



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **106903** (13) **U**  
(51) МПК (2016.01)  
**G01H 11/00**  
**G01M 7/02** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2015 11270</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Внуков Юрій Миколайович (UA),</b> <b>Гермашев Антон Ігорович (UA),</b> <b>Логомінов Віктор Олексійович (UA),</b> <b>Дядя Сергій Іванович (UA),</b> <b>Козлова Олена Борисівна (UA),</b> <b>Черновол Наталія Миколаївна (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>16.11.2015</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ</b> <b>ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b> вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, 69063 (UA)
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.05.2016</b>	<b>(74)</b> Представник: <b>Висоцька Наталя Іванівна, начальник</b> <b>патентно-інформаційного відділу НДЧ</b> <b>ЗНТУ</b>
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.05.2016, Бюл.№ 9</b>	

**(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ФРЕЗЕРУВАННЯ ВИЗНАЧЕННЯМ ДОВЖИНИ ФАКТИЧНОГО КОНТАКТУ ІНСТРУМЕНТА ЗІ ЗРАЗКОМ ПРИ КІНЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ ТОНКОСТІННИХ ДЕТАЛЕЙ**

**(57) Реферат:**

Спосіб визначення умов фрезерування визначенням довжини фактичного контакту інструмента зі зразком при кінцевому фрезеруванні тонкостінних деталей, який полягає в реєстрації слідів контакту інструмента зі зразком, за якими оцінюють довжину фактичного контакту. Зразок піддають фрезеруванню та одночасно з реєстрацією сигналу сліду контакту інструмента зі зразком здійснюють реєстрацію сигналу коливальних зразка під час фрезерування. При поєднанні двох сигналів визначають умови фрезерування.

UA 106903 U



Корисна модель належить до галузі технології машинобудування, а саме до способу визначення умов фрезерування визначенням довжини фактичного контакту інструмента зі зразком при кінцевому фрезеруванні тонкостінних деталей.

Вібрації є негативним фактором при обробці тонкостінних деталей, таких як лопатки ГТД. Особливе погіршення умов обробки спостерігається, коли зрізання припуску здійснюється при регенеративних автоколиваннях, при цьому можлива втрата контакту інструмента і заготовки. Таке явище значно підвищує знос інструмента, шпіндельних вузлів фрезерного верстата, а також погіршує шорсткість поверхні. Окрім цього, при високошвидкісному фрезеруванні якість обробленої поверхні тонкостінних елементів деталей суттєво залежить від моменту початку і закінчення різання.

Відома конструкція способу (1) визначення площадки контакту стружки з передньою поверхнею робочої частини інструмента, який відрізняється тим, що на опорну площадку робочої частини інструмента наклеюють п'єзокристал, який збуджується генератором високої частоти і перетворює електричні імпульси в ультразвукові, які розповсюджуються у тілі робочої частини інструмента перпендикулярно його опорній поверхні, відбиваються від передньої поверхні, повертаються до п'єзокристала і перетворюються в електричні імпульси, а за амплітудами основних і електричних імпульсів, що відбилися, судять про площадку контакту стружки з передньою поверхнею робочої частини інструмент.

Найближчим аналогом є відома конструкція способу (2) визначення довжини фактичного контакту інструмента зі зразком при волочінні і роздачі, який полягає в протягуванні інструмента через зразок і реєстрації слідів контакту інструмента зі зразком, за якими оцінюють довжину фактичного контакту, який відрізняється тим, що протягують інструмент через зразок і реєструють сліди контакту інструмента зі зразком, по яких оцінюють довжину фактичного контакту, урівень з оброблюваною циліндричною поверхнею зразка розміщують два датчики в діаметральній площині на заданій відстані між ними, а довжину фактичного контакту розраховують за формулою

$$l = ((l_1 + l_2) \cdot d) / 2 \cdot c - b, \text{ де}$$

$l_1$  і  $l_2$  - довжина контакту, фіксованого першим і другим датчиком

$b$  - задана відстань між датчиками;

$c$  - відстань між фронтами двох контактів;

$d$  - розмір контактної поверхні датчиків.

