

Microsoft Excel. Результаты решения представлены на мониторе ПЭВМ в удобной для анализа форме (см. рисунок 2). Создана база данных всех постоянных параметров в ограничениях (4) в соответствии с условиями, предусмотренными ГОСТ 20365-74. При ее создании уточнены зависимости удельной силы резания при протягивании. Получены зависимости наработки протяжки от группы обрабатываемости, скорости резания и подачи на зуб. Параметры степенных зависимостей, которые в исходном варианте такими не являются, определены более корректно по сравнению с известными из [4].

Для оценки оптимальности решения введен единичный показатель качества решения - "относительная длина" черновой части протяжки по сравнению с рекомендациями ГОСТ 20365-74, который вычисляют по формуле

$$Q = \frac{L_{\text{опт}}}{L_{\text{ГОСТ}}} \cdot 100 \%,$$

где $L_{\text{опт}}$ - длина черновой части протяжки после оптимизации параметров конструкции;

$L_{\text{ГОСТ}}$ - длина черновой части протяжки в соответствии с ГОСТом 20365-74.

Расчет длины черновой части протяжки для условий протягивания, предусмотренных ГОСТом 20365-74 для протяжек переменного резания, показал, что нижний предел "относительной длины" оптимизированной черновой части протяжки составляет от 40 до 60% в зависимости от размеров обрабатываемого отверстия и группы обрабатываемости.

SUMMARY

The task solution of optimization of the sizes of broach by a method of a linear programming is shown. The solution provides cutting down of length of a draft-quality part of broach on 40 - 60% depending on the sizes of a hole and group of machinability. The solution can be used in educational process of high school.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Протяжки для обработки отверстий / Д.К. Маргулис, М.М. Тверской, В.Н. Ашихмин и др. - М.: Машиностроение, 1986. - 232 с.
2. Семенченко И.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. - М.: Машгиз, 1963. - 952 с.
3. Щеголев А.В. Проектирование протяжек. - Л.: Машгиз, 1960. - 352 с.
4. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: Учеб. пособие для вузов по специальности "Технология машиностроения. металлорежущие станки и инструменты" / Под. общ. ред. Г.Н. Кирсанова. - М.: Машиностроение, 1986. - 288с.

Поступила в редколлегию 16 декабря 2002г.

УДК 621.941

ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СПАДКОВОСТІ ПРИ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ

*О.В. Лисенко, інж.; Ю.В. Петраков, д.т.н.
(Кіровоградський державний технічний університет)*

Основне призначення металорізального верстата - обробка виробів із заданою точністю та якістю поверхні. Однак ці показники, за розробленими методиками оцінки якості металорізальних верстатів [1], не беруться за їх вихідні параметри, оскільки залежать не тільки від верстата і від усієї технологічної оброблювальної системи (ТОС), до якої входять інструмент, заготовка, пристрій, режим різання тощо. На даний

час запропонована нова концепція оцінки точності виготовлення деталей [2]. Ця концепція урахує вплив ТОС на точність обробки, але створена автоматизована система прогнозування точності деталі базується на статичних залежностях, а динамічні явища подані у вигляді експериментально отриманих траєкторій биття вісі шпинделя у різних перерізах за довжиною деталі. Експериментально-розрахунковим шляхом [3] доказано, що відносне положення інструмента і деталі, яке забезпечує формоутворення, суттєво залежить від динамічних факторів, що діють у ТОС під час обробки. Особливого значення це набуває при обробці заготовок з нерівномірним припуском та спеціальних видах токарної обробки, зокрема при токарно-копіювальній обробці, коли ТОС весь час зазначає дії періодичних збурень, наприклад, зміни величини припуску у поперечному перерізі заготовки.

Отже, для удосконалення прогнозування точності виготовлення деталей необхідно урахувувати динамічні характеристики ТОС під час обробки, які обумовлюють загальну технологічну спадковість від пружних деформацій та змінюються за координатою формоутворюючого руху.

