

УДК 621,914

П.П. Мельничук, д.т.н., проф.
Г.М. Виговський, к.т.н., доц.
В.Ю. Лосєв, доц.

Житомирський державний технологічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ТОРЦЕВОЮ ФРЕЗОЮ З КОМБІНОВАНОЮ СХЕМОЮ РІЗАННЯ ТА ВИГЛАДЖУВАННЯ

Наведено попередні результати дослідження процесу фінішної обробки плоских поверхонь торцевим фрезеруванням з комбінуванням чистового різання та вигладжування. Підтверджена працездатність конструкції фрези з траєкторією руху елементів формоутворення перпендикулярної до вектора повздовжньої подачі. Доведено переваги перетворення кругового руху формоутворюючих елементів у прямолінійне.

Надійність та довговічність машин і механізмів при їх відповідному обслуговуванні залежать від якості деталей, з яких вони складаються [13].

Поняття якості є комплексним показником, який включає точність і шорсткість оброблених поверхонь, а також фізико-механічні властивості поверхневого шару (мікротвердість, залишкові напруження тощо).

Кінцевий результат отримання високої якості оброблених поверхонь значною мірою залежить не тільки від фінішної обробки, але й від попередніх операцій технологічного процесу [8], [13].

Вміння управляти процесом обробки поверхонь деталі з наданням їм певних експлуатаційних характеристик при забезпеченні економічної доцільності є актуальною проблемою сьогодення.

Відома фінішна обробка поверхонь деталей з застосуванням поверхневої пластичної деформації (ППД), яка в певній мірі відповідає поставленим завданням, але цей метод найбільш поширений при обробці циліндричних поверхонь (шийок валів, отворів, фасонних поверхонь).

Це пояснюється відносною простотою конструкцій застосованих пристроїв і побудовою технологічного процесу [1], [2], [4], [6], [9], [10], [11].

Значно складніше впровадження ППД при обробці плоских поверхонь без значних матеріальних витрат.

І. Метою роботи є розробка та дослідження комбінованого способу фінішної обробки плоских поверхонь деталей із загартованих сталей і чавуну методом торцевого фрезерування, поєднаного з застосуванням ППД.

Авторами розроблено конструкцію торцевої фрези із застосуванням комбінованого методу різання та вигладжування (рис. 1).

Найбільшу частку припуску розробленою конструкцією фрези видаляють чорнові різальні елементи, які розташовані в радіальному напрямку за п'ятьма логарифмічними спіралями. Чистовий припуск видаляється чистовим рухомим елементом, що має траєкторію переміщення, перпендикулярну до подачі чистового різця. Таку ж траєкторію має і вигладжувальний елемент, який розташований через 180° відносно чистового різального елемента.

Конструкція торцевої фрези складається з двох частин: рухомої разом зі шпинделем верстата і нерухомого копіра, який закріплений на нерухомому фланці 4 верстата.

Корпус фрези 3 закріплюється на шпинделі чотирма гвинтами 9. Від повороту утримується шпонкою 5. В корпусі фрези нерухомо закріплено з можливістю регулювання вильоту 22 чорнових різальних елементи. В отворі корпусу фрези встановлено два повзуни (2 і 10), один з яких призначений для закріплення чистового різця 1, а другий – для пружного закріплення вигладжувального елемента 14. Повзуни через стійки 12 і підшипники 11 за допомогою пружини 19 контактують з копіром 4, який забезпечує прямолінійний рух чистового і вигладжувального (може встановлюватись і накатник) елементів.

Профіль копіра розрахований таким чином, щоб відстань між повзунами при обертанні фрези залишалась незмінною. Пружина 19 служить тільки для компенсації похибок у виготовленні копіра, а також запобігає відхиленню руху різального й вигладжувального елементів від діючих сил різання та вигладжування. Притиснення вигладжувального інструмента забезпечується пружним елементом 13, закріпленим гвинтами 18 на повзуні 10. Передбачена можливість регулювання сили притиснення в достатньо широкому діапазоні (150–500 Н) за допомогою встановлення в отвори 17 допоміжних упорів.

