

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ

Київський політехнічний інститут

УДК 621.9.02:539.4:658.512.011.56

На правах рукопису

КОВАЛЬЧУК Сергій Ставіславович

**ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНИХ НАВАНТАЖЕНЬ
НА ПОВЕРХНЯХ РІЖУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ
ПРИ ЗМІНІ ЙОГО ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ**

Спеціальність 05.03.01 — Процеси механічної та фізико-хімічної обробки, верстати та інструмент

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

КИЇВ — 1993 р.

621.7

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1215 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637
TEL. 773-709-3200
WWW.CHICAGO.LIBRARY.EDU

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1215 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637
TEL. 773-709-3200
WWW.CHICAGO.LIBRARY.EDU

Робота виконана в Хмельницькому технологічному інституті.
Науковий керівник:
доктор технічних наук, професор Сіліє Р.І.

Офіційні опоненти:
доктор технічних наук, професор Хаєт Г.А.
кандидат технічних наук, доцент Усачов Н.А.

Ведуче підприємство: Хмельницьке ВО "ТЕРМОЦИСТАВТОМАТ",
м. Хмельницький.

Захист відбудеться - 20 - 09 1983р.
в годину на засіданні спеціалізованої Ради Д 068.14.15
в Київському політехнічному інституті за адресою: 252058,
м. Київ, пр. Перемоги 37, КПІ, корп. Т, ауд. 214.

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці КПІ

Автореферат розісланий - 1 - 04 1983р.

Вчений секретар спеціалізованої Ради
І.от.в. доц. Романенко В.В.



ЛНБ України ім. В. Стефаника



00802272 (L)

А к т у а л ь н і с т ь .

Незважаючи на значний розвиток засобів формотворення без зняття стружки, таких, як літня, кування, штампування та інші, обробка металів різанням залишається ведучим завершуваним процесом виготовлення деталей. При цьому надійність технологічних операцій, в основному, обмежується міцністю ріжучої кромки інструмента, яка виступає найбільш слабкою ланкою в системі ВПД. У зв'язку з цим, одним із завдань, що стоїть перед технологом при проектуванні операцій обробки металів різанням, є підбір надійних геометричних параметрів інструменту в кожному конкретному випадку, а також прогнозування характеру його руйнування та стійкості.

Прогнозування працездатності інструменту найчастіше виконується на основі експериментальних стійкісних досліджень. Для узагальнення результатів та розробки практичних рекомендацій використовуються переважно емпіричні методи, які добре себе зарекомендували для вузького діапазону змін умов різання.

Розвиток числових методів прогнозування, на основі всебічного аналізу напружено-деформованого стану в основному стримується складністю одержання інформації про закономірності та величини розподілу контактних навантажень на поверхнях інструменту.

Запропонована робота присвячена розробці системи розрахунку контактних навантажень для інструменту зі складною передньою поверхнею. На підставі розробленої методики та пакетів програм, дослідження впливу зміни геометричних параметрів на розподіл контактних навантажень, а також прогнозування граничних подій та надійних геометричних параметрів інструменту.

М е т а р о б о т и .

Розробка теоретичної моделі процесу різання для розрахунку контактних навантажень на поверхнях ріжучого інструменту в залежності від умов різання та його геометричних параметрів. Реалізація на основі розробленої моделі підсистеми САПР-ТІ (САПР-І) по прогнозуванню граничних подій та надійних, з точки зору зношування та руйнування, геометричних параметрів інструменту для токарної операції при заданих режимах різання.

В роботі вирішені такі задачі¹⁰:

1. Вибір найбільш допустимої числової моделі процесу різання з метою розрахунку контактних навантажень на поверхнях інструменту.
2. Створення моделі для розрахунку контактних навантажень на інструменті з урахуванням внутрішнього тертя та різними геометричними параметрами на основі розробленої методики (різний передній кут, наявність фаски на передній поверхні, заокруглення вершини).
3. Розробка установки та проведення експериментальних досліджень напружено-деформованого стану інструменту з метою підтвердження результатів теоретичного моделювання.
4. Встановлення кореляції між закономірністю розподілу контактних навантажень та характером зносу ріжучого інструменту.
5. Розробка пакету програм підсистеми САПР-ІП(САПР-1) по прогнозуванню надійних геометричних параметрів інструменту та визначенню граничних подач для токарної операції.

Наукове новизна.

Стосовно до процесу різання розроблена числова модель для розрахунку контактних навантажень на поверхнях інструменту та дослідження напружено-деформованого стану в зоні різання.

Модель дозволяє врахувати:

- зміну геометричних параметрів інструменту (переднього кута, заокруглення вершини, наявність фаски на передній поверхні);
- тертя по поверхні інструменту, при відомому законі його розподілу;
- вплив закономірності розподілу температури та швидкості деформації на механічні якості оброблюваного матеріалу.

Розроблені алгоритми та програми розрахунку.

Встановлений вплив зміни геометрії інструменту на закономірність розподілу навантажень на його поверхнях.

Експериментально підтверджений характер розподілу навантажень для інструменту з радіусом заокруглення.

Встановлено, що характер розподілу контактних навантажень на поверхні інструменту впливає на його зношення.

Розроблений пакет програм у вигляді підсистеми САПР-ІП(САПР-1) та послідовність розрахунків по визначенню граничних подач та надійних геометричних параметрів інструменту для токарної операції.

* Консультації по теоретичній частині проводились к.т.н. доц. М'ясіщевим О.А.

Практична цінність.

Дослідження закономірності розподілу контактних навантажень на поверхні інструменту та характер його зношення показали можливість прогнозування надійності технологічних операцій на стадії їх проектування, без експериментальних досліджень. Запропонована методика розрахунку контактних навантажень, яка реалізована у вигляді пакетів програм, доведена до інженерного рівня, що дає можливість значно скоротити обсяг натурних випробувань при проектуванні нових операцій, а також оптимізувати конструктивні параметри інструменту.

