

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный
университет»

На правах рукописи

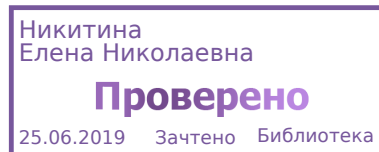
Летягина Арина Сергеевна

**Исследование выходных параметров процесса высокопроизводительно-
го точения титановых сплавов VT20, VT22**

Направление 15.04.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

на соискание академической степени магистра



Актуальность работы. Повышение производительности процессов механообработки является актуальной задачей современных исследований, так как приводит к повышению конкурентоспособности машиностроительных предприятий за счёт снижения технологической себестоимости выпускаемой продукции. Наибольший эффект от интенсификации процесса резания получают в авиационной, судостроительной и других отраслях, где, на высокопроизводительном оборудовании, изготавливаются детали из труднообрабатываемых материалов, в частности титановых сплавов.

При обработке титановых сплавов прилагаются большие силы резания, которые приводят к интенсивному выделению тепла. Температуры в зоне резания достигают высоких значений. Разогрев инструмента и обрабатываемого материала приводит к негативным изменениям в микроструктуре и свойств и тех, и других. В самом инструменте воздействие высоких сил резания и температур вызывает ускоренный износ режущих кромок. Вследствие этого снижаются допустимые скорости резания и производительность процесса.

Также при механообработке титановых сплавов необходимость контроля предельно допустимой температуры ограничивает режимы резания и возможности по их оптимизации. Например, скорость резания не должна превышать 100 м/мин. Увеличение скорости резания выше указанного предела может привести к увеличению температуры до значений, при которых происходят структурно-фазовые изменения в материале, негативно сказывающиеся на его механических свойствах.

Таким образом, оценка затрачиваемой мощности и сопутствующая процессу резания температура являются важными показателями для разработки технологических процессов механообработки в аэрокосмической промышленности. При этом следует иметь в виду, что используемое на предприятиях технологическое оборудование имеет конкретные технические параметры, определяющие производительность процесса резания. Расчёт

режимов резания производят таким образом, чтобы расчётная мощность резания и момент резания были ниже мощности и крутящего момента привода главного движения. Это позволяет избежать перегрузок оборудования. Но при этом в большинстве случаев не учитывается, что объём удаляемого материала, определяется различным сочетанием параметров резания, и этому объёму соответствует различные силы резания и соответственно различные мощность и крутящий момент резания.

Следовательно, оптимизация процессов резания по критерию минимизации энергетических и производственных затрат позволит достичь максимально возможной производительности для конкретной технологической системы.

Цель работы – Повысить производительность токарной обработки титановых сплавов VT20, VT22 путем подбора оптимизированных условий резания.

В рамках поставленной цели определены следующие **Задачи**:

1 Определить выходные параметры процесса точения титановых сплавов VT20, VT22.

2 Установить зависимости выходных параметров точения от выбранных режимов обработки титановых сплавов VT20, VT22.

3 Проанализировать полученные зависимости выходных параметров точения от выбранных режимов обработки титановых сплавов VT20, VT22.

4 Определить диапазон режимов обработки высокопроизводительного точения титановых сплавов VT20, VT22.

Объект исследования – процесс ВПО точения титановых сплавов VT20, VT22.

Предмет исследования – параметры режимов точения титановых сплавов VT20 и VT22.

Методы исследования. При определении сил резания и температуры использована компьютерная программа DynoWare и комплекс MAL CutPro.

Для проведения расчетов, создания и оформления графиков были задействованы программные пакеты Microsoft Excel и AutoCad.

Экспериментальные исследования проведены с использованием современных средств измерения:

– для определения составляющих сил резания использован динамометр Kistler 9129AA

– измерение температуры детали при точении титановых сплавов произведено с помощью тепловизионной камеры FLIR SC7700.

Научная новизна работы.

