



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 122354

(13) C2

(51) МПК

B23Q 17/09 (2006.01)

B23B 25/06 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

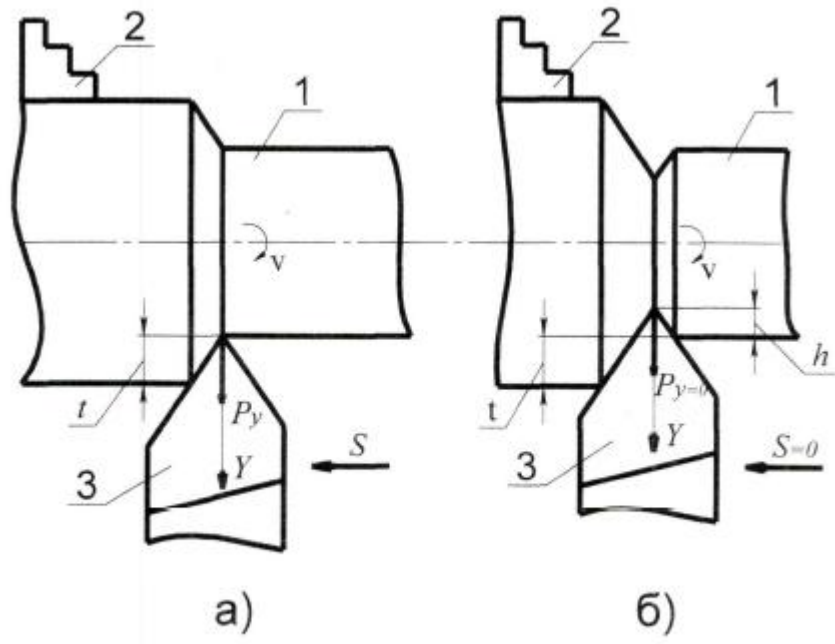
<p>(21) Номер заявки: а 2018 07148</p> <p>(22) Дата подання заявки: 25.06.2018</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 27.10.2020</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 26.12.2019, Бюл.№ 24</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 26.10.2020, Бюл.№ 20</p>	<p>(72) Винахідник(и): Виговський Георгій Миколайович (UA), Громовий Олексій Андрійович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 456681 A1, 15.01.1975 SU 255734 A1, 28.10.1969 RU 2619424 C2, 15.05.2017 SU 1761383 A1, 15.09.1992 SU 1294490 A1, 07.03.1987 CN 102152173 A, 17.08.2011 CN 103419085 B, 15.06.2016</p>
--	---

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ ЖОРСТКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі металообробки і може бути використаний для визначення динамічної жорсткості технологічних систем у виробничих умовах процесів різання. В заявленому способі у процесі різання здійснюють вимірювання сили різання та величини пружного відтиску інструмента від обробленої поверхні у процесі різання, для чого виконують обробку поверхні деталі з наперед заданими режимами обробки різальним інструментом з подальшим виключенням подачі та продовженням головного руху інструмента або деталі та реєстрацією глибини канавки, яка утворюється на поверхні деталі після зупинки подачі, яка відповідає пружному відтиску інструмента від деталі у процесі різання та характеризує динамічну жорсткість технологічної системи. Винахід забезпечує підвищення точності визначення динамічної жорсткості технологічної системи.

UA 122354 C2



Фиг. 1

Винахід належить до галузі металообробки і може бути використаний для визначення динамічної жорсткості технологічних систем у виробничих умовах.

Похибки обробки, які виникають внаслідок деформацій технологічної системи, є домінуючими у сумарній похибці обробки. При обробці на ряді металорізальних верстатів похибки внаслідок деформацій технологічної системи складають 20-90 % сумарної похибки обробки, що пояснюється недостатньою динамічною жорсткістю технологічної системи [1].

Похибки обробки залежать від статичних і динамічних властивостей технологічної системи та режимів обробки, фізико-механічних властивостей оброблюваних деталей, геометрії інструмента тощо.

Разом з тим, визначення динамічної жорсткості, дослідження впливу деформацій технологічної системи на утворення похибок обробки в більшості випадків відсутні та мають теоретичний характер, що не дозволяє використовувати їх без ускладнених розрахунків та складних експериментів у виробничих умовах.

Відомий спосіб визначення динамічної жорсткості технологічної системи за співвідношенням [2]:

$$J_d = J_{ст} / \mu,$$

де J_d - динамічна жорсткість системи;

$J_{ст}$ - статична жорсткість системи;

μ - динамічний коефіцієнт.

