

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія

КУЦОВА РАЯ АНАТОЛІЇВНА

УДК 621.9.23

**РОЗРОБКА МЕТОДА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИБОРУ ШВИДКОСТІ
РІЗАННЯ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ НА ВАЖКИХ
ВЕРСТАТАХ З ЧПК**

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Автореферат
магістерської роботи

Краматорськ– 2017

Магістерська робота виконана на кафедрі «Комп'ютеризовані мехатронні системи, інструмент і технології» Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА) Міністерства освіти і науки України, м. Краматорськ.

Науковий керівник	доктор технічних наук, професор, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки Ковальов Віктор Дмитрович, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, ректор
-------------------	--

Захист відбудеться 4 січня 2018 року о 9⁰⁰ годині на засіданні ДЕК кафедри «Комп'ютеризовані мехатронні системи, інструмент і технології» Донбаської державної машинобудівної академії за адресою: м. Краматорськ, ДДМА, корпус №3, ауд. №3308.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток і вдосконалення прогресивних прийомів металообробки в сучасному машинобудуванні пов'язано із застосуванням автоматизованих верстатних комплексів, основу яких складають верстати з числовим програмним управлінням. Для застосовуваних при точінні верстатів характерна надзвичайно висока ступінь автоматизації і висока вартість станко-годин їх роботи.

При цьому обрані режими різання, що визначають машинне (основне) час обробки роблять значний вплив на змінну величину собівартості обробки і рівень продуктивності процесу різання.

Однак, незважаючи на високу технічне оснащення, питання призначення і оптимізації режимів різання для верстатів з ЧПУ досі вирішуються поза робочим місцем. Останнім часом для цих цілей використовується досвід підготовки технологічної інформації на ЕОМ.

Кожне нове покоління вітчизняних і зарубіжних металообробних верстатів, і систем ЧПУ відрізняється більш високим рівнем автоматизації, але жодне з них поки не має програмного забезпечення і технічних засобів, що сприяють надійному вибору оптимального режиму різання. Так, при високому ступені автоматизації в підготовці геометричної інформації в сучасних вітчизняних системах ЧПУ, технологічна інформація, що стосується вибору режимів обробки, в більшості випадків готується "вручну". Для цього використовуються методики розрахунку елементів режиму різання, розроблені стосовно до універсальних верстатів.

У міру збільшення ступеня автоматизації верстатів з ЧПУ йде перерозподіл балансу часу між основним (машинним) і підготовчо-заключним, допоміжним часом і часом організаційно-технічного обслуговування. Якщо для універсальних верстатів основний час становить 25-30%, то для верстатів з ЧПУ 48-50% і в перспективі для цього виду обладнання воно може бути доведено до 90% від часу, що витрачається на операцію. Необхідність підвищення продуктивності автоматизованого верстатного обладнання за рахунок скорочення машинного (основного) часу диктує необхідність виконання операцій розрахунку оптимальних режимів обробки безпосередньо системою ЧПУ.

Машинне час, як відомо, визначається швидкістю різання, величиною подачі і глибиною різання. Глибина різання призначається залежно від квалітету деталі і квалітету заготовки, тобто визначається припуском на обробку і кількістю переходів. Тому при підготовці УП для верстатів з ЧПУ стоїть завдання з урахуванням технічних вимог до деталі, при відомій глибині різання, відомих оброблюваному і інструментальному матеріалах вибрати оптимальні значення величини допустимої подачі, що забезпечує задану точність і значення швидкості різання, що забезпечує задану стійкість інструменту. При цьому вибору подачі передую операція розрахунку складових сили різання.

Під оптимальними параметрами режиму різання розуміються такі значення величини швидкості різання і подачі, при яких процес обробки був би максимально ефективний з точки зору економічності і продуктивності, і при цьому виконувалися

б усі технологічні вимоги, що пред'являються до оброблюваної деталі. На необхідність автоматизованого розрахунку оптимальних значень параметрів режиму різання вказувалося ще в середині минулого століття, але повністю це завдання до цих пір не вирішена і актуальність її продовжує підвищуватися з розвитком тенденції багатOVERстатного обслуговування і створенням автоматизованих верстатних комплексів для обробки металів різанням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у відповідності з науковою тематикою «Комп'ютеризовані мехатронні системи, інструмент і технології» Донбаської державної машинобудівної академії Дк-01-2014 «Підвищення надійності та продуктивності комп'ютеризованих мехатронних верстатів інструментальних систем важкого машинобудування» (0114U002757).