Научную новизну представляют следующие результаты:

1 Определена специфика точения титановых сплавов BT20, BT22 пластинами CNMG 12 04 08 MM 1115 и DCGT 11 T3 04 UM 1115 на станках с ЧПУ.

2 Получены и исследованы зависимости выходных параметров от режимов резания при точении титановых сплавов BT20, BT22 на станках с ЧПУ

3 Установлены параметры режимов резания для обеспечения высокопроизводительного точения титановых сплавов BT20, BT22 на станках с ЧПУ;

Достоверность результатов обеспечивается обоснованным использованием теоретических зависимостей, корректностью выбранных методов исследования и подтверждается результатами экспериментальных исследований процесса точения титановых сплавов BT20, BT22.

Практическая значимость:

1 Получены зависимости производительности процесса точения титановых сплавов BT20, BT22 от потребляемой мощности и температуры.

2 Установлены параметры режимов резания для обеспечения высокопроизводительного точения титановых сплавов BT20, BT22 на станках с ЧПУ.

3 Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в производстве при точении титановых сплавов BT20, BT22, а так же аспирантами и научными работниками, которые занимаются высокопроизводительным точением труднообрабатываемых материалов

Апробация и публикации работы.

Основные положения магистерской диссертации были доложены на V научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Исследования и перспективные разработки в машиностроении», г. Комсомольск-на-Амуре; на II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Комсомольска-на-Амуре.

Структура и объем работы: диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на страницах машинописного текста, содержит рисунки, таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, дается ее общая характеристика, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая ценность, приведена апробация работы

В первой главе представлен обзор состояния проблемы. Приводятся сведения об областях применения титановых сплавов, описаны свойства титановых сплавов, расписан химический состав титановых сплавов BT20, BT22, приведено их сравнение.

Рассмотрены причины низкой обрабатываемости резанием титановых сплавов, раскрыт термин высокопроизводительной обработки, приведены теоретические основы точения на станках с ЧПУ и выходные параметры ВПО, раскрыты формулы расчета этих величин.

Основная часть титановых сплавов расходуется на нужды авиационной и ракетной техники, морского судостроения. В авиационной технике, где стремятся получить наиболее легкую конструкцию в сочетании с необходимой прочностью, из титановых сплавов изготавливают обшивку, детали крепления, силовой набор, фитинги, центроплан, детали шасси, карданы и прочие агрегаты. В ракетостроении из титановых ($\alpha+\beta$) сплавов изготавливают монолитные, сварные и паяные баки для хранения топлива и сжатых газов. В

судостроении из титановых сплавов изготавливают гребные винты, валы, обшивку корпусов, глушители для двигателей подводных лодок, и т.д. Для химической и нефтехимической промышленности из титановых сплавов делают насосы, реакторы для агрессивных сред, компрессоры, отстойники, фильтры, центрифуги и трубопроводы для перекачки кислот. В атомной энергетике титановые плиты применяют для изготовления оболочки реакторов на быстрых нейтронах, узлов ядерных реакторов, электродов. В медицинской промышленности из титановой проволоки делают инструменты, внутрикостные фиксаторы, части искусственных органов, зубные импланты, наружные и внутренние протезы, стержни, спицы и прочее, поскольку титан не отторгается человеческим организмом. А так же титановые сплавы используются в пищевой промышленности, автомобилестроении, в электронике. Спектр отраслей, где применяются титановые сплавы, активно расширяется, что позволит в ближайшем будущем создавать перспективные и высокоэффективные конструкции нового поколения, способные работать при температурах от -196 до $+600^{\circ}\text{C}$.

