


Міністерство освіти і науки України
Національна академія наук України
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Механіко-машинобудівний інститут
Наукова рада по механіці твердого деформівного тіла НАН України
Спілка інженерів – механіків "КПІ ім. Ігоря Сікорського"
ТОВ «Прогрестех - Україна»
Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАНУ
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАНУ
Інститут гідромеханіки НАНУ
Інститут механіки ім. С.П. Тимошенко НАНУ
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАНУ
ВАТ "Український науково-дослідний інститут авіаційної технології"
Вроцлавський технологічний університет «Вроцлавська політехніка» (Польща)
Отто-фон-Геріке університет, м. Магдебург (Німеччина)
Машинобудівний факультет Белградського університету (Сербія)
Технічний університет, м. Габрово (Болгарія)



 **PROGRESSTECH**
U K R A I N E
XVIII МІЖНАР.
НАУК. — ТЕХН.
КОНФ.

ПРОГРЕСИВНА ТЕХНІКА,
ТЕХНОЛОГІЯ ТА ІНЖЕНЕРНА ОСВІТА
29 червня – 1 липня 2017 р.
м. Київ, Україна

зультатом розрахунково-аналітичного методу визначення припуску на зубошліфування є рекомендації з вибору припуску, які носять приватний і експериментальний характер.

Операцію профільного зубошліфування на верстаті з ЧПК можна розділити на два види робіт: вимір припуску на етапі налагодження верстата і зубошліфування на етапі обробки. Вимірювання виконують профільним шліфувальним кругом або спеціальним вимірювальним щупом, наприклад, компанії Renishaw. У першому випадку (шліфувальним кругом) вимірювання виконують на заготовках ЗК із незадовільною якістю поверхні (після загартування ЗК): чорнота, нерівності поверхні. Використовується сигнал акустичної емісії, що виникає в момент торкання бічних сторін профілю круга і западини ЗК. Інтенсивність цього сигналу при попереминому торканні правої й лівої сторони профілю западини ЗК повинна бути однаковою. У другому випадку (спеціальним вимірювальним щупом) вимірювання виконують по відносно чистій поверхні перед зубошліфуванням, а також після його закінчення (контроль після обробки).

Але вимірювання припуску на ЗК із значним числом зубів забирає значний час, що сумірно з часом обробки. Тому скорочення числа вимірів без істотної втрати інформації є актуальною задачею у технології автоматизованого зубошліфування. Експериментальні дослідження показали, що скорочення числа вимірів супроводжується втратою точності визначення максимального припуску, тобто з'являється помилка в оцінюванні максимального припуску на обробку. Для компенсації цієї помилки шліфувальний круг відводять від заготовки ЗК для усунення можливості непередбаченого врізання. Причому, чим менше зубів охоплено вимірюванням, тим більше повинна бути величина зазначеного відводу шліфувального круга. У свою чергу відвід круга призводить до збільшення часу обробки. Тому з ростом числа вимірів проявляються дві тенденції. Одна – збільшення часу обробки через збільшення часу виміру; інша – зменшення часу обробки у зв'язку зі зменшенням величини відводу шліфувального круга. Виникає задача оптимізації числа вимірів припуску, при якому час обробки буде найменшим [3]. Інша задача – встановити зв'язок числа вимірів припуску з невизначеністю його величини, наприклад, максимальної величини припуску при його синусоїдальному розподілі по периферії зубчастого колеса.

Пропонується два підходи для визначення максимального припуску на зубошліфування за результатами його вимірювання на окремих зубах ЗК: статистичний і детермінований.

Статистичний підхід припускає представлення максимального припуску z_{\max} у вигляді двох складових: постійної z_0 і змінної Δz , тобто

$$z_{\max} = z_0 + \Delta z. \quad (1)$$

У свою чергу

$$\Delta z = \Delta z_{\text{сист}} + \Delta z_{\text{случ}}; \quad \Delta z_{\text{сист}} = \frac{A}{2}; \quad \Delta z_{\text{случ}} = \varepsilon, \quad (2)$$

де A – амплітуда відхилення окружного кроку; ε – одnobічний довірчий інтервал.

