

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

на правах рукопису

ШВЕЦЬ Станіслав Володимирович

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СТРУЖКОУТВОРЕННЯ ПРИ ТОЧІННІ

Спеціальність 05.03.01 - Процеси механічної обробки,
верстати та інструмент

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Одеса - 1996



Дисертація є рукопис

Робота виконана в Сумському державному університеті

Наукові консультанти:

Доктор технічних наук, професор Астахов Віктор Павлович

Доктор технічних наук, професор Анельчик Дмитро Євгенійович

Офіційні опоненти:

Доктор технічних наук, професор Дрожжин Володимир Іванович

Доктор технічних наук, професор Олійник Микола Васильович

Доктор технічних наук, професор Розенберг Олег Олександрович

Провідна організація - Український науково-дослідний інститут верстатів та інструменту, м. Одеса

Захист відбудеться " 07 " 10 1996 р. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.06.06 в Одеському державному політехнічному університеті за адресою: 270044, м. Одеса, просп. Шевченка, 1, ОДПУ

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Одеського державного політехнічного університету, просп. Шевченка, 1

Автореферат розісланий " 16 " 08 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Оборський Г.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність і ступінь дослідженості тематики. Для вирішення проблеми прогнозування та забезпечення надійності ріжучого інструменту, необхідно, перш за все, мати вичерпне уявлення про умови його використання, тобто про стружкоутворення. Проте, складність в тім, що теорія різання (як зазначив А.М.Розенберг) "являє собою не що інше, як збірку експериментально одержаних та досконало перевірених фактів, пов'язаних ланцюгом емпіричних залежностей, які з більшою чи меншою повнотою охоплюють викладене питання, тобто суцільну емпірику, без будь-якої солідної теоретичної бази".

Але досягнення в галузі деформування твердого тіла, нові розрахункові методи та можливості ЕОМ, ефективна методика організації та аналізу результатів дослідження (теорія систем) в сполученні із створеною працею великого загону вчених експериментальною базою знань, дозволяють зробити внесок в розвиток етапу розробки теоретичної основи процесу різання. Тому системний аналіз стружкоутворення є надзвичайно актуальною тематикою.

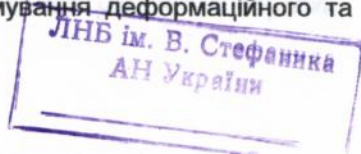
Мета і основні завдання дослідження. Мета роботи: розробка нового методу розрахунку витрат ресурсу працездатності та стійкості лез.

Поставлена мета визначає основні завдання дослідження:

1. Дослідити механіку процесу різання для теоретичних узагальнень та розробки єдиного механізму стружкоутворення.
2. Дослідити роботу зовнішніх та внутрішніх сил, закономірності руху та перетворення енергії у зоні різання.
3. Проаналізувати взаємодію системи різання з оточуючими підсистемами, які забезпечують необхідні параметри її функціонування.
4. Розробити комплексні критерії оцінки ефективності процесу різання.

Теоретична цінність. 1. Науково обгрунтована структура системи різання. Створена структурнологічна схема теорії різання, що конкретизує напрямки досліджень термодинамічної системи різання та розмежовує її завдання і завдання інших дисциплін машинобудівного циклу в цілому.

2. Запропоновано єдиний механізм утворення усіх видів стружок, який пояснює причини закручування стружки, послідовність утворення її прирізцевого шару, формування деформаційного та напруженого полів у зоні різання.



3. Створена схема руху енергії у системі різання, з якої виходить, що сталість системи різання залежить від потенційної енергії лека.

4. Визначено параметр, який обмежує час існування системи різання. Це чисельне значення ресурсу працездатності лека. Створена методика його визначення.

5. На підставі доведеної можливості чисельного визначення ресурсу працездатності лека та вперше в теорії різання використаного поняття коефіцієнта корисної дії створена теорія розрахунків швидкості різання та стійкості лека при використанні таких інструментального та оброблюваного матеріалів, які ніколи раніше разом не досліджувались.

6. Доведено, що термодинамічна система різання не підлягає динамічному керуванню. Вектор її стану стабілізується на час стійкості лека ще при проектуванні.

Практична цінність. 1. Одержана залежність для визначення питомої роботи стружкоутворення, що дозволяє порівнювати енергоспоживання при обробці різних матеріалів.

2. Створено методика визначення коефіцієнта корисної дії системи різання, що дозволяє провести оцінку ефективності процесу різання та доцільності його оптимізації.

3. Встановлено критерії оптимізації термодинамічної системи різання.

4. Розроблено спосіб визначення оптимальної швидкості різання (а.с. СРСР No 1703254).

5. Створено програмне забезпечення для ЕОМ, яке дозволяє моделювати стійкісні випробування, аналізувати силові та температурні характеристики процесу точіння, оптимізувати режим різання, що скорочує трудомісткі експериментальні роботи.

Наукова новизна. 1. Вперше визначена ціль термодинамічної системи різання і науково обґрунтована її структура.

2. Вперше запропоновано єдиний механізм стружкоутворення.

3. Вперше введено поняття коефіцієнта корисної дії системи різання.

4. Вперше доведена та визначена функціональна залежність між зношенням інструментального матеріалу та витратами механічної енергії.

5. Вперше в теорії різання створена методика розрахунків режиму різання та стійкості лека при використанні таких інструмен-

тального та оброблюваного матеріалів, які ніколи разом не досліджувались.

Реалізація та впровадження наукових розробок. Основні положення роботи знайшли застосування в учбовому процесі в Сумському державному університеті. Видана монографія і 8 методичних вказівок, що використовуються студентами при вивченні курсу "Теорія різання та теплові процеси в технологічних системах". Результати роботи впроваджені також в учбовий процес в Одеському державному політехнічному університеті, Concordia University (м. Монреаль, Канада), на Сумському виробничому об'єднанні "Електрон" та на заводі ковальсько-пресового обладнання (ст. Роздільна, Одеської області) при конструюванні ріжучого інструменту, на Сумському машинобудівному виробничому об'єднанні ім. Фрунзе при автоматизації технологічної підготовки. Ефект від запровадження розробок складає 29,6 тис. союзних карбованців та 22150 тис. українських карбованців в 1994 р.

Апробація роботи. Основні результати і положення дисертації доповідались на науково-технічних конференціях: "Проблеми якості механічних передач та редукторів" (м. Ленінград, 1991 р.); "Перспективи розвитку систем діагностики і надійності ріжучого інструменту на верстатах з ЧПК" (м. Севастополь, 1992 р.); "Нові технологічні процеси в механічній обробці" (м. Одеса, 1992 р., 1993 р.); "Інтерпартнер, високі технології" (м. Алушта, 1993 р.); "Сучасні технології зміцнення, відновлення і механічної обробки деталей з покриттям" (м. Київ, 1993 р.); "2-й міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові" (м. Львів, 1995 р.).

Матеріали роботи розглядались на кафедрах "Різання матеріалів та ріжучий інструмент" Харківського державного політехнічного університету (1996 р.), "Металорізальні верстати та інструмент" Сумського державного університету (1991 р. - 1994 р.), "Металорізальні верстати" Одеського державного політехнічного університету (1994 р.), "Технологія машинобудування" Дніпропетровської державної металургійної академії України (1994 р.), у інституті надтвердих матеріалів НАН України (м. Київ, 1996 р.)

Публікації. По темі дисертації опубліковано 34 роботи, серед них 1 монографія та 4 винаходи.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, восьми розділів, закінчення, списку літератури та додатку.

У першому розділі визначені протиріччя теорії стружкоутворення і недоліки існуючих математичних моделей механічної обробки.

Відмічається початок системного руху. Сформульована мета роботи і завдання дослідження.

У другому розділі наведена методологія та методики дослідження об'єктів. Встановлені ознаки та структура системи різання. Наведені особливості реалізації методу кінцевих елементів (МКЕ) при моделюванні пружно-пластичного стану в системі різання, характеристики методів обробки результатів експериментів, використані матеріали та обладнання.

У третьому розділі досліджено механіку процесу різання. Проаналізовано утворення, властивості та вплив пластичної області біля вершини леза на взаємодію елементів системи різання. Визначені умови руйнування в оброблюваному матеріалі, утворення прирізцевого шару стружки та її закручування. Створено узагальнюючу схему стружкоутворення.

У четвертому розділі йдеться про роботу зовнішніх сил та внутрішню енергію системи різання, вплив тепла на характеристики елементів системи різання, рух і перетворення енергії.

