

УДК 681.5

Рудь В.Д. д.т.н., проф., Смолянкін О.О.
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ СКЛАДНИХ ТРАЄКТОРІЯХ НАВАНТАЖЕННЯ

Rud V., Smolyankin O.
Luck natsyonalntsyu Technical University, Luck, Ukraine

AUTOMATED MEASURING SYSTEM FOR STUDYING THE PROPERTIES OF POROUS MATERIALS UNDER COMPLEX LOADING PATHS

Наведений аналіз експериментальних досліджень механіки деформування та установок для проведення експериментальних досліджень. Приведено опис вимірювального комплексу для дослідження механічних і фізичних властивостей порошкових матеріалів. Представлені засоби вимірювання силових і деформаційних параметрів та їх тарувальні залежності. Розроблена електрична схема узгодження тензометрів. Побудована модель автоматизованої системи регулювання силових параметрів навантаження з подальшою рєєстрацією деформаційних характеристик з використанням нечіткої логіки.

Ключові слова: програмно-апаратний комплекс, тензорезистори, нечітка логіка, тарування.

Вступ

У механіці матеріалів важливу роль відіграє проблема постановки та здійснення коректних експериментальних досліджень. Роль експерименту зростає тим більше, чим він більше наближається до реальної ситуації.

Досягнення поставленої мети можливе за наявності сучасного обладнання та достовірних методик експериментальних досліджень, які дозволяють отримати надійні результати при різних схемах навантаження та деформування і враховувати вплив інших факторів (температура, швидкість деформування та ін.) [1],[2].

Аналіз експериментальних досліджень механіки деформування стосовно металевих порошків та пористих матеріалів показує, що умовно можна виділити два напрями. Перший спрямований на розв'язання питань, які пов'язані зі впливом пористості на фізико – механічні властивості матеріалів. Другий напрямок досліджень основну увагу приділяє питанням формоутворення та консолідації порошкових та пористих матеріалів. При цьому досліджується залежність фізико-механічних та структурних властивостей від таких технологічних параметрів, як гранулометричний склад шихти, метод формування, ступінь легування та низки інших факторів.

Дослідити вплив історії навантаження та схем деформування на фізико-механічні та технологічні характеристики стисливих середовищ можливо при використанні установок з високим тиском.

Установки для проведення експериментальних досліджень при високих тисках за ознакою дії силового параметру поділяються на три групи:

1. Установки зі змінним робочим тиском;
2. Установки з незалежним регулюванням двох силових параметрів – тиску робочого середовища q та осьової сили P , або тиску робочого середовища q та крутного моменту $M_{кр}$.
3. Установки з незалежним регулюванням трьох силових параметрів – тиску робочого середовища q , осьової сили P , крутного моменту $M_{кр}$.

Мета

Метою даної роботи є розробка програмно-апаратного комплексу на базі розривної машини ИП 5047-50 та побудова моделі автоматизованої системи регулювання видовження деталі з використанням нечіткої логіки.

Основний зміст досліджень

Базовий варіант розривної машини ИП 5047-50 може забезпечити проведення фізико-механічних дослідів на розтяг, стиск. У задачу модернізації входило надання можливості додатково навантажувати зразок крутним моментом та внутрішнім тиском

Загальна схема комплексу включає три модулі: модуль складного тривісного навантаження, модуль реєстрації та управління, модуль обробки та аналізу результатів випробувань.

Модуль складного тривісного навантаження являє собою конструкторську частину установки. До його складу було введено редуктор з двигуном для проведення випробувань на кручення. Момент, що навантажує досліджуваний зразок, реєструється тензорезисторами і для контролю – зразковим динамометром. Осьове зусилля при розтягу-стиску створюється за допомогою рухомої траверси. Швидкість її переміщення регулюється блоком управління приводом. Осьове зусилля вимірюється за допомогою спеціальної динамометричної головки.

