

Система керування автоматизованим вимірювальним комплексом для дослідження властивостей пористих матеріалів на базі нечіткого нейроконтролера

Олег Смолянкін, Людмила Маркіна

Кафедра автоматизованого керування технологічними процесами, Луцький національний технічний університет, УКРАЇНА, м.Луцьк, вул.Потебні, 56, E-mail: marckina.luda@rambler.ru

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 taruvalni 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.

Ключові слова: вимірювальний комплекс, кластеризція, нечітка логіка, ПД-контролер, нейроконтролер.

I. 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.).

За останні десятиліття зроблені великі успіхи в області розвитку теорії формування пористих матеріалів. Це дозволило розробити і частково використати в промисловості нові методи отримання ефективності виробництва і покращення якості пористих деталей. Проте, незважаючи на широке застосування, властивості пористих матеріалів досліджені далеко не повною мірою.

Аналіз сучасного обладнання експериментальних досліджень в області механіки деформування стововно металевих порошків та пористих матеріалів показує, що для здійснення коректних експеримен-

тальних досліджень необхідно розробити автоматизовану систему керування комплексом для моделювання та дослідження властивостей пористих матеріалів.

Дослідженням властивостей структурно-неоднорідних матеріалів свого часу займалася досить значна кількість дослідників. Так Лебедев А.А. в [1], Писаренко Г.С., в [2] вивчали механічні властивості матеріалів при складних навантаженнях. Проектуванням установок для проведення випробувань матеріалів займались Кайбишев О.А., Васин Р.А. [3], Смолянкін О.О. [3]. Незважаючи на зусилля науковців ряд проблем в галузі вивчення структурно-неоднорідних матеріалів все ще залишаються відкритими. Тому важливим є подальше впровадження новітніх технологій у процеси дослідження, що дозволить отримувати експериментальні дані більшої точності та зменшити при цьому кількість витрачених матеріальних та людських ресурсів.

II. Мета

Метою даного дослідження є розробка моделі впливу тиску, кручення і початкової пористості на зміну пористості зразків з використанням нечіткої логіки та пакету прикладних програм Matlab, а саме пакету Fuzzy Logic Toolbox. Необхідно перевірити адекватність даної моделі експериментальним даним та створити математичну модель отриманої нечіткої моделі. Також потрібно розробити систему керування комплексом для дослідження властивостей пористих матеріалів для автоматизованого регулювання видовження деталі з використанням нечіткої логіки в програмному пакеті Simulink, що дозволить спостерігати за роботою даної моделі в кожен момент часу симулювання. Необхідна розробка програмно-апаратного комплексу на базі розривної машини ІР 5047-50, та розробка нечіткого нейроконтролера системи регулювання видовження деталі.

III. Основний зміст досліджень

Поставлене завдання є комплексним і вимагає як розробки програмного забезпечення, так і апаратного комплексу для зняття параметрів заготовок та регулювання їх видовження.

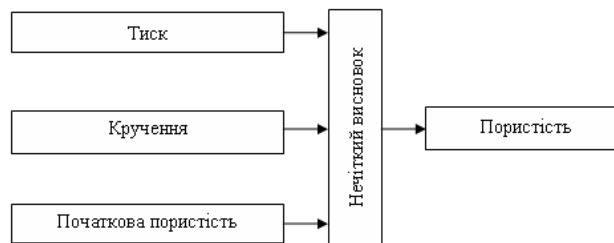


Рис. 1. Механізм нечіткого вводу-виводу процесу впливу тиску, кручення і початкової пористості на зміну пористості мідних зразків

Математичний апарат теорії нечітких множин дозволяє побудувати модель об'єкта, базуючись на нечітких правилах [5, 6]. Нечіткі моделі описують явища і процеси реального світу на звичній мові за

допомогою лінгвістичних змінних. Ці переваги обумовили широке використання нечіткої логіки для рішення задач автоматичного управління, прийняття рішень, прогнозування в різних прикладних галузях науки, техніки і економіки.

В якості вхідних лінгвістичних змінних використовуємо терм-множини Р, М і PorS.