У п'ятому розділі проаналізовано оточення системи різання, яке забезпечує необхідні умови її існування.

У шостому розділі визначені умови оптимального управління системою різання.

У сьомому розділі наведена структура аналітичної моделі термодинамічної системи різання. Розглянута методика кількісного визначення ресурсу працездатності леза. Введене та досліджене поняття коефіцієнта корисної дії системи різання. Створені нові методики визначення витрат ресурсу працездатності лез, їх стійкості, оптимізації режиму різання.

У восьмому розділі наведені основні результати роботи та висновки.

Додаток містить акти впровадження.

Робота має 285 сторінок основного тексту, 78 малюнків, 9 таблиць, список літератури з 208 найменувань. Загальний обсяг - 361 сторінка.

Автор захищає. 1. Нові теоретичні положення, які пояснюють створення передумов та здійснення направленої руйнування при різанні: узагальнена схема стружкоутворення; механізм утворення та форма лінії, що розділяє області пружного та пластичного станів перед лезом; причина розриву зони високих напружень з масою стружки; розподілення напружень по передній поверхні леза; закономірності формування напружень та деформацій у зоні

різання; цілісність та одночасність існування всіх областей деформаційного поля; причини закручування стружки.

2. Нові теоретичні положення про рух і перетворення енергії в системі різання: схема руху енергії, ланцюги оберненого зв'язку, механізми формування потенційної енергії леза, стружки, критичної енергії руйнування.

3. Результати аналізу взаємодії системи різання із структурою технологічної системи процесу та підсистемами металорізючого комплексу.

4. Розроблені критерії оцінки ефективності системи різання та способи її оптимізації: вперше введене поняття коефіцієнта корисної дії системи різання; математичну залежність для визначення питомої роботи деформування при різанні по коефіцієнту потовщення стружки; метод пом'якшення протиріччя підсистеми діагностики процесу різання (прагнення повного використання ресурсу працездатності та виключення критичного руйнування леза); критерії оптимізації системи різання (стійкість леза та величина споживаної енергії); положення про статичне попереднє керування системою різання.

5. Розроблену оригінальну методику розрахунку витрат ресурсу працездатності та стійкості інструмента, визначення оптимальної швидкості різання та прогнозування критичного руйнування.

Всі наукові результати, що виносяться автором на захист належать йому повністю і розроблені ним особисто.

Характеристика методології і методів досліджень об'єктів. Загальною методологічною основою є системний підхід. Об'єкт наукового дослідження - система різання, взаємодія її з навколишнім середовищем. Основою виконаних досліджень є аналітичне моделювання процесу стружкоутворення з використанням МКЕ. Для цього розроблені і програмно реалізовані спеціальні алгоритми. Використовувались ЕОМ типу ОС БЕСТА 33/8М/160М та ПЕОМ 386 SX 33/2М/40М. Одержані висновки співставлені з результатами експериментів на верстатах моделей 2А715, 1К625, ЕМУ-200. Поле ліній ковзання в зоні різання вивчалось на мікроскопі МІМ-7 по відполірованим та протравленим кореням стружок, які одержані в спеціальному пристрої з допомогою вибуху. Зміни зони стружкоутворення досліджувались з допомогою швидкісної кінозйомки камерою СКС-1. Середня температура контакту в зоні різання вимірювалась з допомогою натуральної терморпари. Сили різання визначались динамометром УДМ-600. Для створення

твердих копій змін температури і сил, застосовувався світлопроменевий осцилограф Н117/1. Зношення по задній поверхні ріжучих пластин вимірювалось з допомогою БМІ.

Результати стійкісних випробувань оброблені з допомогою методів математичної статистики. Графічне зображення залежностей одержане з допомогою програмних продуктів GRAPHER, SIMPLEFORMULA та спеціально створених програм. Узгодженість висновків з механіки стружкоутворення перевірялась з допомогою анімації. Виконані теоретичні та експериментальні дослідження базуються на положеннях теорії різання, технології машинобудування, опору матеріалів, математики. Використані основи проектування інструменту, верстатів, пристроїв, програмування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Застосування методології системного підходу. Складність і різноманітність явищ, що супроводжують процес різання, сприяють використанню положень теорії систем. Але для цього необхідно мати методіку, яка однозначно дозволяє виділити із навколишнього середовища об'єкт досліджень - систему різання. Аналіз багаточисельних визначень різних систем дозволив встановити основні ознаки системи:

- цілі;
- сталість;
- мінімальна складність.

Головна ознака це цілі. Ознаки сталості та мінімальної складності контролюють процес виділення. "Сталість" показує, що досліджується реальна система. "Мінімальна складність" дозволяє визначити чи всі елементи враховані при реалізації цільового простору, чи не розглядаються такі, які не сприяють досягненню цілей системи.

Проблему визначення цілей системи можна розв'язати, враховуючи визначення процесу різання та те положення, яке займає цей робочий процес в технологічному процесі.

По ГОСТ 3.1109-82 різання, це утворення нових поверхонь видаленням шару металу з утворенням стружки. При цьому, ніяких вимог до утворених поверхонь не висувається.

З іншого боку, відповідно до ієрархії цілей технологічної системи процесу (рис. 1), система різання, це рівень переходу. Тут треба зрізати якнайбільше металу, забезпечуючи максимальну

стійкість леза та найменше споживання енергії. Тому дві інші ознаки системи різання (сталість та мінімальна складність) також наповнюються конкретним змістом: сталість - визначається стійкістю леза; мінімальна складність - впливає на зменшення енергоспоживання.

Єрархія цілей технологічної системи

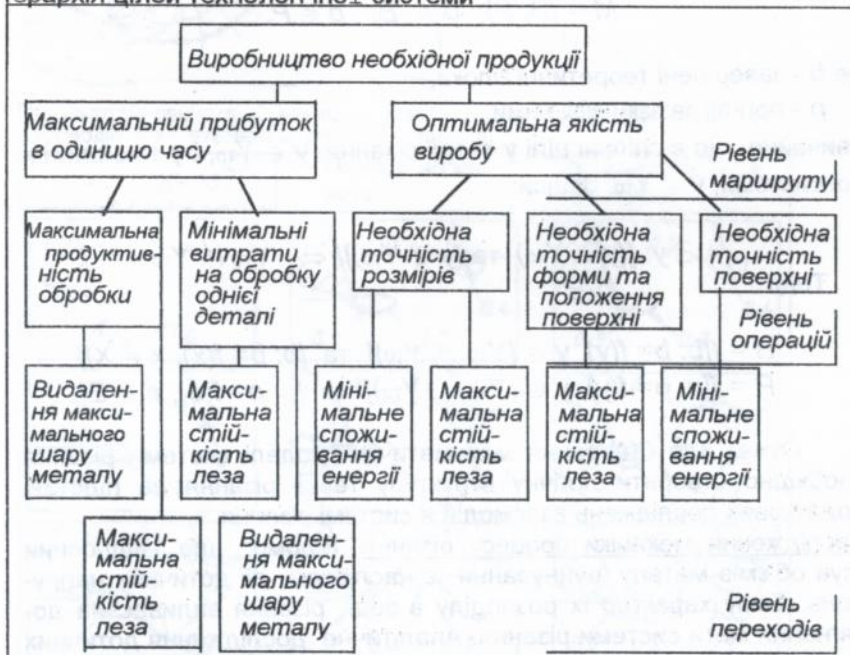


Рис. 1

Якщо виходити із наведеного визначення процесу різання та цілей переходу, то система різання має одну мету: направлене руйнування металу. Ця мета досягається при наявності леза, x_1 ; стружки, x_2 ; заготовки, x_3 .

Структура системи різання:

$$R = \{X, E, T\}, \quad x \in X, \quad e \in E, \quad \tau \in T,$$

де τ - відрізки часу;

e - взаємодії в системі різання (e_1 - механічна робота; e_2 - тепла енергія).

Математичне моделювання системи різання можливе тільки при наявності такої теорії, яка дозволяє подати множину взаємодій E в вигляді аналітичних виразів. Структура такої теорії:

$$M = \{B, P\}, \quad b \in B, \quad p \in P,$$

де b - завершені теоретичні блоки;

p - логічні зв'язки між ними.