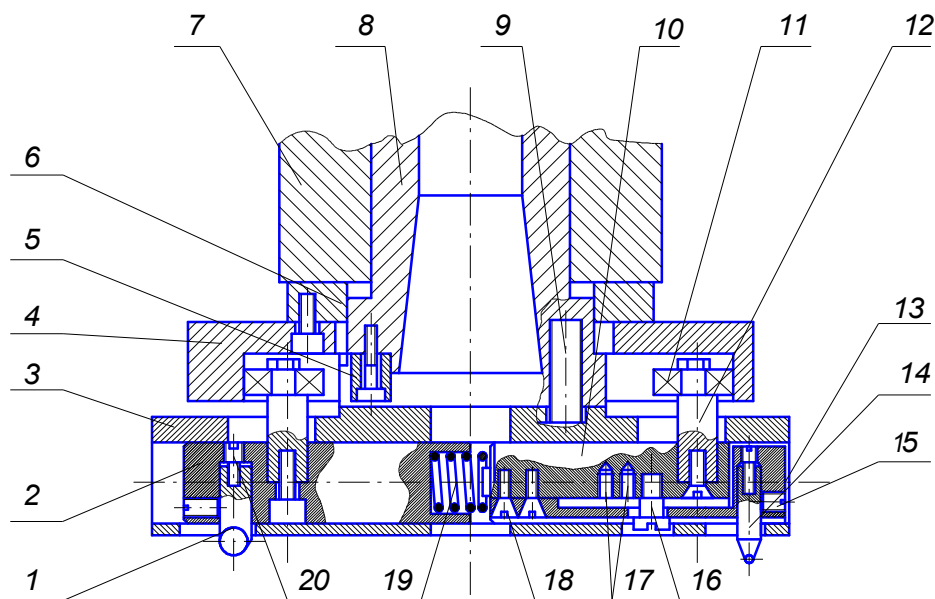


Рис. 1. Розріз торцевої фрези для комбінованої обробки

Регулювання вильоту різальних і вигладжувального елементів здійснюється “диференційними” гвинтами 20, а жорстке закріплення – спеціальними підпружиненими гвинтами 15. Стійки 12, маючи ексцентрично виконану шийку для закріплення підшипників 11, забезпечують при їх встановленні регулювання положення чистового різця та вигладжувального елемента відносно осі обертання і між собою.

Елемент 16 з різцю служить для обмеження руху пружного елемента 13 і попереднього напруження системи.

Конструктивні параметри фрези:

- діаметр корпусу фрези – 320 мм;
- кількість різальних елементів: чорнових – 22, чистових ножів – 1;
- кількість вигладжувальних елементів – 1.

Загальний вигляд торцевої фрези представлена на рисунках 2, 3.

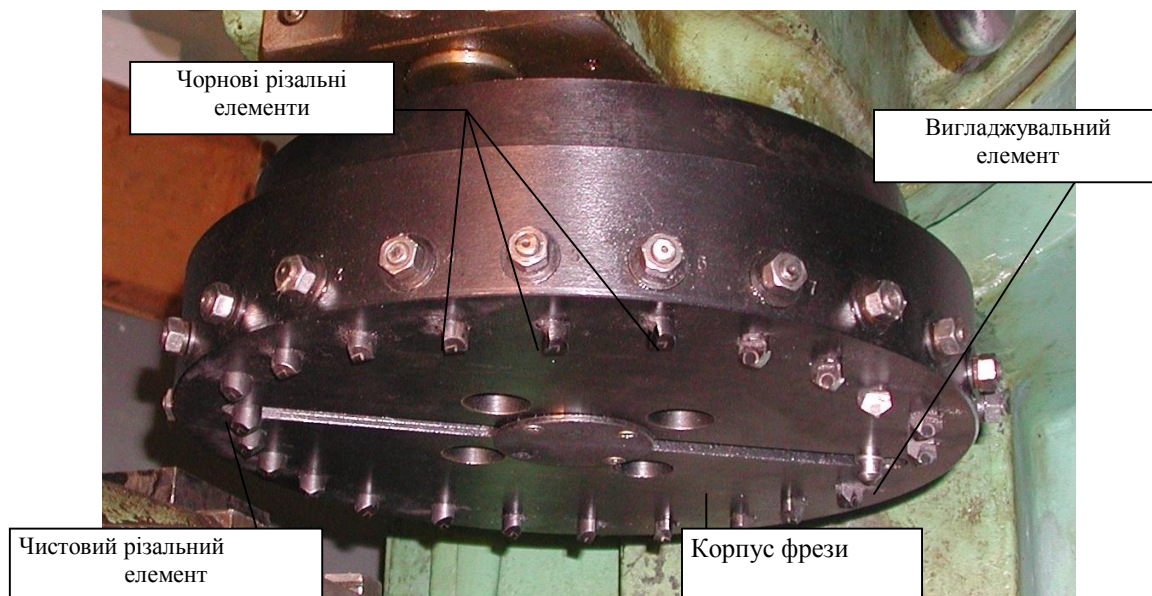


Рис. 2. Загальний вигляд торцевої фрези з рухомими елементами

Результатами проведених попередніх досліджень підтверджена не тільки працездатність розробленої конструкції фрези, а й наступні суттєві переваги запропонованого методу обробки плоских поверхонь:

- підвищена продуктивності обробки плоских повздожніх поверхонь;
- забезпечена висока шорсткість оброблених поверхонь;

– підвищена стійкість вигладжувального елемента.

