



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **105920**

(13) **U**

(51) МПК

B23Q 15/08 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2015 09548**

(22) Дата подання заявки: **05.10.2015**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **11.04.2016**

(46) Публікація відомостей **11.04.2016, Бюл.№ 7**
про видачу патенту:

(72) Винахідник(и):

**Внуков Юрій Миколайович (UA),
Дядя Сергій Іванович (UA),
Кучугуров Марк Валерійович (UA),
Зубарєв Андрій Євгенійович (UA)**

(73) Власник(и):

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, 69063
(UA)**

(74) Представник:

**Висоцька Наталя Іванівна, начальник
патентно-інформаційного відділу НДЧ
ЗНТУ**

(54) СПОСІБ ОБРОБКИ РІЗАННЯМ З ПРИГНІЧЕННЯМ АВТОКОЛИВАНЬ

(57) Реферат:

Спосіб обробки різанням з пригніченням автоколиваний включає змінення частоти обертання заготовки. Частоту обертання заготовки змінюють за стохастичним законом.

UA 105920 U

Корисна модель належить до галузі операцій обробки металів різанням, конкретно - стосується способу управління фактичною частотою обертання заготовки, що дозволяє значно знизити амплітуду автоколивань при токарній обробці за рахунок впливу змінною швидкістю різання на механізм регенерації.

Відомий спосіб управління швидкістю різання при обробці з автоколиваннями [1], що полягає у зміні фактичної частоти обертання заготовки відносно середнього значення із заданими періодом та амплітудою. Величини останніх вибираються в залежності від необхідного рівня зниження автоколивань, обумовленого якістю обробки, стійкістю інструмента та подрібненістю стружки.

Недоліком даного способу управління є низька ефективність через:

1) змінення величини фактичної частоти обертання не завжди призводить до зниження амплітуди вібрацій;

2) через інтервал часу (T_A) відбувається адаптація процесу різання до нових умов обробки і зростання амплітуди автоколивань, що обумовлює необхідність періодичної зміни частоти обертання заготовки;

3) величина періоду (T_A) залежить від великої кількості параметрів обробки (режими різання, матеріал деталі, параметри інструменту, статичні і динамічні характеристики елементів системи верстат-притосовування-інструмент-деталь), тому для її визначення для даних умов різання необхідні додаткові дослідження.

Прототипом вибраний відомий спосіб обробки різанням при токарній обробці [2], у якому пригнічення автоколивань здійснюється за рахунок змінення фактичної частоти обертання заготовки за синусоїдальним законом.

Максимальне зниження амплітуди автоколивань досягається завданням частоти та амплітуди варіювання частоти обертання заготовки, які також змінюються у часі за гармонійним законом (амплітудно-частотна модуляція). Така форма керуючого сигналу дозволяє ефективно впливати на механізм регенерації, що руйнується в умовах постійного змінення швидкості різання за рахунок непостійності зсуву фаз між траєкторіями руху різця по поверхні різання при двох послідовних обертах деталі.

Недоліком даного способу обробки є неможливість повного пригнічення автоколивань. Висока стійкість системи "процес різання - пружна система" обумовлює її адаптацію до зміни швидкості різання за синусоїдальним законом. Синусоїдальний закон управління частотою обертання заготовки надає малий стохастичний вплив на зону обробки та лише пригнічує а не руйнує регенеративний ефект.

В основу корисної моделі поставлено задачу розробки способу обробки різанням, при якому управління швидкістю головного руху токарного верстата дозволяє максимально ефективно знижувати амплітуду автоколивань.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що обробка різанням при точінні здійснюється в умовах управління фактичною частотою обертання заготовки у часі за стохастичним законом. Різання в умовах змінної швидкості різання запобігає утворенню стабільного зсуву фаз на поверхні різання для двох послідовних обертів заготовки, що є основним механізмом збудження автоколивань при токарній обробці.

Використання стохастичного закону управління фактичною частотою обертання заготовки дозволяє максимально ефективно знижувати амплітуду автоколивань при точінні руйнуванням механізму регенерації через випадковість зміни швидкості різання, що робить неможливим утворення стабільного зсуву фаз за рахунок випадковості довжин хвиль на поверхні різання.

Таким чином, нові ознаки при взаємодії з відомими ознаками забезпечують виявлення нових технічних властивостей - застосування стохастичного закону управління фактичною частотою обертання заготовки дозволило створити високоефективний спосіб обробки точінням із максимальним зниженням амплітуди автоколивань.

Це забезпечує усій заявленій сукупності ознак відповідність критерію "новизна" та приводить до нових технічних результатів.

Аналоги, які містять ознаки, що відрізняються від прототипу, не знайдені, рішення явним чином не впливає з рівня техніки. Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновок, що запропоноване технічне рішення задовольняє критерію "Винахідницький рівень".

