



УКРАЇНА

(19) UA (11) 19364 (13) U  
(51) МПК (2006)  
B23B 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

# ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ОБРОБКИ ОТВОРІВ

1

2

(21) u200606522

(22) 13.06.2006

(24) 15.12.2006

(46) 15.12.2006, Бюл. №12, 2006р.

(72) Безуглий Леонід Іванович

(73) КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХ-  
НІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1. Спосіб обробки отворів, що включає здійснення подачі шляхом радіального зближення встановленої на роторі деталі і інструменту - кінематично з'єднаної з ротором інструментальної головки (зокрема на ротаційному верстаті - за допомогою шпиндельної револьверної головки), який **відрізняється** тим, що мінімальну швидкість обертання ротора, яка забезпечує допустиму подачу в межах повороту на кожний кутовий крок його позицій з моменту врізання інструменту до закінчення обробки отвору, поступово підвищують по закону:

$$n_p = \frac{S_M}{6,28 \cdot r_p \cdot \sin \left[ 90^\circ - \varphi + \arctg \frac{r_p \cdot \cos \varphi}{A - r_p \cdot \sin \varphi} \right]} \quad (1)$$

а при виведенні інструменту з отвору при повороті ротора на кут  $\varphi_{xx} = \alpha - \alpha_p$ , швидкість його обертання поступово знижують по закону:

$$n_p = \frac{n_{pmax} - n_{pmin} \cdot 180^\circ \cdot \varphi}{\pi \cdot (\alpha - \alpha_p)} + n_{pmin} \quad (2)$$

де:  $[S_M]$  - допустима хвилинна подача;

$r_p$  - радіус кола, описуваного центрами встановлених на роторі деталей;

$\varphi$  - кут повороту ротора, наприклад проти годинникової стрілки, починаючи з кута  $\alpha_p$ ;

$A$  - відстань між центрами ротора і інструментальної, наприклад шпиндельної, револьверної головки;

$\varphi_{xx}$  - кут холостого ходу (повороту) ротора;

$n_{pmax}$  - максимальна швидкість обертання ротора перед закінченням обробки, коли кут  $\varphi \rightarrow 90^\circ$ ;

$n_{pmin}$  - мінімальна швидкість обертання ротора, що забезпечує допустиму подачу;

$\alpha$  - кутовий крок позицій ротора;

$\alpha_p$  - кут повороту ротора, відповідний зануренню інструмента в деталь на глибину отвору;

$$\alpha_p = \arccos \frac{r_p^2 + A^2 - (r_d)^2}{2 \cdot A \cdot r_p},$$

де:  $r_i$  - радіус кола, описуваного при обертанні револьверної головки кінцівками встановлених в ній інструментів;

$r_d$  - радіус оброблюваної деталі;

$$r_p = \frac{(d - h + r_i) \sin \frac{\beta}{2}}{\sin \gamma - \sin \frac{\beta}{2}},$$

де:  $h$  - глибина оброблюваного отвору;

$\beta$  - кутовий крок шпинделів револьверної головки;

$$\gamma = 180^\circ - \left( \frac{\alpha}{2} + \frac{\beta}{2} \right).$$

2. Спосіб обробки отворів за п.1, який **відрізняється** тим, що підвищення швидкості обертання ротора здійснюють шляхом підвищення мінімальної напруги, яку подають в якірну обмотку привідного електродвигуна постійного струму з якірним керуванням за допомогою потенціометра, неробочу сторону каркаса якого профілюють по закону, пропорційному похідній від функції (1), а зниження швидкості обертання ротора здійснюють шляхом зниження напруги керування за допомогою другого потенціометра, опозитно розташованого в одній площині з першим, причому неробочу поверхню каркаса другого потенціометра профілюють по закону, пропорційному похідній від функції (2).

3. Спосіб обробки отворів за пп.1, 2, який **відрізняється** тим, що початки обмоток потенціометрів підключають до одного полюса джерела струму, а їх кінці підключають до протилежного полюса джерела за допомогою періодично діючого електромагнітного реле почергово, а саме: при зануренні інструменту в деталь кінець обмотки першого потенціометра - через нормально закритий контакт реле, а при виведенні інструменту з отвору кінець обмотки другого потенціометра - через нормально відкритий контакт реле.

