

УДК 621.914

Л.Є. Глембоцька, аспір.
П.П. Мельничук, д.т.н., проф.
В.О. Черпицький, магістр

Житомирський державний технологічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ТОРЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ З ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

На основі планування експерименту при торцевому фрезеруванні плоских поверхонь деталей з важкооброблюваних матеріалів інструментом, оснащеним надтвердим матеріалом, шляхом дослідження самого процесу встановлені оптимальні для даного випадку режими різання.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Важкооброблювані матеріали (ВОМ) використовуються при виготовленні відповідальних деталей в різних галузях машинобудування. Більшість з експлуатаційних властивостей деталей машин визначаються контактною взаємодією деталей, що характеризується різними параметрами, в тому числі шорсткістю та відхиленнями від геометричної форми спряжених поверхонь. Особливо ці параметри важливі при обробці плоских протяжних поверхонь деталей з ВОМ. Наприклад, такі, що використовуються в конструкціях гідравлічних вузлів в комбайнах АТЕК, та інші, які необхідно обробляти з заданими шорсткістю та відхиленнями від площинності. Для отримання цих характеристик поверхні використано торцеве фрезерування плоских поверхонь з метою дослідження та знаходження оптимальних режимів різання як альтернатива плоского шліфування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам геометричних параметрів якості обробленої поверхні присвячено багато досліджень [1, 2, 3] та ін. Якість обробленої поверхні при торцевому фрезеруванні залежить від багатьох факторів, в тому числі від матеріалу, що оброблюється, інструменту, жорсткості ТОС, режимів різання [1, 4, 5, 6, 7] та ін. Одним з важливих показників якості та більш досліджуваному є шорсткість обробленої поверхні. Тому ряд наукових робіт присвячено саме питанню утворення шорсткості обробленої поверхні при обробці різними інструментами для всіх типів оброблюваних матеріалів. Загальний вплив режимів різання на шорсткість обробленої поверхні достатньо широко досліджено, але до цих пір не існує надійних моделей для прогнозування шорсткості в залежності від режимів різання. Також важливим показником якості обробленої поверхні є відхилення від площинності, але вплив вищенаведених факторів є менш дослідженим.

Метою статті є оптимізація режимів різання торцевого фрезерування плоских поверхонь деталей з ВОМ за критеріями: шорсткість обробленої поверхні та відхилення від площинності.

Викладення основного матеріалу. В гідравлічних вузлах комбайнів АТЕК корпусні деталі виготовляються з загартованої сталі 35ХГСА. Одним з шляхів отримання заданої шорсткості та відхилень від площинності взамін шліфування є застосування експериментальної торцевої фрези (ТФ) з надтвердими інструментальними матеріалами.

Оптимізація режимів різання за критеріями шорсткості обробленої поверхні та відхилень від площинності вирішувалась знаходженням умовного мінімуму функцією відгуку для відхилень від площинності при обмеженнях, які накладаються функцією відгуку для шорсткості поверхні. Для отримання вказаних функцій проведено експериментальне дослідження обробки на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6Р12 (доведеного до відповідної норми точності (Н)). Заготовки розмірами 82×250×62 мм зі сталі 35ХГСА, загартованої до твердості 49...53 HRC, оброблялись експериментальною торцевою фрезою з циліндричними ножами з надтвердих матеріалів (гексаніт-Р) у відповідності до патенту [8].

Для вимірювання шорсткості поверхні використовувався профілометр портативний моделі 253, а для вимірювання відхилень від площинності – плоскомір (рис. 1).

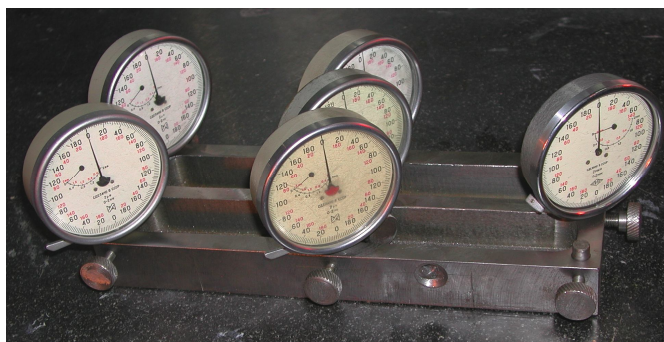


Рис. 1. Загальний вигляд плоскоміру

В дослідженнях змінними прийняті наступні чинники: швидкість різання, подача та глибина різання. На основі експериментальних досліджень [9, 10] були вибрані рівні та інтервали варіювання чинників (табл. 1).

