИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1 Способы получения заготовок из графита

Существует два способа обработки графита: обработка методом прессования и методом спекания.

Метод прессования - механическая обработка с помощью специальных станков для обработки графита. Метод прессования используется наиболее часто, УГМ хорошо обрабатывается, поэтому необходимая форма графитовых стержней или блоков достигается с помощью прессования. Режимы резания и условия достижения необходимой точности определяются в зависимости от свойств материалов и инструмента. Ключевым элементом при этом является система удаления пыли.

Методом спекания предполагает предварительное формование изделия в пресс-форме под высоким давлением, после чего изделие направляется в печь для спекания при высокой температуре, По истечении определенного времени изделие охлаждается.

Недостатки метода спекания – низкая производительность и низкая точность. Как правило, такой метод используется только для получения заготовок и черновой обработки.

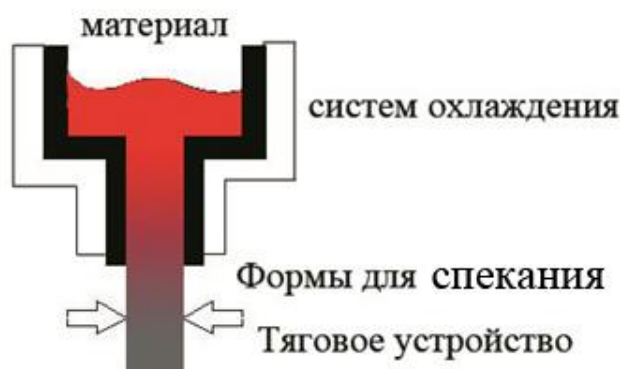


Рис. 2.1. Система для спекания УГМ

2.2 Технология лезвийной обработки УГМ

Основными способами лезвийной обработки являются точение, сверление, фрезерование, строгание и протягивание. К абразивной обработке относятся процессы шлифования, хонингования и суперфинишной обработки. Для обработки углеграфитовых материалов высокоскоростная обработка является наиболее универсальным методом.

Высокоскоростная обработка - лезвийная обработка со скоростью резания в 5-10 раз выше обычной. Технология резания в основном включает в себя следующие три составляющие:

1. Режущие станки: необходимо оборудование с системой привода подачи, которая имеет быстровращающийся шпиндель и большую подачу.

2. Автоматический система программирования с числовым программным управлением: программное обеспечение САМ, позволяющее рассчитать параметры высокоскоростной обработки, в том числе припуск для чистовой обработки, геометрию инструмента и т.п.

3. Инструмент: Применение новых высокоэффективных материалов, имеющих износостойкость, термостойкость и высокую жесткость, что позволяет обеспечить высокую скорость резания.

Преимущества высокоскоростной обработки:

- Скорость резания увеличивается примерно в 5-10 раз;
- Сокращается время обработки на 60-80%.
- Производительность повышается в 3-5 раз.

При этом при обработке УГМ без дополнительной финишной обработки может быть достигнута высокая точность поверхности (1-2 квалитет), шероховатость поверхности (Ra) 10 мкм.

Высокоскоростная технология обработки фрезерованием обеспечивает возможность получения трехмерной изогнутой поверхности с высокой точностью и эффективностью.

В настоящее время, высокоскоростная обработка применяется для следующих материалов: алюминий, титан, магниевые сплавы, медные сплавы, чугун, закаленная сталь, жаропрочные сплавы, графит, армированный углеродными волокнами пластик и стекло.

Высокоскоростная технология обработки включает в себя две стратегии: CAD / CAM программного обеспечения высокоскоростной обработки и оптимизации параметров процесса обработки. Наиболее часто для высокоскоростной обработки используется такое CAD / CAM программное обеспечение, как Powermil, Cimatron, Space.E, Unigraphics, Mastercam, SprutCAM.

Применение технологии управления высокоскоростной обработкой CAM позволяет обеспечить контроль параметров обработки, автоматическую защиту от перегрузок при резании, высокоточный контурный контроль, NURBS интерполяцию, оптимизацию режимов резания (подачи, скорости и т.д.).

2.3 Требования к оборудованию для обработки УГМ

Из-за хрупкости характеристик материала из графита, обработка УГМ отличается от условий обработки пластика или металла. Под действием инструмента на поверхность графитового материала материал дробится, в результате формируются гранулы или порошок. Микрочастицы и пыль, появляющиеся в процессе резания графита, могут серьезно повлиять на точность обработки, стойкость станка и стойкость инструмента.

Графитовая пыль в шпинделе приводит к нестабильности зажима, уменьшению срока службы подшипников шпинделя, уменьшению срока службы инструмента, увеличению времени простоя, снижению точности размеров заготовки и появлению других побочных эффектов.

Для высокоскоростных обрабатывающих центров при высокой скорости вращения шпинделя нестабильность зажима вызовет появление центробежной силы, что является дополнительным опасным фактором. Графитовая пыль в машине приводит к увеличению износа поверхности скольжения, а пыль в системе подачи вызывает износ шнека и линейной направляющей.

Поскольку графит является хорошим проводящим материалом, графитовая пыль в сигнальной линии интерфейса нарушает передачу информации, графитовая пыль в числовой системе управления приводит к снижению чувствительности и надежности, и может вызвать короткое замыкание электрической системы, что может привести к аварии.

Специализированные станки для обработки углеграфитовых материалов имеют специфические требования в дополнение к общим требованиям к высокоскоростному оборудованию:

1. Защита от пыли и закрывающее средство для шпинделя и система подачи;

2. В рабочей зоне станка должна быть обеспечена герметичность с помощью экрана-заставки;

3. Должно быть установлено устройство вакуумного всасывания для удаления пыли, образующейся в рабочей зоне, а также для сбора пыли в полиэтиленовый пакет.

В настоящее время для обработки графита используются следующие высокоскоростные станки: серии Makino SNC, серии Mitsubishi Roku—Roku, серии OKK DGM, Hsui Fong MG. 850, Mikron VMCl2, Datron Dynamics M9. GR и др.

Обычные обрабатывающие центры после проведения дополнительных ремонтных работ также могут быть использованы для высокоскоростной обработки графитов. Установка защитных дверей и пылеулавливающих устройств (например, пылеулавливающих труб, систем поддува и т.п.) позволяют обеспечить требуемые условия обработки.

2.4 Выбор инструмента для обработки УГМ

Оптимальный выбор инструмента для обработки зависит от многих факторов, определяющими из которых являются материал заготовки и технология обработки.

В настоящее время на производстве широко используется инструмент из преимущественно алмаза, нитрида бора, керамики, цементированного карбида TiC(N) (металлокерамики), быстрорежущей стали и т.д. [24]

При высокоскоростной обработке с увеличением скорости резания сила резания и температура резания быстро возрастают до определенного значения, что является основной причиной износа инструмента при высокоскоростной обработке. Таким образом, к повреждению инструмента приводят механическое трение в результате действующих сил резания и температуры, адгезия, химический износ, зазубрины, дробление и пластическая деформация.

Основными требованиями при высокоскоростной обработке металлов являются хорошие механические свойства при высоких температурах, теплофизические свойства, химическая стабильность (окислительной, диффузии, растворимости и т.д.), термостойкость, стойкость разрушению покрытия.

При высокоскоростной обработке УГМ из-за его высокой абразивности, хрупкости, неравномерности размеров стружки графита, на поверхности инструмента наблюдается дополнительный износ. Таким образом, инструмент для высокоскоростной обработки требует высокой абразивной износостойкости и ударной прочности. В таблице 2.1 приведена твердость инструмента из различных материалов.

Таблица 2.1

Материал инструмента	Твердость (HS)
Быстрорежущая сталь	Ниже 70
Твёрдый сплав	60-90
Алмазный инструмент	Выше 80

Для обработки графита наиболее подходящими инструментами являются алмазный инструмент, керамические инструменты, инструменты на основе нитрида бора (боразона), цементированные карбидные инструменты, инструменты из быстрорежущей стали.

Были проведены исследования следующих инструментов [18]:

- Инструмент с алмазным покрытием CVD,
- PCD поликристаллический алмазный инструмент,
- керамический инструмент,
- инструмент из кубических нитрида бора,
- инструмент из твердых сплавов,
- инструмент из быстрорежущей стали.

В результате получены следующие данные:

Инструмент с алмазным покрытием CVD может работать при скорости резания в 2-3 раза выше, чем инструмент из твердых сплавов, у них низкий коэффициент трения, можно обеспечить высокоточную обработку при высокой скорости и низкой подаче.

Поликристаллический алмазный инструмент PCD обладает высокой износостойкостью и низкой стоимостью, но имеются ограничения по форме и структуре, такой инструмент не подходит для обработки сложных деталей и графитовых электродов.

CBN инструменты с высокой твердостью и износостойкостью являются идеальным инструментом для обработки сверхтвердых углеграфитовых композитных материалов, может значительно повысить производительность и качество обработки, но обладает недостаточной

прочностью и, следовательно, обычно используется для токарной обработки и реже - при фрезеровании.

Керамический инструмент легко повредить, часто наблюдается скалывание на режущий кромке. Возможно использование для токарной чистовой обработки, при этом может быть обеспечена геометрическая точность до 0,002 мм, шероховатость поверхности до 0,32 мкм (Ra).

Инструменты с CVD алмазным покрытием лучше всего подходят для высокоскоростной обработки углеродистых материалов. Однако высокая стоимость такого инструмента ограничивает его применение для обработки графита.

Таким образом, наиболее доступным инструментом для высокоскоростной обработки графита является инструмент из твердых сплавов. Такие инструменты из-за высокой износостойкости покрытия обладают ударной вязкостью цементированного карбида и широко используются при обработке УГМ.

В настоящее время при обработке графита используются инструменты с покрытием AlTiN и TiAlN, AlTiN. Такие инструменты имеют высокую поверхностную твердость (4500 ~ 4900 НВ), малый коэффициент трения и низкую теплопроводность, поэтому более пригодны для обработки графита.

Использование инструмента из твёрдого сплава не позволяет обеспечить самое лучшее качество обработки, но из-за соображения стоимости производства, твёрдосплавный инструмент по-прежнему является основным при обработке графита.

Так как углеродистые материалы в зависимости от состава имеют большой диапазон изменения твердости материала, оптимальный выбор

инструмента зависит от удельной твердости материала. На рис. 2.1 показано изменение твёрдости УГМ в зависимости от состава материала (антрацит - графит). В таблице 2.2 приведены основные свойства твёрдых сплавов.

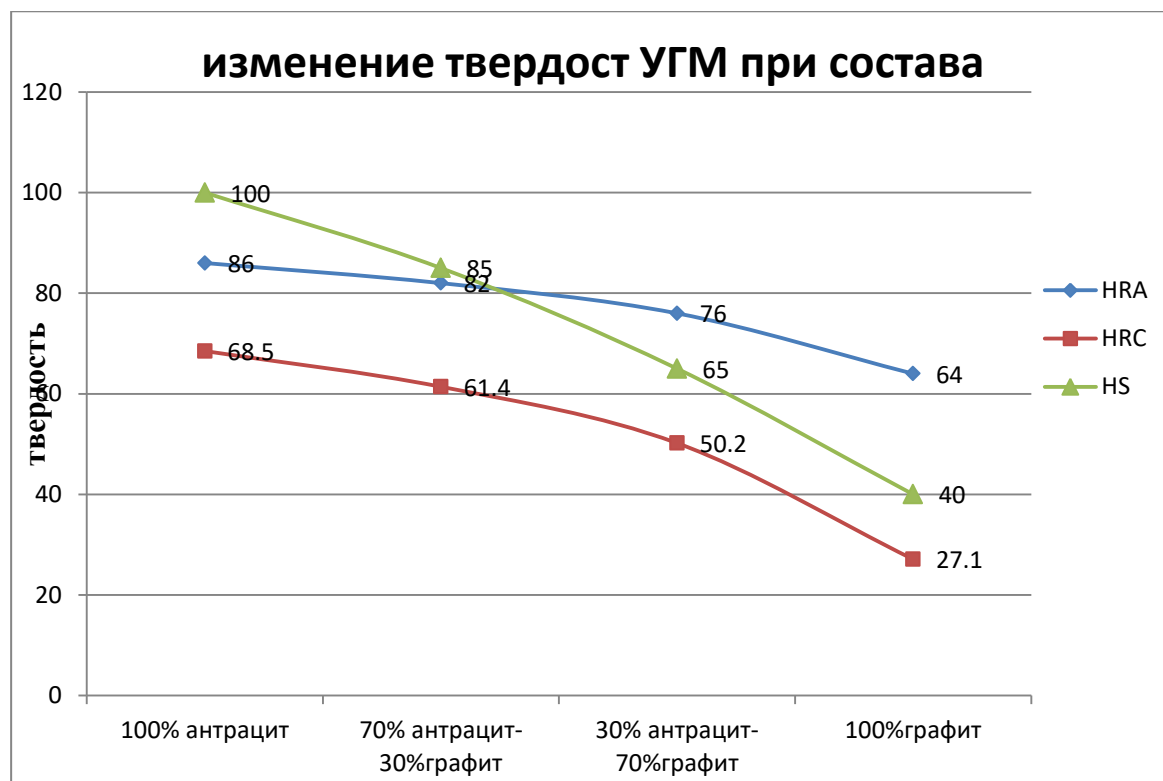


Рис.2.1 Изменение твердости УГМ в зависимости от состава

Таблица 2.2

Общие свойства твердых сплавов

Марка сплава	WC %	TiC %	TaC %	Co %	Прочность на изгиб (σ), МПа	Твёрдость, HRA	Твёрдость, HRC
ВК4	96	—	—	4	1500	89,5	73,9

ВК4-ОМ	96	—	—2	4	1550	88	71,5
ВК6	94	—	—	6	1550	88,5	72,5
ВК6-М	94	—	—	6	1450	90	74,5
ВК6-ОМ	94	—	2	6	1300	90,5	75,3
ВК8	92	—	—	8	1700	87,5	70,9
Т5К10	85	6	—	9	1450	88,5	72,5
Т15К6	79	15	—	6	1200	90	74,5
Т30К4	66	30	—	4	1000	92	78

J.Larsen.Basse (1983) [10] показал в своих исследованиях, что для получения оптимальной стойкости инструмента необходимо, чтобы отношение *твердость материала заготовки / твердость материала инструмента* было близким к 0,85.

Материал **100% антрацит** имеет твердость HRA 86 (HRC 68.5) и из-за высокой твердости материала не подходит для лезвийной обработки.

Материал **70% антрацит-30% графит** имеет твердость HRA 82 (HRC 61.4), что является высокой твердостью для лезвийной обработки, в этом случае сплав Т30К4 является оптимальным. Высокая прочность ВК-8 на изгиб также позволяет использовать ВК-8 для обработки УГМ, особенно если инструмент имеет износостойкое покрытие, позволяющее компенсировать невысокую твердость материала инструмента.

Материал **30% антрацит-70% графит** имеет твердость HRA 76 (HRC 50.2) – это нормальная твердость для обработки, ниже чем у обычной стали, все марки твердых сплавов, указанные в табл. 2.2 подходят для лезвийной обработки.

Материал **100% графит** имеет очень низкую твердость - HRA 64 (HRC 27.1), все марки твердых сплавов, указанные в табл. 2.2 подходят для лезвийной обработки.

2.5 Износ инструмента при обработке УГМ

При обработке УГМ из-за некачественного оборудования и несовершенной технологии могут образоваться внутренние локальные пустоты, дефекты из твердых частиц, трещины и т.д., которые серьезно влияют на качество обработки и стабильность работы готовых изделий.

Проблемы обработки графита, в основном, касаются низкого качества поверхности и поверхностной точности, сколов кромки инструмента, износа инструмента и т.д. Износ инструмента является серьезным ограничением при обработке УГМ.