Як зразок використання розробленої методики, виконані дослідження по підбору надійних геометричних параметрів інструменту для токарної операції обробки напрямлених термопластавтомата, які дозволили підвищити його стійкість в 1,4 рази.

Реалізація результатів роботи.

Пакет програм по моделюванню процесу різання та розрахунку контактних навантажень на поверхнях інструменту доцільно використовувати в виробничих, науково-дослідних, учбових лабораторіях з метою підвищення надійності процесів механічної обробки, при розробці нового інструменту, прогнозуванні його стійкості.

Результати досліджень та пакет програм, до якого входять програми по розрахунку контактних навантажень на поверхнях інструменту, по дослідженню напружено-деформованого стану інструменту та обробці результатів розрахунку, використовувались при розробці системи автоматизованого проектування технологічних процесів механічної обробки в діалоговому режимі.

Результати досліджень впроваджені на Хмельницькому ВО "АДВІС", Хмельницькому ВО "ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТ". Очікуваний річний економічний ефект від використання розробленої системи автоматизованого проектування в технологічних відділах заводів повинен скласти в цінах 1991 року 140 тис. крб, що досягається за рахунок інтенсифікації праці інженера технолога та підвищення надійності технологічних операцій мехобробки.

Розроблені програми числового моделювання процесу різання впроваджені в Хмельницькому технологічному інституті, використовуються в науково-пошукових роботах та в учбовому процесі при

визначені предмети "Теорія ривання" спеціальностей 1201, 1202.

Анотація роботи.

Робота велась в співдружності з лабораторією САПР кафедри технології приладобудування Київського політехнічного інституту. Завідуючий лабораторією д.т.н. проф. Остаф'єв В.О. Основні результати дисертації доповідались на таких науково-технічних конференціях та семінарах: всесоюзна науково-технічна конференція " Проблеми підвищення якості, надійності і довговічності машин" (Грязьськ 1980р.); всесоюзні науково-технічні семінар " Механіка в технологія машиностроєння " (Свердловськ 1980р.); всесоюзний науково-технічний семінар " Науковий технологічний розробки в виробництві деталей машин" (Звенигород, 1980р.); науково-технічна конференція " Современное состояние и перспективы развития процессов резания и холодного пластического деформирования металлов инструментом из сверхтвёрдых материалов" (Київ 1980р.); науково-технічна конференція " Качество и надежность технологических систем " (Краматорськ 1982р.); міжреспубліканська науково-технічна конференція " Качество и надежность узлов трения " (Хмельницький, 1983р.);

Публікації.

За матеріалами дисертації опубліковано 10 праць.

Структура та обсяг роботи.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 115 найменувань та додатку.

Обсяг роботи - 106 сторінок машинописного тексту, 69 малюнків, 5 таблиць, 3 додатки.

ІІ. ЗМІСТ РОБОТИ.

У вступі розглянуті завдання, що постають при вирішенні проблеми розробки інженерних методів розрахунку на міцність ріжучої частини інструменту, обґрунтовується актуальність роботи, відзначено найбільш важливі наукові положення, які захищаються автором.

Перший розділ, присвячений огляду літератури з пи-

тань дисертації, показано, що створення ефективних систем автоматизованого проектування неможливе без розробок систем прогнозування стійкості металоріжучого інструменту в широкому діапазоні умов різання. Успішне вирішення задач міцності та оброблюваності потребує ефективних методів вивчення природи та механізму контактних явищ на ріжучих поверхнях різця. Першорядне значення при цьому (особливо для вирішення питань міцності ріжучої частини інструменту) мають величини та закономірності розподілу контактних навантажень на ріжучих поверхнях інструменту, визначення яких є одним з основних завдань дослідження процесу різання.

Показано, що питання по розробленню системи розрахунку контактних навантажень на поверхні ріжучого інструменту з різними геометричними параметрами при обробці металів різанням розглянуті не досить глибоко. Удосконалення методик розрахунку повинно базуватися на числових методах дослідження напружено-деформованого стану з урахуванням пружно-пластичних деформацій.

На основі аналізу існуючих моделей процесу різання вибрана найбільш припустима для розрахунку контактних навантажень на поверхнях інструменту. Приведений огляд літературних джерел, на основі їх аналізу поставлені задачі дослідження.

В другому розділі обґрунтоване використання моделі плоскої деформації для дослідження контактних навантажень на поверхні інструменту.

Визначені основні припущення і граничні умови.

Оброблюваний матеріал рахується ізотропним, пружно-пластичним тілом, з лінійним зміцненням, підкоряється закону Гука в пружному стані, пластичність матеріалу в області пластичної деформації задовільняє умові текучості Мізеса. В пластичній частині діють співвідношення Прандтля-Рейсса. На поверхні зіткнення матеріалу та абсолютно жорсткого ріжучого клину реалізуються умови ідеального ковзання та неграничного тертя. Результатом вирішення поставленої задачі є знаходження полів напруг та переміщень в досліджуваному матеріалі, а також розрахунок напруг на інструменті в результаті його переміщення.

Відзначено, що для вирішення поставленої задачі доцільно використовувати метод кінцевих елементів. За кінцевий елемент прийнятий трикутний симплікс-елемент, який припускає, що друга та деформація в середині елемента є постійною та змінюється при переході від одного кінцевого елемента до другого.

