

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский–на–Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Рахмонов Амонхужа Хукуматович

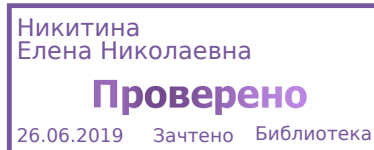
**Тема Экспериментальное исследование износостойкости
инструментальных материалов при токарной обработке
нержавеющей стали 09Х17Н7Ю**

Направление подготовки

15.04.05 – «Конструкторское - технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

2019



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский–на–Амуре
государственный университет»

Научный руководитель доктор технических наук,
профессор кафедры «Технология
машиностроения» Мокрицкий Борис
Яковлевич

Рецензент доцент кафедры «Технология
машиностроения» ФГБОУ ВО НГТУ
Верещагина Александра Сергеевна

Защита состоится 25.06.2019 в 09 час. 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 15.04.05 – «Конструкторское технологическое обеспечение машиностроительных производств» в Комсомольском–на–Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск–на–Амуре, пр. Ленина, 27, ауд.124/2.

Секретарь ГЭК

Е. Г. Кравченко

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. Указанная сталь является высококоррозионностойкой аустенитно–мартенситного класса. Основное применение: судостроение, валы и водопроводы, узлы и агрегаты, работающие в морской воде. По физико–механическим свойствам она относится к вязким сталям, труднообрабатываемая. Для токарной обработки наружных и внутренних цилиндрических поверхностей валов и водопроводов (диаметры до 800 мм, длина до 30 м) применяют дорогостоящий твёрдосплавный инструмент, преимущественно с покрытиями. Производительность обработки низкая, период износостойкости режущего инструмента тоже низкий. Особенно это чревато при чистовой обработке, когда замена режущей кромки недопустима, а её стойкости не хватает на один проход.

Цель диссертационной работы: повышение производительности обработки за счёт применения рациональных инструментальных материалов. Повышение производительности обработки за счёт применения рациональных инструментальных материалов.

Основные задачи магистерской диссертации

1 Создать исследовательский стенд с регистрацией сил резания при токарной обработке. Использовать анализ записей сил резания для объяснения полученных результатов по износостойкости сравниваемых инструментов.

2 Снизить долю инструментальных затрат в структуре себестоимости токарной обработки специализированной труднообрабатываемой высококоррозионностойких нержавеющей стали марки 09X17H7Ю.

Научная новизна:

Установление зависимости интенсивности износа различных инструментальных материалов от условий их эксплуатации при обработке данной стали.

Практическая значимость работы:

Разработка рекомендаций по применению разработанного инструмента.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения список использованных источников из 82 наименований. Работа изложена на 76 страниц и содержит 53 рисунок и 10 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, дана общая характеристика работы, раскрыта ее научная новизна и практическая ценность, сформулированы цель и задачи работы.

Первая глава посвящена анализу видов и специфики механической обработки различными инструментальными материалами.

Для основных операций механической обработки наиболее распространенных конструкционных материалов в автоматизированном производстве наиболее широко используется твердосплавный инструмент с покрытием и инструмент из режущей керамики.

В качестве износостойких покрытий для твердосплавного применяются однослойные покрытия из карбида титана или нитрида титана либо многослойные покрытия карбид– карбо нитрид –нитрид титана и более сложные покрытия. Заметно стремление к применению оксида алюминия и силицидов.

Показано, что надежность инструмента можно соотнести с его работоспособностью. В целом процесс резания можно рассматривать как самый сложный механизм взаимодействия инструмента с обрабатываемым материалом в замкнутой системе резания, причем взаимодействие осуществляется на явлениях, протекающих в зоне резания, и на процессах взаимодействия твердых тел в пределах замкнутой станочной системы с ее собственными процессами. Решая задачу повышения надежности каждого из этих объектов можно повысить надежность технологической системы. Имея параметры оптимизации надежности каждого из этих объектов можно построить систему управления надежностью каждого объекта и системы в целом.

Во второй главе показана уникальность физика –механических характеристик и эксплуатационных свойств специализированной нержавеющей стали марки 09X17H7Ю.

Высокая прочность и вязкость этой стали не позволяют применять высокие скорости резания, период износостойкости режущего инструмента низок, что не приемлемо в тех случаях, когда при обработке поверхности заготовки недопустима смена режущей кромки режущей пластины или замена режущего инструмента.