Кристаллы графита обладают высокой микроскопической твердостью и высокой стойкостью к истиранию. Влияние кристаллов на поверхность инструмента сравнимо с жестким абразивным материалом, что влечёт за собой сильной износ инструмента. Кроме того, в процессе резания формируется стружка, которая в виде тонкой пленки налипает на передней поверхности инструмента. Так как графит обладает смазочными свойствами, то при проектировании инструмента для обработки графитов необходимо учитывать как абразивные, так и смазочные свойства.

Ученые из разных стран изучали механизма износа инструмента при обработке графитовых материалов. Masuda (1996) [13] показал, что при обработке спеченного углерода с помощью твердосплавного резца без покрытия, износ задней поверхности меньше, чем передней поверхности

(при износе резца по передней поверхности на последней образуется лунка).

Для твердосплавного инструмента с покрытием Nieminen (1996) [15] считает, что главный износ - это износ на задней поверхности, поэтому покрытия TiN не позволяет повысить стойкость инструмента.

В свою очередь, Schroeter (2006) [21] считает, что наблюдается явление «равномерного износа задней поверхности (uniform flank deterioration phenomenon)», область износа проходит вдоль всей активной длины режущей кромки инструмента.

Исследования M.Sato [5] показывают, что в ходе токарной обработки образуется стружка различного размера: 500 μm , 250 μm , 125 μm и 63 μm . При этом размер частиц массы стружки менее 250 μm графита занимает большую долю общей массы стружки. С увеличением подачи доля крупных частиц увеличивается.

Cabral G [7] исследовал проблему износа инструмента CVD алмазов и показал, что частиц графита ускоряют износ инструмента.

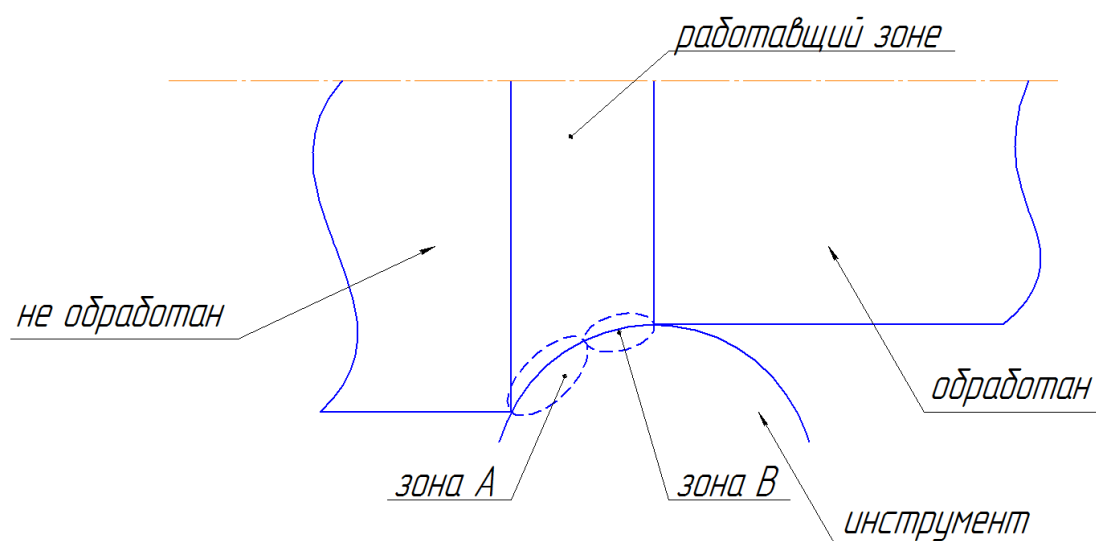


Рис 2.2. Зона износа инструмента

На рисунке 2.2 показаны инструмент и заготовка: в зоне А нагрузка и сила резания выше, чем в зоне В, поэтому в зоне А сила резания и нагрузка являются основными причинами износа инструмента. Зона В служит для завершения обработанной поверхности, здесь основной вид контакта между заготовкой и задней поверхностью является трением скольжения, к тому же, в зоне В находятся частицы графита (и частицы алмаза), произведенные в зоне А, поэтому износ происходит в виде параллельных канавок. Результаты измерений [6] показывают, что шаг между двумя смежными параллельными канавками почти равен размеру частиц алмаза.

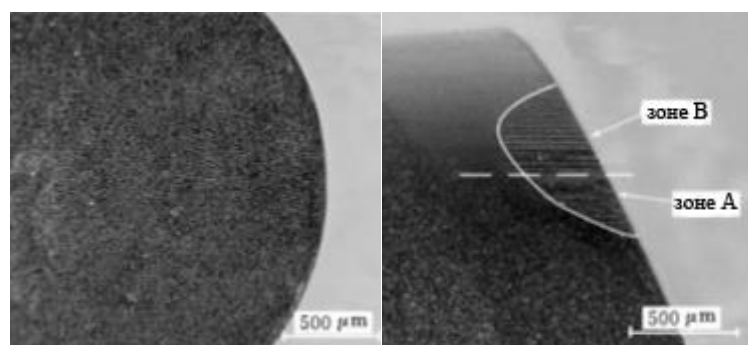


Рис.2.3. Передняя и задняя поверхности резца с алмазными покрытиями

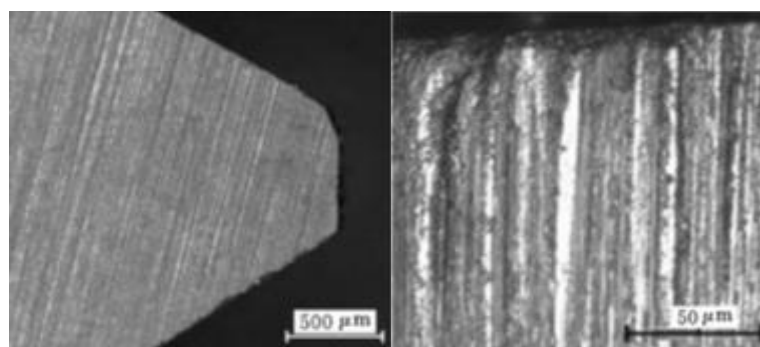


Рис.2.4. Передняя и задняя поверхности твердосплавных инструментов

На рисунке 2.4 показаны передняя и задняя поверхности резца после 300м резания. Твердосплавный инструмент сильно разрушен: очевидных признаков износа на передней поверхности нет, но форма вершины сильно изменилась. Аналогичные явления наблюдались и для инструментов с алмазным покрытием: износ по задней поверхности с параллельными канавками.

Согласно существующим исследованиям для инструментов с алмазным покрытием, в начале резания, износ инструмента резко возрастает, обычно после $S = 1000\sim 1200$ м длины резания наблюдается устойчивая стадия износа, после того, как длина резания достигает 4800~5000 м, скорость износа инструмента значительно увеличивается и инструмент переходит в стадию быстрого износа. После этого инструмент разрушается - как правило, в пределах 4500м.

Изменение процесса износа инструмента сильно зависит от формы стружки: форма стружки графита является гранулированной и размер стружки увеличивается с увеличением расстояния резания.

Таким образом, при выборе инструмента для лезвийной обработки УГМ и назначении режимов резания должны быть учтены результаты описанных выше исследований.

3. Моделирование режимов резания для обработки УГМ

Для проектирования технологии обработки УГМ необходимо учитывать следующие аспекты:

- параметры резания;
- траекторию движения инструмента;
- геометрию инструмента;
- условия охлаждения;
- схему зажима инструмента.

Цель черновой обработки – удалить максимальное количество материала в самое короткое время, Качество черновой обработки зависит от программирования ЧПУ с учётом параметров поверхности и инструмента.

При чистовой обработке необходимо рассмотреть влияние режимов и параметров инструмента на точность обработки и качество поверхности. Изменение направления сил резания существенным образом влияет на точность поверхности при обработке металлов, для УГМ результатов аналогичных исследований нет.

В настоящее время выбор параметров процесса резания зависит от опыта программистов-технологов, общие принципы понятны, но для конкретной структуры обработки УГМ теоретические и прикладные исследования не проводились [12].

3.1 Метод исследования

С целью проведения комплексного исследования влияния режимов обработки УГМ на состояние инструмента и анализа полученных результатов выбран метод конечных элементов.

Метод конечных элементов - численный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. Метод широко используется для решения задач механики деформируемого твёрдого тела, теплообмена, гидродинамики и электродинамики.

Суть метода состоит в разбиении тела на малые элементы (двумерная граница - треугольник и четырехугольник, трехмерная граница - тетраэдр и шестигранник) и расчёте параметров физических границ между элементами по заданным формулам с помощью компьютера.

Выбор программного обеспечения для анализа:

SolidWorks 2015, ANSYS R16.0, DEFORM 3D V10.2

Создание конечно-элементной модели:

3D геометрическая модель проектируется в SolidWorks, затем преобразуется в формат файла SAT и обрабатывается в ANSYS и DEFORM 3D V10.2.

В таблице 3.1. приведены параметры исследуемого материала УГМ (70% антрацит-30% графит).

Табл. 3.1

Наименование показателя	Единицы измерения	Требования	С использованием СТП	С использованием ВТП
Кажущаяся плотность	г/см ³	Не менее 1,54	1,55	1,60
Пористость	%	Не более 20,0	19	18
Предел прочности на сжатие	МПа	25-50	38	43
Предел прочности на изгиб	МПа	Не менее 9,0	12,3	14,0
Теплопроводность	Вт/м*К	Не менее 9,0	9,7	10,3
ТКЛР (20-520)х10 ⁻⁶	К ⁻¹	Не более 4,0	3,3	3,3
УЭС образцов	мКОМ*м	Не более 40,0	35	31
Модуль упругости	ГПа	Не более 13,0	8,7	8,8
Относительное удлинение	%	Не более 0,7	0,65	0,65
Зольность	%	Не более 4,5	2,0	1,8

Материал инструмента – ВК8 с алмазным покрытием. В п.2.4 приведено обоснование выбора материала инструмента.

Характеристики ВК-8:

- предел прочности при изгибе 1666 Н/мм²;
- плотность 14.5-14.8 г/см³– здесь принимаем 14.8;
- твердость – ВК8 имеет твердость HRA не менее 87.5, но, из-за твердости алмаза для инструмента с алмазным покрытием стандартной твердостью является показатель HRC, соответственно устанавливаем здесь 100 HRC;
- ударная прочность, 35 кДж/м²;
- модуль упругости, 600 Мпа.

3.2 Анализ сил резания

Для проведения анализа выбираем следующие переменные, которые будут меняться в зависимости от различных целей исследования:

1. Глубина резания
2. Передний и задний угол инструмента
3. Скорость резания

Схема лезвийной обработки показана на рис 3.1

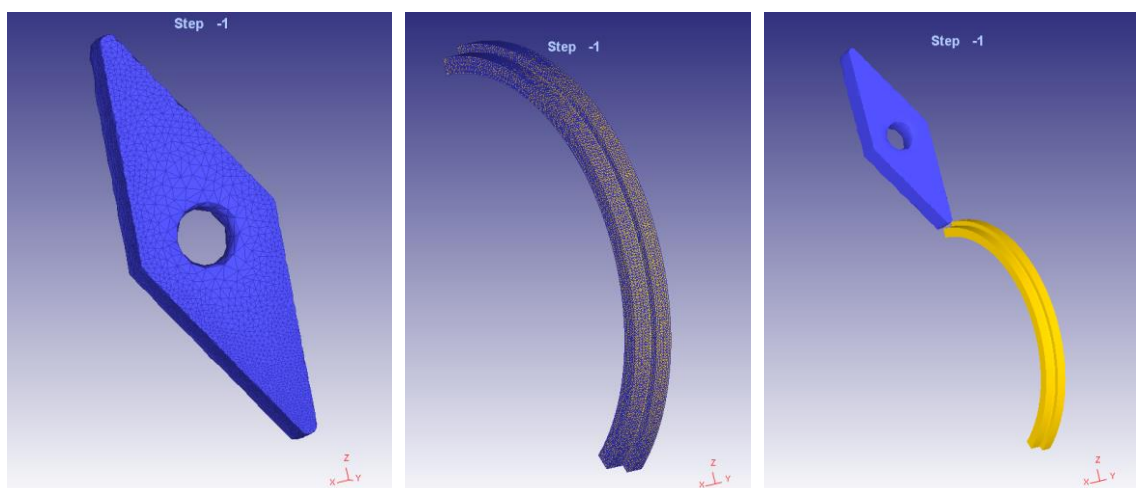


Рис 3.1. Схема модели для механического анализа

3.2.1 Влияние глубины резания на силу резания

Рассмотрим зависимость силы резания от глубины резания, установим постоянные угол резания и скорость резания.

Параметры резания:

подача - 1,5мм/зуб;

скорость резания - 20 метров в минуту;

передний угол - 0 градусов;

задний угол - 0 градусов.

На рис. 3.2 представлены результаты моделирования влияния глубины резания и времени обработки на радиальную силу резания.

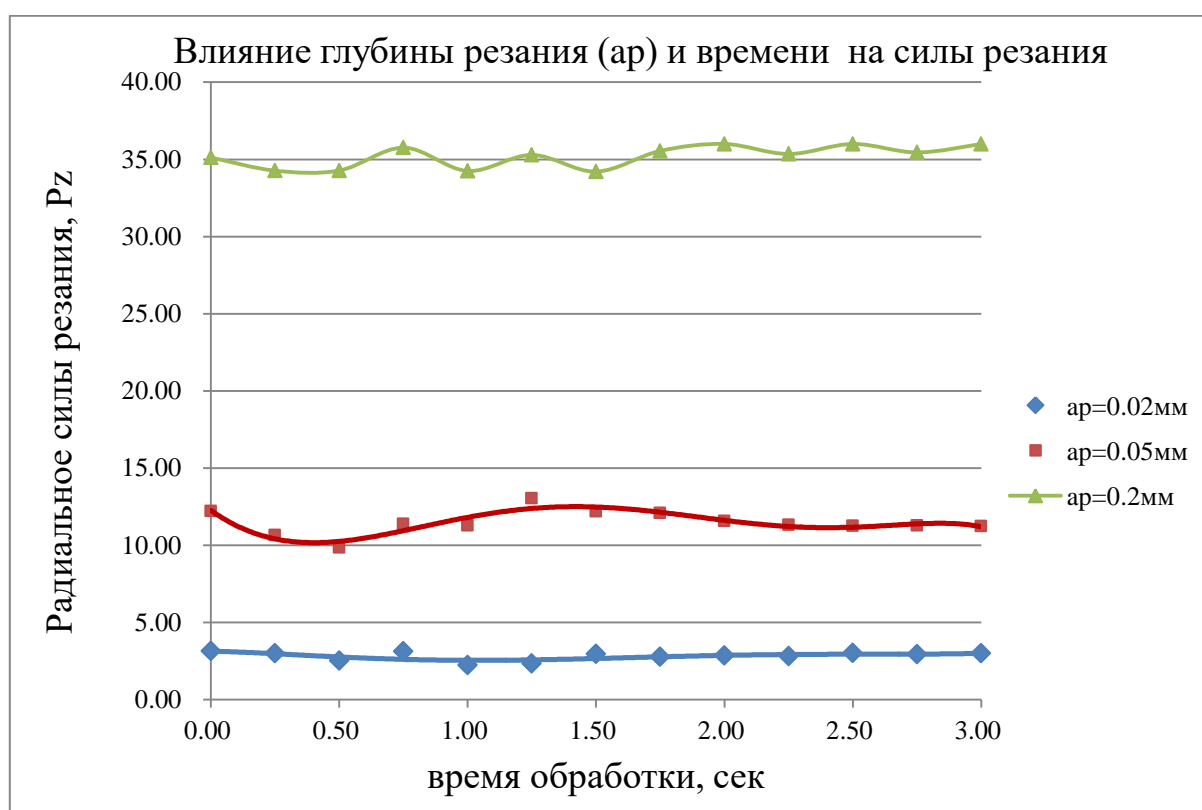


Рис. 3.2. Влияние глубины резания и времени обработки на силу резания

В результате установлено, что радиальные силы резания становятся очень неустойчивыми, когда глубина резания больше, чем 0,2 мм.

