

УДК 621.891

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИСКРЕТНОГО
ПОКРИТТЯ ЗА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИМ СТАНОМ**

Калініченко В.І.¹, Марчук В.Є.², Градиський Ю.О.³

(¹Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України

²Національний авіаційний університет, м. Київ

*³Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка)*

За результатами чисельних розрахунків визначено оптимальні розміри вакуум-плазмового дискретного покриття за мінімальним напружено-деформованим станом. Запропоновано модель по визначенню напружено-деформованого стану дискретних покриттів від дії симетричного силового навантаження.

Ключові слова: напружено-деформований стан, дискретне покриття, дискретні ділянки.

Вступ. Високі динамічні і термічні навантаження при механічній обробці різальним інструментом високоміцних сталей і сплавів та композиційних матеріалів швидко руйнують інструмент. Тому використання захисних зміцнюючих покриттів є одним з перспективних напрямків підвищення стійкості різального інструменту. Особливо вигідно себе зарекомендували покриття дискретної структури, які були запропоновані співробітниками лабораторії зміцнення поверхні елементів конструкцій Інституту проблем міцності ім. Г.С. Писаренка під керівництвом професора Ляшенка Б.А. [1]. Використання покриттів дискретної структури дає можливість суттєво підвищити працездатність та надійність різального інструменту при різанні навіть без використання МОР (мастильно охолоджуючої рідини) [2].

Стан питання. Нанесення вакуум-плазмових покриттів на різальний інструмент відбувається інтуїтивно-імперично, у результаті чого покриття можуть розтріскуватися або відшаровуватися навіть без впливу зовнішнього навантаження. Оптимальне проектування покриття на стадії нанесення дозволить суттєво підвищити зносостійкість різального інструменту з покриттям при складних процесах різання [3]. Підвищення товщини покриття на різальному інструменті при умові мінімізації напружено-деформованого стану дозволить в декілька разів підвищити зносостійкість робочих поверхонь різця та покращити якість обробки деталей [4].

Методика досліджень. Для визначення напружено-деформованого стану та вибору оптимальних геометричних розмірів дискретних вакуум-плазмових покриттів використовували скінченно-елементний комплекс Nastran [5]. В препроцесорі FEMAP будувалось декілька моделей з різними

розмірами дискретного покриття, та визначали напружено-деформований стан в моделі при умові симетричного силового навантаження. Із умови мінімізації напружено-деформованого стану визначали оптимальне покриття для різального інструменту.

Результати досліджень. Запропонована розрахункова схема (рис. 1) по визначенню оптимальної товщини дискрету дозволяє змінювати його товщину, при цьому не має потреби в перебудові всієї моделі в цілому.

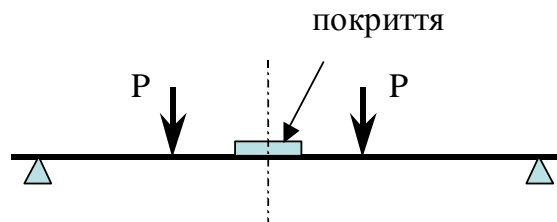


Рисунок 1 – Розрахункова схема по визначенню товщини покриття на основі, що деформується, з симетричним навантаженням.

Задане навантаження прикладене на деякій відстані від центру симетрії моделі не дає концентрації напружень на самому дискреті і тому дозволяє визначити напруження які виникають у самому покритті. Оскільки модель має осі симетрії, то достатньо розглянути її четверту частину (рис. 2, а). Розрахункова схема представляє собою балку на двох опорах з симетричним силовим навантаженням відносно центру, на якому є дискретне покриття малої товщини.

