



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **114634** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
B23B 1/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

| | |
|---|---|
| (21) Номер заявки: u 2016 10318 | (72) Винахідник(и): Самчук Володимир Володимирович (UA), Тарасюк Анатолій Петрович (UA), Сичов Юрій Іванович (UA), Прилипко Андрій Леонідович (UA), Лях Бенгард Григорович (UA) |
| (22) Дата подання заявки: 10.10.2016 | |
| (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.03.2017 | |
| (46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.03.2017, Бюл.№ 5 | (73) Власник(и): УКРАЇНЬСЬКА ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ, вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003 (UA) |

(54) СПОСІБ РОЗРОБКИ БАГАТОІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ КІНЕМАТИЧНИХ СХЕМ РІЗАННЯ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НЕЖОРСТКИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ВИРОБІВ

(57) Реферат:

Спосіб розробки багатоінструментальних кінематичних схем різання для механічної обробки нежорстких циліндричних виробів включає жорстке закріплення одного кінця циліндричного виробу з можливістю надання йому обертового руху навколо повздовжньої осі, надання кінематичного обертового та повздовжнього рухів різальному інструменту. Рівномірно по окружності виробу розміщують зони різання у кількості $k=2n$, де $n=2$ або довільне ціле число, після чого різальному інструменту надають обертові та повздовжні кінематичні рухи, за якими виникаючі в зоні різання складові сил різання повинні задовольняти умову статичних пружних деформацій циліндричного виробу: за першою системою в поперечному напрямку дорівнюють нулю, в осьовому напрямку та крутні пружні деформації не дорівнюють нулю; за другою системою в поперечному напрямку та крутні пружні деформації дорівнюють нулю, а в осьовому напрямку не дорівнюють нулю; за третьою системою в поперечному та в осьовому напрямках дорівнюють нулю, крутні пружні деформації не дорівнюють нулю; за четвертою системою в поперечному, осьовому та крутні пружні деформації дорівнюють нулю.

UA 114634 U

Корисна модель належить до машинобудівного комплексу, а саме до технології механічної обробки матеріалів різанням і може бути використана для розробки багатоінструментальних кінематичних схем різання нежорстких виробів циліндричної форми.

Є відомий спосіб обробки нежорстких циліндричних виробів [1], який полягає у використанні додаткових опор (заднього центру, рухомих та нерухомих люнетів тощо), які фіксують виріб у певному положенні в процесі обробки. Недоліком способу є складність налаштування до роботи додаткових опор. Низька продуктивність процесу механічної обробки, оскільки спосіб передбачає використання лише одного різального інструменту. Низька якість оброблених поверхонь, оскільки спосіб не дозволяє зменшити осьові (повздовжні) та крутні пружні деформації циліндричного виробу. Способом не передбачено розробку багатоінструментальних кінематичних схем різання для механічної обробки нежорстких виробів циліндричної форми.

Є відомий спосіб створення принципових кінематичних схем різання [2], який містить класифікацію кінематичних схем різання за вісьмома групами щодо відносний рух інструмента та виробу (D_n - рух обертання, D_s - прямолінійний рух подачі) в процесі різання: 1) Один прямолінійний рух (стругання, довбання, протягування); 2) Два прямолінійні рухи; 3) Один обертальний рух; 4) Один обертальний та один прямолінійний рухи (точіння, свердління, зенкерування, розгортання, нарізання різі); 5) Два обертальні рухи; 6. Два прямолінійні та один обертальний рухи; 7) Два обертальні та один прямолінійний рухи (ротаційна обробка - фрезоточіння, охоплене фрезерування); 8) Три обертальні рухи. Недоліком способу є те, що принципові кінематичні схеми різання передбачають застосування одноінструментального оснащення, тому одним із спільних явищ при застосуванні цих схем є однобічний напрям дії сили різання з боку інструмента на елементи технологічної системи, а особливо на виріб, який має більшу пружність ніж інструментальна оснастка. Пружні деформації виробу в осьовому, поперечному напрямку та крутильні пружні деформації спонукають до амплітуду вимушених коливань, у результаті чого виникає періодична зміна товщини зрізу, що призводить до зниження якісних показників ефективності механічної обробки, а саме збільшують величину шорсткості та знижує точність геометричної форми. Способом не передбачено розробку багатоінструментальних кінематичних схем різання для механічної обробки нежорстких виробів циліндричної форми.

Є відомий спосіб обробки циліндричних поверхонь виробів [3], який полягає у використанні багаторізевої головки, різці якої рівномірно охоплюють циліндричну поверхню виробу, якому надається обертовий кінематичний рух, а багаторізевої головці повздовжній рух подачі. Недолік способу полягає в отриманні низької якості оброблених поверхонь, оскільки способом не передбачено усунення осьових (повздовжніх) та крутих пружних деформацій циліндричного виробу. Способом не передбачено розробку багатоінструментальних кінематичних схем різання для механічної обробки нежорстких виробів циліндричної форми.

Корисна модель, що заявляється, спрямована на розробку багатоінструментальних кінематичних схем різання для механічної обробки нежорстких виробів циліндричної форми.

Поставлена задача досягається тим, що рівномірно по окружності виробу розміщують зони різання у кількості $k = 2n$, де $n = 2$ або довільне ціле число, після чого різальному інструменту надають обертові та повздовжні кінематичні рухи, за якими виникаючі в зоні різання складові сил різання повинні задовольняти умову статичних пружних деформацій циліндричного виробу: за першою системою в поперечному напрямку дорівнюють нулю, в осьовому напрямку та крутні пружні деформації не дорівнюють нулю; за другою системою в поперечному напрямку та крутні пружні деформації дорівнюють нулю, а в осьовому напрямку не дорівнюють нулю; за третьою системою в поперечному та в осьовому напрямках дорівнюють нулю, крутні пружні деформації не дорівнюють нулю; за четвертою системою в поперечному, осьовому та крутні пружні деформації дорівнюють нулю.

