

В. С. АНТОНЮК

Национальный технический университет Украины  
«КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. И. Сикорского»,  
Киев, Украина

Традиционные сплошные покрытия в процессе эксплуатации теряют когезионную и адгезионную прочность, то есть растрескиваются или отслаиваются от основания. Предотвратить явления разрушения покрытий можно за счет формирования покрытий дискретного типа [1, 2].

Для предотвращения когезионного разрушения покрытия предлагается избирать размер участка, исходя из шага трещин, возникающих в покрытии вследствие внешней нагрузки и остаточных напряжений [3].

Целью работы является установление геометрических параметров покрытия в условиях нагрузки режущего инструмента.

Теоретические исследования. Элемент дискретного участка покрытия рассматривали как балку на упругом основании с жестко зажатými концами. Моделируя условия резания рассматриваем силу  $P$ , действующую в направлении оси  $z$ , приложенную в центре участка толщиной  $H$  в точке  $x = l/2$  (рис. 1).

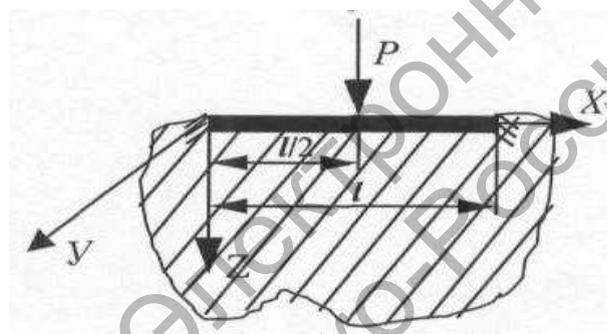


Рис. 1. Схема участка дискретного покрытия длиной  $l$

Для решения задачи принята гипотеза Фуса-Винклера о пропорциональности зависимости между реакцией и прогибом балки  $w(x)$  с коэффициентом пропорциональности  $a$ . Тогда дифференциальное уравнение упругой линии для балки с постоянной жесткостью поперечного сечения на изгиб:

$$\frac{d^4 w(x)}{dx^4} + \frac{4}{L^4} w(x) = 0, \quad (1)$$

где  $L^4 = \frac{4EI}{a}$ ;  $E$  – модуль упругости материала балки;  $I$  – момент инерции сечения балки относительно оси  $y$ .

Интегрируя уравнение (1) по методу А.Н. Крылова [4], уравнения метода начальных параметров для прогибов  $w(x)$  и углов поворота  $\theta(x)$  запишем:

$$w(x) = -\frac{1}{EI} \left[ M_0 Y_3 \left( \frac{x}{L} \right) + Q_0 Y_4 \left( \frac{x}{L} \right) \right] + \frac{L^3 P Y}{EI} \left( \frac{x}{L} \right); \quad (2)$$

$$\theta(x) = -\frac{1}{EI} \left[ M_0 Y_2 \left( \frac{x}{L} \right) + Q_0 Y_3 \left( \frac{x}{L} \right) \right] + \frac{L^2 P Y}{EI} \left( \frac{x}{L} \right); \quad (3)$$

где  $M_0$  и  $Q_0$  – изгибающий момент и поперечная сила, соответственно,  $Y(\xi) = \frac{1}{2} \text{sh} \xi \sin \xi$ ;  $Y(\xi) = \frac{1}{2} (\text{ch} \xi \sin \xi - \text{sh} \xi \cos \xi)$  – функции А. Н. Крылова.

Силовые начальные параметры  $M_0$  и  $Q_0$  определяем из условий на правой опоре балки:  $w(l)=0$  и  $\theta(l)=0$  (5), а после их подстановки в (2, 3) и решения системы уравнений, получим выражения через функции Крылова для поперечной силы:  $Q_0 = P \cdot F$ , (6) и начального изгибающего момента:

$$M_0 = LP \frac{Y_3 \left( \frac{1}{2} \right) Y_4 \left( \frac{1}{2} \right) - Y_2 \left( \frac{1}{2} \right) Y_3 \left( \frac{1}{2} \right)}{Y_3 \left( \frac{1}{2} \right) Y_4 \left( \frac{1}{2} \right) - Y_2 \left( \frac{1}{2} \right) Y_3 \left( \frac{1}{2} \right)}, \quad (7)$$

где величина

$$F = \frac{Y_3 \left( \frac{1}{2} \right) Y_4 \left( \frac{1}{2} \right) - Y_2 \left( \frac{1}{2} \right) Y_3 \left( \frac{1}{2} \right)}{Y_3 \left( \frac{1}{2} \right) Y_4 \left( \frac{1}{2} \right) - Y_2 \left( \frac{1}{2} \right) Y_3 \left( \frac{1}{2} \right)}$$

С учетом (6, 7) на основе уравнения для прогибов (2) строили упругую линию для балки под действием силы  $P$ .

С целью определения параметров покрытия разработан алгоритм и проведены расчеты для случая, когда основа быстрорежущая сталь Р6М5 ( $a = 2,1 \cdot 10^5$  МПа) и коэффициент упругости покрытие из твердого сплава для ВК8 ( $E = 7,1 \cdot 10^5$  МПа). Момент инерции относительно оси  $Y$  поперечного сечения:  $I = h^4 / 12$ .

Выводы. Для покрытия из твердого сплава ВК8, на быстрорежущей стали Р6М5 с отношением  $l > 7h$  наблюдаются зоны с отрицательным прогибом, в которых вероятное адгезионное отслоение.

Для участков с  $l \leq 7h$  покрытие под действием силы  $P$  приобретает положительный прогиб и адгезионного отслоения не происходит.

Для обеспечения надежности покрытия на режущем инструменте рекомендуется соотношение длины участка к толщине в пределах 5...7.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. **Антонюк, В. С.** Формування покриття підвищеної зносостійкості на робочих поверхнях різального інструменту / В. С. Антонюк // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія Машинобудування. – 2003. – Вип. 44. – С. 110–112.
2. Технологическое обеспечение вакуум-плазменных покрытий дискретной структуры / Е. К. Соловых [и др.] // Технологические системы. – 2007. – № 2. – С. 22–27.
3. **Антонюк, В. С.** Повышение эксплуатационных характеристик деталей машин и режущего инструмента покрытиями дискретной структуры / В. С. Антонюк // Резание и инструмент в технологических системах : сб. Межд. науч.-техн. конф. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2007. – Вып. 73. – С. 20–24.
4. **Писаренко, Г. С.** Опір матеріалів / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. – Київ : Вища школа, 2004. – 655 с.