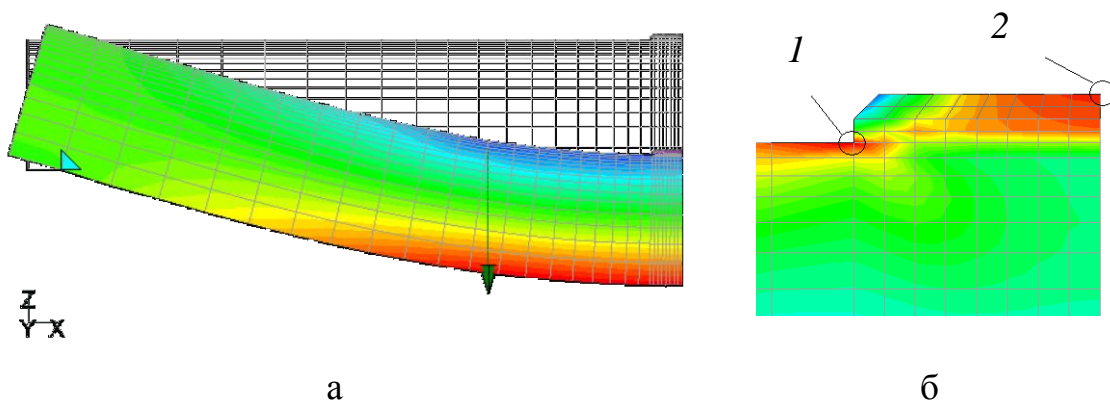


Рисунок 2 – Розподіл нормальних (а), та еквівалентних напружень (б) в дискретному покритті, які виникають від прогину балки: 1 – точка адгезійного контакту покриття з основою; 2 – центр дискрету, де виникають найбільші напруження при когезійному розтріскуванні.

Змінними параметрами для моделювання була товщина дискрету, вона змінювалась від 2-х до 20 мкм (рис. 3).

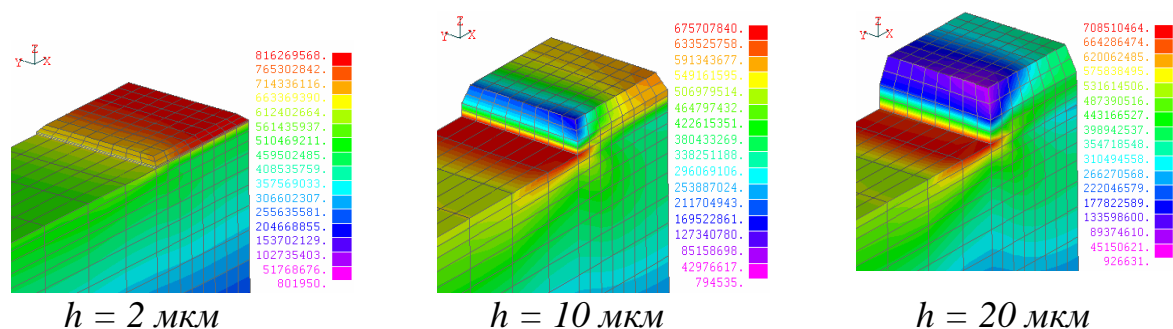


Рисунок 3 – Еквівалентні напруження в композиції “основа - дискретне покриття” при різній товщині покриття h .

Оскільки основними параметрами руйнування покриттів є адгезійне відшарування та когезійне розтріскування, то напружений стан дискретного покриття для основи що деформується розглядався для двох точок (рис. 3, б), які знаходяться на межі адгезійного контакту (*точка 1*), та на вершині когезійного розтріскування в центрі дискрету (*точка 2*).

За напруженнями в цих точках було побудовано графік еквівалентних напружень (рис. 4), за яким визначено геометричні параметри дискретного покриття при яких воно має однакову міцність до розтріскування та відшарування. За даним графіком визначено оптимальні для конструювання дискретного покриття пропорції висоти до ширини.