В третьей главе описано устройство экспериментальной системы. В ее основе токарно-винторезный станок модели 1К625, динамометрическая многофункциональная система, различные инструментальные материалы, заготовки обрабатываемой стали.

В качестве заготовок использован круглый прокат диаметром 200 мм. Длина заготовки выбиралась исходя из технических возможностей станка, но, как правило, не превышала 1000 мм. Твёрдость материала заготовок измеряли по радиусу в торцевом заднем сечении. Передний конец заготовок предварительно точили до диаметра порядка 100 мм для удобства зажима в трёх кулачковом патроне. Задний конец центровали под вращающийся центр, устанавливаемый в заднюю бабку станка. Наружную поверхность заготовки предварительно точили до удаления окалины и черноты.

Со станка снимали резцедержатель. На его место устанавливали оригинальный токарный динамометр модели STD.201-2. В гнезде динамометра закрепляли корпус токарного резца с режущей пластиной. К динамометру подключали ПЭВМ, динамометр тарировали по трём составляющим силы резания.

Внешний вид исследовательского стенда представлен на рисунке 1.






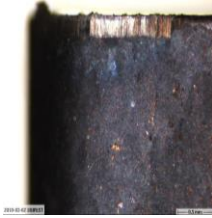
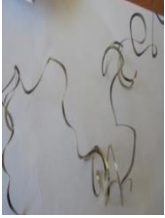

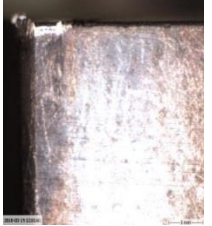





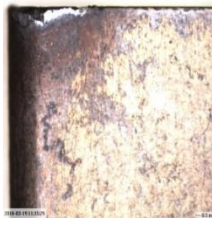


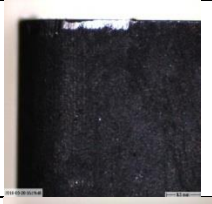




Рисунок 1 – Структура токарного станка для исследования работоспособности металлорежущего инструмента

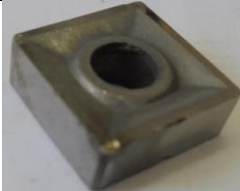
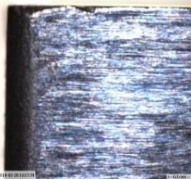


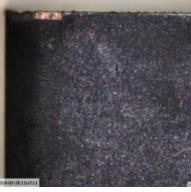




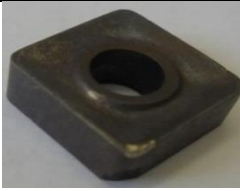

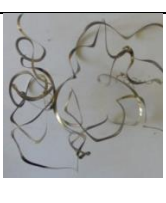





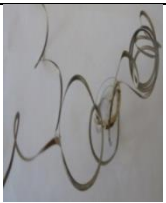
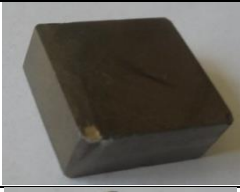

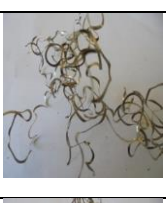

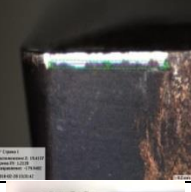
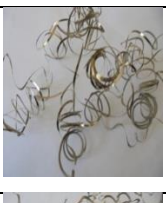



Соискатель выражает признательность за помощь доценту Серебренниковой А.Г. и аспиранту Ситамову Э.С.

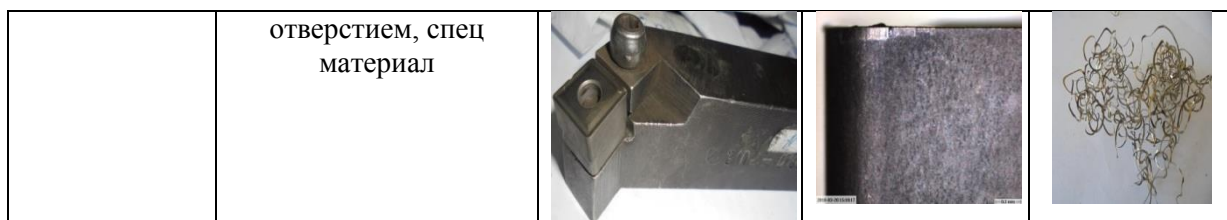
Использована классическая известная методика сравнительного испытания различных инструментальных материалов по величине износа инструмента до некоторой принятой величины. Нами принят износ по задней грани до 0,5 мм.