Таблиця 1

Чинники	Кодоване позначення	Інтервали варіювання	Рівні чинників		
			верхній (+1)	основний (0)	нижній (-1)
v – швидкість різання, м/хв	x_1	0,2255	157	125	100
s – подача, мм/хв	x_2	0,235	40	31,5	25
t – глибина різання, мм	x_3	0,1592	1,1	0,95	0,8

Формули перетворення натуральних значень факторів в кодовані мають вигляд:

$$x_1 = \frac{\ln v - \ln v_0}{0,2255} = \frac{\ln v - 4,8283}{0,2255}; \quad x_2 = \frac{\ln s - \ln s_0}{0,235} = \frac{\ln s - 3,4499}{0,235};$$

$$x_3 = \frac{\ln t - \ln t_0}{0,1592} = \frac{\ln t + 0,05129}{0,1592}.$$
(1)

Для отримання моделей процесу у вигляді поліномів другого степеня реалізовано некомпозиційний план другого порядку, матриця котрого представлена табл. 2.

Таблиця 2

№	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2	R_a , мкм	y_{Ra}	Δ , мкм	y_Δ
1	+	+	+	0	+	0	0	+	+	0	1,53	0,4253	28,4	3,3464
2	+	+	-	0	-	0	0	+	+	0	1,18	0,1655	39,6	3,6788
3	+	-	+	0	-	0	0	+	+	0	2,02	0,7031	42,8	3,7565
4	+	-	-	0	+	0	0	+	+	0	1,62	0,4824	35,2	3,5611
5	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,54	0,4318	26,5	3,2771
6	+	+	0	+	0	+	0	+	0	+	1,39	0,3293	32,8	3,4904
7	+	+	0	-	0	-	0	+	0	+	1,17	0,1570	34,6	3,5439
8	+	-	0	+	0	-	0	+	0	+	2,00	0,6932	38,1	3,6402
9	+	-	0	-	0	+	0	+	0	+	1,92	0,6523	29,8	3,3945
10	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,57	0,4511	29,6	3,3878
11	+	0	+	+	0	0	+	0	+	+	1,68	0,5188	36,6	3,6001
12	+	0	+	-	0	0	-	0	+	+	1,63	0,4886	30,4	3,4144
13	+	0	-	+	0	0	-	0	+	+	1,22	0,1989	38,6	3,6533
14	+	0	-	-	0	0	+	0	+	+	1,27	0,2390	27,6	3,3178
15	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,52	0,4187	28,4	3,3464

1. Коефіцієнти рівняння регресії для y_{Ra} , що характеризує залежність шорсткості обробленої поверхні від факторів процесу:

$$b_0 = 0,43386; \quad b_1 = -0,18174; \quad b_2 = 0,13124; \quad b_3 = 0,0254;$$

$$b_{12} = 0,00977; \quad b_{13} = 0,03287; \quad b_{23} = 0,01759;$$

$$b_{11} = 0,05343; \quad b_{22} = -0,04321; \quad b_{33} = -0,02934.$$

2. Дисперсію $s^2\{y_{Ra}\}$ параметра оптимізації визначаємо за результатами дослідів в центрі плану (табл. 2, досліди 5, 10, 15):

$$s^2\{y_{Ra}\} = \frac{s_E}{n_0 - 1} = \frac{0,0005302}{2} = 0,000265;$$

$$s_E = \sum (y_{Ra} - \bar{y}_{Ra})^2 = 0,0005302.$$

3. Порівнянням абсолютної величини коефіцієнта з довірчим інтервалом, який розраховують після визначення дисперсій, що характеризують помилки у визначенні коефіцієнтів рівняння регресії для y_{Ra} , перевіряється значущість коефіцієнтів рівняння регресії.

