

Рис. 3. Залежність глибини окислення Δ , (мкм) від часу t (с) за різних відстаней від нульової поверхні X (мм): 1 – 0,2; 2 – 0,5; 3 – 1,0; 4 – 2 мм. Суцільні лінії – розрахункові значення, крапки – експериментальні дані

Запропонована модель дала змогу розрахувати розміри твердосплавних деталей, оброблених методом окислення в шихті, яка має певну концентрацію вуглецю. Встановивши режими розмірної термічної обробки твердих сплавів, отримаємо оптимальний профіль бічної поверхні зубків, що забезпечить найміцніше пресове з'єднання їх з шарошкою долота та економію твердого сплаву на зубки, довжину яких можемо при цьому зменшити.

1. А.с. 1373545 СССР. Устройство для вибрационной обработки деталей / В.А. Щигель, М.П. Пелех, В.М. Боровець // Бюл.изобрет. – 1988. – № 6. 2. Юревич Р.В., Пелех М.П. Установка с автоматическим регулированием состава рабочей среды при термоокислительной размерной обработке твердосплавных изделий // Автоматизация производственных процессов в машиностроении и приборостроении. – 1979. – Вып. 23. – С. 100.

УДК 622.233.051.7(088.8)

М.П. Пелех, С.Г. Швачко

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра фізики металів та матеріалознавства

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ БУРОВИХ ДОЛІТ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРЕСОВОГО З'ЄДНАННЯ “ТВЕРДОСПЛАВНИЙ ЗУБОК–ШАРОШКА”

© Пелех М.П., С. Г. Швачко, 2005

Бічна поверхня зубка, виготовлена згідно з розрахунковим профілем, створює у пресовому з'єднанні рівномірне напруження по всій поверхні контакту. Робота спрямована на розв'язання задачі підвищення працездатності бурового долота й економії дефіцитного твердого сплаву.

The pik flank was manufactured according to the design profile. Due to this in press joint there is a uniform stress on all contact surface. The operation was carried out with the purpose to boost of service capability of a drilling bit and to spare a scarce hard alloy.

Постановка задачі та її зв'язок з важливими науковими дослідженнями. Результати аналізу бурових робіт, здійснених шарошковими долотами, армованими твердосплавними шліфованими зубками, свідчать про їхню низьку експлуатаційну стійкість. В умовах експлуатації

доліт твердосплавні зубки піддаються складним навантаженням. Одночасно із стиранням (особливо це видно під час буріння твердих абразивних порід), вони сприймають ударні навантаження, деформації стиску і згинальні моменти. На основі даних організацій, які використовують долота, встановлено, що основними причинами їхнього передчасного виходу з ладу є відкол і злами твердосплавних зубків. Останні викликані в основному тим, що шліфовані зубки з конусною західною частиною викликають в з'єднанні під час запресування такі контактні напруження, які перевищують границю міцності матеріалу шарошки, що призводить до утворення тріщин.

Запресування зубка в корпус шарошки (рис. 1) за прийнятої сьогодні конфігурації зубка приводить до нерівномірного розподілення контактних напружень. Наявність в зубку гострої кромки між циліндричною частиною і фаскою під кутом 15° спричиняє до виникнення так званого "красового ефекту", внаслідок чого теоретично напруження біля кромки виростають до нескінченності. Це явище докладно досліджено в теорії пружності [1], де розглянуто процес проникнення жорсткого циліндричного штампа у пружний напівпростір. Крім цього, гостра кромка на західній частині зубка, після шліфування фаски 15° при запресуванні діє на матеріал шарошки як різальна кромка, що значно зменшує величину натягу.

У результаті проведених робіт у галузі термовіброоб'ємної обробки фаски твердосплавних зубків встановлено практичну можливість отримання фаски у вигляді радіуса. Перевагами такої конфігурації фаски є:

- 1) відсутність гострої кромки;
- 2) покращання фізико-механічних властивостей матеріалу зубка;
- 3) напруження в місцях переходу від циліндричної поверхні до сферичної набуває кінцевого значення.