На фіг. 1 зображено загальний вигляд комплексної схеми з розробки багатоінструментальних кінематичних схем різання для механічної обробки нежорстких циліндричних виробів; на фіг. 2 зображено кінематичні рухи та напрям дії складових сил різання при точінні; на фіг. 3. зображено кінематичні рухи та напрям дії складових сил різання при окружному фрезеруванні (зустрічне різання); на фіг. 4 зображено кінематичні рухи та напрям дії складових сил різання при окружному фрезеруванні (побіжне різання); на фіг. 5. зображено кінематичні рухи та напрям дії складових сил різання при фрезоточінні (зустрічне різання); на фіг. 6 зображено кінематичні рухи та напрям дії складових сил різання при фрезоточінні (побіжне різання); на фіг. 7. зображено кінематичні рухи та напрям дії складових сил різання при фрезоточінні торцевими фрезами (зустрічне різання); на фіг. 8 зображено кінематичні рухи та напрям дії складових сил різання при фрезоточінні торцевими фрезами (побіжне різання); на фіг. 9. зображено кінематичні рухи та напрям дії складових сил різання при охопленому

фрезеруванні (зустрічне різання); на фіг. 10 зображено кінематичні рухи та напрям дії складових сил різання при охопленому фрезеруванні (побіжне різання); на фіг. 11. зображено кінематичні рухи та напрям дії складових сил різання при фрезоточінні циліндричними фрезами (зустрічне різання); на фіг. 12 зображено кінематичні рухи та напрям дії складових сил різання при фрезоточінні циліндричними фрезами (побіжне різання); на фіг. 13. зображено багатоінструментальна кінематична схема різання при точінні (зустрічне різання); на фіг. 14 зображено схему напрямку дії складових сили різання за багатоінструментальною кінематичною схемою різання (зустрічне різання); на фіг. 15. зображено багатоінструментальна кінематична схема різання при окружному фрезеруванні (зустрічне різання, урівноваження пружних деформацій виробу в поперечному напрямку); на фіг. 16 зображено багатоінструментальна кінематична схема різання при окружному фрезеруванні (побіжне різання, урівноваження пружних деформацій виробу в поперечному напрямку); на фіг. 17. зображено схему напрямку дії складових сили різання за багатоінструментальною кінематичною схемою різання (побіжне різання); на фіг. 18 зображено багатоінструментальна кінематична схема різання при фрезоточінні (зустрічне різання, урівноваження пружних деформацій виробу в поперечному напрямку); на фіг. 19. зображено багатоінструментальна кінематична схема різання при фрезоточінні (побіжне різання, урівноваження пружних деформацій виробу в поперечному напрямку); на фіг. 20 зображено схему напрямку дії складових сили різання при фрезоточінні за багатоінструментальною кінематичною схемою різання (зустрічне різання); на фіг. 21. зображено схему напрямку дії складових сили різання при фрезоточінні за багатоінструментальною кінематичною схемою різання (побіжне різання); на фіг. 22 зображено багатоінструментальна кінематична схема різання при фрезоточінні торцевими фрезами (зустрічне різання, урівноваження пружних деформацій виробу в поперечному напрямку); на фіг. 23. зображено схему напрямку дії складових сили різання при фрезоточінні торцевими фрезами за багатоінструментальною кінематичною схемою різання (зустрічне різання); на фіг. 24 зображено багатоінструментальна кінематична схема різання при фрезоточінні торцевими фрезами (побіжне різання, урівноваження пружних деформацій виробу в поперечному напрямку); на фіг. 25. зображено схему напрямку дії складових сили різання при фрезоточінні торцевими фрезами за багатоінструментальною кінематичною схемою різання (побіжне різання); на фіг. 26 зображено багатоінструментальна кінематична схема різання при охопленому фрезеруванні (зустрічне різання, урівноваження пружних деформацій виробу в поперечному напрямку); на фіг. 27. зображено схему напрямку дії складових сили різання при охопленому фрезеруванні за багатоінструментальною кінематичною схемою різання (зустрічне різання); на фіг. 28 зображено багатоінструментальна кінематична схема різання при охопленому фрезеруванні (побіжне різання, урівноваження пружних деформацій виробу в поперечному напрямку); на фіг. 29. зображено схему напрямку дії складових сили різання при охопленому фрезеруванні за багатоінструментальною кінематичною схемою різання (побіжне різання); на фіг. 30 зображено багатоінструментальна кінематична схема різання при окружному фрезеруванні (урівноваження пружних деформацій виробу в поперечному напрямку та крутні деформації); на фіг. 31. зображено багатоінструментальна кінематична схема різання при охопленому фрезеруванні (урівноваження пружних деформацій виробу в поперечному напрямку та крутні деформації); на фіг. 32 зображено схему напрямку дії складових сили різання за багатоінструментальною кінематичною схемою різання при урівноваженні пружних деформацій виробу в поперечному напрямку та крутні деформації; на фіг. 33. зображено багатоінструментальна кінематична схема різання при фрезеруванні (урівноваження пружних деформацій виробу в поперечному та осьовому напрямках); на фіг. 34 зображено схему напрямку дії складових сили різання за багатоінструментальною кінематичною схемою різання при урівноваженні пружних деформацій виробу в поперечному та осьовому напрямках; на фіг. 35. зображено багатоінструментальна кінематична схема різання при фрезеруванні (урівноваження пружних деформацій виробу в поперечному, осьовому напрямках та крутні деформації); на фіг. 36. зображено схему напрямку дії складових сили різання за багатоінструментальною кінематичною схемою різання при урівноваженні пружних деформацій виробу в поперечному, осьовому напрямках та крутні деформації.