Звичайно, що є спільні цілі у теорії різання; $y \in Y_{\text{тр}}$, і у технологічної системи, $y \in Y_{\text{тс}}$. Звідси:

$$\exists y: [(y \in Y_{\text{тр}}) \text{ та } (y \in Y_{\text{тс}})] \Leftrightarrow Y_{\text{тр}} \cap Y_{\text{тс}}$$

Тоді:

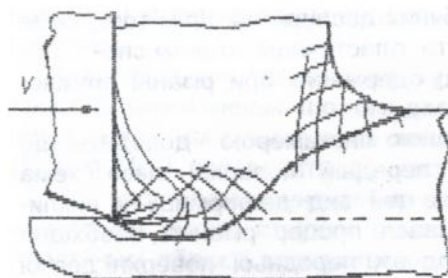
$$B = \{[b: b = f(y), y \in (Y_{\text{тр}} \cap Y_{\text{тс}})] \text{ та } [b: b = f(x), x \in X]\}$$

$$P = \{[p: p = f(y), y \in (Y_{\text{тр}} \cap Y_{\text{тс}})] \text{ та } [p: p = f(e), e \in E]\}$$

Отже, для створення математичної моделі системи різання необхідно створити логічну структуру теорії різання на підставі додаткових досліджень взаємодій в системі різання.

Дослідження механіки процесу різання. Відомо, що відносний зсув об'ємів металу, руйнування є наслідком дії дотичних напружень. Тому характер їх розподілу в зоні різання впливає на досягнення мети системи різання. Аналітичне дослідження дотичних напружень виконане по розрахунковій схемі МКЕ, яка відповідає різанню з подачею $S=0,12$ мм/об та глибиною $t=1$ мм. Властивості оброблюваного матеріалу відповідали сталі 45, а інструментального - Т15К6. Досліджувалась поведінка системи різання при різних значеннях переднього кута (в межах від -18 до $+18$ градусів). Рух леза відтворювався періодичним збільшенням навантаження на 250 Н.

Графічне суміщення полів ліній ковзання деформацій стиску та вигину дозволило одержати загальне поле пластичних деформацій при різанні (рис.2). Розрахунки дотичних напружень в системі різання (рис.3) повністю співпадають з цими результатами



Сумарне поле ліній ковзання
деформація отиоку та вигину
при різанні

Рис. 2

Результати обчислень дотичних напружень в зоні різання при
взаємодії всіх елементів системи різання

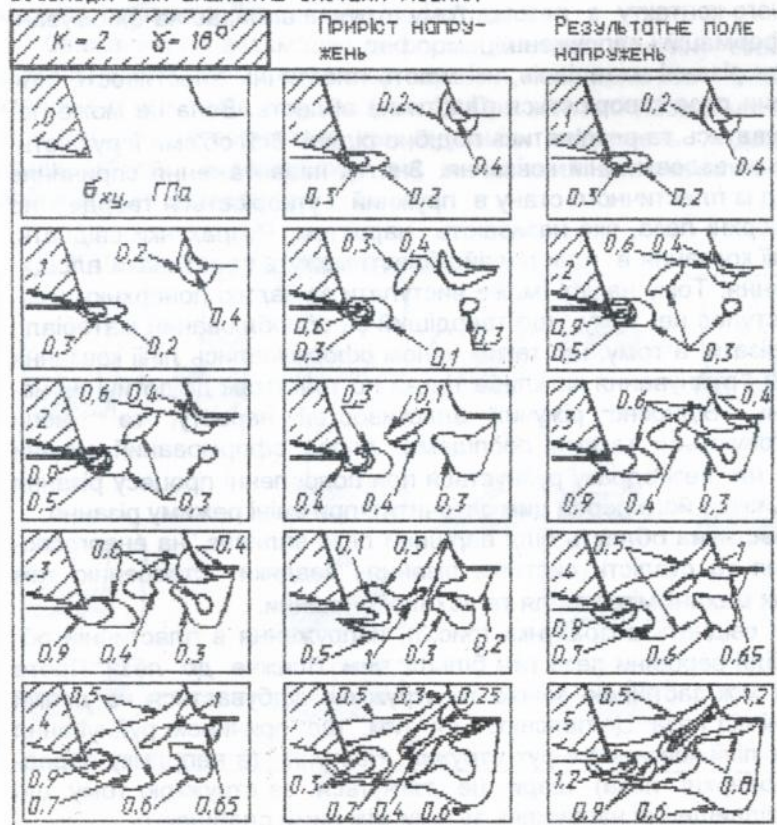


Рис. 3

ми та результатами металографічних досліджень. Крім того, саме така форма межі між пружним та пластичним станом спостерігається на коренях стружок, одержаних при різанні пружно-пластичних матеріалів.

Розрахунки та зйомки швидкісною кінокамерою доводять, що при відсутності руху металу по передній поверхні леза схема деформування відповідає стиску, а цей вид деформації не викликає стружкоутворення. Щоб почався процес різання необхідно створити умови для зміщення вздовж передньої поверхні деякої консолі, що утворилась в результаті концентрації напружень біля вершини леза. Цей метал не може вилучатись із зони різання без активного контакту з лезом, тому стружка впливає на формування деформацій і напружень.

При різанні матеріалів, які мають пластичні властивості, біля вершини леза створюється пластична область. Вона не може перемішуватись та розділяти подібно рідині. Всі об'єми її рухаються тільки вздовж ліній ковзання. Зняття навантаження спричиняє перехід із пластичного стану в пружний і утворюється тверде тіло на поверхні леза, яке називають наростом. Розрахунки свідчать, що лінії ковзання в пластичній області можуть перетинати площину різання. Тому нарост може виступати за задню поверхню леза. Він виступає не тому, що твердіший за оброблюваний матеріал і може різати, а тому, що таким чином сформувались лінії ковзання (рис. 2) і руйнування можливе тільки по траєкторії дії дотичних напружень. Відносно ріжучих властивостей наросту, то вони спростовуються такими дослідями: добре сформований міцний нарост на лезі одразу руйнується при поновленні процесу різання (навіть якщо його перед цим заточити), при зміні режиму різання.

Пластична область біля вершини леза впливає на енергоспоживання та сталість системи різання завдяки створенню там простих механізмів: важеля та похилої площини.

Як свідчать розрахунки (рис.3), напруження в пластичній області біля вершини леза тим більші чим ближче до леза. Проте розрив між застійною зоною та стружкою відбувається на деякій відстані від леза. Це пояснюється тим, що причиною руйнування вздовж лінії ковзання є рух стружки. Наступні (в напрямку передньої поверхні леза) шари не тягнуться за стружкою тому, що через підвищення напружень зв'язки між ними слабшають.

Встановлено, що коли елемент починає рухатись по поверхні зсуву і зменшується реакція металу на зусилля з боку леза, тоді

напруження перед лезом падають і розміри пластичної зони зменшуються.

Завдяки цьому, траєкторія руху стружки міняє своє положення в просторі таким чином, що чим далі її точки знаходяться від вершини леза, тим більше вони зміщуються в напрямку швидкості різання. Це і призводить до закручування стружки.

Під час переміщення елемента по поверхні зсуву, завдяки одночасному рухові стружки вздовж передньої поверхні, частина пластичної області витягується, заповнюючи собою впадину між цим і наступним елементами, і переходить в пружний стан. Завдяки цьому поверхня стружки з боку леза вирівнюється і zdeформована набагато більше ніж інші області.

Зважаючи на взаємодію деформацій стиску і вигину, створена узагальнююча схема стружкоутворення, яка пояснює механізм утворення усіх типів стружок (рис.4). При контакті леза з металом, біля вершини створюється концентрація напружень. А далі все розвивається в залежності від механічних властивостей оброблюваного матеріалу.

Узагальнена схема стружкоутворення

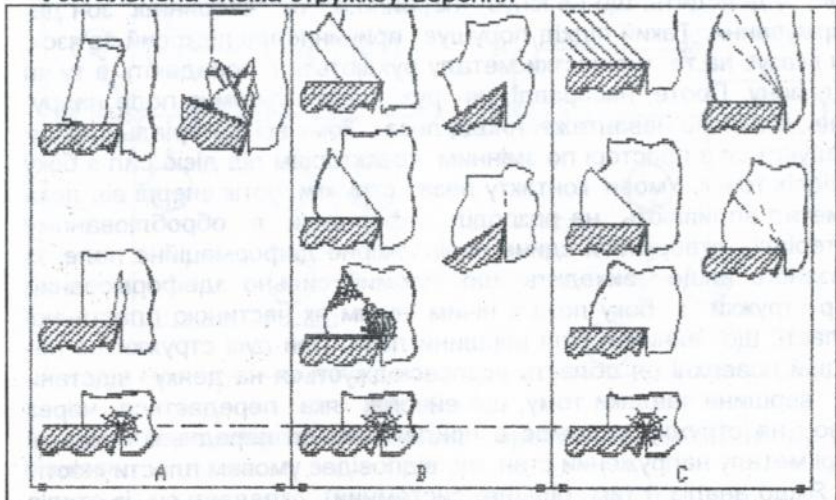


Рис. 4

Якщо матеріал пружний (рис.4, зона А), то з'являється тріщина, яка зростає, збільшуючи тим самим довжину стружки-консолі. При

деякому значенні довжини консоль відламується. Якщо ж матеріал не має змоги рухатись по передній поверхні, то вигин відсутній, а крихкий матеріал руйнується від подальшого стиску.

