



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116634** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
B23C 3/00
G01B 5/06 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2016 13316</p> <p>(22) Дата подання заявки: 26.12.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.05.2017</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.05.2017, Бюл.№ 10</p>	<p>(72) Винахідник(и): Штегін Олексій Олександрович (UA), Полонський Леонід Григорович (UA), Яновський Валерій Анатолійович (UA), Балицька Наталія Олександрівна (UA), Клименко Сергій Анатолійович (UA), Прилипко Володимир Володимирович (UA), Хейфец Міхаїл Львовіч (BY)</p> <p>(73) Власник(и): ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005 (UA)</p>
--	--

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ГЛИБИНИ РІЗАННЯ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ДИНАМІЧНУ СТІЙКІСТЬ ОБРОБКИ ПРОСТОРОВО-СКЛАДНИХ ПОВЕРХОНЬ КІНЦЕВИМИ СФЕРИЧНИМИ ФРЕЗАМИ

(57) Реферат:

Спосіб визначення глибини різання, що забезпечує динамічну стійкість обробки просторово-складних поверхонь кінцевими сферичними фрезами, включає розрахунок кутів входу та виходу фрези, визначення динамічних коефіцієнтів, що залежать від кутів входу та виходу фрези, призначення діапазону значень осьових глибин різання, у межах якого визначатиметься характер динамічної стійкості обробки, та кроку ітерації, з яким виконуватиметься розрахунок осьових глибин різання, необхідних для побудови діаграми динамічної стійкості. Проводять розрахунок цих осьових глибин різання, розрахунок частот обертання шпинделя, що залежать від динамічних параметрів технологічної системи, необхідних для побудови діаграми, призначення з діапазону розрахованих частоти обертання шпинделя, для якої визначатиметься глибина різання. Перераховують на глибини різання розраховані осьові глибини різання, необхідні для побудови діаграми, будують діаграму у площині параметрів «частота обертання шпинделя - глибина різання» та визначають їх безпосередньо з діаграми глибина різання.

UA 116634 U

Корисна модель належить до вимірювальної техніки і може бути використана для визначення глибини різання, що забезпечує динамічну стійкість обробки просторово-складних поверхонь кінцевими сферичними фрезами.

5 При фрезеруванні просторово-складних поверхонь (Фіг. 1) з різними значеннями глибини різання t внаслідок зміни площі зрізаного миттєвого шару, кута між віссю фрези та нормаллю до обробленої поверхні ξ (Фіг. 2) і швидкості та сили різання динаміка обробки є нестійкою [1, 2]. Через це під час призначення режимів різання необхідно приймати таку глибину різання t , що забезпечуватиме динамічну стійкість обробки.

10 При обробці плоских вертикальних поверхонь кінцевими циліндричними фрезами (Фіг. 3) і плоских горизонтальних поверхонь кінцевими сферичними фрезами (Фіг. 4) ця задача найбільш ефективно вирішується шляхом визначення осьової глибини різання t_a за діаграмами динамічної стійкості, побудованими у площині параметрів "частота обертання шпинделя n - осьова глибина різання t_a " [3, 4].

15 Діаграму, що використовують для визначення осьової глибини різання t_a при обробці плоских вертикальних поверхонь кінцевими циліндричними фрезами, наведену зокрема в [2], будують у такій послідовності:

1. Розраховують кути входу та виходу фрези.

2. Визначають динамічні коефіцієнти, що залежать від кутів входу та виходу фрези.

20 3. Вибирають діапазон значень $[t_a(\min); t_a(\max)]$, у межах якого визначатиметься характер динамічної стійкості обробки, та крок ітерації, з яким виконуватимуться розрахунки осьових глибин різання t_a , необхідних для побудови діаграми.

4. Визначають вихідні дані для побудови діаграми шляхом розрахунків з вибраного діапазону значень $[t_a(\min); t_a(\max)]$ осьових глибин різання t_a , необхідних для побудови діаграми, і розрахунків частот обертання шпинделя n , що залежать від динамічних параметрів технологічної системи.