Спосіб розробки багатоінструментальних кінематичних схем різання для механічної обробки нежорстких циліндричних виробів включає схему у вигляді циліндричного виробу 1 діаметром d і довжиною L , один кінець якого жорстко закріплено і позначено точкою В та має можливість отримати один із оберткових рухів $-D_{\text{пв}}^x$ або $+D_{\text{пв}}^x$ навколо повздовжньої своєї осі x_B , а до другого кінця виробу 1 рівномірно по окружності розташовані зони різання 2, причому їх кількість становить $k=2n$, де $n=2$ або довільне ціле число ($n \geq 2$), до яких прикладені можливі

кінематичні рухи 3 різальних інструментів 4, 5, 6, 7, 8 або 9 радіусом r_i , такі як $-D_{ni}^x$ та $+D_{ni}^x$ - обертові рухи навколо осі x_i - інструменту 4, 5, 6, 7, 8 або 9, $-D_{ni}^y$ та $+D_{ni}^y$ - обертові рухи навколо осі y_i інструменту 4, 5, 6, 7, 8 або 9, $-D_{ni}^z$ та $+D_{ni}^z$ - обертові рухи навколо осі z_i інструменту 4, 5, 6, 7, 8 або 9 та повздовжній рух інструменту 4, 5, 6, 7, 8 або 9 $-D_{si}^x$ спрямованого вздовж осі x_i , відповідно яким в зонах різання 2 виникають сили різання, які розкладаються на дотичну P_{tk} (P'_{tk}), що спрямована по дотичній до радіуса виробу 1 і спрямована проти напрямку обертового руху виробу 1, на нормальну (радіальну) складову P_{nk} (P'_{nk}), що спрямовані до виробу 1 (від виробу 1), на осьову складову P_{zk} (P'_{zk}), що спрямована вздовж осі x_B виробу 1 за напрямком повздовжнього руху інструмента 4 (проти напрямку повздовжнього руху інструменту 4, 5, 6, 7, 8 або 9 $-D_{si}^x$). Під дією складових сил різання виникають пружні статичні деформації виробу 1 щодо точки i , яка належить осі x_B виробу 1 та точки O - кінця виробу 1 на відстань $f_x^i(L)$ на довжині l ($f_x^0(L)$ на довжині L) за віссю x_B , на відстань $f_y^i(L)$ на довжині l ($f_y^0(L)$ на довжині L) за віссю y_B , на відстань $f_z^i(L)$ на довжині l ($f_z^0(L)$ на довжині L) за віссю z_B , на відстань крутних деформації $f_\varphi^i(L)$ на довжині l ($f_\varphi^0(L)$ на довжині L)).

Відповідно до дії складових сил різання на виріб 1, виникають реакції в опорі B у напрямку осі $z_B - Z_B$, Z'_B ; осі $y_B - Y_B$, Y'_B , осі $x_B - X_B$, X'_B та крутні моменти M_{zB} , M'_{zB} щодо осі z_B , M_{yB} , M'_{yB} щодо осі y_B та M_{xB} , M'_{xB} щодо осі x_B , які визначаються за умовами систем статичної рівноваги

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^n \bar{P}_{zk} = 0 \\ \sum_{k=1}^n \bar{P}_{yk} = 0, \\ \sum_{k=1}^n \bar{P}_{xk} = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} \sum_{k=1}^n M_B(\bar{P}_{zk}) = 0 \\ \sum_{k=1}^n M_B(\bar{P}_{yk}) = 0 \\ \sum_{k=1}^n M_B(\bar{P}_{xk}) = 0 \end{cases}$$

Спосіб розробки багатоінструментальних кінематичних схем різання для механічної обробки нежорстких циліндричних виробів реалізується наступним чином. Для розробки багатоінструментальних кінематичних схем різання необхідно в кожну із зон різання 2 прикласти кінематичний рух із принципової одноінструментальної кінематичної схеми різання (таблиця 1) за умовою, що виникаючі складові сили різання задовольняли умову статичних пружних деформацій виробу 1

$$\begin{cases} f_{yz}^i(l) = 0 \\ f_x^i(l) \neq 0 \\ f_\varphi^i(l) \neq 0 \end{cases} \quad \begin{cases} f_{yz}^i(l) = 0 \\ f_x^i(l) \neq 0 \\ f_\varphi^i(l) = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} f_{yz}^i(l) = 0 \\ f_x^i(l) = 0 \\ f_\varphi^i(l) \neq 0 \end{cases} \quad \begin{cases} f_{yz}^i(l) = 0 \\ f_x^i(l) = 0 \\ f_\varphi^i(l) = 0 \end{cases}$$

щодо точки i , що належить осі x_B від точки B на довжину l , де

$$f_x^i(l) = \frac{4 \left(\sum_{k=1}^n P_{zk} \right) l}{\pi E_x d^2}; \quad f_\varphi^i(l) = \frac{16 l \left(\sum_{k=1}^n M_{zk} \right)}{G \pi d^3}, \quad f_{yz}^i(l) = \sqrt{[f_y^i(l)]^2 + [f_z^i(l)]^2}, \quad \text{де}$$

$$f_y^i(l) = \frac{l^2 \cdot \left(\sum_{k=1}^n P_{yk} \right) \left(L - \frac{l}{3} \right)}{2 E_y J_y} + \frac{d l^2 \left(\sum_{k=1}^n P_{zk} \right)}{4 E_y J_y}, \quad f_z^i(l) = \frac{l^2 \cdot \left(\sum_{k=1}^n P_{zk} \right) \left(L - \frac{l}{3} \right)}{2 E_z J_z} + \frac{d l^2 \left(\sum_{k=1}^n P_{yk} \right)}{4 E_z J_z},$$

де d - діаметр виробу 1; l - змінювана відстань від жорсткого затиснення точки B до кінця виробу 1 точки O , $l \in [0; L]$; E_x , E_y та E_z - модуль пружності (модуль Юнга) матеріалу виробу 1 щодо осі x_B , y_B та z_B ; G - модуль зсуву матеріалу виробу 1; J_y та J_z - полярний момент

інерції перерізу щодо осі y_B та z_B виробу 1; $\sum_{k=1}^n P_{xk}$, $\sum_{k=1}^n P_{yk}$ та $\sum_{k=1}^n P_{zk}$ - сума усіх складових сили різання діючих вздовж осі x_B , y_B та z_B виробу 1; $\sum_{k=1}^n M_{xk}$ - сума усіх крутних моментів діючих щодо осі x_B виробу 1; π - математична константа, $\pi = 3,1416$.