Характеристичне рівняння для трикутного симплекс-елементу безкінцево малої деформації має вигляд:

$$(P) = AS(B)^T(\sigma), \quad (1)$$

де A, S - площа і товщина елемента,

(σ) - напруга в елементі,

(P) - сили у вузлах,

$(B)^T$ - транспонована матриця градієнтів (B) .

Повний вираз для швидкості зміни сили в вузлі :

$$(\dot{\sigma}P) = AS(\dot{\sigma}B)^T + AS(B)^T(\dot{\sigma}\sigma) \quad (2)$$

В рівнянні (2) не враховується зміна площі елемента A , так як при пластичному деформуванні металів змінює об'єму можна знехтувати.

В основному при виконанні технологічних задач обробки металів методом кінцевих елементів використовується теорія безкінцево малої деформації, яка передбачає: що форма елемента або матриця градієнтів (B) не змінюється, оскільки при розрахунку деформації дуже мале і швидкість зміни напруги $(\dot{\sigma}\sigma)$ залежить тільки від швидкості зміни деформації. В дійсності, для отримання більш точного результату, в кінцево-елементній моделі необхідно врахувати зміну форми елемента та його обертання при кожному приложенні деформації. Така теорія називається теорією кінцевої деформації. Швидкість зміни напруження $(\dot{\sigma}\sigma)$ при цьому залежить не тільки від деформації, тобто $(\dot{\sigma}\sigma) = [D](\dot{\sigma}\sigma)$, але від обертання елемента. При обертанні елемента, навіть коли напруження пов'язане з матеріально фіксованими координатами, залишається постійним, напруження Ейлера або Коші (σ^e) , пов'язане з просторово-фіксованими координатами, змінюється. Очевидно, що в характеристичному рівнянні повинно розглядатись приращення напруження Йомена, пов'язане з рухом систем координат, тобто $(\dot{\sigma}\sigma^j)$. Таким чином, $(\dot{\sigma}\sigma^j) = [D^j](\dot{\sigma}\sigma)$.

Знайшовши зв'язок між $(\dot{\sigma}\sigma^e)$ и $(\dot{\sigma}\sigma^j)$ для плоского деформованого стану, характеристичне рівняння можна подати у вигляді:

$$(\dot{\sigma}P) = AS(B)^T(\dot{\sigma}\sigma^j) + AS(\dot{\sigma}B)^T(\sigma) + AS(B)^T\dot{\sigma}\sigma \left\{ \begin{array}{l} 2\tau_{xy}^e \\ 2\tau_{xy}^e \\ (\sigma_x^e - \sigma_y^e) \end{array} \right\} \quad (3)$$

Тоді загальну залежність можна записати як

$$(\dot{\sigma}P) = [K_1](\dot{\sigma}U) + [K_2](\dot{\sigma}U) + [K_3](\dot{\sigma}U) \quad (4)$$

де $[K_1]$ - матриця, пов'язана із зміною деформації,

$$[K_1] = AS(B)^T[D](B). \quad (5)$$

$[K_2]$ - матриця, пов'язана із зміною форми елемента:

$[K_3]$ - матриця, пов'язана з обертанням елементу:

При обчислюванні за наведеними залежностями повне напруження та деформації визначалися шляхом додавання величин прирощення, обчислених на кожному етапі. Одержані матриці співвідношення для визначення матриці жорсткості легко встроюються в розрахункові моделі на ЕОМ та були реалізовані у вигляді програм.

В моделі також, на підставі обчислювання швидкості дисипації енергії пластичного деформування, передбачалась можливість повернення елементу в пружний стан при його розвантаженні.

Перевірка співвідношень проводилась на задачі стиснення металічного кубіка між двома паралельними гранично шоркуватими плитками в умовах плоскої деформації.

Для апробації моделі в якості заготовки використовували чисту випалену мідь.

Розрахунки проводились для таких випадків навантаження:

1 - враховувалось обертання і зміна форми елементу,
тобто, $\{\partial P\} = [K_1]\{\partial U\} + [K_2]i\{\partial \theta\} + [K_3]j\{\partial \theta\}$; (6)

2 - враховувалась зміна форми,
тобто, $\{\partial P\} = [K_1]\{\partial U\} + [K_2]i\{\partial \theta\}$; (7)

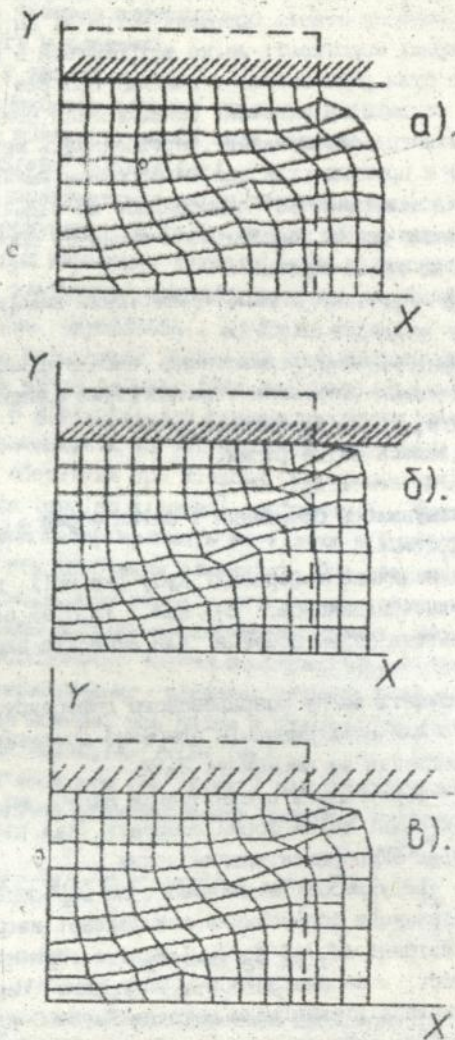
3 - не враховувалось обертання і зміна форми,
тобто $\{\partial P\} = [K_1]\{\partial U\}$. (8)

Повна величина деформації кубу для всіх випадків навантаження приймалась однаковою. На мал. 1 (а, б, в) відповідно представлені результати формотворення для випадків навантаження, описаних вище.