25 5. Призначають з діапазону розрахованих частот обертання шпинделя n , для якої визначатиметься осьова глибина різання t_a , що забезпечуватиме динамічну стійкість обробки.

6. Будують діаграму (Фіг. 5) з отриманого масиву значень осьових глибин різання t_a і частот обертання шпинделя n .

30 7. Визначають безпосередньо за діаграмою для призначеної частоти обертання шпинделя n осьову глибину різання t_a , що забезпечує динамічну стійкість обробки.

Осьові глибини різання t_a , що забезпечують динамічну стійкість обробки, на діаграмі знаходяться нижче кривої динамічної стійкості 1 (Фіг. 5).

35 Аналогічно визначають осьові глибини різання t_a і при обробці плоских горизонтальних поверхонь кінцевими сферичними фрезами радіуса R [4]. Цей спосіб є найбільш близьким аналогом. У даному випадку $t_a=t$ і має постійне значення на будь-якій ділянці оброблюваної поверхні (Фіг. 4). Визначають безпосередньо за діаграмою для призначеної частоти обертання шпинделя n осьову глибину різання t_a , яка відповідає глибині різання t , що забезпечує динамічну стійкість обробки.

40 Основними недоліками цього способу, якщо його застосовувати для забезпечення динамічної стійкості обробки просторово-складних поверхонь кінцевими сферичними фрезами, є те, що за діаграмою безпосередньо визначається осьова глибина різання t_a і при призначенні режимів різання у кожному конкретному випадку її необхідно перераховувати на глибину різання t за формулою [5, с. А3]

$$45 \quad t=R\{1-\cos[\arccos(\xi-t_a/R)]-\xi\}, \quad (1)$$

а також те, що, оскільки на різних ділянках просторово-складних поверхонь при їхній обробці осьова глибина різання t_a буде різною (Фіг. 6), то визначена за діаграмою осьова глибина різання t_a не гарантовано забезпечуватиме динамічну стійкість обробки таких поверхонь, тому що за діаграмами, за якими визначаються осьові глибини t_a для обробки плоских горизонтальних поверхонь, у випадку застосування їх для визначення осьових глибин різання t_a для обробки просторово-складних поверхонь, не можна врахувати змін осьової глибини різання t_a і кута між віссю фрези та нормаллю до обробленої поверхні 4, що впливають на характер динамічної стійкості обробки.

55 В основу корисної моделі поставлено задачу безпосереднього визначення глибини різання t за діаграмами динамічної стійкості для обробки просторово-складних поверхонь кінцевими сферичними фрезами.

60 Поставлена задача вирішується тим, що глибину різання t визначають за діаграмами динамічної стійкості для обробки просторово-складних поверхонь кінцевими сферичними фрезами, побудованими у площині параметрів "частота обертання шпинделя n - глибина різання t ".

З аналізу відомих рішень видно, що подібні ознаки, заявлені нами, невідомі.

У сукупності, що заявляється, досягається нова властивість, яка полягає у можливості безпосередньо визначати глибину різання t за діаграмами динамічної стійкості.

Досягнення нової властивості обумовлене наступними обставинами.