5

Таблиця 1

Обробки за одноінструментальними кінематичними схемами різання

| № з/п | Характеристика обробки | Кінематичні рухи різання та напрямки дії складових сил різання |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Точіння. Кінематичні рухи різання (Фіг. 2): $+D_{nB}^x$ - обертний рух виробу 1; $-D_{si}^x$ - повздовжній рух інструмента 4. Складові сили різання: P_τ - головна складова сили різання, що спрямована по дотичній до радіуса виробу 1 і спрямована проти напрямку обертного руху виробу 1 $+D_{nB}^x$; P_x - осьова складова сили різання, що спрямована вздовж осі x_i за напрямком повздовжній рух інструмента 4 $-D_{si}^x$; P_n - нормальна складова сили різання, що спрямована перпендикулярно до осі x_B виробу 1 | Фіг. 2 |
| 2 | Окружне фрезерування. Кінематичні рухи різання: - зустрічне різання (Фіг. 3): $+D_{ni}^x$ - обертний рух інструмента 4; $+D_{nB}^x$ - обертний рух виробу 1; $-D_{si}^x$ - повздовжній рух інструмента 5. Складові сили різання: P_τ - головна складова сили різання, що спрямована по дотичній до радіуса виробу 1 і спрямована проти напрямку обертного руху інструмента 5 $+D_{ni}^x$; P_x - осьова складова сили різання, що спрямована вздовж осі x_i за напрямком повздовжнього руху інструмента 5 $-D_{si}^x$; P_n - нормальна складова, що спрямована перпендикулярно до осі x_B виробу 1. - побіжне різання Фіг. 4: $-D_{ni}^x$, - обертний рух інструмента 5; $+D_{nB}^x$ - обертний рух виробу 1; $-D_{si}^x$ - повздовжній рух інструмента 5. Силі сили різання: P'_τ - головна складова сили різання, що спрямована по дотичній до радіуса виробу 1 і спрямована за напрямком обертного руху інструмента 5 $-D_{ni}^x$; P_x - осьова складова сили різання, що спрямована вздовж осі x_i за напрямком повздовжнього руху інструмента 5 $-D_{si}^x$; P_n - нормальна складова сили різання, що спрямована перпендикулярно до осі x_B виробу 1. | Фіг. 3 Фіг. 4 |

Продовження таблиці 1

| № з/п | Характеристика обробки | Кінематичні рухи різання та напрямки дії складових сил різання |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 3 | <p>Фрезоточіння. Кінематичні рухи різання:</p> <p>- зустрічне різання (Фіг. 5): $+D_{ni}^z$ - обертотворий рух інструмента 6; $+D_{nb}^x$ - обертотворий рух виробу 1; $-D_{si}^x$ - повздовжній рух інструмента 6. Складові сили різання: P_τ - складова сили різання, що спрямована по дотичній до радіуса виробу 1 і спрямована проти обертотворого руху виробу 1 $+D_{nb}^x$, P'_x - головна складова сили різання, що спрямована вздовж осі x_i проти повздовжнього руху інструмента 6 $-D_{si}^x$; P_n - нормальна складова сили різання, що спрямована перпендикулярно до осі x_b виробу 1.</p> <p>- побіжне різання (Фіг. 6): $-D_{ni}^z$ - обертотворий рух інструмента 6; $+D_{nb}^x$ - обертотворий рух виробу 1; $-D_{si}^x$ - повздовжній рух інструмента 6. Силіві сили різання: P_τ - складова сили різання, що спрямована по дотичній до радіуса виробу 1 і спрямована проти обертотворого руху виробу 1 $+D_{nb}^x$; P'_x - головна складова сили різання, що спрямована вздовж осі x_i за напрямком повздовжнього руху інструмента 6 $-D_{si}^x$, P'_n - нормальна складова, що спрямована перпендикулярно від осі x_b виробу 1.</p> | <p>Фіг. 5</p> <p>Фіг. 6</p> |
| 4 | <p>Фрезоточіння торцевими фрезами. Кінематичні рухи різання:</p> <p>- зустрічне різання (Фіг. 7): $-D_{ni}^y$ - обертотворий рух інструмента 7; $+D_{nb}^x$ - обертотворий рух виробу 1; $-D_{si}^x$ - повздовжній рух інструмента 7. Складові сили різання: P_τ - головна складова сили різання, що спрямована по дотичній до радіуса виробу 1 і спрямована за напрямком обертотворого руху інструмента 7 $-D_{ni}^y$; P_x - осьова складова сили різання, що спрямована вздовж осі x_i за напрямком повздовжнього руху інструмента 7 $-D_{si}^x$; P_n - нормальна складова, що спрямована перпендикулярно до осі x_b виробу 1.</p> <p>- побіжне різання (Фіг. 8): $-D_{ni}^y$ - обертотворий рух інструмента 7; $+D_{nb}^x$ - обертотворий рух виробу 1; $-D_{si}^x$ - повздовжній рух інструмента 7. Силіві сили різання: P'_τ - головна складова сили різання, що спрямована по дотичній до радіуса виробу 1 і спрямована за напрямком обертотворого руху інструменту 7 $+D_{ni}^y$; P_x - осьова складова сили різання, що спрямована вздовж осі x_i за напрямком повздовжнього руху інструмента 7 $-D_{si}^x$; P_n - нормальна складова, що спрямована перпендикулярно до осі x_b виробу 1.</p> | <p>Фіг. 7</p> <p>Фіг. 8</p> |