В четвёртой главе приведены результаты исследования различных режущих пластин. Сведения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сведения об испытанных пластинах

Время работы до достижения износа 0,5 мм по задней грани, мин	Сведения о пластине	Пример фотографии общего вида пластины	Пример фотографии износа (с размером) по задней и по передней поверхности	Пример фотографии стружки
45	Квадратная пластина (диаметр описывающей окружности 17,5 мм) с отверстием ВК8 в состоянии поставки			
100	Пятигранная без стружкозавивающей канавки без покрытия			
120	Пятигранная без стружкозавивающей канавки с покрытием			
75 Режущая кромка 2	Квадратная пластина (диаметр описывающей окружности 17,5 мм) с отверстием ВК8+ покрытие №3			
50 режущая кромка 1				
125	Квадратная (диаметр описывающей окружности 16,5 мм) без отверстия ТТ10К8Б			
180	Квадратная (диаметр описывающей окружности 16,5 мм) без отверстия, ВП 1255 (мелкозернистая основа твёрдого сплава ТТ7К12 (Со – до 12%, WC= 81 %; TiC= 4 %; TaC= 3 %) + трёхслойное покрытие (TiC–TiCN–TiN)			

115	Квадратная пластина (диаметр описывающей окружности 17,5 мм) с отверстием ВК8 терм заточенная полированная			
165	Квадрат малый с отверстием и двумя стружколомами МС2210 (материал основы МС221 + покрытие TiC)			
135	Квадратная пластина (диаметр описывающей окружности 17,5 мм) с отверстием ВК8+ покрытие №1			
95	Квадратная пластина (диаметр описывающей окружности 17,5 мм) с отверстием ВК8+ покрытие №2			
45	Квадратная пластина (диаметр описывающей окружности 17,5 мм) с отверстием			
95	Квадратная пластина (диаметр описывающей окружности 17,5 мм) с отверстием			
75	Квадратная (диаметр описывающей окружности 16,5 мм) без отверстия (метка 1в)			
90	Ромбическая с двумя режущими кромками ССМТ 120404 – НМР РС9030			
65	Квадратная с центральным			



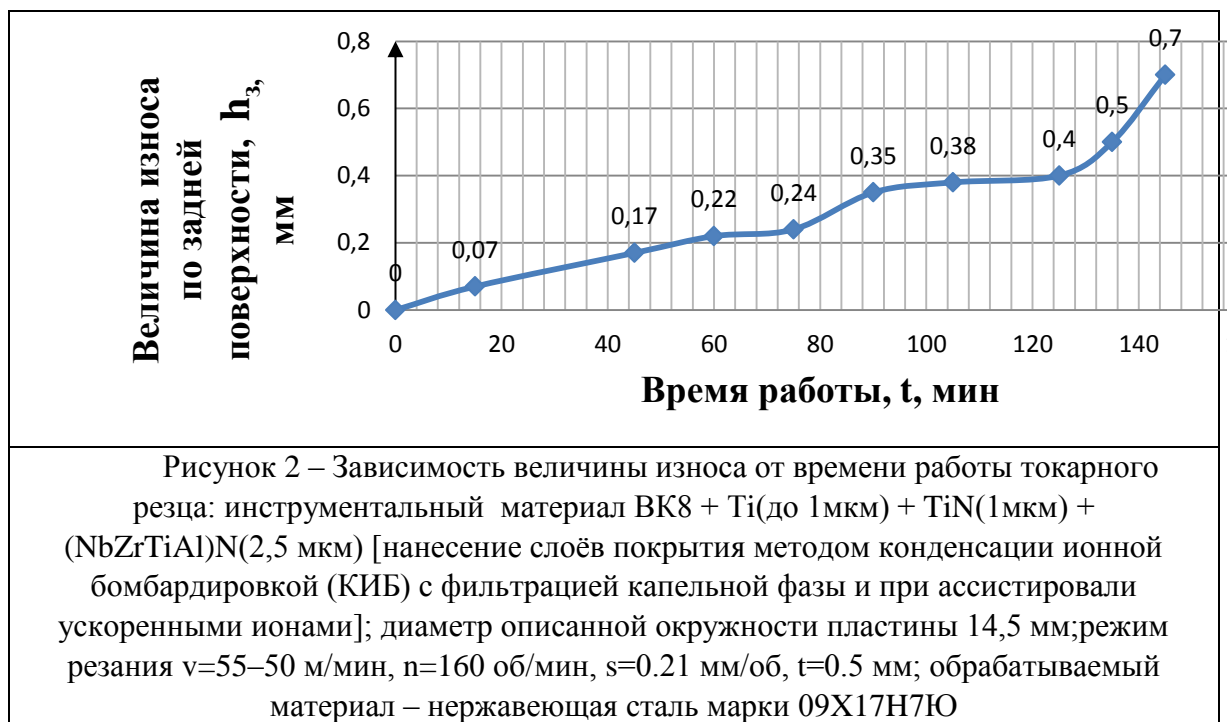
В силу технических причин задача оптимизации работоспособности указанными пластинами не ставилась. Стояла задача определить период износостойкости данных инструментальных материалов при заданных параметрах режима резания, а именно при скорости резания 50 м/мин, подаче 0,21 мм/об.заг. и глубине резания 0,5 мм.