При різанні пружно-пластичного матеріалу (рис.4, зона В) біля вершини леза утворюється пластична область. Це створює консоль, що знаходиться в пружно-пластичному стані. Якщо під дією стиску і вигину критичні напруження виникають на поверхні, що співпадає з положенням небезпечного перерізу консолі (рис.2,3), то утворюється елементна стружка. При руйнуванні вздовж обробленої поверхні - зливна.

Коли переважають пластичні властивості (рис.4, зона С), то стружка не здатна передавати значний вигинаючий момент. Тому руйнування відбувається тільки по поверхні, що є небезпечним перерізом консолі. Навіть якщо стружка утворюється в результаті послідовних зсувів, то це елементна стружка, у якій довжина елементів прямує до нуля. Зйомки швидкісною кінокамерою показують, що, в разі неможливості руху такої стружки по передній поверхні леза, стружкоутворення припиняється.

Результати моделювання системи різання з допомогою МКЕ (рис. 3) доводять, що не існує "первинної" та "вторинної" зон деформування. Такий підхід порушує причинно-наслідковий зв'язок. Він вказує на те, що частки металу рухаються і попадають в ту чи іншу зону. Проте, насправді, не рух часток формує поле напружень, а силове навантаження від леза. Тому всі матеріальні точки зміщуються в просторі по змінним траєкторіям під дією сил з боку сусідніх точок. Умови контакту леза і стружки, потік енергії від леза в метал впливають на розподіл деформацій в оброблюваному матеріалі, створюючи єдине нерівномірне деформаційне поле. Із сказаного вище виходить, що відомий сильно zdeформований шар стружки з боку леза є нічим іншим як частиною пластичної області, що виникає біля вершини леза. При русі стружки по передній поверхні ця область розповсюджується на деяку відстань від вершини завдяки тому, що енергія, яка передається через лезо на стружку, створює в прилеглому до передньої поверхні шарі металу напружений стан, що відповідає умовам пластичності.

Якщо аналіз (і тим більше системний) складається із етапів дискретизації об'єкту, аналізу елементів і їх взаємодій та синтезу моделі об'єкту на підставі одержаних нових знань про нього, то логічним було створення по узагальнюючій схемі стружкоутворення

(рис. 4) анімаційного фільму. Наявність такого фільму довела справедливість та узгодженість викладених висновків з механіки процесу різання.

Рух енергії в системі різання. Відповідно до енергетичної теорії, руйнування відбувається тоді, коли в заданому об'ємі матеріалу накопичується критична величина внутрішньої енергії. Аналіз руху та перетворення енергії в системі різання (рис. 5) показує, що витрати ресурсу працездатності леза пов'язані з процесом формування в ньому внутрішньої енергії. Робота різання A трансформується в потенційну енергію леза $A_{\text{л}}$ та витрачається на внутрішнє тертя, Q_1 . Потенційна енергія деформації, $A_{\text{л}}$, витрачається на роботу тертя по передній, $A_{\text{т1}}$, та задній, $A_{\text{т2}}$, поверхнях і переходить в потенційну енергію стружки, $A_{\text{с}}$, і тепло, Q_6 . Далі потенційна енергія стружки виконує роботу деформування в оброблюваному металі, $A_{\text{д}}$, та поповнює внутрішню енергію в зоні руйнування.

Схема руху енергії в системі різання

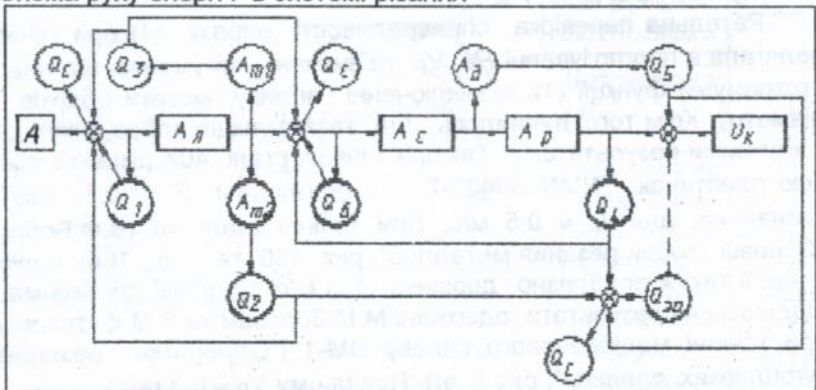


Рис. 5

Критична енергія руйнування оброблюваного матеріалу дорівнює:

$$U_{\text{к}} = A_{\text{д}} + Q_{\text{с}}^{\text{р}} + Q_{\text{за}}^{\text{р}}$$

де $A_{\text{д}}$ - механічна робота руйнування;

Q_s^p - тепло, яке надходить з найближчого попереднього положення системи різання;

$Q_{за}^p$ - тепло, що накопичується в заготовці в результаті обробки.

В процесі дослідження встановлено, що через експериментальні точки залежності $P = P_z(V)$ можна провести синусоїду:

$$P_z = P_0 + P_a \sin((2\pi / V_p) (V + V_0)). \quad (1)$$

де P_0 - середнє значення функції $P(V)$;

P_a - амплітуда;

V_0 - початкова фаза ;

V_p - інтервал швидкостей, які дають сусідні екстремальні значення функції $P_z = P_z(V)$.

Таке явище можна пояснити, прийнявши до уваги, що швидкість різання може визначати механізм додавання механічної та теплової енергій. Чим він ефективніший, тим менше система різання потребує механічної енергії (при постійному значенні U_k), тобто, зменшується значення P_z .

Ретельна перевірка справедливості виразу (1) при точінні полягала в прогнозуванні P_a , V_p та значень аргумента, що надає екстремуми функції (1), в виключенні впливу частоти обертів та діаметру. Крім того, виявилось, що така функція добре співпадає з відомими результатами. Так при точінні сталі 40X різцем з ріжучою пластиною TNMN160402-T15K6 при подачі $S = 0,12$ мм/об визначено, що $V_p \approx 0,5$ м/с. При точінні сталі 40 (В.Ф.Бобров "Основи теорії різання металлов", рис. 160 та рис. 164). період функції також приблизно дорівнює 0,5 м/с. Подібній апроксимації піддаються і результати, одержані М.М.Зорєвим та З.М.Фетисовою при точінні молібденового сплаву ВМ-1 ("Обработка резанием тугоплавких сплавов", рис.5, в)). При цьому $V_p \approx 0,3$ м/с.

Отже, вперше в теорії різання досить точно відтворені результати (йдеться про V_p), які одержані в різний час різними дослідниками.

Аналіз взаємодії системи різання з довкіллям. Системний підхід до теорії різання дозволив не тільки виділити та проаналізувати систему різання, а і встановити характер її взаємодії з оточенням. Хоча система різання теоретично складається з леза, заготовки та

стружки, проте окремо існувати вона не може, бо їй необхідно постачати енергію, створювати необхідні траєкторії рухів. Найближче оточення, яке забезпечує функціонування системи різання, це технологічна система операції. Елементами цієї системи (або, зважаючи на складність цих елементів, їх можна назвати підсистемами) є сама система різання, верстат, ріжучий інструмент, допоміжний інструмент, підсистема заміни інструменту, контрольно-вимірювальна підсистема, підсистема діагностики, підсистема ЗОС, підсистема подріблення та видалення стружки, підсистема загрузки-вигрузки та підсистема керування. Взаємодії між цими підсистемами (рис. 6) створюють умови для оптимального існування системи різання.

