

при науково-технічних дослідженнях, а також системах суто прикладного характеру, тобто світлотехнічного, медичного, біологічного призначення.

Математичне моделювання руху потоків випромінювання дає можливість прогнозування та оптимізації енергетичних параметрів чутників електромагнітного випромінювання при застосуванні їх на практиці.

Подальші дослідження цієї проблеми необхідні для визначення нелінійностей геометрії просторового розподілу рухливих потоків електромагнітного випромінювання, що опромінюють біотехнічні об'єкти.

Література

1. Horie T., Udagawa T. Canopy photosynthesis of sunflower plants. – Bull. Nat. Inst. Agric. – 1971. – Ser.A. - № 18. – P.1-54.
2. Косицын О.А. Математическое моделирование пространственных характеристик биологических приемников излучения // Светотехника.. -1978. - № 6. – С.15-16.
3. Жаров В.П. и др. Разработка алгоритма расчета пространственного распределения интенсивности излучения фотоматричных терапевтических аппаратов // Медицинская техника. – 2000. -№ 4. - С.5-10.
4. Мазин В.Д. Методы расчетной оценки погрешностей датчиков // Датчики и системы. – 2001. -№ 2. –С.2-5.

Клочко Т.Р., Вайнтрауб М.А. Метод определения геометрии движения потоков электромагнитного излучения Статья посвящена математическому моделированию геометрии подвижных потоков излучения, которое воспринимается датчиком с целью дальнейшей их оптимизации и прогнозирования энергетики поглощения электромагнитного излучения	Klotchko T.R, Vaintraub M.A. The definition method of the geometry movement of the electromagnetic irradiation streams In work state about mathematical modelling of the geometry movement of the electromagnetic irradiation streams, which the sensor with the object the further optimization and prognostication of the absorbtion of the electromagnetic irradiation energy is regisrated.
--	---

*Надійшла до редакції
21 березня 2004 року*

УДК 621.9.025:621.762

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ З ПОКРИТТЯМИ

¹⁾Антонюк В.С., ²⁾Сорока О.Б., ²⁾Калініченко В.І. ¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ, Україна, ²⁾Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України, Київ, Україна.

В роботі розглянуто напружено-деформований стан різального інструменту з покриттями суцільної та дискретної структури в умовах дії контактного та дотичного навантаження. Наведені результати чисельних розрахунків дозволяють зробити висновок про те, що при наявності дискретного покриття матеріал основи підлягає більш локальному нава-

нтаженню тиском під покриттям та є розвантаженням за дискретними ділянками покриття

Вступ

Нанесення зміцнюючого покриття на робочі поверхні металорізального інструменту, виготовленого як з інструментальних сталей, так і твердих сплавів, є одним з перспективних шляхів підвищення ефективності обробки матеріалів різанням. Використання покриття дозволяє зменшити довжину контакту інструмент-стружка, значно знизити величину сили різання, дозволяє збільшити період стійкості інструменту за рахунок збільшення зносостійкості його різальних лез і дає можливість збільшити швидкість різання в середньому на 10-15%. При виборі умов експлуатації різального інструменту з покриттями виникає проблема визначення як міцності інструментального матеріалу, так і міцності покриття.

На сьогодні розроблені різноманітні склади зносостійких багатокомпонентних композиційних покриттів і технологічних процесів їх нанесення, з яких підвищений попит мають способи формування покриттів осадження йонно-плазмових потоків у вакуумі. При цьому такі покриття можуть бути як суцільної, так і дискретної структури [1]. Використання дискретного покриття дозволяє покращити експлуатаційні властивості композиції “основа-покриття” за рахунок релаксації залишкових напружень у дискретному покритті [2], а також завдяки розвантаженню матеріалу основи.

Метою роботи є аналіз напружено-деформованого стану (НДС) в композиції “основа-покриття”, що виникає внаслідок експлуатації різального інструменту в умовах значних контактних навантажень.

Теоретичні дослідження

В процесі різання при дії значного контактного навантаження на робочі поверхні різального інструменту з урахуванням наявності дотичного навантаження на поверхні контакту, обумовленого впливом сил тертя, еквівалентні напруження в матеріалі інструменту визначаємо за гіпотезою енергії зміни форми Ріхарда фон Мізеса [3].

При цьому сумарне нормальне напруження - σ_z у напрямку, перпендикулярному поверхні контакту стружки з інструментом, яке виникає внаслідок дії контактного навантаження (σ_z^K), визначається наступним чином [4]:

$$\sigma_z^K = -q_{0z} \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 (1 - \bar{\xi}^2)^{\frac{1}{2}} \frac{\bar{z}^3}{\bar{r}^4} d\bar{\xi},$$

де z – координата в площині, перпендикулярній смужці контакту, осі x , y розташовані в площині контакту, причому вісь y спрямована вздовж середньої лінії смужки контакту, а вісь x перпендикулярна середній лінії.