Якщо аналізувати зміну розрахованого деформуючого зусилля від переміщення, то для всіх випадків одержано достатньо близькі результати. Розходження не перевищує 2-5%.

З аналізу форми плити після осадки видно, що в другому випадку (при урахуванні зміни форми елементу (мал. 1б)) вона найбільш близько відповідає експериментальним даним.

В той же час у роботі відмічено, що вирішення першої і другої задачі пов'язано з формуванням комплексної матриці жорсткості, яка включала матриці $[K_1]$, $[K_2]i$, $[K_3]j$. При цьому глобальна матриця жорсткості є несиметричною, одержана система лінійних рівнянь вирішувалась ітераційним методом Гауса-Зейделя, що потребує більших витрат машинного часу і об'єму пам'яті для проведення обчислень. У зв'язку з цим, доречно розглядати третій випадок навантаження, в якому матриця жорсткості має симетричну форму, що



Мал. 1. Результати формування при відповідних випадках навантаження.

різко зростає процес обчислень, з результати розрахунків практично співпадають з результатами, одержаними в другому випадку навантаження.

На мал.2 представлена базова модель процесу зняття стружки ріжучим клином. Зона стружкоутворення розбита на елементи, розміри яких варіюються у відповідності до нерівномірності розподілу напружень і деформацій. В зоні найбільшої деформації, тобто перед ріжучою кромкою, і в контактній зоні проведена розбивка на більш малі елементи. Деталь прийнята нерухомою, переміщення надається інструменту. Граничні умови такі: вздовж поверхні АВ заборонені зсувнські переміщення вузлових точок, вздовж AD—горизонтальні. Вузловим точкам поверхні DE надаються однакові горизонтальні переміщення, рівні переміщенню інструмента. Величина кроку визначається в результаті пробних запусків моделі.

Для вирішення задачі прийнята теорія прирошення пластичних деформацій, для яких матричне рівняння, що встановлює зв'язок між прирошенням переміщень вузлів δU і діючих в них прирошень сил δP , запишеться у вигляді :

$$[\delta P] = [K] [\delta U] \quad (9)$$

Матрицю жорсткості $[K]$ можна знайти за допомогою таких рівнянь: для пружного стану

$$[K^e] = \int_V [B]^T [D^e] [B] \delta V ; \quad (10)$$

для пластичного стану

$$[K^p] = \int_V [B]^T [D^p] [B] \delta V , \quad (11)$$

де $[B]$ — матриця, яка пов'язує зсувні переміщення вузлової точки з деформацією; $[B]^T$ —транспонована матриця $[B]$; $[D^e]$, $[D^p]$ —матриці, які зв'язують прирошення напружень та деформацій, складені згідно з законами Гука та Прандтля-Рейсса відповідно.

Задачу вирішували в такому порядку : дається прирошення переміщення інструмента, розраховується прирошення переміщень, деформація і напружень заготовки, змінюються координати вузлових точок та знову дається прирошення переміщенню інструменту, для якого проводяться ті ж розрахунки, и т.п. до тих пір, поки навантаження не досягне заданої величини. Напруження і повна деформація визначалися додаванням величин прирошень, обчислених на кожному етапі.

Величина переміщення, яка відповідає закінченню процесу навантаження, визначалася таким чином. Збільшення переміщення інструмента супроводжувалося збільшенням діючого на нього навантаження. При досягненні деякої величини переміщення, коли вона пластичної деформації досягне достатньої величини, навантаження на інструмент, згідно розрахунків, починають знижуватись (моделюється процес сколювання стружки). Тут було прийнято, що відшукане переміщення відповідає найбільшому навантаженню на інструмент.

На основі базової моделі були проведені іспити впливу закономірності зміни тёрти на поверхні контакту стружки і інструменту на характер розподілу контактних навантажень. Геометрія інструменту, параметри процесу різання та граничні умови по закріпленню заготовки використовувалися такі ж як і в попередній вадці.

Для урахування тёрти по передній поверхні інструменту використані коефіцієнт пропорційності між нормальними і дотичними напруженнями μ_z .

Урахування тёрти проводилося таким чином. Нехай i -а та $(i+1)$ -а вузлові точки получили J -е прирощення переміщень ΔU_i . Тоді прирощення нормальних напружень в цих вузлових точках приймуть відповідно значення $\Delta \sigma_i, \Delta \sigma_{i+1}$ (мал. 2).

Прирощення дотичних напружень, згідно закону Кулона будуть дорівнювати:

$$\begin{aligned} \Delta \tau_i &= \mu_{zi} \times \Delta \sigma_i \\ \Delta \tau_{i+1} &= \mu_{z(i+1)} \times \Delta \sigma_{i+1} \end{aligned} \quad (12)$$

де μ_z - коефіцієнт тёрти, який в загальному випадку змінюється по довжині контактної поверхні.

Середні величини прирощень дотичних напружень і сили тёрти на поверхні довжиною $l_{i, i+1}$ приймуть значення:

$$\Delta \tau_{ср i} = (\Delta \tau_i + \Delta \tau_{i+1}) / 2; \quad (13)$$

$$\Delta F_{ср i} = \Delta \tau_{ср i} \times l_{i, i+1} \quad (14)$$

де $l_{i, i+1} = l_{i, i+1} / \alpha$.

