



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **13014** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01N 3/58** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

### ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

**(54) СПОСІБ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ, ЯКИЙ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ В ПАРІ ТЕРТЯ ІНСТРУМЕНТ-ДЕТАЛЬ**

1

2

(21) u200508082

(22) 16.08.2005

(24) 15.03.2006

(46) 15.03.2006, Бюл. № 3, 2006 р.

(72) Алієв Азиз Ібрахимович, Внуков Юрій Миколайович, Немировський Яків Борисович, Цеханов Юрій Александрович, RU, Якубов Февзі Якубович, Якубов Чінгіз Февзієвич

(73) КРИМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Алієв Азиз Ібрахимович

(57) Спосіб вибору оптимального матеріалу, який використовується в парі тертя інструмент - деталь, що передбачає навантаження симетрично розташованих площинних контрзразків, виконаних з оброблюваного матеріалу, розміщеним між ними індентором одним і тим самим нормальним навантаженням з наступним поворотом індентора на один і той самий кут в умовах як без досліджуваного матеріалу, так і з попередньо нанесеними досліджуваними матеріалами на поверхню індентора і/або на контактуючу з ним поверхню контрзразків з оброблюваного матеріалу, вимірюють у кожному випадку приріст сили тертя і визначають параметри, з урахуванням яких роблять вибір оптимального матеріалу, який **відрізняється** тим, що використовують контрзразки з циліндричним отвором, діаметр якого менший від найбільшого діаметра індентора конічної форми, індентор уста-

новлюють співвісно циліндричним отворам контрзразків, як досліджуваний матеріал наносять масильно-охолоджувальні технологічні засоби, з урахуванням вимірюваного приросту сили тертя визначають як параметри для вибору оптимального матеріалу, коефіцієнт тертя  $f$  і шлях тертя  $L_{TP}$  для кожного вищезгаданого випадку за наступними залежностями:

$$f = \frac{F \cdot D \cdot \sin \alpha}{P \cdot (d_0 + d_1)}$$

де  $F$  - експериментально визначувана тангенціальна сила, Н;

$D$  - діаметр обертового диска, в якому закріплюється індентор, мм;

$P$  - сила осьового навантаження, Н;

$d_0$  і  $d_1$  - діаметри отвору і фаски відповідно, мм;

$2\alpha$  - кут при вершині конуса індентора, та

$$L_{TP} = n \cdot \frac{t_C}{60} \cdot \pi \cdot \frac{d_0 + d_1}{2} = \frac{\pi \cdot n}{120} \cdot (d_0 + d_1) \cdot t_C,$$

де  $n$  - частота обертання, об/хв;

$t_C$  - час у секундах,

будують графік залежності  $f = f(L_{TP})$ , за яким вибирають оптимальний матеріал з урахуванням вимог до досліджуваного матеріалу.

Корисна модель відноситься до області дослідження механічних властивостей матеріалів і може бути використана у всіх випадках, коли необхідно зробити вибір масильно-охолоджувальних технологічних засобів для пари тертя інструмент - деталь, переважно при обробці різальним інструментом з урахуванням вимог до досліджуваного матеріалу.

Відомий найбільш близький за технічною суттю до пропонованої корисної моделі спосіб вибору оптимального матеріалу, який використовується в парі тертя інструмент - деталь, [див. авт. св. СРСР

№1797009 А1, МПК 5 G01N3/58, опубл. 23.02.93, Бюл. №7], який передбачає навантаження симетрично розташованих площинних контрзразків, виконаних з оброблюваного матеріалу, розміщеним між ними індентором одним і тим самим нормальним навантаженням з наступним поворотом індентора на один той самий кут в умовах як без досліджуваного матеріалу, так і з попередньо нанесеними досліджуваними матеріалами на поверхню індентора і/або на контактуючу з ним поверхню контрзразків з оброблюваного матеріалу, вимірюють у кожному випадку приріст сили тертя і

(13) **U**

(11) **13014**

(19) **UA**

визначають параметри, з урахуванням яких роблять вибір оптимального матеріалу, при цьому використовують індентори сферичної форми однакового радіуса з матеріалу державки як без покриття, так і з покриттям з відібраних матеріалів, як досліджуваній матеріал вибирають матеріал зовнішнього шару зносостійкого покриття ріжучого інструмента, при цьому його вибирають з групи матеріалів з максимальним значенням твердості і міцності зчеплення з матеріалом державки і для кожного з них визначають крім приросту сили тертя опір зсуву і номінальну площу тертя, як параметри, з урахуванням яких роблять вибір оптимального матеріалу, визначають мінімальний з коефіцієнтів адгезійної активності за пропонованими рівняннями, цей спосіб спрямований на вирішення завдання по підвищенню зносостійкості і покращенню умов різання.