Тут $\bar{z} = \frac{z}{a_y}$; $\bar{r} = \frac{r}{a_y}$; $\bar{\xi} = \frac{\xi}{a_y}$ - безрозмірні змінні; $a_y = \frac{a}{2}$ - половина довжини

площинки, на якій діє контактний тиск стружки на різальний інструмент; a - довжина контакту стружки з інструментом; $r^2 = z^2 + (y - \xi)^2$; $q_{0z} = \frac{2Q}{\pi a_y}$ - найбільший тиск, який діє посередині площинки (смужки) стикання; Q - інтенсивність контактної навантаження на одиницю довжини по осі x і розподілена вздовж осі y , а $dQ = q(\xi)d\xi$ - елементарна сила в точці з координатою $y = \xi$.

Сумарне нормальне напруження – σ_y у напрямку дії дотичних сил, яке виникає від дії контактної навантаження (σ_y^K) і дотичної навантаження (σ_y^D), запишемо: $\sigma_y = \sigma_y^K + \sigma_y^D$, де σ_y^K визначається за формулою [4]:

$$\sigma_y^K = -q_{0z} \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 (1 - \bar{\xi}^2)^{\frac{1}{2}} \frac{\bar{z}(\bar{\xi} - \bar{y})^2}{\bar{r}^4} d\bar{\xi},$$

де $\bar{y} = \frac{y}{a_y}$, а σ_y^D визначається з [5] як $\sigma_y^D = 2\mu q_{0z} \frac{y}{a_y} f(z)$, де μ - коефіцієнт тертя.

Сумарне напруження σ_x в напрямку, перпендикулярному дії дотичних сил і дії контактної навантаження, виникає внаслідок контактної навантаження (σ_x^K) і дотичної навантаження (σ_x^D): $\sigma_x = \sigma_x^K + \sigma_x^D$.

За умов пласкої деформації σ_x^K дорівнює: $\sigma_x^K = \nu(\sigma_z^K + \sigma_y^K)$, де ν - коефіцієнт Пуассона, а σ_x^D визначається формулою [5]: $\sigma_x^D = 2\mu^2 q_{0z} \frac{y}{a_y} f(z)$.

Дотичні напруження – τ_{zy} є сумою напружень від дії контактної (τ_{zy}^K) і дотичної (τ_{zy}^D) навантаження, тобто $\tau_{zy} = \tau_{zy}^K + \tau_{zy}^D$. Складові τ_{zy}^K і τ_{zy}^D визначаються формулами [4, 5]:

$$\tau_{zy}^K = -q_{0z} \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 (1 - \bar{\xi}^2)^{\frac{1}{2}} \frac{\bar{z}^2 (\bar{\xi} - \bar{y})}{\bar{r}^4} d\bar{\xi};$$

$$\tau_{zy}^D = \mu q_{0z} \left[2 \sqrt{1 + \left(\frac{z}{a_y} \right)^2} - 2 \frac{z}{a_y} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{z}{a_y} \right)^2}} \right].$$

При цьому для дискретних покриттів за поверхнею ділянки покриття напруження під дією дотичної навантаження мають такий вигляд [5]:

$$\sigma_x^D = 2\mu^2 q_{0z} \left[\frac{y}{a_y} - \sqrt{\left(\frac{y}{a_y} \right)^2 - 1} \right]; \quad \sigma_y^D = 2\mu q_{0z} \left[\frac{y}{a_y} - \sqrt{\left(\frac{y}{a_y} \right)^2 - 1} \right]; \quad \tau_{zy}^D = 0.$$

На рис.1 зображені епюри для дискретних покриттів вздовж осі y під впливом дотичної навантаження.

Результати досліджень

Аналіз теорій деформування та руйнування твердого тіла доводить, що розрахунки напружено-деформованого стану можуть бути одержані на основі чисельних методів. Одним з найбільш ефективних є метод скінченних елементів, який дозволяє будувати розрахункові схеми, виходячи з фізичної постановки задачі [6]. Реалізація цих методів з використанням ЕОМ дає можливість автоматизувати процес розрахунку НДС різальної частини інструменту і візуально зобразити результати моделювання.