Величина прирощення сили тёрти в точці i визначалася як

$$\Delta F_i = (\Delta F_{ср i-1} + \Delta F_{ср i}) / 2, \quad (15)$$

і використовувалась при вирішенні задачі в якості початкових умов для $(J+1)$ -го етапу обчислень.

Розрахунки показали, що при заданій величині прирощення інструмента, ітераційний процес є таким, що сходиться.

Визначення контактних навантажень проводилося для випадку з постійним тёртим по передній поверхні $\mu_z = 0.2, 0.4, 1$.

тєртя змінюється по передній поверхні, по лінійному закону

$$\mu_{\alpha} = 0.2 + 0.21 \bar{L}, \text{ где } \bar{L} = L/a. \quad (16)$$

На мал.3 представлєні розподїл контактних навантажєнь по передній поверхні гострого інструменту. Кривї 1,2,3 показують розподїл дотичних напружєнь відповїдно при $\mu_{\alpha} = 0.2$, $\mu_{\alpha} = 0.4$,

$\mu_{\alpha} = 0.2 + 0.21 \bar{L}$. А кривї 4,5,6 розподїл нормальних навантажєнь, відповїдно, при цих же умовах.

Якїсь порівняння розрахункових кривих з експериментальними даними показало, що випадок з $\mu_{\alpha} = 0.2 + 0.21 \bar{L}$ (мал.3(3,6)) найбїльш близько відповїдає їспиту. Особливо це має відношення до дотичних напружєнь, де спостєрїгається площадка текучостї в пластичній зонї. Одержанї результати підтверджують, що характер змїни тєртя по поверхні близький до лінійного, це необхідно враховувати при розрахунку дотичних навантажєнь.

При вирїшенні попереднїх задач допускалося, що процес деформації проходив при мїнімальних швидкостях рїзання та не враховувався вплив швидкостї деформації, нерївномерностї температурного поля на закономірність розподїлу контактних навантажєнь. При вирїшенні пластично неоднорїдної задачі взаємозв'язок мїж температурою у зонї рїзання та границєю текучостї оброблюваного матеріалу були апроксимованї залежностю:

$$\sigma_{\text{осн}} = \sigma_{\text{осн}}(1 - 0.5 \times 10^{-3} \theta), \quad (17)$$

де θ - температура у зонї стружкоутворєння, $\sigma_{\text{осн}}$ - границя текучостї матеріалу в нормальних умовах. Сумїсний вплив швидкостї деформації та температури враховано за допомогою формули:

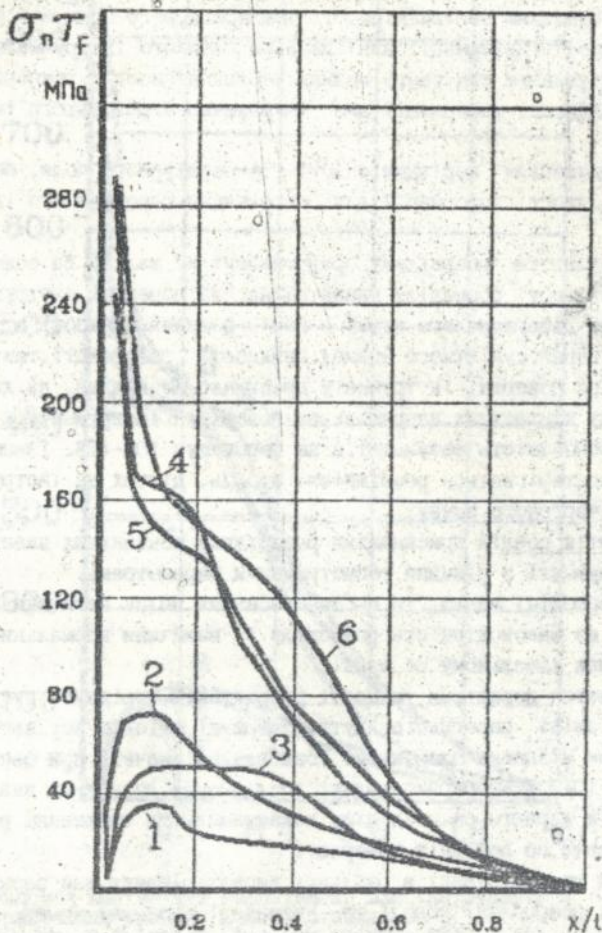
$$\sigma_{\text{осн}} = 1.15 \sigma_{\text{осн}}(1 - \theta'). \quad (18)$$

де θ' - приведєна температура і $\theta' = \theta/\theta_0$, де θ_0 - температура плавлення оброблюваного матеріалу.

Для урахування впливу температури на границю текучостї матеріалу у зонї рїзання у роботї використана температурна модель, яка одержана за методикою Рєвнїкова А.Н., при таких умовах: матеріал ШХ15, швидкїсть рїзання $V = 80$ м/хв, подача $S = 0.5$ мм/об, глибїна $t = 4.1$ мм, передній кут $\gamma = 0^\circ$, матеріал інструмента Т14К8.

Заготовка має такі еханїчні характеристики: модуль пружностї $E = 2 \times 10^5$ МПа, коефїцієнт Пуассона $\nu = 0.3$, напружєння початку текучостї, при $\theta = 20^\circ$, $\sigma_{\text{осн}} = 410$ МПа, модуль м'якостї $H' = 330$ МПа.

Зону стружкоутворєння розбїли на елемєнти, визначили температуру в вузлах і середнє в елемєнтах.



