

**ІНФОРМАТИКА,  
ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ****І.Г. Грабар, Р.В. Колодницька, Ю.О. Подчашинський****КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ  
ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ТА РУЙНУВАННЯ ТВЕРДИХ ТІЛ**

*Представлені результати дослідження процесу пластичної деформації металів у районі шийки за допомогою розробленого програмно-апаратного комплексу. Показано, що кінетика деформації на різних ланках шийки має квазіперіодичний нелінійний характер.*

Розвиток числових методів та використання підходів термоактиваційного аналізу і синергетики в останні 20 років суттєво вплинули на досягнення механіки деформованого твердого тіла.

Проте, як правило, названі підходи дають гарні прогнозуючі оцінки у наближенні стаціонарної геометрії області, що деформується. В той же час, врахування стадії нестаціонарної геометрії (від початку утворення шийки і до повного руйнування) дає можливість побудувати більш точні прогнозуючі співвідношення. Ставилась задача на основі останніх досягнень комп'ютерних технологій розробити сучасний програмно-апаратний комплекс для дослідження кінетики пружно-пластичного деформування та руйнування твердих тіл, включаючи стадію зародження та розвитку шийки, з подальшою комп'ютерною обробкою результатів та уточненням термоактиваційних параметрів, викликаних стадією нестаціонарного пластичного деформування.

Цей програмно-апаратний комплекс, який описаний в [1, 2], може функціонувати на персональному комп'ютері типу Pentium і складається з апаратного і програмного компонентів. До апаратного компонента входять: персональний комп'ютер, відеоблок (відеокамера і відеомагнітофон) та оверлейна відеоплата. Програмний компонент, як складова частина розробленого комплексу, включає в себе стандартну програму Microsoft Video for Windows [3], програму масштабування та програму покадрової обробки зображень.

Автоматизована обробка процесу пластичного деформування виконується таким чином:

1. Процес пружно-пластичної деформації фіксується за допомогою відеокамери на відеоплівку.
  2. Одержане зображення, що відтворюється на відеомагнітофоні, вводиться у персональний комп'ютер через оверлейну плату за допомогою програми VidCap, що входить як складова частина до Video for Windows. Введене зображення запам'ятовується на жорсткому диску у файлі формату AVI. Цей файл має наступні параметри: частота кадрів відеозображення – 1 кадр за секунду, розмір кадру – 640×480 пікселів, глибина кольору – 1байт (256 кольорів).
  3. З одержаного файла формату AVI, використовуючи програму Videdit (пакет Video for Windows), виділяються окремі кадри (рис. 1, рис. 2) і передаються у програму Adobe PhotoShop 3.0.
  4. Кадри зображення, що містяться у графічних файлах, перетворюються у двохградацийні зображення в растрових графічних файлах, які запам'ятовуються у файлах формату РСХ. Цей формат має параметри: глибина кольору 1 біт (2 кольори), двохградацийне зображення.
  5. Далі графічні файли передаються програмі обробки і масштабування зображення. Ця програма виділяє на зображенні контур досліджуваного зразка і визначає його геометричні розміри.
  6. Дані про геометричні розміри зразка передаються у програму Microsoft Excel 7.0.
- Програма обробки та масштабування зображення виконана на мові Borland Pascal 7.0 і виконує наступні функції:
1. Пошук растрових графічних зображень у форматі РСХ, що створені в заданій папці на жорсткому диску.
  2. Сортування знайдених зображень у порядку зростання номера кадру в вихідній відеопослідовності.
  3. Завантаження зображення, що міститься у графічному файлі формату РСХ в оперативну пам'ять комп'ютера і вилучення з нього інформації про зображення.
  4. Виділення на зображенні контуру зразка і представлення його у вигляді масиву з координатами точок, що утворюють цей контур.
  5. Розрахунок геометричних розмірів зразка.
  6. Накопичення результатів розрахунків для кожного кадру відеопослідовності у таблиці, яка запам'ятовується на жорсткому диску у вигляді файла текстового формату.

Користуючись розробленим програмно-апаратним комплексом, були досліджені особливості нестационарного деформування плоских зразків з технічного алюмінію в районі шийки ( $a_0 = 5$ ,  $b_0 = 14$ ) при різноманітних початкових довжинах зразків і різноманітних швидкостях деформування.



Рис. 1. Комп'ютерне дослідження процесу пластичної деформації. Перший кадр



Рис. 2. Комп'ютерне дослідження процесу пластичної деформації. Останній кадр

На рис. 3 показані профілограми (зміна ширини зразка вздовж його робочої довжини) за останні 17 секунд перед руйнуванням, які зняті за допомогою програмно-апаратного комплексу.