Коефіцієнти, які не перевищують довірчого інтервалу, є незначущими та можуть бути виключені з рівняння: b_{12} , b_{13} , b_{23} .

Таким чином, рівняння регресії має вигляд:

$$y_{Ra} = 0,43386 - 0,18174 \cdot x_1 + 0,13124 \cdot x_2 + 0,0254 \cdot x_3 + 0,05343 \cdot x_1^2 - 0,04321 \cdot x_2^2. \quad (2)$$

4. Адекватність отриманої моделі перевіряємо за F -критерієм.

Дисперсію адекватності визначаємо за формулою (3):

$$s_R = \sum (y_{Ra \text{ exp}} - \hat{y})^2 = 0,025437; \quad (3)$$

$$s_{ad}^2 = \frac{s_R - s_E}{f} = \frac{s_R - s_E}{N - k' - (n_0 - 1)} = \frac{0,025437 - 0,0005302}{7} = 0,003558.$$

5. Останнім етапом обробки результатів експерименту є перевірка гіпотези адекватності знайденої моделі за F -критерієм Фішера:

$$F_p = \frac{s_{ad}^2}{s_y^2} = \frac{0,003558}{0,000265} = 13,43 < F_{табл} = 19,3. \quad (4)$$

Тому отримана модель адекватна при 5 %-овому рівні значущості.

6. Замінюючи в рівнянні (2) кодовані значення факторів натуральними, отримаємо:

$$\ln y_{Ra} = 0,43386 - 0,18174 \cdot \left(\frac{\ln v - 4,82831}{0,22554} \right) + 0,13124 \cdot \left(\frac{\ln s - 3,44999}{0,235} \right) +$$

$$+ 0,0254 \cdot \left(\frac{\ln t + 0,05129}{0,15923} \right) + 0,05343 \cdot \left(\frac{\ln v - 4,82831}{0,22554} \right)^2 - 0,04321 \cdot \left(\frac{\ln s - 3,44999}{0,235} \right)^2.$$

Потенціюючи цей вираз, отримаємо модель:

$$R_a = 4,7 \cdot 10^7 \cdot v^{(1,0504 \cdot \ln v - 10,9487)} \cdot s^{(5,9323 - 0,7824 \cdot \ln s)} \cdot t^{0,1595}.$$

Перевіряється правильність моделі підстановкою режимів різання, наприклад, які були використані при третьому досліді ($v = 100$ м/хв., $s = 40$ мм/хв., $t = 0,95$ мм). Так, розрахункове значення шорсткості обробленої поверхні – $R_a = 2,11$ мкм, а експериментальне значення – $R_a = 2,02$ мкм. Отже, модель, що характеризує залежність шорсткості обробленої поверхні від режимів різання, є вірною.

Аналогічні розрахунки проводяться для отримання рівняння регресії, що характеризує відхилення від площинності:

$$y_{\Delta} = 3,3371 + 0,08917 \cdot x_3 - 0,13198 \cdot x_1 x_2 + 0,13473 \cdot x_1^2. \quad (5)$$

Модель адекватна при 5%-овому рівні значущості, оскільки: $F_p = \frac{s_{ad}^2}{s_y^2} = 17,78 < F_{табл} = 19,3$.

Замінюючи в рівнянні (5) кодовані значення факторів натуральними та потенціюючи цей вираз, отримаємо модель:

$$\Delta = 1,83 \cdot 10^{10} \cdot v^{(2,6486 \cdot \ln v - 16,9858)} \cdot s^{(12,0229 - 2,4901 \cdot \ln v)} \cdot t^{0,56}.$$

Результатом при перевірці правильності моделі, наприклад, при першому досліді ($v = 157$ м/хв., $s = 40$ мм/хв., $t = 0,95$ мм) маємо $\Delta = 28,16$ мкм, а експериментальне значення – $\Delta = 28,4$ мкм. Отже, модель, що характеризує залежність відхилення від площинності від режимів різання також є вірною.