Ідея корисної моделі пояснюється на кресленні, де зображено графік зміни частоти обертання заготовки (n_ϕ) від часу за стохастичним законом (креслення). Кожне поточне значення (n_ϕ^i) обчислюється з використанням генерації випадкового числа, що програмується в системі ЧПК токарного верстата на обробку протягом часу ΔT_i , яке також обчислюється за допомогою додаткового генератора випадкових чисел. Даний спосіб управління включає розрахунок двох послідовностей значень фактичної частоти обертання заготовки $\{n_\phi^k\}$ та

відповідного часу обробки $\{\Delta T_k\}$, у відповідності до яких організовується управління приводом головного руху токарного верстата.

В прикладі реалізації наведено дослідження впливу зазначеного закону управління частотою обертання заготовки на ефективність зниження автоколивань при точінні на токарному верстаті SBL500 TRENDS. Для цього в револьверній головці встановлювали пристрій для дослідження фізики явища автоколивань при токарній обробці [3], що дозволяє вимірювати амплітуду коливань різця. В патроні закріплювали циліндричну заготовку розмірами $L=130$ мм, $D=100$ мм, що виконано з матеріалу Сталь 45 (HB170). Верстат програмувався на повздовжнє точіння з постійною та змінною у часі частотою обертання заготовки за стохастичним законом обчисленням послідовностей параметрів $\{n_\phi^k\}$ та $\{\Delta T_k\}$ через розрахунок відповідних числових послідовностей $\{X_n^k\}$ $\{X_T^k\}$ за допомогою рівнянь Лемера Д.Х. Для цього задавалися наступні вихідні дані:

- $n_{\text{НОМ}} = 400$ об/хв. - номінальна частота обертання заготовки (середнє значення);

- $A = 5\%$ - максимальна амплітуда відхилення фактичної частоти обертання n_ϕ від середнього значення $n_{\text{НОМ}}$, що виражається формулою:

$$A = \Delta n / n_{\text{НОМ}} \cdot 100, \%$$

де $\Delta n = 20$ об/хв. - абсолютне відхилення фактичної частоти обертання заготовки n_ϕ від номінального значення $n_{\text{НОМ}}$;

- $\Delta T_{\text{min}} = 0,02$ с - мінімальне значення періоду обробки ΔT_i із заданою частотою обертання заготовки;

- $\Delta T_{\text{TOL}} = 0,1$ с - інтервал зміни періоду ΔT_i за стохастичним законом;

- $T = 0$ с - лічильник часу одного періоду ΔT_i ;

- $T_\Sigma = 0$ с - лічильник часу роботи верстата;

- $T_{\text{LIM}} = 30$ с - заданий час роботи верстата;

- $\tau = 0,004$ с - величина часу інтерполяційного циклу системи ЧПК верстата;

- $i = 1$ - індекс числової послідовності;

- X_n^i (X_n^1) - перше число послідовності випадкових чисел $\{X_n^k\}$;

- X_T^i (X_T^1) - перше число послідовності випадкових чисел $\{X_T^k\}$;

- $a^n = 16807$; $c^n = 0$, $m^n = 2147483647$ - константи рівняння Лемера Д.Х. для обчислення послідовності $\{X_n^k\}$;

- $a^T = 16807$; $c^T = 0$, $m^T = 2147483647$ - константи рівняння Лемера Д.Х. для обчислення послідовності $\{X_T^k\}$.

Початкове значення інтервалу ΔT_1 встановлювали рівним ΔT_{min} . Далі обчислення послідовностей $\{n_\phi^k\}$, $\{\Delta T_k\}$ починали з оновлення лічильників часу T , T_Σ . Якщо загальний час T_Σ не перевищував заданої межі T_{LIM} , робота продовжувалась. Наступним перевірявся лічильник часу T з поточним значенням ΔT_i . Якщо виконувалась умова $T < \Delta T_i$, обчислення продовжували з місця оновлення лічильників T , T_Σ , інакше виконували наступні дії:

- збільшення індексу числової послідовності на 1 ($i = i + 1$);

- обнуління лічильника часу $T = 0$;

- розрахунок наступного випадкового числа послідовності $\{X_n^k\}$:

$$X_n^i = (a^n \cdot X_n^{i-1} + c^n) \bmod m^n$$

- обчислення наступного значення фактичної частоти обертання заготовки:

$$n_\phi^i = n_{\text{НОМ}} + n_{\text{НОМ}} \cdot A / 100 \cdot (2 \cdot X_n^i / m^n - 1), \text{ об/хв.}$$

- розрахунок наступного випадкового числа послідовності $\{X_T^k\}$:

$$X_T^i = (a^T \cdot X_T^{i-1} + c^T) \bmod m^T$$

- обчислення величини наступного періоду часу ΔT_i :

$$\Delta T_i = \Delta T_{\text{min}} + \Delta T_{\text{TOL}} \cdot X_T^i / m^T$$

Подальші обчислення продовжували з місця оновлення лічильників T , T_Σ .

Дані математичні розрахунки програмувались у системі ЧПК токарного верстата, для чого була написана відповідна управляюча програма, що дозволила отримати стохастичну залежність фактичної частоти обертання заготовки у часі (креслення).