Мета та задачі досліджень.

Метою цієї роботи є розробка методики оптимізації режимів токарної обробки на верстатах з ЧПУ на основі оперативної інформації, одержуваної із зони різання, для чого повинні бути вирішені наступні завдання:

1. Розробка математичної моделі процесу токарної обробки, побудованої на основі уточнених математичних залежностей для сили і швидкості різання.
2. Дослідження отриманої математичної моделі в умовах чистової і напівчистової обробки для широкого класу марок твердосплавного ріжучого інструменту і оброблюваних сталей.
3. Розробка способу автоматизованого визначення оптимальних параметрів процесу різання на токарних верстатах з ЧПУ, заснованого на отриманні оперативної інформації про властивості контакту пари інструмент-виріб і умовах протікання процесу різання.

Об'єкт дослідження – технологічна система токарного верстату.

Предмет дослідження – токарний верстат з ЧПК .

Методи досліджень. Методологічною основою роботи є комплексний підхід до вивчення процесу обробки деталей на важких верстатах, їх умов і особливостей, закономірностей процесів.

Теоретичні дослідження базуються на основних положеннях теорії різання матеріалів, теорії проектування металорізального обладнання, кваліметрії, теорій надійності, дослідження операцій, прийняття рішень, теорії ймовірності та математичної статистики.

Експериментальні дослідження базуються на теоріях регресійного та кореляційного аналізів, математичної статистики з використанням методик форсованих, прискорених, тривалих випробувань, моментних спостережень, інформаційного банку, евристичних методів.

Робота виконувалася за допомогою сучасних засобів обчислювальної техніки.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше запропонований метод визначення оптимального режиму різання (швидкості різання і подачі) для токарних верстатів з ЧПУ, який з одного боку забезпечить максимальну продуктивність обробки, а з іншого - точне дотримання заданого періоду стійкості інструменту і технологічних вимог до оброблюваного виробу.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблено алгоритм автоматизованого визначення оптимальних параметрів процесу різання.

Надано рекомендації щодо використання розробленого алгоритму в нових поколіннях систем ЧПУ для токарних верстатів.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати роботи доповідалися та обговорювалися на міжнародній науково-технічній конференції «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку»- 2017р.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано тези доповідей в збірнику матеріалів конференції.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, 3 розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел – 103 найменувань. Містить 121 сторінку.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розкрито суть і стан наукової задачі, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і задачі досліджень, викладено наукові положення, які виносяться на захист, наведено дані щодо наукової новизни, обґрунтовано достовірність і показано практичну цінність отриманих наукових результатів, наведено дані про публікації й апробацію роботи.

У **розділі 1** проведено огляд літературних даних, присвячених питанням оптимізації та управління процесом різання.

Проведено аналіз існуючих алгоритмів, математичних моделей і формул, покладених в основу вибору оптимального режиму обробки. Проведено огляд критеріїв оптимальності (цільових функцій) процесу токарної обробки.

Виявлено причини низької достовірності отриманих результатів, розглянута можливість застосування існуючих методів при автоматизованій підготовці технологічної інформації для токарних верстатів з ЧПУ за умови стабільної роботи цього обладнання в програмному режимі.

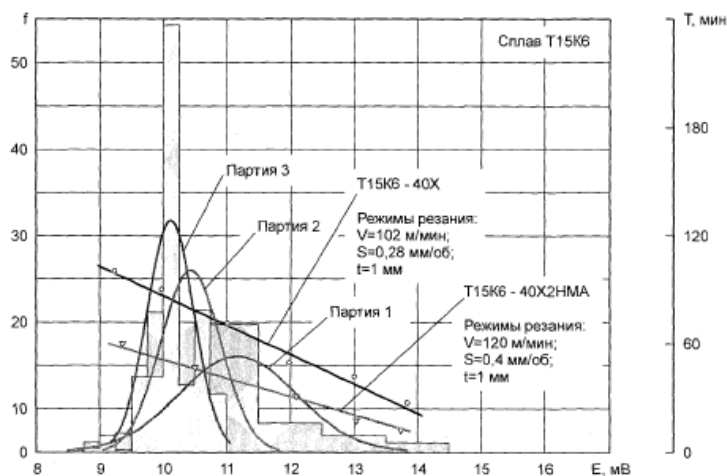


Рис 1. - Розподіл ріжучих властивостей і стійкості різних партій твердосплавних пластин марки T15K6