Структура металоріжучої системи

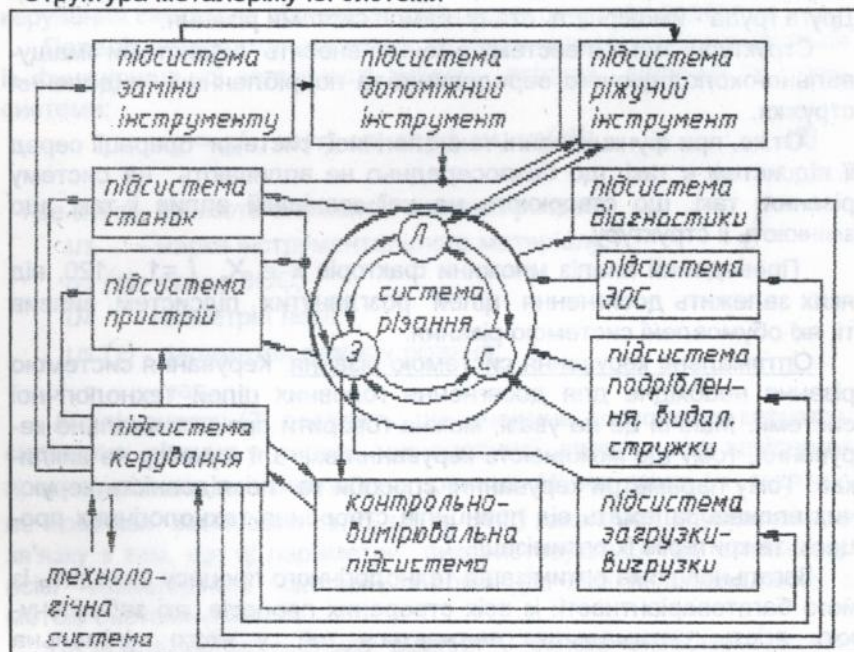


Рис. 6

Такі підсистеми як верстат, ріжучий інструмент, допоміжний інструмент та пристосування, в межах доступної їм точності,

створюють жорсткі програми відносного положення і руху елементів системи різання та передачі механічної енергії. Ступінь жорсткості та точності виконання цих програм викликає зміни впливу зовнішнього середовища на систему різання.

Підсистеми замінення інструменту, загрузки-вигрузки діють з системою різання в різних проміжках часу, на умови її існування не впливають, необхідні для автоматизованого управління металоріжучою системою. Контрольно-вимірювальна та діагностична підсистеми також впливу на систему різання не мають, проте постачають інформацію про вектор її стану.

Підсистема діагностики дозволяє випадкові фактори в системі різання розподілити на дві групи. Перша - це фактори, що безпосередньо залежать тільки від леза (ймовірний розподіл твердості та міцності, теплопровідності, механічних пошкоджень). Друга група - ймовірність стану самої системи різання.

Структурні зміни в систему різання вносять підсистеми змашувально-охолоджуючого середовища та подріблення і видалення стружки.

Отже, при функціонуванні технологічної системи операції серед її підсистем є такі, що безпосередньо не впливають на систему різання, такі, що створюють на неї зовнішній вплив і такі, що змінюють її структуру.

Проведений аналіз множини факторів $x \in X$, $i = 1, \dots, 120$, від яких залежить досягнення цілей розглянутих підсистем, виявив ті, які обумовлені системою різання.

Оптимальне керування системою різання. Керування системою різання необхідне для досягнення головних цілей технологічної системи. Маючи це на увазі, можна говорити про оптимальне керування, тому що можливість керування взагалі сумніву не викликає. Тому параметри керування, способи та послідовність керуючих впливів залежать від принципів створення технологічних процесів та критеріїв їх оптимізації.

Загальновідома оптимізація технологічного процесу виходить із його багатоваріантності: із всіх створених процесів, які забезпечують якість, оптимальним вважається той, у якого мінімальна собівартість. Оптимізація операцій (при використанні відомих переходів, що створюють потрібну якість поверхні) полягає в побудові такої послідовності, яка забезпечує найменшу собівартість.

І, нарешті, оптимізація технологічного переходу, це вибір таких ріжучого та допоміжного інструментів, пристосувань, умов існу-

вання системи різання (режим), які забезпечують видалення відповідного шару металу, сталість процесу та мінімальне споживання енергії.

Для здійснення керування будь-якою системою необхідно визначити цільовий простір керування, перелік допустимих керувань, закон керування, час переходу (час, за який відбувається мінімізація функціоналу якості керування), метод оцінки стану системи.

Якщо система різання функціонує в складі конкретного переходу, то керування системою різання необхідне для реалізації цільового простору цього переходу: видалення припуску, мінімальне споживання енергії та задана стійкість леза. Ознаки системи різання відповідають цим цілям. Тому цільовий простір керування системою відповідає цільовому простору переходу.

Перелік допустимих керувань та закон керування визначаються із функціональної залежності змінних вхідних величин та стану системи:

$$g = g[\tau, u_1(\tau), u_2, u_3(\tau), u_4, u_5(\tau)], \quad (2)$$

де $u_1(\tau)$ - кількість елементів системи різання;

u_2 - марка інструментального матеріалу;

$u_3(\tau)$ - склад ЗОС;

u_4 - геометрія леза;

$u_5(\tau)$ - параметри режиму різання;

τ - час.

Аналіз виразу (2) доводить, що множина допустимих керувань системою різання у складі технологічної системи при здійсненні процесу різання змінюватись не повинна. Міняти u_1 та u_4 технічно не можливо. Змінювати $u_1(\tau)$, $u_3(\tau)$, $u_5(\tau)$ також не допускається, в зв'язку з тим, що ці параметри використовуються при оптимізації всієї технологічної системи, головні цілі якої не співпадають з метою системи різання.

Це доводить, що система різання у складі виробничої технологічної системи динамічному керуванню не підлягає. Тому поняття часу переходу відсутнє. Можна говорити тільки про статичне керування, тобто при проектуванні нових систем різання, нових технологічних систем встановлюють такі параметри виразу (2), які дозволяють визначити поведінку системи на період її існування.

При цьому, оптимізація системи різання полягає, по-перше, в мінімальному споживанні енергії:

$$I_0 = \sum_{i=1}^m \bar{\epsilon}_i \cdot \bar{\sigma}_i \rightarrow \min,$$

де m - кількість кінцевих елементів в розрахунковій схемі;

$\bar{\epsilon}_i$, $\bar{\sigma}_i$ - інтенсивність деформацій та напружень в кожному елементі.

по-друге, в досягненні найбільшої сталості системи:

$$I_1 = \int_0^{\pi} A(\tau) d\tau \rightarrow \max,$$

де A - робота зовнішніх сил.

По I_1 оцінюється стан системи різання.

Параметри $u_1(\tau)$, $u_3(\tau)$, $u_5(\tau)$ змінюються в такій системі різання, яка входить до складу системи, що реалізує дослідницький план.

Розрахунки витрат ресурсу працездатності та стійкості лез.
Математичну модель термодинамічної системи різання можна записати таким чином:

$$|\sigma| = |D| \cdot |\varepsilon| \quad (3)$$

$$|D| = \frac{E}{1-\mu^2} \begin{vmatrix} 1 & \mu & 0 \\ \mu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (1-\mu)/2 \end{vmatrix} \quad (4)$$

$$|\varepsilon| = |C| \cdot |\delta| \quad (5)$$

$$|\delta| = |K^{-1}| \cdot |P| \quad (6)$$

$$E_p^i = E_p (E^i, Q_1^i, Q_2^i, Q_3^i) \quad (7)$$

$$\mu_p^i = \mu_p (\mu^i, Q_1^i, Q_2^i, Q_3^i) \quad (8)$$

$$E_p^c = E_p (E^c, Q_3^c, Q_4^c, Q_6^c) \quad (9)$$

$$\mu_p = \mu_p^c (\mu^c, Q_3^c, Q_4^c, Q_6^c) \quad (10)$$

$$(\tau V) / l = \varepsilon + G \quad (11)$$

$$l_0 = \sum_{i=1}^m \varepsilon_i \cdot \sigma_i \rightarrow \min \quad (12)$$

$$l_1 = \int_0^T A(\tau) d\tau \rightarrow \lim \quad (13)$$

Розв'язок системи цих рівнянь дозволяє прогнозувати стійкість леза, визначати його параметри, які забезпечують найменше споживання енергії.

Проте практичне використання цієї моделі має значні труднощі:

- по-перше, метод кінцевих елементів, (3) - (6), не дозволяє розв'язувати контактні задачі з великим відносним зміщенням взаємодіючих тіл;

- по-друге, залежності (7) - (10) існують тільки в операторній формі, функціональні залежності для системи різання не визначені;

- по-третє, не визначена постійна інтегрування в формулі (11);

- по-четверте, теорія різання не дає граничного значення виразу (13).