5 Оскільки діаграми, побудовані у площині параметрів "частота обертання шпинделя n - осьова глибина різання t_a ", не дозволяють враховувати зміни характеру динамічної стійкості обробки, перехід до глибини різання t для побудови діаграм при обробці просторово-складних поверхонь кінцевими сферичними фрезами необхідний для того, щоб врахувати зміни
10 характеру динамічної стійкості обробки, що мають місце при однакових осьових глибинах різання t_a , але при різних кутах між віссю фрези і нормаллю до обробленої поверхні ξ . Для того, щоб при обробці просторово-складних поверхонь кінцевими сферичними фрезами отримати згоду безпосередньо визначати глибину різання t за діаграмою, необхідно призначити крок ітерації, з яким розраховуватимуться осьові глибини різання t_a , необхідні для побудови
15 діаграми, що також використовуватимуться для перерахунку на глибини різання t , розрахувати ці осьові глибини різання t_a , перерахувати їх на глибини різання t за формулою (1) і з отриманого масиву значень глибин різання t і частот обертання шпинделя n , аналогічно побудові діаграми (Фіг. 5), побудувати діаграму (Фіг. 7). З побудованої діаграми для призначеної частоти обертання шпинделя n можна безпосередньо визначати глибину різання t , що забезпечує динамічну стійкість обробки.

20 Всі значення глибин різання t , що забезпечують динамічну стійкість обробки, на побудованій діаграмі (Фіг. 7), так само як і на діаграмі (Фіг. 5), знаходяться нижче кривої динамічної стійкості 1.

Наведені докази свідчать, що ознаки сукупності вступили у взаємодію, тобто, запропонований спосіб являє собою одне ціле, як сукупність взаємопов'язаних частин. Це спрощує визначення глибини різання, що забезпечує динамічну стійкість обробки просторово-складних поверхонь кінцевими сферичними фрезами. Тому можна зробити висновок про відповідність заявленої сукупності критерію "суттєві відмінності".

Наслідком досягнення вказаної нової властивості є отримання позитивного ефекту відповідно поставленій задачі.

30 Приклад реалізації способу.

Для обробки застосовували зразки зі сталі 45 (ГОСТ 1050-2013) з ділянками, нахиленими до горизонталі з кутами: $7^{\circ}30'$; $15^{\circ}00'$; $22^{\circ}30'$; $30^{\circ}00'$; $37^{\circ}30'$; $45^{\circ}00'$; $52^{\circ}30'$. Зважаючи на те, що підприємствами, які мають відношення до обробки просторово-складних поверхонь кінцевими сферичними фрезами, рекомендується фрезерувати їх на глибинах різання до 0,5 мм, обробка
35 проводилась у діапазоні осьових глибин різання $t_a=0,05-0,50$ мм кінцевою сферичною фрезою $\varnothing 10$ мм CoroMill 216 R216-10A16-050 зі змінними твердосплавними пластинами R216-10 02 E-M1010 міжнародної компанії Sandvik Coromant (Швеція) на триосьовому фрезерному верстаті з ЧПК моделі Victor FC-85 (Тайвань).

За запропонованим способом у процесі побудови діаграми була призначена частота обертання шпинделя $n=7584$ об/хв., для якої здійснюватиметься визначення глибин різання, що забезпечують динамічну стійкість обробки, і побудована діаграма динамічної стійкості для обробки просторово-складних поверхонь кінцевими сферичними фрезами у площині параметрів "частота обертання шпинделя - глибина різання". За діаграмою визначено, що глибини різання для поверхонь, нахилених під різними кутами, є наступними: $7^{\circ}30'$ - $t=0,05$ мм; $15^{\circ}00'$ - $t=0,10$
45 мм; $22^{\circ}30'$ - $t=0,15$ мм; $30^{\circ}00'$ - $t=0,20$ мм; $37^{\circ}30'$ - $t=0,25$ мм; $45^{\circ}00'$ - $t=0,20$ мм; $52^{\circ}30'$ - $t=0,15$ мм. Після обробки на всіх зразках оброблені поверхні не мали вібраційних слідів.

Для порівняння проводять обробку таких же поверхонь зі вказаними глибинами різання при частоті обертання шпинделя 6636 об/хв., що за діаграмою динамічної стійкості відповідає нестійкому характеру обробки. На оброблених поверхнях із кутами нахилу $37^{\circ}30'$, $45^{\circ}00'$ та $52^{\circ}30'$ спостерігалися вібраційні сліди.
50

Проводять обробку поверхонь і зі сталим значенням глибини різання $t=0,25$ мм при частоті обертання шпинделя 7584 об/хв. На оброблених поверхнях із кутами нахилу $7^{\circ}30'$, $15^{\circ}00'$, $22^{\circ}30'$ та $52^{\circ}30'$ також мали місце вібраційні сліди.