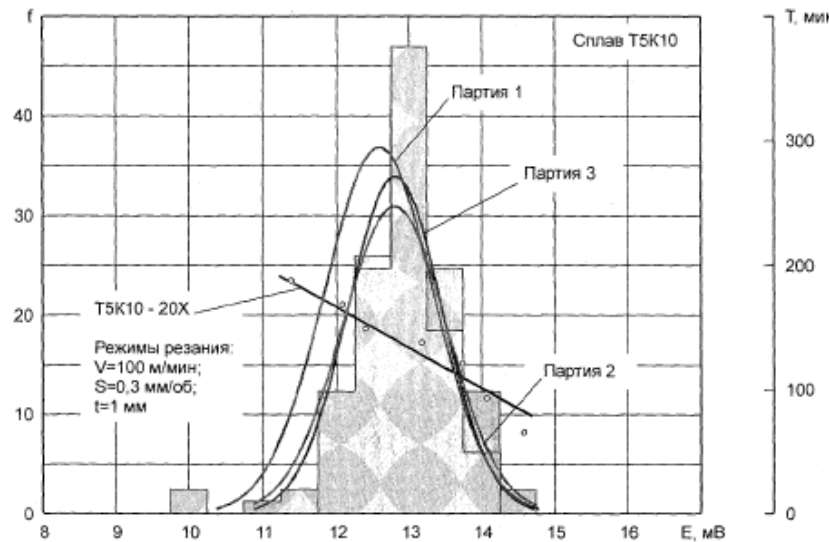


Рис 2 - Розподіл ріжучих властивостей і стійкості різних партій твердосплавних пластин марки Т5К10

Обґрунтовано метод використання функції продуктивності в якості критерію оптимального вибору значень швидкості різання і подачі.

Викладено основні передумови для розробки адекватної математичної моделі процесу різання. На підставі проведеного аналізу сформульовані завдання дослідження.

У розділі 2 викладена методика проведення експериментальних досліджень, що охоплює питання визначення ріжучих властивостей твердосплавного інструменту і корекції швидкості різання при роботі токарного верстата з ЧПУ, а також представлена методика вимірювання величини термоЕРС природної термопари інструментальний матеріал - оброблюваний матеріал.

У розділі 3 здійснені розробка і дослідження математичної моделі розрахунку оптимальних параметрів режиму різання на основі уточнених математичних залежностей для сили і швидкості різання, що використовують інформативну складову сигналу термоЕРС, одержуваного із зони різання.

Здійснено висновок системи технологічних обмежень, що накладаються на параметри режиму обробки. Проаналізовано поведінку області допустимих значень швидкості різання і подачі в залежності від властивостей пари інструмент-деталь, яка контактує.

Для аналізу математичної моделі процесу різання з використанням методу лінійного програмування необхідно все нерівності технічних обмежень і рівняння оціночної функції привести до лінійного вигляду. Зведемо нерівності технологічних обмежень і рівняння цільової функції в одну систему:

$$\begin{array}{l}
 W \left\{ \begin{array}{l}
 S \geq S_{\text{ст min}} \\
 S \leq S_{\text{ст max}} \\
 n \geq n_{\text{ст min}} \\
 n \leq n_{\text{ст max}} \\
 nS^{0.35} \leq \frac{1000(A - kE_{\text{np}})}{\pi d T^{0.2} t^{0.15} E_{\text{np}}^z} \\
 n \geq \frac{318V_{\text{техн}}}{d} \\
 n^{-0.15} S^{0.75} \leq \frac{102 \cdot 60 \pi^{0.15} d^{0.15} N_{\text{н}} \eta}{1000^{0.15} (A_z + k_z E_{\text{np}}) t^1} \\
 n^{-0.15} S^{0.75} \leq \frac{\pi^{0.15} d^{0.15} \sigma_u B H^2}{6 \cdot 1000^{0.15} (A_z + k_z E_{\text{np}}) t^1 \cdot l_{\text{в.р.}} K_{\text{зп}}} \\
 n^{-0.15} S^{0.75} \leq \frac{250 \pi^{0.15} d^{0.15} B H^3}{1000^{0.15} \cdot l_{\text{в.р.}}^3 (A_z + k_z E_{\text{np}}) t^1} \\
 n^{-0.3} S^{0.6} \leq \frac{0,15 \pi^{1.3} d^{0.3} d_{\text{np}}^4 \Delta (1 - K_{\text{np}}^4)}{64 \cdot 1000^{0.3} (A_y + k_y E_{\text{np}}) t^{0.9} K_{\text{ж}}} \\
 nS \geq \frac{l_{\text{п.х}} R}{60 K_{\text{з}} \cdot r_R - T_{\text{в.н.}} R} \\
 S \leq 0.07 \sqrt{R_z \cdot r} \\
 nS \rightarrow \max
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Проаналізовано зміну координат (дрейф) точки екстремуму цільової функції в залежності від властивостей пари інструмент-деталь, яка контактує, на основі інформації, одержуваної із зони різання.