Тому, на підставі системи (3) - (13) створено аналітично-експериментальну модель системи різання.

Вся потенційна енергія леза розділяється на три потоки: в стружку, в зону тертя по передній поверхні, в зону тертя по задній поверхні. З іншого боку, тертя та деформування стружки створюють ті зовнішні сили, що виконують роботу над лезом.

Експериментально встановлено, що між величиною зношення леза і виконаною в системі різання роботою існує функціональний зв'язок. Причому, будова таких емпіричних формул та чисельне значення їх постійних параметрів залежить від інструментального матеріалу, розмірів та форми пластини (рис. 7). Пояснюється це тим, що руйнування поверхневого шару інструменту (зношення) відбувається тоді, коли його внутрішня енергія досягає критичної величини. Накопичення внутрішньої енергії проходить під впливом роботи зовнішніх сил та потоку тепла із зон тертя в тіло інструмента (рис. 5). Зважаючи на те, що інтенсивність відтоку тепла в

багатогранній непереточуваній пластині встановлюється відповідно до її матеріалу, форми та розмірів, процес накопичення внутрішньої енергії (а відповідно і зношення) залежить від роботи зовнішніх сил.

Призначивши значення параметру зношення, по формулі (рис. 7) можна одразу визначити найбільше значення роботи, яку здатна виконати ця пластина, тобто встановити її ресурс працездатності. Це дозволяє визначити граничне значення роботи в системі різання ще до її створення.

Визначений при заданому зношенні лека ресурс його працездатності (рис. 7), витрачається при різанні зі швидкістю, що залежить від обставин експлуатації. Таке ствердження справедливе при умові, що перехід від одного режиму роботи до іншого не вносить істотних змін до ріжучих властивостей інструментального матеріалу. А саме таким вимогам і відповідають інструментальні матеріали (якщо не допускати критичної температури, граничних навантажень, хімічних перетворень).

Функціональна залежність між виконаною роботою і зношенням багатогранних пластин

| Матеріал | Позначення | Формула | Крит. т-ра, К |
|-----------|--------------------|-----------------------------|---------------|
| Силинит-р | SNMN120404M | $A = 573 \cdot h^2$ | 1470 |
| ВОК-60 | SNMN120404M | $A = \exp(10,91 \cdot h)$ | 1470 |
| ЦМ-332 | SNMN120404 | $A = \exp(9,6 \cdot h^2)$ | 1470 |
| ВШ-75 | SNMN1208004 | $A = 1/(-0,2 \exp(h)+0,28)$ | 1470 |
| Томал-10 | SNMN090404D | $A = 923 \cdot h$ | 920 |
| Киборит | RNMN0703M | $A = 50 \cdot h^{0,5}$ | 1670 |
| ТН-20 | SNMM120404M | $A = 0,43 \cdot h^2$ | 1050 |

Рис. 7

Як видно із схеми руху енергії в системі різання (рис. 5), для різання використовується більше енергії, ніж це необхідно для руйнування оброблюваного матеріалу. Для визначення цієї невід-

повідності введено поняття коефіцієнта корисної дії системи різання. Він визначається як відношення питомої роботи руйнівної деформації, A_{nc} , при стисненні до питомої роботи різання, A_n :

$$\omega = (S \cdot t / P_z) \int_0^e \sigma(e) de, \quad (14)$$

де P_z - головна складова сили різання;

$\sigma(e)$ - напруження, що залежить від деформації при стисненні.

Аналізуючи коефіцієнт корисної дії можна визначити ефективність організації конкретної системи різання: чи можливе її поліпшення, чи такі роботи проводити вже не варто.

Таким чином, система різання існує до тих пір, доки робота зовнішніх сил, A , не перебільшує ресурс працездатності леза (втрати в лезі, Q_1 , можна не враховувати):

$$l_1 \leq A.$$

Якщо коефіцієнт корисної дії визначати експериментально в вигляді функції від геометричних параметрів леза, його відносно го положення і руху, то одержимо модель системи різання в такому вигляді:

$$\omega = \omega(\gamma, V(\tau), S(\tau), t(\tau)) \quad (15)$$

$$l_0 = l_1 \quad \omega \rightarrow \min \quad (16)$$

$$l_1 = \int_0^T A_{nc} / \omega \cdot V(\tau) \cdot S(\tau) \cdot t(\tau) d\tau \quad (17)$$

$$l_1 \rightarrow \lim = A \quad (18)$$

На підставі (15) - (18) створена динамічна комп'ютерна модель точіння (рис. 8). До складу цієї моделі входить банк даних інструментального матеріалу, що містить таблицю показану на рис. 8, та банк даних оброблюваного матеріалу, який складається з залежностей напружень від деформацій, одержаних при випробуванні стисненням і експериментальних формул $\omega = \omega(V, S, t)$. Графічно на екрані ПК імітується процес точіння, а при цьому визначаються координати леза (x_i, y_i) по відношенню до заготовки. Призначивши параметри руху (тобто n, S) можна, при відтворенні процесу точіння, слідкувати за часом роботи леза, силою P_z ,

Схема динамічної моделі точіння

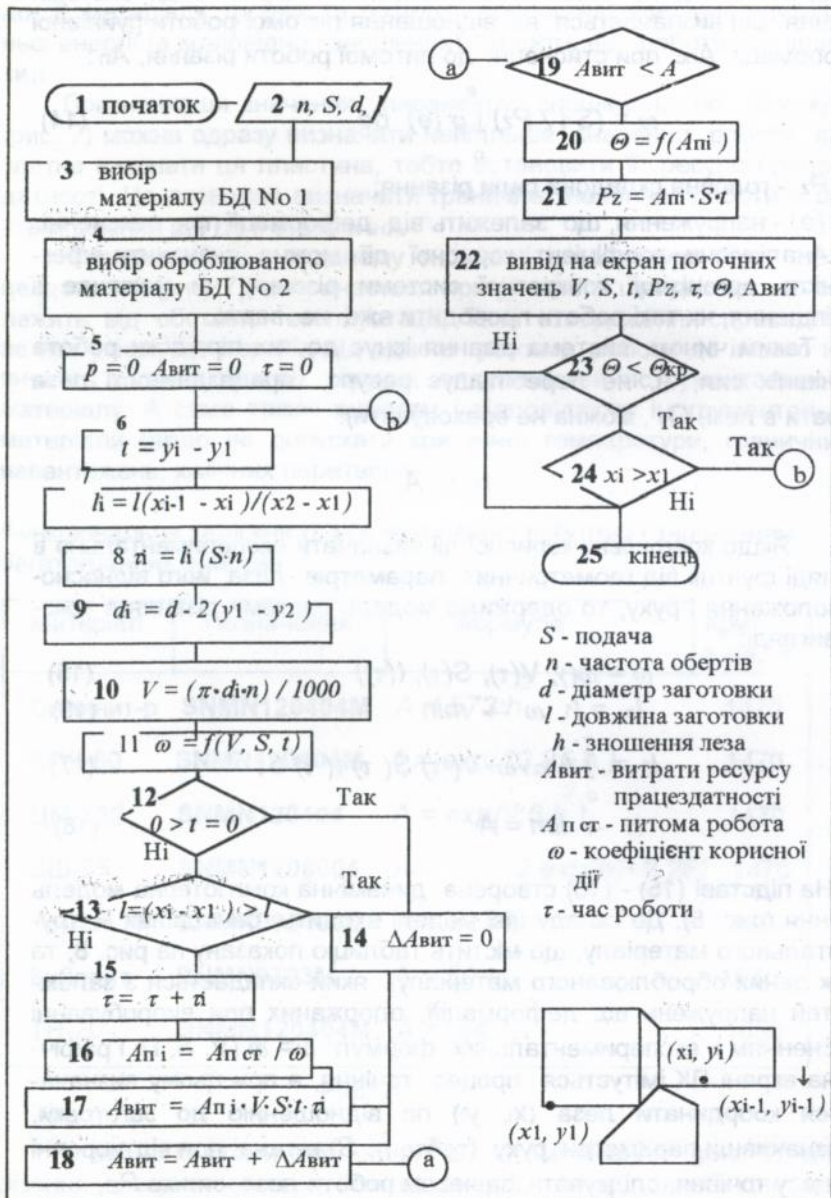


Рис. 8

витратами ресурсу працездатності, $A_{\text{вит}}$ (і порівнювати їх з повним запасом, A), параметрами режиму різання. Така модель дозволяє проводити стійкісні випробування та оптимізувати параметри режиму різання в залежності від необхідної стійкості лека.