4. Спосіб обробки отворів за пп.1, 2, 3, який **відрізняється** тим, що ковзаючі контакти потенціометрів взаємно підпружинюють і опозитно розташовують в сталевому осердді, рухомо встановленому в отвір соленоїда, один кінець обмотки якого підключають до ковзаючого контакту першого потенці-

UA (11) 19364 (13) U

ометра і через його ділянку, що забезпечує обертання ротора з мінімальною швидкістю, підключають до одного полюса джерела струму, а другий кінець обмотки соленоїда через обмотку якоря електродвигуна підключають до другого полюса джерела.

5. Спосіб обробки отворів за пп.1, 2, 3, 4, який **відрізняється** тим, що обмотку реле живлять від того ж самого джерела, що і потенціометри: через нормально відкритий контакт кінцевого вимикача, взаємодіючого з осердям соленоїда, і через нормально відкритий контакт другого кінцевого вимикача, взаємодіючого з кулачками револьверної головки,

розташованими на її корпусі в одних вертикальних площинах з її інструментальними шпинделями, причому нормально відкритий контакт другого кінцевого вимикача блокують нормально відкритим контактом реле.

6. Спосіб обробки отворів за пп.1-5, який **відрізняється** тим, що осердя соленоїда співвісно з'єднують з діамагнітним стрижнем, який підпружинюють відносно корпусу соленоїда в бік першого кінцевого вимикача з зусиллям, достатнім для його спрацювання і протидіяння початковій понде-ромоторній силі соленоїда.

Корисна модель стосується машинобудування і зокрема способу обробки отворів, рівно розташованих на периферії деталей класу дисків.

Відомий спосіб обробки неглибоких отворів, рівно розташованих на зовнішній циліндричній поверхні деталі круглої форми [2] шляхом її кочення відносно інструментів, який відрізняється тим, що з метою підвищення продуктивності за рахунок багаторазового повторення циклів подачі і ділення відносно одного і того ж інструменту без переривання руху деталі, її котять всередині напрямного нерухомого кола, довжина якого некротна довжині кола деталі, відносно встановлених по радіусам напрямного нерухомого кола інструментів, видвинутих відносно площини кочення на глибину отворів.

Недоліком способу є невисока точність отворів.

Також відомий, прийнятий за найближчий аналог, спосіб обробки отворів [3], сутність якого полягає в тому, що з метою підвищення точності обробки за рахунок безперервного суміщення осі інструменту з віссю отвору, інструмент (або деталь) повертають в площині, яка проходить через осі інструмента і оброблюваного отвору навколо осі, яку розміщують на колі, відповідному траєкторії спільного руху інструмента і деталі.

Недоліком цього способу обробки є низька продуктивність. Згідно з формулою для її визначення:

$$Q = \frac{n_p \cdot Z_d \cdot \eta_{\text{вик}}}{Z_0},$$

де  $n_p$  - швидкість обертання ротора;

$Z_d$  - кількість встановлених на ньому деталей;

$\eta_{\text{вик}}$  - коефіцієнт технічного використання верстата; [4]

$Z_0$  - кількість отворів в одній деталі;

При постійних значеннях величин  $Z_d$ ,  $\eta_{\text{вик}}$ ,  $Z_0$  продуктивність можна підвищити лише за рахунок підвищення швидкості обертання ротора, тому метою даної корисної моделі є підвищення середньої швидкості обертання ротора, без зниження стійкості різучого інструменту.

Ця задача досягається завдяки тому, що:

1. мінімальну швидкість обертання ротора, забезпечуючу допустиму подачу, в межах повороту

на кожний кутовий крок його позицій з моменту врізання інструменту до закінчення обробки отвору, поступово підвищують по закону:

$$n_p = \frac{S_M}{6,28 \cdot r_p \cdot \sin \left[ 90^\circ - \varphi + \arctg \frac{r_p \cdot \cos \varphi}{A - r_p \cdot \sin \varphi} \right]}, \quad (1)$$

а при виведенні інструмента з отвору при повороті ротора на кут  $\varphi_{\text{хх}} = \alpha - \alpha_p$ , швидкість його обертання поступово знижують по закону:

$$n_p = \frac{(n_{p\text{max}} - n_{p\text{min}}) \cdot 180^\circ \cdot \varphi}{\pi \cdot (\alpha - \alpha_p)} + n_{p\text{min}}, \quad (2)$$

де:  $[S_M]$  - допустима хвилинна подача;