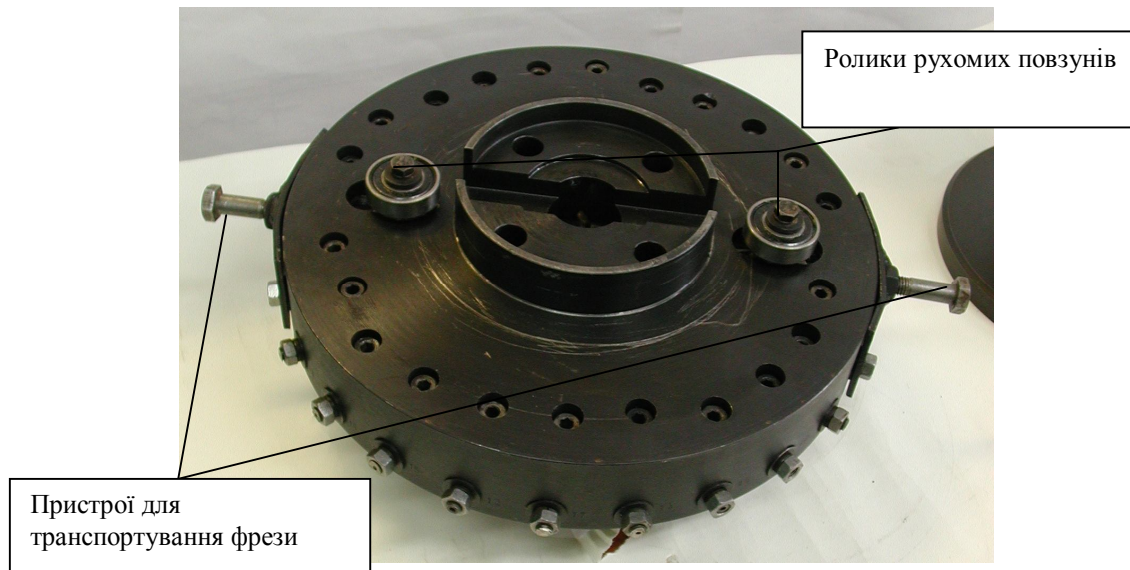


Рис. 3. Зворотна сторона фрези

В результаті кінематичного перетворення колового руху фрези у прямолінійне перпендикулярне до вектора повздовжньої подачі – $\overline{S_{фр}}$ (рис. 4) за рахунок профілю копіра і рухомих повзунів, у яких закріплений чистовий різець і вигладжувач, відбувається також зміна кута нахилу головної різальної кромки. На рис. 4 позначено:

$л_n$ – початковий кут нахилу головної різальної кромки;

$л_p$ – проміжний кут;

$л_b$ – кут нахилу головної різальної кромки при виході інструмента за межі обробленої заготовки.

$$л = f(\psi_t),$$

де ψ_t – кут повороту фрези в момент початку прямолінійного руху повзунів.

Як слідує з рис. 4, при повороті фрези на кут ψ_{max} , кут $л$ зменшується на цей же кут $\psi_{max} = 43^\circ$ при діаметрі фрези 320 мм і найбільшій ширині оброблюваної поверхні 95 мм.

З метою забезпечення нормальних умов різання чистового різця передбачена установка його таким чином, щоб кут $\lambda \geq 43^\circ$.

Досліди показали, що зміна кута нахилу головної різальної кромки особливо позитивно впливає на шорсткість оброблених поверхонь деталей з загартованих сталей і чавунів.

Для розробленої конструкції фрези максимальна ширина оброблюваної поверхні (B_{max}) дорівнює:

$$B_{max} = 2 \cdot l_{ин} \cdot \sin \psi_{max},$$

де $l_{ин}$ – відстань від центра фрези до прямолінійної траєкторії руху чистового різця та вигладжувача.

Відстань $l_{ин}$ визначається:

$$l_{ин} = c_k \cdot \cos \psi_{max},$$

де c_k – радіус (відстань від центра фрези) розташування чистового та вигладжувального елементів в момент їх переходу на прямолінійну траєкторію руху. Конструкцією фрези передбачено можливість регулювання цих радіусів і вони можуть бути:

$$c_{к.ч.р.} \leq c_{к.в.} \quad c_{к.ч.р.} > c_{к.в.},$$

де $c_{к.ч.р.}$ – радіус розташування чистового різця;

$c_{к.в.}$ – радіус розташування вигладжувача.

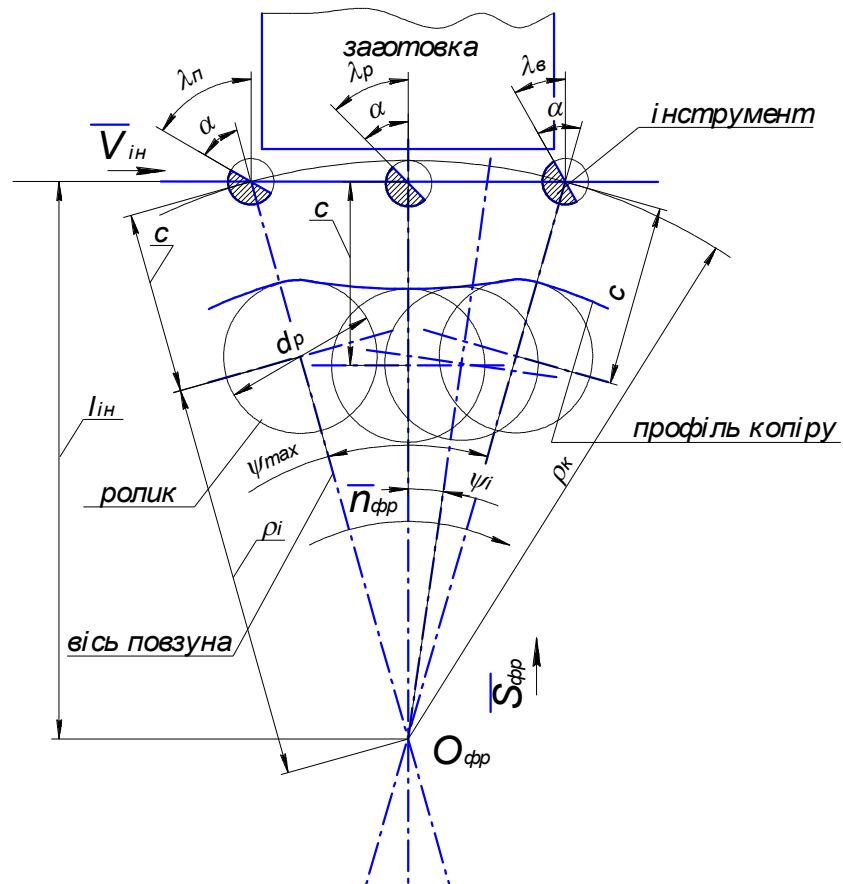


Рис. 4. Схема перетворення колового руху інструмента в прямолінійний і зміни кутів різання

