Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

На правах рукописи

Асафьева Елизавета Вячеславовна

Исследование выходных параметров высокопроизводительной обработки при фрезеровании титановых сплавов ВТ20 и ВТ22

Направление 15.04.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств»

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

на соискание академической степени магистра

Никитина
Елена Николаевна
Проверено
27.06.2019 Зачтено Библиотека

2019

Актуальность работы. Применение титановых сплавов в авиа- и ракетостроении позволяет значительно улучшить летные характеристики аппаратов. Основными преимуществами титановых сплавов по сравнению с другими конструкционными материалами являются высокая удельная прочность и хорошая коррозионная стойкость в большинстве агрессивных сред. Оборотной стороной высоких значений физико-механических свойств является низкая обрабатываемость резанием данных материалов.

Современная инструментальная промышленность предлагает высокопроизводительный инструмент для обработки титановых сплавов, тем не менее, скорость изготовления деталей из титановых сплавов очень низкая (например, для некоторых изделий машинное время составляет 300 - 400 ч). Применение современных обрабатывающих центров позволяет сократить сроки изготовления. Но стоимость содержания и эксплуатации данного оборудования очень высокая и часто его возможности используются нерационально, поэтому в данных случаях сокращение машинного времени не приводит к значительному снижению себестоимости продукции.

Повышение эффективности изготовления деталей из титановых сплавов, ~~направленной~~ направленна на рациональное использование имеющегося оборудования и инструмента за счет поиска оптимальных параметров операции механической обработки, в настоящее время является актуальной задачей для предприятий космической и авиационной промышленности. Решение данной задачи позволит, в конечном счете, снизить себестоимость и повысить конкурентоспособность продукции

Цель~~ю~~ работы.

~~сследовать выходные параметры процесса фрезерования титановых сплавов ВТ20, ВТ22 с целью достижения высокопроизводительной обработки.~~Повысить производительность фрезерной обработки титановых сплавов за счет подбора оптимальных условий резания.

Задачи.

1 Определить выходные параметры процесса фрезерования титановых сплавов ВТ20, ВТ22.

2 Установить зависимости выходных параметров фрезерования от выбранных режимов обработки.

3 Проанализировать полученные зависимости выходных параметров фрезерования от выбранных режимов обработки.

4 Определить диапазон режимов обработки высокопроизводительного фрезерования титановых сплавов.

Объект исследования – процесс фрезерования титановых сплавов Вт20, Вт22.

Предмет исследования – параметры режимов фрезерования титановых сплавов ВТ20, ВТ22.

Научная новизна работы.

Научную новизну представляют следующие результаты:

1 Определена специфика фрезерования титановых сплавов ВТ20, ВТ22 фрезой R390-025C4-11M с пластиной R390-11 T3 08M-MM S30T ~~в~~ в гидравлическом патроне с модульной системой Capto на станке DMU 80 duo Block.

2 Получены и исследованы зависимости выходных параметров от режимов резания при фрезеровании титановых сплавов ВТ20, ВТ22 на станке DMU 80 duo Block.

3 Установлены параметры режимов резания для обеспечения высокопроизводительного фрезерования сплавов ВТ20, ВТ22 на станке DMU 80 duo Block.~~патроне Capto~~

Достоверность и обоснованность обеспечивается корректностью постановки задач, обоснованностью принятых теоретических положений, подтвержденных результатами экспериментальных исследований процесса резания труднообрабатываемых материалов.

Практическая значимость.

1 Разработаны рекомендации по назначению оптимальных режимов фрезерования титановых сплавов ВТ20 и ВТ22 с позиции обеспечения оптимальных сил резания.

2 Полученные результаты могут быть применены в производственных условиях для корректировки рекомендуемых справочниками значений скорости резания под техническое состояние оборудование и технические характеристики каждого станка.

Апробация и публикации работы.

1. Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 46-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 01-15 апреля 2019 г.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованных источников. Работа изложена на 84 страницах машинописного текста, содержит рисунки, таблицы.