Причому

$$\varepsilon = t_{\gamma} S_{\bar{x}}, \quad (3)$$

де t_{γ} – коефіцієнт довіри (одnobічний безрозмірний довірчий інтервал);

$S_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{N}}$ – середньоквадратичне відхилення результату, мм;

$s = \frac{1}{\sqrt{N-1}} \sqrt{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})^2}$ – вибіркове середнє квадратичне відхилення (вибірквий стандарт), мм;

x_n , \bar{x} – поточне відхилення окружного кроку від номінального і середнє значення цього параметра.

Детермінований підхід припускає подання максимального припуску z_{\max} у вигляді

УДК 621.833

Ліщенко Н. В. к.т.н., доц.

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКУ НА ЗУБОШЛІФУВАННЯ

Зубошліфування профільним кругом методом копіювання широко використовується в промисловості при виготовленні зубчастих коліс (ЗК) для авіаційного й транспортного машинобудування. Припуск на операцію зубошліфування повинен бути мінімальним, але достатнім для компенсації всіх похибок, що виникли на попередніх операціях технологічного процесу виготовлення зубчастого колеса. Припуски на операцію зубошліфування циліндричних ЗК обчислюють у нормальному напрямку стосовно бічної поверхні зуба на одну або на дві його сторони. У виробництві, як правило, використовують табличний метод визначення припуску, відповідно до якого величину припуску визначають за довідковими таблицями [1]. Однак табличний метод не враховує індивідуальні особливості ЗК. Як правило, табличні припуски бувають завищеними й містять резерви для збільшення продуктивності і підвищення якості виготовлення ЗК. Для серійного налагодженого виробництва табличні припуски на зубошліфування не перевищують 0,4 мм. Розрахунково-аналітичний метод проф. В.М. Кована заснований на кількісному аналізі факторів попередньої і виконуваної операції [2]. Цей метод є розрахунково-аналітичним тільки за структурою, але фактично оперує з табличними параметрами, отриманими при статистичній обробці експериментальних даних. Ре-

$$z_{\max} = z_{\max\max}(N) + 2\epsilon'(N) \cdot A, \quad (4)$$

де $z_{\max\max}(N)$ – максимальна величина припуску із двох максимальних величин z_{\max}^L і z_{\max}^R за обмеженим числом вимірів N після вирівнювання мінімальних значень припуску, тобто при $z_{\min}^L = z_{\min}^R$;

$2\epsilon'(N)$ – відносна помилка у визначенні положення максимального і мінімального припусків;
 A – амплітуда синусоїди, отриманої методом найменших квадратів для одного з розподілів припуску по лівій $z^L(n)$ або по правій $z^R(n)$ стороні западин, залежно від того, на якій бічній стороні зафіксований припуск $z_{\max\max}(N)$.

Розроблені за зазначеними підходами методики апробовані на основі результатів вибіркового вимірювання припуску в заводських умовах (таблиця).

Таблиця

Результати розрахунку максимального припуску для статистичного підходу

N	2	3	4	8	10	20	40
A , мм	0,047	0,175	0,128	0,146	0,147	0,147	0,147
z_0 , мм	0,2335	0,2603	0,2523	0,2573	0,2587	0,2614	0,2617
$\Delta z_{\text{світ}}$, мм	0,0235	0,0875	0,064	0,073	0,0735	0,0735	0,0735
$\Delta z_{\text{стрч}}$, мм	0,5876	0,3635	0,1732	0,098	0,0822	0,052	0,0354
z_{\max} , мм	0,8446	0,7112	0,4895	0,4283	0,4144	0,3869	0,3706

Примітка: заготовка ЗК ДТМВ.478 БЭ.40.005

Видно, що зі збільшенням числа вимірів N величина припуску z_{\max} зменшується. Описаний спосіб визначення величини максимального припуску в западинах ЗК із урахуванням результатів вибіркового вимірів дозволяє істотно зменшити число необхідних вимірів для виявлення максимального розрахункового припуску, що підлягає видаленню при зубошліфуванні. Показано, що загальний час операції зубошліфування, який складається із часу налагодження (вимірювання припуску) і часу обробки (зубошліфування), зменшується.

Висновки

1. Розроблено алгоритм перерахування невизначеності припуску в його додаткову величину (добавку до припуску), яку можна реалізувати шляхом відводу шліфувального круга від заготовки зубчастого колеса перед зубошліфуванням. Це дозволить за рахунок невеликого збільшення часу зубошліфування усунути можливість появи шліфувальних дефектів, викликаних непередбаченим збільшенням фактичного припуску, у тому випадку, коли западина з максимальним припуском була пропущена при вимірюванні припуску на етапі налагодження зубошліфувального верстата.

