

С.М.Добровлянський канд.техн.наук, доц., П.С.Вишневський ст.викл.,  
С.Ф.Калантир ст.викл., Н.К.Злочевська асп.  
НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИМІРУ ТА МЕТОДИКИ ТАРУВАННЯ ДАТЧИКА ЗУСИЛЛЯ

*Приведенная методика позволяет упростить тарирование, увеличить метрологические характеристики и позволяет измерять усилия обратного направления*

*The resulted method allows to simplify taring, increase metrology descriptions and allows to measure efforts of reverse direction*

Розроблена та відпрацьована система виміру зусилля, дозволяє вимірювати зусилля, та за допомогою аналого цифрового перетворювача (АЦП) типу ADA -1406 відцифровувати дані та передавати через канал USB безпосередньо на комп'ютер. Розроблений з використанням пакету графічного програмування Lab VIEW віртуальний прилад виконує (при необхідності) математичні та логічні операції над потоком даних з АЦП, відображає їх графічно на панелі керування та записує дані на жорсткий диск комп'ютера

*Мета* – створити та обґрунтувати системи виміру зусилля деформації в реальному часі з реєстрацією та обробкою на комп'ютері.

В якості датчика зусилля використовують тензорезистивну месдозу. Зазвичай датчик зусилля кріпиться до хвостовика пресу. На наведеній схемі збірки штампа для вимірювання зусилля при виконанні операцій пресування та витягування (рис 1), датчик встановлюється безпосередньо під елементом, що сприймає це зусилля. Оптимальний варіант тарування полягає в навантаженні в зібраному стані месدوزи та силосприймаючого елемента (пуансона) на тарованій випробувальній машині. В зв'язку з великими габаритами збірки, такий варіант не можливий. Пропонується месдозу тарувати окремо, а результати тарування корегувати з урахуванням зусилля попереднього затягування. Стяжні елементи 4 разом з елементом 5 та 6 забезпечують взаємну фіксацію положення месدوزи, пресштемпелья та матриці. Мета тарування - встановлення залежності між зусиллям процесу та вихідним сигналом датчика.

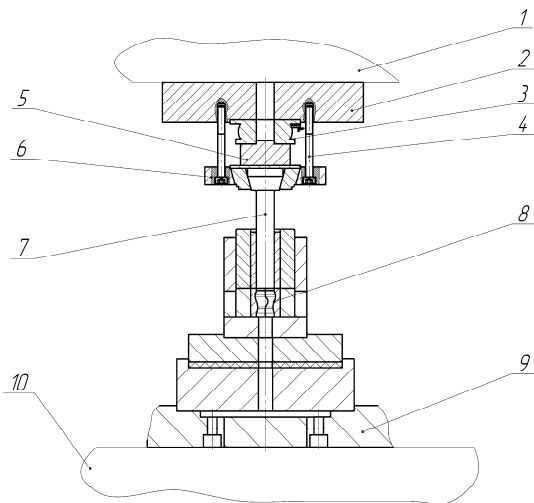


Рис 1 Схема збірки штампа

1 – повзун преса; 2 – верхня плита штампа; 3 – месдоза; 4 – стяжні болти; 5 – центруюча шайба; 6 – нажимне кільце; 7 – пресштемпель; 8 – бандажована матриця; 9 – нижня плита штампа; 10 – стійка преса

Оптимальний варіант тарування полягає в навантаженні в зібраному стані месدوزи та силосприймаючого елемента (пуансона) на тарованій випробувальній машині. В зв'язку з великими габаритами збірки, такий варіант не можливий. Пропонується месдозу тарувати окремо, а результати тарування корегувати з урахуванням зусилля попереднього затягування.

Для корекції тарувального графіка збірку месدوزи - стяжні елементи потрібно розглядати як попередньо напружену систему, яка складається з двох пружних елементів: власне месدوزи з жорсткістю

$C_m$  та стяжних елементів з жорсткістю  $C_c$  попередньо стягнутих зусиллям  $F_0$ .

Жорсткість месдози визначається виразом (1)

$$C_m = \frac{E}{\sum \frac{l_i}{s_i}}, \quad (1)$$

де  $E$  - модуль пружності матеріалу  $i$ -того елемента месдозы;

$l_i$  та  $s_i$  відповідно його довжина та площа поперечного перетину.

Жорсткість стяжних елементів  $C_c$  визначається аналогічно.