В работе представлен литературный обзор состояния проблемы. Приводятся сведения о физико-химических свойствах титановых сплавов. Рассмотрены силы, возникающие в процессе обработки. Исследованы выходные параметры высокопроизводительного фрезерования. Представлены теоретические данные по режимам обработки титановых сплавов ВТ20, ВТ22. На основе полученных данных построены графические зависимости, иллюстрирующие различные факторы, которые показывают динамику изменения сил резания, что и являлось целью работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность работы, формулируется основные положения, выносимые на защиту, описывается научная новизна и практическая значимость результатов работы.

В первой главе представлен литературный обзор состояния проблемы. Приводятся сведения о физико-химических свойствах титановых сплавов, обосновывается выбор марок материалов для проведения экспериментов. Рассмотрены силы, возникающие в процессе обработки. Описав теоретические основы физики фрезерования, узнали, что на составляющие сил резания, это тангенциальная сила, действуют режимы резания: подача, скорость, глубина. Выявлена область применения титановых сплавов: авиастроение, ракетостроение и космическая техника, судостроение, машиностроение, нефтегазовая промышленность, автомобилестроение.

Причины низкой обрабатываемости титановых сплавов.

Основной причиной низкой обрабатываемости титановых сплавов является возникновение при их обработке значительных усилий и высоких температур в зоне резания. В данном случае обрабатываемость рассматриваемого материала характеризуется скоростью резания, соответствующей определенной стойкости инструмента при работе с определенным сечением срезаемого слоя и оптимальной конструкцией инструмента.

Основные особенности резания данных материалов, затрудняющие их механическую обработку:

1. Высокое удельное упрочнение в процессе деформации резанием.

2. Малая теплопроводность

3. Малая усадка стружки.

4. Пониженная виброустойчивость

5. Высокая химическая активность

Сплав ВТ20 относится к псевдо-α сплавам, содержит в отожженном состоянии 5...7 % β-фазы и является сплавом общего назначения. Его структура

зависит от температуры и степени горячей деформации, которые определяют текстуру, размеры и морфологию α-фазы. Отжиг сплава при 750 °С снижает наклеп после горячей или холодной деформации и стабилизирует структуру. Легирующие элементы обеспечивают достаточно высокую прочность и пластичность сплава, сохранение высокой работоспособности изготовленных из него деталей при температурах до 450 °С. Сплав ВТ20 применяют для изготовления листов, профилей, штамповок для нагруженных узлов самолета и авиационных двигателей.

Сплав ВТ22 создан на основе системы Ti-A1-Mo-V с добавками Fe и Cr. Имеются модификации сплава с добавками других элементов. Температура мартенситного превращения его близка к комнатной, температура полиморфного превращения находится в интервале 820-870° С. Отжиг для сплава ВТ22 проводят из двухфазной области (750-800°С), что является упрочняющей термической обработкой. После медленного охлаждения с температуры отжига сплав имеет сравнительно равновесную а + в - структуру с примерно одинаковым количеством а- и ß - фаз (максимальная гетерогенность).

Во второй главе описана методика проведения эксперимента и реализация и реализация программно- аппаратного комплекса. Описана структурная составляющая программно- аппаратного комплекса.

В третьей главе представлены результаты эксперимента и сделаны выводы. Результаты были посчитаны по формулам предоставленные фирмой SANDVIK Coromant:

Скорость подачи, мм/мин:

$$V_f = f_z \cdot n \cdot z_c,$$

где f_z – подача на зуб, мм;

n – частота вращение шпинделя, об/мин;

Z_c – эффективное число зубьев, шт.

Скорость резания, м/мин:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D_{cap} \cdot n}{1000},$$

где D_{cap} – диаметр резания при фактической глубине резания a_p, мм,

n – частота вращение шпинделя, об/мин.

Частота вращения шпинделя, об/мин:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D_{cap}},$$

где v_c – скорость резания, м/мин;

D_{cap} – диаметр резания при фактической глубине резания a_p, мм.