Блок управління включає в себе встановлений комплекс, що складається з двох частотних перетворювачів MFC 710, які дають змогу реалізувати зміну параметрів роботи двигунів (кількість обертів, напрям обертання тощо) в одночасному режимі. Частотні перетворювачі оснащені виходами для підключення до модуля обробки результатів дослідження.

Модуль реєстрації і управління призначений для проведення багатоканальних вимірювань вихідних сигналів. Він складається з тензорезисторів, підсилювачів вихідного сигналу (рис.1) та аналогово-цифрового перетворювача (АЦП Е14-440) для представлення результатів вимірювання в цифровому вигляді.

Інформацію з модуля реєстрації і управління, надходить до модуля обробки та аналізу результатів вимірювання, який був створений саме з метою роботи системи в автоматичному режимі. Даний модуль являє собою блок ЕОМ та відповідне програмне забезпечення. Робота частотних перетворювачів керується програмою з ПК. Незалежне керування осьовою силою P , крутним моментом $M_{кр}$, внутрішнім тиском q дає можливість реалізувати будь які складні траєкторії навантаження..

Для зняття силових і деформаційних характеристик були розроблені і проградуировані пристрої вимірювання:

силові датчики

- канал вимірювання осьового зусилля;
- канал вимірювання крутного моменту;
- канал вимірювання тиску;

деформаційні датчики

- канал вимірювання осьових переміщень по базі;
- канал вимірювання зовнішніх радіальних переміщень;
- канал вимірювання тангенціальних переміщень.

Для отримання дійсних значень

вимірювальних параметрів були побудовані тарувальні залежності, які апроксимували методом найменших квадратів і отримували кінцевий тарувальний графік, що виражається функцією

$$Y = f(X)$$

де X – вимірювальна величина в В;

Y – відповідна дійсна величина вимірювальних параметрів у відповідних одиницях.

Для прогнозування автоматичного керування по складним траєкторіям навантаження зразків був застосований метод нечіткої логіки [4], [5].

На рисунках 2 і 5 показано схеми механізмів вводу-вивода процесу впливу тиску і пористості на механічні властивості мідних пористих зразків.

Нечітка модель впливу тиску і пористості на зміну висоти деталей

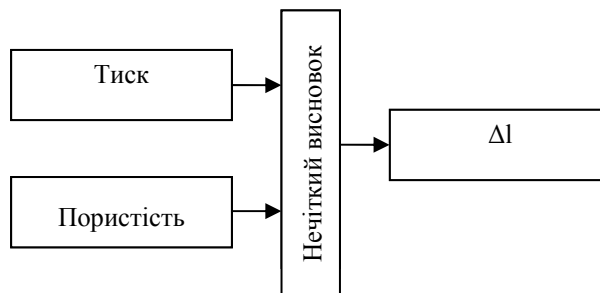


Рис. 2. Алгоритм нечіткого вводу-виводу процесу впливу тиску і пористості на зміну Δl пористих мідних зразків

В якості вхідних лінгвістичних змінних використовуємо терм-множини p і $teta$.

- p для вхідної змінної «Тиск» має вигляд $p = (p_1(0-100), p_2(75-225), p_3(200-400), p_4(350-650), p_5(600-800), p_6(750-950), p_7(900-1100), p_8(1000-1200))$;

- $teta$ для вхідної змінної «Пористість» має вигляд $teta = (r_2(4.64-10.64), r_3(9.77-13.77), r_4(12-16))$;

Для вихідної лінгвістичної змінної використовуємо терм-множину l

- l для вихідної змінної « Δl » має вигляд $l = (mf_1(-0.05-0.02), mf_2(0-0.08), mf_3(0.07-0.19), mf_4(0.15-0.49), mf_5(0.4-0.8), mf_6(0.7-1.2))$;

Для фазифікації вхідних і вихідних змінних пропонується трикутна форма функцій приналежності (Рис. 3 а, б, в).