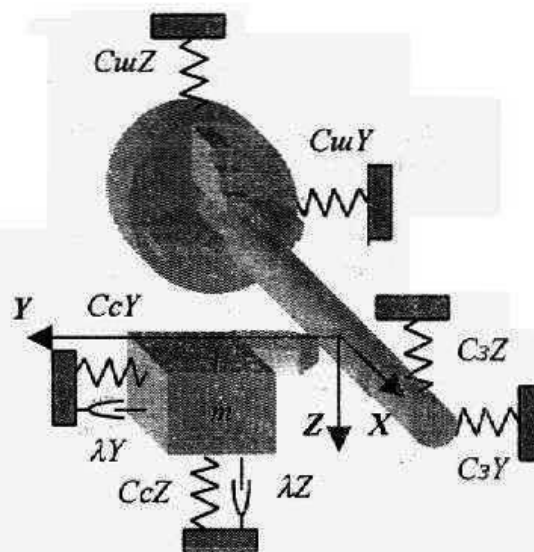


Рисунок 1 – Динамічна модель

У першому наближенні ТОС токарного верстата може бути подана у вигляді одномасової системи за координатами Y і Z , деформації за якими найбільш впливають на точність формоутворення (рис.1). У відповідності до прийнятої моделі динамічні властивості ТОС подані зведеними жорсткостями C_y і C_z , зведеною масою m та коефіцієнтами в'язкого тертя λ_y і λ_z . При точінні змінюється координата x вздовж оброблювальної поверхні і тому зведені жорсткості C_y і C_z не залишаються сталими і можуть бути розраховані у функції від поточної координати x з урахуванням жорсткості деталі. При закріпленні заготовки в патроні (рис. 1) при $C_{3Z}=0$ і $C_{3Y}=0$ з використанням класичних залежностей теорії пружності отримуємо зведену жорсткість ТОС за координатою Y :

$$C_y = \frac{C_{uY} C_{cY} E J}{E J (C_{uY} + C_{cY}) + (l_0 x^2 / 2 - x^3 / 6) C_{uY} C_{cY}}, \quad (1)$$

де E – модуль пружності матеріалу деталі; $J = \pi d_c^4 / 64$ – момент інерції деталі (d_c – середній діаметр); x – поточна координата; l_0 – довжина деталі; решта позначень зі схеми рис. 1.

При закріпленні заготовки в патроні і задньому центрі зведена

жорсткість ТОС за рис.1 знаходять таким чином. Спочатку, вважаючи заготовку абсолютно жорсткою, визначають сумарну податливість системи у точці обробки. Потім підсумовують її з податливістю деталі і отримують зведену податливість всієї системи. Зведену жорсткість визначають як величину, зворотну податливості:

$$C_y = \frac{l_\theta^2 C_{шY} C_{сY} C_{зY} 3EJ}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}, \quad (2)$$

де $a_1 = (l_\theta x)^2 C_{сY} C_{зY} 3EJ$; $a_2 = x^2 C_{шY} C_{сY} 3EJ$; $a_3 = l_\theta^2 C_{шY} C_{зY} 3EJ$;
 $a_4 = x^2 (l_\theta x)^2 l_\theta C_{шY} C_{сY} C_{зY}$.

Зведена жорсткість за координатою Z визначається за аналогічними залежностями, але в них змінюються індекси при відповідних жорсткостях у формулах (1) і (2). Деформація пружної системи за координатою Y безпосередньо впливає на фактичну глибину різання, а вплив деформації δ_z за координатою Z може бути визначений за залежністю [4]:

$$\delta_{yz} = \sqrt{R^2 + \delta_z^2} - R, \quad (3)$$

де R – радіус деталі. Математична модель процесу різання будується за методикою [4] з урахуванням замкненості пружної ТОС.

Оскільки технологічна спадковість, що визначає точність деталі, залежить не тільки від частотних характеристик верстата, а й від таких характеристик ТОС, які змінюються в залежності від координати x формоутворюючого руху за довжиною заготовки, її прогнозування повинно передбачати визначення відповідної сім'ї частотних характеристик, що побудовані у функції цієї координати.

Переважає більшість видів токарної обробки супроводжується силовим збуренням від змінного припуску; найбільш часто трапляється випадок ексцентричного розміщення припуску внаслідок незбігання осі обертання шпинделя верстата і осі циліндричної заготовки. Для визначення впливу зміни припуску на технологічну спадковість, що, у свою чергу, визначає похибку форми деталі, потрібно діяти по кожному перерізу деталі за алгоритмом, схема якого показана на рис. 2.



Рисунок 2 – Схема алгоритму визначення похибки форми за допомогою АФЧХ ТОС

У відповідності до алгоритму кожна гармоніка розвинення збурення у ряд Фур'є перетворюється у складову гармоніку похибки (технологічної спадковості), трансформуючись через частотну передавальну функцію ТОС, яка подана амплітудно-фазовою частотною характеристикою (АФЧХ) системи.

