

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО

«Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»»

Дмитриев Э. А.

2024 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Матлыгина Георгия Валерьевича

«Повышение эффективности обработки осевого режущего инструмента из быстрорежущих сталей методом фрезоточения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.5.6. – Технология машиностроения

Актуальность темы диссертационного исследования

Современные технологии производства осевого инструмента из быстрорежущей стали могут быть оптимизированы с помощью многозадачных станков, которые позволяют сосредоточить операции на одном рабочем месте. Это позволяет сократить количество оборудования, площадь производственных помещений и персонал.

Интенсификация процессов резания даёт максимальный эффект в отраслях, где на высокопроизводительном оборудовании обрабатываются детали из труднообрабатываемых материалов, таких как кобальтовые быстрорежущие стали. Инструменты из быстрорежущей стали востребованы отечественной промышленностью для решения различных технологических задач, связанных с обработкой деталей из титана, жаропрочных сплавов, нержавеющей и легированных сталей.

Для обработки осевого режущего инструмента применяются методы контурной обработки, при этом возможности современного высокопроизводительного оборудования позволяют применять более прогрессивные технологии такие как: ортогональное, тангенциальное и коаксиальное фрезоточение. Их применение позволяет сократить количество переустановов заготовки и снижает количество применяемых инструментов, концентрируя операции точения и фрезерования на одном рабочем месте с использованием только одного инструмента – фрезы.

Экономическая эффективность методов повышения качества и производительности обработки деталей важна для снижения себестоимости готовой продукции, особенно в условиях единичного и мелкосерийного производства. Резервы повышения производительности технологического процесса изготовления осевого режущего инструмента из быстрорежущей стали заключаются в ин-

тенсификации режимов обработки и концентрации операций и инструментов на многозадачном станке.

Содержание диссертационной работы

Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение, список литературы и 6 приложений. Основной раздел работы изложен на 144 страницах машинописного текста (без учета приложений и списка литературы). Общий объем составил 187 страниц, в том числе 28 таблиц и 76 рисунков, список литературы включает 123 наименования.

Во введении представлена аннотация содержания работы, обоснована актуальность изучения проблемы влияния технологических параметров ортогонального фрезоточения на качество поверхности. Также указаны научная и практическая значимость работы, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен подробный анализ метода обработки фрезоточением, приведены исследования отечественных и зарубежных учёных таких как: А.И. Каширин, Г.И. Грановский, А.О. Этин, Braiden P., Dugdale D. и других учёных. В работах по сравнению фрезоточения с классическим точением участвовали Weber H., Jiang Z.H., Корас J., Pogacink M., и другие. Исследователи изучали образование стружки, силы резания, шероховатость поверхности и износ инструмента. Практическое применение метода нашли Ozay C., Savas V., Блохин Д.А., Budak E., Çomak A., Öztürk E, Uysal E. и другие. Представлены достоинства и недостатки процесса, рассмотрены сплавы быстрорежущей стали и конструктивные элементы осевого режущего инструмента. В главе также кратко рассмотрен потенциал применения технологии фрезоточения в инструментальном производстве.

Во второй главе представлены динамические и статические математические модели ортогонального фрезоточения, предназначенные для исследования влияния технологических режимов резания на качество обработанной поверхности и температуру в зоне резания. Модели учитывают регенеративные вибрации и угол наклона винтовой линии инструмента. Результаты расчетов позволяют построить микрогеометрию обработанной поверхности, которая может иметь отклонение формы – «огранку».

Входные параметры динамической модели: осевая ширина резания, глубина резания, подача, частота вращения заготовки и инструмента, постоянные коэффициенты сил резания. Выходным параметром является шероховатость поверхности R_a .

Для оценки обработанной поверхности определяется мгновенное значение толщины срезаемого слоя. Толщина меняется на каждом резе от нуля до максимума, а затем снова до нуля. Результаты расчётов позволяют построить микрогеометрию обработанной поверхности. Параметры резания были вычислены с использованием метода имитационного моделирования, а затем экспериментально проверена адекватность разработанных моделей. Микропрофиль поверхности рассчитан в Matlab.

Учитывая кинематику процесса, врезание должно происходить в радиальном направлении, а скорость вращения заготовки должна соответствовать

подаче на зуб. Это позволяет учитывать возможности режущего инструмента и оборудования при выборе оптимальной частоты вращения заготовки.