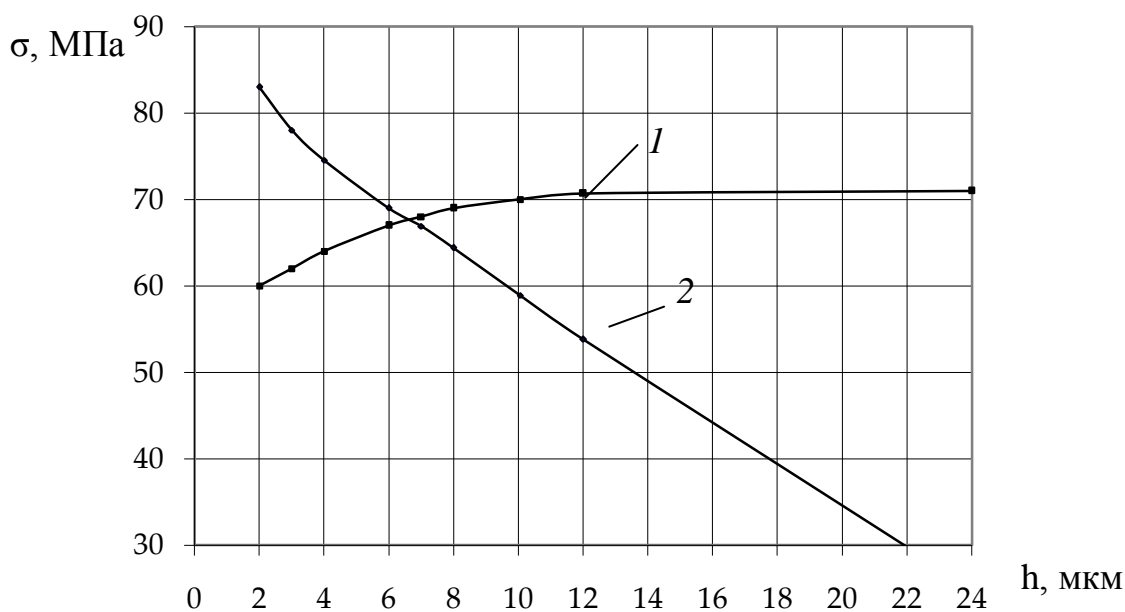


Рисунок 4 – Графік розподілу еквівалентних напружень дискретного покриття: *1* – для зони адгезійного контакту покриття з основою на краях дискрету; *2* – в центрі фрагменту дискретного покриття.

При малій товщині дискретного покриття, в результаті деформування основи, максимум напружень виникає в його центрі. При збільшенні

товщини покриття відбувається перерозподіл напружень від його центру до країв. Причому для співвідношенні його висоти до ширини як 1/17, значення напружень в зоні адгезійного контакту по краям дискрета та в його центрі однакові. Дане співвідношення розміру дискретного покриття є умовою його адгезійно-когезійної рівномірності.

Як видно з графіку (рис. 4), з ростом товщини покриття напруження в зоні адгезійного контакту поступово зростають до певного граничного значення, яке відповідає співвідношенню його висоти до ширини як 1/10, після чого рівень напружень при збільшенні товщини покриття не змінюється. Виходячи з цього параметру, збільшення товщини покриття є недоцільним без збільшення його ширини, воно буде мати низьку стійкість і ймовірність його адгезійного відшарування зросте.

Для елемента, що знаходиться в центрі дискрета побудовано графік розподілу еквівалентних нормальних та дотичних напружень (рис. 5, а), за яким видно, що при збільшенні товщини покриття нормальні напруження стиску вздовж осі X в напрямку нейтральної лінії балки зменшуються майже до нуля, що відповідає співвідношенню висоти до ширини дискрета як 1/10, після чого вони знову починають поступово зростати. Еквівалентні напруження з ростом товщини знижуються, а дотичні в площині ZX повільно збільшуються до геометричної пропорції висоти до ширини як 1/12, а потім також повільно знижуються.