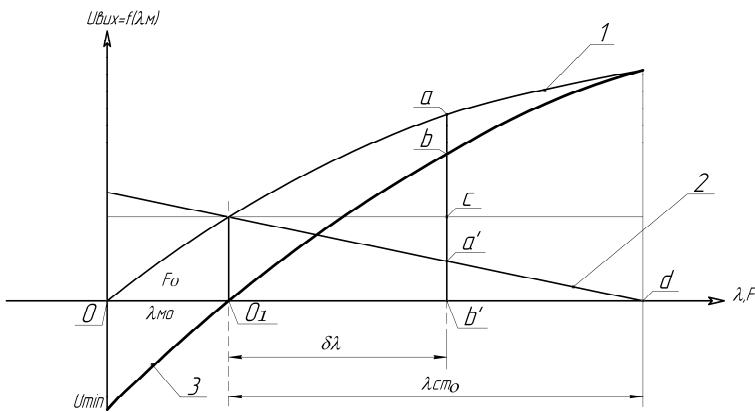


Рис 2. Діаграма корегування тарувального графіка

Методика корегування тарувального графіка пояснюється діаграмою рис.2

На діаграмі:

1 – графік тарування вільної

месдозы;

2 – графік деформація (зусилля) вихідний сигнал;

$\lambda_{mo}$  – початкова деформація месдозы

$$\lambda_{mo} = \frac{F_0}{c_m}; \quad (2)$$

$\lambda_{cm.o}$  – початкова деформація стяжних елементів

$$\lambda_{cm.o} = \frac{F_0}{c_{cm}}. \quad (3)$$

При навантаженні попередньо напруженої зусиллям  $F_0$  системи месдоза - стяжний елемент технологічним зусиллям  $F_t$  додаткова деформація месдозы дорівнюватиме

$$\delta\lambda = \frac{F_m}{C_m} \quad (4)$$

де  $F_m$  - додаткове зусилля, яке сприйме при цьому месдоза (відрізок  $a-c$ ); це зусилля менше від  $F_t$  на величину розвантаження стяжних елементів (відрізок  $a'-c$ );

$$F_c = \delta_m C_c \quad (5)$$

Технологічне зусилля є сумою  $F_m$  та  $F_c$ , тобто (відрізок  $a-a'$ );

$$F_t = F_m \left( 1 + \frac{c_c}{c_m} \right) = F_m \cdot K \quad (6)$$

Оскільки  $F_m$  є величина зусилля, якому відповідає конкретне значення вихідного сигналу при таруванні незатягнутої месдозы, то корегування графіка зводиться до "розтягування" осі зусиль в  $K$  разів і перенесенні початку координат графіка зусилля-вихідний сигнал в точку графіка, з координатою  $\{F_0, 0$  при балансуванні вимірювальної схеми після затяжки системи зусиллям  $F_0$ .

При цьому вертикальні відрізки від осі  $\lambda, F$  відкоригованого графіка (лінія 3) дорівнює відрізкам  $a-a'$  при кожному  $\delta\lambda$ , а шкала зусиль визначається за виразом

$$F_t = (F_{cm} - F_0) \left( 1 + \frac{c_{cm}}{c_m} \right) \quad (7)$$

Наведена методика корегування тарувального графіка справедлива тільки при постійних значеннях жорсткостей  $C_m$  та  $C_c$ , що не викликає сумніву в зв'язку з не перевищенням максимальних робочих напружень пружних елементів межі пропорційності ( $\sigma_{max} < 400$  МПа для месдоз (нагартівана сталь 30 ХГСА) та 150 МПа для стяжних шпильок). Нелінійна залежність вихідного сигналу від зусилля, яка мала місце при таруванні месдоз для його вимірювання при виконанні операцій витяжки та пресування на гідравлічному пресі (діапазон вимірювання 0...1 Мн), може бути пояснена впливом ще двох факторів - амплітудною не лінійністю підсилювача (зняття амплітудної характеристики підсилювача, виконаного на основі інструментального операційного підсилювача INA-128, не виявило не лінійності), та зменшенням чутливості тензодатчиків при збільшенні їх деформації. Причиною останнього, як вказують [1] та [2], є зменшення активної довжини тензодатчика.

Для забезпечення безрозривності відкоригованого тарувального графіка в повному діапазоні вимірювання необхідно, щоб деформація стяжних елементів від попереднього затягування була не менше деформації месдоз від максимального вимірювального зусилля, тобто

$$F_0 \geq F_{max} \frac{c_c}{c_m} \quad (8)$$

Крім спрощення самого процесу тарування, попередньо напружена месдоза має ще одну суттєву перевагу в порівнянні з "вільною" - можливість вимірювання зусиль зворотного знаку в межах від 0 до

$$F_{min} = F_0 \frac{c_c}{c_m} \quad (9)$$

#### Висновки

1. Розроблена система виміру зусилля деформації з реєстрацією та обробкою на комп'ютері.
2. Встановлена залежність між зусиллям процесу та вихідним сигналом датчика.
3. Розроблена методика спрощує тарування та дозволяє вимірювати зусилля зворотного напрямку (зйому виробу з пуансону, виштовхування).

#### Список літератури

1. Шушкевич В.А. Основы электротензометрии. Минск, "Высшая Школа", 1975.
2. Клокова Н.П. Тензорезисторы: Теория, методики расчета, разработки, - М.; Машиностроение, 1990 -224с.