Мал.3. Розподіл контактних навантажень на поверхні інструмента для різних умов тертя по передній поверхні.
 (1- τ_f), (4- σ_n), $\mu_x=0.2$; (2- τ_f), (5- σ_n), $\mu_x=0.4$;
 (3- τ_f), (6- σ_n), $\mu_x=0.2+0.21L$)

Задачі вирішені при таких умовах:

1. Без урахування температурного поля, швидкості деформації для ідеально гладкого інструмента.
2. З урахуванням нерівномірності температурного поля, без урахування швидкості деформації для ідеально гладкого інструмента.
3. З урахуванням сумісного впливу нерівномірності температурного поля, швидкості деформації для негранично-шорокуватого інструмента.
4. З урахуванням нерівномірності температурного поля, без урахування швидкості деформації для негранично-шорокуватого інструмента.

Результати розрахунку представлені на мал.4. На основі аналізу характеру розподілу навантажень на поверхні інструмента та напружено-деформованого стану в зоні різання в роботі відмічено, що урахування сумісного впливу швидкості деформації, температури і тертя по поверхні інструменту практично не впливає на характер розподілу контактних напружень на поверхні інструменту. Максимальна розбіжність результатів не перевищує 10%-15%. Також в цих межах спостерігається розбіжність зусиль, діючих на інструмент в момент чергового зсуву.

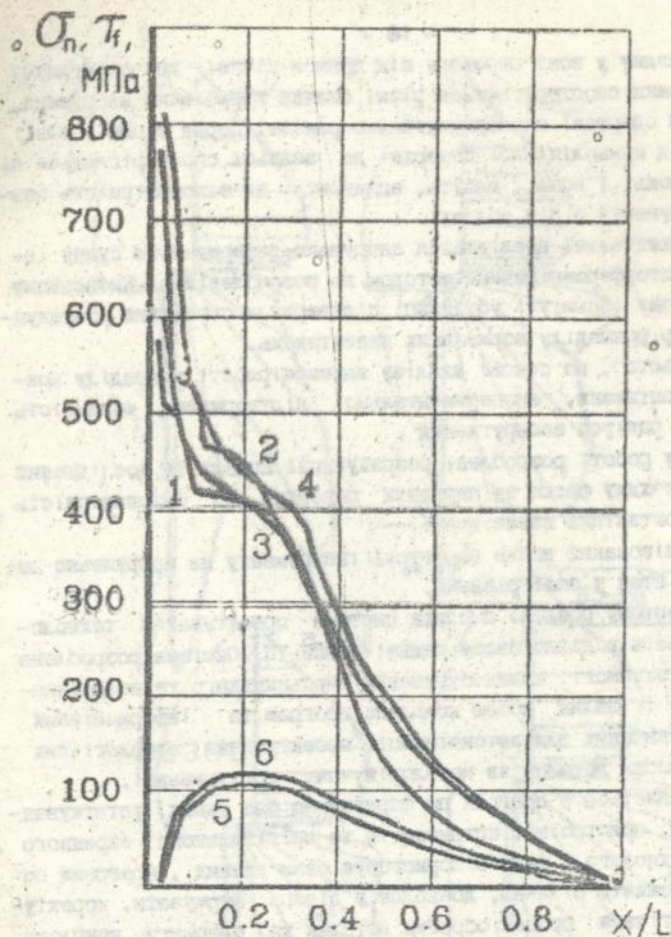
Третій розділ присвячений розрахунку контактних навантажень на інструменті з різними геометричними параметрами.

Розроблені моделі та проаналізовані вплив величини переднього кута на закономірність розподілу Γ величини нормальних навантажень при ідеальному ковзанні.

З метою перевірки точності розрахунків, порівняні зусилля різання при зміні переднього кута, одержані методом вільної оцінки і методом кінцевих елементів. Розходження значень при цьому не перевищує 10+20%. Експериментальні дослідження дозволили знайти кореляцію між характером розподілу навантажень та зменшенням ріжучого інструмента по передній поверхні.

Так як інструмент в реальних умовах різання має заокруглення вершин, розроблені моделі та визначені граничні умови для розрахунку контактних навантажень на інструменті з радіусом заокруглення.

У результаті розрахунків (див мал.5) одержані картки розподілу нормальних напружень на поверхні інструменту, характер розподілу якого дає в чому відмінність від даних, які одержані інтерферометричним методом. Ця відмінність виявляється в тому, що в



Мал.4. Розподіл контактних навантажень для інструменту з різними граничними умовами в зоні різання.

(ШХ15, $V=80\text{м/хв}$, $S=0.5\text{мм/об}$, $t=4.1\text{мм}$, П4К8, $\gamma=0^\circ$)

(1- σ_n , $\mu_x=0$, з урахуванням температури)

(2- σ_n , $\mu_x=0$, без урахування температури)

(3- σ_n , τ_f , $\mu_x=0.2+0.21L$, з урахуванням температури)

(4- σ_n , τ_f , $\mu_x=0.2+0.21L$, з урахуванням температури та швидкості деформації).

вашому випадку у зоні переходу від примовліняної до округленої ріжучої кромки спостерігаються різкі скачки формальних напружень, які не були одержані експериментально раніше. Поряд з цим, у зоні переходу від криволінійної поверхні до задньої спостерігаються піки навантажень, і вони, мабуть, впливають на закономірність зношення інструменту в цій області.

Експериментальні дослідження напружено-деформованого стану інструмента інтерферометричним методом на розроблення в Київському політехнічному інституті установці підтвердили отримання розрахунком і характер розподілу нормальних навантажень.

Крім цього, на основі аналізу закономірності розподілу контактних навантажень, експериментально підтверджена можливість оптимізації радіуса заокруглення.