В наведених конструкціях неможливо встановлювати контакт фрези і тонкостінної деталі під час процесу зняття припуску зубом фрези та водночас простежувати коливальний рух деталі. Це не дає можливості спостерігати положення деталі під час входу і виходу зуба фрези, визначати максимальне відхилення деталі під час різання та визначати ділянки різання на осцилограмі коливальних тонкостінної деталі.

В основу корисної моделі поставлена задача, що полягає у розробці способу визначення умов фрезерування визначенням довжини фактичного контакту інструмента зі зразком при кінцевому фрезеруванні тонкостінних деталей, який дозволяє визначати положення тонкостінної деталі під час врізання та виходу зуба фрези, фіксувати виходи фрези із зачеплення з припуском під час різання, визначати час проходження дуги контакту інструмента зі зразком, коефіцієнт фактичного різання, максимальне відхилення деталі під час обробки фрезеруванням.

Поставлена задача вирішується тим що, спосіб визначення умов фрезерування визначенням довжини фактичного контакту інструмента зі зразком при кінцевому фрезеруванні тонкостінних деталей, який полягає в реєстрації слідів контакту інструмента зі зразком, за якими оцінюють довжину фактичного контакту, згідно з корисною моделлю, зразок піддають фрезеруванню та одночасно з реєстрацію сигналу сліду контакту інструмента зі зразком здійснюють реєстрацію сигналу коливальних зразка під час фрезерування, після чого при поєднанні двох сигналів визначають наступні умови фрезерування: положення деталі в момент початку різання (точка врізання фрези), час проходження дуги контакту  $t_{д.к.}$ , час різання  $t_{різ.}$ , коефіцієнт фактичного різання  $k_{ф.р.}$ , максимальне відхилення деталі від положення рівноваги  $\Delta_{max.}$ , максимальне відхилення деталі від положення рівноваги при різанні  $\Delta_{пот.}$ , положення деталі в момент виходу зуба фрези із зачеплення з припуском (точка виходу фрези), при цьому коефіцієнт фактичного різання  $k_{ф.р.}$  визначають за формулою:

$$k_{ф.р.} = (t_{різ.1} + t_{різ.2} + \dots + t_{різ.n}) / t_{д.к.} \cdot 100, [\%],$$

де  $n$  - кількість контактів інструмента зі зразком під час проходження дуги їх контактування.

Завдяки одночасному запису сигналу коливальних деталі та сигналу контакту деталі з зубом фрези можливе їхнє точне суміщення і точне встановлення умов контактування інструмента з деталлю, що дає змогу: досліджувати високошвидкісне фрезерування (для цього є суттєво

важливим встановлення точки входу та виходу фрези), досліджувати регенеративні автоколивання (так як можливе встановлення ділянок виходу фрези із зачеплення з припуском під час різання та прогнозувати якість обробленої поверхні при зустрічному та попутному фрезеруванні (так як точка входу фрези є границею зони профілювання при зустрічному фрезеруванні, а точка виходу - при попутному).

Таким чином, нові ознаки при взаємодії з відомими ознаками забезпечують виявлення нових технічних властивостей - шляхом конструкційних удосконалень розроблено спосіб визначення умов фрезерування визначенням довжини фактичного контакту інструмента зі зразком при кінцевому фрезеруванні тонкостінних деталей.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями: на Фіг. 1 зображено стенд для оцінки коливального процесу деталі при циліндричному фрезеруванні та на Фіг. 2 - досліджувані параметри умов фрезерування.

До масивної основи 1 (Фіг. 1), яка може бути встановлена на робочий стіл будь-якого фрезерного верстата, притиском 3 кріпиться прямокутна пластина 2. Ця пластина моделює пружну систему тонкостінної деталі. Так як товщина пластини є найменшим розміром, то механічні коливання будуть порушуватися в напрямку  $x$ . У цьому випадку можна вважати, що розглянута система має один ступінь свободи.