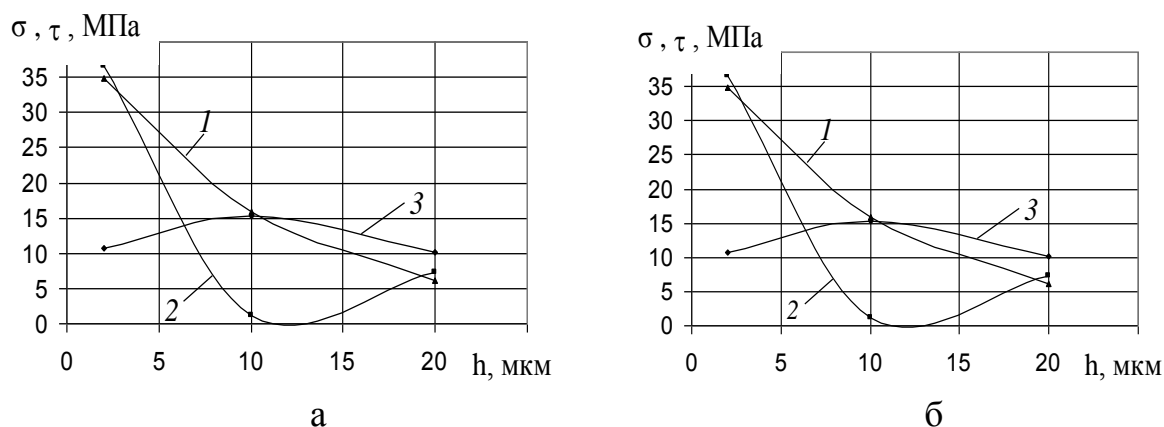


Рисунок 5 – Еквівалентні $\sigma_{\text{екв}}$ (1), нормальні σ_x (2) та дотичні τ_{zx} (3) напруження для найбільш напруженої точки дискретного покриття (а), та їх різниця між основою та покриттям (б) в залежності від товщини покриття h .

Аналіз напруженого стану, що виникає між елементом покриття та основи в центрі симетрії балки, було проаналізовано за різницею еквівалентних, нормальних та дотичних напружень (рис. 5, б). До співвідношення 1/12 відбувається зниження еквівалентних та нормальних напружень стиску вздовж осі X , причому дотичні напруження до цієї межі зростають. Далі йде зворотній процес, за яким йде ріст нормальних та еквівалентних, та зниження дотичних напружень.

Висновок. Конструювання покриття, що має оптимальні геометричні параметри дозволить мінімізувати напружений стан в композиції основа-покриття, підвищити його ресурс, та збільшити товщину.

Оптимальні співвідношення геометричних параметрів висоти до ширини для конструювання дискретного покриття є приблизно 1/17 – для рівномірного покриття, та 1/12, 1/10 – з умови балансу напружень.

Чисельний розрахунок дає можливість на етапі моделювання визначити оптимальні геометричні розміри покриття, розрахувати величини еквівалентних, нормальних і дотичних напружень як в поверхневих шарах так і в об'ємі моделі основа-покриття від дії зовнішнього навантаження.

Дискретне покриття, на відміну від суцільного, має менший напружений стан, тому збільшення його товщини дозволить підвищити зносостійкість інструменту.

Розрахунок методом скінченних елементів дає можливість визначити значення дотичних напружень, які спричиняють відшарування покриття від основи.

Список літератури

1. *Ляшенко Б.А., Клименко С.А.* Тенденции развития упрочняющей поверхностной обработки и положение в Украине // Сучасне машинобудування. – 1999. – № 1. – С. 94 – 104.
2. *Ляшенко Б.А., Розенберг О.А., Ермолаев В.В., Мирненко В.И.* Восстановление деталей машин дифференциальными покрытиями дискретной структуры // Тяжелое машиностроение. – 2001. - № 2. – С. 21-23.
3. *Ляшенко Б.А., Антонюк В.С.* Исследование эффективности дискретных поверхностных структур пар трения // Вестник СевГТУ. Вып. 36 Автоматизация процессов и управление: Сб. Науч. Тр. Севастополь. Нац. техн. ун-т. – Севастополь, 2002. – С.123 - 128.
4. *Антонюк В.С., Сорока О.Б., Калініченко В.І.* Остаточные напряжения в вакуум-плазменных покрытиях. // Вібрації в техніці та технологіях. – 2004. – № 5(37). – С. 88 – 89.
5. *Шимкович Д.Г.* Расчет конструкций MSC/NASTRAN for Windows. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 448 с.

Аннотация

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИСКРЕТНОГО ПОКРЫТИЯ ПО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОМУ СОСТОЯНИЮ

Калиниченко В.И., Марчук В.Е., Градыский Ю.А.

За результатами численних розрахунків визначені оптимальні розміри вакуум-плазменного дискретного покриття по мінімальному напружено-деформованому стану. Предложено модель по

определению напряженно-деформируемого состояния дискретных покрытий от действия симметричного силового нагружения.

Ключевые слова: напряженно-деформируемое состояние, дискретное покрытие, дискретные участки.

Abstract

METHODOLOGY OF DETERMINATION OF OPTIMUM PARAMETERS OF DISCRETE COATING BY A STRESS-DEFORMED CONDITION

Kalinichenko VI, Marchuk VE, Gradysky Yu.A.

The results of numerical calculations determine the optimum dimensions of the vacuum-plasma discrete coating for the minimum stress-strain state. A model is proposed for determining the stress-strain state of discrete coatings from the action of symmetric force loading.

Key words: stress-strain state, discrete coating, discrete areas.