При $c_{к.ч.р.} < c_{к.в.}$ буде відбуватися попереднє перед чистовим проходом вигладжування поверхні. За даними [3] відомо, що у ряді випадків це має позитивні результати.

Регулювання відстані відбувається за рахунок ексцентричного розташування роликів (підшипників) відносно чистового різця, а також відносно вигладжувача.

Тобто відносні відстані між чистовим і вигладжувальним елементами можливо регулювати в межах 3 мм (рис. 5)



Рис. 5

Профіль копіра при прямолінійному русі зазначених інструментів не має прямолінійної поверхні. Ця поверхня розрахована за формулою:

$$l_{п.к} = \frac{d_{рол}}{2} \cdot \cos[\psi_i] + \sqrt{\left(\frac{l_{ин}}{\cos[\psi_i]} - c\right)^2 - \frac{d_{рол}^2}{4} \cdot \sin^2[\psi_i]},$$

де $l_{п.к}$ – відстань від осі фрези (вона ж є віссю копіра) до осі ролика;

c – відстань від осі ролика до осі отвору закріплення інструмента, $c = 25$ мм;

$d_{рол}$ – діаметр ролика, $d_{рол} = 40$ мм.

Рух вигладжувача при обробці поверхні повністю повторює траєкторію чистового різця і здійснює відносно обробленої поверхні поворот на 43° (на ширині $B_{max} = 95$ мм).

Поворот вигладжувача відносно своєї осі сприяє рівномірному зношенню вигладжувача, а також збільшенню ресурсу його роботи в декілька разів [1].

II. Одна з переваг застосування торцевих фрез з рухомим чистовим і вигладжувальним елементами є можливість уникнути тертя задньої поверхні чистового різця на ділянці прямолінійного руху в разі обробки повздовжніх поверхонь довжиною, яка перевищує діаметр розташування різців.

Це можливо забезпечити, нахиливши вісь під невеликим кутом ($\alpha_{шп} \approx 0^\circ 10'$) до повздовжнього переміщення стола верстата, як показано на рис. 6.

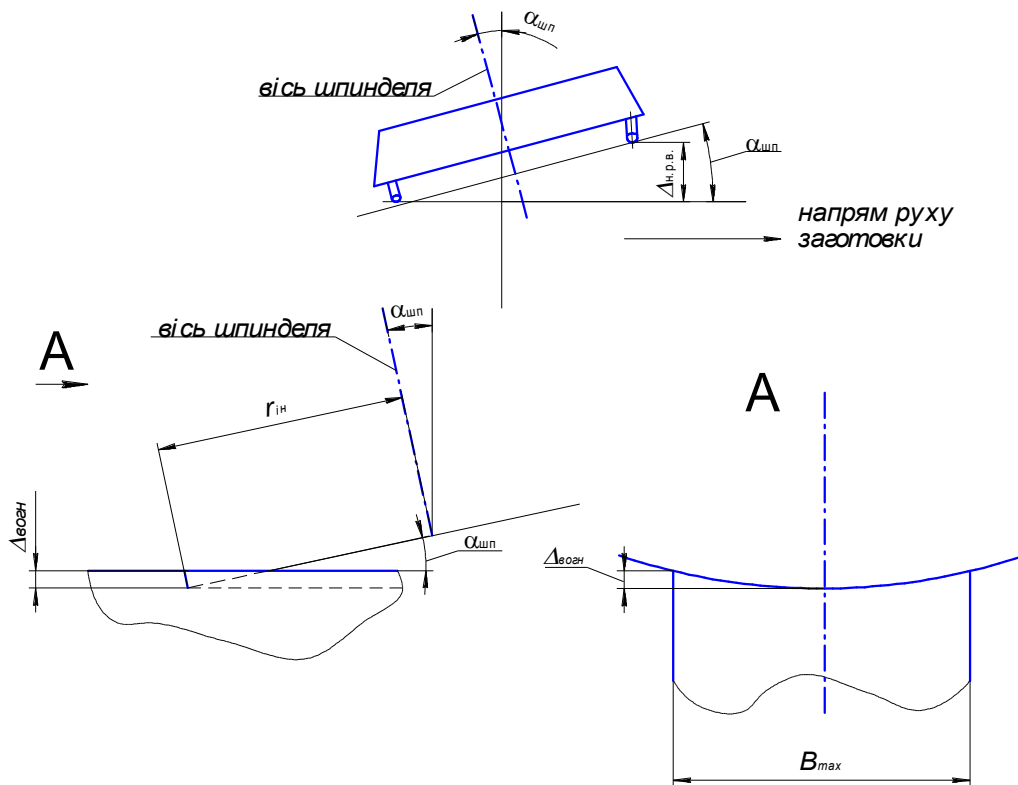


Рис. 6. Схема утворення ввігнутості обробленої поверхні при нахилі шпинделя

де $\alpha_{шп}$ – кут нахилу шпинделя;

$r_{ин}$ – радіус розташування інструмента;

B_{max} – максимальна ширина заготовки;

$\Delta_{вогн}$ – ввігнутість обробленої поверхні при нахилі осі шпинделя.