Подача на зуб, мм:

$$f_z = \frac{v_f}{n \cdot z_c},$$

где v_f – скорость подачи, мм/мин;

n – частота вращение шпинделя, об/мин;

Z_c – эффективное число зубьев, шт.

Подача на оборот, мм/об:

$$f_n = \frac{v_f}{n},$$

где v_f – скорость подачи, мм/мин;

n – частота вращение шпинделя, об/мин.

Скорость съема материала, см^3/мин:

$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000},$$

где a_p – глубина резания, мм;

a_e – ширина фрезерование, мм;

v_f – скорость подачи, мм/мин.

Потребляемая мощность, кВт:

$$P_c = \frac{a_e \cdot a_p \cdot v_f \cdot k_c}{60 \cdot 10^6},$$

где a_p – глубина резания, мм;

a_e – ширина фрезерование, мм;

v_f – скорость подачи, мм/мин;

k_c – удельная сила резания, Н/мм^2.

Крутящий момент, Нм:

$$\mathrm{M_c} = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n},$$

где P_c – потребляемая мощность, кВт;

n – частота вращение шпинделя, об/мин.

Были исследованы зависимости равнодействующей силы резания от скорости резания, подачи и глубины резания.

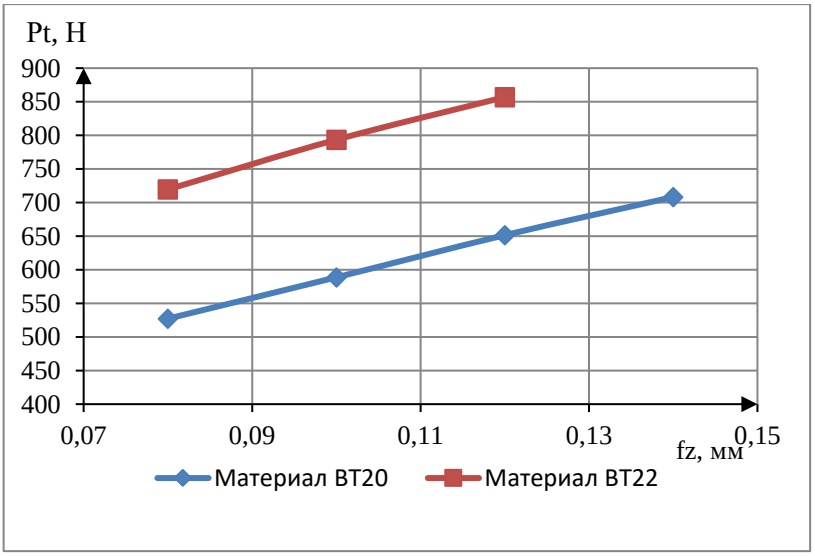

Рисунок 1 - Зависимость тангенциальной силы Pt от подачи на зуб Fz , скорость при этом V=55 м/мин, глубина 3 мм

От роста подачи f_z, тангенциальная сила Pt увеличивается, причем равномерное увеличение происходит как по сплаву ВТ20, так и по сплаву ВТ22.

