

УДК 621. 891

О.В. Диха, доц., канд. техн. наук
Хмельницький національний університет

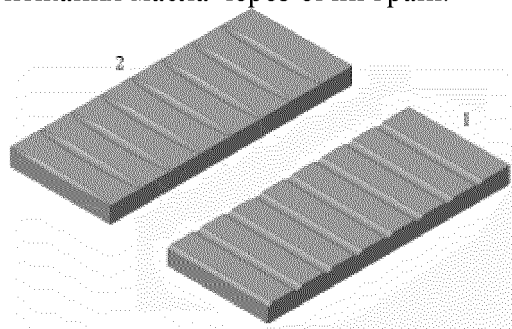
Геометричні параметри і режим тертя в напрямних елементах з маслоутримувальними канавками змінної глибини

В статті розглянуто змінний профіль мастильних канавок на плоских поверхнях з оптимальною масломісткістю, визначені аналітично і чисельно його геометричні параметри, проведений розрахунок режиму тертя в напрямних ковзанні.

мастильні канавки, змінна глибина, оптимальна масломісткість, геометричні параметри, режим тертя

Відомо, що система канавок, утворених на робочих поверхнях тертя деталей машин поверхнево пластичною обробкою або різанням, виконує функцію змащувальних резервуарів, які підживлюють маслом контактні зони сполучення при експлуатації [1]. Форма і розміри маслоутримувальних канавок мають визначальне значення для умов змащування.

Крім забезпечення масломісткості внутрішніх циліндричних поверхонь підшипникових втулок, не менш актуальною є задача утримання мастила на плоских поверхнях, наприклад, на напрямних ковзанні [2]. В практиці широко використовують масляні канавки різної форми і напряму на поверхнях напрямних верстатів. Поздовжні або поперечні канавки мають, як правило, однаковий перетин по глибині канавки 1 на всій довжині (рис. 1). Особливістю таких канавок є незмінність несучої здатності по всій довжині і можливість витікання масла через бічні грані.

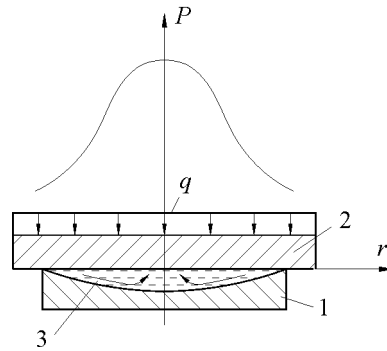


1- рівної глибини; 2- змінної глибини

Рисунок 1 – Мастильні канавки на плоских поверхнях

В роботі [3] запропонована форма мастильних канавок змінної глибини 2 (рис. 1), максимальної в центрі і нульовою по краях напрямної.

Несуча здатність шару мастила залежить від товщини шару. Для нормальної роботи напрямних (відсутність перекосів, мінімальні бічні витікання масла, утворення гідродинамічного клину) максимальна несуча здатність P (рис. 2) повинна бути в центрі напрямної планки.



1 – напрямна; 2 – повзун; 3 – мастильна канавка

Рисунок 2 – Схема контакту в напрямних з канавками змінної глибини

Профіль канавки змінної глибини забезпечує виконання цієї умови. Замкнутість профілю на краях напрямної мінімізує бічні витікання масла. Під дією прикладеного навантаження відбувається стиснення замкнутого об'єму масла, що викликає перетікання масла в клиновому зазорі до центру канавки (на рис. 2 показано стрілками), що додатково створює підйомну силу.

Канавки змінної глибини можна отримати шляхом пластичної деформації за допомогою пружного або жорсткого кулькового або конічного інденторів при переміщенні по коловій траєкторії заданого радіусу (рис. 3).