Скорость резания, равная 50 м/мин выбрана из следующих соображений. Отечественных рекомендаций нет, имевшиеся в середине 20 века рекомендации утратили свою значимость. Обращение к каталогам иностранных фирм–производителей инструмента показало следующее: они приводят усредненное значение скорости резания без привязки к конкретной марки нержавеющей стали (прямого аналога марке 09X17H7Ю за рубежом нет), но применительно к своему (а не к нашему отечественному инструментальному материалы) инструментальному материалу. Это скорости более 100 м/мин. Апробирование обработки на 100 м/мин и более показало, что испытываемые инструментальные материалы не в состоянии работать на столь высоких скоростях, происходит термопластическая деформация материала (применение СОТС нами не рассматривалось) и он утрачивает работоспособность на первых же минутах работы. Пробными экспериментами установлена возможность работы при скорости резания 50 м/мин.

Указанные величины подачи и глубины резания приняты исходя из образующейся шероховатости обработанной поверхности заготовки.

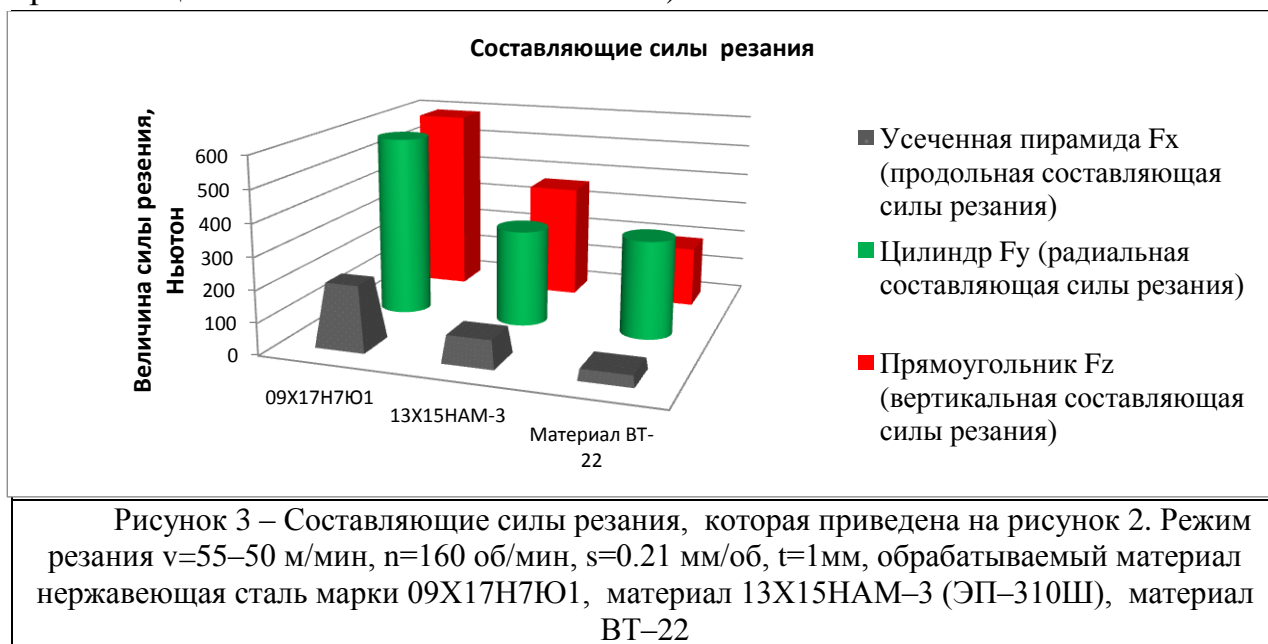
За период износостойкости инструментального материала принято время его работы в заданных условиях эксплуатации до достижения износа 0,5 мм по задней грани пластины.