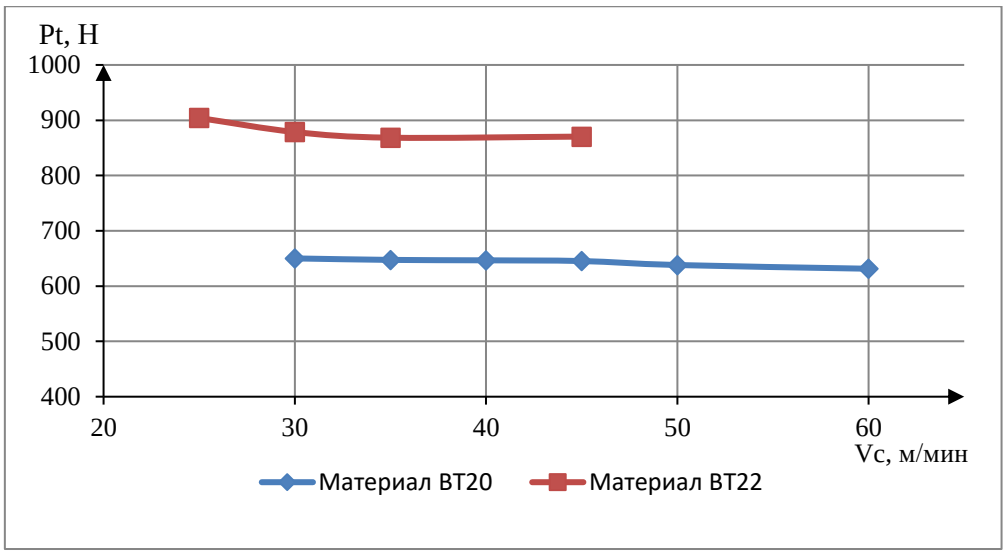

Рисунок 2 - Зависимость тангенциальной силы Pt от скорости Vc, подача при этом 0,12 мм/зуб, глубина 3 мм

На графике (рисунок 71) заметно, что при увеличении скорости фрезерования тангенциальная сила уменьшается, как для сплава ВТ20, так и для сплава ВТ22. В отличие от предыдущего графика (рисунок 70), когда тангенциальная сила увеличивалась.

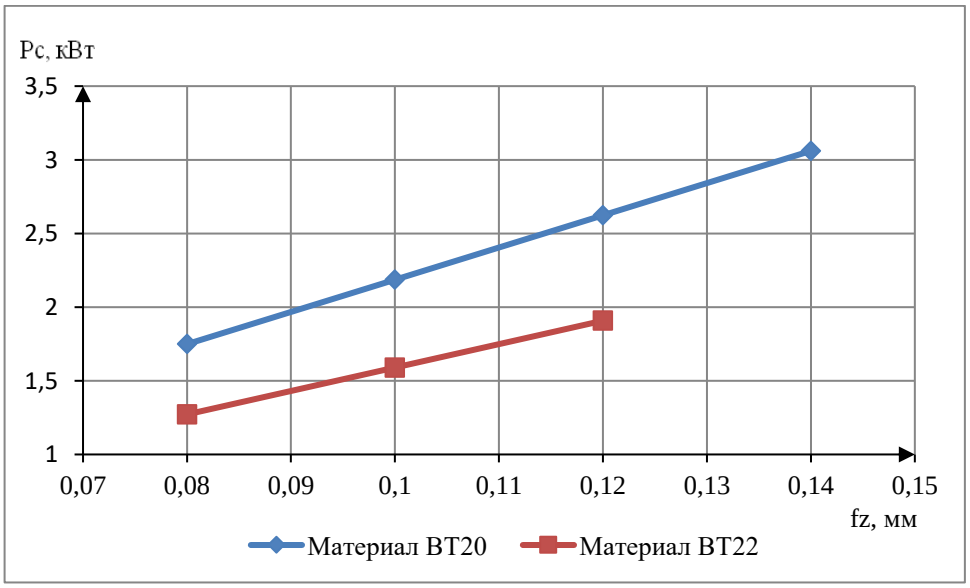

Рисунок 3 - Зависимость потребляемой мощности P_c от подачи на зуб f_z , скорость V=55 м/мин, глубина 3 мм

