



УКРАЇНА

(19) UA (11) 63466 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
B23Q 5/00ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ

1

2

(21) u201102965

(22) 14.03.2011

(24) 10.10.2011

(46) 10.10.2011, Бюл.№ 19, 2011 р.

(72) ПЕСТУНОВ ВОЛОДИМИР МИХАЙЛОВИЧ,  
СТЕЦЕНКО ОЛЕКСІЙ СЕРГІЙОВИЧ(73) КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХ-  
НІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб адаптивного управління, що включає контроль навантаження і за результатами здійснення регулювання подачі, який відрізняється тим, що навантаження виконавчого органу приводу подачі при заданих режимах обробки знижують до оптимального по точності рівня і на цьому рівні стабілізують, причому зниження навантаження

здійснюють шляхом розділення потоку потужності кінематичного ланцюга подачі, для цього частину потужності передають з кінематичного ланцюга головного руху, а співвідношення потужностей приймають з таким розрахунком, щоб зберігалася визначеність базування виконавчого органу на напрямних, яка визначається співвідношенням моментів:

 $M_1 > M_t$ ,де  $M_1$  - момент рушійної сили відносно можливої точки повороту виконавчого органу на напрямних,  $M_t$  - момент технологічного навантаження відносно тієї ж точки можливого повороту виконавчого органу.

Пропозиція відноситься до області машинобудування і, зокрема, до обробки металів різанням на металоріжучих верстатах.

Широко відомі способи адаптивного управління, при яких режимами різання і, зокрема, подачею управляють з метою стабілізації навантаження елементів технологічної системи верстата і, таким шляхом, поліпшення характеристик металоріжучих верстатів [1].

Відомі способи не дозволяють істотно понизити навантаження елементів системи верстата при виконанні заданої технологічної операції, а зниження режимів веде до зниження продуктивності.

Відомий також спосіб, що приймається за найближчий аналог, при якому навантаження елементів технологічної системи верстата стабілізують шляхом управління подачею [2].

Підвищуючи точність обробки, відомі способи не можуть забезпечити зниження навантаження кінематичних ланцюгів і елементів системи верстата, які визначають точність обробки до оптимальних величин за умовами експлуатації. Це знижує точність, довговічність і точнісну надійність верстатів.

Узагальнюючи відомі методи вихідних характеристик верстатів і умови функціонування виконавчих органів верстатів по навантаженню, визначальні основні характеристики верстата, необхідно

відзначити, що всі вони зводяться до двох основних схем навантаження виконавчого органу приводу подачі верстата, при яких:

1. Виконавчий орган верстата навантажується таким чином, щоб в процесі робочого ходу його напрямні навантажувалися рушійною силою. Це забезпечує визначеність базування і підвищує точність взаємного положення виконавчих органів верстатів.

Проте такі схеми навантаження схильні до режиму самогартування мають великі навантаження напрямних, втрати на тертя і невисоку точнісну надійність і довговічність.

2. Виконавчий орган верстата навантажується таким чином, щоб напрямні сприймали тільки змінні складові технологічного навантаження. Це веде до зниження втрат, навантажень, зносу і підвищення довговічності, проте вносить невизначеність у відносне положення повзуна і напрямних, що знижує точність обробки у зв'язку з втратою визначеності базування.

Таким чином, в межах традиційних схем навантаження виконавчого органу приводу подачі верстата не вдається вирішити завдання істотного зниження навантаження напрямних без зміни відносного положення виконавчого органу в процесі обробки, оскільки це вимагає одночасної зміни величини і точки прикладання рушійної сили, що

(19) UA (11) 63466 (13) U

складно виконати. Рішення цієї задачі можливе на основні зміни потоку потужності в приводі, яке знижує навантаження напрямних і створює сприятливі умови експлуатації напрямних, але це так тільки для тих систем і приводів, де технологічне навантаження стабільне і мало змінюється у зв'язку із зміною припуску і механічних властивостей оброблюваного матеріалу. А оскільки таких випадків небагато, а технологічне навантаження через вказані причини змінюється в порівняно великому діапазоні (за даними школи Б.С.Балакшина до 60% від номінала), то використання системи зміни потоку потужності в таких випадках стає не ефективним, оскільки навантаження напрямних і інших виконавчих органів верстата можна понизити не більше, ніж на 40%, тому що інакше втрачається визначеність базування виконавчого органа приводу (наприклад, пінолі), і це відображається на точності обробки.

З іншого боку, відомі адаптивні системи автономні і в будь-якому іншому поєднанні також не вирішують задач зниження навантаження в напрямних, що веде до зниження довговічності і точнісної надійності.