55 Розроблений спосіб визначення глибини різання, що забезпечує динамічну стійкість обробки просторово-складних поверхонь кінцевими сферичними фрезами, передбачає призначення кроку ітерації, з яким виконуватиметься розрахунок осьових глибин різання, що використовуватимуться для перерахунку на глибини різання, розрахунок цих осьових глибин різання, перерахунок розрахованих осьових глибин різання на глибини різання, побудову діаграми динамічної стійкості у площині параметрів "частота обертання шпинделя - глибина

різання" і безпосереднє визначення за діаграмою для заданої частоти обертання шпинделя глибини різання.

Джерела інформації:

1. Budak E., Altintas Y. Analytical prediction of chatter stability in milling-part I: general formulation // Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control. - 1998. - № 1(120). - S. 22-30.
2. Budak E., Altintas Y. Analytical prediction of chatter stability in milling-part II: application of the general formulation to common milling systems // Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control. - 1998. - № 1(120). - S. 31-36.
3. Cosma M. Horizontal Path Strategy For 3D-CAD Analysis of Chip Area in 3-Axes Ball Nose End Milling // Scientific Bulletin Series C: Fascicle Mechanics, Tribology, Machine Manufacturing Technology. - 2007. - Vol. 21. - S. 115.
4. Analytical prediction of stability lobes in ball end milling / Y. Altintas, E. Shamoto, P. Lee, E. Budak // Journal of manufacturing science and engineering. - 1999. - № 4(121). - S. 586-592.
5. Штегін О.О. Метод побудови діаграм сталості при фрезеруванні похилих поверхонь сферичними кінцевими фрезами. Ч. 2. Побудова діаграм // Журнал інженерних наук. - 2015. - № 1. - Т. 2. - С. 111-119.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 20 Спосіб визначення глибини різання, що забезпечує динамічну стійкість обробки просторово-складних поверхонь кінцевими сферичними фрезами, який включає розрахунок кутів входу та виходу фрези, визначення динамічних коефіцієнтів, що залежать від кутів входу та виходу фрези, призначення діапазону значень осьових глибин різання, у межах якого визначатиметься характер динамічної стійкості обробки, та кроку ітерації, з яким виконують розрахунок осьових
- 25 глибин різання, необхідних для побудови діаграми динамічної стійкості, розрахунок цих осьових глибин різання, розрахунок частот обертання шпинделя, що залежать від динамічних параметрів технологічної системи, необхідних для побудови діаграми, призначення з діапазону розрахованих частоти обертання шпинделя, для якої визначатиметься глибина різання, який
- 30 **відрізняється** тим, що перераховують на глибини різання розраховані осьові глибини різання, необхідні для побудови діаграми, будують діаграму у площині параметрів «частота обертання шпинделя - глибина різання» та визначають безпосередньо з діаграми глибину різання.