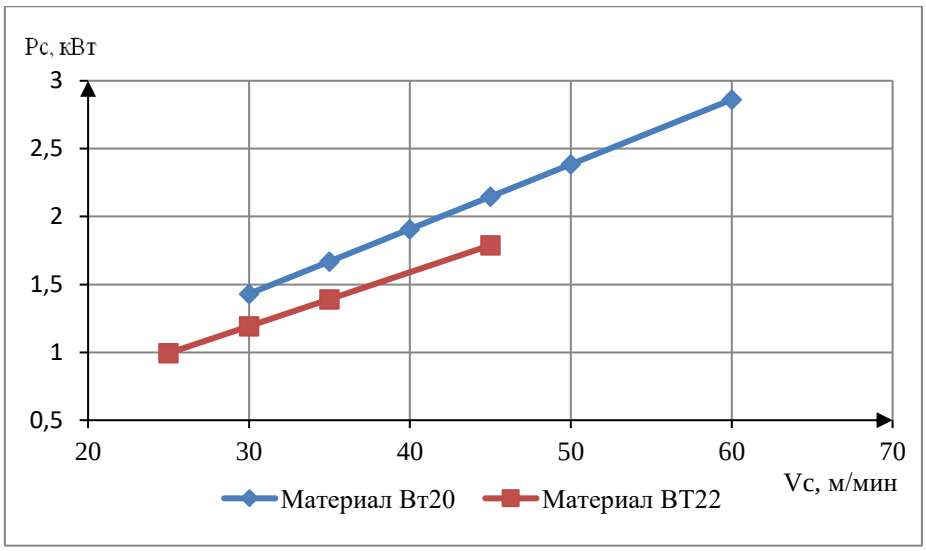

Рисунок 4 - Зависимость потребляемой мощности Pc от скорости Vc, скорость V=55 м/мин, глубина 3 мм

Анализирую два графика (рисунок 72-73) получим результат: при росте скорости, возрастает потребляемая мощность. Так же сравнивая два сплава ВТ 20 и ВТ22, можно увидеть что на сплав ВТ20 уходит больше потребляемой мощности чем на сплав ВТ22, это связанно с химическим составом данных сплавов. ВТ22 относится к 4 классу (α+β) – переходному классу, что делает его более твердым ($\sigma_в$ = 1000... 1500 МПа), а ВТ20 относиться ко 2 классу псевдо-α-сплавы, ($\sigma_в$ = 600...1000МПа), обладает средней прочностью.

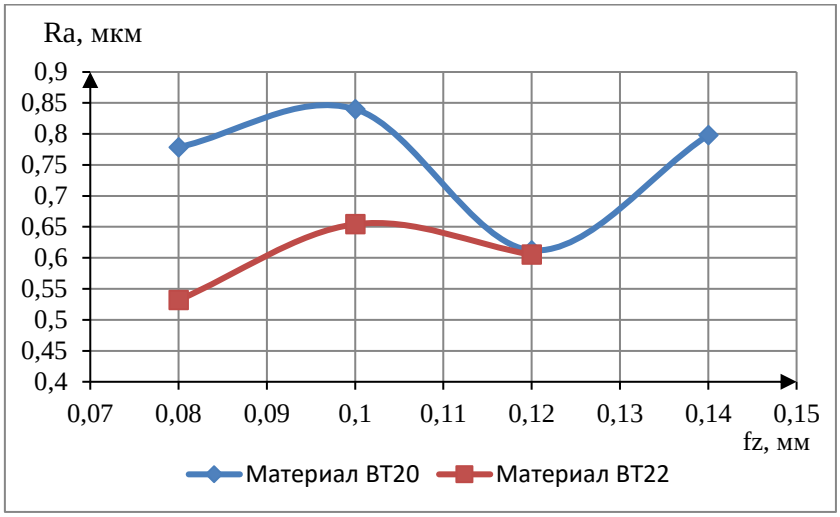

Рисунок 5- Зависимость шероховатости Ra от подачи на зуб fz, , скорость V=55 м/мин, глубина 3 мм

При изменении подачи, изменялась шероховатость поверхности, видно, что при фрезеровании сплава ВТ20, ~~лучше всего шероховатость получилась~~ чистота поверхности получается грубее, чем при фрезеровании ВТ22. Минимальное значение параметра шероховатости Ra сплава ВТ20 на подаче 0,12 мм/зуб. В сплаве ВТ22, более чистая поверхность наблюдалась на 0,08 мм/зуб.