Р для вхідної змінної «Тиск» має вигляд (Рис. 2.а):

P1(0,00 – 115,57), P2(0,00 – 231,14), P3(115,57 – 346,70), P4(231,14 – 462,27), P5(346,70 – 577,84), P6(462,27 – 693,41), P7(577,84 – 808,97), P8(693,41 – 924,54), P9(808,97 – 1040,11), P10(924,54 – 1040,11).

М для вхідної змінної «Кручення» має вигляд (Рис. 2.б):

M1(0,00 – 1,07), M2(0,00 – 2,13), M3(1,07 – 3,20), M4(2,13 – 4,26), M5(3,20 – 5,33), M6(4,26 – 6,39), M7(5,33 – 7,46), M8(6,39 – 7,46).

PorS для вхідної змінної «Початкова пористість» має вигляд (Рис. 2.в):

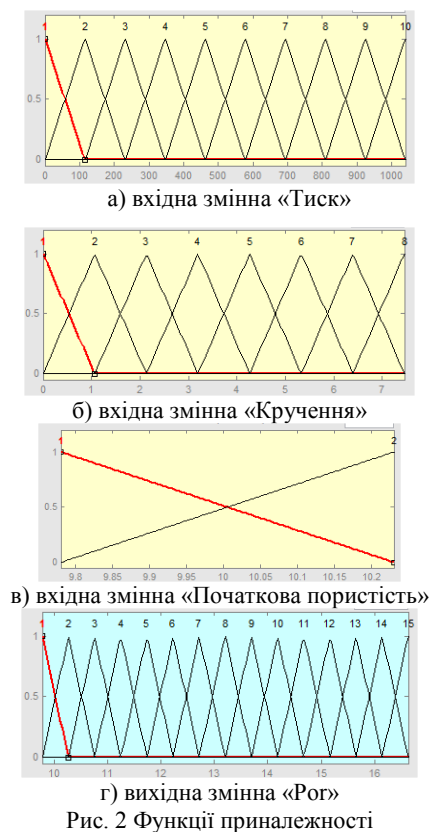
PorS1(9,78 – 10,23), PorS2(9,78 – 10,23).

Для вихідної лінгвістичної змінної використовуємо терм-множину Por.

Por для вихідної змінної «Пористість» має вигляд (Рис. 2.г):

Por1(9,78 – 10,27), Por2(9,78 – 10,76), Por3(10,27 – 11,25), Por4(10,76 – 11,74), Por5(11,25 – 12,23), Por6(11,74 – 12,72), Por7(12,23 – 13,21), Por8(12,72 – 13,69), Por9(13,21 – 14,18), Por10(13,69 – 14,67), Por11(14,18 – 15,16), Por12(14,67 – 15,65), Por13(15,16 – 16,14), Por14(15,65 – 16,63), Por15(16,14 – 16,63).

Для фазифікації вхідних і вихідних змінних пропонується трикутна форма функцій приналежності (Рис. 2 а, б, в, г).



Для остаточного аналізу розробленої нечіткої моделі може виявитися корисною програма перегляду поверхонь нечіткого виводу (рисунки 3 і 4). Ця програма використовується для загального аналізу адекватності нечіткої моделі і дозволяє оцінити вплив зміни значення вхідних нечітких змінних на значення вихідної нечіткої змінної.

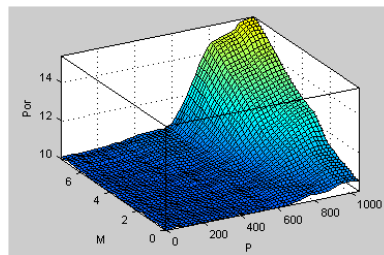


Рис. 3. Поверхня нечіткого виводу залежності пористості від тиску і кручення при початковій пористості 9.78

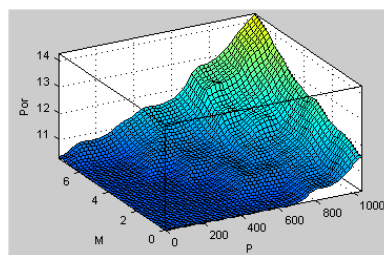


Рис. 4. Поверхня нечіткого виводу залежності пористості від тиску і кручення при початковій пористості 10.23

Для перевірки адекватності моделі будемо графік залежності пористості від тиску і кручення використовуючи розроблену модель та графік відповідних експериментальних даних (рис. 5). Відповідно до отриманих графіків модель є адекватною.