За даними досліджень, отримані моделі, які характеризують залежності шорсткості та відхилень від площинності від факторів процесу:

$$R_a = 4,7 \cdot 10^7 \cdot v^{(1,0504 \cdot \ln v - 10,9487)} \cdot s^{(5,9323 - 0,7824 \cdot \ln s)} \cdot t^{0,1595};$$

$$\Delta = 1,83 \cdot 10^{10} \cdot v^{(2,6486 \cdot \ln v - 16,9858)} \cdot s^{(12,0229 - 2,4901 \cdot \ln v)} \cdot t^{0,56}.$$

Умовний мінімум функції y_{Δ} при обмеженнях, які накладаються функцією y_{Ra} , знаходимо за допомогою суміщених двомірних січень. Для цього будуються контурні криві поверхні відгуку y_{Δ} та поверхні відгуку y_{Ra} .

Для побудови контурних кривих поверхонь відгуку y_{Δ} підставимо в рівняння (5) $x_3 = -1$ та отримаємо наступний вираз:

$$y_{\Delta} = 3,2479 - 0,13198 \cdot x_1 x_2 + 0,13473 \cdot x_1^2. \quad (6)$$

Рівняння (6) приводимо до канонічного виду. На першому етапі канонічного перетворення початок координат переносимо в центр фігури. Для визначення координат центра s^Δ фігури рівняння (6) диференціюємо за x_1 та x_2 :

$$\frac{\partial y_\Delta}{\partial x_1} = -0,13198 \cdot x_2 + 0,26946 \cdot x_1;$$

$$\frac{\partial y_\Delta}{\partial x_2} = -0,13198 \cdot x_1.$$

Прирівнюючи часткові похідні нулю, отримуємо $x_1 = 0$ та $x_2 = 0$, що відповідає $\ln v = 4,8283$ ($v = 125$ м/хв.) та $\ln s = 3,4399$ ($s = 31,5$ мм/хв.).

При паралельному переміщенні системи координат у центр s^Δ фігури зникають лінійні члени та змінюється вільний член. Коефіцієнти при інших степенях та множенні чинників інваріантні відносно паралельного переміщення. Підставляючи в рівняння (6) замість x_1 та x_2 відповідно координати центра s^Δ фігури $x_{1s} = 0$ та $x_{2s} = 0$, отримуємо значення відхилення від площинності $Y_\Delta^s = 3,2479$, тобто $\Delta = 25,74$ мкм.

В результаті переміщення початку координат в центр s^Δ фігури рівняння має вигляд:

$$Y_\Delta = 3,2479 - 0,13198 \cdot \tilde{x}_1 \tilde{x}_2 + 0,13473 \cdot \tilde{x}_1^2, \text{ оскільки } x_{1s} = 0 \text{ та } x_{2s} = 0, \text{ то } \tilde{x}_1 = x_1 \text{ та } \tilde{x}_2 = x_2.$$

Другим етапом канонічного перетворення є поворот системи координат на кут:

$$\text{tg } 2\alpha = \frac{b_{12}}{b_{11} - b_{22}} = -\frac{0,13198}{0,13473} = -0,97959 \Rightarrow \alpha = -22,2^\circ.$$

Коефіцієнти B_{11} , B_{22} канонічного рівняння знаходять, розв'язавши характеристичне рівняння, яке має вигляд:

$$\begin{vmatrix} b_{11} - B & \frac{1}{2}b_{12} \\ \frac{1}{2}b_{12} & b_{22} - B \end{vmatrix} = 0.$$

В цей вираз підставляємо значення b_{12} , b_{11} , b_{22} , отримуємо квадратне рівняння:

$$B^2 - 0,13473B - 0,00435 = 0, \text{ звідки } B_{11} = 0,08108; B_{22} = 0,05365.$$

Таким чином, рівняння (6) привели до канонічної виду:

$$Y_\Delta - 3,2479 = 0,08108 \cdot X_1^2 + 0,05365 \cdot X_2^2. \tag{7}$$

Задаючись значеннями відхилень від площинності $\Delta = 25$ мкм, отримуємо рівняння контурної кривої в канонічному виді.

$$\frac{X_1^2}{-0,3577} + \frac{X_2^2}{-0,5405} = 1. \tag{8}$$

За цим рівнянням побудована крива 1 (рис. 2). Послідовно задаючи значення відхилень від площинності 30; 35; 40; 45 мкм, отримуємо рівняння, за якими побудовані криві 2, 3, 4, 5.