Статична жорсткість системи визначається за існуючими методиками проведенням дослідів з поступовими навантаженнями всіх елементів технологічної системи силами за визначеними напрямками та реєстрацією переміщень кожного елемента технологічної системи за заданими напрямками та побудуванням графіків залежності переміщень елементів технологічної системи від значень сил навантаження, але при цій методиці визначення статичної жорсткості технологічної системи немає можливості встановити її значення у зв'язку з тим, що у процесі обробки сила різання змінює напрям своєї дії та величину. А для визначення динамічного коефіцієнта μ для розрахунку динамічної жорсткості J_d необхідно проведення значного обсягу експериментальних робіт, при цьому динамічний коефіцієнт, залежить від великої кількості факторів (швидкості обробки, подачі, глибини різання, фізико-механічних властивостей деталей, геометричних характеристик інструменту, виду інструментального матеріалу та інших умов обробки).

Відомий спосіб визначення динамічної жорсткості верстатів полягає в реєстрації переміщення випробуваних вузлів у процесі навантаження їх силами різання, що відрізняється тим, що на випробуваний вузол додатково впливають силами від автономних силових елементів, які діють по лінії дії складових сили різання [3].

Для довільної зміни вектора результуючої сили навантаження вузла в умовах роботи верстата запропонований спосіб дозволяє одержати більш повні характеристики жорсткості вузлів і верстата в цілому, що наближає картину навантаження вузлів до дійсної при зміні у широкому діапазоні (плавно або дискретно) напрямку та величини вектора результуючої сили навантаження на випробуваний вузол.

Недоліком аналога є те, що: для необхідності визначення значень сил, з якими повинні діяти силові елементи, необхідно виконувати динамометричні дослідження або теоретичні розрахунки складових сил різання для еталонного режиму різання. У разі змін характеристик процесу різання використання досліджень, виконаних на еталонній деталі, не представляється можливим у зв'язку зі змінами значень складових сил різання та характеристик процесу різання.

Найбільш близьким за сукупністю ознак до винаходу, вибраним як прототип, є спосіб визначення жорсткості системи СПІД шляхом виміру величини пружного відтиску й сили різання за величиною розміру порожка зразка, що виникає при спільній обробці оброблюваного матеріалу й нанесеного на нього шару пластичного матеріалу [4].

Для підвищення точності виконують обробку деталі із сталі чи чавуну та нанесеного на деталь пластичного матеріалу, що дає змогу визначити у радіальному напрямку відстань між пластичним та обробленим матеріалами, яка буде визначати величину пружного відтиску різця у процесі обробки, що дає змогу визначити жорсткість технологічної системи у процесі обробки.

Недоліком прототипу є те, що дослідження за даним способом дозволяє визначити пружний відтиск різального інструмента та жорсткість тільки для заданого режиму різання і для даної деталі. У разі зміни режимів різання використати ту ж методику немає можливості у зв'язку з тим, що для зміни глибини різання необхідно за допомогою робочих органів верстата перемістити інструмент на необхідну відстань, при цьому невідоме фактичне переміщення інструмента та задане верстатом, що буде вести до похибок вимірювання. А для підвищення точності обробки необхідно виготовляти нову деталь з оброблюваним матеріалом та нанесеним

шаром пластичного матеріалу, що ускладнює процес визначення жорсткості та вносить ще одну похибку, яка пояснюється тим, що різні деталі мають різні фізико-механічні властивості, а це буде призводити до зміни сил різання та величини пружного відтиску інструмента. Запропонований метод не дозволяє досліджувати динамічну жорсткість технологічної системи для нестаціонарних режимів різання, наприклад торцевого фрезерування.

В основу винаходу поставлено задачу підвищення точності вимірювання динамічної жорсткості технологічної системи в широкому діапазоні режимів різання для процесів стаціонарного та нестаціонарного різання.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що визначення динамічної жорсткості технологічної системи включає вимірювання сили різання у процесі різання та величини пружного відтиску інструмента від обробленої поверхні у процесі різання з досліджуваними режимами обробки різальним інструментом та подальшим виключенням подачі та продовженням головного руху інструмента або деталі з реєстрацією глибини канавки, яка утворюється на поверхні деталі після зупинки подачі, яка відповідає пружному відтиску інструмента від деталі в процесі різання.

При обробці різних деталей та зміні режимів різання величина пружного відтиску інструмента від обробленої поверхні визначає динамічну жорсткість технологічної системи. Після зупинки руху подачі та продовження головного руху сили різання поступово зменшуються до нуля, що приводить до переміщення інструмента до вихідного положення та поступового утворення канавки на обробленій поверхні. Чим більше була величина відтиску інструмента від деталі, тим більше глибина лунки виникає на обробленій поверхні. Вимірювання глибини утвореної канавки дає можливість визначити величини пружного відтиску інструмента від обробленої поверхні для досліджуваного режиму різання, що у сукупності зі значенням вимірюваної сили різання динамометром у процесі різання дозволяє визначити динамічну жорсткість технологічної системи. При зміні швидкості різання, подачі та глибини різання є можливість визначити динамічну жорсткість у широкому спектрі умов обробки.