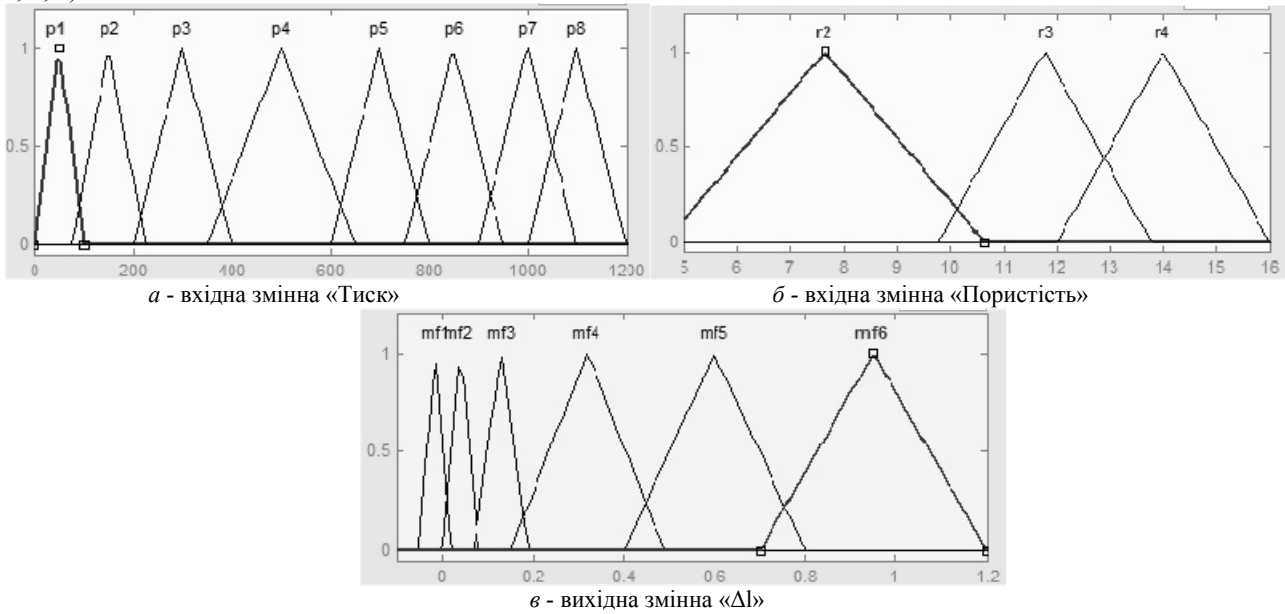


Рис. 3. Функції приналежності

Поверхні нечіткого виводу (рисунки 4 і 7) закладаються в програму керування експериментом. Ця програма використовується для загального аналізу адекватності нечіткої моделі і дозволяє оцінити вплив пористості і тиску на значення видовження.

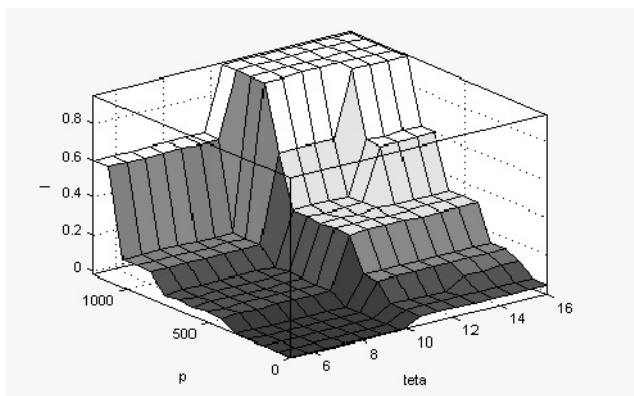


Рис. 4. Поверхня нечіткого виводу залежності Δl від пористості і тиску

Нечітка модель впливу тиску і пористості на зміну діаметру деталей

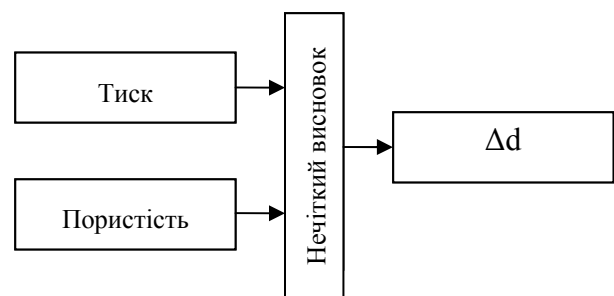


Рис. 5. Алгоритм нечіткого вводу-виводу процесу впливу тиску і пористості на зміну розмірів зразків пористих мідних зразків