Виникає проблема визначення оптимальної величини радіуса фаски. Оптимальним радіусом вважатиметься такий, за якого забезпечується мінімальна різниця між максимальним і мінімальним значенням напруг (рис. 2).

Для розв'язання цієї задачі скористаємося математичним апаратом, розробленим у [2].

З достатньою для нашої мети точністю розподілення тиску між поверхнями контакту "зубок-шарошка" (рис. 1) можна оцінювати, виходячи із задачі про тиск штампа на пружну напівплощину (рис. 2), вважаючи, що профіль штампа має безперервно обертальну дотичну.

Нехай $y=f_1(x)$ – рівняння кривої, що обмежує штамп в перерізі площиною xoy , при цьому

$$f_1(x) = 0 \quad \text{при} \quad -a \leq x \leq +a. \tag{1}$$

В околі точок $x = -a$ і $x = a$ при $|x| > a$ наближено наведемо функцію $f_1(x)$ розкладанням у ряд Тейлора:

$$f_1(x) = f_1(0) + \frac{f_1'(0)}{1!}x + \frac{f_1''(0)}{2!}x^2 + \dots + \frac{f_1^{(n)}(0)}{n!}x^n. \tag{2}$$

Перетворимо (2) для випадку, коли при $|x| > a$ рівняння $f_1(x)$ є ділянкою кола.

Рівняння кола у загальному випадку має вигляд (рис. 4).

$$R^2 = (x-x_0)^2 + (y-y_0)^2,$$

Нехай $y_0=R$, тоді (рис. 5)

$$R^2 = (x-x_0)^2 + (y-R)^2.$$

Перетворимо це рівняння і знайдемо другу похідну.

$$(y-R)^2 = R^2 - (x-x_0)^2; \quad y = [R^2 - (x-x_0)^2]^{1/2} + R,$$

$$y' = \pm [R^2 - (x-x_0)^2]^{-1/2} \cdot [-2(x-x_0)]$$

$$y'' = \pm [R^2 - (x-x_0)^2]^{-1/2} \left[1 + \frac{(x-x_0)^2}{R^2 - (x-x_0)^2} \right] = \pm \frac{1 + \frac{(x-x_0)^2}{R^2 - (x-x_0)^2}}{\sqrt{R^2 - (x-x_0)^2}},$$

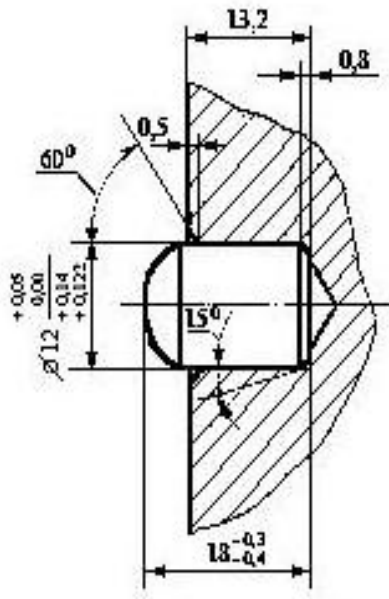


Рис. 1. Конструкція пресового з'єднання “зубок-шарошка”

