

Рис. 3. Обобщенный алгоритм функционирования системы технического диагностирования

Разработка автоматической системы диагностики с применением предложенного алгоритма, формирование соответствующих функциональных блоков системы позволит повысить качество процесса механообработки, его производительность и исключить аварийные ситуации.

Выводы

Процесс механической обработки (ПМО) является сложной, многопараметрической системой со скрытыми сложными, часто нелинейными зависимостями в связях и множеством различных возмущающих факторов. Это обуславливает малую надежность процесса, что требует постоянного автоматического контроля.

Главной причиной потери качества ПМО является возрастание величины силы резания вследствие прогрессирующего износа инструмента $\Delta P_{\text{из}}$. Эта величина с ростом износа и трения в зоне контакта образует внутренний замкнутый контур связей, который формирует увеличение этих параметров по ходу обработки и соответственно, нарастание дефекта процесса.

Литература

1. Остафьев В.А., Антонюк В.С., Тымчик Г.С. Диагностика процесса металлообработки. К.: Техника, 1991. -С.27-28.
2. Волосов С.С. Активный контроль размеров. М.: Машиностроение, 1984. -223с.
3. Румбешта В.А. Автоматический контроль и диагностика процесса механической обработки на станках с ЧПУ // сб. научн. труд. конф. "Прогрессивные технологические процессы". К.: Знание, 1986. -С.16-19.

<p>Румбешта В.А., Сліпченко В.П. Діагностика втрати надійності технологічного процесу точінням</p> <p>В роботі розглядається нова методика, інформаційні моделі механіки зносу інструмента, алгоритми побудови системи діагностики металообробних процесів на верстатах з ЧПК, на основі віброакустичного моніторингу технічного стану процесу різання при точінні.</p>	<p>Rumbeshta V.A., Slipchenko V.P. Diagnostics of the quality worsening of the technical process of cutting when sharpening</p> <p>A new method is worked in work, informative models of mechanics of wear of instruments, algorithms of building process diagnostic system metal-working processes on computerized machine-tools, on the basis of the vibroacoustic monitoring of the technical process of cutting when sharpening</p>
--	--

*Надійшло до редакції
22 березня 2008 року*

УДК 621.785.375:620.152

РОЗПОДІЛ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В КРУТИЛЬНИХ КІЛЬЦЯХ

Чередніков О.М, Ігнатенко П.Л., Борисов О.О., Чернігівський державний технологічний

університет, м. Чернігів, Україна

Запропоновано метод вимірювання залишкових напружень, заснований на визначенні неелектричних величин електричними методами. Досліджено залежність розподілу залишкових напружень від типу метрологічної схеми, положення і розміру досліджуваної ділянки, довжини жорсткого подовжувача. На підставі одержаних результатів зроблені висновки про керування впливом технологічних залишкових напружень на експлуатаційні параметри виробів

Вступ. Постановка задачі

Нерівномірні залишкові напруження, які внаслідок об'єктивних причин формуються в деталях на всіх етапах технологічного процесу їхнього виготовлення, з часом викликають значні відхилення форми, що безпосередньо впливає на надійність роботи виробу. Виготовлені з високою точністю деталі втрачають свою початкову точність внаслідок перерозподілу технологічних залишкових напружень, що виникають при експлуатації або зберіганні.

Дослідження впливу технологічних операцій на залишкові напруження в маложорстких кільцях є важливою виробничою і науковою задачею [1, 2, 4, 5]. Дослідженню технологічних залишкових напружень (ТЗН) присвячені праці багатьох вчених технологів-машинобудівників. Академіком М.М. Давиденковим запропоновано механічний метод вимірювання ТЗН. В працях професора І.Е. Біргера систематизовані та математично обґрунтовані методи визначення ТЗН. Розглядалися питання точності, пов'язані з перерозподілом залишкових напружень на різних етапах технологічного процесу механічної обробки, вивчався механізм формування ТЗН при обробці лезовим інструментом, досліджувався механізм регулювання залишкових напружень пластичним деформуванням поверхні.