Параметри X_n^1 , X_T^1 обчислювались автоматично системою ЧПК на основі системних змінних поточної дати та лічильнику часу. Різання проведено в умовах виникнення автоколивань: глибина різання $t=1,5$ мм, подача на оберт $S_0=0,15$ мм/об, діаметр обробки $D=94,9$ мм; номінальна швидкість різання $V=120$ м/хв. При виконанні досліджень використовували різальну пластину з наступними параметрами: передній кут $\gamma = -8^\circ$, головний задній кут $\alpha = 8^\circ$, головний кут в плані $\phi = 90^\circ$, допоміжний кут в плані $\phi_1=7^\circ$, радіус при вершині $r=0,2$ мм, кут нахилу різальної кромки $\lambda = +8^\circ$, величина фаски зносу по задній поверхні $f=0,2$ мм, матеріал пластини Т5К10. Датчики пристрою було підключено до персональної ЕОМ через аналого-цифровий перетворювач мод. Е-140.

Далі на ЕОМ завантажували програму LGraph 2.34, що дозволяє працювати із зазначеним АЦП. Після включення режиму запису верстат включали на обробку і проводили повздовжнє точіння заготовки, по закінченню якого в даній програмі зберігали записані осцилограми у бінарному файлі, який далі піддавався математичній обробці за допомогою відповідного програмного забезпечення (наприклад: GNU Octave, MathLAB). З цією метою складали програму обробки на відповідній мові програмування, що виконувала завантаження бінарного файлу, перегляд записаних осцилограм, їх масштабування, виділення фрагментів у часі, обчислення параметрів коливаль.

Вимірювання показали, що амплітуда коливаль різця дорівнює:

- при точінні з постійною частотою обертання заготовки $A_n = 0,37$ мм;

- при точінні зі змінною частотою обертання заготовки за стохастичним законом $A_z = 0,019$ мм.

Ефективність зниження амплітуди автоколиваль складає:

$$E_{\text{стох}} = (1 - A_n / A_z) \cdot 100 \% = (1 - 0,019 / 0,37) \cdot 100 \% = 95 \%$$

Порівнюючи з результатами попередніх досліджень [2], отримані дані показали, що варіювання частотою обертання заготовки за стохастичним законом є найбільш ефективним з точки зору зниження амплітуди автоколиваль різця при токарній обробці. Ефективність зниження амплітуди коливаль управлінням частотою обертання заготовки за синусоїдальним законом складає:

- з постійними параметрами амплітуди та частоти $E_{\text{син}} = 21 \%$;

- зі змінними параметрами амплітуди та частоти за синусоїдальним законом $E_{\text{син. мод}} = 80 \%$.

Виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок, що технічне рішення, яке заявляється, задовольняє критерію "Промислове застосування".

Джерела інформації:

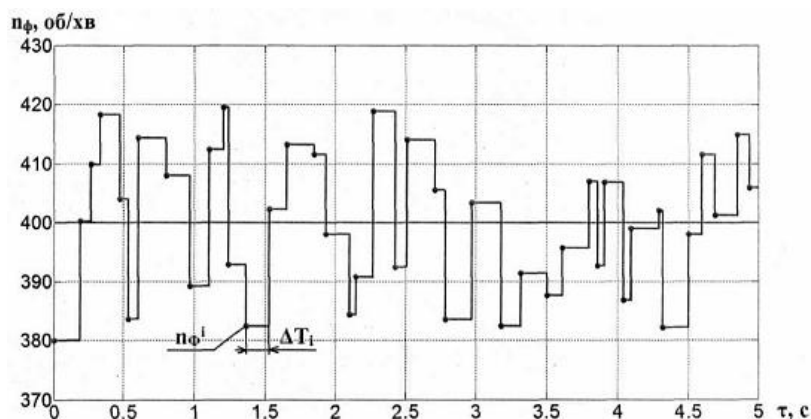
1. Патент № 1465261 СССР, МКВ В23Q15/08. Способ управления скоростью резания при обработке с автоколебаниями / М.Г. Биндер, И.А. Савинов, М.Е. Эльясберг; Опубл. 15.03.89, Бюл. № 10, 1989-4 с.

2. Патент № 2267381 Россия, МКВ В23Q15/08. Способ подавления автоколебаний при токарной обработке / Н.А. Афонина, А.А. Афонин, А.Б. Орлов; Опубл. 10.01.2006, Бюл. № 01, 2006-6 с.

3. Устройство для исследования физики явления автоколебаний при токарной обработке: Информационні технології в освіті, науці та виробництві: збірник наукових праць / Ю.Н. Внуков, С.И. Дядя, М.В. Кучугуров, Э.В. Кондратюк // Одеса: Наука і техніка, 2014. - Вип. 2(7). - С. 38-48.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб обробки різанням з пригніченням автоколиваль, що включає змінення частоти обертання заготовки, який **відрізняється** тим, що частоту обертання заготовки змінюють за стохастичним законом.



Комп'ютерна верстка В. Мацело

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