Причиной может быть высокая хрупкость графита. При глубине резания

выше 0.2 мм образуется стружка в виде грубых частиц графита с высокой твёрдостью, размер частиц вызывает вибрацию инструмента, что приводит к нерегулярной силе резания.

В ситуациях $a_p=0.02$ мм и $a_p=0,05$ мм, с увеличением глубины резания радиальная сила резания увеличивается, при этом сила резания остаётся стабильной. Это показывает, что в данном диапазоне глубины резания деформация остаётся неизменной.

Таким образом, для чистовой обработки углеграфитовых материалов, предпочтительная глубина резания составляет от 0,02мм до 0,05мм.

Изменение значения силы резания от времени в пределах обработки в течение 20 мин. не установлено. На рис. 3.3 представлен график зависимости силы резания от глубины резания (средние значения в пределах 20 мин. обработки).



Рис. 3.3. Зависимость силы резания от глубины резания (средние значения в допустимом диапазоне)

Из рис. 3.3 видно, что с увеличением глубины резания сила резания увеличивается.

Удельная сила резания p определяется как частное от деления силы P_z на площадь сечения стружки f : $p = P_z/f$ МПа. В результате моделирования получено, что с увеличением глубина резания удельная сила резания снижается (рис. 3.4).

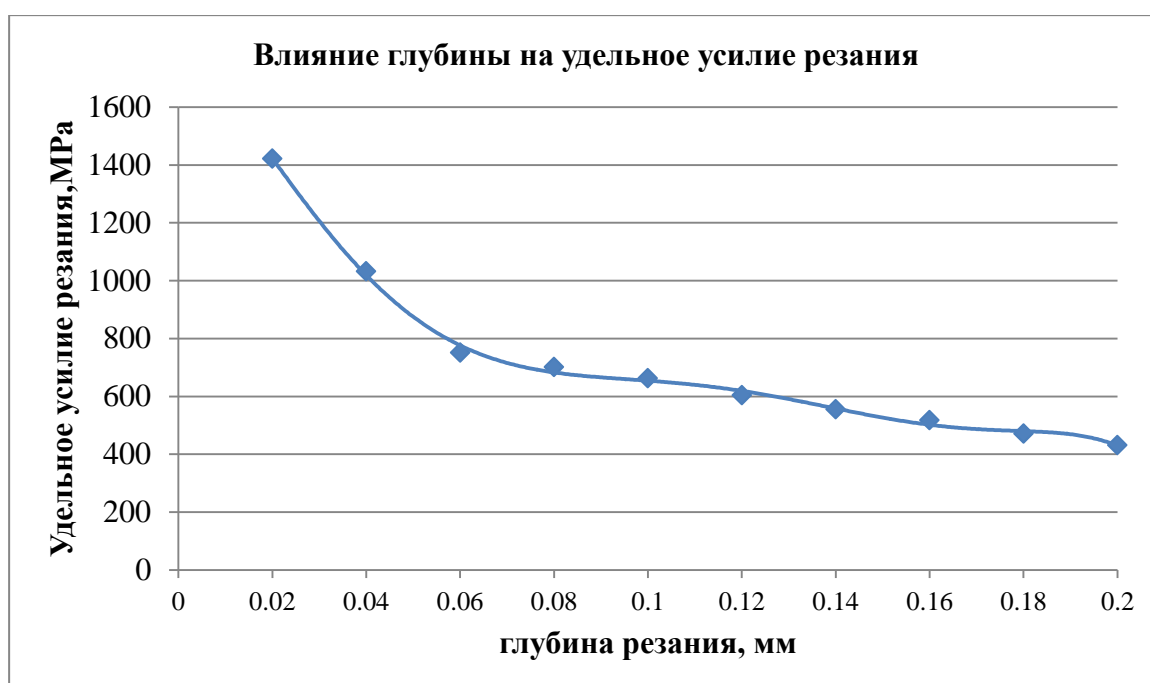


Рис. 3.4. Влияние глубины резания на удельное усилие резания

Принимая во внимание результаты исследования, для черновой обработки углеграфитовых материалов можно выбрать глубину резания, допускаемую инструментом, 0,2 мм.

3.2.2 Влияние переднего и заднего угла инструмента на силу резания

Рассмотрим влияние изменения переднего угла инструмента на силу резания при постоянной глубине резания и скорости резания.

Выберем следующие параметры резания:

подача - 1,5мм/зуб;

скорость резания - 20 метров в минуту;

глубина резания- 0.05мм;

передний угол – в пределах -10, -5, 0, +5, +10 градусов;

задний угол - 10 градусов.

Установим время резания 20 минут.

На рис. 3.5 показаны результаты моделирования зависимости сил резания от величины переднего угла.

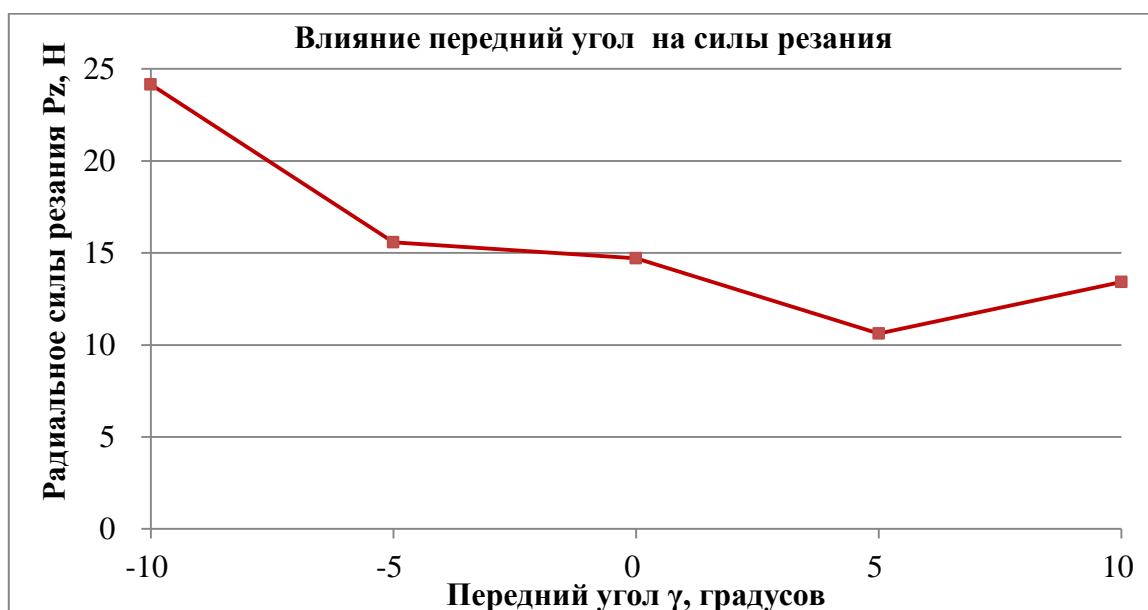


Рис. 3.5. Зависимость силы резания от переднего угла

В результате исследований получено, что с увеличением переднего угла сила резания сначала снижается, а затем увеличивается, наименьшая сила резания достигается, когда передний угол составляет 5 градусов. Для получения более точных результатов были рассмотрены ситуации, в которых передний угол равен 6 и 4 градусов. И в том, и в другом случае силы резания превышают значения, полученные при значении переднего угла 5 градусов. Так как передний угол инструмента в реальном производстве представляет собой целые числа, то можно считать, что оптимальный передний угол составляет 5 градусов.

Для исследования заднего угла на силу резания установим передний угол 5 градусов. Примем диапазон значений заднего угла 0, 5, 10, 15, 20 градусов. На рис. 3.6 представлены результаты моделирования влияния заднего угла на силу резания.



Рис. 3.6. Влияние заднего угла на силу резания

Результаты исследования оказались похожими на влияние переднего угла: сила резания сначала снижается, а потом увеличивается, оптимальный угол составляет 10 градусов.

3.2.3 Влияние скорости резания на удельное усилие резания

Выберем следующие параметры резания:

подача - 1,5мм/зуб;

скорость резания – 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300 метров в минуту;

глубина резания - 0.05 мм;

передний угол – 5 градусов;

задний угол - 10 градусов.

Установим время резания 20 минут, принимаем как результат среднюю силу резания. На рис. 3.7 показано влияние скорости резания на удельное усилие резания.

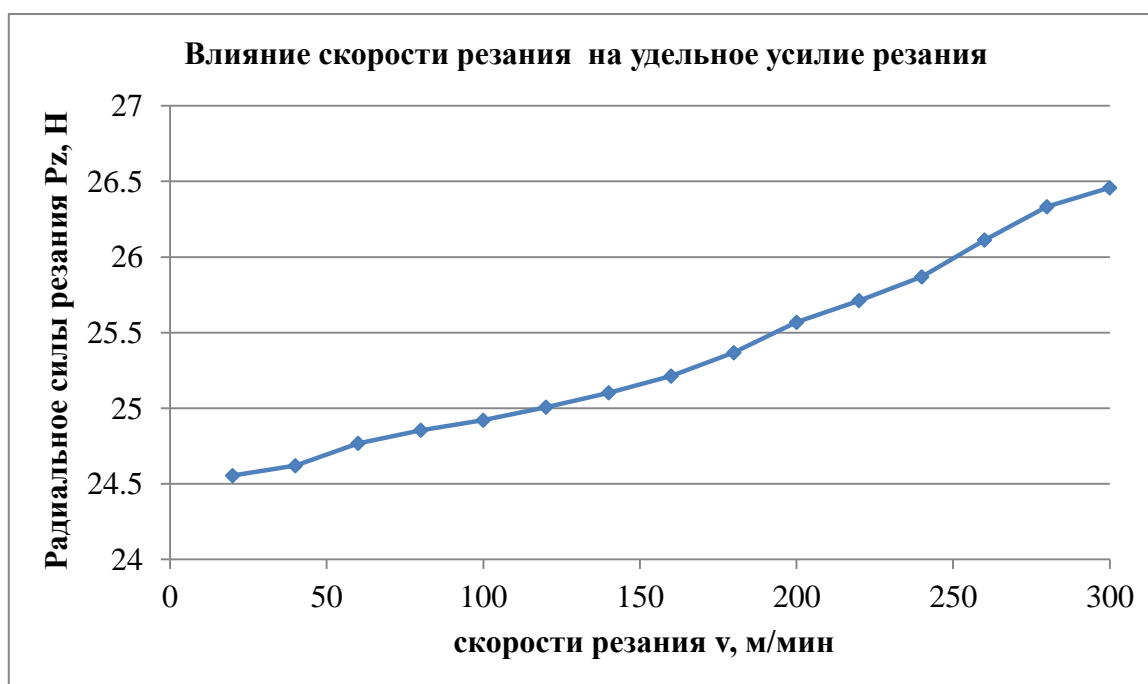


Рис. 3.7. Влияние скорости резания на удельное усилие резания

Получено, что при глубине резания $a_p = 0,05$ мм с увеличением скорости резания усилие резания изменяется незначительно. Таким образом, скорость резания не является основным фактором, влияющим на силу резания, основными факторами являются глубина резания и угол инструмента.

Результаты моделирования показывают, что оптимальные режимы обработки углеграфитового материала в зависимости от требуемой точности и производительности должны быть основаны на высокой скорости обработки и малой глубине резания (до 0,05 мм). Что касается геометрических параметров инструмента, то передний угол должен составлять 5 или 6 градусов, задний угол 10 градусов.

3.3 Анализ температуры в ходе резания

В процессе резания основным источником тепла является пластическая деформация стружки и трение на контактной поверхности между заготовкой и инструментом. Комбинированное действие двух факторов приводит к нагреву инструмента и заготовки.

В соответствии с теорией термического анализа известно, что нагрев задней поверхности несущественен. Предположим, что температурное поле инструмента - трехмерное нестационарное температурное поле. Тогда тепловое уравнение в декартовой системе координат (с учетом теплопроводности в зависимости от температуры) [4]:

$$\rho_c \frac{\partial f}{\partial t} = K \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{dK}{dT} \left(\frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial T}{\partial y} + \frac{\partial T}{\partial z} \right) - \rho_c \left(u_x \frac{\partial T}{\partial x} + u_y \frac{\partial T}{\partial y} + u_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q$$

$$q = \frac{W_k * \sigma * \varepsilon}{J}$$

где

- K-теплопроводность,
- T-температура,
- ρ - плотность материала,
- c –теплоемкость,
- u_x, u_y, u_z - скорость компоненты источника тепла на оси X/Y/Z,
- q-тепло на единицу объема,
- σ -механическое напряжение,
- ε -эквивалентная скорость деформации,
- J-механический эквивалент теплоты.

Так как у углеграфитовых материалов очень высокая температура плавления, то в ходе резания не будет плавления материала. Следовательно, в процессе резания не будет образования жидкой фазы на поверхности контакта и, соответственно, главный вид трения - это сухое трение. Таким образом, для исследования обработки УГМ можно сделать предположение, что площадь контактной поверхности между инструментом и заготовкой равна площади сечения стружки.

Исследуем влияние глубины резания и скорости резания на температуру. Для простоты игнорируем влияние износа инструмента на температуру в ходе резания. Коэффициент трения между инструментом и

заготовкой на передней поверхности принимаем равным 0,3. В результате проведённого анализа установлены оптимальные значения переднего (5 градусов) и заднего (10 градусов) углов. Учитывая реальную ситуацию, начальная температура составляет 20 градусов. Коэффициент теплопроводности углеграфитовых материалов - $10 \text{ Вт}/(\text{м}\times\text{К})$.

Для оценки термодинамических явлений в процессе резания принимаем максимальную температуру на передней поверхности инструмента.

3.3.1. Анализ влияния глубины резания на температуру

Для оценки влияния глубины резания на температуру с помощью моделирования выбираем следующие параметры резания:

скорость резания - 20 метров в минуту;

материал инструмента - ВК8 с алмазным покрытием;

коэффициент теплопроводности материала заготовки УГМ – $50 \text{ Вт}/(\text{м}\times\text{К})$.

На рис. 3.8 представлены результаты моделирования зависимости средней температуры в зоне резания от глубины резания и времени обработки.

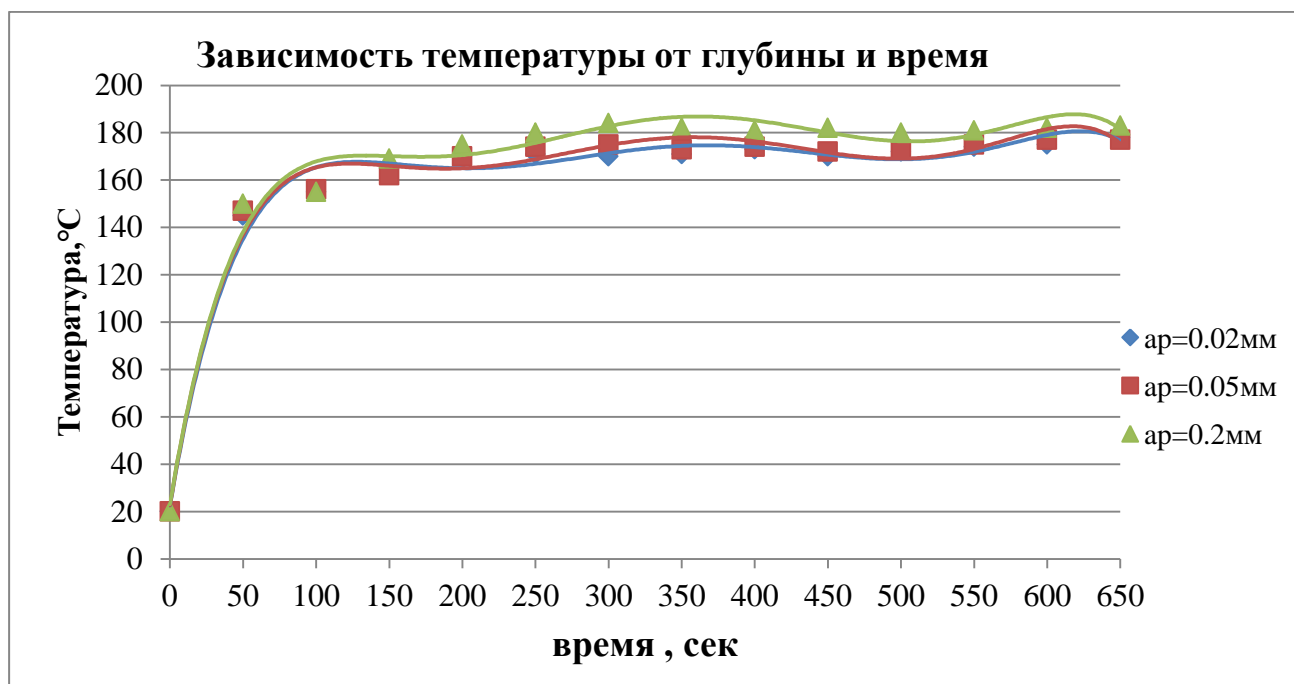


Рис. 3.8. Зависимость температуры от глубины резания и времени обработки

В результате моделирования получено, что при различной глубине резания изменение температуры не является критическим, максимальная температура достигает 180 градусов.

