

УДК 620.178.16.004**МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ**

Юдовинський В. Б., к.т.н., доц.,

Кюрчев С. В., к.т.н., доц.,

Пеньов О. В., к.т.н., доц.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-05-70

Анотація - робота присвячена моделюванню технологічного процесу виготовлення деталей з метою оцінки можливості його локалізації.

Ключові слова - технологічний процес, знос вузлів верстата, знос інструменту, індекс відтворюваності.

Постановка проблеми. Сучасне машинобудування не пов'язано на діяльності конкретного підприємства, а працює у кооперації з багатьма спеціалізованими підприємствами. Важливе значення у вирішенні питання про розміщення замовлення на конкретному підприємстві набуває забезпечення точності і стабільності технологічних процесів на цьому підприємстві. Показники точності і стабільності можуть розглядатися щодо різних параметрів виробу, що випускається. Найбільшого значення набуває забезпечення точності і стабільності тих параметрів виробів, які мають істотний функціональний вплив на його експлуатаційні показники. В цьому випадку під точністю технологічного процесу розуміється його властивість забезпечувати близькість дійсних значень вибраних параметрів до нормованих їх значень. Під стабільністю технологічного процесу розуміється його властивість забезпечувати постійність розподілу вірогідності вибраних параметрів протягом деякого інтервалу часу без втручання ззовні [1].

Аналіз останніх досліджень. Одним з найбільш ефективних інструментів контролю цих показників є статистичний аналіз технологічного процесу. Під статистичним аналізом точності і стабільності технологічного процесу розуміється сукупність дій зі встановлення статистичними методами значень показників точності і стабільності технологічного процесу і визначення закономірностей їх зміни у часі. Найчастіше статистичний аналіз виконується на

реальному виробництві на підставі контролю деталей, що реально виготовляються. Проте при розміщенні замовлення на виробництво нового виробу буває важко зробити вивід про можливості діючого виробництва по його виготовленню, особливо якщо характеристики цього виробу істотно відрізняються від характеристик вироблюваної на підприємстві продукції. У такому разі, для оцінки можливостей виробництва по виготовленню нової деталі можна скористатися імітаційним моделюванням.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою роботи є моделювання технологічного процесу виготовлення виробу з метою оцінки можливості його локалізації.

Основна частина. Математична модель, що описує технологічний процес виробництва повинна включати вхідні параметри:

- регульовані параметри, які мають вплив;
- нерегульовані параметри, які мають вплив;
- вихідні параметри.

Під вхідними параметрами розуміються параметри сировини, матеріалів і комплектуючих виробів, з яких виготовляється продукція.

Під регульованими параметрами, які мають вплив, розуміються параметри і показники стану технологічного устаткування, оснащення, енергії, технологічні параметри (швидкість обробки, температура і вологість, час і тому подібне). З погляду оцінки точності у цю групу обов'язково повинні включатися погрішності устаткування і оснащення, які можуть коректуватися програмно або шляхом проведення технічного обслуговування або ремонту. До них відносяться:

1. Геометричні погрішності устаткування і оснащення.

Ці величини визначаються за наслідками відповідних випробувань. Рекомендується приводити не дискретні числові значення, а функціональні залежності, що характеризують зміну даної погрішності по довжині переміщення рухомого вузла.

2. Знос вузлів верстата.

Найбільший вплив на точність оброблюваних поверхонь надає знос напрямних. У результаті зносу відбувається спотворення форми напрямних і спотворення траєкторії переміщення рухомого вузла по ній. В цьому випадку відхилення траєкторії руху по відповідній координаті можна представити як варіацію [4]:

$$\Delta U(W) = K_U \cdot v_{cp} \cdot t \cdot \int_{l_1}^{l_2} \varphi(W-l) \cdot f(l) \cdot dl \quad (1)$$

де w – координата по якій відбувається переміщення рухомого вузла;

U - координата, по якій враховується погрішність;
 l - довжина напрямної, на якій визначається знос;
 j (W) - графік розподілу шляху переміщення рухомого вузла за даний проміжок часу;

$f(l)$ – рівняння епюри тиску в контактї напрямної;
 v_{cp} - середня швидкість руху вузла по напрямній;
 t - проміжок часу, перебіг якого розглядається процес зносу;
 KU - коефіцієнт зносу.

Отриманий вираз (1) складається з рівнянням кривої початкової геометричної погрішності, визначеної в п.1, і відповідній даній напрямній.

3. Знос інструменту.