При цьому чорнові і напівчистові різці будуть рухатись по колівій траєкторії, яка не співпадає з площиною оброблюваної заготовки, утворюючи ввігнуту поверхню.

При симетричному розташуванні оброблюваної заготовки відносно фрези ця похибка буде дорівнювати:

$$\Delta_{вогн} = \left(r_{ин} - \sqrt{r_{ин}^2 - \frac{B_{max}^2}{4}} \right) \cdot \sin \alpha_{шп}.$$

При куті нахилу шпинделя $\approx 0^{\circ}10'$ і ширині оброблюваної поверхні, наприклад, 80 мм у нашому випадку

$$\Delta_{\text{вогн}} = \left(131 - \sqrt{131^2 - \frac{80^2}{4}} \right) \cdot \sin 0^{\circ}10' = 0,0182 \text{ мм.}$$

Чистовий різець, рухаючись лінійною траєкторією, виправляє цю похибку, що неможливо виконати в разі застосування традиційних конструкцій торцевих фрез. В процесі зняття шару металу відбувається також пружна деформація поверхні, яка, відтворюючись, є причиною повторної обробки поверхні (затирання) різальними елементами при їх проходженні над обробленою поверхнею практично без різання (під кутом 180° від різальних елементів, які зрізають шар металу). У випадку обробки фрезою запропонованої конструкції цього не відбувається тому, що при нахилі шпинделя $\alpha_{\text{шп}} \approx 0^{\circ}10'$ чистовий різець, як і вигладжувач, у неробочому стані буде проходити над обробленою поверхнею на відстані $\Delta_{\text{н.р.ч}}$, яка дорівнює:

$$\Delta_{\text{н.р.ч}} = 2 \cdot r_{\text{ін}} \cdot \sin \alpha_{\text{шп}},$$

де $\Delta_{\text{н.р.ч}}$ – відстань вершини чистового різця відносно обробленої поверхні;

$$\Delta_{\text{н.р.ч}} = 2 \cdot 131 \cdot \sin 0^{\circ}10' = 0,762 \text{ мм.}$$

З врахуванням “вильоту” вигладжувача відносно чистового різця ця відстань буде $\Delta_{\text{н.р.в}} = 0,762 - 0,2 = 0,562 \text{ мм.}$

Процес чистової обробки поверхонь торцевими фрезами з рухомим чистовим різцем широко освітлений в роботі [14]. Суттєвою різницею в новій фрезі є вигладжувальний елемент, який завершує фінішну обробку поверхні.

Налагодження вигладжувального елемента проводилось наступним чином (рис. 7).

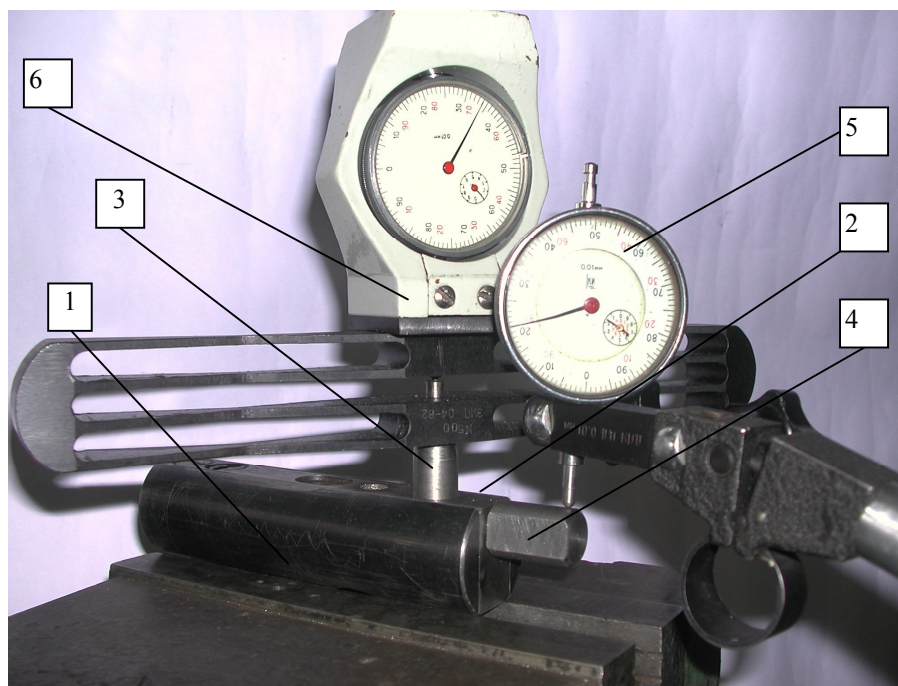


Рис. 7. Налагодження зусилля притиснення вигладжувача до обробленої поверхні.