3.3.2. Анализ влияния скорости резания на температуру

Для оценки влияния скорости резания на температуру с помощью моделирования выбираем следующие параметры резания:

скорость резания - 20 метров в минуту;

материал инструмента - ВК8 с алмазным покрытием;

коэффициент теплопроводности материала заготовки УГМ – 50 Вт/(м×К).

На рис. 3.9 представлены результаты моделирования зависимости средней температуры в зоне резания от скорости резания и времени обработки.

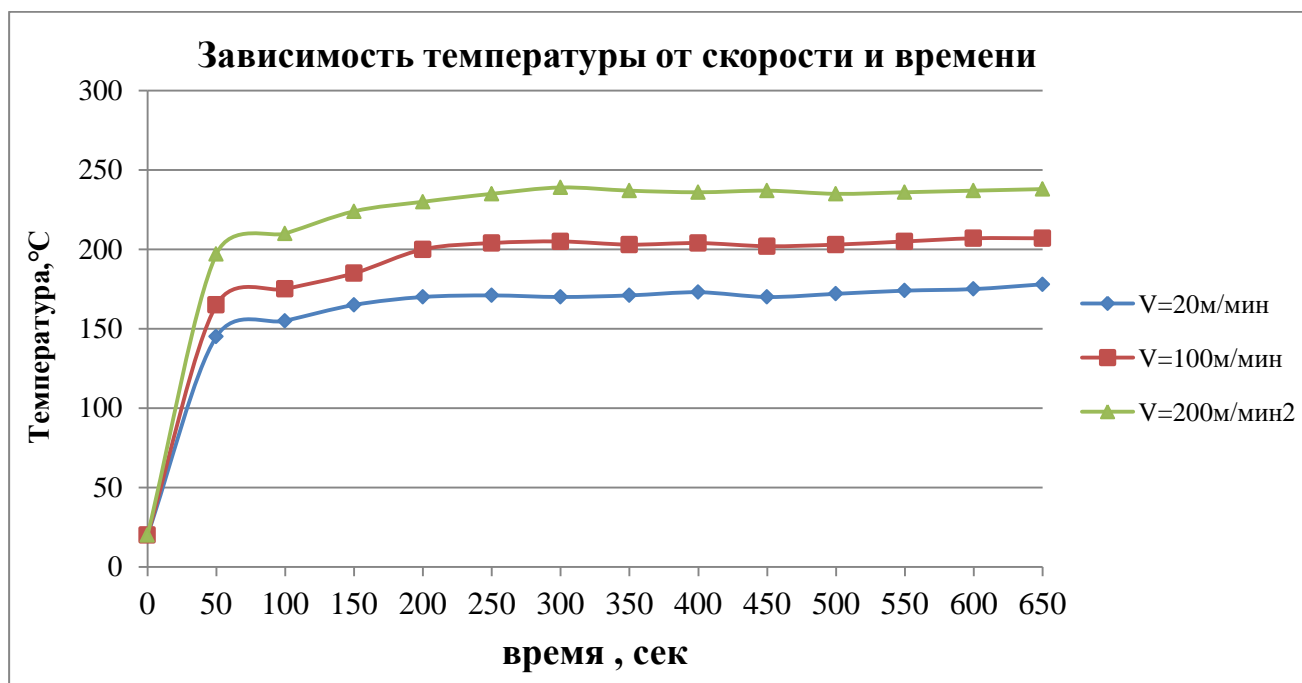


Рис. 3.9. Зависимость температуры от скорости резания и времени обработки

В результате моделирования получено, что с увеличением скорости резания, температура повышается, но эта тенденция постепенно ослабляется с увеличением скорости резания, при нормальных условиях максимальная температура достигает 200 - 250 градусов. Температура углеграфитового материала во время резания не достигает значений, при которых свойства инструмента и углеграфитового материала изменяются (500 градусов). Таким образом, при обработке графитового материала, можем игнорировать влияние температуры на качество обработки.

3.4. Анализ шероховатости поверхности

Шероховатость поверхности — совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине [23]. Шероховатость измеряется в микрометрах (мкм), относится к микрогеометрии твёрдого тела и определяет его важнейшие эксплуатационные свойства: износостойкость от истирания, прочность, плотность (герметичность) соединений, химическую стойкость, внешний вид. В зависимости от условий работы поверхности при проектировании деталей машин назначается параметр шероховатости, также существует связь между предельным отклонением размера и шероховатостью. Исходная шероховатость является следствием технологической обработки поверхности материала, например, абразивами. В результате трения и изнашивания параметры исходной шероховатости, как правило, меняются.

Практический опыт показывает, что шероховатость поверхности является важным показателем оценки качества различных обрабатываемых механических частей поверхности, имеет большое влияние на устойчивость к коррозии, сопротивление усталости, износостойкость, герметизирующие свойства, производительность, срок службы, потребление электроэнергии, шума и вибрации.

3.4.1. Влияние глубины резания на шероховатости поверхности

Для оценки влияния глубины резания на шероховатость поверхности изделия из УГМ с помощью моделирования выбираем следующие параметры резания:

скорость резания - 200 метров в минуту;

материал инструмента - ВК8 с алмазным покрытием;

подача - 5мкм/об.;

глубина резания – 0,01мм, 0,02мм, 0,03мм, 0,04мм, 0,05мм,
0,06мм, 0,07мм, 0,08мм, 0,09мм, 0,10мм.

На рис. 3.10 представлены результаты моделирования зависимости шероховатости от глубины резания.

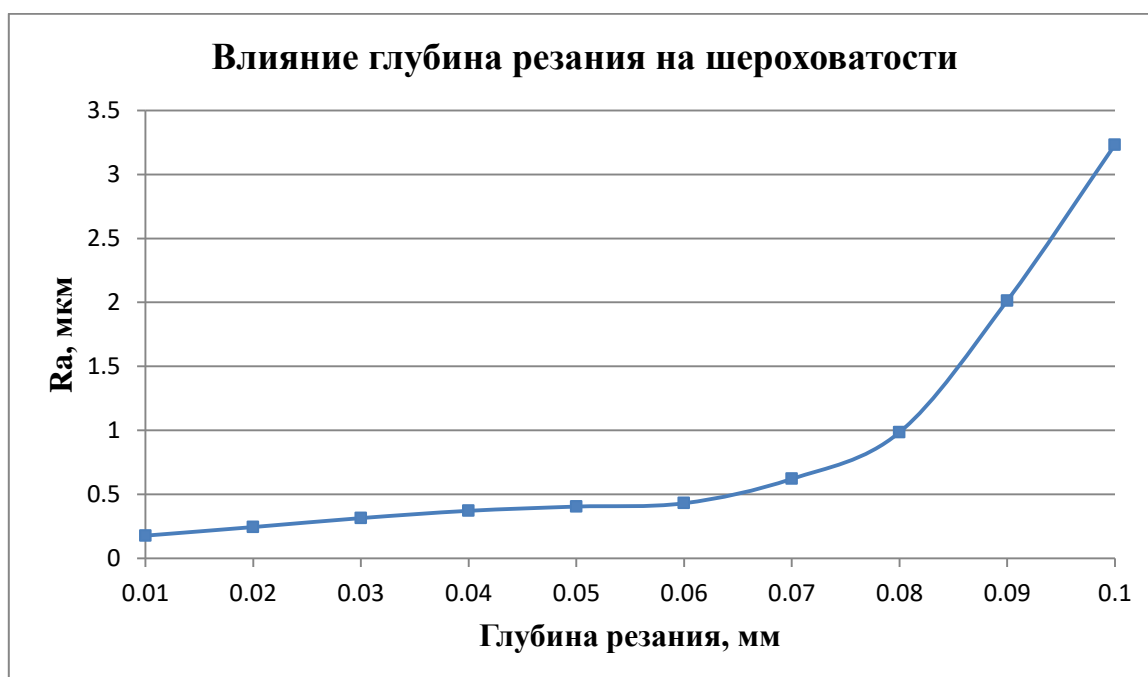


Рис 3.10. Влияние глубины резания на шероховатость

Из рисунка видно, что с увеличением глубины резания шероховатость поверхности постепенно увеличивается. При глубине резания менее 0,06 мм, шероховатости поверхности увеличивается очень медленно. При глубине резания выше 0,06 мм, шероховатости поверхности увеличивается очень быстро. Это согласуется с результатами анализа силы резания и

показывает, что в диапазоне глубины резания от 0,05 мм до 0,10 мм происходит изменение формирования стружки углеграфитовых материалов.

3.4.2. Влияние подачи на шероховатость поверхности

Для оценки влияния подачи на шероховатость поверхности изделия из УГМ с помощью моделирования выбираем следующие параметры резания:

скорость резания - 200 метров в минуту;

материал инструмента - ВК8 с алмазным покрытием;

подача - 1мкм/об, 3мкм/об, 5мкм/об, 7мкм/об, 9мкм/об;

глубина резания – 0,05 мм.

На рис. 3.11 представлены результаты моделирования зависимости шероховатости от подачи.

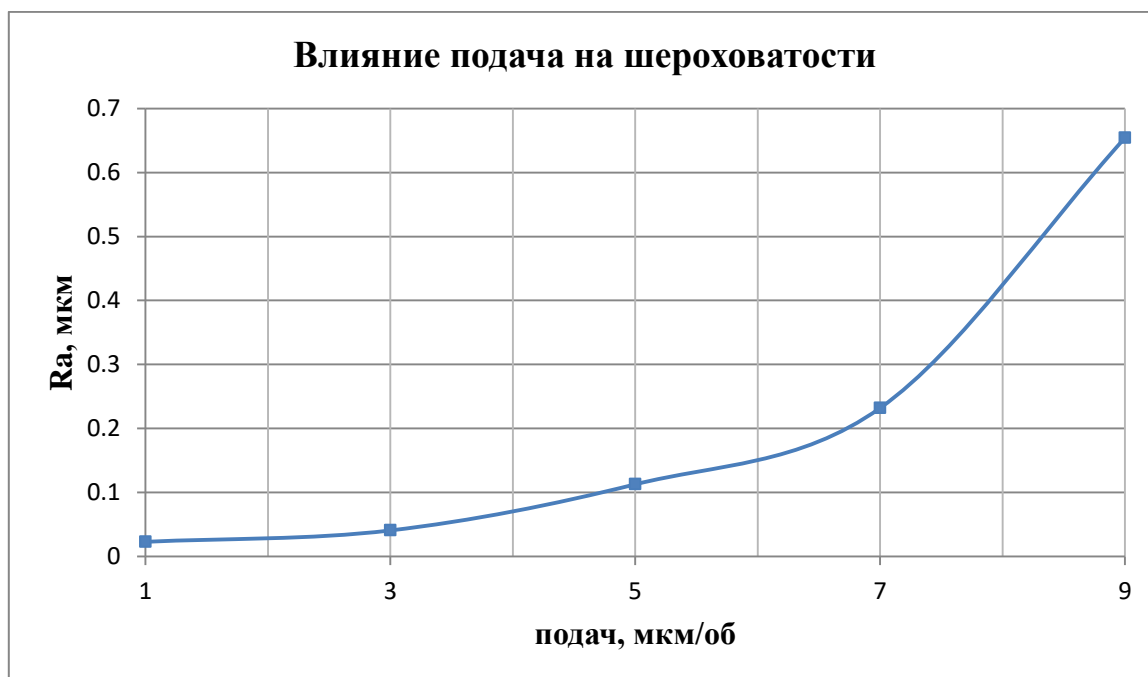


Рис 3.11. Влияние подачи на шероховатости

В результате моделирования получили, что подача сильно влияет на шероховатость поверхности. С увеличением подачи шероховатость поверхности быстро увеличивается. Когда подача равна 3 мкм/об и ниже, обрабатываемая поверхности очень гладкая, при подаче свыше 7 мкм/об Ra почти в 6 раз больше, чем при подаче 3 мкм/об, а при подаче 9 мкм/об — в 16 раз. Дело в том, что с увеличением подачи радиус инструмента в оставшейся области обрабатываемой поверхности увеличивается, как показано на рис. 3.12.

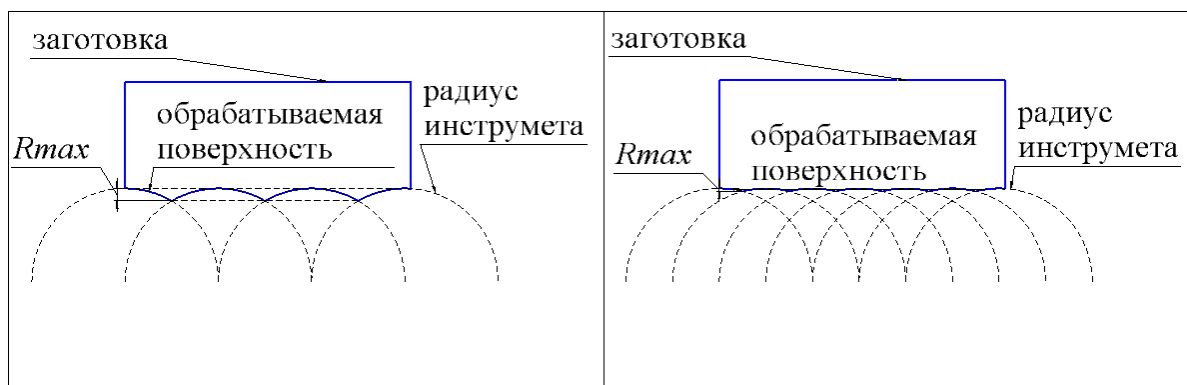


Рис 3.12. Формирование шероховатости при разной подаче

С увеличением шероховатости поверхности снижается качество поверхности. Результаты моделирования показывают, что подача менее 3-4 мкм/об позволяет получить высокое качество обрабатываемой поверхности. Но со снижением скорости подачи время обработки будет соответственно больше. Чем ниже подача, тем более длительное время обработки, что приводит к снижению производительности. Соответственно при выборе оптимальной подачи следует принимать во внимание не только качество обработанной поверхности, но и учитывать экономические выгоды.

3.4.3. Влияние скорости резания на шероховатости поверхности

Для оценки влияния скорости резания на шероховатость поверхности изделия из УГМ с помощью моделирования выбираем следующие параметры резания:

скорость резания – 50 м/мин, 100 м/мин, 150 м/мин, 200 м/мин, 250 м/мин, 350 м/мин;

материал инструмента - ВК8 с алмазным покрытием;

подача - 5мкм/об;

глубина резания – 0,05 мм.

На рис. 3.12 представлены результаты моделирования зависимости шероховатости от скорости резания.



Рис 3.12. Влияние скорости резания на шероховатость

С увеличением скорости резания шероховатость поверхности сначала увеличивается, а потом снижается, когда скорость резания выше 100м/мин.