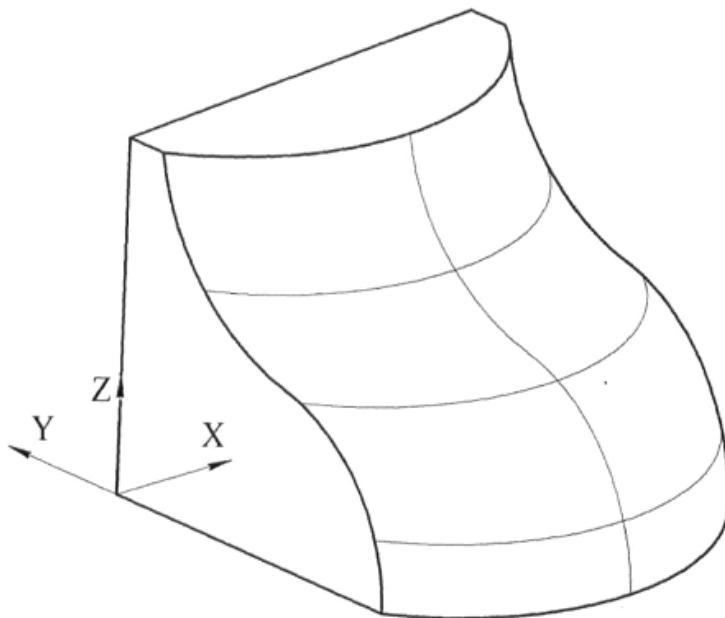
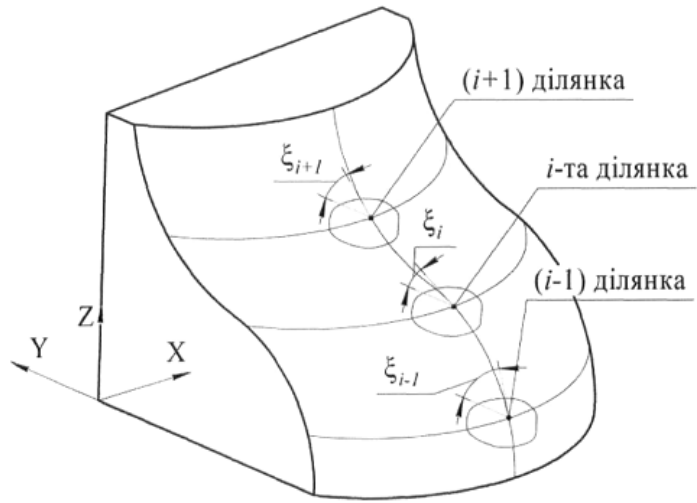
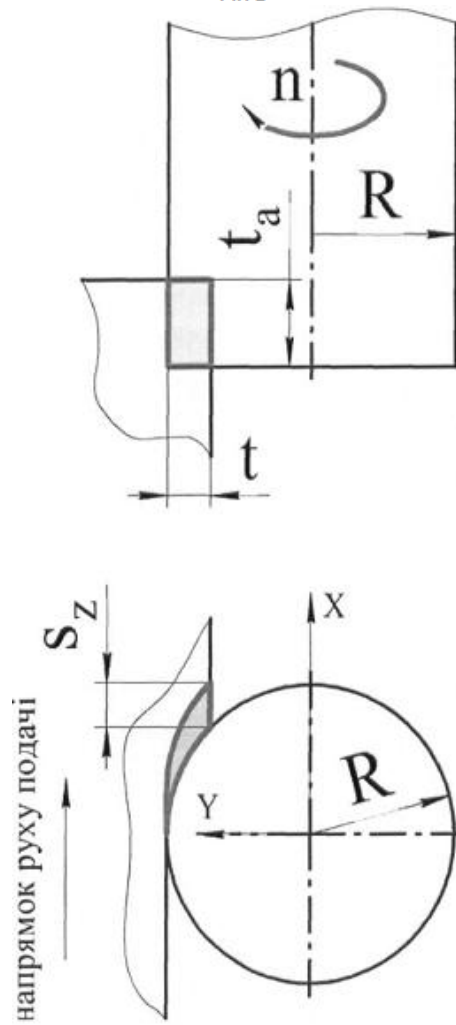