Такий спосіб вибору оптимального матеріалу - матеріалу покриття, який використовується в парі тертя інструмент - деталь по сукупності ознак, що його характеризують, є найбільш близьким до пропонованого, але його технологічні можливості недостатні, тому що його не можна використати для вибору мастильно-охолоджувальних технологічних засобів з урахуванням вимог до досліджуваного матеріалу, крім того цей спосіб досить відносний, він не дозволяє одержати кількісні характеристики.

В основу корисної моделі покладено завдання такого удосконалення способу вибору оптимального матеріалу, який використовується в парі тертя інструмент - деталь, при якому за рахунок використання пропонованих контрзразків і індентора, а також вибору пропонованих параметрів як параметрів, з урахуванням яких роблять вибір оптимального матеріалу, забезпечується при значному спрощенні розрахунків можливість визначити такі параметри як коефіцієнт тертя і шлях тертя і тим самим розширити технологічні можливості процесу - вибрати як досліджуваній матеріал мастильно-охолоджувальні технологічні засоби з урахуванням вимог до досліджуваного матеріалу.

Для вирішення цього завдання у способі вибору оптимального матеріалу, який використовується в парі тертя інструмент - деталь, що передбачає навантаження симетрично розташованих площинних контрзразків, виконаних з оброблюваного матеріалу, розміщеним між ними індентором одним і тим самим нормальним навантаженням з наступним поворотом індентора на один той самий кут в умовах як без досліджуваного матеріалу, так і з попередньо нанесеними досліджуваними матеріалами на поверхню індентора і/або на контактуючу з ним поверхню контрзразків з оброблюваного матеріалу, вимірюють у кожному випадку приріст сили тертя і визначають параметри, з урахуванням яких роблять вибір оптимального матеріалу, згідно корисної моделі використовують контрзразки з циліндричним отвором, діаметр якого менше найбільшого діаметра індентора конічної форми, індентор установлюють співвісно циліндричним отвором контрзразків, як досліджуваній матеріал наносять мастильно-охолоджувальні технологічні засоби, з урахуванням вимірюваного приросту сили тертя визначають як параметри для

вибору оптимального матеріалу, коефіцієнт тертя  $f$  і шлях тертя  $L_{TP}$ , для кожного вищезгаданого випадку по наступних залежностях:

$$f = \frac{F \cdot D}{P \cdot \pi \cdot (d_0 + d_1) \cdot \sin \alpha} \quad (1)$$

де  $F$  - експериментально визначувана тангенціальна сила, Н;

$D$  - діаметр диска, що обертається, в якому закріплюється індентор, мм;

$P$  - сила осьового навантаження, Н;

$d_0$  и  $d_1$  - діаметри отвору і фаски відповідно, мм;

$2\alpha$  - кут при вершині конуса індентора та

$$L_{TP} = n \cdot \frac{t_c}{60} \cdot \pi \cdot \frac{d_0 + d_1}{2} = \frac{\pi \cdot n}{120} \cdot \pi \cdot (d_0 + d_1) \cdot t_c \quad (2)$$

де  $n$  - частота обертання, об/хв;

$t_c$  - час у секундах,

при цьому оптимальний матеріал вибирають по графіках залежності  $f=f(L_{TP})$  з урахуванням вимог до досліджуваного матеріалу.

Причинно-наслідковий зв'язок між пропованою сукупністю ознак і технічними ефектами, які досягаються при її реалізації, полягає у наступному. Пропонований спосіб не обтяжений складними розрахунками, оскільки він дозволяє внаслідок найпростіших розрахунків визначити такі параметри як коефіцієнт тертя і шлях тертя. Суть цієї методики полягає в тому, що ми обмежуємо площу контакту індентора зі зразком, попередньо просвердлюючи отвір і знімаючи в ньому фаску.

Контакт здійснюється поверхнею обертання по усіченому конусі малої висоти з довжиною твірної

$$\text{рівної } l_k = \frac{d_1 - d_0}{2 \sin \alpha}.$$

Кут, що рекомендується  $2\alpha=120^\circ$ .

$$\text{У силу малості } l_k, \left( \frac{l_k}{D_u} \cong \frac{1}{10} \right), \text{ де } D_u - \text{діаметр}$$

циліндрової частини індентора, розподіл контактних тисків  $p_n$  по ширині контакту  $l_k$  можна вважати рівномірним, тобто можна прийняти  $p_n = \text{const}$ .

При даній схемі означення опору відносному рухові (спочатку навантаження, а потім обертання), зводяться до нехтувально малої величини опору, обумовлені деформуванням поверхневих шарів, тобто деформаційна складова. Тому коефіцієнт тертя, що залежить від величини контактного тиску визначається зі співвідношення

$$f = \frac{\tau_n}{p_n};$$

де  $\tau_n$  - дотичні напруження.