С увеличением скорости резания шероховатость поверхности постепенно приближается к стабильным значениям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы определены оптимальные условия лезвийной обработки углеграфитов на основе моделирования процесса резания. Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

- Оценка целесообразности применения лезвийного инструмента.
- Определение оптимальной марки твердого сплава, нанесения износостойкого покрытия.
- Анализ влияния режимов резания на силы резания.
- Анализ влияния режимов резания на температуру в зоне резания.
- Анализ влияние режимов резания на шероховатость поверхности.

Результаты показывают, что для точения материала **70% антрацит - 30% графит** оптимальными условиями резания являются:

- передний угол инструмента - 5 градусов;
- задний угол инструмента - 10 градусов
- Глубина резания - не выше 0,1мм
- Скорость резания - выше 200 м/мин
- Подача резания - Не больше 10 мкм/об

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баранчиков В.И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справ. Текст. /В.И. Баранчиков, А.В. Шаринов и др./Под общ. ред. В.И. Баранчикова.// М.: Машиностроение, 1990.- 400
2. Бутырин Г.М. Высокопористые углеродные материалы. – Москва: Химия, 1976. – 192 с.
3. Безъязычный В.Ф. Влияние температурных деформаций детали и резца на точность обработки Текст. / В.Ф. Безъязычный, Т.А. Скитева // Вестникмашиностроения.- 1993.- №: 5-6.- 17-19.
4. Федонин О.Н. Технологическое повышение эффективности лезвийной обработки деталей из графита – Брянск, 2006 -135с
5. M. Sato, K. Nakayama. Cutting characteristic of sintered graphite. process of cutting and grinding(iii). ICRCG — 96, JSPE: 27-62
6. Ben Wang, Dongxi Liu, Minghai Wang, Wendian Yin, Yaohui Zhen, Wear mechanism of PCD Tool during Cutting of Isotropic Pyrolytic Graphite China Mechanical Engineering, 2015, 26(20): 2721-2729.
7. Cabral G, Reis P, Polini R, et al. Cutting Performance of Time-modulated Chemical Vapor Deposited Diamond Coated Tool Inserts during Machining Graphite[J].Diamond and Related Materials, 2006, 15(10):1753-1758.
8. F. A. Almeida, J. Sacramento, F. J. Oliveira et al. Micro and nano crystalline CVD diamond coated tools in the turning of EDM graphite. Surface and Coatings Technology , 2008(9)
9. Iliescu D. et al. Modeling and tool wear in drilling of CFRP //International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2010. – Т. 50. – №. 2. – С. 204-213.
10. J. Larsen—Basse . Effect of relative hardness on transitions in abrasive wear mechanisms. Wear of Materials. 1983 - С.161-166
11. Lee, Jay; Lapira, Edzel; Bagheri, Behrad; Kao, Hung-an. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment// Manufacturing Letters. 1 (1): 38–41.
12. L Zhou , C Y Wang , Z Qin. Wear characteristics of micro end mill in high speed mill of graphite electrode. Key Engineering Materials , 2004 , 259~260 : 858~863
13. Masuda M., Kuroshima Y. , Chujo Y. , The machinability of sintered carbons based on the correlation between tool wear rate and physical and mechanical properties , Wear. 1996, 195: 178-185
14. Masuda T., Sakaue K., Yokoya N. Registration and integration of multiple range images for 3-D model construction //Pattern Recognition, 1996., Proceedings of the 13th International Conference on. – IEEE, 1996. – Т. 1. – С. 879-883.
15. Nieminen I. , Paro J. , Kauppinen v. . High speed milling of advanced materials, Journal of Materials Processing Technology, 1996, 56: 24-36
16. Sih G C. Strain-Energy-Density-Factor Applied to mixed mode crack problems. International Journal of Fracture, 1974, V10(3): 305-321

-
17. Xie L. J. et al. 2D FEM estimate of tool wear in turning operation //Wear. – 2005. – Т. 258. – №. 10. – С. 1479-1490.
 18. Zhanqiang. L. Tool materials for high speed machining and their fabrication technologies/Shandong University, 2006 –С.1- 5
 19. M. Sharif Uddin, K.H.W. Seah, M. Rahman, etc. Tool wear characteristics and their effects on nanoscale ductile mode cutting of silicon wafer[J]. Wear ,2005,V259:1207–1214
 20. Z Qin , C Y Wang , Y H Zhou et al. High speed milling of EDM graphite with diamond2coated tool. 8th APCMP , Guilin2 Guangzhou , China , June , 2008 : 324~329
 21. Rolf Bertrand Schroeter , Rafael K ratochvil , Jefferson de Oliveira G omes. High speed finishing milling of industrial graphite elec2t rodes. Journal of Materials Processing Technology , 2006 , 179 : 128~132
 22. Справочник химика. Режим доступа: <http://chem21.info/info/874924/> (7.06.2017)
 23. Определение шероховатости поверхности.
Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Шероховатость_поверхности
(7.06.2017)
 24. Композитные вращающиеся режущие инструменты из цементированного карбида и заготовки для вращающегося режущего инструмента:
Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/253/2536015.html> (7.06.2017)

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«Экономический раздел»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ51	Чжоу Ян

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Физических методов и приборов контроля качества
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	Машиностроение / Технология машиностроения и промышленной робототехники

Тема дипломной работы: Оценка оптимальных условий лезвийной обработки углеграфитов с содержанием антрацита 70%.

Исходные данные к разделу «Экономический раздел»:

Целью данной работы является определение оптимального режима резания углеграфитовых материалов. Необходимо провести предпроектный анализ, план проекта, предположительный бюджет научного исследования, оценка сравнительной эффективности исследования.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Анализ конкурентоспособности продукта;

В данном анализе исследуемый продукт сравнивается с ближайшими конкурентами по ряду факторов для определения сильных и слабых мест продукта для дальнейшего эффективного модернизированы последнего.

План проекта;

В данном разделе приводится таблица плана работ и затраченного времени для данных работ. С помощью плана можно контролировать выполнение поставленных задач более эффективно.

Реестр рисков исследования;

В ходе проекта могут возникнуть непредвиденные обстоятельства, которые негативным образом могут повлиять на всю проведенную работу. Данный раздел служит для предупреждения возникающих рисков, а так же их анализа.

Предположительный бюджет научного исследования;

По аналогии с предыдущим разделом, данный раздел прогнозирует возможные и наиболее вероятные расходы при проведении исследования.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент.	Спицын В.В	К.Э.Н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Чжоу Ян		

Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

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

1. Предпроектный анализ

1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Природный графит — серебристо черный порошок, инертен, жаростоек, хороший теплопроводник, электропроводник, обладает хорошими антистатическими свойствами, обладает смазочными свойствами, устойчив к высокому давлению. Все выше перечисленные свойства углеграфитовых материалов обуславливают применения графита:

В металлургии — производство тиглей, литейных форм, противопопригарных красок.

В машиностроении — футеровочный материал, трубы и др. производство коллекторов, для динамо машин, электродов, проводящих порошков смазочных материалов, антифрикционных изделий, в производстве и обслуживании ядерной технике, в производстве карандашей, красок, теплоизоляционных материалов.

При производстве огнеупорных изделий, тиглей, угольных щеток, а также в смазках, футеровках, красках электрических экранов, антистатических покрытиях, аккумуляторных батареях, добавках при сверлении, самосмазывающихся механических частях, таких, как подшипники и прокладки, взрывчатых веществах.

Наше исследование посвящено поиску оптимальной технологии обработки данных материалов. Это возможно снижает себестоимость, и повышает точность обработка.

1.2 Карта сегментирования рынка услуг по разработке интернет-ресурсов

Сегментировать рынок услуг по разработке интернет-ресурсов можно по следующим критериям: размер компании-заказчика, вид интернет-ресурса (рис. 1).







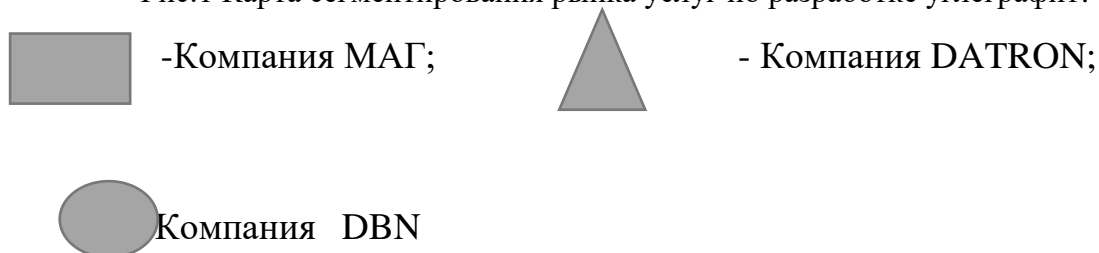
		Вид обработки		
		Литейная обработка	Лезвиной обработка	Специальная обработка
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Рис.1 Карта сегментирования рынка услуг по разработке углеграфит:



Результатом сегментирования: Виды обработка углеграфита. Для крупного и среднего производства, важно существует специальная обработка. Для мелкого производства можно отсутствует.

1.3 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Для оценки продукта с конкурирующими разработками необходимо провести систематический анализ, так как рынки постоянно изменяются. Данный анализ помогает корректировать исследование для более успешного противостояния с конкурентами, а также определить направление для будущего повышения эффективности научного исследования.

Для данного анализа в качестве сравнения могут быть использованы все информационные данные о конкурентах.

Проведем данный анализ с помощью оценочной карты (табл. 1).

Таблица 1.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентноспособность			
		Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	Б _{к4}	К _{к1}	К _{к2}	К _{к3}	К _{к4}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
Универсальность продукта	0,05	5	3	3	4	0,25	0,15	0,15	0,2
Энергоэкономичность	0,05	3	4	4	4	0,15	0,2	0,2	0,2
Качество обработка	0,1	5	3	2	4	0,5	0,3	0,2	0,4
Скорость обработка	0,05	5	4	1	4	0,25	0,2	0,05	0,2
Способ обработка сложных форм	0,1	2	4	5	4	0,2	0,4	0,5	0,4
Научная новизна	0,1	4	5	1	4	0,4	0,5	0,1	0,4
Конкурентоспособность продукта									
Конкурентоспособность продукта	0,1	3	4	3	4	0,3	0,4	0,3	0,4
Уровень проникновения на рынок	0,1	4	4	2	4	0,4	0,4	0,2	0,4
Цена	0,1	3	3	4	4	0,3	0,3	0,3	0,4
Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	4	4	0,2	0,2	0,2	0,2
Послепродажное обслуживание	0,05	3	3	4	4	0,15	0,15	0,2	0,2
Финансирование научной	0,05	5	5	5	4	0,25	0,25	0,25	0,2

азработки									
Срок выхода на рынок	0,05	5	5	5	4	0,25	0,25	0,25	0,2
Наличие сертификации	0,05	2	4	4	4	0,1	0,2	0,2	0,2
азработки									
того	1	53	55	47	56	3,7	3,9	3,1	4,0

Примечание: Конкурент 1 – Компания МАГ; 2-Компания DATRON;
3- Компания DBN 4-Наша работа

Основываясь на проведенном анализе следует отметить то, что наиболее эффективным направлением повышения конкурентоспособности исследования для компании МАГ является повышение качества обработки и уровни проникновения на рынок. А для компании DATRON наиболее эффективным направлением повышения конкурентоспособности исследования является повышение научной новизны.

Одним из главных преимуществ продукта компании DBN является его способность обработка сложных формы, что позволяет расширить выбор рынка реализации продукта.

Суть наша работа- найти баланс между технология и экономичный выгоды, чтобы обеспечить более общие продукты.

1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в табл. 3.

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Таблиц.2 Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	3
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3
4	Определена товарная форма научно-технического задела для	4	5

	представления на рынок		
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	5
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	4
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	4	4
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	4	4
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	4
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	4
15	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	Итого баллов	60	63

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и её разработчика к коммерциализации. Значение $B_{\text{сум}}$ находится в пределах от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации.

1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект.

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

Выделяют следующие методы коммерциализации научных разработок.

1. Торговля патентными лицензиями, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. При этом в патентном законодательстве выделяющие виды лицензий: исключительные (простые), исключительные, полные лицензии, сублицензии, опционы.

2. Франчайзинг, т.е. передача или переуступка (на коммерческих условиях) разрешения продавать чьи-либо товары или оказывать услуги в некоторых областях.

3. Передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия.

4. Организация совместных предприятий, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Проанализировав перечисленные методы коммерциализации, магистрант обязан выбрать один из них (можно несколько) и обосновать, почему выбран именно этот метод и каким образом он поможет

успешному продвижению разработки на той стадии, на которой находится научный проект.

2. План проекта

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

Линейный график представляется в виде таблицы (табл. 3).

Таблица. 3 Календарный план проекта

Код работ ы (из ИСП)	Название	Длительность, д ни	Дата начал а работ	Дата окончани я работ	Состав участнико в
1	Управление проектов	7	20.09.1 5	27.09.15	Коротков В.С. Ван Юнчжэн
2	Планирование	2	01.10.1 5	03.10.15	Шамина О. В. Чжоу Ян
3	Совещания	1	10.10.1 5	11.10.15	Шамина О. В. Чжоу Ян
4	Администрирование	6	15.10.1 5	21.10.15	Шамина О. В. Чжоу Ян
5	Требования продукту	2	27.10.1 5	29.10.15	Шамина О. В. Чжоу Ян
6	Исследование литература	15	01.11.1 5	16.11.15	Чжоу Ян
7	Исследование свойства материалов	20	20.11.1 5	10.12.15	Шамина О. В. Чжоу Ян
8	Изучение теорий о диформация	30	15.12.1 5	14.01.16	Чжоу Ян

	материалов				
9	Оценка целесообразности применения напайного инструмента	60	25.02.16	27.04.16	Чжоу Ян
10	Определение оптимального марки твёрдого сплава	30	06.05.16	05.06.16	Чжоу Ян
11	Проведение стойкостных испытаний	30	10.09.16	10.10.16	Чжоу Ян
12	Исследование механика	30	15.10.17	14.11.16	Шамина О. В. Чжоу Ян
13	Термодинамическое исследование	30	15.11.16	15.12.16	Шамина О. В. Чжоу Ян
14	Моделированиеобработка	30	01.02.17	03.03.17	Шамина О. В. Чжоу Ян
15	Исследование качества обработка	30	07.03.17	06.04.17	Шамина О. В. Чжоу Ян

В линейном графике не учитываются периоды зимних и весенних каникул. Следует также учесть, что данный график составляется индивидуально, некоторые периоды времени работ могут не совпадать с календарным планом учебного заведения.

3. Реестр рисков исследования

Возможные риски проекта включают в себя непредвиденные обстоятельства, которые могут возникнуть в данном проекте и вызвать череду последствий, которые приведут к негативным эффектам. Для

анализа рисков необходимо привести объективную оценку имеющейся информации по данным рискам.

Данные по рискам приведем в таблице 3.

Таблица. 4

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения	Условия наступления
1	Нелинейность поправочных коэффициентов	Ошибка в вычислениях	5	5	Высокий	Корректировка коэффициентов	Ошибка при проектировании метода
2	Ошибка характеристик материала	Ошибка в вычислениях	1	5	Высокий	Экспериментальное определение требуемых характеристик	Ошибка или неточность данных по материалам
3	Ошибка оборудования	Ошибка в вычислениях	4	4	Средний	Калибровка оборудования	Штамм оборудования
4	Неверный выбор основополагающей методики	Ошибка в вычислениях	3	3	Средний	Выбор аналогичной методики	Ошибка при проектировании
5	Ошибка в расчетной программе	Ошибка в вычислениях	4	5	Средний	Повторное программирование	Ошибка программиста

Примечание: Уровень риска может быть: высокий, средний или низкий в зависимости от вероятности наступления и степени влияния риска. Риски с наибольшей вероятностью наступления и высокой степенью влияния будут иметь высокий уровень, риски же с наименьшей

вероятностью наступления и низкой степенью влияния соответственно низкий уровень.