Дані для побудови контурних кривих поверхонь відгуку y_Δ при $x_3 = -1$ (табл. 3):

Таблиця 3

Δ , мкм	Канонічне рівняння еліпса	Значення напіввісей еліпса	
		a	b
25	$\frac{X_1^2}{-0,3577} + \frac{X_2^2}{-0,5405} = 1$	-0,5981	-0,7352
30	$\frac{X_1^2}{1,8907} + \frac{X_2^2}{2,8574} = 1$	1,375	1,6904
35	$\frac{X_1^2}{3,7926} + \frac{X_2^2}{5,7316} = 1$	1,9475	2,3941

40	$\frac{X_1^2}{5,4391} + \frac{X_2^2}{8,2199} = 1$	2,3322	2,867
45	$\frac{X_1^2}{6,892} + \frac{X_2^2}{10,4157} = 1$	2,6251	3,2271

За аналогічною методикою проводяться розрахунки для побудови контурних кривих поверхонь відгуку y_{Ra} при $x_3 = -1$, задаючись значеннями шорсткості обробленої поверхні – 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0 мкм (табл. 4), які відповідно позначені – I, II, III, IV, V (рис. 2).

Таблиця 4

Ra , мкм	Канонічне рівняння гіперболи	Значення напіввісей гіперболи	
		a	b
1,2	$\frac{X_2^2}{3,9627} - \frac{X_1^2}{3,2049} = 1$	1,9907	1,7902
1,4	$\frac{X_2^2}{0,395} - \frac{X_1^2}{0,3194} = 1$	0,6285	0,5652
1,6	$\frac{X_1^2}{2,1787} - \frac{X_2^2}{2,6939} = 1$	1,476	1,6413
1,8	$\frac{X_1^2}{4,383} - \frac{X_2^2}{5,4195} = 1$	2,0936	2,328
2,0	$\frac{X_1^2}{6,3535} - \frac{X_2^2}{7,8559} = 1$	2,5206	2,8028

За допомогою суміщених січень поверхонь відгуків y_{Δ} та y_{Ra} можна назначати режими різання, які б забезпечували задану шорсткість обробленої поверхні при мінімальному відхиленні від площинності. Так, наприклад, режими різання, які забезпечують мінімальну шорсткість обробленої поверхні при глибині різання 0,8 мм, визначаються з рис. 2. Крива I відповідає шорсткості $R_a = 1,2$ мкм та пересікає криві 1, 2, 3, 4, 5, які відповідають відхиленням від площинності 25, 30, 35, 40, 45 мкм відповідно. З перерахованих кривих найменшому значенню відхилення від площинності відповідає крива 1, тому т. А пересічення кривих I та 1 будуть визначати режими різання, які забезпечуватимуть шорсткість 1,2 мкм при мінімальному відхиленні від площинності 25 мкм. Координати точки А відповідають режимам різання: $v = 135$ м/хв., $s = 33$ мм/хв. Якщо побудувати додаткову криву відгуку задаючись значенням відхилення від площинності $\Delta = 25,9$ мкм (крива позначена штрих-пунктирною лінією), то крива I пересікає її в точці В, координати якої відповідають режимам різання: $v = 128$ м/хв., $s = 31$ мм/хв. Якщо задана шорсткість складає 1,6 мкм – крива III, то режими різання, що будуть забезпечувати отримання мінімального відхилення від площинності, визначаються координатами точки С: $v = 130$ м/хв., $s = 34$ мм/хв.