У даному випадку відбувається знос розгортки по задній поверхні, що веде до зміни радіусу інструменту:

$$r(t) = R - \Delta U(t) \quad (2)$$

де $r(t)$ - поточне значення радіусу інструменту;

R - початковий радіус інструменту;

$\Delta U(t)$ - величина зносу по задній поверхні у період нормальної експлуатації [3]:

$$\Delta U(t) = C \cdot t^{\alpha} v^{\beta} s^{\gamma} a^{\epsilon} \quad (3)$$

де v - швидкість різання;

s - подача;

a – глибина різання;

$C, \alpha, \beta, \gamma, \epsilon$ - коефіцієнти, залежні від матеріалів інструменту і заготовки, геометричних параметрів інструменту, умов охолодження.

4. Знос настановних елементів пристосування [2]:

$$\Delta U = \lambda \sqrt{N_i} \quad (4)$$

де ΔU - величина зносу пристосування у напрямі відповідної координати;

λ - коефіцієнт, залежний від виду опор і умов контакту;

N_i - кількість контактів заготовки з опорою.

5. Статичні пружні деформації.

Величина даної погрішності визначається за наслідками випробувань на жорсткість або шляхом звичайно-елементного математичного моделювання і приводиться до кінцевих ланок технологічної системи, що несуть інструмент і заготовку.

6. Теплові деформації.

Визначаються за наслідками випробувань або шляхом математичного моделювання і також приводяться до кінцевих ланок технологічної системи.

Під нерегульованими параметрами, які мають вплив, розуміються параметри, що мають випадкову природу і що не мають можливості цілеспрямованої корекції. Сюди відносяться відхилення дисциплінарного характеру у роботі обслуговуючого персоналу, а також погрішності технологічної системи, що мають випадковий характер. До них відносяться:

1. Погрішності позиціонування рухомих вузлів верстата.

Погрішність позиціонування є нормально розподіленою випадковою величиною з математичним очікуванням μ з dU і дисперсією σ з s , величини яких визначаються з результатів випробування верстата на точність позиціонування. Для імітаційного моделювання технологічної системи миттєву величину погрішності μ з d можна визначити з виразу:

$$\Delta u_{\text{поз}} = \Delta U_{\text{поз}} + \sigma_{\text{поз}} \left(\sum_{i=1}^{i=12} u_i - 6 \right) \quad (5)$$

де u_i - послідовність 12 рівномірно-розподілених на інтервалі $[0, 1]$ псевдовипадкових чисел.

2. Зрушення між фазами погрішностей, обумовлене випадковим розташуванням елементів технологічної системи, зокрема, оснащення один щодо одного. Припускаємо, що зрушення фаз J рівномірно розподілене на інтервалі $[0, 2\pi]$. В цьому випадку величина зрушення фаз, яка використовується для моделювання:

$$\vartheta = \theta + 2\pi \quad (6)$$

де ϑ - псевдовипадкове число з інтервалу $[0, 1]$.

Під вихідними параметрами розуміються ті параметри, що фіксуються, які й визначають: якісний склад продукції, що отримується у результаті проведеного процесу. Це функціональні параметри, продукції і його експлуатаційні показники або споживчі властивості.

В цілому, математична модель повинна враховувати геометричні і кінематичні особливості формоутворення і функціональний підхід до моделювання погрішностей технологічної системи. Найзручніше в цьому відношенні використання математичного апарату перетворення координат, що використовує матриці і вектори четвертого порядку [5]. Формоутворення в цьому випадку можна представити як перетворення рухів інструменту через відповідні координатні матриці елементів технологічної системи. Погрішність, що вноситься кожним елементом, можна представити у вигляді малого зсуву елемента як твердого тіла разом зі своєю координатною системою. Це малий зсув (варіація) передається через всю формоутворювальну систему на заготовку (оброблювану поверхню).

На виході моделі виходить матриця-стовпець, що описує координати реальної поверхні r' з:

$$r' = r + \Delta r \quad (7)$$

де r_3 – вектор координат ідеальної оброблюваної поверхні, розрахованої без урахування погрішностей, що вносяться;

Δr_3 - вектор координат погрішностей положення інструменту у результаті дії погрішностей технологічної системи.

Шляхом порівняння координат реальної поверхні з координатами ідеальної поверхні можна розрахувати погрішності розміру, форми, розташування даної поверхні.

Оскільки ці показники виявляються після виконання конкретної технологічної операції, доцільно застосувати дискретну математичну модель з основним кроком зміни змінних, рівним штучному часу операції umt t . Проте, деякі змінні можуть мати свій крок зміни, залежний від тривалості розвитку відповідного процесу. Але і цей крок необхідно вибрати кратним основному кроку t_{um} .