Продовження таблиці 1

| № з/п | Характеристика обробки | Кінематичні рухи різання та напрямки дії складових сил різання |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 5 | <p>Охоплене фрезоточіння. Кінематичні рухи різання:</p> <p>- зустрічне різання (Фіг. 9): $-D_{ni}^x$ - обертотворий рух інструмента 8; $-D_{nb}^x$ - обертотворий рух виробу 1; $-D_{si}^x$ - повздовжній рух інструмента 8. Складові сили різання: P_τ - головна складова сили різання, що спрямована по дотичній до радіуса виробу 1 і спрямована за напрямком обертотворого руху $-D_{ni}^x$ інструмента 8; P_x - осьова складова сили різання, що спрямована вздовж осі x_i за напрямком повздовжнього руху інструмента 8 $-D_{si}^x$; P_n - нормальна складова, що спрямована перпендикулярно до осі x_b виробу 1.</p> <p>- побіжне різання (Фіг. 10): $+D_{ni}^x$ - обертотворий рух інструмента 8; $+D_{nb}^x$ - обертотворий рух виробу 1; $-D_{si}^x$ - повздовжній рух інструмента 8. Силіві сили різання: P'_τ - головна складова сили різання, що спрямована по дотичній до радіуса виробу 1 і спрямована за напрямком обертотворого руху інструмента 8 $+D_{ni}^x$; P_x - осьова складова сили різання, що спрямована вздовж осі x_i за напрямком повздовжнього руху інструмента 8 $-D_{si}^x$; P_n - нормальна складова, що спрямована перпендикулярно до осі x_b виробу 1.</p> | <p>Фіг. 9</p> <p>Фіг. 10</p> |
| 6 | <p>Фрезоточіння циліндричними фрезами. Кінематичні рухи різання: - зустрічне різання (Фіг. 11): $+D_{ni}^z$ - обертотворий рух інструмента 9; $+D_{nb}^x$ - обертотворий рух виробу 1; $-D_{si}^x$ - повздовжній рух інструмента 9. Складові сили різання: P'_τ - складова сили різання, що спрямована по дотичній до радіуса виробу 1 і спрямована вздовж осі z_i обертання інструмента 9; P'_x - головна складова сили різання, що спрямована вздовж осі x_i проти повздовжнього руху інструмента 9 $-D_{si}^x$; P_n - нормальна складова сили різання, що спрямована перпендикулярно до осі x_b виробу 1.</p> <p>- побіжне різання (Фіг. 12): $-D_{ni}^z$ - обертотворий рух інструмента 9; $+D_{nb}^x$ - обертотворий рух виробу 1; $-D_{si}^x$ - повздовжній рух інструмента 9. Силіві сили різання: P_τ - складова сили різання, що спрямована по дотичній до радіуса виробу 1 і спрямована вздовж осі z_i обертання інструмента 9; P_x - головна складова сили різання, що спрямована вздовж осі x_b виробу 1 і спрямована за напрямком обертотворого руху інструмента 9 $-D_{ni}^z$; P_n - нормальна складова, що спрямована перпендикулярно осі x_b виробу 1.</p> | <p>Фіг. 11</p> <p>Фіг. 12</p> |

У таблиці 2 наведено приклад розроблених багатоінструментальних кінематичних схем різання для механічної обробки нежорстких циліндричних виробів із зазначення різального інструмента 4, 5, 6, 7, 8 або 9 ($k = 4$, при $n = 2$).

Таблиця 2

Можливими багатоінструментальними кінематичними схемами різання

| № з/п | Багатоінструментальні кінематичні схеми різання | Схема напрямку дії складових сили різання |
|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| $f_{yz}^i(l) = 0; f_x^i(l) \neq 0; f_\varphi^i(l) \neq 0$ | | |
| 1 | Різання різцями (Фіг. 13) Зустрічне різання | (Фіг. 14) Зустрічне різання $X_B = P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} + P_{x4}; Y_B = 0;$ $Z_B = 0; M_{xB} \neq 0; M_{yB} = 0; M_{zB} = 0;$ $f_x^i(l) = \frac{4(-P_{x1} - P_{x2} - P_{x3} - P_{x4})l}{\pi E_x d^2};$ $f_\varphi^i(l) = \frac{d16l(-P_{\tau1} - P_{\tau2} - P_{\tau3} - P_{\tau4})}{2G\pi d^3}$ |
| 2 | Окружне фрезерування (Фіг. 15) Зустрічне різання (Фіг. 16) Побіжне різання | (Фіг. 17) Побіжне різання $X_B = P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} + P_{x4}; Y_B = 0;$ $Z_B = 0; M_{xB} \neq 0; M_{yB} = 0; M_{zB} = 0;$ $f_x^i(l) = \frac{4(-P_{x1} - P_{x2} - P_{x3} - P_{x4})l}{\pi E_x d^2};$ $f_\varphi^i(l) = \frac{d16l(P'_{\tau1} + P'_{\tau2} + P'_{\tau3} + P'_{\tau4})}{2G\pi d^3}$ |
| 3 | Фрезоточіння (Фіг. 18) Зустрічне різання (Фіг. 19) Побіжне різання | (Фіг. 20) Зустрічне різання $X_B = P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} + P_{x4}; Y_B = 0;$ $Z_B = 0; M_{xB} \neq 0; M_{yB} = 0; M_{zB} = 0;$ $f_x^i(l) = \frac{4(-P_{x1} - P_{x2} - P_{x3} - P_{x4})l}{\pi E_x d^2};$ $f_\varphi^i(l) = \frac{d16l(-P_{\tau1} + P_{\tau2} + P_{\tau3} + P_{\tau4})}{2G\pi d^3}$ (Фіг. 21) Побіжне різання $X'_B = P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} + P_{x4}; Y_B = 0;$ $Z_B = 0; M_{xB} \neq 0; M_{yB} = 0; M_{zB} = 0;$ $f_x^i(l) = \frac{4(P'_{x1} + P'_{x2} + P'_{x3} + P'_{x4})l}{\pi E_x d^2};$ $f_\varphi^i(l) = \frac{d16l(P_{\tau1} + P_{\tau2} + P_{\tau3} + P_{\tau4})}{2G\pi d^3}$ |