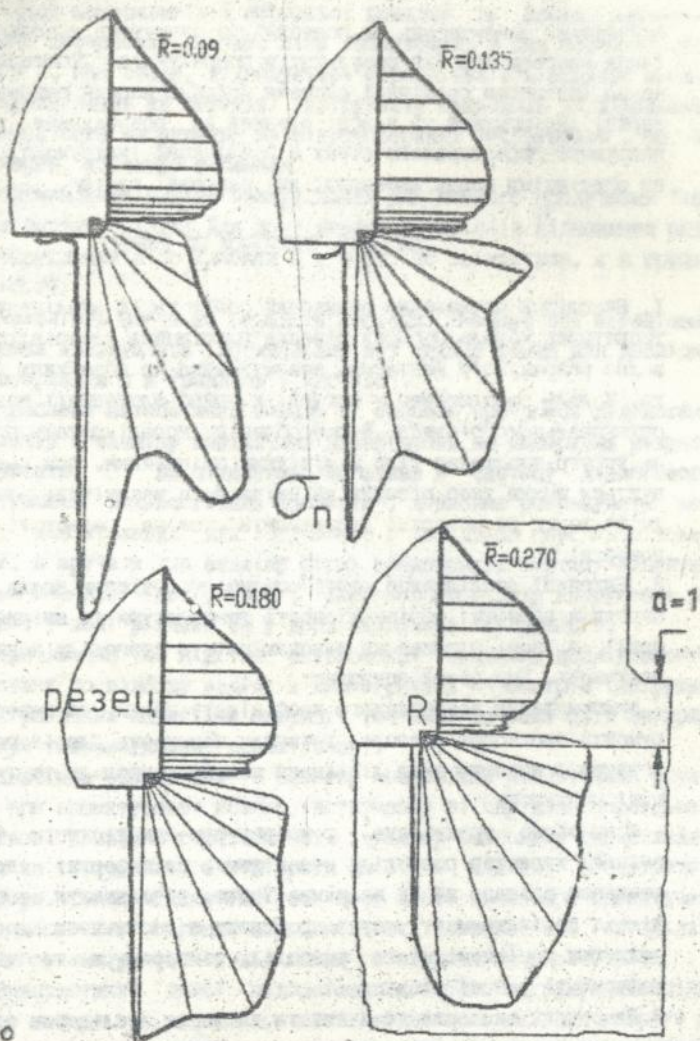
Також у роботі розроблені розрахункові моделі та дослідження впливу кута гнучої фаски на передній поверхні на закономірність розподілу контактних навантажень.

Проаналізовані вплив геометрії інструменту на напружено-деформований стан у зоні різання.

В четвертому розділі описана система проектування технологічних процесів в діалоговому режимі (САПР-ТП). Система розроблена на кафедрі технології машинобудування Хмельницького технологічного інституту і являє собою комплекс програм та інформаційних файлів, призначених для автоматизації проектування технологічних процесів обробки деталей на металоріжучому устаткуванні. Система складається з програм по формуванню баз даних устаткування, оснастки, пристроїв, інструментів та оригінального екранного редактора-технолога, який використовує бази даних, програми по розрахунку режимів різання, дозволяє у діалозі формувати, коректувати технологічний процес обробки деталей та одержати комплект технологічної документації у відповідності з ЕСКД.

Система також забезпечена комплектом програм, які дозволяють чисельно змодельовати процес різання досліджуваного матеріалу вибраним інструментом та, на основі аналізу закономірності розподілу контактних навантажень, скоректувати його геометричні параметри. Крім цього, на підставі створеного пакету програм розроблена послідовність вирішення задачі по визначенню граничних подач для операції точіння.

Пакет складається із сукупності програм, призначених для підготовки моделей, моделювання процесу різання і розрахунку



Мал. 5. Вплив величини радіуса заокруглення на закономірність розподілу нормальних навантажень на поверхні інструменту.

контактних навантажень на поверхні та напружень у зоні різання, а також програм обробки результатів розрахунків. Тобто, промалювання за допомогою графічної системи AutoCAD картин навантажень на поверхні інструменту та у зоні різання за розрахунком та аналізом напружено-деформованого стану в різальному інструменті, що викликає зовнішніми навантаженнями, які одержані раніше.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Вислідом проведення пошукових робіт та їх аналізу розроблена теоретична модель процесу різання пластичних матеріалів, що дозволяє розрахувати контактні навантаження на поверхнях інструмента. Модель реалізована у вигляді кінцево-елементної моделі процесу ортогонального різання. В розробленій моделі деталь представлена як упруго-пластичне тіло з лінійним зміцненням, при цьому враховується вплив умов різання на зміну його механічних властивостей, умови тертя по поверхні інструмента, зміна геометрії передньої поверхні.

2. Виконані дослідження дають можливість оцінити вплив тертя по передній поверхні, нерівномірності температури та швидкості деформації в зоні різання на закономірність розподілу контактних навантажень. При цьому показано:

використання усередненого коефіцієнту тертя по поверхні інструмента створює розподіл дотичних напружень. Для їх розрахунку доцільно використання лінійного закону розподілу тертя по довжині контакту.

- комплексне урахування температурно-швидкісного фактора не змінює характер розподілу навантажень на поверхні інструменту і незначно впливає на їх величину. Тобто, дослідження навантажень, діючих на інструмент, можна проводити з достатньою достовірністю нехтуючи нерівномірністю розподілу температури та швидкості деформації у зоні різання.

3. На основі експериментальних та числових досліджень встановлено, що оптимальна геометрія інструменту забезпечує найбільш рівномірний розподіл навантажень по його поверхнях, що, в свою чергу, підвищує його міцність та стійкість.

Так, зменшення переднього кута дає більш рівномірний розподіл навантажень на вершині інструмента.

Наявність радіуса заокруглення вершини інструмента те на

у цих поверхнях (від передньої поверхні до фаски, радіусних поверхонь) зменшує пік навантажень в цих областях інструмента і, тим самим, підвищується формостійкість ріжучої кромки. Пік навантажень на поверхні інструменту приводить до підвищення еквівалентного напруження на мікроповерхнях інструмента, що, в свою чергу, збільшує зношення.