2. Отримано розрахункові формули для визначення припуску на зубошліфування залежно від числа його вимірів на етапі налагодження верстата з ЧПК, що (число) може змінюватися від двох до максимального значення, рівного числу западин на заготовці зубчастого колеса.

Список літератури

1. *Производство зубчатых колес: Справочник* / С.Н. Калашников, А.С. Калашников, Г.И. Кован и др.; Под общей ред. Б.А. Тайца. – 3-е изд. перераб. и дополн. – М.: Машиностроение, 1990. – 464 с.
2. *Калашников П.А. Повышение эффективности изготовления цилиндрических зубчатых передач за счет применения процесса непрерывного обратного зубошлифования с радиально-диагональным движением подачи: автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.02.08 "Технология машиностроения"* / П.А. Калашников. – М., 2009. – 23 с.
3. *Лищенко Н.В. Оптимизация числа измерений припуска по впадинам зубчатого колеса* / Н.В. Лищенко, В.П. Ларшин. – Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта / Матеріали конф. 21-24 червня 2016 р.: Одеса-Київ, 2016. – С. 229-230.

UDC 621.923.4

Larshin V.P., Doctor of Science, professor, Lishchenko N.V., PhD, associate professor

1 - Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine

2 - Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

GRINDING SYSTEM MODELLING TO SIMPLIFY DECISION MAKING

In accordance with the Systems Engineering (theory of technical systems) one of the important initial stages of a system development is an adequate representation of the system from the concept stage to the running one. The system design includes its description, modelling and simulation, which may be represented in the respective formats: verbal description (text) in ordinary languages, graphical representations (e.g., block diagram, graphs, timing diagram), special signs systems (e.g., programming languages), mathematical model, the combined method, etc. Selecting an appropriate way of the system representation depends on the purpose both of the study and design. If the purpose is to create conditions to ensure the desired course of a process, when the process is the developing system, then it should be said of the system operation and control algorithms. In this case the technical system is being developed in the form of a control system model. In this modelling versus simulation the system is a mathematical abstraction that is taken as a model of a dynamic phenomenon which represents this phenomenon in terms of mathematical relations [1]. According to H. Freeman such a system is characterized by the input u , state x and output y (Fig. 1, a).

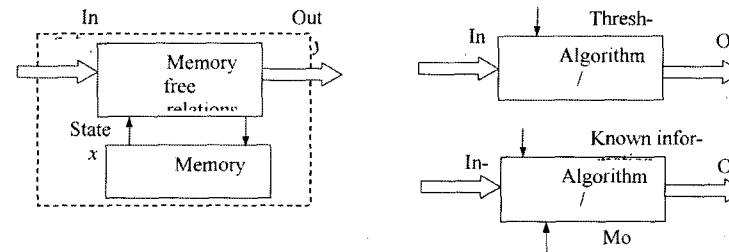


Fig.1 – Representation of the grinding system based on "input-state-output" model (a) [1], and those for decision making both without (b) and with (c) a model [2]

The input u in the form of a set of time functions (e.g., in time domain) is the external forces (input variables) which are acting upon the grinding process that represents the dynamic phenomenon mentioned. The state x is a form of the system state-space representation, which with the input affects the output y . The output y in similar form is the measures of the grinding process result, i.e. output quantities belonging to the ground part (part accuracy, surface finish and surface integrity). The question has always been of the transient function that is equal to y divided by u i.e., y/u , and about of the origin and the nature of this function. Dependence between u and y may be not only strong or wear but also deterministic or probabilistic. That's why two scientific approaches are used to find the answer to this question: both theoretico-probabilistic and frequency ones.

A basic characteristic of any dynamic phenomenon is its behavior at any time and whether or not the behavior is traceable not only to the presently applied forces but also to those applied in the past. A dynamic phenomenon (process) may or may not possess a memory depending on whether or not the effect of past applied forces is stored. In this connection the state x of the system is a vector function of time (i.e., in time domain) as well as both the input u and output y . In grinding it may be corresponding signals like those of grinding forces F (e.g., normal, vertical) in Newtons (Fig.2).