Обработка таких сплавов – это достаточно трудоемкий и затратный процесс, который предъявляет высокие требования к процессу резания и имеет множество ограничений. При обработке титановых сплавов наблюдаются бóльшие силы резания и более интенсивные вибрации, чем при обработке углеродистых и низколегированных конструкционных сталей при тех же условиях. Также специалисты отмечают интенсивное теплообразование и высокую температуру на поверхностях контакта с инструментом. Всё это приводит к более быстрому износу инструмента, снижению допустимых скоростей резания и производительности процесса, учащению прерывания обработки для переточки инструмента и наладки станка.

Низкая обрабатываемость титановых сплавов резанием, обуславливается рядом специфических особенностей:

- 1 Химический состав. Легирующие элементы повышают предел прочности и тем самым снижают обрабатываемость.

2 Низкий модуль упругости способствует увеличению амплитуды колебаний при резании, снижению точности и качества обрабатываемой поверхности.

3 Высокие температуры в зоне резания приводят к снижению твёрдости поверхностных слоёв инструмента, ускорению процесса износа режущих кромок, усилению процессов диффузии и схватывания между обрабатываемым материалом и инструментом, росту разрушения граней.

4 Резкое увеличение составляющих сил резания – радиальной P_x и осевой P_z при износе резца, и, как следствие, происходит больший износ станка.

5 Низкая пластичность, которая затрудняет обработку.

6 Повышенная интенсивность износа режущего инструмента.

7 Химическое средство титановых сплавов с инструментальными материалами, которое сужает возможную область применения материалов для режущих пластин и требует нанесения на пластину износостойкого покрытия.

Сравнительный анализ сплавов VT20 и VT22 показал, что у сплава VT22 выше сопротивление коррозии, а так же прочность и твердость, что означает, что при обработке сплава VT22 необходимо преодолеть бóльшие силы сопротивления при стружкообразовании, бóльшую работу надо затратить на процесс резания, следовательно, бóльше выделится теплоты и выше будет температура резания.

При проведении исследования были использованы следующие термины и формулы:

Скорость резания (V_c) – это скорость движения поверхности заготовки относительно режущей кромки. Измеряется в м/мин.

Подача (f_n) – это расстояние, на которое перемещается инструмент за один оборот заготовки. Изменяется подача в мм/об.

Глубина резания (a_p) – это величина снимаемого припуска; это половина разницы между диаметром обработанной поверхности и диаметром заготовки, измеряемая в мм.

Производительность или скорость удаления материала Q – это количество материала, удаленного за определенный период времени, измеряется в $\text{см}^3/\text{мин}$.

$$Q = a_p \times V_c \times f_n$$

Потребляемая мощность (P_c) – мощность, необходимая для осуществления процесса резания, измеряемая в кВт.

$$P_c = (P_t \times V_c) / 60 \cdot 10^3,$$

где P_t – тангенциальная составляющая силы резания, Н.

Во второй главе диссертационной работы описаны методика проведения эксперимента, используемое оборудование и примененный программно-аппаратный комплекс.

В процессе проведения эксперимента было использовано следующее оборудование: токарный обрабатывающий центр с ЧПУ DMG NEF 400, трехкомпонентный динамометр Kistler 9129AA, тепловизионная камера FLIR SC7700. Заготовки обрабатывались двумя видами токарных резцов Sandvik Coromant: один резец состоит из державки DCLNL 2020K 12 со сменной пластиной CNMG 12 04 08 MM из твёрдого сплава 1115, второй из державки SDJCL 2020R 11 со сменной пластиной DCGT 11 T3 04 UM из твёрдого сплава 1115. Инструментальная наладка, проведенная с помощью модального анализа, выполнялась с помощью программного комплекса MAL CutPro. Запись сил резания происходила с помощью программы DynoWare.

В третьей главе представлены результаты эксперимента и сделаны выводы. Исследованы зависимости производительности процесса точения титановых сплавов BT20, BT22 от потребляемой мощности и температуры.

Эксперимент проводился при точении титанового сплава BT20 пластиной CNMG 12 04 08 MM 1115. На рисунке 1 представлены зависимости мощности резания P_c от производительности резания Q при варьировании скорости резания V_c , подачи f_n и глубины резания a_p при точении пластиной CNMG 12 04 08 MM 1115 титанового сплава BT20.