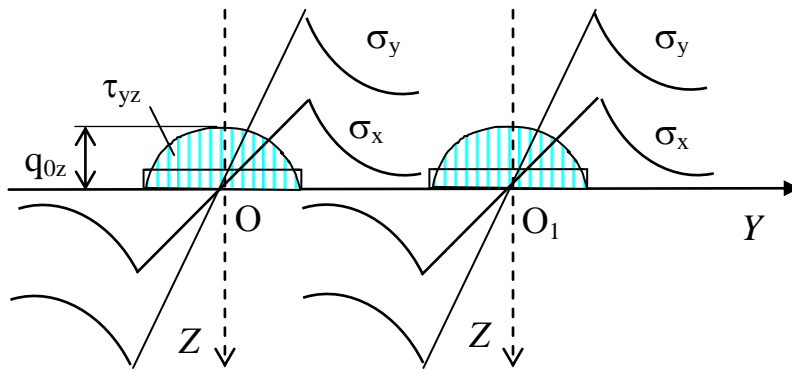


Рисунок 1 – Епюри напружень в дискретному покритті вздовж осі у під впливом дотичного навантаження

Для моделювання НДС інструменту розглянуто відрізний різець із швидко-різальної сталі Р6М5 з вакуум-плазмовим покриттям TiN товщиною 10 мкм. Такі покриття можна формувати в обладнанні ННВ-6,6-И1 типу "Булат" з одночасним розпиленням матеріалу з двох катодів (мішеней).

Технологія нанесення містить три етапи: йонне очищення поверхні, плазмохімічний синтез матеріалу що випаровується в об'ємі камери і на поверхні, а також конденсацію покриття на поверхню інструменту.

Позаяк різальні кромки відрізних різців знаходяться в особливо жорстких умовах термосилового навантаження, то аналізу підлягала тільки його робоча частина, яку розбивали на гексагональні скінченні елементи (рис.2).

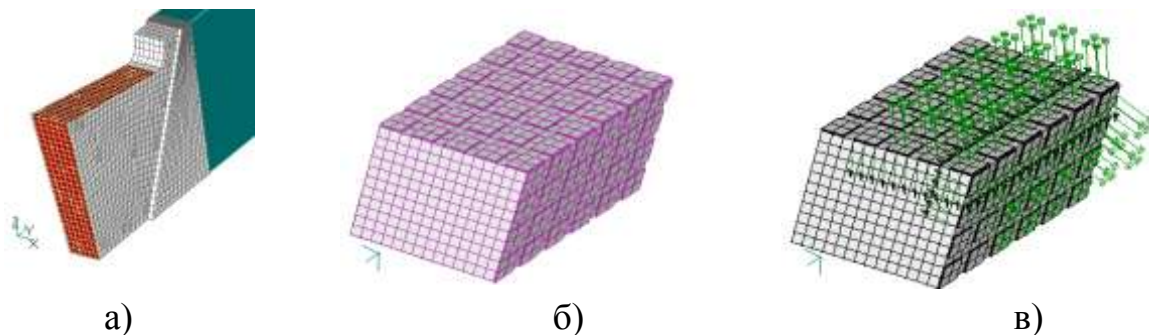


Рисунок 2 - Твердотільна модель різального інструменту (а), фрагмент його різальної частини з дискретним покриттям TiN (б), і схема прикладення граничних умов (в)

При цьому твердотільну модель різальної частини відрізного різця з Р6М5 шириною 3 мм і геометричними параметрами: передній кут $\gamma = 7^0$ і задній - $\alpha = 12^0$, розділили на 7987 вузлів і 6498 елементів, а мінімальний розмір скінченних елементів складав 500 мкм.

Процес моделювання розглядали при механічній обробці сталі 45 ГОСТ 1050-88 відрізним різцем з режимами різання: швидкість різання - $V = 1,255$ м/с; $s = 0,06$ мм/об.

Внаслідок моделювання отримали розподіл напружень в різальному інструменті з суцільним та дискретним покриттям. На рис.3 зображені ізоповерхні еквівалентних напружень за критерієм Мізеса в відрізному різці зі швидкорізальної сталі Р6М5 з вакуум-плазмовим покриттям TiN суцільної та дискретної структури.