На рисунке 2 показан график износа для инструментального материала VK8+ Ti(до 1мкм) + TiN(1мкм) + (NbZrTiAl)N(2,5 мкм) [нанесение слоёв покрытия методом конденсации ионной бомбардировкой (КИБ) с фильтрацией капельной фазы и при ассистировали ускоренными ионами].



Сопоставление графиков показывает, что нанесение на субстрат (основу) ВК8 разных покрытий позволяет при равных условиях эксплуатации инструмента увеличить его период износостойкости (до износа 0,5 мм по задней грани) с 45 минут до 135 минут, т.е. ровно в три раза.

Для дальнейшего анализа работоспособности инструмента выполнены экспериментальные исследования всех трёх составляющих силы резания с применением специализированного измерительного динамометра модели STD.201–2. Один из примеров иллюстрирования составляющих силы резания показан на рисунке 3 (показана для сравнения обработка разных нержавеющих сталей и титанового сплава).



Для удобства использования эта информация продублирована в виде таблице 1.

Таблица 1 - Величины средних значений составляющих силы резания

	09X17H7 Ю1	13X15HAM-3	Материал ВТ- 22
F _x – продольная составляющая силы резания, Ньютон	199,4	85,5	35,2
F _y – радиальная составляющая силы резания, Ньютон	572,4	305,1	310,1
F _z – вертикальная составляющая силы резания, Ньютон	588,2	362,5	191,4

На рисунке 4 приведены примеры записи (регистрации с применением динамометра модели STD.201-2) составляющих сил резания в течение 100 секунд для различных обрабатываемых материалов. Такие записи позволяют изучить кинетику процесса резания. Они могут быть использованы для объяснения ряда явлений и эффектов при анализе работоспособности инструмента.

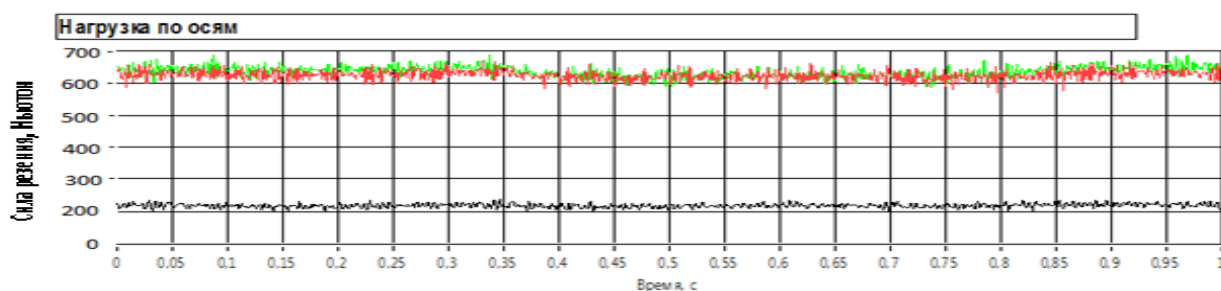
Материал 09X17H7Ю

Черная – F_x (продольная составляющая силы резания)

Зеленая – F_y (радиальная составляющая силы резания)

Красная – F_z (вертикальная составляющая силы резания)

а



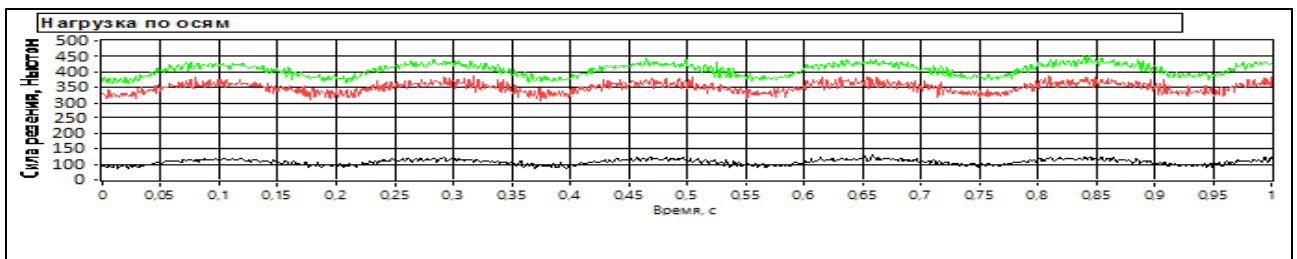
Материал 13X15HAM-3 (ЭП-310Ш)