Отже, для подальших розрахунків треба використовувати АФЧХ ТОС, яку на етапі технологічної підготовки виробництва доцільно визначити моделюванням за допомогою розробленої в Лабораторії віртуальних засобів навчання Міністерства освіти і науки України прикладної програми. Програма призначена для моделювання експериментального дослідження частотних характеристик другого роду ТОС при точінні. Згідно з алгоритмом рис. 2 для прогнозування технологічної спадковості форми деталі необхідно використовувати частотні характеристики ТОС: амплітудно-частотну та фазово-частотну. Амплітудно-частотна

характеристика обумовлює викривлення амплітуди вхідної гармоніки змінної складової припуску, а фазово-частотна характеристика – фазовий кут зсуву цієї гармоніки до відповідної вихідної гармоніки.

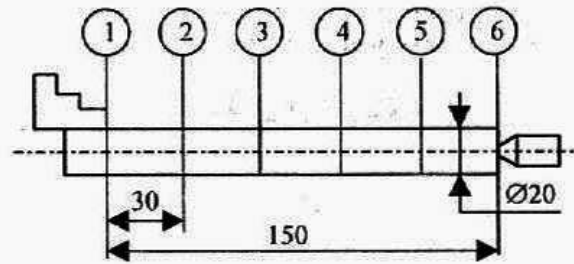


Рисунок 3 – Розрахункові перерізи деталі

Для ілюстрації запропонованої методики розглянемо приклад прогнозування технологічної спадковості для циліндричної деталі, заготовка якої має ексцентрично розміщений припуск з ексцентриситетом 0,5 мм. Заготовка встановлюється в патрон і задній центр та обробляється в один прохід (рис.3). Перший етап передбачає визначення зведеної жорсткості ТОС за залежністю (2), яка відповідає прийнятому встановленню заготовки. Розрахунки проводимо для шести перерізів, що позначені на рис. 3 при таких значеннях жорсткості верстата: $C_{шY}=50000\text{Н/мм}$; $C_{сY}=30000\text{Н/мм}$; $C_{зY}=50000\text{Н/мм}$. Отримуємо при $d_c=20,5\text{мм}$: $C_{Y1}=18750\text{ Н/мм}$; $C_{Y2}=14290\text{ Н/мм}$; $C_{Y3}=10361\text{ Н/мм}$; $C_{Y4}=10082\text{ Н/мм}$; $C_{Y5}=12824\text{ Н/мм}$; $C_{Y6}=15000\text{ Н/мм}$. Ці дані, а також відомості про інші параметри пружної динамічної системи (зведена маса $m=45\text{ кг}$; коефіцієнт в'язкого тертя $\lambda=6000\text{ кг/с}$) є вихідними для прикладної програми з розрахунку АФЧХ ТОС. Інші вихідні дані характеризують процес різання для матеріалу заготовки Ст30 ($C_p=3000$, $x_p=0,85$, $y_p=0,65$, $n_p=-0,1$), повздовжня подача 0,23 мм/об.

Отримані при моделюванні АФЧХ ТОС подані на рис. 4, де позначення кривих відповідають позначенню перерізів деталі на рис. 3. Значення частот біля експериментальних точок АФЧХ подані у рад/с.

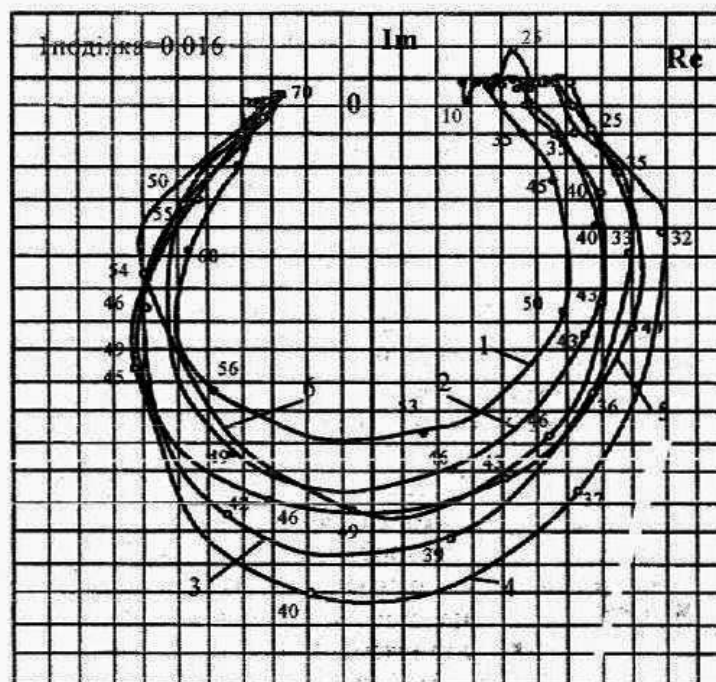


Рисунок 4 – Сім'я АФЧХ ТОС

Раніше було встановлено, що змінна складова припуску, яка визначає похибку форми деталі, з достатнім ступенем точності може бути подана двома гармоніками:

$$H_s(t) = -0,5\cos(\omega_0 t) + 0,015\cos(2\omega_0 t).$$

Згідно з алгоритмом рис. 2 для прогнозування і оцінки похибки форми деталі за вибраними перерізами необхідно використовувати сім'ю частотних характеристик ТОС.

Похибку форми деталі у кожному перерізі розраховуємо таким чином. При частоті обертання деталі під час обробки 40 рад/с (приблизно 400 об/хв) за АФЧХ ТОС, що відповідає першому перерізу, визначаємо амплітуду і фазу для частоти $\omega_0=40$ рад/с ($0,091$ та 28° відповідно) та для частоти $2\omega_0=80$ рад/с ($0,048$ та 176°). Остаточну маємо похибку форми у функції полярного кута α деталі для першого перерізу:

$$\delta y(\alpha) = -0,5 \cdot 0,091 \cdot \cos(\alpha - 28^\circ) + 0,015 \cdot 0,048 \cdot \cos(2\alpha - 176^\circ).$$

Аналогічно визначається похибка форми для інших перерізів деталі.

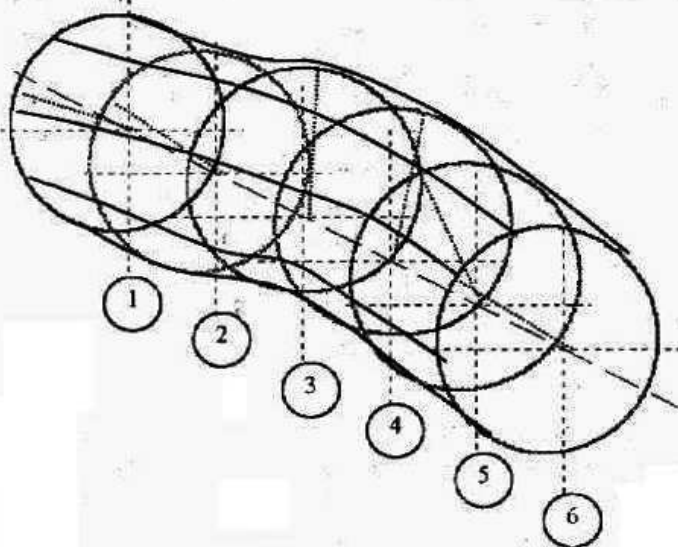


Рисунок 5 – Віртуальна деталь

Розроблена методика була реалізована у прикладній програмі, за допомогою якої для розглянутого випадку обробки була побудована віртуальна деталь (рис.5). Образ деталі складається з відповідних перерізів, що збігаються з перерізами, показаними на рис.3. Бачимо, що технологічна спадковість від ексцентрично розміщеного припуску проявляється у кожному перерізі зі зсувом за фазовим кутом та зміною максимального значення

похибки. Така похибка форми буде сприйматися візуально як викривлення осі деталі разом з бочкуватістю. Надалі планується експериментальна перевірка розробленої методики.

SUMMARY

The new technique of definition of a technological heredity is offered at turning processing which takes into account the change of frequency characteristics of technological processing system on coordinate of form-building movement of the tool on length of preparation.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Проциков А.С. Оценка качества металлорежущих станков по выходным параметрам точности // Станки и инструмент, 1980.- №6. - С.5-7.
2. Юркевич В.В. и др. Прогнозирование точности детали в процессе ее изготовления //Машиностроитель, 2001.- №3.- С.34-40.
3. Санкин Ю.Н., Жиганов В.И., Санкин Н.Ю. Экспериментально-расчетное определение параметров динамической модели относительного перемещения резца и заготовки //СТИН, 1999.- №9.- С.5-8.
4. Петраков Ю.В., Лисенко О.В. Моделирование динамических характеристик процессу токарного точения // Кіровоград: 36. наук. праць КДТУ.- 2002.- Вип.11. - С.257-263.

Надійшла до редколегії 16 грудня 2002р.