Метою даної роботи є дослідження розподілу ТЗН в крутильних кільцях на різних операціях технологічного процесу виготовлення, формулювання практичних рекомендацій (на основі аналізу отриманих результатів) для керування впливом ТЗН на експлуатаційні властивості крутильних кілець.

Методи і результати

Для вирішення поставленої задачі запропонований метод вимірювання залишкових напружень, заснований на визначенні неелектричних величин (переміщень) електричними методами. Переміщення рухомого краю консольно закріпленого і попередньо розрізаного вздовж твірної кільцевого зразка можна визначити двома, принципово відмінними способами:

- 1) шляхом вимірювання переміщень консольно закріпленого кільцевого зразка;
- 2) шляхом вимірювання контактної сили жорстко закріпленого кільцевого зразка.

Перший спосіб реалізується шляхом встановлення стійки з трьома індикаторами, за допомогою яких безпосередньо вимірюються переміщення рухомого краю по трьох координатах; в другому способі передбачається використовувати універсальний динамометр, який, завдяки особливостям в своїй конструкції дає змогу вимірювати складові контактної сили по трьох взаємно-

перпендикулярних осях. Потім одержані значення сили по тарировочним графікам переводяться в переміщення [5].

Другий спосіб є більш прийнятний, оскільки дає можливість вимірювати переміщення в більш широких межах (при з травлюванні). Для досліджень були відібрані кільця після попередньої механічної обробки (чорнової), після термічної обробки (нітроцементация з наступним гартуванням), а також після галтування.

За експериментальними даними проведених досліджень були побудовані графіки залежності переміщення по кожній з трьох координат від часу травлення (рис.1).

