УДК 681.518.001.33.008:629.13

ЕКОНОМІЯ ПЛОЩИН ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ РОТОРНОГО СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА І ОБЛІК ПОГРІШНОСТЕЙ УСТАТКУВАННЯ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ ШТАМПІВ ХЛШ

Клещов Г.М. ***(Одеський державний інститут вимірювальної техніки, м. Одеса, Україна)***

У статті розглядається економія площин за рахунок застосування роторного способу виробництва і облік погрішностей устаткування при виготовленні деталей штампів ХЛШ.

1. Вступ

При сучасному одиничному (індивідуальному) або дрібно серійному виробництві питання скорочення площин, термінів, вартості і економічності займають основне місце в ринкових відносинах. Від серійності і кількості продукції, що випускається, з одиниці площі значно залежать і вищезгадані показники.

У зв'язку з відсутністю фахівців з наочного області - створення штампів холодного листового штампування (ХЛШ), змінився попит ринку до комп'ютерних систем, за яких можливо забезпечувати дрібносерійне безпаперове, безлюдне і ефективне управління виробництвом[1]. Вказане вимагає нових підходів, як до підготовки виробництва, так і до виготовлення виробів.

У той же час розглянуті останні публікації і в них дослідження носять демонстраційний характер [2,3] з відносним наближенням до реального виробничого проектування і виготовлення штампів ХЛШ.

II. Методика дослідження

В даний час заготовки для майбутніх деталей штампів поступають в цех і після кожної операції обробки на верстаті проходять: нормоконтроль, складування, транспортування або пролежування на проміжному складі. Академік Кошкін Л.Н. запропонував використовувати роторний спосіб обробки деталей у виробництві.

По академіку Кошкіну Л.Н. у будь-якої машини (ділянки, цеху) є дві функції – транспортна і технологічна. Спочатку необхідно привезти заготівку (деталь), потім її обробити. Академік пропонує обробляти деталь в той момент, коли її транспортують. В цьому випадку зникнуть перерви в технологічному процесі: складування, пролежування на проміжних (міжопераційних) складах, а міжопераційний контроль замінити активним контролем.

На підставі викладеного, пропонується багаторівнева модель управління гнучкою багатономенклатурною роторною обробкою деталей штампів холодного листового штампування. Кінематика роторного механізму складається із завантажувального багаторівневого пристрою **(A_{10} - An_0)**, що обертається**,** транспортних (каруселей) пристроїв **(A_1 – A_{n0})**, що обертаються**,** з оброблювальними механізмами **M**, розташованими по горизонталі по довжині ділянки (цехи) і на **N** рівнях по вертикалі. Перестановка деталі з одного транспортного пристрою, що обертається, на інший здійснюється роботами – маніпуляторами. Звідси багатодольна **В -мережа**, складена по еквівалентній моделі управління гнучкою багатономенклатурною системою, є просторовою **мережею.**

Настройка і управління такою гнучкою багаторівневою і багатономенклатурною автоматизованою системою надзвичайно складні, але і вельми ефективні, оскільки на

відносно невеликих за розмірами площах, а вартість виробничих площ в даний час значно зросла, можна обробляти невеликі партії деталей за розмірами і велика кількість по номенклатурі.

Інструмент для роторної лінії подається за допомогою конвеєра того, що йде в інструментальну ділянку, де, при необхідності, може замінюватися іншим.

Багатодольна **В - мережа** дозволяє управляти і діагностувати будь-які рівні по горизонталі і по вертикалі. З багатодольних **В - мереж** можна скласти як площинні по горизонталі і вертикалі, так і просторові системи матриць, наприклад, для обліку кількості оброблювань в кожній номенклатурі, обліку загальної кількості деталей, трудомісткості відробітку, верстатоємності, розрахунку енергоспоживачів, кількості необхідного інструменту, запасних частин, супутників і т.п.

По теорії професора Соколова Н. П. про просторові (об'ємні, багатовимірювальні) матриці і породжуваних ними детермінантів вищих вимірювань трактується, що будь-яка система з $\mathbf{n^3}$ елементів **Ai, j, до (i, j, к=1, 2,..,n)** поля **Р**, розташована в точках тривимірного простору, визначуваних координатами **i, j,** до **n**, називається тривимірною (кубічної) матрицею **n-го** порядку над **Р**.