Повзун 1 з закріпленим на ньому пружним елементом 2 встановлювався на столі вертикально-свердлувального верстата, а замість індентора вставлялась на його місце спеціальна оправка 3. Для зручності вимірювань замість гвинта, яким закріплюється індентор, була установлена спеціальна оправка 4 з площадкою, в яку опирався індикатор часового типу 5.

Через оправку 3 пружний елемент 2 навантажувався через динамометр 6 силою $180 \div 200 \text{ Н}$ згідно з рекомендаціями [1], [2]. Розрахунок сили притиснення індентора до оброблюваної поверхні виконувався за залежностями [2]:

– для деталі з загартованих сталей

$$P = 0,013HV \left(\frac{D \cdot R}{D + R} \right)^2,$$

– для деталі з матеріалів невисокої і середньої твердості

$$P = 0,008HV \left(\frac{D \cdot R}{D + R} \right)^2,$$

де P – оптимальна сила вигладжування, Н;

HV – твердість обробленої поверхні за Віккерсом, $\frac{H}{m^2} \cdot 10^7$;

D – діаметр оброблюваної поверхні, у нашому випадку $D = \infty$;

R – радіус робочої частини індентора, м.

Для площини ці формули приймають вигляд:

$$P = 0,013HV \cdot R^2 \text{ – для загартованих матеріалів;}$$

$$P = 0,008HV \cdot R^2 \text{ – для незагартованих матеріалів.}$$

Випробування проводились на заготовках з чавуну СЧ21 незагартованого (170 ÷ 241 HB) і загартованого (45 ÷ 50 HRC), а також зі сталі 40X загартованої до 50 ÷ 54HRC.

Радіус індентора, було прийнято рекомендації, викладені в роботах [1], [2]: для загартованих матеріалів $R = 1...5$ мм, прийнято 1,5 мм; для незагартованих матеріалів $R = 2,5...3,5$ мм, прийнято 2,5 мм.

Для загартованих сталей (сталь 40X HRC54 = HV580) зусилля вигладжування:

$$P = 0,013 \cdot 580 \cdot 10^7 \cdot 1.5^2 \cdot 10^{-6} = 169,65 \text{ Н.}$$

Для загартованих чавунів (СЧ21 HRC50 = HV513):

$$P = 0,013 \cdot 513 \cdot 10^7 \cdot 1.5^2 \cdot 10^{-6} = 150 \text{ Н.}$$

Розрахунок зусилля притиску індентора при обробці незагартованого чавуну СЧ21 HB 170÷ 241.

Фактична твердість заготовки HB 180 за Брінелем, що дорівнює HV 180 за Віккерсом:

$$P = 0,008 \cdot 180 \cdot 10^7 \cdot 2.5^2 \cdot 10^{-6} = 90 \text{ Н.}$$

У зв'язку з великою розбіжністю між рекомендованими зусиллями притиснення індентора до обробленої поверхні і розрахунковими, випробування проводились при зусиллях, які складалі:

- при обробці загартованих сталених заготовок $P = 120$ Н; 180 Н; 250 Н;
- при обробці загартованих чавунів $P = 120$ Н; 150 Н; 180 Н;
- при обробці незагартованого чавуну $P = 60$ Н; 90 Н; 120 Н.

В результаті проведених дослідів встановлено, що розраховані за наведеними формулами зусилля притиснення вигладжувача до оброблюваної поверхні в разі використання торцевої фрези з комбінованою схемою різання і вигладжування дещо завишені. Так, за критерієм мінімальної шорсткості замість розрахованого зусилля притиснення при обробці загартованої сталі 40X 50...54 HRC $P = 170$ Н оптимальним виявлено зусилля в $P = 120$ Н.

При обробці загартованого чавуну СЧ21 розрахункове – $P = 150$ Н, оптимальне становить $P = 120$ Н.

При обробці незагартованого чавуну СЧ21 розрахункове – $P = 90$ Н, оптимальне – $P = 80$ Н.

Причиною такого явища може бути достатньо попередньо висловлене припущення: вигладжувач вступає в роботу зразу ж після чистового різця та їх траєкторії руху співпадають.

Час проходження вигладжувача після чистового різця при 200 хв^{-1} складає $\approx 0,15$ сек. В поверхневому шарі металу після чистового проходу відбуваються релаксаційні процеси, тобто устанавлення термодинамічної рівноваги у фізичній системі. В подальших дослідях це питання буде вивчено додатково.

В роботі [15] наведено формулу розрахунку теоретичної шорсткості поверхні, отриманої після вигладжування:

$$Ra_{\text{вигл}} = 1,1 \cdot Ra_{\text{вих}}^{0,77} \cdot (\sigma_{\text{max}})^{-0,27} \cdot d_a^{-0,3} \cdot S^{0,14} \cdot v^{0,05},$$

де $Ra_{\text{вих}}$ – вихідна шорсткість поверхні перед вигладжуванням, мкм;

σ_{max} – межа міцності оброблюваного матеріалу;

d_a – діаметр індентора, мм;

S – подача, $\frac{\text{мм}}{\text{об}}$;

v – швидкість процесу вигладжування, $\frac{\text{м}}{\text{хв}}$.