У верхній частині пружної пластини 2 жорстко закріплюється зразок 6 із оброблюваного матеріалу. Обробка відбувається фрезою 5. Сили відхилення, що виникають в механічній системі, вимірюють датчиком 7. Індуктивний проксиметр (XS1 M12AP120 торгової марки Osiprox®) 7, закріплюють на стійці 8, жорстко пов'язаній з основою 1. Цим датчиком фіксується зміна зазору між торцем датчика і оброблюваним зразком. В вертикальному пазу, який виконано на пластині 2, може встановлюватись додаткова маса 4.

Стенд встановлюють на діелектричній прокладці - 9. До масивної основи стенда - 1 підведено джерело живлення з напругою, а до фрези - 5 рухомий струмознімач, який при контакті з досліджуваним зразком - 6 передає напругу до аналогово-цифрового перетворювача. Сигнал з аналогово-цифрового перетворювача аналізується в блока аналізу наявності контакту між фрезою та досліджуваним зразком.

Суміщені у часі сигнали з індуктивного проксиметра та сигнал наявності контакту між фрезою та досліджуваним зразком оброблюють наступним чином. Сигнал коливальних та контакту поділяють на рівномірні ділянки, які дорівнюють часу між різанням двох сусідніх зубів, таким чином щоб на кожній ділянці було різання одним зубом фрези. Далі відбувається почерговий аналіз кожної ділянки. Перша наявність контакту фрези з оброблюваною деталлю на аналізованій ділянці є моментом початку різання (момент входу фрези), точку початку контакту переносять на осцилограму коливальних деталей. Остання наявність контакту фрези з оброблюваною деталлю на аналізованій ділянці є момент виходу фрези з зачеплення з припуском, точку останнього контакту переносять на осцилограму коливальних деталей. Якщо визначеними точками врізання і виходу фрези існують ділянки, на яких відбувається втрата контакту, їх також визначають за принципом: втрата контакту - момент виходу інструменту з зачеплення, поява контакту момент входу. Проміжки між входом і виходом фрези є різанням. Далі визначається максимальне відхилення деталі на проміжках різання та максимальне відхилення деталі між точками врізання і виходу фрези.

Спосіб працює наступним чином.

Контрольна пластина 2 кріпиться до масивної основи 1 притиском 3. Після чого на контрольну пластину 2 встановлюють досліджуваний зразок 6 (розміром  $50 \times 20 \times 4$ ) таким чином, щоб оброблювана поверхня досліджуваного зразка розташовувалась паралельно повздовжнього руху стола станка, для забезпечення рівномірного знімання припуску. Для фрезерування використовували контрольну пластину з конструкційної сталі Ст. 3 товщиною  $h=6$  мм, шириною  $B=60$  мм та висотою вільоту  $L=80$  мм. Фрезерування виконували однозубою циліндричною кінцевою фрезою Canela 1220.07 з твердосплавними змінними пластинами при наступних режимах різання: швидкість обертання шпинделя верстата  $FWD-32J-n_{фр.}=710$  об./хв., припуск -  $t=0,5$  мм, подача -  $Sz=0,05$  мм/зуб (попутне фрезерування), висота фрезерованої поверхні -  $b=4$  мм, фрезерування здійснювалось по всій довжині досліджуваного зразка - 6. В процесі фрезерування виконували запис коливальних досліджуваного зразка - 6 індуктивним датчиком - 7 та фіксували напругу на рухомому струмознімачі. Сигнал з датчика та напруга зі струмознімача фіксували на одному аналого-цифровому перетворювачі. Таким чином запис обох сигналів відбувався водночас, що дає змогу з високою точністю їх співставляти. На Фіг. 2 показано відхилення деталі під час зрізання припуску зубом фрези та сигнал наявності контакту між фрезою та деталлю. Далі за допомогою суміщення двох сигналів визначають точку врізання фрези - 1 та відхилення деталі у цій точці від положення рівноваги  $\Delta_{пр.}$ , точку виходу фрези - 6