В якості вхідних лінгвістичних змінних використовуємо терм-множини p і $teta$.

- p для вхідної змінної «Тиск» має вигляд $p = (p_1(0-50), p_2(40-110), p_3(90-160), p_4(140-260), p_5(240-460), p_6(400-750), p_7(700-850), p_8(800-1000), p_9(950-1050), p_{10}(1000-1100), p_{11}(1050-1200))$;

- $teta$ для вхідної змінної «Пористість» має вигляд $teta = (r_2(4.64-10.64), r_3(9.77-13.77), r_4(12-16))$;

Для вихідної лінгвістичної змінної використовуємо терм-множину d

- l для вихідної змінної « Δd » має вигляд $l = (mf_1(0-0.012), mf_2(0.008-0.022), mf_3(0.018-0.042), mf_4(0.038-0.062), mf_5(0.058-0.082), mf_6(0.078-0.102), mf_7(0.098-0.122), mf_8(0.118-0.172))$;

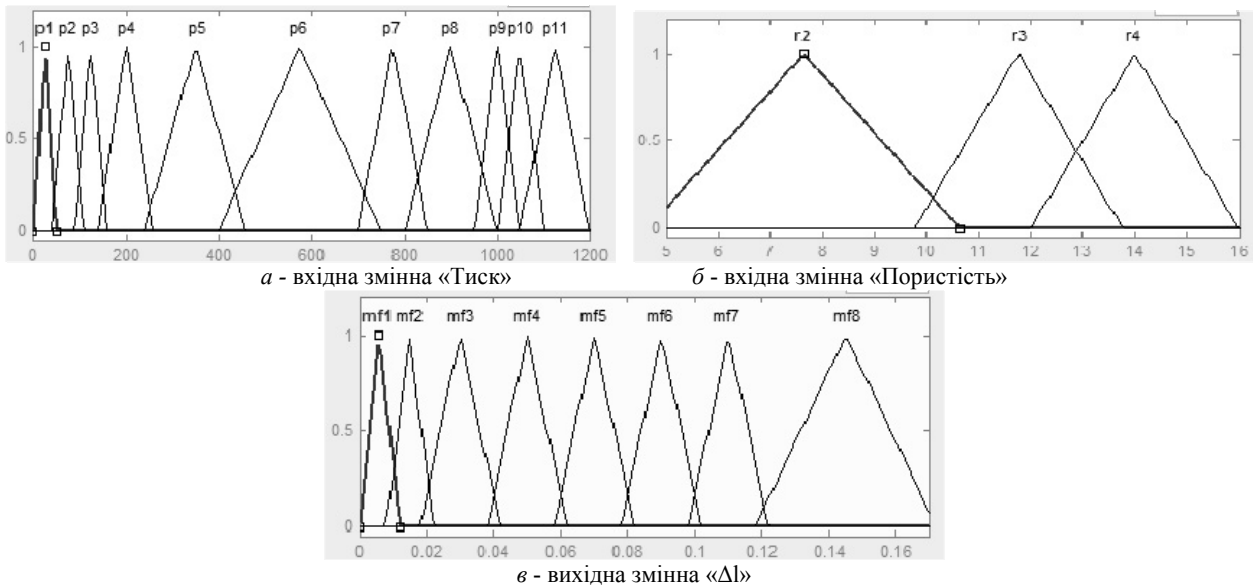


Рис. 6. Функції приналежності

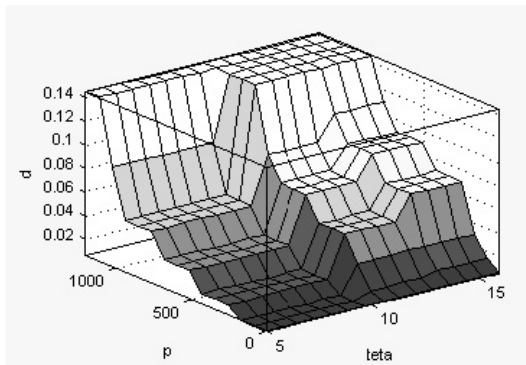


Рис. 7. Поверхня нечіткого виводу залежності ΔL від пористості і стиску

На базі розглянутих нечітких моделей була побудована модель автоматизованої системи регулювання силових параметрів навантаження з подальшою реєстрацією деформаційних характеристик з використанням нечіткої логіки (рис. 8).