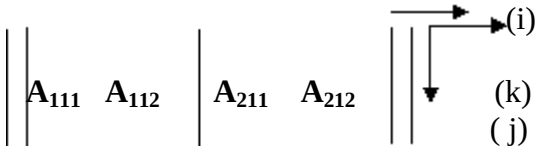
Матриця називається просторовою, якщо число вимірювань її р можна припускати яким завгодно числом, більш за двох.

Таким чином, в даному випадку застосована теорія просторових матриць, по якій будь-яка система з **n** елементів **Ai1 i_2,.. ., ip (i_1, i_2,., i_p= 1,2.,n)** поля **Р**, розташованих в точках **р-мірного** простору, визначуваних координатами **i_1, i_2, ..., i_p**, утворює **р-мірну** матрицю **n-го** порядку над **Р**:

$$\mathbf{A=(Ai_1\ i_2\ .\ ip)\ \ (i_1, i_2, ., i_p= 1,2.,n)} \qquad (1)$$

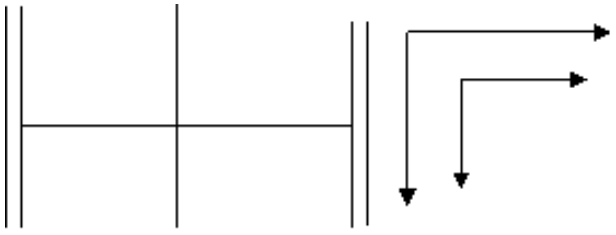
Застосування в просторових матрицях багатодольних **В-мереж** дає можливість спрощувати математичний апарат, групуючи різні значення вузлових величин в просторі методом перетину цього простору по відповідних вимірюваннях, приходячи до двовимірної (квадратної, прямокутної) матриці **n-го** порядку на полі **Р**. А в двовимірній матриці **Ai, j,** що має велику розмірність, виникає необхідність в ***декомпозиції, розпаралелюванні рішення лінійних рівнянь і приведення, кінець кінцем, до виду блочно - діагональної матриці з оздобленням,*** що дозволяє вирішувати систему рівнянь по частинах.

Користуючись двовимірними перетинами, можна записати просторову матрицю у вигляді квадратної або прямокутної таблиці. Двовимірні перетини при цьому відділяються один від одного вертикальною або горизонтальною межею. Так, наприклад, кубічна матриця другого порядку за допомогою перетинів орієнтації (**i, j**) може бути записана у вигляді прямокутника:



$$\mathbf{A_{111}\ \ A_{112}\ \ A_{211}\ \ A_{212}} \qquad \mathbf{A_{111}\ \ A_{122}\ \ A_{221}\ \ A_{222}} \qquad (2)$$

а матриця (1) при **p=4** і **n=2** за допомогою перетинів орієнтації (**i, j**) - у вигляді квадрата:



$$\mathbf{A_{1111}\ \ A_{1112}\ \ A_{1211}\ A_{1212}} \qquad \mathbf{(\ i\ )}$$

$$\begin{array}{l} \mathbf{A_{1121}\ A_{1122}\ \ A_{1221}\ \ A_{1222}} \qquad \mathbf{(i)} \\ \mathbf{A_{2111}\ A_{2121}\ \ A_{2211}\ \ A_{2212}} \\ \mathbf{A_{2121}\ A_{2122}\ \ A_{2221}\ A_{2222}} \\ \mathbf{(j)\ (j)} \end{array} \qquad (3)$$

де стрілки указують напрям, в якому зростають відповідні індекси.

Приведена інформація по теоретичних розробках з використанням просторових матриць [4,5] і їх практичне застосування в автоматизації виробничих процесів корисна творцям складних систем. Вказані теоретичні розробки можуть бути застосовані і в механообробної, сільськогосподарської, верстато-інструментальної і авіаційної промисловості при автоматизації інтегрованих виробничих процесів [6].

При проектуванні і виготовленні деталей штампів [1] великого значення набуває точність, а звідси і якість їх виготовлення. У зв'язку з вказаним необхідно враховувати погрішності ГПМ (гнучких виробничих модулів) і їх пристроїв, що управляють.