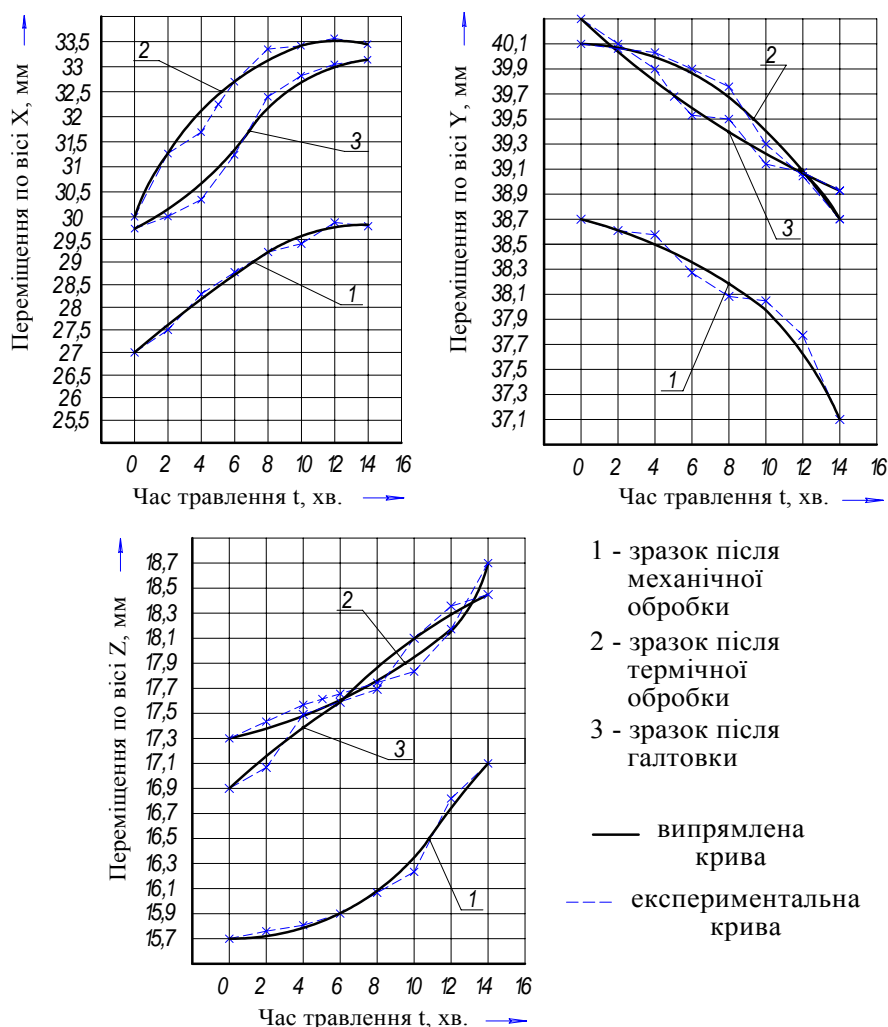


Рис. 1. Траєкторії переміщень консольного краю кільця по кожній з трьох координат

Знаючи складові переміщення рухомого краю кільця по кожній з трьох координат, можна обчислити загальне переміщення f_i як корінь квадратний з суми квадратів переміщень:

$$f_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \quad (1)$$

де x_i, y_i, z_i – переміщення рухомого краю кільця по кожній з трьох координат.

Після цього, знаючи залежність глибини стравленого шару користуючись тарировочним графіком), можна визначити деформацію (переміщення), зв'язану з прогином кільця при зтравлюванні досліджуваної поверхні на глибину h_i (рис. 2).

Деформація, зв'язана з прогином кільця при його розрізанні f_e визначається наступним чином. Оскільки перед зтравлюванням кільце жорстко фіксується відносно динамометра, то після розрізання його вздовж твірної динамометр зафіксує деякі показання складові сили по трьох координатах. Перевівши ці показання в переміщення (за допомогою тарировочного графіка), отримаємо складові переміщення по трьох координатах. За аналогією (див. формулу 1) визначимо сумарне переміщення, пов'язане з прогином кільця при його розрізанні:

$$f_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2} \quad (2)$$

$$f_2 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z_2^2} \quad (3)$$

$$f_3 = \sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2} \quad (4)$$

де f_1, f_2, f_3 – переміщення рухомого краю кільця по кожній з трьох координат в результаті розрізки вздовж твірної зразків відповідно після механічної обробки, термічної обробки та після галтування.

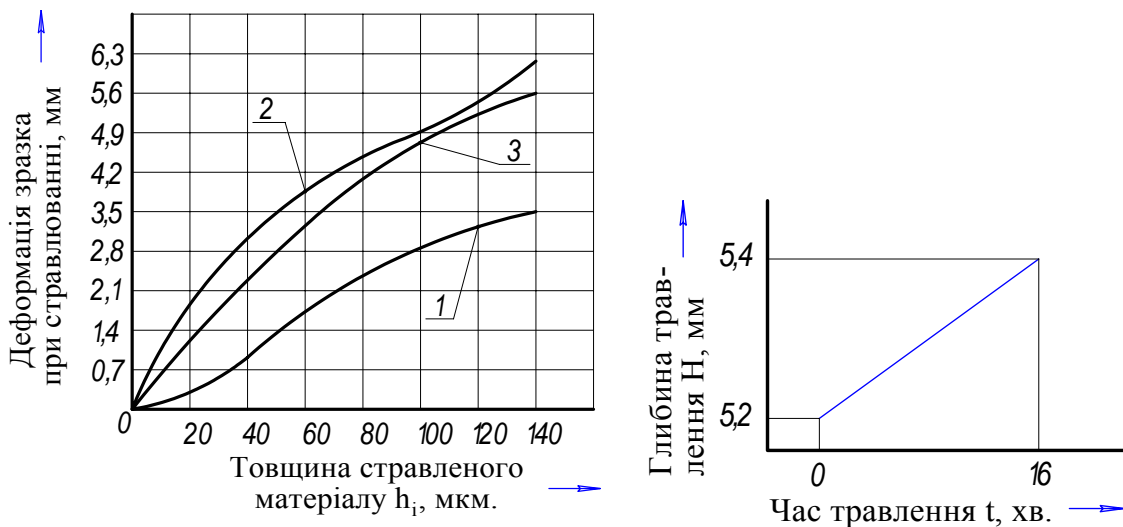


Рис. 2. Деформації кілець залежно від глибини травлення, де: 1 – зразок після механічної обробки; 2 – зразок після термічної обробки; 3 – зразок після галтування