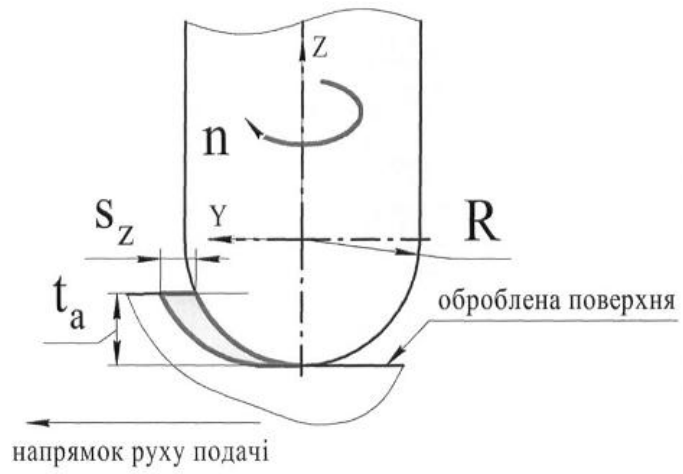
Fig. 1



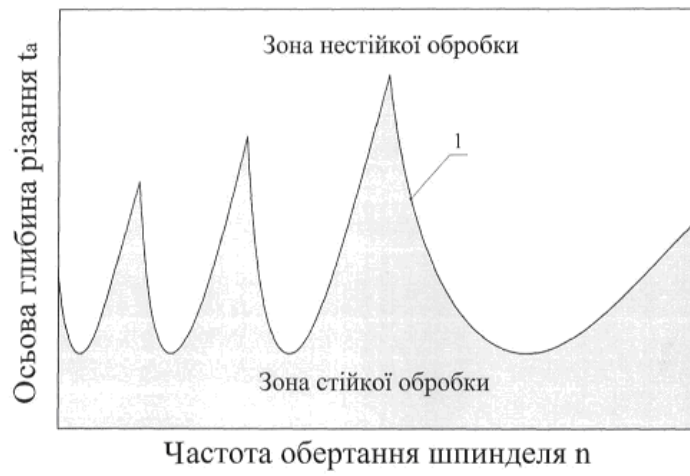
Фіг. 2



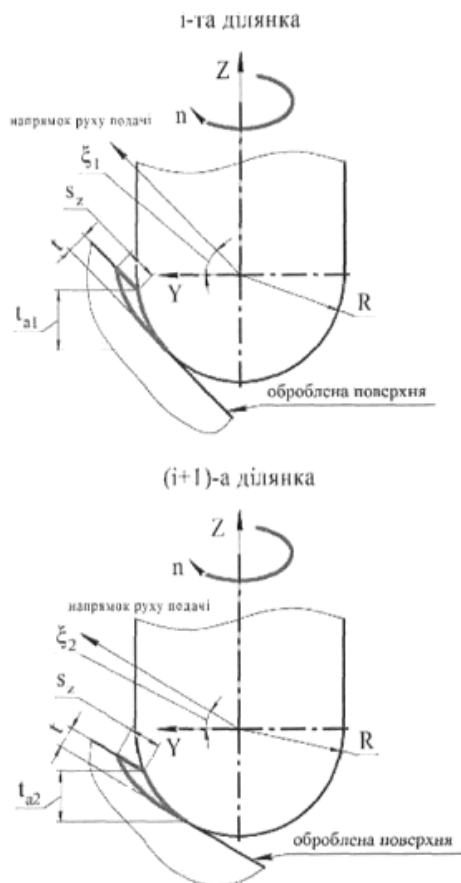
Фіг. 3



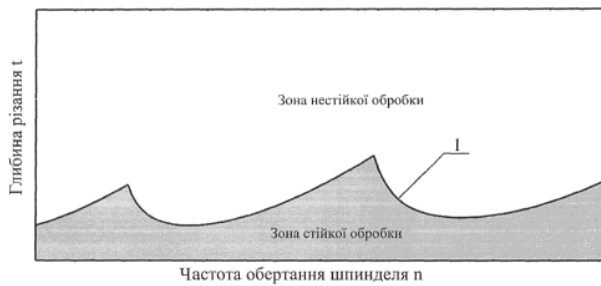
Фіг. 4



Фіг. 5



фіг.6



Фіг. 7

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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