Розглянемо слідкуючий привід подач, при автоматизованому проектуванні і виготовленні штампів холодного листового штампування. Цей привід перетворить інформацію, що поступає від пристроїв управління, у вузол переміщення механізму і виконує функцію перетворення електричної енергії в механічну. Мікропроцесорні системи ЧПУ мають істотно вищу швидкодію в порівнянні з електромеханічною системою приводу. Тому управління ЧПУ дозволяє, практично безінерційно, сформувати сигнали управління руху формоутворювальних і допоміжних механізмів ГПМ. У цих умовах динамічні і статичні показники приводу мають вирішальне значення для забезпечення продуктивності і точності руху окремих агрегатів ГПС і системи в цілому.

Прагнення до зниження погрішностей, втрат потужності і нагріву, збільшення надійності, якості і спрощення обслуговування привело до заміни гідравлічних приводів подач електричними. Це привело надалі до заміни колектора з щітками на вентильні двигуни і приводу з синхронними і асинхронними двигунами. Розглянемо привід подач керований за детермінованою програмою, задаючою вхідні сигнали у функції часів по кожній координаті. Це дозволяє визначити і компенсувати систематичні помилки. Представимо в загальному вигляді систематичні помилки стаціонарного режиму слідкуючих приводів і їх величини для типових вхідних дій, користуючись методом коефіцієнтів помилок.

Систематична погрішність є різницею математичних очікувань вихідних $m_в$ і вхідних $m_н$ змінних систем. При некоригованих вхідних діях по координатах одержимо при трьохкоординатній обробці

$$\varepsilon_x = m_{xв} - m_{xн}; \quad \varepsilon_y = m_{yв} - m_{yн}; \quad \varepsilon_z = m_{zв} - m_{zн}; \qquad (4)$$

У лінійній системі з вихідними сигналами, що є поліномом не вище за n-й ступінь щодо часу, формула (4) прийме вигляд

$$\varepsilon_x(t) = \sum_{r=0}^{n} C_{rx} m'_{xн}(t), \qquad (5)$$

де поточне значення систематичної помилки на координаті X; аналогічний вираз одержимо для координат Y і Z; $m'_{xн}$ - похідний ступінь r (r= 0,1,2.) від математичного очікування вхідної змінної $m_{xн}$; C_{rx} – коефіцієнт помилки по координаті X для похідного ступеня r.

$$C_{rx} = 1/r!W^{r}(0) - \nu_r, \qquad (6)$$

де $W^{r}(0)$ – похідна від передавальної функції лінеаризованих рівнянь системи для 0; ν_r – коефіцієнт лінійного диференціального оператора.

По формулі (6) при $r = 0$ набудемо значення коефіцієнта помилки переміщення, а при $r = 1$ і $r = 2$ - відповідно значення коефіцієнтів помилки за швидкістю і прискоренню. Для слідкуючої системи вираз (6) одержує вигляд (при $\nu 0 = 1, \nu 1 = \nu 2 = \ldots = 0$):

$$C_0 = W(0) - 1; C_r = 1/r! W^{(r)}(0), r = 1,2,...$$

Практичне значення для слідкуючих систем приводу подач, вживаних у верстатах, мають перші три похідні. У найбільш поширеному випадку систем, що володіють астатизмом першого порядку, передавальна функція на початку координат. При цьому перші три помилки, що становлять, відповідно будуть рівні:

$$C_0 = W(0); C_1 = W'(0); C_2 = 0{,}5W''(0).$$

Погрішність розузгодження

$$\varepsilon_x(t) = C_1 m'_{xn}(t) + C_2 m''_{xn}(t). \quad (7)$$

З формул (5) і (6) виходить, що система приводу подач відпрацьовує вхідні сигнали без сталого розузгодження тільки в тому випадку, якщо $C_1 = C_2 = 0.$ Формула (7) застосовна тільки для вхідних сигналів, що є поліномами щодо часу. При гармонійних діях вхідний сигнал доцільно представити у вигляді тригонометричного полінома:

$$m_{xn}(t) = a_0 + \sum_{r=1}^{n} (a_r \cos \omega_r t + b_r \sin \omega_r t),$$

де $a_r, b_r -$ амплітудні значення r-й гармоніки вхідного сигналу.