Вхідні параметри:

dl – задане видовження деталі(мм)

M–моменткручення прикладене до деталі(10^{-2} кН*м)

Вихідні параметри:

p – тиск потрібний для досягнення заданого видовження(кг)

dl2 –отримане видовження деталі(10^{-2} кН*м)

В якості моделі об'єкта управління використовується нечітка модель(fis). Вхідними параметрами для неї є тиск і кручення, а вихідним видовження деталі.

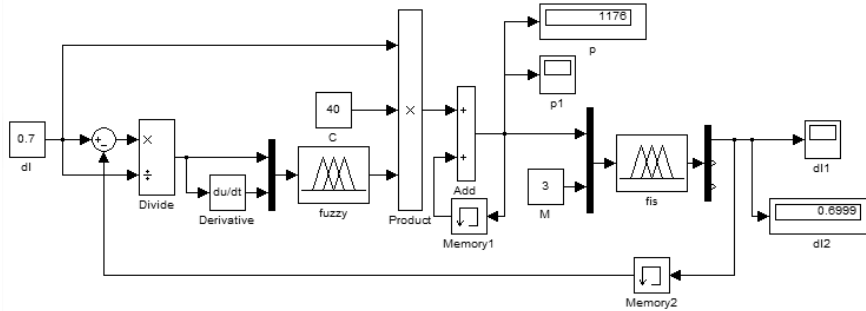
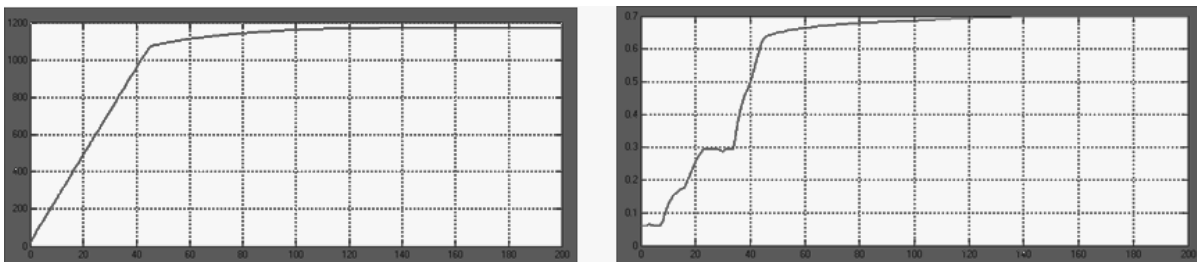


Рис. 8. Модель автоматизованої системи регулювання видовження деталі з використанням нечіткої логіки



а - Потрібний тиск

б - Отримане видовження

Рис. 9. Результат роботи регулятора при dl=0.7 M=3

Висновки

Вперше для побудови моделі процесу впливу пористості і тиску на механічні властивості мідних порошкових матеріалів застосовується нечіткий підхід, який дозволяє приймати рішення при дослідженні впливу пористості на механічні властивості мідних порошкових матеріалів і підвищити рівень інформації про процес на підставі суб'єктивних оцінок експертів.