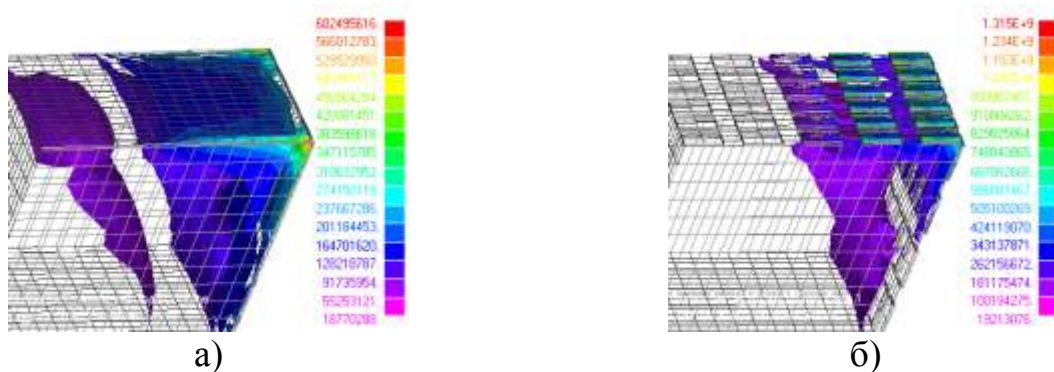


Рисунок 3 - Ізоповерхні еквівалентних напружень за критерієм Мізеса в відрізному різці з покриттям TiN суцільної (а) та дискретної структури (б)

Висновки

Аналіз наведених залежностей та подальших розрахунків дозволяє зробити наступні висновки:

- для різального інструменту при наявності дискретного покриття, яке сприймає на себе контактне навантаження, найнапруженіші об'єми матеріалу основи будуть більш локальними, ніж для інструменту з суцільним покриттям;
- у випадку декількох дискретних ділянок, розташованих поруч, поля напружень від дії дотичного навантаження, що виникають поза цими ділянками, взаємно компенсуються, і поверхня основи інструменту розвантажується.

Розглядаючи напружено-деформований стан різального інструменту з покриттями можна дійти висновку про раціональність використання того чи іншого виду покриття, що дозволяє науково обґрунтовати фізику процесу обробки матеріалів різанням, а також теоретично узагальнити основні результати і встановити технологічні можливості підвищення продуктивності і якості механічної обробки, що є предметом подальших розвідок з визначеної проблеми.

Література

1. Ляшенко Б.А., Сорока Е.Б., Рутковский А.В., Липинская Н.В. Определение параметров

- дискретной структуры покрытий с учетом остаточных напряжений // Пробл. прочности. - 2002. - №4. - С. 119-125.
2. Ляшенко Б.А., Рутковский А.В., Сорока Е.Б., Липинская Н.В. О снижении остаточных напряжений в вакуум-плазменных покрытиях // Пробл. прочности. - 2001. - №4. - С. 62-67.
 3. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В.; Под ред. Писаренко Г.С. – 2-е изд., перероб. и доп. – К.: Наук. думка, 1988. – 736 с.
 4. Кузнецов В.Н. Поле упругих напряжений в плоской контактной задаче // Проблемы прочности. –1971. - № 2. -С. 100-105.
 5. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах. Том 2. Под ред. И.А. Биргера, Я.Г. Пановко. –М.: Машиностроение, 1968. -464 с., ил.
 6. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. – М.: Мир, 1986. – 318 с.

<p>Антонюк В.С., Сорока О.Б., Калиниченко В.І. Анализ напряженно-деформированного состояния режущего инструмента с покрытиями В работе рассиотрено напряженно-деформированное состояние режущего инструмента с покрытием сплошной и дискретной структуры в условиях воздействия контактного и касательного нагружения. Приведены результаты числовых расчетов позволяют сделать вывод о том, что при наличии дискретного покрытия материал основы подлежит более локальному нагружению сжатием под покрытием и является разгруженным за дискретными участками покрытия</p>	<p>Antoniuk V.S., Soroka O.B., Kalinichenko V.I. Analyses of the stress-strain state of cutting tools with continues The stress-strain state of cutting tools with continues and discontinues coatings is observed. The results allow to conclude that the material of cutting tool with discontinues coatings is much more unloaded between the areas without coatings and that compressive stresses are more local under discontinues areas than under continues ones.</p>
---	---

*Надійшла до редакції
21 травня 2004 року*

УДК 623.316.728.001

ДЕТЕКТОРНИЙ ВАТМЕТР ПОГЛИНЕНОЇ НВЧ ПОТУЖНОСТІ

Водотовка В.І., Данілевська В.Г., Репа Ф.М., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м.Київ, Україна

Запропоновано автоматичний вимірювач – ватметр поглиненої потужності для радіотехнічної системи НВЧ технологічного призначення. Проведений аналіз його статичного та динамічного стану. Визначено параметри, при яких досягається стійка робота ватметра

Вступ

Нагрівання вологого матеріалу в мікрохвильовому електромагнітному полі (ЕМП) супроводжується зміною його макродіелектричних властивостей [1]. Природним наслідком цього процесу є зміни коефіцієнта відбиття та величини поглиненої матеріалом потужності надвисоких частот (НВЧ), що призводить до