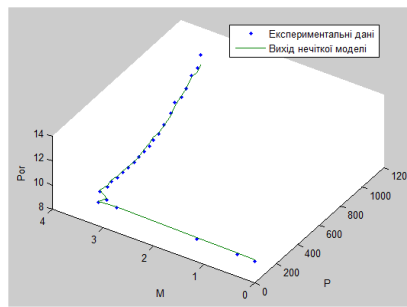


Рис. 5. Перевірка адекватності моделі

Створено математичну модель отриманої нечіткої моделі.

$$\mu_P(x_P) = \bigcup_{i=1}^m (\mu_{P_{R(i,P)}}(x_P)) \quad m = 180$$

$$\mu_M(x_M) = \bigcup_{i=1}^m (\mu_{M_{R(i,M)}}(x_M)) \quad m = 180 \quad (1)$$

$$\mu_{PorS}(x_{PorS}) = \bigcup_{i=1}^m (\mu_{PorS_{R(i,PorS)}}(x_{PorS})) \quad m = 180$$

де μ_P – набір правил для змінної Р, μ_M – набір правил для змінної М, μ_{PorS} – набір правил для змінної

PorS, m – кількість нечітких правил, R(i, P), R(i, M), R(i, PorS) – номер нечіткого терма що відповідає i-тій змінній P, M чи PorS відповідно.

Використавши операцію нечіткого «І» об'єднуємо три набори правил в базу нечітких правил:

$$\begin{aligned} \mu_{tm}(x) &= \mu_P(x_P) \cap \mu_M(x_M) \cap \mu_{PorS}(x_{PorS}) = \\ &= \bigcup_{i=1}^m (\mu_{PR(i,P)}(x_P) \cap \bigcup_{i=1}^m (\mu_{MR(i,M)}(x_M) \cap \\ &\quad \cap \bigcup_{i=1}^m (\mu_{PorSR(i, PorS)}(x_{PorS})) \quad m = 180 \end{aligned} \quad (2)$$

де $x = \{x_P, x_M, x_{PorS}\}$ – вектор з трьох вхідних змінних x_P, x_M, x_{PorS} .

Далі визначаємо степінь приналежності до кожного з 15-ти можливих вихідних термів.

$$\mu_{PorK}(x) = \bigcup_{i=1, R(i, Por)=k}^m (\mu_{ti}(x)) \quad m = 180 \quad k = \overline{1, 15} \quad (3)$$

Заключною частиною є процедура нечіткого виводу в фізичну змінну – дефазифікація.

$$Z = \max \{ \mu_{PorK}(x) \} \quad i = \overline{1, 15} \quad (4)$$

Після розробки нечіткої та математичної моделей впливу тиску, кручення і початкової пористості на зміну пористості порошкових матеріалів можливе її застосування у системі керування комплексом для дослідження властивостей пористих матеріалів.

Система автоматизованого керування забезпечує контроль трьох параметрів заготовки, а саме:

- тиск прикладений до заготовки;
- крутний момент прикладений до заготовки;
- зміна довжини заготовки; при заданій сталій початковій пористості деталі.

Вимірвальний комплекс базується на розривній машині IP-5047-50. Швидкість переміщення траверси і крутного моменту регулюється за допомогою частотних перетворювачів.

Зняття показників здійснюється за допомогою тензодатчиків. За допомогою мікроконтролера знімається аналоговий сигнал з тензодатчиків і відбувається його передача на ЕОМ. Сигнал керування від ЕОМ надходить до частотних перетворювачів і здійснюється керування двигунами траверси і моменту. Зв'язок з комп'ютером відбувається через послідовний інтерфейс RS-232. Для реалізації передачі даних між контролером та ЕОМ використовується узгоджуючий модуль-перетворювач.