$r_p$  - радіус кола, описуваного центрами встановлених на роторі деталей;

$\varphi$  - кут повороту ротора, наприклад, проти годинникової стрілки, починаючи з кута  $\alpha_p$ ;

$A$  - відстань між центрами ротора і інструментальної, наприклад, шпиндельної револьверної головки;

$\varphi_{\text{хх}}$  - кут холостого ходу (повороту) ротора;

$n_{p\text{max}}$  - максимальна швидкість обертання ротора перед закінченням обробки, коли кут  $\varphi \rightarrow 90^\circ$ ;

$n_{p\text{min}}$  - мінімальна швидкість обертання ротора, забезпечуюча допустиму подачу;

$\alpha$  - кутовий крок позицій ротора;

$$\alpha_p = \arccos \frac{r_p^2 + A^2 - r_d^2}{2 \cdot A \cdot r_p},$$

де:  $r_i$  - радіус кола, описуваного при обертанні револьверної головки кінцівками, встановлених в ній, інструментів;

$r_d$  - радіус оброблюваної деталі;

$$r_p = \frac{(h - r_i) \sin \frac{\beta}{2}}{\sin \gamma - \sin \frac{\beta}{2}},$$

де:  $h$  - глибина оброблюваного отвору;

$\beta$  - кутовий крок шпинделів револьверної головки;

$$\gamma = 180^\circ - \left( \frac{\alpha}{2} + \frac{\beta}{2} \right).$$

2. Підвищення швидкості обертання ротора здійснюють шляхом підвищення мінімальної напруги, яку подають в якірну обмотку приводного електродвигуна постійного струму з якірним керуванням за допомогою потенціометра, неробочу сторону каркаса якого профілюють по закону, пропорційному похідній від функції (1), а зниження швидкості обертання ротора здійснюють шляхом зниження напруги керування за допомогою другого потенціометра, опозитно розташованого в одній площині з першим, причому; неробочу поверхню каркаса другого потенціометра профілюють по закону, пропорційному похідній від функції (2);

3. Початки обмоток потенціометрів підключають до одного полюса джерела струму, а їхні кінці підключають до протилежного полюса джерела за допомогою періодично діючого електромагнітного реле по чергово, а саме, при зануренні інструмента в деталь кінець обмотки першого потенціометра - через нормально закритий контакт реле, а при виведенні інструмента з отвору кінець обмотки другого потенціометра - через нормально відкритий контакт реле;

4. Ковзаючі контакти потенціометрів взаємно підпружинюють і розташовують опозитно в сталевому осерді, рухомо встановленому в отвір соленоїда, один кінець обмотки якого підключають до ковзаючого контакту першого потенціометра і через його ділянку, забезпечуючу обертання ротора з мінімальною швидкістю, підключають до одного полюса джерела струму, а другий кінець обмотки соленоїда через обмотку якоря електродвигуна підключають до другого полюса джерела;

5. Обмотку реле живлять від того ж самого джерела, що і потенціометр через нормально відкритий контакт кінцевого вимикача, взаємодіючого з осердям соленоїда і через нормально відкритий контакт другого кінцевого вимикача, взаємодіючого з кулачками револьверної головки, розташованими на її корпусі в одних вертикальних площинах з її інструментальними шпинделями, причому, нормально відкритий контакт другого кінцевого вимикача блокують нормально відкритим контактом реле;

6. Осердя соленоїда співвісно з'єднують з діамантним стрижнем, який підпружинюють відносно корпусу соленоїда в бік першого кінцевого вимикача з зусиллям, достатнім для його виключення.

На Фіг.1 представлена схема обробки отворів способом, що пропонується, яка включає:

ротор 1 з оброблюваною деталлю 2, вал якого через понижуючу передачу 3 з'єднаний з валом електродвигуна постійного струму з якірним керуванням 4, кінематично з'єднаний з валом ротора шпindelну револьверну головку 5 з кулачками 6, розташованими в одних вертикальних площинах з її шпинделями, соленоїд 7 з рухомих сталевих осердям 8, співвісно з'єднаний з ним діамантний стрижень 9, що проходить через отвір задньої кришки 10 корпусу соленоїда, піджати відносно кришки пружиною 11, опозитно розташовані з обох сторін осердя, взаємно підпружинені ковзаючі контакти 12, 13, функціональні, опозитно розташовані в одній площині з обох сторін осердя, потенціометри 14, 15, електромагнітне реле 16, взаємодіючий

з осердям, кінцевий вимикач 17 і взаємодіючий з кулачками 6 кінцевий вимикач 18, заблокований нормально відкритим контактом реле 16; для регулювання зусилля пружини 11 передбачений гвинт 19; на Фіг.2 представлений графік залежності швидкості обертання ротора від кута його повороту -  $\varphi$ .