Продовження таблиці 2

| № з/п | Багатоінструментальні кінематичні схеми різання | Схема напрямку дії складових сили різання |
|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 4 | <p>Фрезоточення торцевими фрезами</p> <p>(Фіг. 22) Побіжне різання</p> <p>(Фіг. 24) Зустрічне різання</p> | <p>(Фіг. 23)</p> <p>Зустрічне різання</p> $X'_B = P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} + P_{x4}; Y_B = 0;$ $Z_B = 0; M_{xB} \neq 0; M_{yB} = 0; M_{zB} = 0;$ $f_x^i(l) = \frac{4(P'_{x1} + P'_{x2} + P'_{x3} + P'_{x4})l}{\pi E_x d^2};$ $f_\varphi^i(l) = \frac{d16l(-P'_{\tau1} - P'_{\tau2} - P'_{\tau3} - P'_{\tau4})}{2G\pi d^3}$ <p>Побіжне різання</p> $X_B = P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} + P_{x4}; Y_B = 0;$ $Z_B = 0; M_{xB} \neq 0; M_{yB} = 0; M_{zB} = 0;$ <p>Фіг. 25</p> $f_x^i(l) = \frac{4(-P_{x1} - P_{x2} - P_{x3} - P_{x4})l}{\pi E_x d^2};$ $f_\varphi^i(l) = \frac{d16l(-P'_{\tau1} + P'_{\tau2} + P'_{\tau3} + P'_{\tau4})}{2G\pi d^3}$ |
| 5 | <p>Різання охопленими фрезами</p> <p>(Фіг. 26) Зустрічне різання</p> <p>(Фіг. 28) Побіжне різання</p> | <p>(Фіг. 27)</p> <p>Зустрічне різання</p> $X_B = P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} + P_{x4}; Y_B = 0;$ $Z_B = 0; M_{xB} \neq 0; M_{yB} = 0; M_{zB} = 0;$ $f_x^i(l) = \frac{4(-P_{x1} - P_{x2} - P_{x3} - P_{x4})l}{\pi E_x d^2};$ $f_\varphi^i(l) = \frac{d16l(-P'_{\tau1} - P'_{\tau2} - P'_{\tau3} - P'_{\tau4})}{2G\pi d^3}$ <p>Побіжне різання</p> $X_B = P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} + P_{x4}; Y_B = 0;$ $Z_B = 0; M_{xB} \neq 0; M_{yB} = 0; M_{zB} = 0;$ <p>Фіг. 29</p> $f_x^i(l) = \frac{4(-P_{x1} - P_{x2} - P_{x3} - P_{x4})l}{\pi E_x d^2};$ $f_\varphi^i(l) = \frac{d16l(P'_{\tau1} + P'_{\tau2} + P'_{\tau3} + P'_{\tau4})}{2G\pi d^3}$ |
| $f_{yz}^i(l) = 0; f_x^i(l) \neq 0; f_\varphi^i(l) = 0$ | | |
| 6 | Окружне фрезерування | (Фіг. 32) |
| 7 | Різання охопленими фрезами | |
| | Фіг. 31 | |

Продовження таблиці 2

| № з/п | Багатоінструментальні кінематичні схеми різання | Схема напрямку дії складових сили різання |
|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| $f_{yz}^i(l) = 0; f_x^i(l) = 0; f_\varphi^i(l) \neq 0$ | | |
| 8 | Фрезоточіння (Фіг. 33) | $Z_B = 0; Y_B = 0; X_B = 0;$ $M_{xB} \neq 0; M_{yB} = 0; M_{zB} = 0;$ $f_\varphi^i(l) = \frac{d16l(-P_{\tau1} - P_{\tau2} - P_{\tau3} - P_{\tau4})}{2G\pi d^3}$ |
| $f_{yz}^i(l) = 0; f_x^i(l) = 0; f_\varphi^i(l) = 0$ | | |
| 9 | Різання циліндричними фрезами (Фіг. 35) | $Z_B = 0; Y_B = 0; X_B = 0;$ $M_{yB} = 0; M_{zB} = 0; M_{xB} = 0;$ |

Використання способу розробки багатоінструментальних кінематичних схем різання для механічної обробки нежорстких циліндричних виробів, що заявляється, дозволить розробити багатоінструментальні кінематичні схеми різання, які спроможні зменшити пружні деформації виробу в процесі обробки, що підвищить ефективність механічної обробки нежорстких циліндричних виробів, а саме підвищити якість оброблених поверхонь в плані зниження шорсткості та підвищить точності геометричної форми. За рахунок використання багатоінструментального оснащення дозволить підвищити продуктивності процесу механічної обробки зменшуючи число проходів обробки.

Джерела інформації:

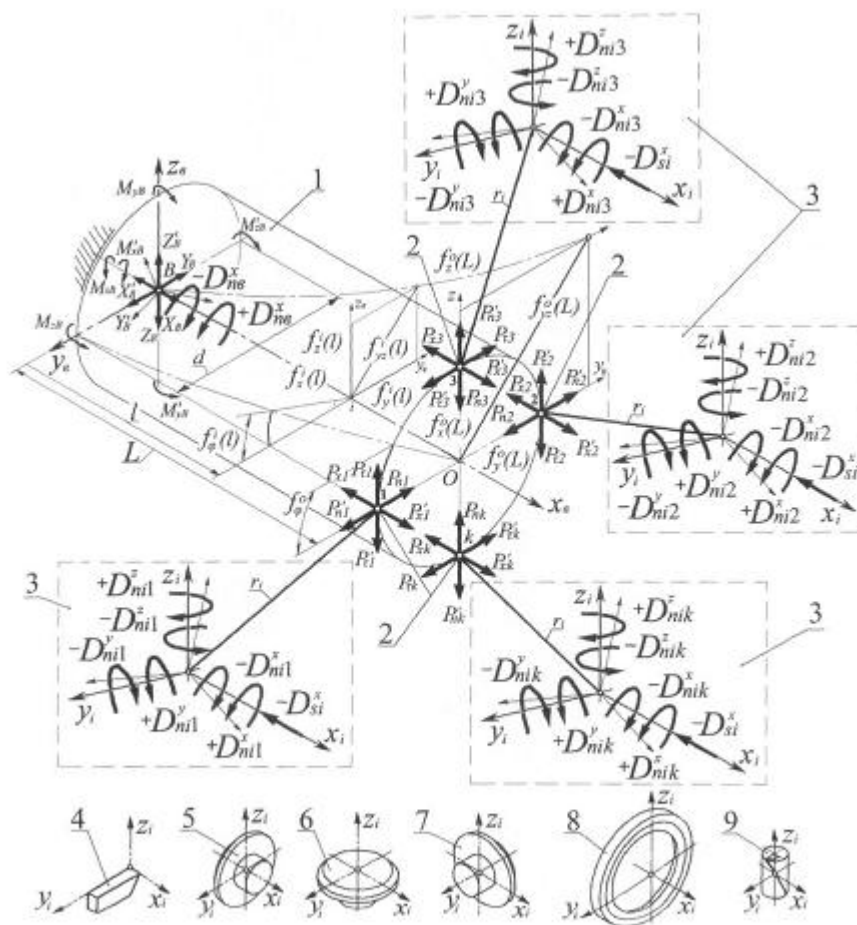
1. Денежный П.М. Токарное дело / П.М. Денежный, Г.М. Стискин, И.Е. Тхор. Учебное пособие для проф.-техн. училищ. - М: Высшая школа, 1972. - 304 с. [стр. 230-231].