Исходя из таблицы 3. наиболее характерными рисками являются ошибки при обработке с данными. Все перечисленные риски воздействуют на ошибки в вычислениях, другими словами при получении конечных данных. Основным условием возникновения данных рисков является человеческий фактор, так как проектирование методики производится исключительно вручную. Единственным надежным и эффективным направлением смягчения данных рисков является периодическая перепроверка расчетов, сохранение старых вычислений и их сравнение с актуальными. Иначе исключить человеческий фактор невозможно.

4. Предположительный бюджет научного исследования

Следующий раздел предлагает на рассмотрение одну из возможных ситуаций постановки бюджета для научного исследования. Следует отметить то, что в реальном проекте не было потрачено средств (не считая зарплату руководителя и т.п.) на само исследование. Единственным ресурсом являлось время. Поэтому для оценки бюджета предположим картину, когда теоретическое проектирование был уже проведено, и исследование подошло к этапу практической апробации с использованием оборудования, которое рассматривалось в предыдущих разделах.

При непосредственном планировании бюджета должно быть в полной мере отражены те или иные планируемые расходы, которых требует проект. Обозначим основные группы планируемых расходов как:

- Расход на оборудование, СОЖ и инструмент. (испытательные стенды, производственные станки);
- Расход на рабочий персонал (заработная плата, обучение и т.п.);
- Расход на материалы;

- Прочие расходы.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов).

Таким образом обозначим планируемые затраты в таблице. 5

*Значения в ячейках указаны в тысячах рублей.

Вид работ	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Конструирование механизма	60	0	20	10	8	20	0	10	10	138
Разработка технологии производства механизма	10	0	20	10	8	20	0	10	10	88
Автоматизированный расчет	0	0	20	10	8	20	0	10	10	78
Контролировать качества	200	50	20	10	8	20	0	50	20	378

Испытан ие	40	60	20	10	8	20	50	15	10	233
---------------	----	----	----	----	---	----	----	----	----	-----

Финансирование проекта: ТПУ частично компенсировал затраты
(оплатил сырье и материалы и т.п.) .

Список использованной литературы.

1. Видяев И. Г., Серикова Г. Н., Гаврикова Н. А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие //ИГ Видяев, ГН Серикова, НА Гаврикова, НВ Шаповалова, ЛР Тухватулина ЗВ Креницына. – 2014.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ51	Чжоу Ян

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ТМСНР
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

Тема дипломной работы: Оценка оптимальных условий лезвийной обработки углеграфитов с содержанием антрацита 70%.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Целью данной работы является определение оптимального режима резания углеграфитовых материалов

Описание рабочего места на предмет возникновения:
вредных проявлений факторов производственной среды
(для обслуживающего персонала необходимо обеспечить оптимальные, в крайнем случае, допустимые значения метеоусловий на рабочем месте, исключить контакт с вредными, , которые могут образовываться в процессе работы установки, обеспечить комфортную освещенность рабочего места, уменьшить до допустимых пределов шум от силового блока плазмореактора, вентиляции, обеспечить безопасные значения электромагнитных полей от силового блока плазмореактора);
опасных проявлений факторов производственной среды
(в связи с использованием электричество для работы балансировочных станко, виброизмерительной аппаратуры и освещенность, необходимо защиты от электро-, пожаро- и взрывоопасности);
- необходимо предусмотреть мероприятия по предотвращению негативного воздействия на окружающую природную среду используемых энергетических проявлений и образующихся отходов: электромагнитные поля от силового блока плазмореактора, «черновые» листы бумаги, отработанные картриджи, принтеры и др. оргтехника;
- необходимо обеспечить устойчивую работу вашего производственного участка при возникновении чрезвычайных ситуаций, характерных для Сибири – сильные морозы, пурга, человеческий фактор, диверсия (рассмотреть минимум 2 ЧС – 1 природную, 1 техногенную).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:

а) приводятся данные по оптимальным и допустимым значениям микроклимата на рабочем месте, перечисляются методы обеспечения этих значений; приводится 1 из расчетов (расчет освещенности на рабочем месте, расчет необходимого воздухообмена на рабочем месте, расчет необходимого времени эвакуации рабочего персонала);

б) приводятся данные по реальным значениям шума на рабочем месте, разрабатываются или, если уже есть, перечисляются мероприятия по защите персонала от шума, при этом приводятся значения ПДУ, средства коллективной защиты, СИЗ;

в) приводятся данные по реальным значениям электромагнитных полей на рабочем месте, в том числе от компьютера или процессора, если они используются, перечисляются СКЗ и СИЗ;
приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
предлагаемые средства защиты
(сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)

Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности

<p>а) приводятся данные по значениям напряжения используемого оборудования, классификация помещения по электробезопасности, допустимые безопасные для человека значения напряжения, тока и заземления (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); перечисляются СКЗ и СИЗ;</p> <p>б) приводится классификация пожароопасности помещений, указывается класс пожароопасности вашего помещения, перечисляются средства пожарообнаружения и принцип их работы, средства пожаротушения, принцип работы, назначение (какие пожары можно тушить, какие – нет), маркировка; пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия).</p>
<p>Охрана окружающей среды: организация безотходного производства (приводится перечень отходов при эксплуатации установки, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации образовавшихся на вашем производстве промышленных отходов).</p>
<p>Защита в чрезвычайных ситуациях: а) Приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС; разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</p>
<p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);</p>
<p>Перечень графического материала: 1) Пути эвакуации 2) План размещения светильников на потолке рабочего помещения</p>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Чжоу Ян		

Описание рабочего места

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В данной работе рассмотрен оптимального резиям резания углеграфитовых материалов.

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях функционально взаимоувязанных средств производства (оборудования, оснастки, предметов труда и др.), необходимых для осуществления трудового процесса.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

При проектировании лаборатории необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как лаборатория находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз. Так же, в связи с неспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

В лаборатории, где находятся различные электроустановки, магнетрон, а также используется смазка, могут быть следующие вредные факторы: наличие - а) не комфортных метеоусловий; б) производственного шума; в) недостаточной освещенности; г) электромагнитного излучения;

1.1 Метеоусловия

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха.

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Повышенная влажность воздуха ($\varphi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\varphi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

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

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было

охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице.

Таблица - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	≤ 0.1
Теплый	средняя	20 - 28	15 - 75	≤ 0.2

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

1.2. Производственный шум

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации не превышающей ПДК. Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократного в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные

сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 75 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;
- применение материалов звукопоглощающий(примерно пластины торговой, марки CORКСRIBAS)

СИЗ

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

1.3 Освещенность

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

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

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

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента

светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 7$ м, ширина $B = 6$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м;
 B – ширина, м.
 $S = 7 \times 6 = 42 \text{ м}^2$

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

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

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

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,3$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,3$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

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

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

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

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

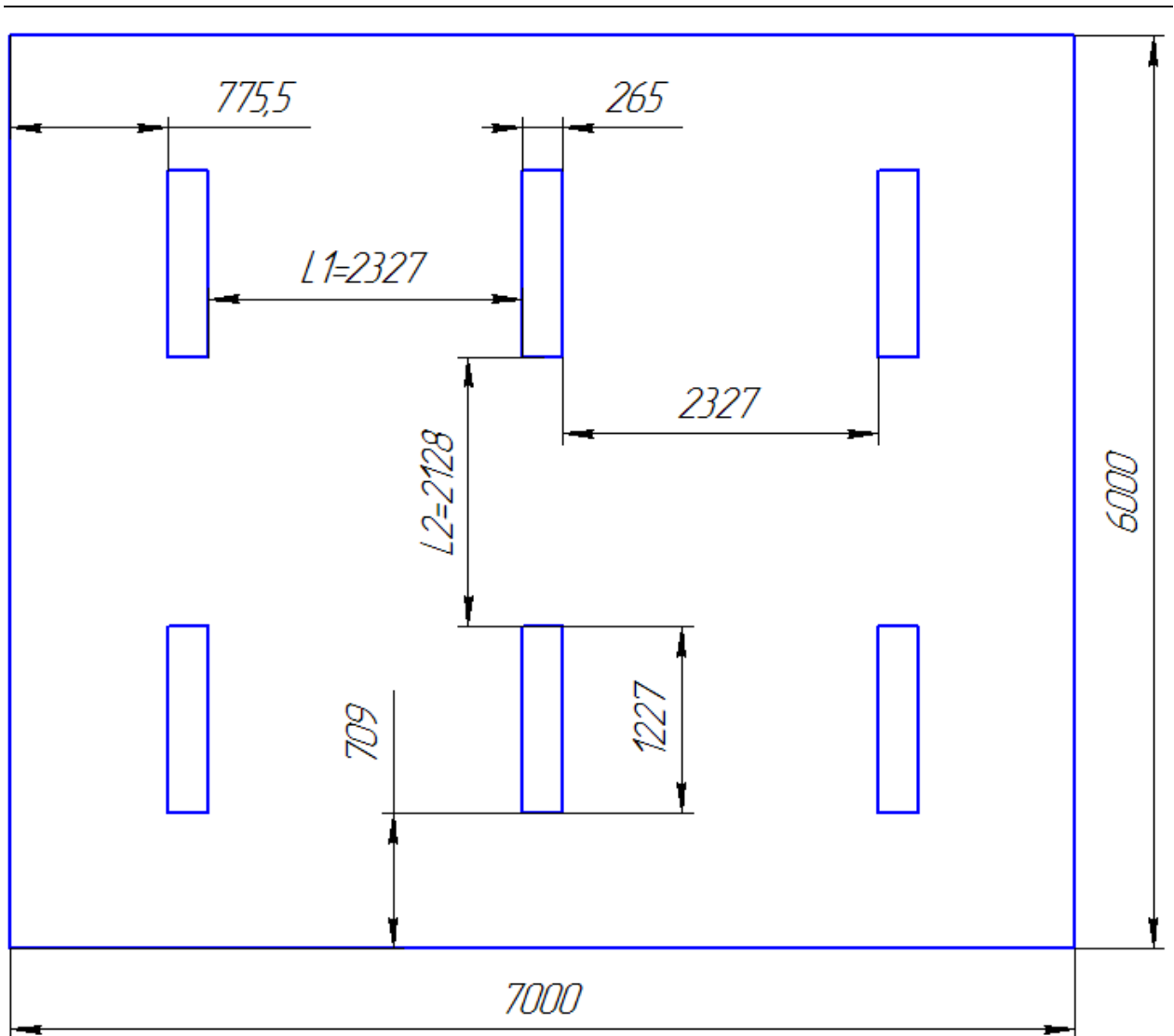


Рисунок – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

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

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70\%$, $\rho_{\text{С}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,6$ равен $\eta = 0,47$.

Потребные группы люминесцентных ламп светильника по формуле:

$$N = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi_{\text{П}} \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,3}{2300 \cdot 0,47} = 11,36 = 12$$

Общее число светильников: $N = 6$.

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$2L_2 + 2 \cdot \frac{L_2}{3} + 3 \cdot 265 = 7000$$

$$L_2 = 2128 \text{ мм}$$

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

$$2 \cdot L_1 + 2 \cdot \frac{L_1}{3} + 2 \cdot 1227 = 6000$$

$$L_1 = 2128 \text{ мм}$$

Расчет световой поток группы люминесцентных ламп светильника по формуле:

$$\Phi_{\text{рас}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,3}{12 \cdot 0,47} = 2178 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

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

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2300 - 2178}{2300} \cdot 100\% = 5,3\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 5,3\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

1.4 Электромагнитные поля

В установке используются магнетронные генераторы при помощи которых происходит подвод СВЧ-энергии к различным частям установки. Таким образом, при организации безопасности труда, необходимо учитывать воздействие электромагнитных полей сверхвысоких частот на организм человека.

Эффект воздействия СВЧ электромагнитного поля на биологические объекты в известной степени определяется количеством проникающей в них и поглощаемой ими электромагнитной энергии. Значительная часть энергии микроволн поглощается тканями организма и превращается в тепло, что объясняют возникновением колебания ионов и дипольных молекул воды, содержащихся в тканях. Наиболее эффективное поглощение микроволн отмечается в тканях с большим содержанием воды: кровь, тканевая жидкость, слизистая желудка, кишок, хрусталик глаза и др.

Нагрев тканей в СВЧ-поле является наиболее простым и очевидным эффектом действия микроволн на организм человека. Положение максимума температуры, его удаление от поверхности тела зависит от проводимости среды, а, следовательно, и от частоты радиоволны, действующей на ткань: с

увеличением частоты (укорочением волны) максимум температуры приближается к поверхности.

Длительное и систематическое воздействие на организм СВЧ-излучения вызывает повышенную утомляемость, периодически появляющуюся головную боль, сонливость или нарушение сна, повышение артериального давления и боли в области сердца. Под воздействием электромагнитных полей сверхвысоких частот наблюдаются изменения в крови, увеличение щитовидной железы, катаракта глаз, а у отдельных лиц — изменения в психической сфере (неустойчивые настроения, ипохондрические реакции) и трофические явления (выпадение волос, ломкость ногтей).

Предельно допустимые уровни облучения (по ОСТ 54 30013-83):

В диапазоне СВЧ = 300...300000 МГц допустимая плотность потока мощности (ППМ_{доп}) при времени облучения (τ облуч.) в течение всего рабочего дня составляет 10 мкВт/см², при τ облуч., равном 2 ч, - 100 мкВт/см² и при τ облуч., равном 15...20 мин, - 1000 мкВт/см² (при обязательном использовании защитных очков!). В остальное рабочее время интенсивность облучения не должна превышать 10 мкВт/см². Для лиц, профессионально не связанных с облучением, и для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см².

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

СКЗ

- защита временем;
- защита расстоянием;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- экранирование источника;
- защита рабочего места от излучения;

СИЗ

Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), которые включают в себя

- Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.
- Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO₂).

Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154.

К средствам защиты от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят комбинезоны, очки, спецобувь, заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества.

1.5 Электробезопасность

расчёт устройства защитного заземления

напряжение электроустановки- 360В;

мощность источника питания сети – свыше 100кВА;

сеть с заземленной нейтралью;

форма вертикальных электродов - уголок с шириной полки $b = 4$ см;

длина вертикального электрода $l = 2$ м;

глубина размещения вертикальных электродов $h = 0,7$ м,;

отношение расстояний между заземлителями к их длине составляет $a/l = 2$;

размеры контура заземления $L_1 = 6$ м, $L_2 = 7$ м;

форма горизонтального электрода - полоса шириной $b=12$ мм

вид грунта - Супесок(Удельное сопротивление 300 Ом/см)

характеристика климатической зоны: Средняя многолетняя высшая температура $+ 20$ °С.

напряжением до 1000В и мощностью источника питания сети свыше 100кВА допустимое сопротивление растеканию тока $R_d = 40$ Ом.

Суммарная длина горизонтального электрода $l_g = 2(6+7) = 26$ м.

Расчетное значение удельного сопротивление грунта для вертикального заземлителя:

$$\rho = \rho_{гр} \cdot K_{п} = 20 \cdot 2 = 40 \text{ [Ом} \cdot \text{м]}$$

$$\text{для горизонтального заземлителя: } \rho = \rho_{гр} \cdot K_{п} = 20 \cdot 3 = 60 \text{ [Ом} \cdot \text{м]}$$

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя R_v определяется по формуле:

$$R_v = 0,366 \frac{40}{2} \lg \frac{2 \cdot 2}{0,95 \cdot 0,04} + 0,51 \lg \frac{4(1+0,7)+2}{4(1+0,7)-2} = 17 \text{ [Ом]}$$

Сопротивление вертикального заземлителя R_g определяется по формуле

$$R_g = 0,366 \frac{60}{26} \lg \frac{26^2}{0,5 \cdot 0,012 \cdot 0,7} = 6,19 \text{ [Ом]}:$$

Расчетное сопротивление заземлителя R_z вычисляется по формуле:

$$R_z = R_v R_g (R_v \eta_g + R_g \eta_v \eta) = \frac{17 \cdot 6,19}{17 \cdot 0,4 + 6,19 \cdot 0,68 \cdot 10} = 2,06 \text{ [Ом]}$$

СКЗ

2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

2.1 Факторы электрической природы

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

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

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.
2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.
3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

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

Основными электробезопасными средствами в электроустановках напряжением выше 1000 В являются изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, а также изолирующие

устройства и приспособления для ремонтных работ (площадки, изолирующие звенья телескопических вышек и пр.).

