

Р.В. Колодницька

**ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
НЕСТАЦІОНАРНОГО ДЕФОРМУВАННЯ МЕТАЛІВ**

Представлені результати дослідження процесу пластичної деформації металів в районі шийки за допомогою розробленого програмно-апаратного комплексу. Показано, що кінетика деформації добре описується за допомогою скейлінгової моделі.

Під час руйнування зразка з пластичного матеріалу утворюється місцеве утонення, яке прийнято називати шийкою. Врахування стадії нестационарної геометрії (від початку утворення шийки і до повного руйнування) дає можливість побудувати більш точні прогнозуючі співвідношення механіки матеріалу. Була поставлена 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 нестационарного пластичного деформування.

Розроблений 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 компоненту входять: персональний комп'ютер, відеоблок (відеокамера та відеомагнітофон) і оверлейна відеоплата. Програмний компонент, як складова частина розробленого комплексу, включає в себе стандартну програму *Microsoft Video for Windows*, програму масштабування та програму покадрової обробки зображень.

Автоматизована обробка процесу пластичного деформування виконується таким чином. Процес пружно-пластичної деформації фіксується за допомогою відеокамери на відеоплівку. Одержане зображення, що відтворюється на відеомагнітофоні, вводиться в персональний комп'ютер через оверлейну плату за допомогою програми *VidCap* (рис. 1), що входить, як складова частина, до *Video for Windows*, і запам'ятовується на жорсткому диску у файлі формату AVI. З одержаного файла формату AVI, використовуючи програму *Videdit* (пакет *Video for Windows*), виділяються окремі кадри (рис. 2) і передаються у програму *Adobe PhotoShop 3.0*. Тут окремі кадри зображення перетворюються у двоградацийні і запам'ятовуються у файлах формату PCX. Далі ці графічні файли передаються програмі обробки і масштабування зображення. За допомогою цієї програми, виділяючи контур на зображенні досліджуваного зразка, можна визначити геометричні обриси зразка, знайти параметри деформування, побудувати профілограми (зміну діаметра зразка вздовж його робочої довжини).

Даний програмний комплекс дає змогу:

1. Візуально спостерігати на персональному комп'ютері в реальному масштабі часу весь процес розтягнення зразка, що був знятий на відеокамеру.
2. Можливість спостерігати у збільшеному масштабі зміну окремих елементів з часом (наприклад, району шийки) у процесі пластичної деформації.
3. Візуально спостерігати зміну швидкості процесу пластичного деформування в районі шийки та вимірювати цю швидкість.
4. Автоматизовано визначати параметри деформування:
 - відносне залишкове видовження зразка;
 - відносне залишкове стиснення зразка;
 - рівномірне видовження зразка;
 - час руйнування зразка;
 - час, за який утворюється шийка.
5. Автоматизовано знімати профілограми шийки, тим самим просліджуючи кінетику процесу пластичного деформування.
6. Переводити відеозображення у двоградацийне, тим самим спостерігати ті особливості деформування, які недоступні при палітровому зображенні.
7. Проводити покадрову автоматизовану обробку відеозображення, вибирати окремі кадри і при необхідності роздруковувати їх.

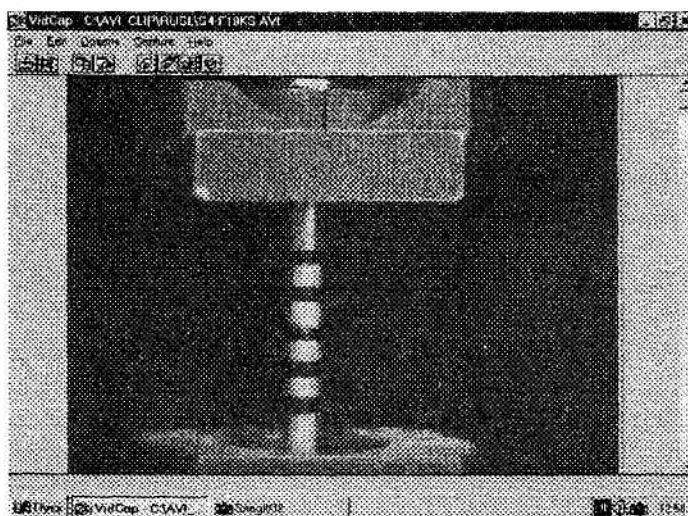


Рис. 1. Введення в комп'ютер відеозображення процесу пластичної деформації

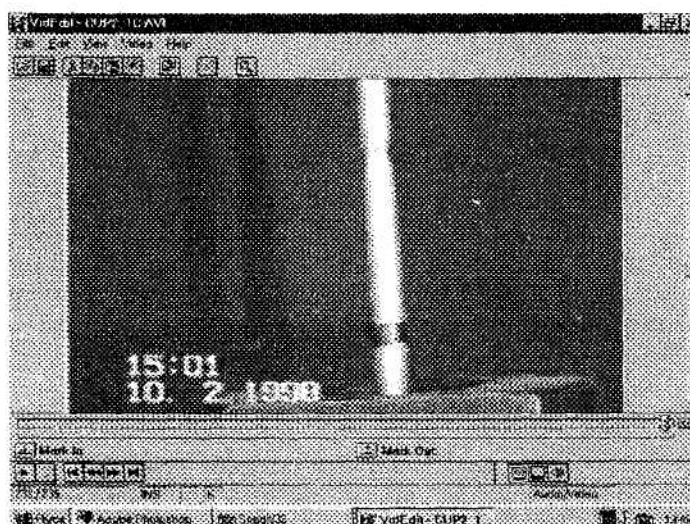


Рис. 2. Комп'ютерне дослідження процесу пластичної деформації

Користуючись розробленим програмно-апаратним комплексом, були досліджені особливості нестационарного деформування циліндричних зразків з технічної міді ($d_0 = 10$, $l_0 = 100$) при різноманітних швидкостях деформування.