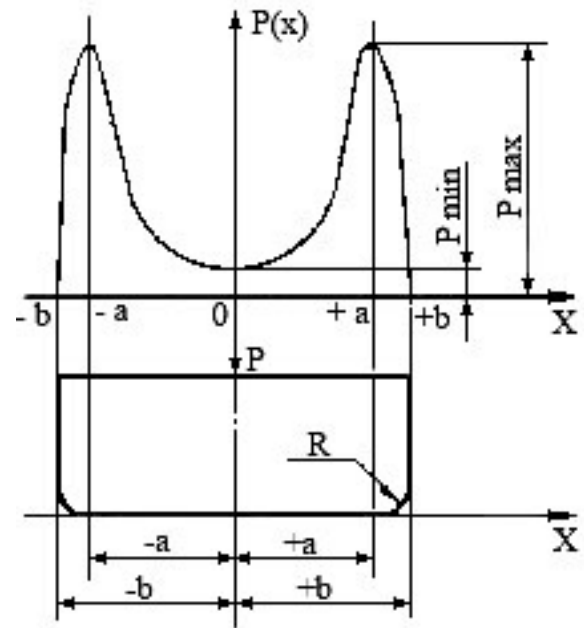


Рис. 2. Схема напружень, що виникають під час тиску штамп на пружну напівплощину

Нехай $x_0=a$, тоді

$$y'' = \pm \frac{1 + \frac{(x-a)^2}{R^2 - (x-a)^2}}{\sqrt{R^2 - (x-a)^2}},$$

Для $x=a$

$$y'' = \pm \frac{1 + \frac{(a-a)^2}{R^2 - (a-a)^2}}{\sqrt{R^2 - (a-a)^2}} = \pm \frac{1}{R} = \pm K,$$

де K – кривизна кривої в точці $x=a$

$$y' = \pm \frac{1}{2} [R^2 - (a-a)^2]^{-\frac{1}{2}} [-2(a-a)] = 0$$

Рівняння (2) з зростанням цих значень набуде вигляду:

$$f_1(x) = \frac{1}{2} f_1''(a-0)(x-a)^2 \text{ при } x \geq a$$

$$f_1(x) = \frac{1}{2} f_1''(-a-0)(a+x)^2 \text{ при } x \leq a. \quad (3)$$

Тобто вважаємо, що при підході до точки $x=a$ справа і до точки $x=-a$ зліва друга похідна $f_1''(x)$ наближається до кінцевих значень, які відрізняються від нуля.

Припустимо, що штамп симетричний і позначимо

$$f_1''(a+0) = f_1''(-a-0) = A. \quad (4)$$

Також позначимо через $2b$ ширину області контакту після стиску ($b > a$) і знайдемо величину тиску $p(x)$. Цю задачу розглянуто в джерелі [3] і в результаті її розв'язання отримаємо такі рівняння:

$$\frac{\pi - 2\varphi_0}{2\sin^2 \varphi_0} - \operatorname{ctg} \varphi_0 = \frac{\pi P(\theta_1 + \theta_2)}{Aa^2}; \quad (5)$$

$$x = a \frac{\sin \varphi}{\sin \varphi_0}. \quad (6)$$

$$P(x) = \frac{2p \sin \varphi_0}{\pi a(\pi - 2\varphi_0 - \sin 2\varphi_0)} [(\pi - 2\varphi_0) \cos \varphi - \sin \varphi \ln \left| \frac{\sin(\varphi + \varphi_0)}{\sin(\varphi - \varphi_0)} \right| + \sin^2 \varphi_0 \ln \left| \operatorname{tg} \frac{\varphi + \varphi_0}{2} \operatorname{tg} \frac{\varphi - \varphi_0}{2} \right|]$$

при
$$-\frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}, \quad (7)$$

де
$$\varphi_0 = \arcsin \frac{a}{b}$$

$$\theta_1 = \frac{2}{\pi E_1} (1 - \mu_1^2); \quad \theta_2 = \frac{2}{\pi E_2} (1 - \mu_2^2),$$

де E_1, E_2 – модуль пружності відповідно матеріалів штампа і пружного напівпростору; μ_1, μ_2 – коефіцієнт Пуассона відповідно матеріалів штампа (зубок) і пружного напівпростору; P – розподілене навантаження.

За формулою (5) визначають кут φ_0 , після чого за формулами (6) і (7) визначають тиск $p(x)$ в області $-\frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$, яка відповідає області контакту $-b \leq x \leq b$ ($b = \frac{a}{\sin \varphi_0}$).

Для визначення оптимального радіуса фаски було проведено моделювання процесу за рівняннями (5), (6), і (7) за допомогою ЕОМ.