Спосіб обробки здійснюється наступним чином:

До врізання інструменту на обмотку керування подають знімаємий з потенціометра 14 сигнал напругою, яка складає (40÷45)% від номінальної, подаваної в обмотку збудження двигуна. Цей сигнал забезпечує обертання ротора з швидкістю допустимої подачі. При врізанні інструмента, коли подача, внаслідок особливостей, використовуваного для її здійснення мальтійського механізму зменшується, а навантаження на електродвигун збільшується, струм в послідовно з'єднаних обмотках соленоїда і якоря підвищується, що посилює діючу на осердя пондеромоторну силу соленоїда, який по мірі занурення інструмента в деталь втягує осердя, звільнює взаємодіючий з ним нормально відкритий контакт кінцевого вимикача 17 і переміщує ковзаючий контакт 12 в бік зменшення опору, підвищення напруги керування і швидкості обертання ротора по закону (1). Коли інструмент зануриться в деталь на необхідну глибину, яка регулюється величиною  $r_1$ , кулачок 6 головки 5 натискує на кінцевий вимикач 18 і включає реле 16, яке за допомогою свого нормально закритого контакту включає потенціометр 14 і одночасно включає потенціометр 15. Так як при виведенні інструменту з отвору сила струму в соленоїді і розвиваєма ним пондеромоторна сила зменшується, попередньо стиснута пружина і взаємодіючий з нею стрижень осердя почнуть переміщуватись у вихідне положення, причому з'єднаний з осердям ковзаючий контакт 12 разом з потенціометром 15 будуть зменшувати напругу керування і швидкість обертання ротора по закону (2). При досягненні осердям крайнього положення, воно натискує на кінцевий вимикач 17 і виключає реле 16 підготовляючи, таким чином, умови для повторення циклу.

Використання пропонованого способу обробки отворів, дозволить, принаймні, втричі підвищити середню швидкість обертання ротора, а отже і продуктивність верстата. Це підтверджується наступними розрахунками середньої швидкості обертання ротора при обробці отворів  $\varnothing 12 < 15 \text{ мм}$  в масивному сепараторі  $\varnothing 100 \text{ мм}$  зі сплаву Д1Т шарикопідшипника 211Д з допустимою хвилинною подачею  $[S_M] = 468 \text{ мм/хв}$ , розрахованою по методиці, наведеній в [6] і збільшеною в 2,3 рази згідно з [7] на шестипозиційному верстаті ( $\alpha = 60^\circ$ ) дванадцятишпindelною зіркоподібною револьверною головкою ( $\beta = 30^\circ$ ), кінцівки інструментів якої при обертанні описують коло радіуса  $r_1 = 400 \text{ мм}$ . Спочатку визначаємо необхідні, для розрахунку середньої швидкості обертання ротора, дані, а саме:

1.  $r_p = 265 \text{ мм}$  (приймаємо з конструктивних міркувань);

2.  $A = 265 + 50 - 15 + 400 = 700 \text{ мм}$ ;

$$3. \alpha_p = \arccos \frac{265^2 + 700^2 - 60 + 400^2}{2 \cdot 700 \cdot 265} = \arccos \frac{357725}{371000} = 15,373^\circ$$

$$4. \beta_p = \arctg \frac{265 \cdot \sin 15,373^\circ}{700 - 265 \cdot \cos 15,373^\circ} = \arctg \frac{70,25}{444,5} = 8,98^\circ$$

$$5. \alpha_p + \beta_p = 15,373^\circ + 8,98^\circ = 24,353^\circ;$$

$$6. \eta_{p \min} = \frac{468 \cdot 2,3}{6,28 \cdot 265 \cdot \sin 24,353^\circ} = 1,57 \times 10^{-1};$$

$$7. \eta_{p \max} = \frac{468 \cdot 2,3}{6,28 \cdot 265 \cdot \sin 5^\circ} = 7,43 \times 10^{-1};$$