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

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

При пользовании изолирующими клещами оператор должен надевать диэлектрические перчатки и быть изолированным от пола или грунта; при смене патронов трубчатых предохранителей он должен быть в очках. Клещи нужно держать в вытянутых руках.

Дополнительные электрозащитные средства в электроустановках. К дополнительным изолирующим электрозащитным средствам относятся диэлектрические перчатки, боты, резиновые коврики и дорожки, изолирующие подставки на фарфоровых изоляторах и переносные заземления.

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

2.2 Факторы пожарной и взрывной природы

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , B_{1n} , G_n и D_n .

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории Д - негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. процесс обработки которых используется материалом углярафитом, и без искра.

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

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

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

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

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- е) курение в строго отведенном месте;
- ж) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

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

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

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

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

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

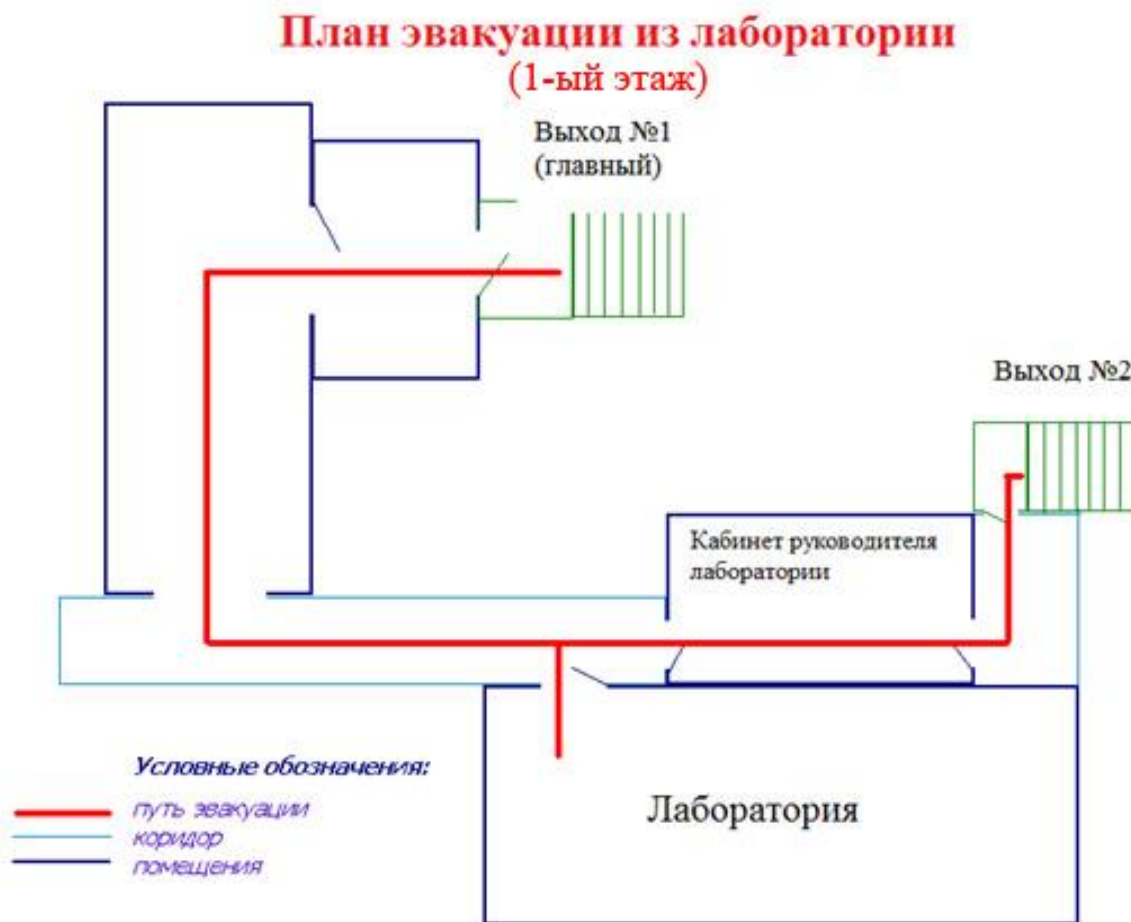


Рис. Пути эвакуации.

3 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды - это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

В ходе обработки углярафита будет средующие виде промышленных отходов: пыль графита, стружка, СОЖ.

Для перехода к безотходным производствам в лаборатории необходимо осуществлять сбор в специальные емкости.

Стружку от станков и с рабочих мест удаляют по мере ее образования в специальные контейнеры. Стружка, загрязненная маслом и СОЖ, собирается

в бункеры с двойным дном для частичной очистки стружки и для сбора отработанной СОЖ. Для дальнейшего использования стружку прессуют в брикеры.

4 Защита в ЧС

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

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

Для авария теплосетях: Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Для электросетях: Мороз может привести к повреждению электрических приборов. В случае необходимости, следует прекратить работу, чтобы защитить оборудование и рабочие.

Для водоканал: Мороз может привести к повреждению электрических приборов, потому что низкое качество воды может быть связано с внутридомовыми трубами. Решением является сохранить достаточно свободной воды.

Для транспорт: Мороз увеличит вероятность дорожно-транспортных происшествий. Решением является применение оборудования с сопротивлением скольжения.

5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности
2. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
7. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

Приложение

Раздел на английском языке

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Чжоу Ян		

Консультант кафедры ТМСР :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шамина.О.Б	К.Т.Н		

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК :

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

Carbon graphite materials

Carbon graphite materials – class of nonmetallic material consisting of carbon. The main components of the material are amorphous carbon and graphite. And the nature of the material varies with the ratio of the two parts.

Carbon has three types of isomers:

One of them is amorphous carbon (coal, coke, soot, etc.). Others- crystalline carbon(graphite and diamond).

Amorphous Carbon

Amorphous carbon is very hard. Material doesn't have any crystal system. This gives amorphous carbon a high level resistance to wear. The strength and wear resistance properties of this material make it work well in some situations. However, these strengths can also be a weakness -carbon generates high friction when rubbed against another surface.

Graphite

Graphite also named black lead. It is softer and relatively weak, because the crystalline order in it and closer spacing between the monoplanes and stacks. The crystal system of graphite is hexagonal crystal system. A graphite structure can be compared to a deck of cards with individual layers able to easily slide off the deck. The phenomenon gives graphite material a self-lubricating ability when compared with other materials. This allows components made with graphite work well without lubricants.

Diamond is the hardest known natural material on both the Vickers and the Mohs scale. Diamond has a cubic crystal system. Diamond and graphite are two allotropes of carbon: pure forms of the same element that differ in structure.

With high temperature amorphous carbon can be converted to graphite. Graphite in the catalyst and high pressure, high temperature conditions, in turn, will be converted into diamond. It is also a way of producing artificial graphite and synthetic diamond.

Carbon-graphite

It is possible to combine amorphous carbon and graphite to take full advantage of the strengths and weaknesses of each of these two types of carbon. The proper mixture of the two materials is strong and hard and has low friction. At the same time, this composite has excellent corrosion resistance and is capable of operating at temperatures in excess of 315 °C for extended periods of time, depending on the specific grade. The ability to create materials that have these properties is the basis of the manufactured mechanical carbon materials that perform well in difficult tribological situations such as pumps.

Properties of carbon-graphite

As a composite anthracite and graphite, the carbon graphite materials in the form of a mixture of both, have the following properties:

High conductivity. The structure of the materials formed from the overlay plane of the carbon atoms. Free electrons can move between graphite planes, which makes graphite having excellent conductivity. Conductivity of graphite is 100 times higher than that of common nonmetallic minerals.

Thermal resistance. The melting point of graphite is 3850 ± 50 °C, the graphite boiling point is 4250 °C. Carbon-graphite has a very small coefficient of thermal expansion, productivity varies little at high temperatures. When the temperature changes greatly, carbon-graphite has a small change in the volume of graphite, a low possibility of cracks.

Self-lubricity. During the rubbing of carbon-graphite and metal, a very dense graphite film is formed on the contact surface, which significantly reduces the coefficient of friction.

Chemical stability. Carbon graphite materials have good chemical stability at room temperature, and good resist corrosion from acids, alkalis, solutions of salts and organic solvents. These properties make the corrosion resistance of carbon graphite materials much better than the corrosion resistance of metallic materials.

Strength. The strength of the material depends on the composition of anthracite and graphite, the higher the content of anthracite, the higher the strength of carbon-graphite. When the content of anthracite sufficiently high strength of the material will exceed many classes of metal.

Low density. Carbon graphite materials have a density of 1-3 g / cm³, which is one-third the density of iron. For the design of parts, the difficulty due to weight is reduced by using lightweight materials. In addition, the installation difficulty will also be reduced.

Application of carbon-graphite

In engineering, almost the whole process of work is related to the movement. This requires good strength and elasticity of the material, especially at high temperatures and high corrosive environments. Carbon-graphite materials meet the above requirements, this bring it many applications in engineering.

Design Factors

Carbon-graphite bearings are used in both wet and dry operating conditions. Carbon-graphite allows the designer to specify the bearing close to the boundary lubricated condition without the risk of seizure. Permissible loads and running speeds depend on the allowable wear rate. Shaft materials and surface finishes are important factors in the wear rates of carbon-graphite materials. As a rule of thumb, the harder and more polished the surface, the lower the wear. Where possible, aluminium and bronze should be avoided for use as shaft materials.

Carbon-graphite materials are also widely used as rotating shaft and face seal materials. They perform well when running against metal and ceramic counterfaces. Seals are manufactured from solid rings, split rings and segmented rings for use in both liquid and dry-running applications in the aerospace, nuclear, petrochemical and general marine industries. Carbon-graphite seals are self-lubricating, resistant to chemical corrosion, and capable of running at temperatures up to 538 °C.

Carbon-Graphite Seals

Seal materials require high strength and a relatively high modulus of elasticity to withstand deformation at the interface. Carbon-graphite seal materials provide the strength and rigidity which are especially important in high pressure, zero leakage mechanical end-face seals. High thermal conductivity is essential in removing heat from the interface.

Seal wear is a result of adhesive wear, chemical wear, erosive wear and sometimes radioactive wear. Carbon-graphite is inert to most chemical reagents so it survives where other materials fail. However, chemical wear is evidenced in

certain strong oxidising environments or where the additives are attacked by specific oxidising reagents.

Impregnation of Carbon-Graphite Seals

Impregnation of carbon seals can be done with a variety of materials to control permeability. In addition to thermoset resins, other types of impregnants include thermoplastics, metals, and inorganic salts or glasses. The temperature limit of the impregnant places an upper limit on the operating temperature of the carbon parts.

Metals such as antimony, silver, copper, nickel, and Babbitt can improve the strength, thermal conductivity, and tribological characteristics of the materials. Impregnants made of inorganic salts usually phosphate or borate - and glasses are used in high temperature applications. Carbons impregnated with soluble salts must be handled carefully to avoid exudation, especially under humid conditions, but loss of impregnant rarely affects any physical property of a seal other than permeability.

Blistering

Blistering is a critical concern with carbon seal materials. Strangely, the reason why blistering occasionally occurs is not clear. One of the most popular explanations is that a certain amount of fluid becomes absorbed in the carbon substrate and expands due to frictional heat, creating a subsurface pressure and eventual crater in the seal face. Another theory is that softer mating materials can tend to tear pieces from the carbon-graphite in the presence of heavy hydrocarbons. Blistering is most often found in applications involving hydrocarbons or cyclical temperature service such as air conditioning compressors. In some cases, the use of silicon carbide as a mating surface will reduce or even eliminate a blistering problem, possibly because of its high thermal conductivity and hardness.

Carbon-Graphite Seals in Aerospace Applications

Carbon-graphite and graphites are excellent materials for aircraft turbine engine mainshaft seals. The mainshaft in a turbine engine rotates at very high speeds and operates in an environment of changing high temperature conditions. Mainshaft bearing compartment seals are used to protect rotor support bearings from hot gases flowing through the engine and to prevent the loss of lubricant in the bearing compartments.

These materials are chemically inert, temperature resistant, lightweight, resilient, dimensionally stable, and impermeable to gases and liquids. They can be moulded to size or machined to close tolerances, impregnated, plated, vulcanised to rubber, and cemented or shrunk into housings or retainers - a truly versatile set of materials.

Reason for choosing the topic of «Evaluation of optimal conditions for blade processing of carbon-graphite with anthracite content of 70%» is large application of this material in industry and the lack of research on this kind of material.

Therefore, research on improving the efficiency of blade machining of graphite parts is relevant.

The aim of the research is to determine the optimal conditions for cutting edge carbon processing on the basis of the modeling of the cutting process. To achieve this goal, the following objectives have been solved in the work:

1. Evaluation of the feasibility of using a blade tool.
2. Determination of the optimum grade of hard alloy, application of wear-resistant coating.
3. Analysis of the influence of cutting regimes on cutting forces.
4. Analysis of the effect of cutting modes on the temperature in the cutting zone.
5. Analysis of the influence of cutting regimes on surface roughness.

The main theses of the dissertation:

1. Selection of tools for processing carbon-graphite.
2. Determine the geometry of the tool to provide the specified surface parameters.

3. Selection of cutting modes for processing carbon-graphite.

The paper deals with issues related to ensuring the quality of processing of carbon-graphite materials with an anthracite content of 70%.

The scientific novelty of the work is in modelling the processing of graphite materials with blade tools.

The practical significance lies in the evaluation of the possibility of cutting edges of graphite parts and providing specified parameters of roughness.

In our research we used Finite element method to analyze the cutting process of the material, in order to get a clear view of its nature.

Research- Finite element method

The finite element method (FEM) is a numerical method for solving problems of engineering and mathematical physics. It is also referred to as finite element analysis (FEA). Typical problem areas of interest include structural analysis, heat transfer, fluid flow, mass transport, and electromagnetic potential. The analytical solution of these problems generally require the solution to boundary value problems for partial differential equations. The finite element method formulation of the problem results in a system of algebraic equations. The method yields approximate values of the unknowns at discrete number of points over the domain.[1] To solve the problem, it subdivides a large problem into smaller, simpler parts that are called finite elements. The simple equations that model these finite elements are then assembled into a larger system of equations that models the entire problem. FEM then uses variational methods from the calculus of variations to approximate a solution by minimizing an associated error function.

In research used program SolidWorks 2015, ANSYS R16, DEFORM 3D V10.2 to finish simulation of cutting process of carbon-graphite.