Отримані результати адекватні реальним об'єктам і можуть використовуватись для дослідження властивостей пористих матеріалів.

Аннотация. Приведен анализ экспериментальных исследований механики деформирования и установок для проведения экспериментальных исследований. Приведено описание измерительного комплекса для исследования механических и физических свойств порошковых материалов. Представлены средства измерения силовых и деформационных параметров и их тарировочной зависимости. Разработана электрическая схема согласования тензометров. Построенная модель автоматизированной системы регулирования силовых параметров нагрузки с последующей регистрацией деформационных характеристик с использованием нечеткой логики.

Ключевые слова: программно-аппаратный комплекс, тензорезисторы, нечеткая логика, тарирования

Abstract. Purpose. Development of hardware-software complex based on IR 5047-50 tensile machine, model building automated control systems elongation details, modeling and forecasting the behavior of porous materials under complex loading trajectories with the use of fuzzy logic.

Design/methodology/approach. The authors reviewed the methods of deformation of structural materials neodnorodnyh and installation for studying deformation and strength properties of powder materials. The developed device for lifting strength and deformation characteristics of a tenzometric sensors. Constructed tarivalni dependence. Models of porous materials based on fuzzy logic. We recommend using the method of fuzzy logic to predict material behavior under complex loading paths.

Findings. Developed a model plant and automated control systems of power load parameters, followed by registration of deformation characteristics using fuzzy logic

Originality/value Appropriate use of fuzzy logic method for modeling the behavior of porous materials.

Keywords: software and hardware, gauges, fuzzy logic, calibration.

1. Лебедев А.А. Механические свойства конструкционных материалов при сложном состоянии / А.А. Лебедев, Б.И. Ковальчук, Ф.Ф. Гигиняк, В.П. Ламашевский // Справочник-Киев: Наукова думка, 1983.-366с.
2. Писеренко Г.С. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии / Г.С. Писеренко, А.А. Лебедев // -Киев.: Наукова думка, 1976.-415с.
3. Кайбышев О.А. Установка для проведения испытаний материалов в условиях сложного нагружения / О.А. Кайбышев, Р.А. Васин, В.К. Бердин, Р.М. Кашаев // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2000. №4(т.66).с.50-53.
4. Михалев А.И. Моделирование нечеткого логического вывода в задачах идентификации / А.И. Михалев., Е.Ю. Новикова // Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління «Нові технології». -Кременчук. -2006. -№2(12).-с.181-183.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. -СПб.: БХВ-Петербург, 2003.-736 с.

REFERENCES

1. Lebedev A.A., Kovalchuk B.I., Giginjak F.F., Lamashevskij V.P. Mehanicheskie svojstva konstrukcionnyh materialov pri slozhnom sostojanii [Directory]. Kyiv: Naukova dumka, 1983. 366p.
2. Piserenko G.S., Lebedev A.A. Deformirovanie i prochnost materialov pri slozhnom naprjazhennom sostojanii. Kyiv: Naukova dumka, 1976. 415p.
3. Kajbyshev O.A., Vasin R.A., Berdin V.K., Kashaev R.M. Ustanovka dlja provedenija ispytanij materialov v uslovijah slozhnogo nagruzenija. Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov. [Factory laboratory. Diagnostic materials.] 2000. No 4(t.66). pp.50-53.
4. Mihalev A.I., Novikova E.Ju. Modelirovanie nechetkogo logicheskogo vyvoda v zadachah identifikacii. Naukovij visnik Kremenchuckogo universitetu ekonomiki, informacijnih tehnologij i upravlinnja «Novi tehnologii».[Scientific Journal of Kremenchug University of Economics, Information Technology and Management "New Technology"]. Kremenchuk. 2006. No 2(12). pp.181-183.
5. Leonenkov A.V., Nечetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH.-SPb.[BHV]. Peterburg, 2003. 736p.