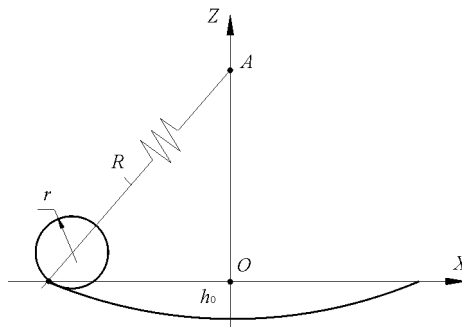


Рисунок 3 – Схема утворення канавок змінної глибини

Отримані аналітичні залежності для розрахунку площі поверхні і об'єму маслоутримуючого профілю змінної глибини для жорстких сферичного і конічного інденторів і пружного сферичного індентора (таблиця 1).

Таблиця 1– Геометричні параметри мастильних канавок

Тип індентора	Жорсткий кульковий	Жорсткий конічний	Пружний кульковий
Площа мастильної поверхні, S	$2\pi h_0 \sqrt{Rr}$	$\frac{8\sqrt{2}}{3} \operatorname{tg}\alpha h_0 \sqrt{Rh_0}$	$2\pi h_0 \sqrt{mRr}$
Об'єм масляної канавки, V	$\pi h_0^2 \sqrt{Rr}$	$\frac{32\sqrt{2}}{15} \operatorname{tg}\alpha h_0^2 \sqrt{Rh_0}$	$\pi h_0^2 \sqrt{mRr}$

В формулах таблиці 1:

h_0 – максимальна глибина мастильної канавки;

R – радіус траєкторії руху інструменту;

r – радіус інструменту;

$$m = \frac{k}{\pi \sigma_m r} \text{ – деформаційний коефіцієнт (} k \text{ – жорсткість пружного елемента; } \sigma_m$$

– границя текучості оброблюваного матеріалу);

α – кут конуса конічного індетора.

Для напрямних металорізального верстату з маслоутримувальними канавками змінної глибини (рис. 4) проведений розрахунок режиму тертя.

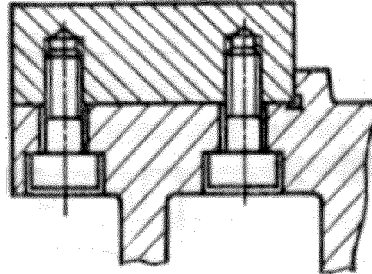


Рисунок 4 – Накладна напрямна металорізального верстату

Для визначення коефіцієнта тертя в напрямних відповідно до характеристики режиму роботи приймалася залежність [4]:

$$f = \left(1 - \frac{S_\kappa}{S}\right) \frac{\eta V}{\sigma h_{\min}}, \quad (1)$$

де S_κ – сумарна площа мастильних канавок на поверхні напрямної;

S – загальна площа поверхні напрямної;

η – динамічна в'язкість масла, Па·с;

V – швидкість ковзання, м/с;

σ – тиск в напрямних, МПа;

h_{\min} – розрахункова мінімальна товщина мастильного шару.

В розрахунку приймали наступні вихідні дані:

– ширина напрямної планки – $2l = 50$ мм;

– число мастильних канавок на одиницю довжини (крок) – 1 канавка на 10 мм.;

– швидкість ковзання – $V = 0,2$ м/с;

– тиск на напрямній – $\sigma = 5$ МПа;

– тип масла – Індустріальне И-40А, $\eta = 4$ Па·с;

– розрахункова товщина мастильного шару $h_{\min} = 10$ мкм.

Таким чином, задача полягала у визначенні площі поверхні мастильної канавки.

Для визначення площі поверхні канавки використовували формулу з таблиці 1 для випадку обробки канавки кульковим пружним індетором. При цьому приймали наступні параметри процесу накатування канавок:

– радіус обертання накатної головки $R = 100$ мм;

– радіус індетора $r = 1,5$ мм;

– матеріал напрямної планки - сталь 40Х з границею текучості $\sigma_m = 650$ МПа;

– коефіцієнт жорсткості пружини накатника $k = 50$ Н/мм.