Запропонований винахід дозволяє також визначити динамічну жорсткість технологічної системи для процесів нестаціонарного різання. Так, при торцевому фрезеруванні особливістю кінематики процесу обробки є те, що кожний зуб торцевої фрези входить в різання з ударом, а при виході із зони різання навантаження на зуби фрези падає до нуля. В процесі різання при переміщенні зуба фрези по траєкторії руху змінюються параметри зрізаного шару, що змінює сили різання та характер навантаження технологічної системи. Крім всього, у процесі різання одночасно приймають участь декілька різальних зубів, що веде до переривчастого характеру навантаження, а це веде до змінних деформацій технологічної системи. При виключенні руху подачі та збереженні головного руху буде відбуватись поступове зменшення сил різання до нуля з поверненням інструмента до вихідного положення та утворення на поверхні деталі канавки. Глибина канавки буде змінною в залежності від динамічної жорсткості технологічної системи вздовж траєкторії руху інструмента, що дозволяє визначити динамічну жорсткість технологічної системи у кожній точці траєкторії руху інструмента з деталлю, для прогнозування точності оброблюваних деталей.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. Перелік креслень:

на фіг. 1 (а, б) - показана схема токарної обробки та визначення глибини канавки, яка характеризує динамічну жорсткість для процесу точіння;

на фіг. 2 (а, б) - схема торцевого фрезерування та визначення глибини канавки, яка характеризує динамічну жорсткість для процесу торцевого фрезерування;

на фіг. 3 - показано вигляд деталі, яка оброблена способом торцевого фрезерування для різних режимів різання та утворення канавок, які характеризують динамічну жорсткість технологічної системи.

Згідно з запропонованим винаходом (фіг. 1. а) деталь 1 встановлюється у патрон 2 токарного верстата, а різець 3 встановлюється у динамометричний різцетримач на супорті токарного верстата та виконується процес обробки деталі 1 зі швидкістю різання V та величиною подачі на оберт S , при цьому зрізається шар глибиною t та діють складові сили різання, відбувається відтиск різця 3 силою P_{γ} , що викликає переміщення різця 3 у напрямі дії осі Y . Після виключення руху подачі на оберт $S=0$ та продовження обертання деталі 1 зі швидкістю V площа шару, що зрізається, зменшується до нуля, а це веде до поступового зменшення до нуля сил різання (у тому числі складової $P_{\gamma}=0$). При цьому, різець 3 переміщується у напрямі, протилежному осі Y до свого вихідного положення, зрізає частину оброблюваного матеріалу та утворює на обробленій поверхні канавку глибиною h . Чим менше динамічна жорсткість технологічної системи, тим більше відтиск інструмента від деталі в процесі різання і тим більша глибина канавки h буде утворюватись після припинення руху подачі. Таким чином, є можливість

змінювати режим обробки (t , S , V) для деталей з різними фізико-механічними властивостями та визначити динамічну жорсткість технологічної системи шляхом вимірювання глибини канавки h .

При торцевому фрезеруванні (фіг. 2. а) зуб 4 торцевої фрези, закріплений у корпусі 5 торцевої фрези, обертається відносно осі фрези зі швидкістю V і зрізає шар глибиною t з деталі 1, яка переміщується у процесі різання з величиною хвилинної подачі $S_{хв}$. Деталь 1 закріплюється у динамометрі з реєстрацію сил різання у процесі обробки. Сили різання відтискають фрезу від деталі 1 відповідно до характеристик динамічної жорсткості технологічної системи в тому числі під дією сили P_Y у напрямі осі Y . У зв'язку з тим, що особливістю кінематики торцевого фрезерування є непостійність обсягу зрізаного шару вздовж траєкторії руху зуба 4 торцевої фрези, при цьому будуть виникати різні сили різання, які будуть викликати і різні величину відтиску інструмента від деталі 1. При виключенні руху подачі деталі 1 $S_{хв}=0$ (фіг. 2. б) та зменшенні сил різання до нуля (у тому числі складової $P_Y=0$) торцева фреза повертається до свого вихідного положення, у тому числі у напрямі, протилежному напрямку осі Y , та зуб 4 торцевої фрези буде утворювати канавку глибиною h , яка не буде мати постійну глибину по траєкторії руху формоутворюючих зубів фрези - це дозволяє визначити глибину канавки h за траєкторією руху, тобто визначити динамічну жорсткість технологічної системи у кожній точці траєкторії руху інструмента.