Обґрунтовано висновок про доцільність застосування отриманої математичної моделі в алгоритмах розрахунку режимів обробки на токарних верстатах з мікропроцесорними системами ЧПУ.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз прийнятих в сучасному машинобудуванні методик призначення оптимальних режимів різання виявив значні похибки у визначенні складових сили різання і швидкості різання, що досягають 50 - 200%, які призводять до недотримання заданого часу стійкості інструменту і точності обробки.

Існуюча методика вибору швидкості різання для автоматичного верстатного обладнання не забезпечує отримання точного значення прийнятої стійкості інструменту, так як не враховує значної різниці властивостей інструментального та оброблюваного матеріалів.

Зроблено висновок про недоцільність використання існуючих методик в якості інформаційної бази при розробці алгоритмів автоматизованого призначення режимів різання на верстатах з ЧПУ. Вказано шляхи підвищення точності і достовірності розрахункових залежностей, використовуваних при моделюванні процесу токарної обробки.

2. Запропоновано шляхи підвищення точності і достовірності математичних моделей процесу токарної обробки на основі скоригованих розрахункових залежностей, які використовують оперативну інформацію із зони різання.

3. Були розглянуті цільові функції, які використовуються при оптимізації процесу обробки металів різанням, виведені нерівності технологічних обмежень, що накладаються на процес точіння. У сукупності вони являють собою математичну модель процесу різання на токарних верстатах, в основу якої покладено достовірні, фізично обґрунтовані розрахункові залежності.

4. Розроблено і теоретично обґрунтовано методику корекції швидкості різання при зміні однієї зі складових природної термопари (інструменту або деталі), заснована на правилі пропорційності термоЕРС пробного проходу і робочих режимів. Методика дозволяє уникнути необхідності проведення повторних пробних проходів на фіксованих режимах для кожної контактує пари, і вести корекцію швидкості безпосередньо в процесі точіння.

АНОТАЦІЯ

Куцова Р.О. Розробка метода автоматизованого вибору швидкості різання при оптимізації режимів обробки на важких верстатах з ЧПК – На правах рукопису.

Проведено аналіз існуючих алгоритмів, математичних моделей і формул, покладених в основу вибору оптимального режиму обробки. Проведено огляд критеріїв оптимальності (цільових функцій) процесу токарної обробки.

Виявлено причини низької достовірності отриманих результатів, розглянута можливість застосування існуючих методів при автоматизованій підготовці технологічної інформації для токарних верстатах з ЧПУ за умови стабільної роботи цього обладнання в програмному режимі.

Обґрунтовано метод використання функції продуктивності в якості критерію оптимального вибору значень швидкості різання і подачі.

Викладено основні передумови для розробки адекватної математичної моделі процесу різання. На підставі проведеного аналізу сформульовані завдання дослідження.

Викладена методика проведення експериментальних досліджень, що охоплює питання визначення ріжучих властивостей твердосплавного інструменту і корекції швидкості різання при роботі токарного верстата з ЧПУ, а також представлена методика вимірювання величини термоЕРС природної термопари інструментальний матеріал - оброблюваний матеріал.

Здійснені розробка і дослідження математичної моделі розрахунку оптимальних параметрів режиму різання на основі уточнених математичних залежностей для сили і швидкості різання, що використовують інформативну складову сигналу термоЕРС, одержуваного із зони різання.

Здійснено висновок системи технологічних обмежень, що накладаються на параметри режиму обробки. Проаналізовано поведінку області допустимих значень швидкості різання і подачі в залежності від властивостей пари інструмент-деталь, яка контактує.

Проаналізовано зміну координат (дрейф) точки екстремуму цільової функції в залежності від властивостей пари інструмент-деталь, яка контактує, на основі інформації, одержуваної із зони різання.