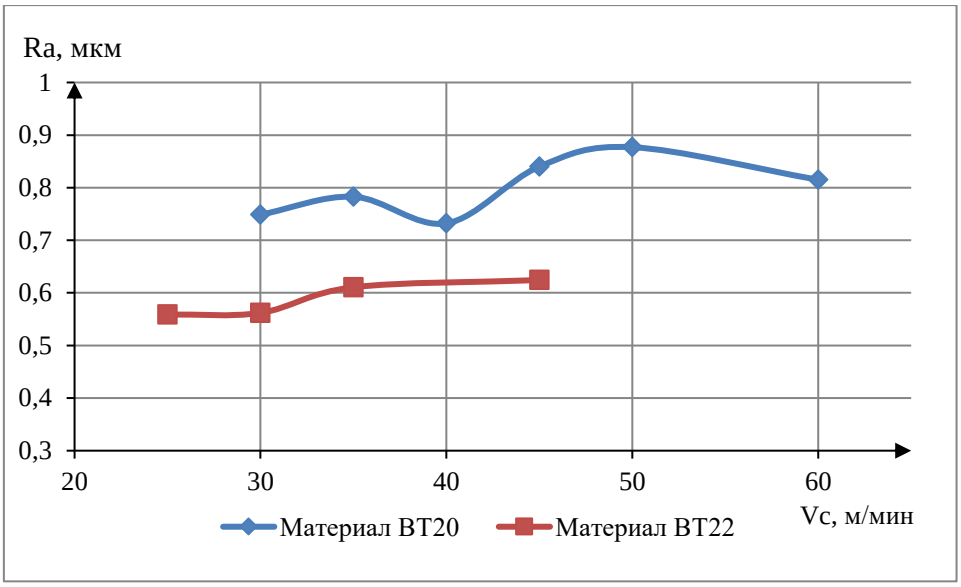

Рисунок 6 - Зависимость шероховатости Ra от скорости Vc , подача 0,12 мм/зуб, глубина 3 мм

При изменении скорости, изменялась шероховатость поверхности, видно, что при фрезеровании сплава ВТ20, ~~лучше всего шероховатость получилась~~чистота поверхности получается грубее, чем при фрезеровании ВТ22. Минимальное значение параметра шероховатости Ra сплава ВТ20 на скорости 30 м/мин. В сплаве ВТ22, более чистая поверхность наблюдалась на скорости 40 м/мин.

В ходе проведенного теоретического анализа было выявлена необходимость создания методики определения режимов резания, которая учитывает одновременно несколько физических параметров резания, таких как сила резания, скорость резания, мощность резания. Такой метод может быть осуществлен через расчет мощности резания. Для реализации выдвинутой теории был создан программно-аппаратный комплекс и проведены соответ-

ствующие эмпирические исследования, которые подтвердили выдвинутую теории. Данный метод рекомендован к использованию на станках с ЧПУ.

Полученные графические зависимости наглядно демонстрируют усилия резания, тем самым подтверждая, что режимы резания полученные модальным анализам подходят для высокопроизводительного фрезерования.

Согласно проведенным экспериментам можно сделать следующие выводы по исследуемым титановым сплавам ВТ20 и ВТ22, а так же вывод по режимам резания предоставленные фирмой производителя Sandvik Coromant для пластины R390-11 T3 08M-MM S30T.

1 Определены силовые характеристики процесса фрезеровании титановых сплавов ВТ20 и ВТ22 на одних и тех же режимах обработки.

2 Подобраны оптимальные условия резания при обработки титановых сплавов, которые соответствуют высокопроизводительному фрезерованию:

- для ВТ20, подача 0,12 мм/зуб, скорость 40 м/мин;
- для ВТ22, подача 0,08 мм/зуб, скорость 30 м/мин.~~Разработана методика исследования силовых характеристик при обработке титановых сплаво~~

4 Режимы представленные фирмой производителя Sandvik Coromant для пластины R390-11 T3 08M-MM S30T являются завышенными, после проведения модального анализа, мы выявили оптимальные режимы. Это связанно с тем что производитель не учитывает при расчете режимов куда будет прикручена пластина, в какой патрон будет установлена фреза и на каком станке будет производиться обработка.