Крім цього, визначення ресурсу працездатності лека, поряд з припущенням про його незалежність від способу витрат, дозволило створити аналітично-експериментальну методику прогнозування стійкості лез та визначення необхідної швидкості різання. Ефективність цієї методики проявляється при дослідженнях процесу точіння в умовах недостатньої кількості оброблюваного матеріалу (зносостійке покриття, легкооброблюваний матеріал).

Якщо призначити зношення лека і по відповідній формулі розрахувати ресурс його працездатності, A , то, в залежності від поставленого завдання, можна робити наступні розрахунки.

Необхідно визначити стійкість лека. Проводиться короткочасне точіння для реєстрації температури θ та сили P_z . Фактичне значення P_z дозволяє визначити стійкість:

$$T = A/(P_z \cdot V).$$

При цьому необхідно порівняти зафіксовану в досліді температуру з критичним її значенням, щоб переконатись, що інструментальний матеріал не втрачає ріжучих здібностей.

Коли ж стійкість задана, а необхідно визначити швидкість різання, то, в цьому випадку, експериментальна частина методики дещо збільшується, бо необхідно встановити емпіричні залежності

$$\theta = \theta(V), \quad P_z = C_p \cdot V^n.$$

$$V = \sqrt[n+1]{A/(T \cdot C_p)}$$

дозволяє визначити V (а.с. СРСР No 1703254). Щоб переконатись, що температура не перевищує критичного значення, необхідно використати вираз $\theta = \theta(V)$.

Прогнозувати стан системи різання можна, порівнюючи виконану роботу (або витрати ресурсу працездатності, $A_{\text{вит}}$) з повним запасом працездатності, A . Розрахувати $A_{\text{вит}}$, неможливо тому, що частина параметрів синусоїди (початкова фаза та положення середньої лінії), що апроксимує експериментальні результа-

ти, непередбачені і надзвичайно чутливі до змін в зоні різання. Одержати точне значення виконаної роботи можна тільки на підставі експерименту, який полягає в супроводжувачому вимірюванні сили різання:

$$A_{\text{вит}} = \int_0^T P_z(\tau) \cdot V(\tau) d\tau \quad (19)$$

Приблизне значення виконаної роботи можна одержати, приймаючи до уваги, що більша частина витрат енергії при різанні припадає на пластичне деформування стружки.

Одержана формула для розрахунку питомої роботи:

$$A_p = 2 \cdot \sigma_T (\ln K)^{\eta+1}, \quad (20)$$

та роботи пластичного деформування стружки :

$$A_d = A_p \cdot V \cdot S \cdot f \cdot \tau, \quad (21)$$

де K - коефіцієнт потовщення стружки;

η - показник деформаційного зміцнення;

σ_T - напруження при одиничній деформації.

По (21) можна розрахувати приблизне значення виконаної роботи ($A_d \approx A_{\text{вит}}$). Вираз (20) дозволяє, використовуючи коефіцієнт потовщення стружки, порівнювати енерговитрати при обробці різних матеріалів.

Якщо в процесі експерименту лезо було зношене повністю, то це є підставою вважати, що значення A , одержане з допомогою (19) чи (21), дорівнює запасу працездатності.

ВИСНОВКИ

1. Вперше створена методика однозначного виділення системи різання із довкілля, яка базується на вперше встановлених ознаках системи різання:

- сталість;
- мінімальна складність;
- мета.

2. На підставі аналізу ієрархії цілей технологічного процесу, враховуючи визначення системи різання в ГОСТ 3.1109-82,

вперше встановлена мета системи різання:

- направлене руйнування.

3. В відповідності до виявлених ознак, вперше науково-обґрунтовано встановлена структура термодинамічної системи різання:

елементи - лезо, заготовка, стружка;

взаємодії - механічна енергія, теплова енергія.

4. Вперше встановлено єдиний механізм утворення усіх видів стружок, заснований на взаємодії в зоні різання двох основних видів деформацій: стиску та вигину. При цьому виявлена послідовність утворення прирізцевого шару стружки, зроблено пояснення, з позицій механіки, явища закручування стружки.

5. На підставі одержаного з допомогою розрахункового методу кінцевих елементів розподілення дотичних напружень в зоні різання, графічного суміщення ліній ковзання, що утворюються при вигині та стиску, а також аналізу текстури мікрошліфів коренів стружок та наросту, вперше встановлено, що пластична область біля вершини леза впливає на енергоспоживання та сталість системи різання шляхом створення там простих механізмів: важіля та похилої площини. Пластична область, це частина твердого тіла, що знаходиться в наднапруженому стані. Тому, всі її об'єми можуть зміщуватись тільки вздовж сформованих ліній ковзання.

6. Вперше створена схема руху енергії в системі різання, з якої виходить, що сталість системи різання (зносостійкість леза) визначається величиною потенційної енергії леза.

7. Вперше поняття ресурсу працездатності леза визначене як значення найбільшої виконаної ним роботи і вперше створена методика його розрахунку для багатогранних непереточуваних пластин.

8. З допомогою аналізу взаємодій системи різання з доквіллями (та схеми руху енергії в системі різання) вперше встановлено, що фактори, які впливають на сталість системи різання (зносостійкість леза) можна поділити на дві групи:

- перша група, залежить від матеріалу та форморозмірів леза, формує працездатність леза;

- друга група, ймовірні фактори процесу, залежить від конкретної реалізації системи різання та оцінюється споживаною системою різання енергією.

9. Вперше створена теорія розрахунку швидкості різання та стійкості леза при використанні такої пари інструментальний-

оброблюваний матеріал, які раніше ніколи разом не досліджувались.

10. Вперше введене поняття коефіцієнта корисної дії системи різання, використовуючи яке, разом з чисельним значенням ресурсу працездатності леза, вперше створена комп'ютерна модель точіння, яка дозволяє аналізувати силові та температурні залежності, моделювати стійкісні випробування, аналізувати параметри режиму різання.

11. На підставі застосування закону керування системами до системи різання, вперше встановлено, що множина можливих керувань при функціонуванні технологічної системи змінюватись не може. (Зміни геометрії, матеріалу в процесі різання і технічно складно та й призвело б до змін вихідних показників технологічної системи. Зміни режиму різання, ЗОС недопустимі, тому що ці фактори уже використані при оптимізації технологічного процесу.) Тобто, система різання на виробництві динамічному керуванню не підлягає. Можливе тільки статичне керування: при створенні (проектуванні) системи різання визначають її поведінку на весь час існування.

12. На підставі аналізу взаємодій системи різання з довідками та ієрархічної підлеглості її мети головним цілям технологічної системи, вперше науково обгрунтована логічна послідовність та вимоги при вивченні в ВУЗах предметів машинобудівного циклу: структура системи різання, структура металоріжучого комплексу, структура та методики створення технологічних систем.

Список опублікованих наукових праць, що відображають основні положення дисертації.

1. Швець С.В. Системний підхід до теорії різання. - К.: НМК ВО, 1992. - 120 с.

2. Филоненко С.Н., Гончар Ю.Н., Швець С.В. Исследование особенностей тонкого точения труднообрабатываемых материалов резцами из зльбора-р.//Резание и инструмент, вып.14. - Х.: Вища школа, 1975. - С. 24-28.

3. Филоненко С.Н., Гончар Ю.Н., Швець С.В., Марченко В.И. Повышение стойкости инструмента при тонком точении нержавеющей сталей.//Технология и организация производства, №5. - К.: Техніка, 1976. - С. 34-35.

4. Швец С.В., Гончар Ю.Н. Особенности процесса резания нежелезистых сталей.//Известия ВУЗов. Машиностроение, No 3. -М.: МВТУ-им. Н.Э.Баумана, 1976. - С. 144-146.

5. Швец С.В., Гончар Ю.Н. Некоторые вопросы механики процесса резания.//Известия ВУЗов. Машиностроение, No 12. -М.: МВТУ им.Н.Э.Баумана, 1976. С. 149-152.

6. Гончар Ю.Н., Швец С.В. Устройство для мгновенной остановки процесса резания при растачивании.//Технология и автоматизация машиностроения, вып.19. - К.: Техника, 1977. -С. 14-16.