В процесі імітаційного математичного моделювання, послідовно нарощуючи цикли i , кожен з яких відповідає випуску однієї одиниці виробу протягом t_{um} , отримаємо безліч векторів $\{r'z'i\}$, відповідних реальним виготовленим поверхням i , відповідно, безліч погрішностей розмірів $\{\Delta pi\}$, форми $\{\Delta \phi i\}$ і розташування $\{\Delta li\}$. Окремі елементи цих множин характеризують точність оброблюваної поверхні в різні моменти часу.

Точність технологічного процесу оцінюється індексом відтворюваності [6]:

$$C_{hj} = \frac{ES - EI}{6\sigma} \quad (8)$$

де ES (для валів es) – верхнє граничне відхилення

EI (для валів ei) – нижнє граничне відхилення

s - середнє квадратичне відхилення вибірки, що складається з n елементів, вибраних з множини $\{\Delta pi\}$ или $\{\Delta \phi i\}$ или $\{\Delta ni\}$.

Для оцінки зсуву отримуюваного розміру від настроєного, визначається індекс [6]:

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl}) \quad (9)$$

де C_{pu} - верхній показник відтворюваності:

$$C_{pu} = \frac{ES - \bar{\Delta}}{6\sigma} \quad (10)$$

C_{pl} - нижній показник відтворюваності:

$$C_{pl} = \frac{\bar{\Delta} - EI}{6\sigma} \quad (11)$$

Δ - середнє значення у вибірці, що складається з N елементів, вибраних з множин $\{\Delta_{pi}\}$, $\{\Delta_{fi}\}$, $\{\Delta_{ni}\}$.

Індекси (8) – (11) можуть бути визначені для будь-якого з показників точності розміру, форми і розташування оброблюваної поверхні.

Питання про об'єм і періодичність вибірки необхідно розглядати, виходячи з того, з якою метою проводиться дослідження:

- якщо необхідно досліджувати технологічну надійність виробництва, то розглядається послідовна вибірка з виробів в оперативному, тобто в періоді, приблизно зіставному із стійкістю інструменту. Увага при цьому звертається на стабільність забезпечення розміру, залежного від множини $\{\Delta_{pi}\}$.

- якщо досліджується вплив показників технологічного устаткування і оснащення на точність виробів, що випускаються, то вибираються рівномірно елементи множин $\{\Delta_{pi}\}$, $\{\Delta_{fi}\}$, $\{\Delta_{ni}\}$ в середньостроковому плані, тобто, впродовж періоду часу, рівного декільком місяцям або року. В цьому випадку, головним чином розглядаються відхилення форми і взаємного розташування поверхонь.

Висновки. Запропонована методика прогнозування точності і стабільності технологічного процесу дає можливість:

- на стадії підготовки виробництва оцінити можливості виробництва по забезпеченню замовлення на виготовлення виробів;

- підібрати необхідні засоби технологічного оснащення з параметрами, що забезпечують необхідний рівень точності і стабільності процесу;

- розробити заходи щодо забезпечення стабільності процесу в оперативному плані, зокрема, розробити регламент зміни інструменту і підналадки технологічної системи;

- визначити вплив різних чинників технологічної системи на точність і стабільність технологічного процесу в різних тимчасових інтервалах;

- розробити стратегію організації техобслуговування і ремонту технологічної системи, з тим, щоб забезпечити стабільність технологічного процесу в середньостроковому плані.

Література:

1. ГОСТ Р 50-601-20-91. Рекомендации по оценке точности и стабильности технологических процессов (оборудования). – М., 1991. – 15 с.
2. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. М.:Машиностроение, 1971. – 288 с.

3. *П.И.Ящерицын*, Основы резания металлов и режущий инструмент: / *П.И.Ящерицын, М.Л.Еременко, Н.И.Жигалко*. - Мн.: Выш. школа, 1981. – 560 с.
4. *А.С. Проников* Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. Т.1 / *А.С. Проников* [и др.] М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана; Машиностроение, 1994. -444 с.
5. *Решетов Д.Н., Портман В.Т.* Точность металлорежущих станков. - М.:/ Машиностроение, 1986. – 336 с.
6. StatSoft, Inc. Электронный учебник по статистике.- М.:StatSoft, 2001.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Юдовинский В.Б., Кюрчев С.В., Пенёв О.В.

Аннотация - работа посвящена моделированию технологического процесса изготовления деталей с целью оценки возможности его локализации.

MODELING OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUFACTURING THE PART

V. Yudovynskyu, S. Kurtchev, O.Penyov

Summary

Modeling of the technological process of manufacturing the part in order to assess the possibility of it is localization.