Оскільки дана система є дуже складною, побудова її математичної моделі класичними методами є неможливою. Тому для побудови потрібної моделі використовується обробка даних роботи об'єкта із застосування апарату нечіткої логіки [3]. Нечіткі моделі описують явища і процеси реального світу на звичній мові за допомогою лінгвістичних змінних. Регулятори створені за допомогою нечіткої логіки, в певних випадках, дозволяють забезпечити більш високі показники якості перехідних в порівнянні зі

звичайними регуляторами. Проблема створення бази правил є однією з ключових задач при створенні нечіткого регулятора. Для її вирішення використовуються різні методи: опитування досвідченого оператора, запис рішень прийнятих оператором в певних ситуаціях чи відслідковування бажаної траєкторії управління. Механізм роботи даної моделі показаний на рис. 6.

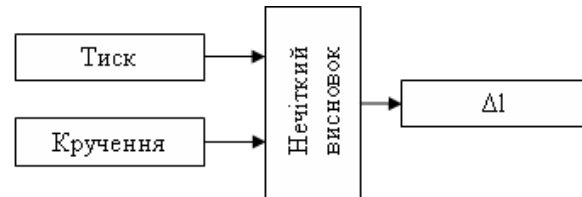


Рис. 6 Механізм нечіткого вводу-виводу процесу впливу тиску і кручення на зміну Δl пористих мідних зразків.

При побудові нечіткої моделі об'єкта використовується кластеризація даних про роботу об'єкта.

Для кластеризації використовується набір зі 110 експериментальних даних: вхідні – тиск і кручення та вихідні – зміна довжини.

На основі отриманих кластеризованих даних була побудована відповідна нечітка модель.

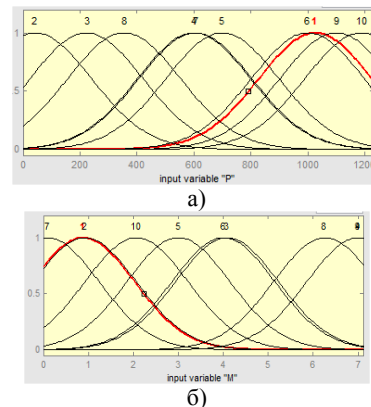


Рис. 7. Отримані функції приналежності для: а) змінної "Р" б) змінної "М"

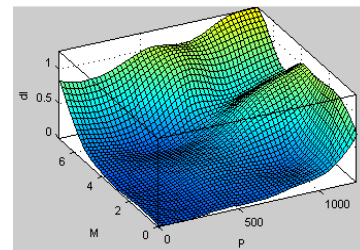


Рис. 8. Поверхня нечіткого виводу отриманої моделі

Було розроблено нечіткий нейроконтролер [8], та звичайний ПД-контролер для порівняння ефективності їх роботи.

Проведений порівняльний аналіз перехідних процесів при використанні двох контролерів (рис. 11) показав, що нечіткі контролери по швидкодії кращі за класичні.

В пакеті MATLAB Fuzzy Logic Toolbox було створено нечіткий нейроконтролер (рис. 13). На рис. 10

показано систему управління ОУ з його використанням та поверхню нечіткого виводу отриманої моделі (рис. 12).

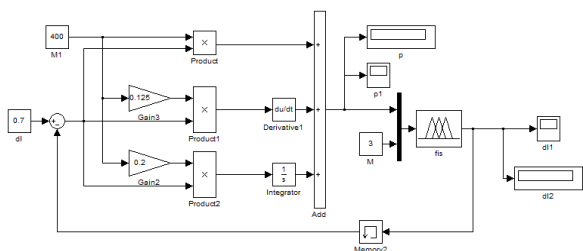


Рис. 9. Система управління з ПІД-контролером

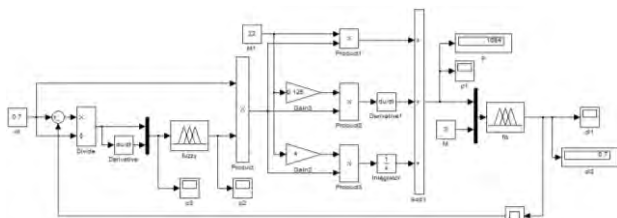


Рис. 10. Система управління з нечітким нейроконтролером

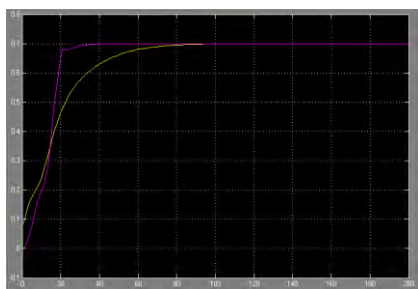


Рис. 11. Графіки перехідних процесів в системі з нечітким нейроконтролером і ПІД-контролером