Як видно з результатів досліджень, операція гідроабразивного галтування (див. рис. 2, крива 3), яка проводиться одразу після термічної обробки, практично не впливає на ТЗН в кільцях. В той же час на стадії термічної обробки, яка відбувається відразу після механічної, коли профіль робочої поверхні кільця вже сформовано, в поверхневих шарах кілець закладаються значні за величиною ТЗН. Розрахунок ТЗН в досліджуваних кільцях ґрунтується на використанні залежностей [1]:

$$\sigma_i = \frac{2 \cdot E \cdot f_e}{D^2 \cdot k_y} \cdot (H - h_i) - E \cdot \varepsilon_\phi + \frac{E \cdot (H - h_i)}{3 \cdot D^2 \cdot k_y} \cdot \left[(H - h_i) \frac{df_i}{dh_i} - 4 \cdot f_i \right] \quad (5)$$

де σ_i – тангенціальні нормальні залишкові напруження, що існували у вилученому i -ому шарі кільцевого зразка (спрямовані по дотичній до його осі);

E – модуль пружності;

f_e, f_i – відповідно деформація, зв'язана з прогином кільця при його розрізанні і при зтравлюванні досліджуваної поверхні на глибину h_i ;

D – середній діаметр кільця;

H – висота перетину кільцевого зразка;

h_i – товщина вилученого шару;

$E\varepsilon_\varphi$ – відносне подовження на осі зразка при вирізці;

k_y – коефіцієнт підсилення прийнятої метрологічної схеми.

Коефіцієнт підсилення прийнятої метрологічної схеми для вимірювання переміщення краю жорсткого подовжувача, спрямованого по нормалі, при консольному закріпленні іншого краю зразка, розраховується, виходячи з заданих початкових умов проведення експерименту при відомих геометричних параметрах кільцевого зразка [3,6]:

$$k_y = \left(\frac{l_y}{D} + 0,5 \right) \cdot \varphi_0 + \cos \frac{\varphi_y}{2} \cdot \sin \frac{\varphi_0}{2} \quad (6)$$

де l_y – довжина жорсткого подовжувача;

φ_y – кут між краями розрізаного кільцевого зразка;

φ_0 – кут дуги ділянки, яка стравлюється.

Але в кожному конкретному випадку формула матиме дещо відмінний вид. Це пов'язано з тим, що в даному випадку дослідження проводяться вже на готових кільцях (тобто таких, що не вирізаються з труби), тому формула дещо зміниться. Зокрема в ній буде відсутній доданок $E\varepsilon_\varphi$ – відносне подовження на осі зразка при його вирізці з труби. І тому в цьому разі формула (5) набуває вигляду:

$$\sigma_i = \frac{2 \cdot E \cdot f_e}{D^2 \cdot k_y} \cdot (H - h_i) + \frac{E \cdot (H - h_i)}{3 \cdot D^2 \cdot k_y} \cdot \left[(H - h_i) \frac{df_i}{dh_i} - 4 \cdot f_i \right] \quad (7)$$

де σ_i – тангенціальні нормальні залишкові напруження, що існували у вилученому i -ому шарі кільцевого зразка (спрямовані по дотичній до його осі);

E – модуль пружності;

f_e, f_i – відповідно деформація, зв'язана з прогином кільця при його розрізанні і при зтравлюванні досліджуваної поверхні на глибину h_i ;

D – середній діаметр кільця;

H – висота перерізу кільцевого зразка;

h_i – товщина вилученого шару;

k_y – коефіцієнт підсилення прийнятої метрологічної схеми.

Оскільки, залишкові напруження σ_i , які існують в поверхневих шарах, фактично, є функцією від глибини стравленого шару h_i (решта складових – модуль пружності E , деформації, пов'язані з прогином кільця при його розрізанні і при зтравлюванні досліджуваної поверхні, геометричні параметри поперечного пе-

перізу – є константами), то результати розрахунку зручно представити у вигляді графіків залишкових напружень залежно від глибини стравленого шару (рис. 3).