Технічна суть пропозиції полягає в тому, що навантаження виконавчого органа знижують до оптимального по точності рівня і на цьому рівні стабілізують, зниження навантаження здійснюють шляхом розділення потоку потужності кінематичного ланцюга подачі, а велику частину потужності передають по кінематичному ланцюгу головного руху, причому мінімальну частину потужності приймають з таким розрахунком, щоб зберігалася визначеність базування виконавчого органа на напрямних, яка визначається співвідношенням моментів  $M_1 > M_t$

де  $M_1$  - момент рушійної сили відносно можливої точки повороту виконавчого органа на напрямних,  $M_t$  - момент складової технологічного навантаження відносно тієї ж точки можливого повороту виконавчого органа.

Запропоноване поєднання дає невідомий науці і техніці якісно новий результат. Він не може бути одержаний інакше, як в запропонованому поєднанні і полягає в тому, що навантаження напрямних і інших виконавчих органів верстата при заданих режимах різання можна понизити практично до нуля, і це зниження відбудеться без втрати базування виконавчого органа приводу верстата при дотриманні вище приведенного співвідношення моментів.

Розглядаючи з цих позицій пропозицію, необхідно відзначити, що в загальному випадку залежність сил різання від подачі і може бути виражена

$$P(M) = \phi(S) \quad (1)$$

де  $P$  і  $M$  - сила і момент різання,  $S$  - подача.

У окремому випадку при свердлінні залежність (1) може бути записана так

$$P_x = C_Q \cdot D^{z_p} \cdot S^{\phi_p} \quad (2),$$

де  $P_x$  - осьова сила різання,  $D$  - діаметр свердління,  $C_Q$  - коефіцієнт,  $z_Q$  і  $\phi_Q$  - показники степені.

Використання систем адаптивного управління доцільно в тих випадках, коли зміна припуску і механічних властивостей оброблюваного матеріалу змінює силу різання і її складові, і ця зміна робить істотний вплив на деформацію технологічної системи верстата.

Звідси витікає, що для стабілізації сили різання і її складових необхідне управління подачею в певному діапазоні, причому із збільшення величини розкиду сили різання збільшується і діапазон зміни подачі. Це вступає в суперечність з технологією і якістю обробки.

Для отримання лабільної якості подачу треба мати постійною для стабілізації навантаження і деформації системи верстата її треба істотно змінити.

Як впливає з формули (2), подача визначається

$$S = \varphi_Q \sqrt{\frac{P_x}{C_p \cdot D^{z_p}}}$$

При зміні складової сили різання  $P_{x_1}$  в діапазоні  $D=2$ , оскільки  $\varphi_Q \approx 0,9$ , діапазон зміни подачі буде 1,85.

Зміна подачі в такому діапазоні з метою стабілізації пружної деформації системи верстата не може не здійснити негативного впливу на якість обробки і умови експлуатації верстата. Це обмежує область можливого використання системи адаптивного управління.

У запропонованому способі сила  $P_2$ , що навантажує привід подачі, визначається як

$$P_2 = P_k$$

де  $k$  - коефіцієнт перерозподілу навантаження, який може змінюватись в діапазоні від 1 до скільки завгодно малої величини.

Звідси слідує, що для стабілізації сили  $P_2$  - подача можна змінюватись в діапазоні від 1 до скільки завгодно малої величини.

Істотні відмінності запропонованої системи полягають в придбанні нових властивостей в результаті функціональної взаємодії двох систем.

Ці властивості полягають в тому, що підвищується якість регулювання і розширюються технологічні можливості системи адаптивного управління. Вона може забезпечити регулювання в порівняно великому діапазоні зміни навантаження з меншими наслідками.

На кресленні зображена система адаптивного управління верстатних систем.

Спосіб здійснюється таким чином. Процес обробки відбувається відповідно до заданих режимів. В ході здійснення процесу обробки система адаптивного управління яка вмикає датчик  $I$  навантаження  $g_1$ ,  $g_n$ , порівнювальні  $CY_1$  і  $CY_n$  і зчитувальні  $SC_1$  і  $SC_n$  пристрої, виконавчий пристрій  $U_1$  і  $U_n$  здійснює регулювання швидкості руху подачі і тим самим стабілізує навантаження елементів технологічної системи і кінематичних ланцюгів. Проте вказана система не вирішує задач зниження до оптимального рівня по прийнятому критерію навантаження кінематичних ланцюгів, що істотно впливає на основні характеристики верстата.

Рішення проблеми подальшого підвищення точності і довговічності здійснюється зниженням