Обертаючий момент сил тертя в силу малості  $l_k$ :

$$M_{TP} = \tau_n \cdot \pi \cdot \frac{d_0 + d_1}{2} \cdot l_k \cdot \frac{d_0 + d_1}{4} = \frac{1}{8} \cdot \pi \cdot f \cdot p_n \cdot l_k \cdot \pi \cdot (d_0 + d_1)^2.$$

Контактний тиск визначається з умов статички:

$$p_n = \frac{2P}{l_k \cdot \pi \cdot \pi \cdot (d_0 + d_1) \cdot \sin \alpha}.$$

Тоді

$$M_{TP} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l_k \cdot \pi \cdot \pi \cdot (d_0 + d_1)^2 \cdot \frac{2P}{l_k \cdot \pi \cdot \pi \cdot (d_0 + d_1) \cdot \sin \alpha} = \frac{1}{4} \cdot \frac{f \cdot P \cdot \pi \cdot (d_0 + d_1)^2}{\sin \alpha};$$

звідси

$$f = \frac{4 \cdot M_{TP} \cdot \sin \alpha}{P \cdot (d_0 + d_1)}.$$

Експериментально обумовлена тангенціальна сила  $F$ , необхідна для обертання диска діаметром  $D$  із закріпленим у ньому індентором, є сумарною. Індентор має дві поверхні тертя, оскільки він затиснутий зразками зверху і знизу. У результаті момент сил тертя визначається як:

$$M_{TP} = \frac{F}{2} \cdot \frac{D}{2} = \frac{1}{4} \cdot F \cdot D;$$

$$f = \frac{F \cdot D \cdot \sin \alpha}{P \cdot (d_0 + d_1)} \quad (1)$$

Якщо  $n$  - частота обертання, об/хв, то шлях тертя  $L_{TP}$  можна розрахувати як:

$$L_{TP} = n \cdot t_M \cdot \pi \cdot \frac{d_0 + d_1}{2};$$

де  $t_M$  - час у хвилинах.

Якщо  $t_C$  - час у секундах, то

$$L_{TP} = n \cdot \frac{t_C}{60} \cdot \pi \cdot \frac{d_0 + d_1}{2} = \frac{\pi \cdot n}{120} \cdot (d_0 + d_1) \cdot t_C \quad (2)$$

Таким чином при значному спрощенні розрахунків забезпечується можливість визначити такі параметри як коефіцієнт тертя і шлях тертя і тим самим розширити технологічні можливості процесу - вибрати як досліджуваній матеріал мастильно-охолоджувальні технологічні засоби з урахуванням вимог до досліджуваного матеріалу.

Приклад конкретної реалізації пропонованого способу вибору оптимального матеріалу, який використовується в парі тертя інструмент - деталь, а саме мастильно-охолоджувальних технологічних засобів проілюстровано кресленнями, де на Фіг.1 - представлено схему його реалізації, на Фіг.2 - конструкція пропонованих контрзразка і індентора.

Пристрій виконано у вигляді трибометра і містить станину 1, до якої прикріплено раму 2 з верхньою і нижньою осями 3. Між верхньою і нижньою осями 3 у державках 4 встановлені площинні контрзразки 5 з оброблюваного матеріалу. Між контрзразками 5 у поворотному диску 6 закріплено індентор 7 діаметром  $D_0$  з конічною поверхнею з кутом при вершині  $2\alpha$ . Нижня вісь 3 через нижню шарову опору 8 зв'язана з гайкою 9, а верхній кінець верхньої осі 3 - з призмою 10, яка контактує з важелем 11. На другому кінці важеля 11 підвішено груз 12. Поворотний диск 6 діаметром  $D$  кінематично зв'язаний з ходовою гайкою 13, встановленою на ходовому гвинті 14, з'єднаному з електродвигу-

ном 15. На ходовій гайці 13 встановлено тензoelementи 16, зв'язані через підсилювач 17 з двокоординатним самопишучим потенціометром 18.