Висновки

Досліджено залежність розподілу залишкових напружень в залежності від технологічних методів формування поверхневого шару крутильних кілець. По результатам досліджень, операція гідроабразивного галтування, яка проводиться одразу після термічної обробки, практично не впливає на ТЗН в кільцях. В той же час на стадії термічної обробки, яка відбувається відразу після механічної, коли профіль робочої поверхні кільця вже сформовано, в поверхневих шарах кілець закладаються значні за величиною ТЗН.

Як видно з експериментальних графіків, найбільша величина ТЗН спостерігається в кільцях, які пройшли стадію термічної обробки. Після термічної обробки, звісно, відбувається різка зміна фізико-механічних властивостей поверхневого шару (змінюється зернистість, мікроструктура, твердість матеріалу), в тому числі залишкові напруження.

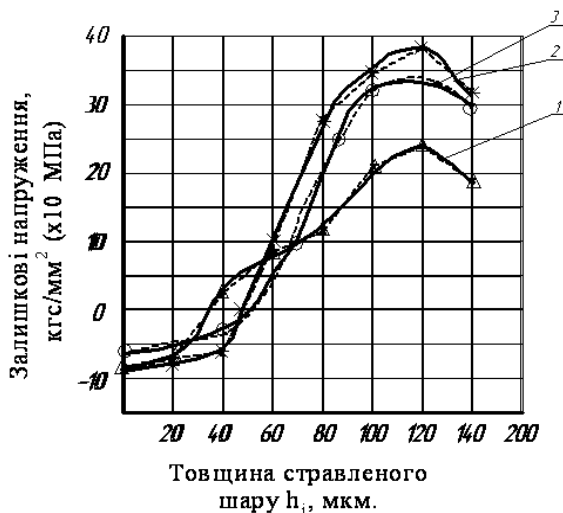


Рис. 3. Графічна інтерпретація ТЗН в поверхневих шарах досліджуваних кілець, де: 1 – зразок після механічної обробки; 2 – зразок після термічної обробки; 3 – зразок після галтування

Література

1. Биргер И.Э. Остаточные напряжения. - М.: Машгиз, 1963. - 232 с.
2. Подзей А.В. и др. Технологические остаточные напряжения. - М.: Машиностроение, 1973. - 216 с.
3. Чередников О.Н., Игнатенко П.Л., Чередников И.О. Технические требования к крутильным и прядильным кольцам. Оснастка для исследования остаточных напряжений / Сборник докладов международной научно-практической конференции в 2-х частях – Чернигов: ОАО „Химтекстильмаш”, 2005. – с. 239-243.
4. Г.С.Писаренко, Н.С. Можаровский. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести. Справочное пособие. – Киев:Наук. думка, 1981. – 496 с.
5. Р.А.Макаров. Тензометрия в машиностроении. Справочное пособие – М.:Машиностроение, 1975. – 288 с.

Чередников О.Н., Игнатенко П.Л., Борисов А.А. **Распределение остаточных напряжений в крутильных кольцах**
Предложен метод измерения остаточных напряжений, основан на определении неэлектрических величин электрическими методами. Исследована зависимость распределения остаточных напряжений от типа метрологической схемы, положения и размера исследуемого участка, длины жесткого удлинителя.

Cherednikov O.N., Ignatenko P.L., Borisov O.O. **Distribution of remaining tensions in turing rings**
The method of measuring of remaining tensions is offered, based on getermination of analectic sizes electric methods. Dependence of distributing of remaining tensions is probed on the type of the utilized chart, length of the hard extending, position of the probed area. On the basis of results conclusions are done about influence of

На основе полученных результатов сделаны выводы об управлении влиянием технологических остаточных напряжений на эксплуатационные параметры изделий	technological remaining tensions on operating properties of getails.
--	--

*Надійшла до редакції
28 березня 2008 року*