При обробці загартованої сталі v :

$$Ra_{\text{вих}} = 2,8 \text{ мкм;}$$

$$d_a = 3 \text{ мм;}$$

$$S = 0,125 \text{ мм/об};$$

$$v = 120 \text{ м/хв};$$

$$\sigma_{\text{max}} = 800 \text{ Н/мм}^2;$$

$$Ra_{\text{визл}} = 0,28 \text{ мкм}.$$

Схема вимірювання шорсткості обробленої поверхні наведена на рис. 8.

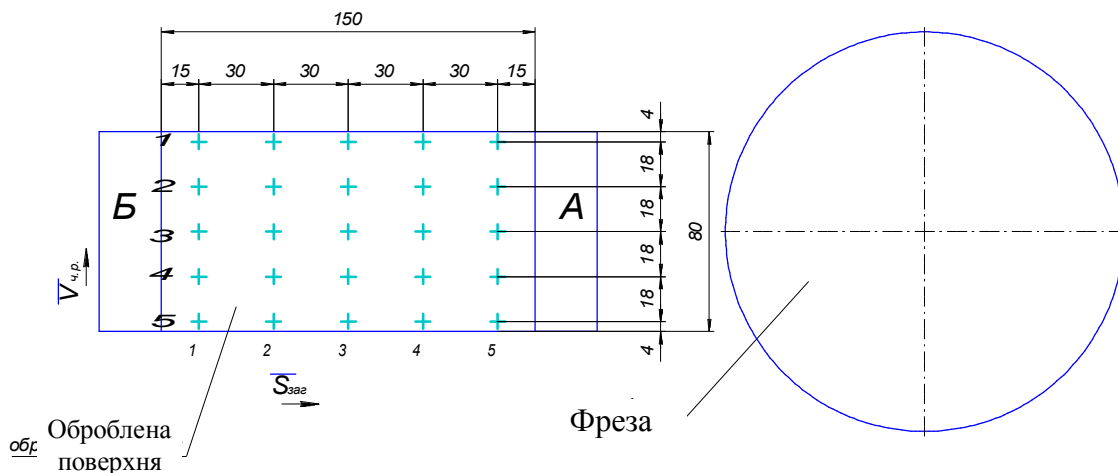


Рис. 8. Схема виміру шорсткості обробленої поверхні заготовки

Фактично отримана шорсткість наведена в таблиці.

Таблиця

Вимірювання шорсткості обробленої поверхні деталі

Координата	Значення, Ra, мкм	Координата	Значення, Ra, мкм	Координата	Значення, Ra, мкм	Координата	Значення, Ra, мкм	Координата	Значення, Ra, мкм
5.I.	1,3	4.V.	0,8	3.I.	1,45	2.V.	0,95	1.I.	1,45
5.II.	1,25	4.IV.	1,7	3.II.	1,4	2.IV.	1,45	1.II.	1,4
5.III.	1,2	4.III.	1,1	3.III.	1,35	2.III.	1,35	1.III.	1,25
5.IV.	1,15	4.II.	1,35	3.IV.	1,25	2.II.	1,15	1.IV.	1,2
5.V.	0,95	4.I.	1,45	3.V.	0,65	2.I.	1,25	1.V.	1,05
I.5.	0,25	I.4.	0,22	V.3.	0,22	I.2.	0,77	I.1.	0,6
II.5.	0,45	II.4.	0,58	IV.3.	0,36	II.2.	0,5	II.1.	0,5
III.5.	0,50	III.4.	0,68	III.3.	0,48	III.2.	0,52	III.1.	0,45
IV.5.	0,20	IV.4.	0,22	II.3.	0,32	IV.2.	0,27	IV.1.	0,3
V.5.	0,40	V.4.	0,50	I.3.	0,4	V.2.	0,29	V.1.	0,3

Примітка.

Якщо перша цифра римська, а друга – арабська (наприклад IV – 3), то вимірювалась шорсткість повздож деталі в місці з координатами: вздовж – четверта лінія, поперек – третя лінія. Місце виміру – перетин четвертої повздожньої з третьою поперечною лініями.

Коли перша цифра арабська, а друга – римська (наприклад 3 – IV), то вимір – поперечний в цьому ж місці.

Матеріал: сталь 40X, загартована до 50 ÷ 54 HRC.

A – початок обробки;

B – кінець обробки.

В подальших дослідженнях будуть з’ясовані наступні питання:

1. Вплив зміни режимів обробки загартованих і незагартованих деталей на якісні параметри поверхонь (S , $\text{мм}/\text{об}$; n , хв^{-1}).
2. Залежність фізико-механічних властивостей поверхонь деталей від зміни зусилля притиснення вигладжувача.
3. Спадкоємність впливу попередніх перед вигладжуванням процесів обробки поверхонь деталей на остаточний результат.