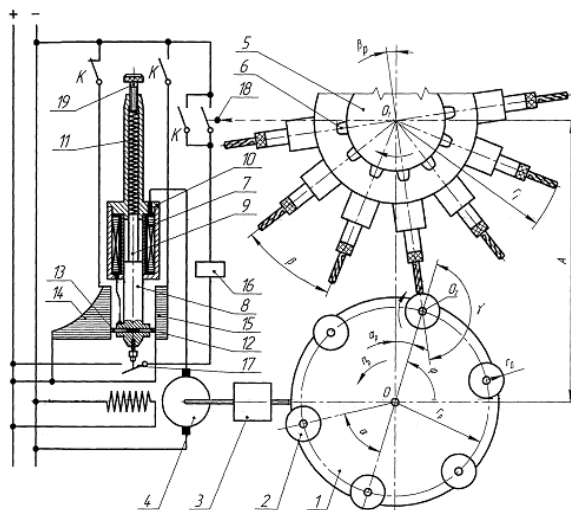
Примітка. В даному випадку перед закінченням обробки отвору приймаємо  $\alpha_p + \beta_p = 5^\circ$ , так як при  $\alpha_p + \beta_p = 0$  формула для розрахунку  $\eta_{p \max}$  втрачає глузд.

$$\eta_{p \text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^3 F_i \cdot z_D}{2 \cdot \pi},$$

$$\text{де } F_1 = \eta_{p \min} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{z_D} = 1,57 \cdot \frac{6,28}{6} = 1,643;$$

$$F_2 = \frac{2,3 \cdot \pi \cdot m}{2 \cdot \pi \cdot r_p} \int_0^{\alpha_p} \frac{d\varphi}{\sin \varphi} = 0,647 \left| \operatorname{Intg} \frac{15,373}{2} \right| = 1,29$$

$$F_3 = \frac{\eta_{p \max} - \eta_{p \min}}{2} \cdot \pi \cdot \left( \frac{2}{z_D} - \frac{\alpha_p^2}{180^\circ} \right) = \frac{7,43 - 1,57}{2} \cdot 3,14 \cdot \left( \frac{2}{6} - \frac{15,373^2}{180^\circ} \right) = 2,282$$



Фиг. 1

$$\text{Таким чином, } \eta_{p \text{ср}} = \frac{1,643 + 1,29 + 2,282}{6} = 4,969 \approx 5 \times 10^{-1} \text{ тобто в}$$

$$\frac{5}{1,57} = 3,185 \text{ разів більше ніж при обробці з } \eta_{p \min} = \text{const.}$$

Джерела інформації

1. Декларацийний патент України 7247 7 В21 К 5/00 на "Ротаційний верстат для обробки отворів" В 23 Н9/14 Бюл. №6 від 15.06.2005 авт. Безуглий Л.І.

2. Авторское свидетельство СССР 464395 М. Кл. В 23 6 35/00 Бюл. №11 В 23 5 5/00 от 25.03.75 на "Способ обработки неглубоких впадин или отверстий" авт. Безуглый Л.И.

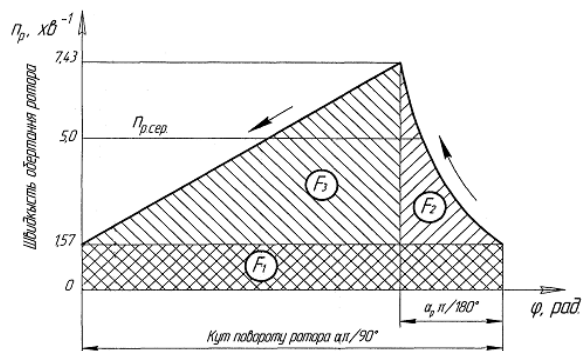
3. Авторское свидетельство СССР SU 1154060А В 23 8 35/00 Бюл. №17 от 07.05.85 авт. Пестунов В.М.

4. Справочник технолога машиностроителя. Том 1 под ред. к.т.н. Косиловой А.Г. М., Машиностроение 1985г. с.598.

5. Электротехнический справочник 2 под ред. профессоров МЭИ В.Г.Герасимова, П.Г.Грудинского и др. М., Энергоатомиздат, 1986г. с.413.

6. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник под ред. к.т.н. Баранчикова В.М. М., Машиностроение, 1990г., с.265.

7. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Випуск 16. с.118. Кіровоград 2005.



Фиг. 2