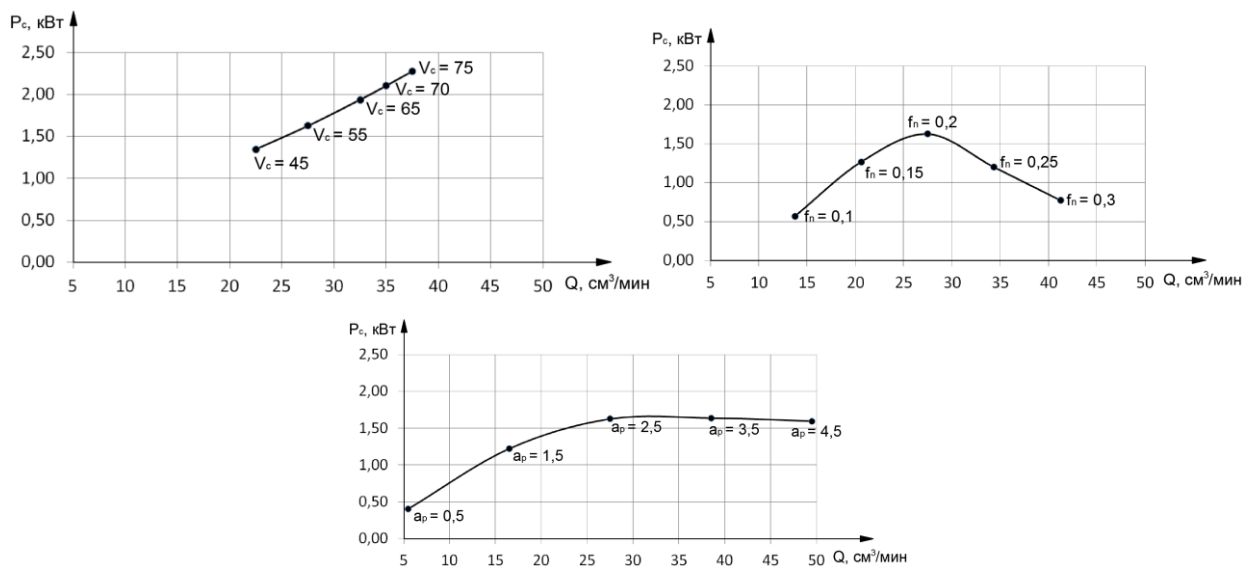


Рисунок 1 – Зависимости мощности резания от производительности при варьировании:

а – скорости резания V_c ; б – подачи f_n ; в – глубины резания a_p .

На рисунке 2 представлены зависимости температуры в зоне резания от производительности при варьировании режимов резания при точении пластиной CNMG 12 04 08 MM 1115 титанового сплава BT20.