В розрахунковій формулі (табл. 1) деформаційний коефіцієнт дорівнює:

$$m = \frac{k}{\pi \sigma_m r} = \frac{50}{\pi \cdot 650 \cdot 1,5} = 0,016.$$

Максимальна глибина вдвлювання за теоретичною траєкторією інструменту визначалася:

$$h_0 = l^2 / 2R = 25^2 / 2 \cdot 100 = 3,125 \text{ мм.}$$

Графік зміни глибини профілю канавки по радіальній координаті для розглянутого випадку, побудований за допомогою програми MathCad, показаний на рис. 5.

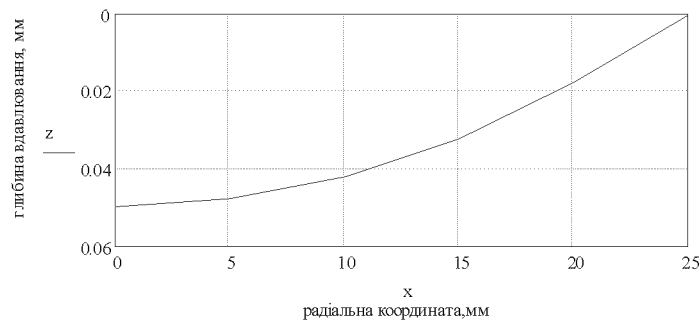


Рисунок 5 – Глибина профілю мастильної канавки

Площа поверхні канавки за формулою таблиці 1.

$$S_k = 2\pi h_0 \sqrt{mRr} = 2\pi \cdot 3,125 \sqrt{0,016 \cdot 100 \cdot 1,5} = 30,4 \text{ мм}^2.$$

Результати розрахунку параметрів профільних канавок змінної глибини за отриманою аналітичною залежністю співпадають з результатами чисельного розрахунку, проведеного за допомогою програми Solid Works.

Підставивши початкові дані у формулу (1), отримаємо:

$$f = \left(1 - \frac{S_k}{S}\right) \frac{\eta V}{\sigma h_{\min}} = \left(1 - \frac{30,4}{50 \cdot 10}\right) \frac{4 \cdot 0,2}{5 \cdot 10} = 0,015.$$

Тобто в даному випадку на напрямній верстаті з маслоутримувальними канавками змінної глибини забезпечується рідинний режим тертя.

Список літератури

1. Шнейдер Ю. Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом / Ю. Г. Шнейдер. – М.: Машиностроение, 1982. – 248 с.
2. Дыха А. В. Учет геометрии маслоудерживающих канавок в износоконтактном взаимодействии плоских стыков / А. В. Дыха // Проблемы трибологии. – 1998. – № 1. – С. 111–115.
3. Дыха А. В. Создание и экспериментальное исследование смазочной способности маслоудерживающих канавок переменной глубины / А. В. Дыха, О. П. Бабак, А. В. Ильчишина // Проблемы трибологии. – 1999. – № 2. – С. 26–29.
4. Трение, изнашивание и смазка: Справочник: В 2-х кн. Кн 2 / Под ред. И. В. Крагельского. – М.: Машиностроение, 1979. – 358 с.: ил.

О.В. Духа

Геометрические параметры и режим трения в направляющих элементах с маслосдерживающими канавками сменной глубины

В статье рассмотрен переменный профиль смазочных канавок на плоских поверхностях с оптимальной маслосемкостью, определены аналитически и численно его геометрические параметры, проведен расчет режима трения в направляющих скольжения.

О. Dykha

Geometrical parameters and a mode of friction in leading elements with oilkeeping guttering of changing depth

The changing profile of lubricant guttering on the flat surfaces with optimal oilkeeping , its geometrical parameters are determined analytically and in figures, the calculation of a mode of friction in directed slippage are considered in the article.

Одержано 15.09.09