Третья глава включает в себя методику экспериментальных исследований для проверки точности разработанных математических моделей, а также выбор режущих инструментов, измерительных приборов, материалов, и оборудования. Назначены режимы резания для выбранных режущих инструментов. В качестве объекта исследования выбран технологический процесс механообработки инструмента из быстрорежущей стали на токарном обрабатывающем центре DMG NEF400 с приводными блоками. Обрабатывающий центр обладает высокой точностью, приводные блоки позволяют обрабатывать концевыми фрезами с частотой вращения инструмента до 4500 об/мин, что обеспечивает полноценную реализацию кинематической схемы ортогонального фрезоточения. Стали марок Böhler S390, P6M5K5-МП и P6M5K5 выбраны в качестве материала заготовок. Для выполнения операции ортогонального фрезоточения выбраны режущие инструменты: фреза Sandvik Coromant CoroMill R390, монокристаллическая фреза YG-1 GMG19910 и монокристаллическая фреза ФКЦ 4321.

Методика применения измерительного оборудования позволяет проводить точностной анализ геометрических параметров деталей и микрогеометрии их поверхностного слоя.

В четвертой главе на основе разработанных математических моделей, разработанных методик и выбранного оборудования, инструментов и заготовок проведены экспериментальные исследования влияния режимов резания на качество обработанной поверхности: шероховатость, отклонение формы типа «огранка» и температуру в зоне резания. Также рассмотрено влияние способа получения заготовки из быстрорежущей стали на ее обрабатываемость. Эксперименты показали, что:

- шероховатость поверхности зависит от глубины резания линейно в диапазоне 0,8..2 мм, затем приобретает гиперболический характер при увеличении глубины до 3,2 мм,

- увеличение глубины резания повышает производительность обработки в 1,6 раза, при этом шероховатость остаётся в пределах Ra 3,2..3,5 мкм,

- скорость резания влияет на шероховатость поверхности параболически, с максимальными значениями в диапазоне 90..95 м/мин из-за эффекта нароста материала на режущей кромке инструмента,

- глубина резания оказывает наибольшее влияние на отклонение формы типа «огранка» при значениях больше 2,5 мм,

- температурные поля поверхности обрабатываемой детали и инструмента имеют одинаковую линейную зависимость, большая часть тепла рассеивается в срезаемые слои металла,

- силы резания меньше для стали, полученной методом литья, по сравнению с порошковой сталью P6M5K5-МП, что позволяет использовать более высокие режимы резания при обработке первой стали.

Полученные результаты легли в основу технологических рекомендаций по применению операции ортогонального фрезоточения в инструментальном производстве.

Заключение содержит краткие результаты проведенных исследований.

Научную новизну диссертационной работы представляют следующие результаты:

– установленное влияние структуры быстрорежущей стали, полученной классическим методом и полученной методом порошковой металлургии на обрабатываемость резанием;

– математическая модель зависимости шероховатости поверхности при выполнении процесса ортогонального фрезоточения на токарном обрабатывающем центре с приводным инструментом от режимов резания. Математическая модель, в отличие от имеющихся аналогичных моделей, содержит расчет угла запаздывания и расчет мгновенного значения толщины срезаемого слоя;

– установленное влияние параметров процесса ортогонального фрезоточения на токарном обрабатывающем центре с приводным инструментом на температуру в зоне резания, границы возможного повышения температуры и допустимые уровни температуры при обработке быстрорежущей стали;

– закономерности, устанавливающие влияние технологических параметров процесса ортогонального фрезоточения быстрорежущих сталей на токарном обрабатывающем центре с приводным инструментом, на обеспечение заданного уровня точности формы и шероховатости поверхности.

Полученные в диссертационной работе результаты можно квалифицировать как решение проблемы интенсификации черновой и получистовой обработки осевого режущего инструмента.

Степень достоверности и апробация работы

Достоверность результатов, представленных в диссертации, основана на использовании современного высокоточного токарного обрабатывающего центра и измерительного оборудования с лицензионным программным обеспечением. Эксперименты, выполненные автором, подтверждают теоретические положения и математические расчёты, описанные в работе.