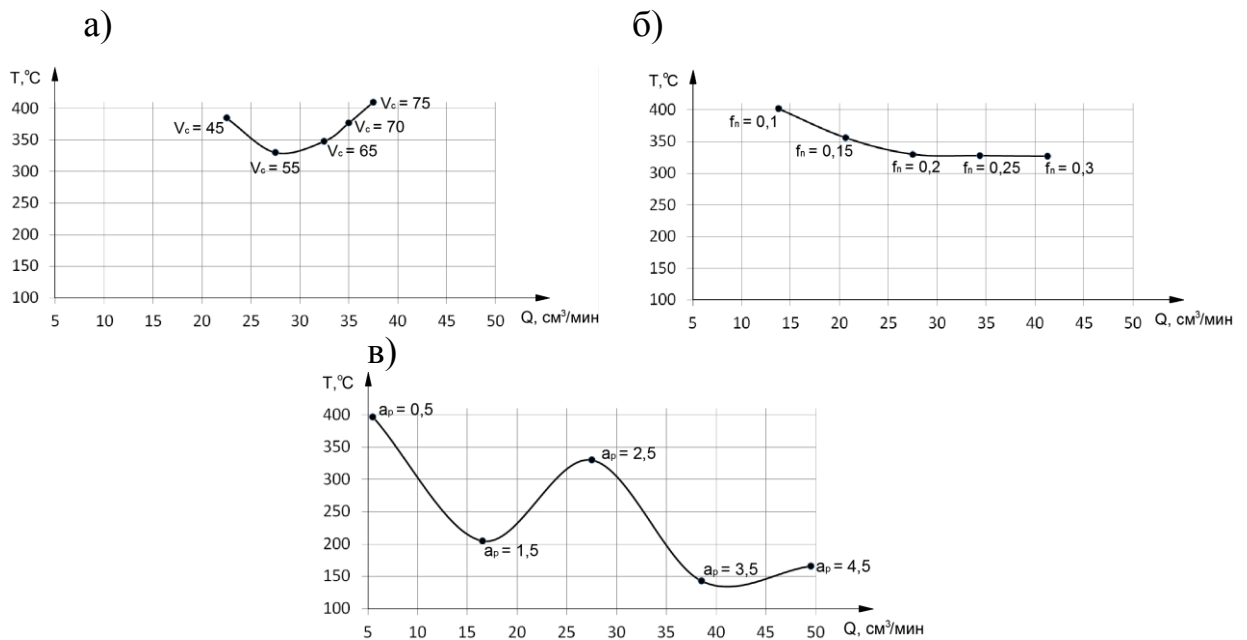


Рисунок 2 – Зависимости температуры от производительности при варьировании:

а – скорости резания V_c ; б – подачи f_n ; в – глубины резания a_p .

Были проведены эксперименты и при точении сплава ВТ20 пластиной DCGT 11 T3 04 UM 1115; при точении сплава ВТ22 пластинами CNMG 12 04 08 MM 1115 и DCGT 11 T3 04 UM 1115 и построены графики зависимости мощности P_c от производительности резания Q и температуры в зоне резания T от производительности резания Q .

Выполненный комплекс экспериментальных исследований позволяет выделить следующие рекомендуемые режимы резания:

– При точении титанового сплава ВТ20 пластиной CNMG 12 04 08 MM 1115: Скорость резания $V_c = 55-60$ м/мин, подача $f_n = 0,3$ мм/об, глубина $a_p = 4$ мм.

– При точении титанового сплава ВТ20 пластиной DCGT 11 T3 04 UM 1115: Скорость резания $V_c = 65-75$ м/мин, подача $f_n = 0,2$ мм/об, глубина $a_p = 2$ мм.

– При точении титанового сплава ВТ22 пластиной CNMG 12 04 08 MM 1115: Скорость резания $V_c = 70-75$ м/мин, подача $f_n = 0,3$ мм/об, глубина $a_p = 1,5$ мм.

– При точении титанового сплава ВТ22 пластиной DCGT 11 T3 04 UM 1115: Скорость резания $V_c = 55$ м/мин, подача $f_n = 0,15$ мм/об, глубина $a_p = 2$ мм.

По результатам работы, сделаны выводы:

В ходе проведенного эксперимента были исследованы выходные параметры процесса точения титановых сплавов ВТ20, ВТ22; была выявлена необходимость рассмотреть, каким образом изменение режимов обработки влияют на мощность P_c и температуру T с целью найти высокопроизводительную зону обработки титановых сплавов ВТ20, ВТ22.

На основании входных параметров и измеренных экспериментальных данных были построены графики зависимости, которые наглядно демонстрируют изменения мощности и температуры при изменении режимов резания. На основании этих графиков установлены такие параметры режимов резания, которые обеспечивают высокопроизводительное точение титановых сплавов ВТ20, ВТ22 на станках с ЧПУ.