- та відхилення деталі у цій точці від положення рівноваги  $\Delta_{вих}$ , на основі точки входу і виходу визначають час проходження інструментом дуги контакту - 2 ( $\tau_{д.к.}$ ), далі визначають проміжки різання - 3 ( $\tau_{різ.1}$  та  $\tau_{різ.2}$ ), кількість виходів інструмента, максимальне відхилення деталі при різанні - 5 та максимальне відхилення деталі - 4. На основі великої кількості аналізованих ділянок (більше 50) розраховують середні величини досліджуваних параметрів. Отримані для даного режиму показники наведено у таблиці.

Таблиця

Умови контактування інструменту з деталлю

час проходження інструментом дуги контакту, с	коефіцієнт фактичного різання	кількість виходів інструмента з зачеплення з припуском під час проходження дуги контакту, раз	максимальне відхилення деталі від положення рівноваги $\Delta_{мах}$ , мкм	максимальне відхилення деталі від положення рівноваги при різанні $\Delta_{рот}$ , мкм
0,0049	83,1	2,7	420	272

Джерела інформації:

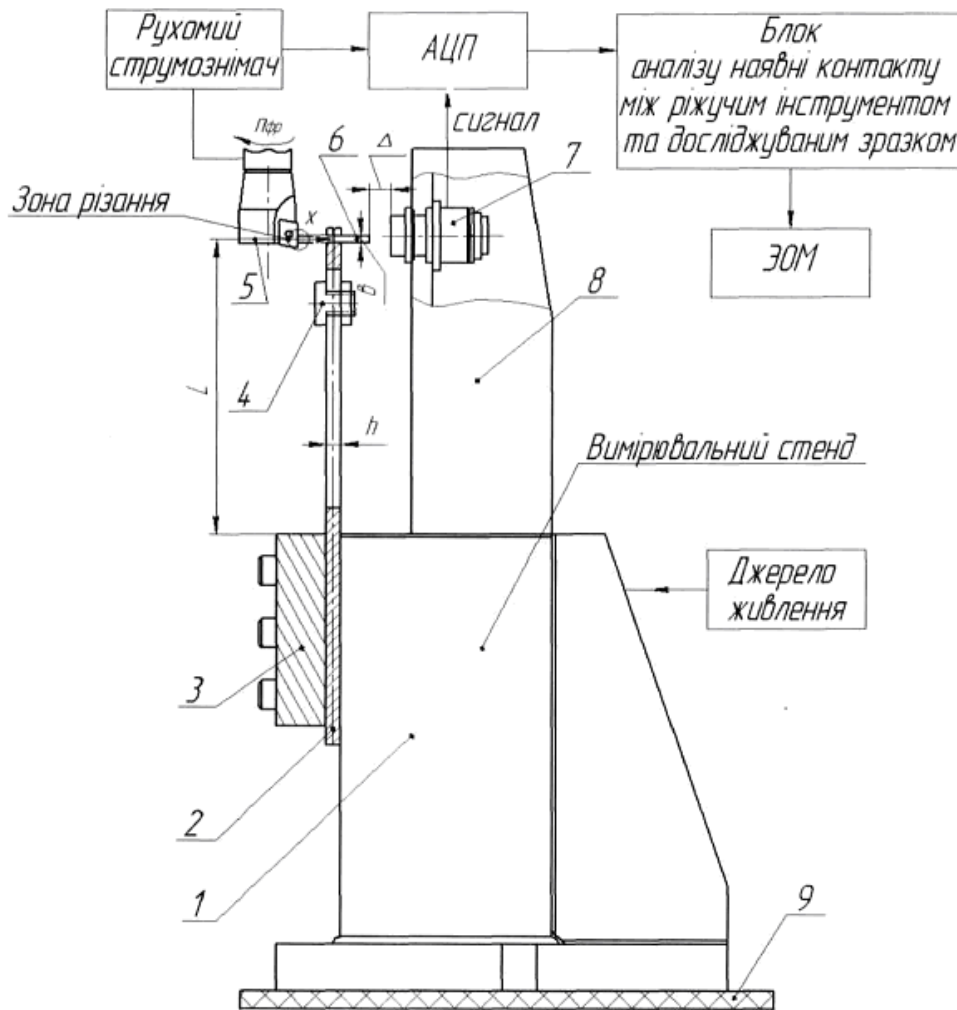
1. Пат. UA 73718 МПК (2006) B23B1/00, G01B7/32, G01B17/06, Спосіб визначення площадки контакту стружки з передньою поверхнею робочої частини інструмента / Усачов Петро Антонович (UA); Даценко Михайло Андрійович (UA); Паткевич Ольга Іванівна (UA), u201201786; Заявл. 17.02.2012; Опубл. 10.10.2012. Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=178452>
2. Пат. UA 89283 МПК (2006) G01N 3/56, Спосіб визначення довжини фактичного контакту інструмента з зразком при волочінні і роздачі, Турич Валерій Володимирович (UA), Руткевич Володимир Степанович (UA) u201314310; заявл 09.12.2013; опубл 10.04.2014. Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=199289>.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