2. Грановский Г.И. Кинематика резания / Г.И. Грановский. - М.: Госуд. науч.-техн. изд. маш. лит., 1948. - 110 с.

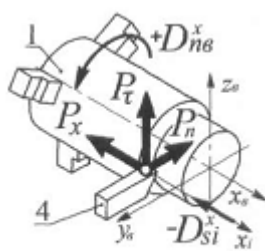
3. Пат. 30761 України на винахід. МПК В23В 29/24. Багаторіздцева головка для точіння / Кривий П.Д., Нагорняк С.Г. Луців І.В., Юхименко ГО.; заявник і патентовласник Тернопільський державний технічний університет ім. Івана Пулюя - №98052536; заявл. 15.05.1998; опубл. 15.12.2000. Бюл. №7.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

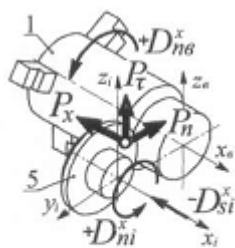
Спосіб розробки багатоінструментальних кінематичних схем різання для механічної обробки нежорстких циліндричних виробів, що включає жорстке закріплення одного кінця циліндричного виробу з можливістю надання йому обертового руху навколо повздовжньої осі, надання кінематичного обертового та повздовжнього рухів різальному інструменту, який **відрізняється** тим, що рівномірно по окружності виробу розміщують зони різання у кількості $k=2n$, де $n=2$ або довільне ціле число, після чого різальному інструменту надають обертові та повздовжні кінематичні рухи, за якими виникаючі в зоні різання складові сил різання повинні задовольняти умову статичних пружних деформацій циліндричного виробу: за першою системою в поперечному напрямку дорівнюють нулю, в осьовому напрямку та крутні пружні деформації не дорівнюють нулю; за другою системою в поперечному напрямку та крутні пружні деформації дорівнюють нулю, а в осьовому напрямку не дорівнюють нулю; за третьою системою в поперечному та в осьовому напрямках дорівнюють нулю, крутні пружні деформації не дорівнюють нулю; за четвертою системою в поперечному, осьовому та крутні пружні деформації дорівнюють нулю.