Для більшої інформативності при дослідженнях використовувався метод сіток [4]. Для цього на деяких зразках методом дряпання наносилась квадратна сітка розміром  $1 \times 1$  мм. Додатково на поверхню зразка наносились більш широкі кольорові полоси, які також використовувались для покращення програмної обробки відеозображення.

На рис. 4, на прикладі одного з алюмінієвих плоских зразків, показана зміна видовження ділянки зразка довжиною 34 мм, куди входить шийка, за останні 23 секунди перед руйнуванням, тобто в той час, коли процес пластичної деформації втрачає стійкість. Як видно з рис. 4, цей процес має характерний ступінчастий характер.

Зроблена спроба дослідити деформування окремих ділянок шийки зразка (рис. 5, рис. 6).

Алюмінієвий зразок розбивався за довжиною зразка на ділянки довжиною  $\Delta l = 1$  мм. Досліджувалась зміна довжини  $\Delta l$  кожної з 6 ділянок з часом у районі шийки. Рахунок ділянок йде, починаючи від лінії руйнування. Дослідження проводилось через секунду за останні 10 секунд перед

руйнуванням. Виявлено, що довжина кожної ділянки з часом змінюється за нелінійним законом. Але при порівнянні графіків сусідніх ділянок виявлено цікаву закономірність: в основному максимуми на графіку однієї ділянки відповідають мінімуму на іншій ділянці.

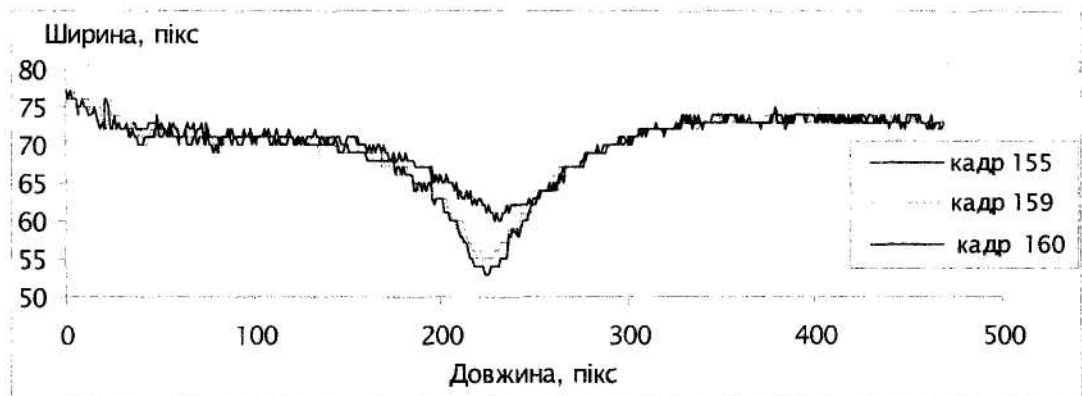


Рис. 3. Профілограми шийки за останні секунди перед руйнуванням

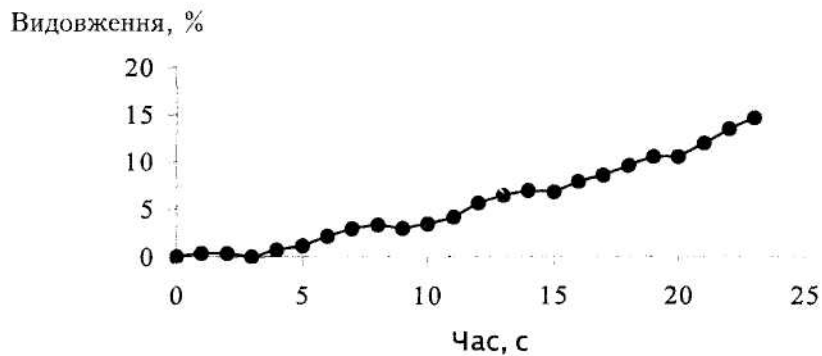


Рис. 4. Зміна видовження в закритичний період руйнування

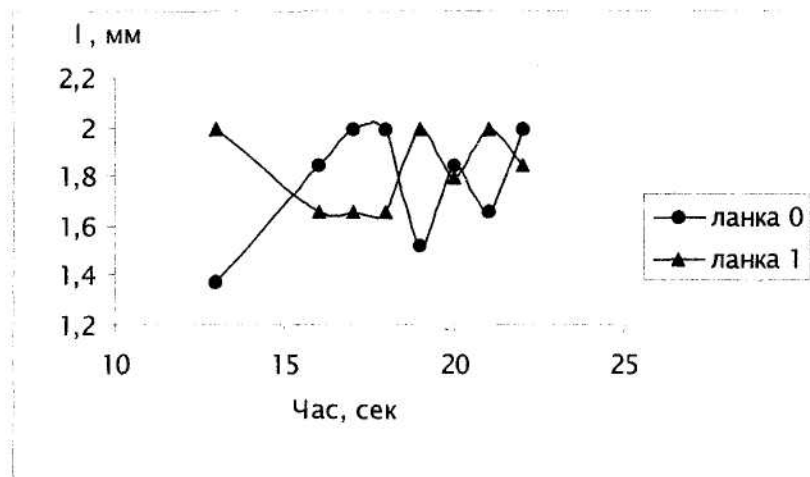


Рис. 5. Кінетика деформування на різних ланках шийки (ланки 0 і 1)

Подібні результати на макрорівні одержали автори [5], які представляють процес локальної формозміни, як чергування звуження і видовження, або як виникнення шийки в шийці.