Навантажували за допомогою описаного пристрою симетрично розташовані площинні контрзразки 5, виконані з оброблюваного матеріалу, розміщеним між ними індентором 7 одним і тим самим нормальним навантаженням з наступним поворотом індентора 7 на один той самий кут в умовах як без досліджуваного матеріалу, так і з попередньо нанесеним досліджуваним матеріалом на поверхню індентора 7 і/або на контактуючу з ним поверхню контрзразків 5 з оброблюваного матеріалу, вимірювали у кожному випадку приріст сили тертя і визначали параметри, з урахуванням яких робили вибір оптимального матеріалу, згідно корисної моделі використовували контрзразки 5 з циліндричним отвором, діаметр якого менше найбільшого діаметра індентора 7 конічної форми, індентор 7 установлювали співвісно циліндричним отворам контрзразків 5, як досліджуваний матеріал наносили мастильно-охолоджувальні технологічні засоби, з урахуванням вимірюваного приросту сили тертя визначали як параметри для вибору оптимального матеріалу, коефіцієнт тертя  $f$  і шлях тертя  $L_{TP}$  для кожного вищезгаданого випадку по наступних залежностях:

$$f = \frac{F \cdot D \cdot \sin \alpha}{P \cdot (d_0 + d_1)} \quad (1)$$

де  $F$  - експериментально-визначувана тангенціальна сила, Н;

$D$  - діаметр поворотного диска 6, що обертається, в якому закріплюється індентор 7, мм;

$P$  - осьове навантаження, Н;

$D_0$  і  $d_1$  - діаметри отвору і фаски контрзразка 5, відповідно, мм;

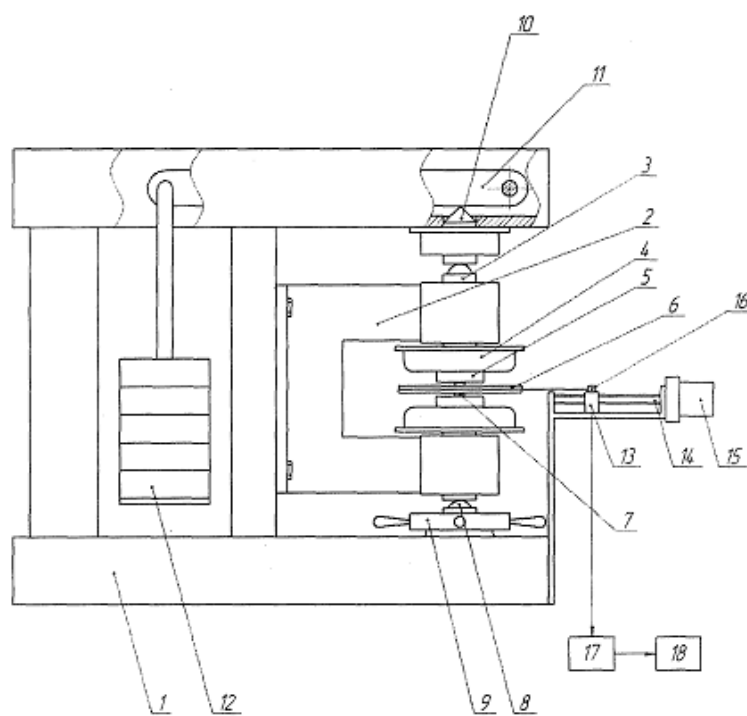
$2\alpha$  - кут при вершині конуса індентора 7, та

$$L_{TP} = n \cdot \frac{t_C}{60} \cdot \pi \cdot \frac{d_0 + d_1}{2} = \frac{\pi \cdot n}{120} \cdot (d_0 + d_1) \cdot t_C \quad (2)$$

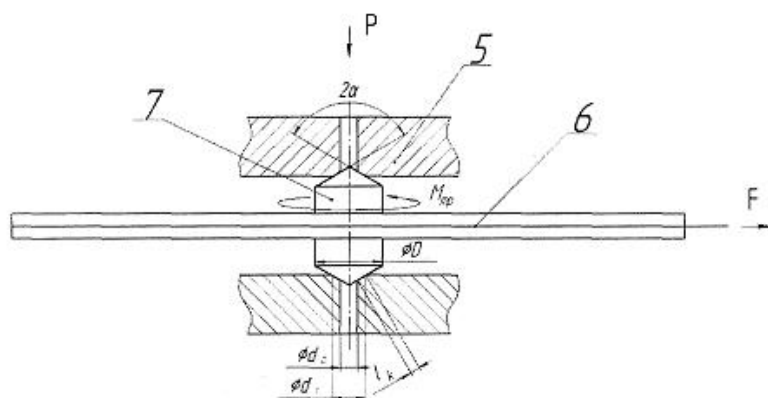
де  $n$  - частота обертання, об/хв;

$t_C$  - час у секундах.

при цьому оптимальний матеріал вибирають по графіках залежності  $f=f(L_{TP})$  з урахуванням вимог до досліджуваного матеріалу. Наприклад найбільші значення коефіцієнта тертя на всьому шляху тертя свідчать про гіршу змащувальну здатність даного мастильно-охолоджувального засобу в порівнянні з еталоном.



Фиг.1



Фиг.2