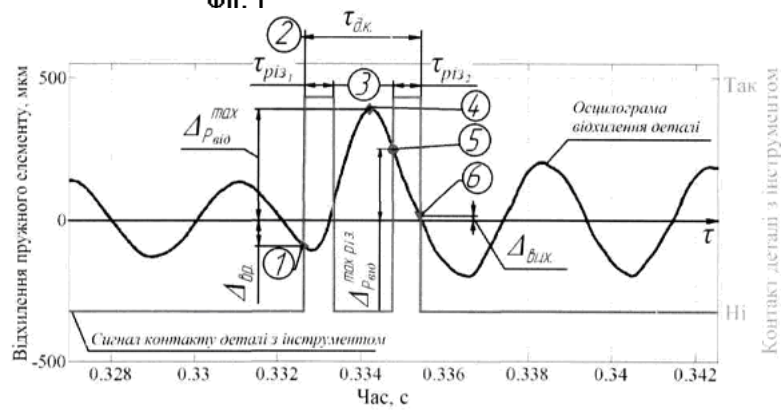
- Спосіб визначення умов фрезерування визначенням довжини фактичного контакту інструмента зі зразком при кінцевому фрезеруванні тонкостінних деталей, який полягає в реєстрації слідів контакту інструмента зі зразком, за якими оцінюють довжину фактичного контакту, який **відрізняється** тим, що зразок піддають фрезеруванню та одночасно з реєстрацію сигналу сліду контакту інструмента зі зразком здійснюють реєстрацію сигналу коливань зразка під час фрезерування, після чого при поєднанні двох сигналів визначають наступні умови фрезерування: положення деталі в момент початку різання (точка врізання фрези), час проходження дуги контакту  $\tau_{д.к.}$ , час різання  $\tau_{різ.}$ , коефіцієнт фактичного різання  $k_{ф.р.}$ , максимальне відхилення деталі від положення рівноваги  $\Delta_{мах.}$ , максимальне відхилення деталі від положення рівноваги при різанні  $\Delta_{рот}$ , положення деталі в момент виходу зуба фрези із зачеплення з припуском (точка виходу фрези), при цьому коефіцієнт фактичного різання  $k_{ф.р.}$  визначають по формулі:

$$k_{ф.р.} = (\tau_{різ.1} + \tau_{різ.2} + \dots + \tau_{різ.n}) / \tau_{д.к.} \cdot 100, [\%],$$

- де n - кількість контактів інструмента зі зразком під час проходження дуги їх контактування.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

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