При цьому було прийнято такі вихідні дані:

– матеріал штампа(зубок) – твердий сплав ВК8В

$$\mu_1 = 0,21$$

$$E_1 = 6,8 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$$

– матеріал пружного напівпростору (шарошка) – сталь 20ХН3А

$$\mu_2 = 0,28$$

$$E_2 = 2,03 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$$

$$-\theta_1 = 8,9537 \cdot 10^{-8} \text{ см}^2/\text{кг}$$

$$-\theta_2 = 2,8916 \cdot 10^{-7} \text{ см}^2/\text{кг}$$

$$-a = 0,8$$

– $A = 1/R$ де R – радіус фаски зубка.

Обчислювальний процес було обмежено так:

1) розв'язують трансцендентне рівняння (5) за різних зовнішніх навантажень P (від 500 кг/см до 10000 кг/см);

2) задають значення поточної координати x :

в інтервалі від 0 до $a=0,8$ - $x=0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,75; 0,8$.

в інтервалі від 0,8 до b – крок вимірювання $x = \frac{b-a}{10}$.

3) обчислюють $b = \frac{a}{\sin \varphi_0}$.

4) визначають $\varphi = \arcsin \frac{x \sin \varphi_0}{b}$ для кожного значення x .

5) визначають тиск $p(x)$ в інтервалі від 0 до b для кожного значення $x(\varphi)$.

У програмі передбачено зміну циклу за a . Всі дані виводять на друк.

У результаті обробки отриманих значень побудовано графіки (рис. 3 і рис. 4) залежності максимальної і мінімальної величини тиску від радіуса заокруглення за різних зовнішніх навантажень.

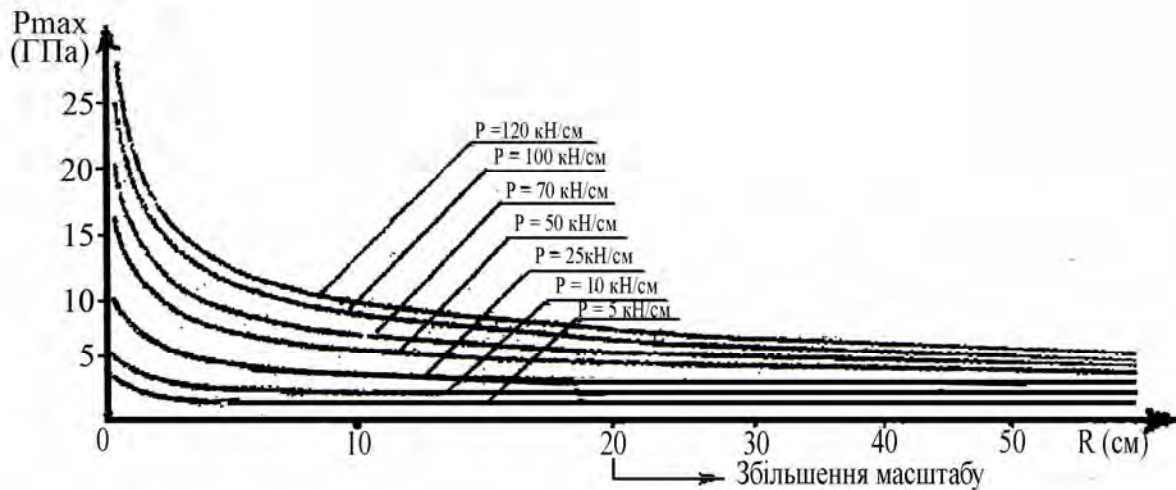


Рис. 3. Графік залежності максимальної величини тиску від радіуса заокруглення штампів за різних зовнішніх навантажень

З рис. 3 видно, що починаючи від $R \approx 20$ см величина P_{max} мало змінюється і асимптотично наближається до нуля. Аналогічна картина з величиною P_{min} (рис. 4)

$$\text{при } R=1 \quad \Delta P = P_{max} - P_{min} \approx 150000 - 6800 = 143200 \text{ кг/см}^2$$

при $P=7000$ кг/см

$$\text{при } R=20 \quad \Delta P = P_{max} - P_{min} \approx 50000 - 5400 = 44600 \text{ кг/см}^2.$$

Збільшуючи значення $v-a$ – довжину профілювання, різницю між P_{max} і P_{min} можемо довести до значення $\Delta P = 0,5 P_{max}$ при $v-a=0,45$ см і $R=20$ см, що можна вважати прийнятним.