Аналогічно були побудовані контурні криві поверхонь відгуку y_{Δ} та y_{Ra} при $x_3 = 0$, $x_3 = 1$. Так, наприклад, при глибині різання 0,95 мм – координати т. А відповідають режимам різання: $v = 144$ м/хв., $s = 34$ мм/хв., т. В – $v = 128$ м/хв., $s = 30$ мм/хв., т. С – $v = 140$ м/хв., $s = 36$ мм/хв., а при глибині різання –1,1 мм – координати т. А відповідають режимам різання: $v = 151$ м/хв., $s = 35$ мм/хв., т. В – $v = 132$ м/хв., $s = 31$ мм/хв., т. С – $v = 146$ м/хв., $s = 38$ мм/хв.

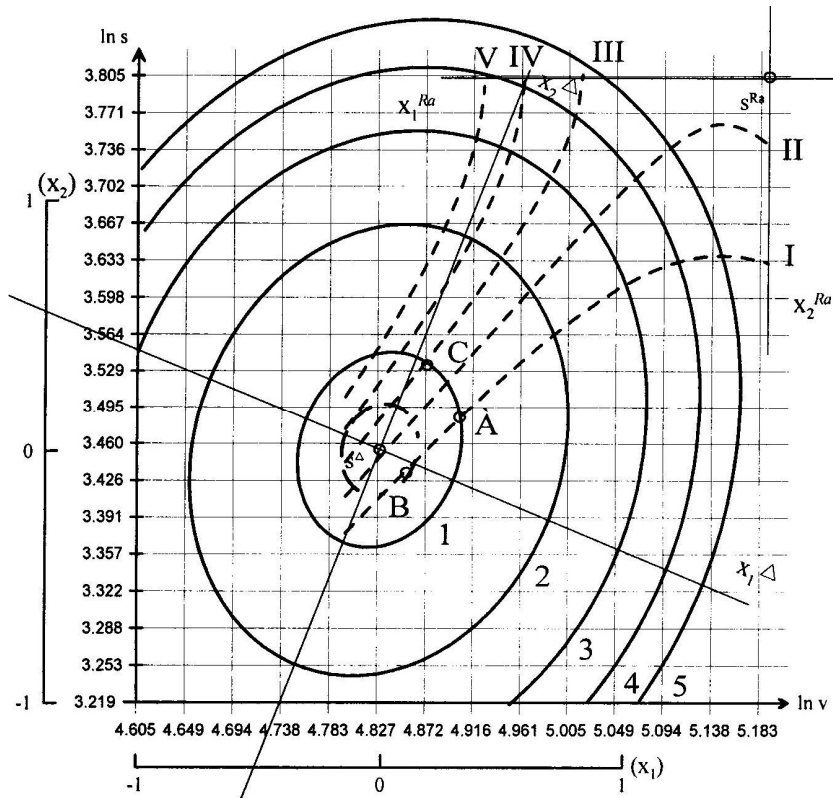


Рис. 2. Двомірні січення поверхонь відгуку y_{Δ} та y_{Ra} при $x_3 = -1$ ($t = 0,8$ мм):
 криві 1, 2, 3, 4, 5 – відповідно відхилення від площинності 25, 30, 35, 40, 45 мкм;
 криві I, II, III, IV, V – відповідно шорсткість 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2 мкм