Для уточнення одержаних графіків було проведено розбиття процесу деформування з частотою 10 кадрів за секунду, але оскільки оперативної пам'яті комп'ютера для захвату кадрів з такою частотою було недостатньо, ми змушені були вибрати розрізнення 320×240, що знизило точність відеозображення і не дозволило детальніше дослідити цей процес.

Висновки:

1. За допомогою розробленого програмно-апаратного комплексу з використанням наведеної вище методики можливо знімати профілі шийок у процесі деформації зразка з достатньою для інженерних розрахунків точністю.

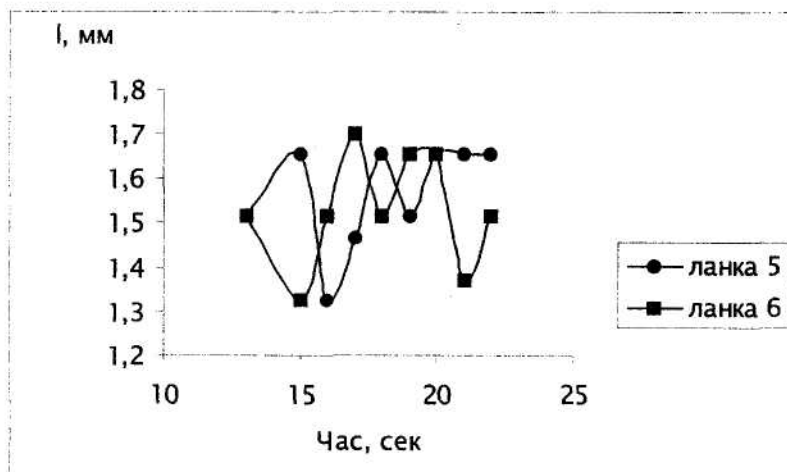


Рис. 6. Кінетика деформування на різних ланках шийки (ланки 5 і 6)

2. Використовуючи комбінований метод сіток та кольорових поперечних смуг, можливо просліджувати кінетику деформування металів на окремих ланках шийки зразка.

3. При використанні програмно-апаратного комплексу для дослідження деформування зразків з досить дрібною сіткою, або ж при фіксуванні та обробці процесу пластичного деформування з частотою кадрів більшою, ніж 1 кадр за секунду, виникають технічні труднощі. Для їх подолання потрібно використовувати оверлейні плати, які дають більше розрізнення, та комп'ютер з більшим об'ємом оперативної пам'яті і більш містким жорстким диском.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Колодницька Р.В., Подчашинський Ю.О., Гнилицький В.В., Грабар І.Г. Автоматизований програмно-апаратний комплекс дослідження кінетики пружно-пластичного деформування. Матеріали 3 Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні технології в аерокосмічному комплексі". Житомир, 1997. – С. 100.
2. Колодницька Р.В., Подчашинський Ю.О. Автоматизована система контролю кінетики пружно-пластичного деформування твердих тіл. Матеріали 4 Міжнародної науково-технічної конференції "Контроль і управління в технічних системах". Вінниця, 1997. – С. 159–161.
3. Ингенблек Веренер. Все о мультимедиа. – К.: ВНУ, 1996. – 352 с.
4. Третьяченко Г.Н. Моделирование при изучении прочности конструкций. – К.: Наукова думка, 1979. – С. 227.
5. Борисенко Н.Д., Пресняков А.А., Соймин Н.Я. Исследование процесса растяжения медных образцов с применением киносъемки // Заводская лаборатория, 1983. – № 8. – С. 999–1001.

ГРАБАР Іван Григорович – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, завідувач кафедри технічної механіки Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- міцність конструкцій;
- нелінійні явища та моделі;
- синергетика;
- нові технології, прискорені сертифікаційні дослідження в умовах складного температурно-силового навантаження.

КОЛОДНИЦЬКА Руслана Віталіївна – аспірант кафедри технічної механіки Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- проблеми міцності та руйнування металів;
- синергетика.

ПОДЧАШИНСЬКИЙ Юрій Олександрович – асистент кафедри автоматики та управління в технічних системах Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- цифрова обробка зображень.