Висновки:

1. Проведеними дослідженнями підтверджена не тільки працездатність розробленої конструкції торцевої фрези, оснащеної надтвердими матеріалами, але й доведені переваги перетворення колового руху формують елементів (чистовий різець і вигладжувач) в прямолінійне перпендикулярне до вектора повздовжньої подачі, а саме: забезпечена низька шорсткість обробленої поверхні, особливо в напрямку формоутворення.
2. Забезпечена висока продуктивність процесу через впровадження комбінованого методу обробки.
3. Значно зменшене зношування вигладжувача через його поворот навколо своєї осі.
4. Зменшення сили притиснення індентора до оброблюваної поверхні покращує стійкість динамічної системи процесу обробки поверхні.
5. Проведення попереднього перед чистовою обробкою поверхневого пластичного деформування деталей із загартованих сталей і чавуну погіршує шорсткість оброблених поверхонь.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Торбило В.М.* Алмазное выглаживание. – М.: Машиностроение, 1972. – 104 с.
2. *Одинцов Л.Г.* Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибровыглаживанием. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с.
3. *Подураев В.Н., Ярославцев В.Н., Ярославцева Н.А.* Эффективность обработки резанием с опережающим пластическим деформированием // Вестник машиностроения, № 12. – 1972. – С. 58–61.
4. *Суслов А.Г.* Качество поверхностного слоя деталей машин. – М. Машиностроение, 2000. – 318 с.
5. *Чана П.А.* Технологические основы упрочнения деталей поверхностным деформированием. – Минск: Наука и техника, 1981. – 128 с.
6. *Жасимова С.М.* Технологические возможности метода отделочно-упрочняющей обработки. – 2003. – 3 с.
7. *Смольников Н.Я., Отений Я.Н., Ольштынский Н.В., Ольштынский С.Н.* Экспериментальные исследования контактной зоны при поверхностном пластическом деформировании. – 2003 – 3 с.
8. *Смолянский В.М., Блюмштейн В.Ю.* Механика технологического наследования. Наследственные закономерности исчерпания запаса пластичности металла на стадии ППД. – 2003. – 4 с.
9. *Шнейдер Ю.Г.* Образование регулярных микрорельефов на деталях и их эксплуатационные свойства. – Ленинград: Машиностроение, 1972. – 240 с.
10. *Шнейдер Ю.Г.* Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. – Ленинград: Машиностроение, 1982. – 248 с.
11. *Мозговой В.Ф., Качан А.Я., Титов В.А., Калюжный В.Л., Семеренко И.Л.* Оценка оптимизированных технологических параметров процесса алмазного выглаживания при изготовлении валов ГТД // Технологические системы. – № 5. – 2001. – С. 78–84.
12. Декларацийний патент на винахід “Спосіб плоского фрезерування торцевими фрезами”, 63517А, В23С3 / 00, Бюл. №1, 15.01.2004. Автори *Г.М. Виговський, В.Ю. Лоев, П.П. Мельничук*.
13. *Яцерицин П.І.* Технологічне спадкування експлуатаційних параметрів деталей машин. // Вісник ЖДТУ. – 2003. Випуск 2 (26), Т. 2. – С. 206–209.
14. *Громовий О.А.* Розробка чистових косокутних торцевих фрез з комбінованими схемами різання: Автореферат дисертації. – Київ, 2002. – 16 с.
15. *Легашева Т.А., Кир'яков А.В., Івченко Т.Г.* Підвищення якості поверхневого шару деталей машин екологічно чистим оздоблювально-зміцнюючими методами (Донецький державний технологічний університет).
<http://master.donntu.edu.ua/2001/mech/legasheva/publ/oglav.htm>.

МЕЛЬНИЧУК Петро Петрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології машинобудування та конструювання технічних систем, ректор Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– технологія машинобудування;

– дослідження у галузі механіки руйнування.

ВИГОВСЬКИЙ Георгій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, проректор з організаційно-навчальної роботи Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- обробка металів різанням;
- проектування різальних систем.

ЛОЄВ Володимир Юхимович – доцент кафедри технології машинобудування та конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- фінішна обробка поверхонь деталей комбінованими методами.

Подано 25.01.2004

Мельничук П.П., Выговський Г.М., Лоєв В.Ю. Дослідження процесу фінішної обробки плоских поверхонь деталей торцевою фрезою з комбінованою схемою різання і вигладжування

Мельничук П.П., Выговський Г.М., Лоєв В.Ю. Исследования процесса финишной обработки плоских поверхностей деталей торцевой фрезой с комбинированной схемой резания и выглаживания

УДК 621,914

Дослідження процесу фінішної обробки плоских поверхонь деталей торцевою фрезою з комбінованою схемою різання і вигладжування/ П.П. Мельничук, Г.М. Выговський, В.Ю. Лоєв

Наведено попередні результати дослідження процесу фінішної обробки плоских поверхонь торцевим фрезеруванням з комбінуванням чистового різання та вигладжування. Підтверджена працездатність конструкції фрези з траєкторією руху елементів формоутворення перпендикулярної до вектора поздовжньої подачі. Доведено переваги перетворення кругового руху формоутворюючих елементів у прямолінійне.

УДК 621,914

Исследования процесса финишной обработки плоских поверхностей деталей торцевой фрезой с комбинированной схемой резания и выглаживания / П.П. Мельничук, Г.М. Выговський, В.Ю. Лоєв

Приведены предыдущие результаты исследования процесса финишной обработки плоских поверхностей торцевым фрезированием с комбинированием чистового резания и выглаживания. Подтверждена трудоспособность конструкции фрезы с траекторией движения элементов формообразования перпендикулярной к вектору продольной подачи. Доказаны преимущества преобразования кругового движения формообразующих элементов в прямолинейное

УДК 621,914