Основные работы представлены в одиннадцати публикациях. В том числе в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, опубликовано три статьи, в международном издании, индексируемом в базе Scopus, две статьи. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты исследований докладывались и обсуждались на региональной и международных конференциях.

Основные положения диссертационной работы были вынесены для обсуждения на X Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации)» (г. Иркутск, 2020), Международной научно-технической конференции «Современные направления и перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении 2021» (г. Севастополь, 2021), XI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации)» (г. Иркутск, 2021), IV Международной конференции MIST: Aerospace – 2021 «Передовые технологии в аэрокосмической отрасли, машиностроении и автоматизации» (г. Красноярск, 2021), 6-й Дальневосточной конференции с междуна-

родным участием «Фундаментальные и прикладные задачи механики деформируемого твердого тела и прогрессивные технологии в металлургии и машиностроении» (г. Комсомольск-на-Амуре, 2022), XII Всероссийской научно-технической конференции «Жизненный цикл конструкционных материалов» (от получения до утилизации) (г. Иркутск, 2022), XVI, Международной научно-технической конференции «Пром-Инжиниринг» (ICIE-2023) (г. Сочи, 2022); XIII Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Жизненный цикл конструкционных материалов» (от получения до утилизации) (г. Иркутск, 2023); XVI Международной научно-практической конференции по авиационному машиностроению - International Conference on Aviation Engineering (г. Иркутск, 2023).

Практическая значимость полученных автором результатов

Практическая значимость работы заключается в установлении закономерностей ортогонального фрезоточения, которые способствуют интенсификации механической обработки осевого режущего инструмента. Применение этого метода обеспечивает заданную точность, качество поверхности, снижение температуры в зоне резания и технологической себестоимости обработки осевых режущих инструментов из быстрорежущей стали. Учёт особенностей структуры стали влияет на обрабатываемость и повышает производительность. Разработаны технологические рекомендации по выбору оборудования, инструмента, режимов резания и стратегии обработки для обеспечения требуемых показателей точности и качества деталей в инструментальном производстве.

Вместе с тем, несмотря на вышеперечисленные достоинства выполненной работы, по автореферату имеются следующие замечания:

1) В работе не уделено внимание экономической эффективности применения фрезоточения для обработки конической и сложных фасонных поверхностей.

2) Рассмотрено ограниченное количество марок быстрорежущих сталей, однако в инструментальном производстве также используются и другие марки, такие как P8M3, P18, P12, P9, P6M5K5, P9K5, P9M4K8, P2M9K5 и P8M8K6C.

3) В работе произведен акцент лишь на ортогональное фрезоточение, экспериментальное сравнение технологий ортогональное, тангенциальное и коаксиальное фрезоточения отсутствуют. Определение наиболее эффективного метода для применения в инструментальном производстве не раскрыто.

Заключение

Замечания, указанные в отзыве, не влияют на общую положительную оценку теоретических и практических результатов диссертации. Все результаты и выводы, полученные автором, представлены в тексте диссертации и автореферате, который отражает ключевые аспекты исследования.

Диссертационное исследование является законченной научно-исследовательской работой, соответствует указанной научной специальности 2.5.6. Технология машиностроения. Диссертация соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г., №842, а её автор, Матлыгин Георгий Валерьевич,

заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.6. Технология машиностроения.

Отзыв подготовлен кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Машиностроение», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» Серебренниковой Анжелой Геннадьевной.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Машиностроения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» протокол № 9 от 22 апреля 2024 г. Результаты голосования: «за» – 10, «против» – 0, «воздержались» – 0.

Сведения о ведущей организации:

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

Адрес: 681013, Дальневосточный федеральный округ, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, д. 27

Телефон для справок: +7 (4217) 52-83-04

Факс: +7 (4217) 52-84-50

Электронная почта: office@knastu.ru

Web-сайт: knastu.ru

Заведующий кафедрой
«Машиностроение»
канд. техн. наук, доцент

Отряскина Татьяна Александровна

06.05.2024

Секретарь кафедры
«Машиностроение»

Симакина Елена Васильевна

06.05.2024

Доцент кафедры
«Машиностроение»
канд. техн. наук, доцент

Серебренникова Анжела Геннадьевна

06.05.2024