Черная – F_x (продольная составляющая силы резания)

Зеленая – F_y (радиальная составляющая силы резания)

Красная – F_z (вертикальная составляющая силы резания)

б



В

Материал ВТ–22

Черная – F_x (продольная составляющая силы резания)

Зеленая – F_y (радиальная составляющая силы резания)

Красная – F_z (вертикальная составляющая силы резания)

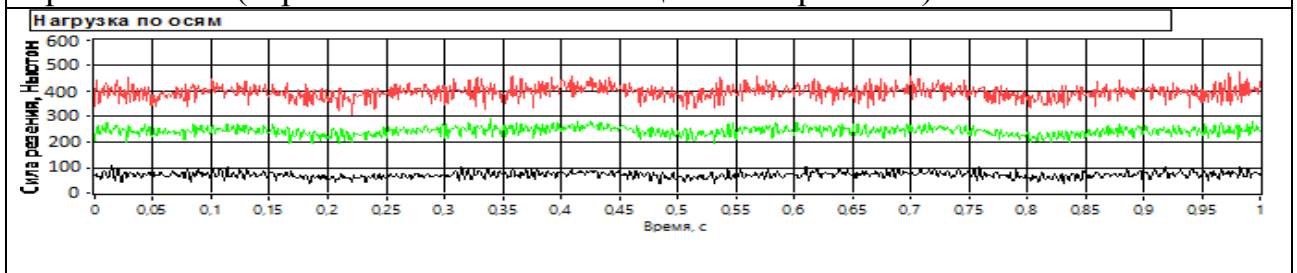


Рисунок 4 – Динамометрические картины записи составляющих сил резания: а – для нержавеющей стали марки 09X17H7Ю; б – 13X15HAM-3 (ЭП-310Ш); в – Материал ВТ–22.

Для дальнейшего анализа работоспособности инструмента выполнены экспериментальные исследования всех двоих составляющих силы резания с применением специализированного измерительного динамометра модели STD.201–2. Один из примеров иллюстрирования составляющих силы резания показан на Рисунок 5 для случая обработки разных нержавеющих сталей и титанового сплава.