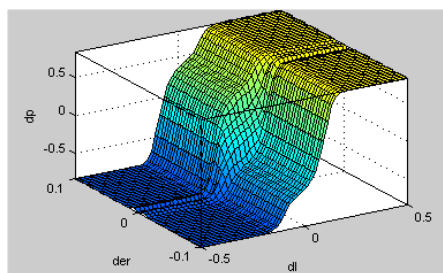


Рис. 12. Поверхня нечіткого виводу отриманої моделі

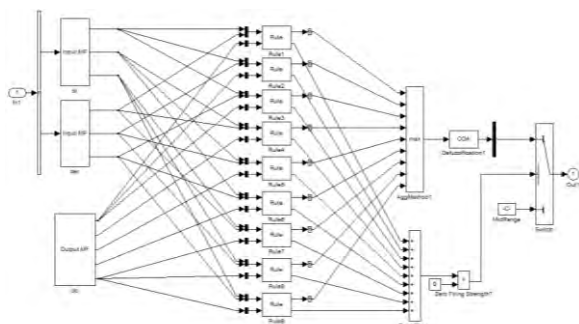


Рис. 13. Внутрішня структура нечіткого нейроконтролера

Висновок

Сворено модель впливу тиску, кручення і початкової пористості на зміну пористості зразків з використанням нечіткої логіки. Перевірено адекватність даної моделі еспериментальним даними. Створено математичну модель отриманої нечіткої моделі. На основі проведеного аналізу методів і засобів обробки інформації та управління складними динамічними об'єктами в умовах неповноти інформації про їх властивості та діючих збуреннях встановлено, що все більшого поширення набувають методи управління на основі гібридного застосування нечіткої логіки і нейромережевої технології. Розроблено структуру нечіткого нейроконтролера для управління вимірним комплексом.

References

- [1] A. A. Lebedev, B. I. Koval'chuk, F. F. Giginjak, V. P. Lamashevskij, *Mechanicheskie svojstva konstrukcionnyh materialov pri sloznom sostojanii* [Mechanical properties of construction materials at the difficult state]. Kiev: Naukova dumka Publ., 1983.
- [2] G. S. Piserenko, A. A. Lebedev, *Deformirovanie i prochnost' materialov pri sloznom naprjazhennom sostojanii* [Deformation and durability of materials at the difficult tense state]. Kiev: Naukova dumka Publ., 1976.
- [3] O. A. Kajbyshev, R. A. Vasin, V. K. Berdin, R. M. Kashaev, "Ustanovka dlja provedenija ispytanj materialov v uslovijah slozhnogo nagruženija" [Fluidizer testing of materials in the conditions of difficult lading], *Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov.* – Factory laboratory. Diagnostic materials. no. 4, pp. 50-53, 2000.
- [4] O. A. Smolyankyn, "Avtomatyzirovannyj kompleks dlja opredelenija mekhanycheskykh kharakterystyk pry sloznom nahruženij" ["Automated complex for determination of mechanical descriptions at a difficult lading"], *Reolohichni modeli ta protsesy deformuvannya porystykh i kompozytsijnykh materialiv – Reologic models and processes of deformation of porous and composition materials* pp. 35-36, 1997.
- [5] A. I. Mihalev, E. Ju. Novikova, "Modelirovanie nechetkogo logicheskogo vyvoda v zadachah identifikacii" ["A design of unclear inferencing in the tasks of authentication"], *Naukovij visnik Kremenčuc'kogo universitetu ekonomiki, informacijnih tehnologij i upravlinnja «Novi tehnologii»* – Scientific Herald of Kremenčug University of Economics, Information Technology and Management "New Technology", no. 2, pp. 181-183, 2006.
- [6] A. V. Leonenkov, *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH* [An unclear design is in the environment of MATLAB and fuzzyTECH]. Saint-Petersburgh: BHV Publ., 2003.