Результати дослідження свідчать, що є значний резерв підвищення стійкості озброєння бурових доліт виключенням умов для появи "крайового ефекту".

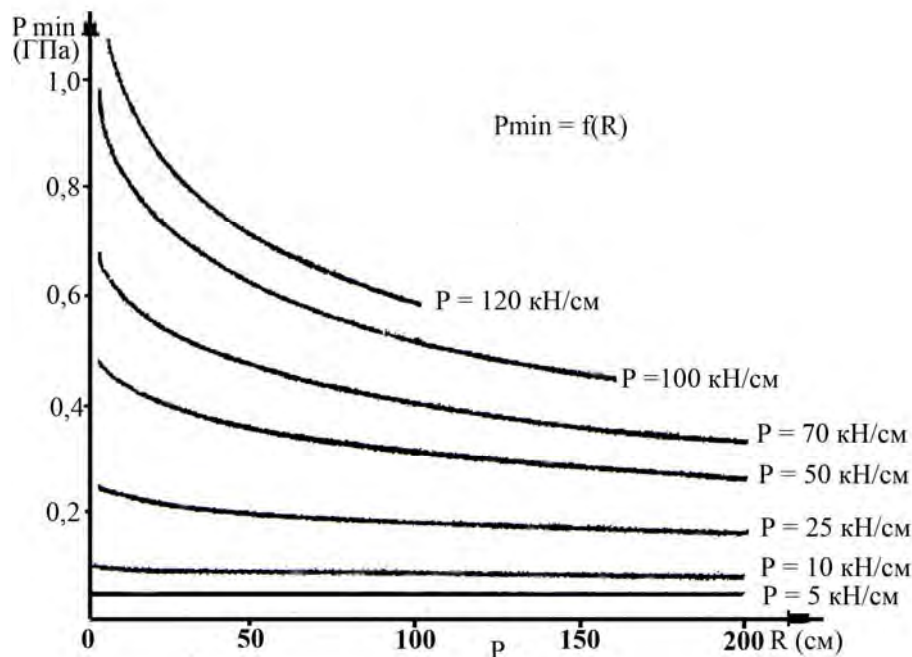


Рис. 4. Графік залежності мінімальної величини тиску від радіуса заокруглення штамп за різних зовнішніх навантажень

Цього можна досягти профілюванням зубків високотемпературним окисленням з подальшою вібраційною обробкою. Остання достатньо зміцнене твердий сплав. Підвищенням якості технології складання доліт можна скоротити розміри зубків на 15–20 %.

1. Краснеков В.И. О применимости теории Герца к одной пространственной контактной задаче // Известия вузов: "Машиностроение". – М., 1958. – № 1. 2. Штаерман И.Я. Контактная задача теории упругости. – М.: Гостехиздат, 1949.

УДК 621.924

З.А. Стоцько, Т.О. Стефанович
 Національний університет "Львівська політехніка",
 кафедра електронного машинобудування

ЕНЕРГЕТИЧНА КОНЦЕПЦІЯ ПРОЦЕСУ СТРУМЕНЕВОЇ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ НЕЗВ'ЯЗАНИМИ ТВЕРДИМИ ТІЛАМИ

© Стоцько З.А., Стефанович Т.О., 2005

Виділено і проаналізовано механізми, за допомогою яких у процесі струменевої обробки формується мікрорельєф і структурно-напружений стан на оброблюваній поверхні.

Обґрунтовано використання енергетичної концепції для побудови моделі процесу.

In the article the mechanisms, which form the surface microrelief and the stress state during blast treatment are picked out and analysed. Use of energy method for creating the mathematical model of the process is grounded.

Актуальність і постановка задачі досліджень. Обробка матеріалу струменем незв'язаних твердих тіл належить до комплексних методів формування параметрів якості поверхонь виробів. Як