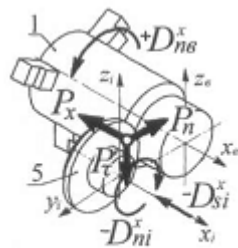
Фиг. 1



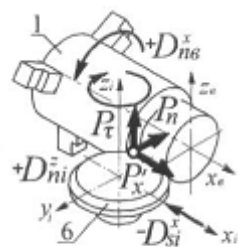
Фиг. 2



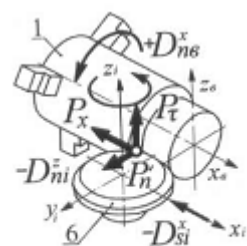
Фиг. 3



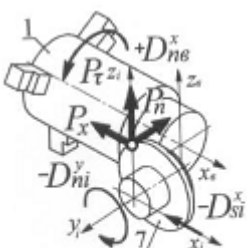
Фиг. 4



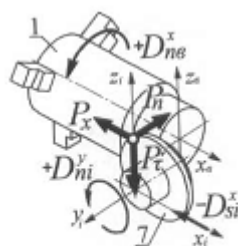
Фиг. 5



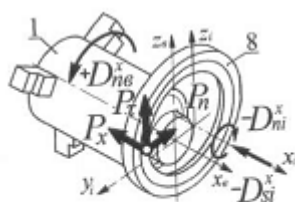
Фиг. 6



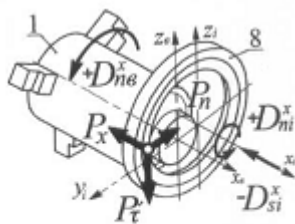
Фиг. 7



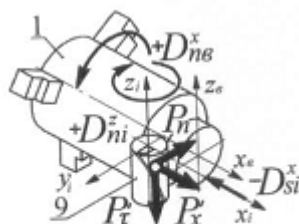
Фиг. 8



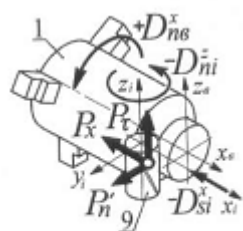
Фиг. 9



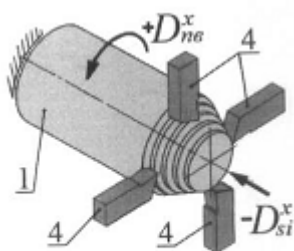
Фиг. 10



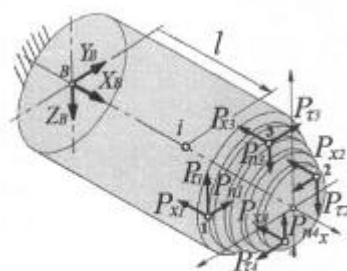
Фиг. 11



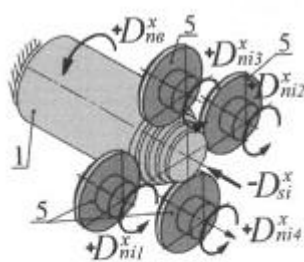
Фиг. 12



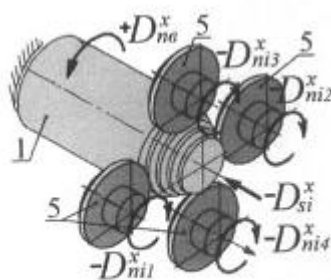
Фиг. 13



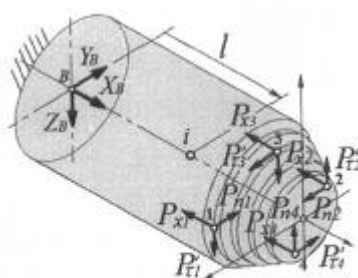
Фиг. 14



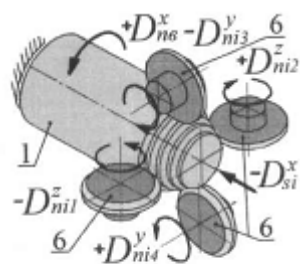
Фиг. 15



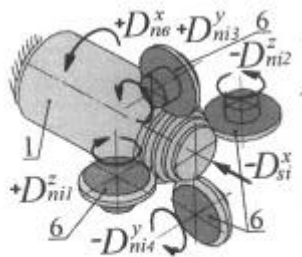
Фиг. 16



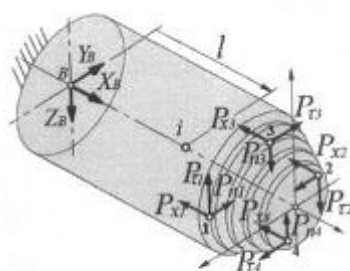
Фиг. 17



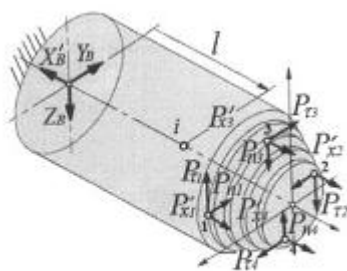
Фиг. 18



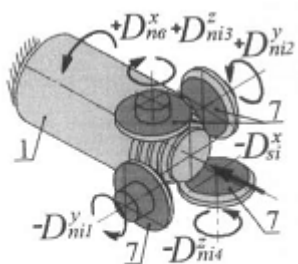
Фиг. 19



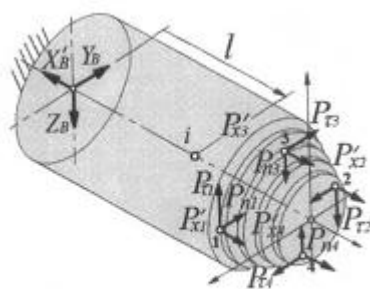
Фиг. 20



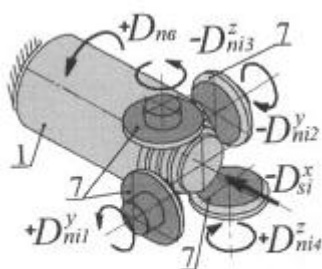
Фиг. 21



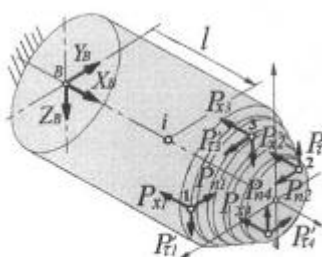
Фиг. 22



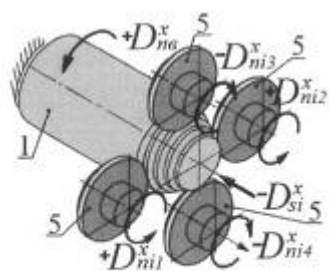
Фиг. 23



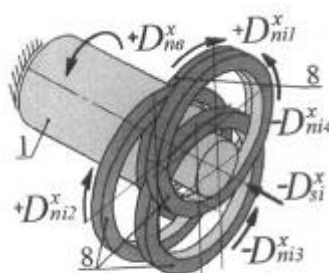
Фиг. 24



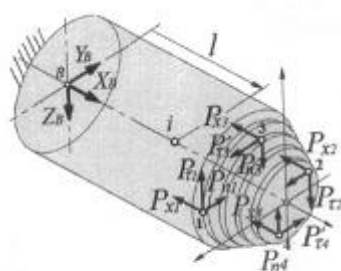
Фиг. 25



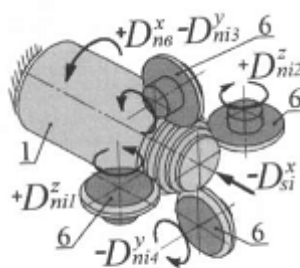
Фиг. 30



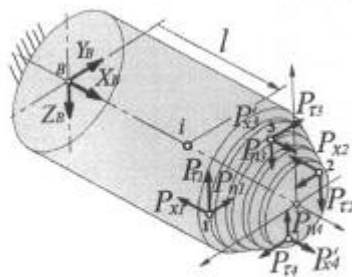
Фиг. 31



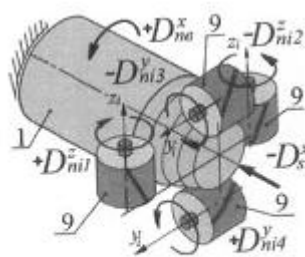
Фиг. 32



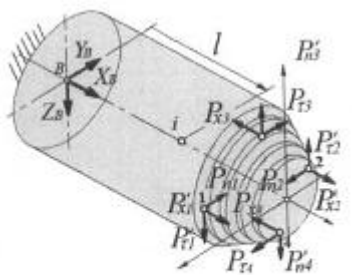
Фиг. 33



Фиг. 34



Фиг. 35



Фиг. 36

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601