Обґрунтовано висновок про доцільність застосування отриманої математичної моделі в алгоритмах розрахунку режимів обробки на токарних верстатах з мікропроцесорними системами ЧПУ.

Ключові слова: ОПТИМІЗАЦІЯ, ЧПУ, ТОЧІННЯ, ОБРОБКА МЕТАЛУ РІЗАННЯМ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ.

АННОТАЦИЯ

Куцова Р.А. Разработка метода автоматизированного выбора скорости резания при оптимизации режимов обработки на тяжелых станках с ЧПУ - На правах рукописи.

Проведен анализ существующих алгоритмов, математических моделей и формул, положенных в основу выбора оптимального режима обработки. Проведен обзор критериев оптимальности (целевых функций) процесса токарной обработки.

Выявлены причины низкой достоверности полученных результатов, рассмотрена возможность применения существующих методов при автоматизированной подготовке технологической информации для токарных станках с ЧПУ при условии стабильной работы этого оборудования в программном режиме.

Обоснован метод использования функции производительности в качестве критерия оптимального выбора значений скорости резания и подачи.

Изложены основные предпосылки для разработки адекватной математической модели процесса резания. На основании проведенного анализа сформулированы задачи исследования.

Изложена методика проведения экспериментальных исследований, охватывает вопросы определения режущих свойств твердосплавного инструмента и коррекции скорости резания при работе токарного станка с ЧПУ, а также представлена методика измерения величины термоЭДС естественной термопары инструментальный материал - обрабатываемый материал.

Осуществленные разработка и исследование математической модели расчета оптимальных параметров режима резания на основе уточненных математических зависимостей для силы и скорости резания, используют информативную составляющую сигнала термоЭДС, получаемого из зоны резания.

Осуществлен вывод системы технологических ограничений, налагаемых на параметры режима обработки. Проанализированы поведение области допустимых значений скорости резания и подачи в зависимости от свойств пара инструмент-деталь, контактирует.

Проанализировано изменение координат (дрейф) точки экстремума целевой функции в зависимости от свойств пара инструмент-деталь, контактирует, на основе информации, получаемой из зоны резания.

Обоснован вывод о целесообразности применения полученной математической модели в алгоритмах расчета режимов обработки на токарных станках с микропроцессорными системами ЧПУ.

Ключевые слова: ОПТИМИЗАЦИЯ ЧПУ, ТОЧЕНИЕ, ДЕТАЛЬ, ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ.

ABSTRACT

Kutsova R.O. Development of the method of automated selection of cutting speeds for optimization of treatment regimes on heavy duty CNC machines - On the rights of the manuscript.

The analysis of existing algorithms, mathematical models and formulas, which are based on the choice of optimal processing mode, is carried out. A review of the criteria of optimality (target functions) of the turning process is carried out.

The reasons of low reliability of the obtained results are revealed, possibility of application of existing methods at the automated preparation of technological information for CNC lathe machines is considered under condition of stable operation of this equipment in software mode.

The method of using the function of productivity as the criterion of the optimal choice of the values of cutting speed and filing is substantiated.

The basic prerequisites for developing an adequate mathematical model of cutting process are described. On the basis of the analysis, the research tasks are formulated.

The method of carrying out of experimental researches covering the definition of cutting properties of a carbide tool and the correction of speed of cutting at work of a turning machine with a CNC is presented, and also the method of measuring the value of thermoelectric thermocouple of a natural thermocouple is an instrumental material - processed material.

The development and research of mathematical model of calculation of optimal parameters of cutting mode on the basis of refined mathematical dependences for force

and speed of cutting using informative component of the thermoelectric signal received from the cutting zone is carried out.

The conclusion of the system of technological constraints imposed on the parameters of the processing mode is made. The behavior of the region of permissible values of the cutting speed and the feed rate is analyzed, depending on the properties of the pair of the tool-component that is in contact.

The coordinate change (drift) of the point of the extremum of the target function is analyzed, depending on the properties of the pair of instrument-contact parts, based on the information received from the cutting zone.

The conclusion about expediency of application of the obtained mathematical model in algorithms of calculation of processing modes on turning machines with microprocessor systems of CNC is substantiated.

Key words: OPTIMIZATION, CNC, PUTTING, DETAIL, MACHINE BUILDING, METAL PROCESSING, MATHEMATICAL MODEL.