Оптимальний радіус заокруглення для кожного сполучення "інструмент-деталь" різний. Для досліджених матеріалів відношення радіусу заокруглення ρ до глибини a , шару, що знімається, e в границях $0.25 + 0.27$.

Наявність фаски на передній поверхні зменшує пік навантажень у вершині інструмента. Оптимальний кут нахилу фаски для досліджених матеріалів e в границях $\gamma_f + 20^\circ + 30^\circ$.

4. Розроблена математична модель є базовою програмою підсистеми розрахунку і аналізу контактних навантажень на поверхнях ріжучого інструмента.

Ця підсистема включена в систему діалогового проектування технологічних процесів, дозволяє розраховувати контактні навантаження для інструмента з довільною передньою поверхністю, в зручній для аналізу формі представити картину навантажень на поверхні інструмента, характер розподілу напружень, деформації у зоні різання та у досліджуваному інструменті.

5. Представлена, на підставі розробленої системи, послідовності розрахунку по підбору надійних геометричних параметрів інструменту та граничних подач для операції точіння, що може бути використано при технологічному проектуванні.

6. Підсистема розрахунку та аналізу контактних навантажень ефективна при проектуванні нового інструменту зі складною передньою поверхнею. Дозволяє спротивувати характер розподілу навантажень, діючих на інструмент, та підібрати найбільш надійні геометричні параметри. Також підсистема може бути застосована при проектуванні технологічних операцій обробки нових, високоміцних матеріалів для підбору інструмента з надійними геометричними параметрами.

Використання даної підсистеми дозволяє обґрунтовано підходити до вибору інструмента, що дасть можливість знизити витрати виробництва за рахунок підвищення надійності технологічних операцій.

Впровадження результатів роботи на Хмельницькому ВО "АДВІС", Хмельницькому ВО "ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТ" дозволило одержати економічний ефект у сумі 140 тис. крб. (ціни 1991р.)

Основний зміст дисертації викладений в таких роботах:

1. Силин Р.И., Мясишев А.А., Ковальчук С.С. Анализ процесса снятия стружки металла режущим клином // Известие Вузов, Машиностроение, 1989 №2 ст. 145-148.
2. Силин Р.И., Мясишев А.А., Ковальчук С.С. Анализ контактных нагрузок на режущей поверхности инструмента. Деп. 10.11.89. №: 2527-Ук.89
3. Мясишев А.А., Ковальчук С.С. Использование метода конечных элементов для анализа процесса резания. - В сб. Проблемы повышения качества, надежности и долговечности машин. Брянск 1990г. с 102
4. Мясишев А.А., Ковальчук С.С. Уругоупругий анализ процесса резания металлов В сб. Механика и технология машиностроения г. Свердловск, 1990г. с.86.
5. Силин Р.И., Мясишев А.А., Ковальчук С.С. Расчет контактных нагрузок на поверхностях режущего инструмента. - В сб. Научно-технические технологии размерной обработки в производстве деталей машин, г. Звенигород, 1992г
6. Автоматизированная система диалогового проектирования технологических процессов механической обработки деталей. - Мясишев А.А., Ковальчук С.С., Дзедань В.П., Цвигун В.Е., Гандзюк А.Г. Информ. листок № 26-91 г. Хмельницкий, МПЦНТИ.
7. Силин Р.И., Мясишев А.А., Ковальчук С.С. Контактные взаимодействия на поверхностях инструмента при резании металлов. - В сб. Качество и надежность узлов трения. г. Хмельницкий 1992г. с.8
8. Мясишев А.А., Ковальчук С.С. К вопросу о повышении надежности режущего инструмента. - В сб. "Качество и надежность технологических систем", г. Краматорск, 1992г. с.26.
9. Остафьев Е.А., Мясишев А.А., Ковальчук С.С. К вопросу об анализе контактных нагрузок на поверхности режущего инструмента. // Вестник машиностроения, 1992 №4 с 47-49.
10. Силин Р.И., Мясишев А.А., Ковальчук С.С. Анализ процесса снятия стружки металла режущим клином со скруглением // Известие Вузов, Машиностроение, 1992. №10-12 ст.

1. Давидович, А. А., Шварцман, С. С. Исследования по теории функций действительного переменного. М.: Наука, 1978. 150 с.
2. Давидович, А. А., Шварцман, С. С. Исследования по теории функций действительного переменного. М.: Наука, 1978. 150 с.
3. Давидович, А. А., Шварцман, С. С. Исследования по теории функций действительного переменного. М.: Наука, 1978. 150 с.
4. Давидович, А. А., Шварцман, С. С. Исследования по теории функций действительного переменного. М.: Наука, 1978. 150 с.
5. Давидович, А. А., Шварцман, С. С. Исследования по теории функций действительного переменного. М.: Наука, 1978. 150 с.
6. Давидович, А. А., Шварцман, С. С. Исследования по теории функций действительного переменного. М.: Наука, 1978. 150 с.
7. Давидович, А. А., Шварцман, С. С. Исследования по теории функций действительного переменного. М.: Наука, 1978. 150 с.
8. Давидович, А. А., Шварцман, С. С. Исследования по теории функций действительного переменного. М.: Наука, 1978. 150 с.
9. Давидович, А. А., Шварцман, С. С. Исследования по теории функций действительного переменного. М.: Наука, 1978. 150 с.
10. Давидович, А. А., Шварцман, С. С. Исследования по теории функций действительного переменного. М.: Наука, 1978. 150 с.

Ab 28.057

AB 28.057