7. Залого В.А., Швец С.В., Иванин А.Д. и др. Прогрессивный инструмент для окончательной обработки широких поверхностей деталей из чугуна.//Резание и инструмент, вып.25. - Х.: Вища школа, 1981. С. 49-51.

8. Швец С.В. Оценка работы пластической деформации стружки по коэффициенту усадки.//Чистовая обработка деталей машин. - Саратов: СПИ, 1982. - С. 37-40

9. Залого В.А., Швец С.В., Сергийко В.Н. и др. Электроалмазная обработка ножей бумагорезальных машин.//Полиграфия, No 1. - М.: Книга, 1983. С. 26-27.

10. Залого В.А., Швец С.В. Исследование вибраций консольных участков деталей при фрезеровании.//Резание и инструмент, вып. 29. - Х.: Вища школа, 1983. С. 34-36.

11. Швец С.В., Тищенко Г.М., Залого В.А. Особенности производственного использования резцов с безвольфрамовым твердым сплавом.//Технология машиностроения для легкой и пищевой промышленности и бытовых приборов, вып.6. - М.: ЦНИИТЭНЛегпищепром, 1983. С. 1-3.

12. Швец С.В., Бубнов И.В., Тищенко Г.М. Повышение стойкости резцов из безвольфрамового твердого сплава ТН-20 с использованием износостойких покрытий.//Технология, оборудование, организация и экономика машиностроительного производства. Серия 2. Режущие инструменты, вып.4. - М.: ВНИИТЭМР, 1985. С. 7-9.

13. Швец С.В., Залого В.А., Лоза А.Б. и др. Об использовании резцов из киборита при обработке чугунных гильз//Сверхтвердые материалы, No 4.- К.: Наукова думка, 1988.- С. 67-68.

14. Швец С.В. Исследование процесса тонкого точения пластичных металлов резцами из композитов.//Химическое маши-

ностроение: расчет, конструирование, технология, 1992. - К.:УМК ВО. - С. 172-178.

15. Швец С.В. Влияние специфических свойств хромоникелевых нержавеющей сталей на возникновение вектора сил при обработке резанием.// Химическое машиностроение: расчет, конструирование, технология, 1992. - К.: УМК ВО. - С. 178-181.

16. Швец С.В. Математическое отображение системы резания.//Резание и инструмент, вып. 48, материалы международной конференции "Интепартнер, высокие технологии", 1993.- Харьков: ХПИ. - С. 149-151.

17: Швец С.В. Исследование кинематических задних углов резьбонарезных резцов.//Современные технологии и оснастка машиностроительного производства, 1994. - К.: ИСИОУ.- С. 53-56.

18. Залого В.А., Швец С.В., Парфененко С.Г. Определение коэффициента укорочения стружки при тангенциальном течении.// Современные технологии и оснастка машиностроительного производства, 1994. - К.: ИСИОУ. - С. 56-61.

19. Швец Станислав. Системное изучение технологического процесса резания - основной резерв повышения его качества.// Информатизация та нові технології, №1, 1996 - К.:УкрІНТЕІ.-С.26-29.

20. А.с. СССР No 870070. Способ определения коэффициента усадки стружки./ Швец С.В., Залого В.А. - Оpubл. 07.10.81, Б.И. No 37.

21. А.с. СССР No 1295300. Способ определения коэффициента усадки стружки./Швец С.В., Парфененко С.Г., Ващенко С.Н. - Оpubл. 07.03.87, Б.И. No 9.

22. А.с. СССР No 1625587. Сборный резец. /Лоза А.Б., Кривопишин В.И., Швец С.В. и др.- Оpubл. 07.02.91, Б.И. No 5.

23. А.с. СССР No 1703254. Способ определения оптимальной скорости резания./ Швец С.В. - Оpubл. 07.01.92, Б.И. No1.

24. Филоненко С.Н., Гончар Ю.Н., Швец С.В. Размерная стойкость инструмента при тонком точении труднообрабатываемых материалов.//Тез.докл.на республ.конф. "Прорессивные методы обработки металлов лезвийным инструментом". - К.: Знание, 1976. - С. 24-25.

25. Филоненко С.Н., Гончар Ю.Н., Швец С.В. Перспективы развития финишной обработки резанием.//Тез.докл.на всесоюзной конф. "Инструментальная подготовка производства новых тракторов и сельхозмашин", - Одесса: Знание, 1976. - С. 110-113.

26. Швец С.В. Стойкость безвольфрамового твердого сплава ТН-20 при обработке стали ШХ-15.//Тез.докл.на рес. конф. "Прогрессивные технологические процессы и повышение эффективности механической обработки труднообрабатываемых и неметаллических материалов. - Днепропетровск: Знание, 1983. - С. 26.

27. Швец С.В., Парфененко С.Г., Залого В.А. Применение безвольфрамового твердого сплава ТН-20 при точении.// ИЛ о научно-техническом достижении, No 85-25. - X.: ЦНТИ, 1985. - 4 с.

28. Швец С.В., Залого В.А., Лоза А.Б. и др. Исследование эффективности применения нового инструментального сверхтвердого материала при обработке чугунных деталей. //Тез. докл. на всесоюзн. конф. "Повышение надежности и долговечности материалов и деталей машин на основе новых методов термической и химико-термической обработки". - Хмельницк-М.: ВнТОмашиностроителей, 1988. - С. 52-53.

29. Швец С.В. Аналитический метод оптимизации режимов механической обработки.//Тез.докл. на всесоюзной конф. "Проблемы качества механических передач редукторов. - Л.: Всес. ассоц. мех. трансмиссий, 1991. - С. 113-114.

30. Швец С.В. Оптимизация режимов резания при автоматизированном проектировании технологических процессов.//Тез. докл. на НТ конф. "Новые технологические процессы в механической обработке", 1992. - К.: Знание. - С. 42-43.

31. Швец С.В. Расчет скорости резания по параметрам кривой упрочнения обрабатываемого материала.//Тез. докл. на конф. "Новые технологические процессы в машиностроении", 1993. - К.: Знание. - С. 89-91.

32. Швец С.В. Определение обрабатываемости упрочненных поверхностей.// Тез. докл. на конф. "Современные технологии упрочнения, восстановления и механической обработки деталей с покрытиями", 1993. - К.: Знание. - С. 29-30.

33. Швець Станіслав. Комп'ютерна модель процесу різання.//2-й міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові, 1995. - Львів: ДУ"Львівська політехніка". - С. 104.

34. S.V.Shvets, V.P.Astakhov, M.O.M.Osman. A System Approach in Metal Cutting.//CSME Forum, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada, 1996. - P. 93-98.

АННОТАЦІЯ

Швец С.В. Системний аналіз і оптимізація стружкообразовання при точенні. Рукопис дисертації на соискание ученої ступені доктора технічних наук по спеціальності 05.03.01. - "Процеси механічної обробки, станки і інструмент". Одеський державний політехнічний університет, г.Одеса, 1995 г.

Разроботан метод однозначного виділення системи різання із окружаючої середовища. Складена обобщенная схема стружкообразовання. Проведен аналіз руху і превращення енергії в зоні різання.

Введено нове поняття коефіцієнта корисного дії системи різання. Встановлені функціональні залежності износа багатограних непереключаємих пластин від виконаної роботи. На основі цього розроблена динамічна комп'ютерна модель точення, дозволяюча імітувати стійкісні випробування, оптимізувати параметри режиму різання.

ANNOTATION

S.V.Shvets. The systems analyse and optimisation of chip formation process at turning. The manuscript of the dissertation is for conferment of doctor's degree on speciality 05.03.01. - "Mechanical process of machining, tools and machines", Odessa State Politechnical University, Odessa, 1995.

The method was developed for unequivocal allocation of the cutting system from an environment. The general scheme of chip formation was developed. The analyse of movement and conversion of energy in the cutting system was made.

The new definition as cutting system efficient coefficient was introduced. The functionality dependence between turning inserts wear and performed work was established. On its base the dynamics computer model of turning was developed which lets to imitate the durability tests and to optimise cutting conditions.

Ключові слова: система різання, мета, цільовий простір, енергія, оптимізація, управління, стійкість леза, працездатність леза, коефіцієнт корисної дії, критерії, стружкоутворення, робота, модель, технологічна система, ієрархія цілей.

Підписано до друку 10.06.95. Формат 60x84/16.

Обл.-вид.арк.2,0

Ум. друк. арк.1,85

Тираж 120 прим. Замовлення No

Безкоштовно