Вигляд деталі, яка оброблена торцевим фрезеруванням, зображений на фіг. 3, показує, що при зміні глибини різання, подачі і швидкості обробки, фізико-механічних властивостей деталей та наступній зупинці руху подачі на поверхні деталі утворюються канавки різної глибини h_1 , h_2 , які характеризують динамічну жорсткість технологічної системи. Вимірювання глибини канавок під кутом θ_i дозволяє визначити динамічну жорсткість у кожній точці траєкторії.

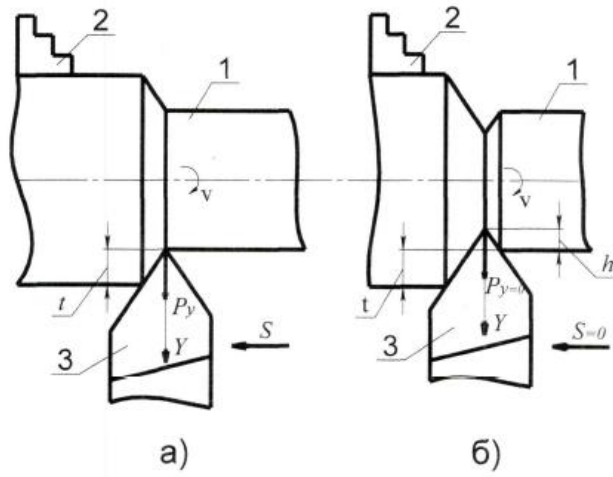
Використання процесу вимірювання сил різання у процесі різання та глибини канавки, яка утворюється при зупинці руху подачі та характеризує величину динамічної жорсткості технологічної системи, дозволяє підвищити точність вимірювання динамічної жорсткості технологічної системи в широкому діапазоні режимів різання для процесів стаціонарного та нестаціонарного різання.

Джерела інформації:

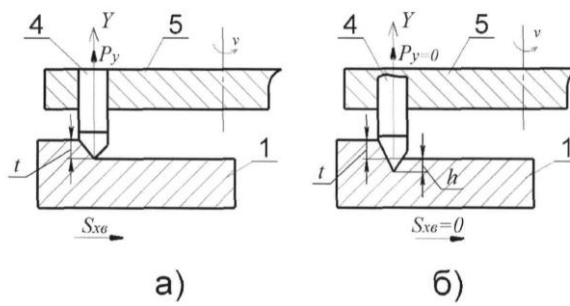
1. К.С. Колев, Л.М. Горчаков. Точность обработки и режимы резания. Изд 2-е, перераб. и доп. М., "Машиностроение", 1976, 144 с.
2. К.С. Колев Технология машиностроения. М. "Высшая школа", 1977, с. 34-36.
3. Н.Н. Рясик // Способ определения динамической жесткости станков. Авторское свидетельство СССР № 255734, кл. В 23b, 1969.
4. Е.И. Иванов // Способ определения жесткости системы СПИД. Авторское свидетельство СССР № 456681, кл. В 23b 1/00, 1975.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

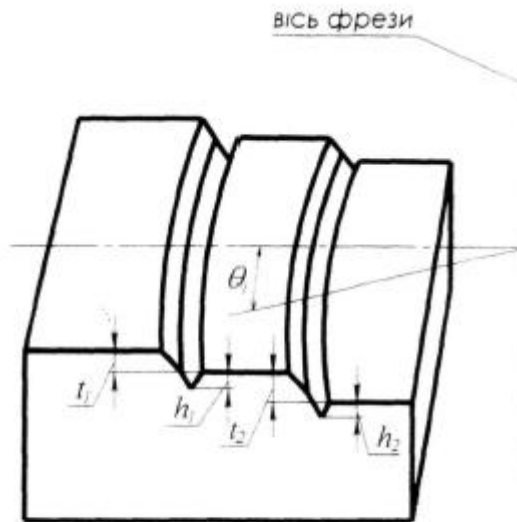
Спосіб визначення динамічної жорсткості технологічної системи, що включає вимірювання сили різання у процесі різання та величини пружного відтиску інструмента від обробленої поверхні в процесі різання, який **відрізняється** тим, що виконують обробку поверхні деталі з наперед заданими режимами обробки різальним інструментом з подальшим виключенням подачі та продовженням головного руху інструмента або деталі та реєстрацією глибини канавки, яка утворюється на поверхні деталі після зупинки подачі, яка відповідає пружному відтиску інструмента від деталі у процесі різання та характеризує динамічну жорсткість технологічної системи.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3