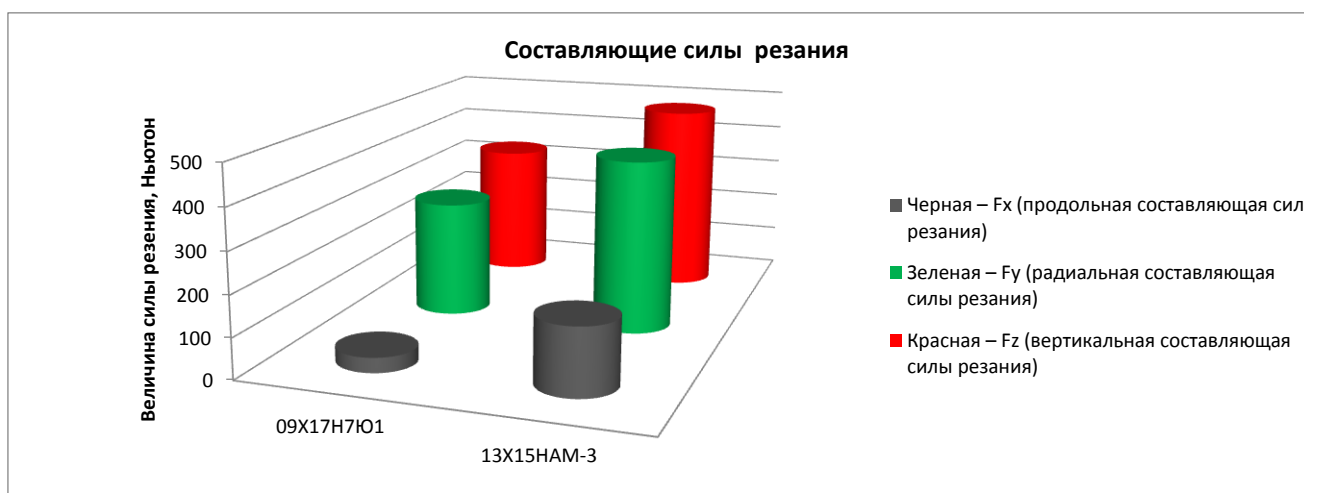


Рисунок 5 – Составляющие силы резания, которая приведена на Рисунок 2. Режим резания $v=55-50$ м/мин, $n=160$ об/мин, $s=0.21$ мм/об, $t=0,5$ мм, обрабатываемый материал нержавеющая сталь марки 09X17H7Ю1, материал 13X15HAM-3 (ЭП-310Ш), материал ВТ–22

Для удобства использования эта информация продублирована в виде таблице 2

Таблица 2 - Величины средних значений составляющих силы резания

ВКА 8 Пластин А глубина 1	09X17H7Ю1	13X15HAM-3
Черная – Fx (продольная составляющая силы резания)	37,1	165,9
Зеленая – Fy (радиальная составляющая силы резания)	288,4	432,7
Красная – Fz (вертикальная составляющая силы резания)	335,1	476,91

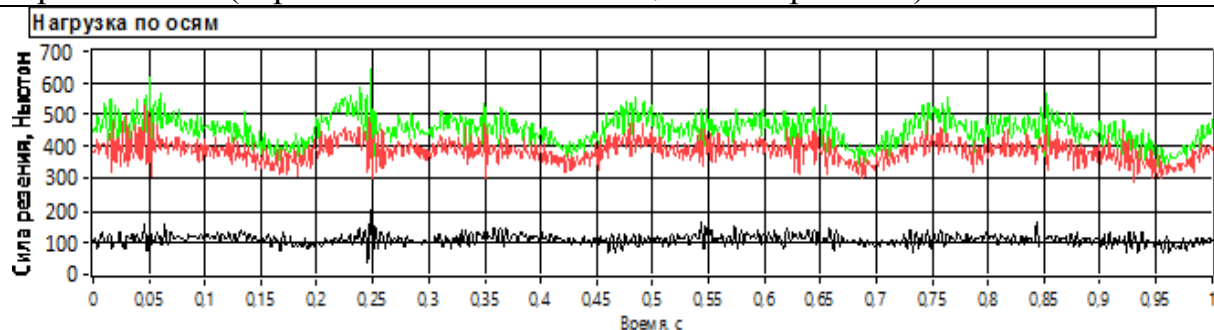
В ходе эксперимента были проведены измерения сил резания при работе на различных режимах резания. Графики зависимости сил резания от параметров обработки приведены на рисунке 6. Где показаны примеры записи (регистрации с применением динамометра модели STD.201-2) составляющих сил резания в течение 100 секунд для различных обрабатываемых материалов. Такие записи позволяют изучить кинетику процесса резания. Они могут быть использованы для объяснения ряда явлений и эффектов при анализе работоспособности инструмента.

Материал 12X18H10

Черная – Fx (продольная составляющая силы резания)

Зеленая – Fy (радиальная составляющая силы резания)

Красная – Fz (вертикальная составляющая силы резания)



б

Материал 13X15HAM-3 (ЭП-310Ш)

Черная – Fx (продольная составляющая силы резания)

Зеленая – Fy (радиальная составляющая силы резания)

Красная – Fz (вертикальная составляющая силы резания)

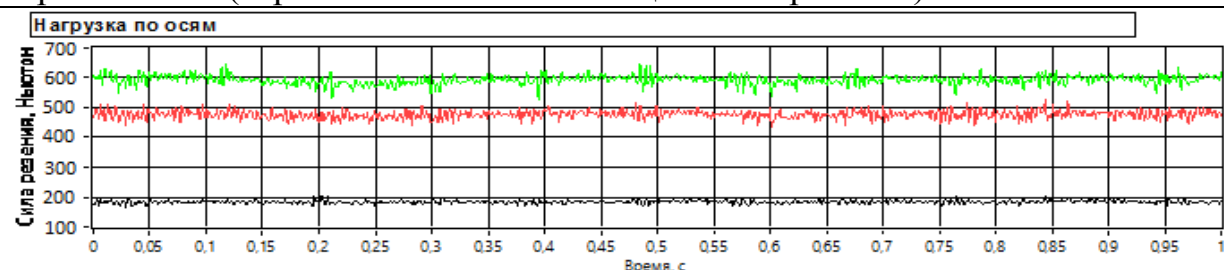


Рисунок 6 – Динамометрические картины записи составляющих сил резания: а – для нержавеющей стали марки Материал 12X18Н10; б Материал 13X15HAM-3 (ЭП-310Ш).