Стале значення математичного очікування

$$m_{xe}(t) = W(0)C_0 + \sum_{r=1}^{n} [W(j\omega_r)]\{a_r \cos[\omega_r t + \arg W(j\omega_r)] + b \sin[\omega_r t + \arg W(j\omega_r)]\}, \quad (8)$$

де амплітудна і фазова частотні характеристики системи; $[W(j\omega_r)]-$ модуль частотної характеристики системи.

При $W(0) = 1$ стале значення систематичної помилки

$$\varepsilon_x(t) = \sum_{r=1}^{n} [W(j\omega_r)]\{a_r \cos[\omega_r t + \arg W(j\omega_r) + b_r \sin[\omega_r t + \arg W(j\omega_r)]\} - \sum_{r=1}^{n} (a_r \cos \omega_r t + b_r \sin \omega_r t). \quad (9)$$

Контур більшості машинобудівних деталей, що обробляються на металорізальних верстатах, утворюється з дуг, кіл і прямих. Одержані вирази дозволяють визначити систематичні помилки стаціонарних режимів при русі по цих видах траєкторій. Іноді складнішу траєкторію можна представити сумою синусів з амплітудами, змінними по показовому закону. Вихідна функція для цього випадку

$$m_{xn}(t) = a_0 e^{\mu_0 r} + \sum_{r=1}^{n} e^{\mu_r t} (a_r \cos \omega_r t + b_r \sin \omega_r t).$$

На підставі принципу суперпозиції стале значення математичного очікування вихідної змінної системи

$$m_{xe}(t) = W(\mu_0) a_0 e^{\mu_0 t} + \sum_{r=1}^{n} [W(\mu_r + j\omega_r)] e^{\mu_r t} \{a_r \cos[\omega_r t + \arg W(\mu_r + j\omega_r) + b_r \sin[\omega_r t + \arg W(\mu_r + j\omega_r)]\}, \quad (10)$$

Формула (8) є окремим випадком формули (10) і відповідає значенню $\mu_r = 0.$ На підставі одержаних виразів можна розглянути систематичні помилки, обумовлені слідкуючим приводом при типових вхідних діях при: русі по прямій з постійною швидкістю, русі по прямій з постійним прискоренням, рух по колу з постійною результуючою швидкістю. Аналогічно можна розглянути погрішності, що утворюються при роботі головного приводу.

Таким чином, для визначення впливу погрішності (шумів) в системі креслення - деталь, створюваних приводами, у багатьох випадках можна обмежитися визначенням спектральної щільності шумів на резонансній частоті приводу і його ефективної смуги пропускання.

III. Висновки

Роторне виробництво найбільш вигідне в індивідуальному, дрібносерійному і серійному виробництві, яке охоплює зараз від 85 до 90 % і більш всього виробництва машино - і приладобудування, істотно скорочуючи виробничі площі. Проте його закони можуть розповсюджуватися і на області великосерійного виробництва, наприклад, авто-, верстато-, сільгосп - і тракторобудування.

Література

1. Грівачевській А.Г., Прохваткин Н.В. Моделювання і автоматизація конструювання штампів. Мінськ, Наука і техніка, 1986.
2. Евдокимов С. А. Автоматізірованноє проектування конструкцій штампів для листового штампування. – М.: Вісник комп'ютерних і інформаційних технологій №5, 2005.
3. Евдокимов С. А. Особливості проектування штампів для ХЛШ на основі системи Pro/Engineer. –М.: МГТУ «Станкин», 2007.
4. Gennadiy Kleshchev. Integrated industrial information complex of economic systems control for farming industry. Сб. праць міжнародної научно- технічної конференції. MOTROL ’2006, тому 8А, Люблін, Польща, 2006, з 158- 167.
5. Клещов Г.М. Роль стандартизації в підготовці виробництва штампів послідовної дії холодного листового штампування в сільгоспвиробництві //Аграрній вісник Причорномор’я: Зб. Наук. Праць. Випуск 40. Одеська Аграрна академія.- Одеса, 2007.- С. 136- 143.
6. Квасников В. П., Клещёв Г. М. Роль стандартизации в подготовки производства штампов совмещённого действия ХЛШ.-К.: // Вісник інженерної академії України - 2008. -№1, -С.168- 174.