Model of cutting carbon-graphite

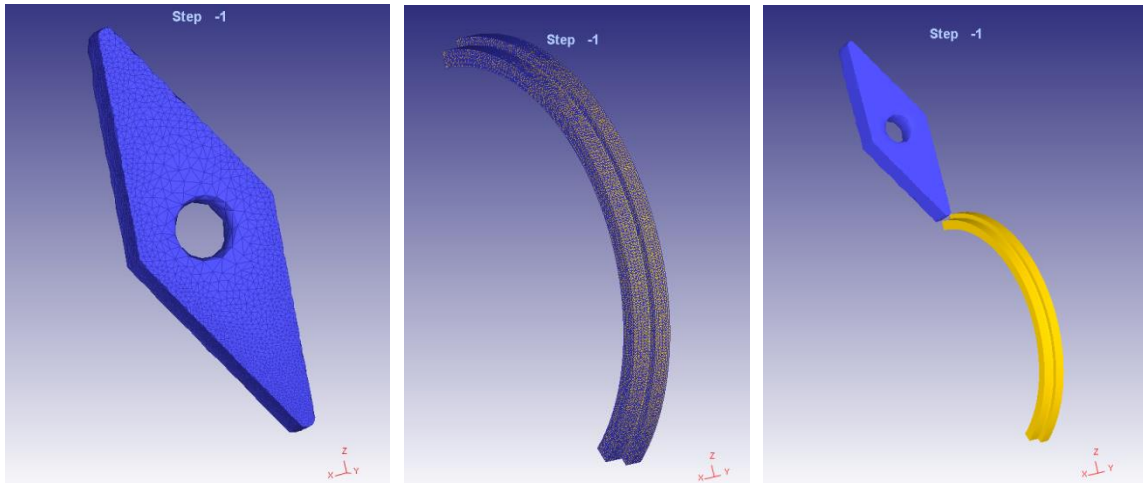


Figure 1.1 Models for mechanical analysis

Analysis of cutting force

For the analysis we choose the following variables, which will vary depending on the different objectives of the study:

1. Depth of cut
2. Front and rear corner of tools
3. Cutting speed

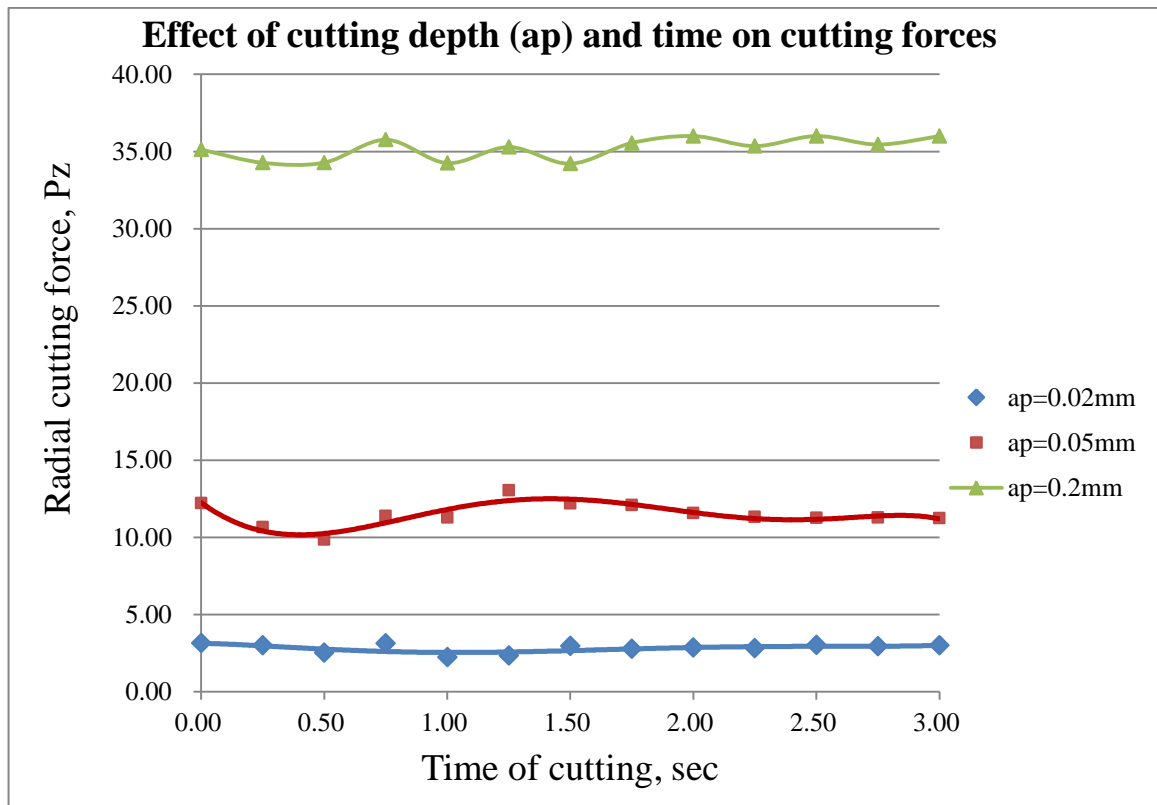


Figure 1.2 Effect of cutting depth (a_p) and time on cutting forces

As a result, it is established that the radial cutting forces become very unstable when the cutting depth is greater than 0.2 mm. The cause may be high fragility of graphite. With a cutting depth of more than 0.2 mm, shavings are formed in the form of coarse graphite particles with high hardness, the particle size causes the tool to vibrate, which results in an irregular cutting force.

In situations $a_p = 0.02$ mm and $a_p = 0.05$ mm, with increasing depth of cut, the radial cutting force increases, while the cutting force remains stable. This shows that the deformation remains unchanged in this range of cutting depth.

Thus, for the finishing of carbon graphite materials, the preferred cutting depth is from 0.02 mm to 0.05 mm.

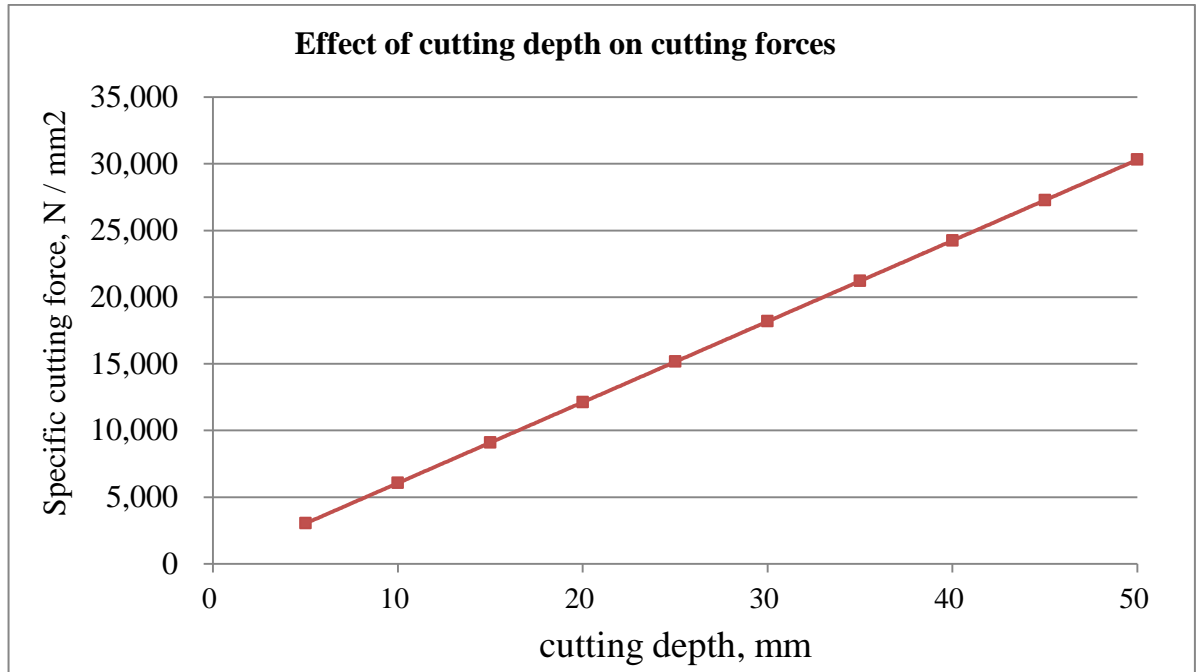


Figure 1.3 Effect of cutting depth on cutting forces

The specific cutting force p is defined as the quotient of the force P_z divided by the cross-sectional area of the chips f : $p = P_z / f \text{ n} / \text{m}^2$ (N / mm²). As a result of modeling, it was found that with increasing depth of cutting, the specific cutting force is reduced.

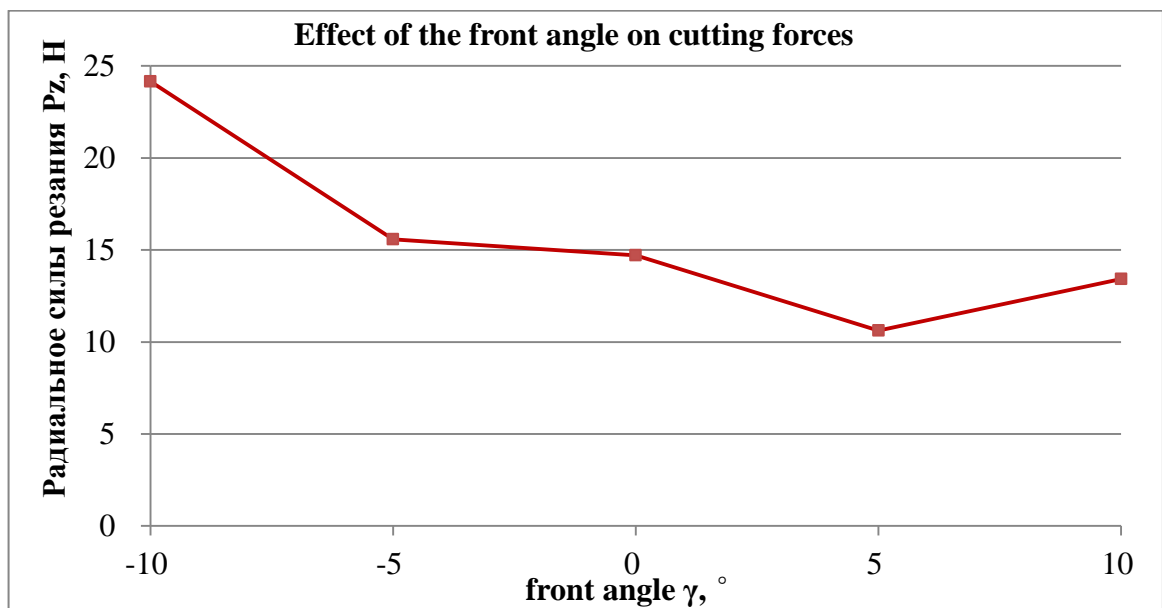


Figure 1.3. Effect of the front angle on cutting forces

As a result of the research, it was found that as the front angle increases, the cutting force first decreases and then increases, the smallest cutting force is reached when the front angle is 5°. To obtain more accurate results, situations in which the front angle was 6 and 4 degrees were considered. In both cases, the cutting forces exceed the values obtained with the value of the front angle of 5 degrees. Since the front corner of the instrument in real production is an integer, it can be assumed that the optimal front angle is 5°.

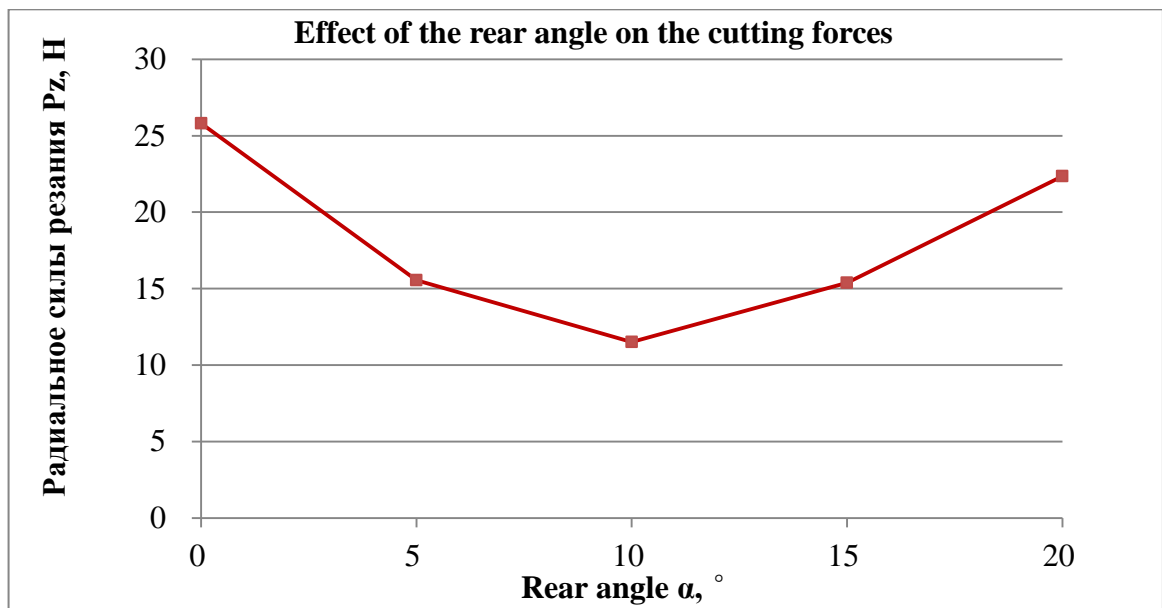


Figure 1.4 Effect of the front angle on cutting forces

For examining the rear corner of the cutting force, set the front angle of 5 degrees. We take the range of values of the back angle of 0, 5°, 10°, 15°, 20°. Figure 1.4 shows the results of modeling the effect of the rear angle on the cutting force. The results of the research turned out to be similar to the effect of the front angle: the cutting force is first reduced and then increased, the optimal angle is 10°.

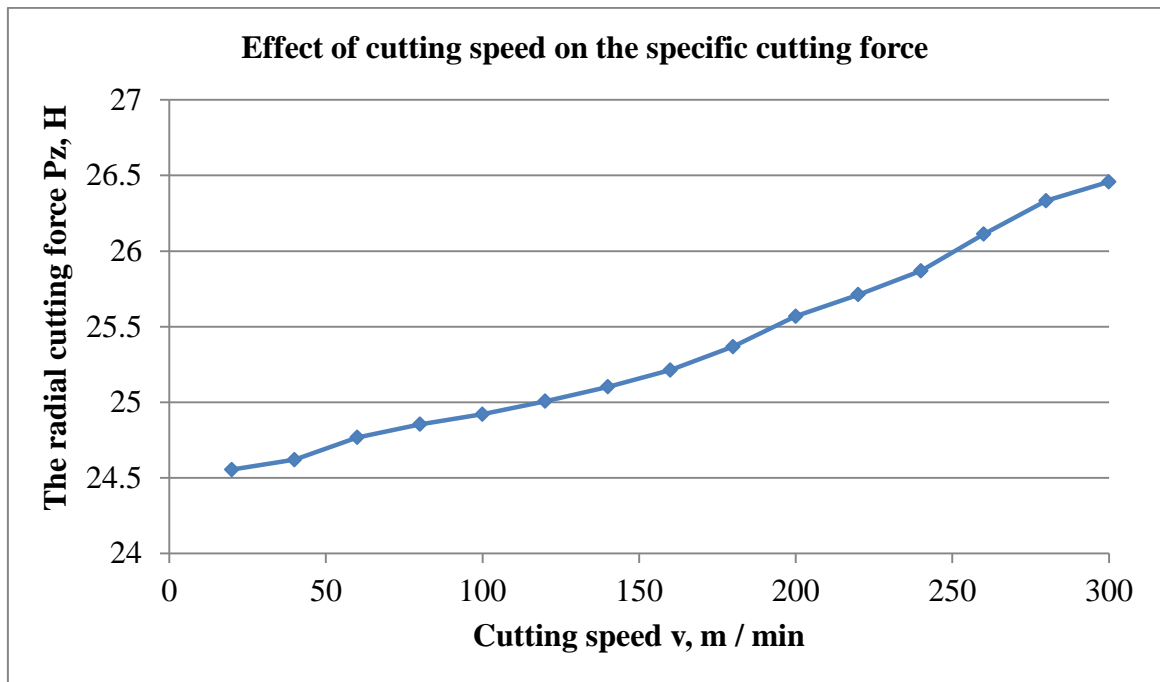


Figure 1.5 Effect of cutting speed on the specific cutting force

It is found that at a cutting depth $a_p = 0.05$ mm with an increase in the cutting speed, the cutting force changes insignificantly. Thus, the cutting speed is not the main factor affecting the cutting force, the main factors are the cutting depth and the tool angle.

The results of the simulation show that the optimal treatment conditions for carbon-graphite material, depending on the required accuracy and productivity, should be based on high processing speed and low cutting depth (up to 0.05 mm). As for the geometric parameters of the instrument, the front angle should be 5° or 6° , the back angle 10° .