Подобные графики построены для различных инструментальных материалов при идентичных условиях эксплуатации. Пример сравнительной оценки их износостойкости показан на рисунке 7.

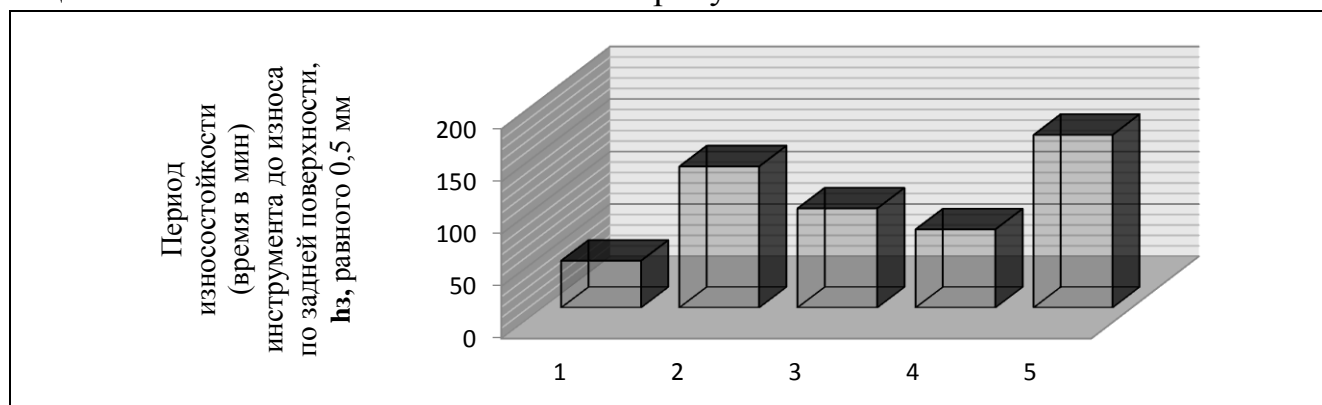


Рисунок 7 – Пример сравнения периода износостойкости различных инструментальных материалов: ВК8; ВК8 + покрытие; ВК8 + покрытие; ВК8 + покрытие; ВК8 + подвергнут алмазной терм заточке по передней поверхности (приведён для обеспечения возможности сравнения) + полированию по задней поверхности пластины.

Сравнительный анализ полученных результатов показывает, что инструментальные материалы существенно неравноценны по износостойкости при обработке указанной стали. Применение покрытий на отечественном твёрдом сплаве марки ВК8 заметно повышает работоспособность режущих пластин.

ВЫВОДЫ

1 Выполненный анализ известных исследований по проблеме повышения работоспособности металлорежущего инструмента позволил сформулировать цель работы и поставить основные задачи для достижения цели.

2 Принятая методология исследования позволила сформулировать концепцию повышения работоспособности металлорежущего инструмента, состоящую в необходимости разработки комплекса технологических приёмов подготовки основы инструментального материала к нанесению покрытия, приёмов нанесения покрытий и приёмов воздействия на покрытие.

3 Сравнительный анализ полученных результатов показывает, что инструментальные материалы существенно неравноценны по износостойкости при обработке указанной стали.

Применение покрытий на отечественном твёрдом сплаве марки ВК8 заметно повышает работоспособность режущих пластин. Технологический приём доработки режущих кромок со стороны передней и задней поверхностей тоже существенно повышает работоспособность инструмента.

4 Проведение исследования помогают решить лишь часть проблемы выбора рационального инструментального материала на основе анализа сил резания.

В результате проведённых экспериментальных исследований выявлены инструментальные материалы, наиболее рациональные по среди них выявлены рациональные отечественные и инструментальные материалы

Из числа исследованных инструментальных материалов выявлены наиболее рациональные для заданных условий эксплуатации при чистовой и черновой обработке. Их применение позволяет вести обработку без смены режущей кромки или пластины в течение часа и более, что делает их применимыми для современного металлорежущего высокопроизводительного оборудования с ЧПУ и в структуре автоматизированных модулей.