Таким чином, при глибині різання 0,8 мм режими різання, які б забезпечували задану шорсткість обробленої поверхні при мінімальному відхиленні від площинності: $v = 125 - 135$ м/хв., $s = 31 - 34$ мм/хв. При глибині різання 0,95 мм – $v = 125 - 144$ м/хв., $s = 30 - 36$ мм/хв., а при глибині різання 1,1 мм – $v = 125 - 151$ м/хв., $s = 31 - 38$ мм/хв.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. За технічними вимогами креслення площин деталей корпусів та кришок гідророзподільників екскаваторів-завантажувачів АТЕК 999Е шорсткість обробленої поверхні складає $R_a = 1,6$ мкм, а відхилення від площинності – $\Delta = 40$ мкм. При оптимізації режимів різання торцевого фрезерування заготовок з загартованої сталі 35ХГСА за критеріями шорсткості обробленої поверхні та відхилень від площинності досягаються результати: мінімальні шорсткість $R_a = 1,2$ мкм та відхилення від площинності $\Delta = 25$ мкм при глибині різання 0,8–1,1 мм, що забезпечуються на режимах різання $v = 135 - 151$ м/хв., $s = 33 - 35$ мм/хв. В результаті проведених досліджень також встановлено, що впровадження запропонованої торцевої фрези [8] призводить до підвищення точності механічної обробки та продуктивності в 2,9 раза порівняно з шліфуванням.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Демкин Н.Б., Рыжов Э.В. Качество поверхности и контакт деталей машин. – М.: Машиностроение, 1981. – 244 с.
2. Лоповок Т.С. Волнистость поверхности и ее измерение. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 184 с.
3. Леонов В.В. Анализ измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности поверхностей. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 248 с.
4. Выговский Г.Н. Исследование влияния режима обработки на качество поверхностей, получаемых торцевым фрезерованием//Вестник ЖИТИ. – 1994. – №2.
5. Суслов А.Г. Технологическое обеспечение параметров шероховатости поверхностей деталей машин при обработке лезвийным инструментом//Вестник машиностроения. – 1988. – №1.

6. *Hansel W.* Шероховатость обработанной поверхности как критерий стойкости инструмента// ЭИ РИ. – 1974. – №4.
7. *Виговський Г.М., Мельничук П.П.* Процес різання косокутною геометрією різальних частин, що оснащені надтвердими матеріалами//Вісник ЖІТІ. – 1998. – №7.
8. Патент на винахід № 78120, МПК(2007) В23С5/02, В23С5/16. Різальний інструмент. Л.Є. Глембоцька – № а 200504170, заявл. 29.04.2005; надр. 15.02.2007, БЮЛ. № 2.
9. Высокопроизводительные инструменты из гексанида-Р / Г.Г. Карюк, А.В. Бочко, О.И. Мойсеенко, В.К. Сидоренко. – Киев: Наук. думка, 1985. – 136 с.
10. *Hommel B., Zimmermann P.* Fräsen von gehärtetem Stahl und gehärtetem Gußeisen mit Komposit 10. “Fertigungstechn. und Betr.”, 1981, 31, No. 3, 141–144.

ГЛЕМБОЦЬКА Лариса Євгенівна – провідний інженер, асистент кафедри ТМ і КТС Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- проектування різальних інструментів;
- технологія машинобудування.

МЕЛЬНИЧУК Петро Петрович – доктор технічних наук, професор, ректор Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- дослідження у галузі механіки руйнування;
- технологія машинобудування.

ЧЕРПИЦЬКИЙ Володимир Олександрович – магістр кафедри ТМ і КТС Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- технологія машинобудування.

Подано 03.04.2009

Глембоцька Л.Є., Мельничук П.П., Черпицький В.О. Оптимізація режимів різання при торцевому фрезеруванні плоских поверхонь деталей з важкооброблюваних матеріалів

Глембоцкая Л.Е., Мельничук П.П., Черпицкий В.А. Оптимизация режимов резания при торцевом фрезеровании плоских поверхностей деталей из труднообрабатываемых материалов

Glembotskaya L.E., Melnychuk P.P., Cherpitskiy V.A. The optimization of the regimes of cutting with face milling of the flat surfaces of details from the hard-to-work materials

УДК 621.914

Оптимизация режимов резания при торцевом фрезеровании плоских поверхностей деталей из труднообрабатываемых материалов / Л.Е. Глембоцкая, П.П. Мельничук, В.А. Черпицкий

На основании планирования эксперимента при торцевом фрезеровании плоских поверхностей деталей из труднообрабатываемых материалов инструментом, оснащенный сверхтвердым материалом, путем исследования самого процесса установлены оптимальные для данного случая режимы резания.

УДК 621.914

The optimization of the regimes of cutting with face milling of the flat surfaces of details from the hard-to-work materials / L.E. Glembotskaya, P.P. Melnychuk, V.A. Cherpitskiy

On the basis plannings of experiment with face milling of the flat surfaces of details from the hard-to-work materials by the tool, equipped for the sake of superhard material, by investigating the process itself are established the optimum for the present instance regimes of cutting.