Для більшої інформативності при дослідженнях на поверхню зразка наносились широкі кольорові полоси, які також використовувались для покращення програмної обробки відеозображення. На деяких зразках наносилось декілька смуг (рис. 1), на інших – лише дві смуги (рис. 2).

Нанесення цих смуг, наприклад, за другим варіантом дає змогу одержати профілограми (рис. 3), які показують не лише звуження зразка в шийці з часом, але й дають інформацію про розподілення видовження з часом. При такому варіанті профілограм, на відміну від описаних в [3], видно (рис. 3), що видовження зразка після втрати процесом пластичної деформації стійкості повністю проходить за рахунок видовження в шийці.

На рис. 4 на прикладі одного з мідних зразків показана зміна видовження і звуження з часом ділянки зразка ($l_0 = 40$ мм), що зняті за допомогою програмно-апаратного комплексу.

Експериментальне вивчення процесу пластичної деформації за допомогою програмно-апаратного комплексу показало можливість застосування ідеї скейлінгу [4, 5] для опису розвитку шийки з часом. В [5] було досліджено, що профіль шийки після руйнування можна побудувати, користуючись системою:

$$d_i = d_0 / \sqrt{1 + \alpha\delta + \frac{\psi + \alpha\delta\psi - \alpha\delta}{1 - \psi} G^{i-1}},$$

$$x_i = \frac{l_0}{2N_0} \left[i(1 + \alpha\delta) + \frac{\psi + \alpha\delta\psi - \alpha\delta}{1 - \psi} \times \frac{1 - G^i}{1 - G} \right].$$



Рис. 3. Профілограми шийки за останні секунди перед руйнуванням

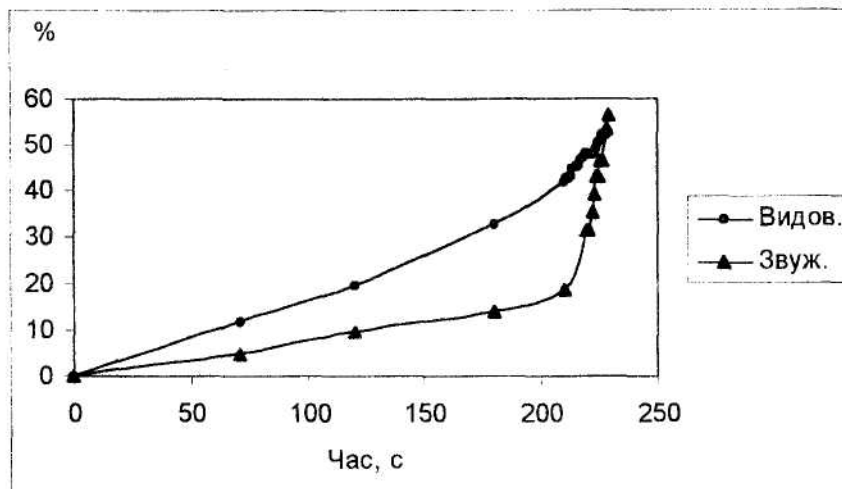
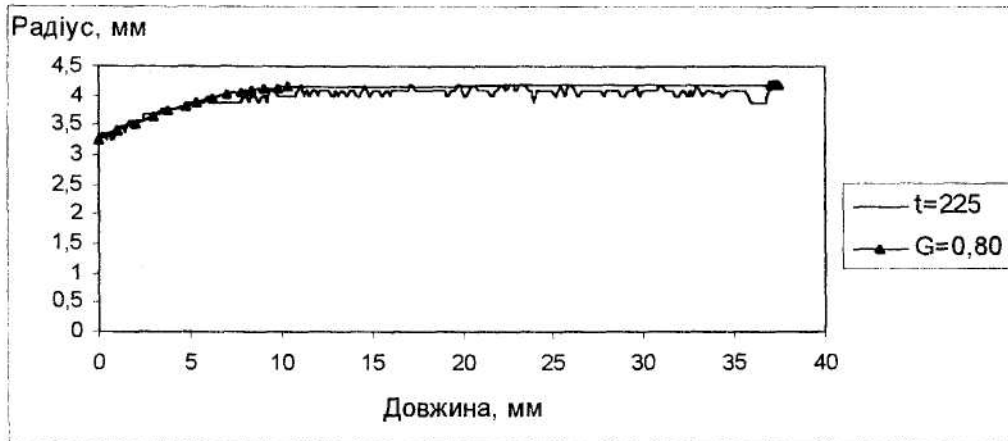


Рис. 4. Зміна видовження і звуження зразка з часом

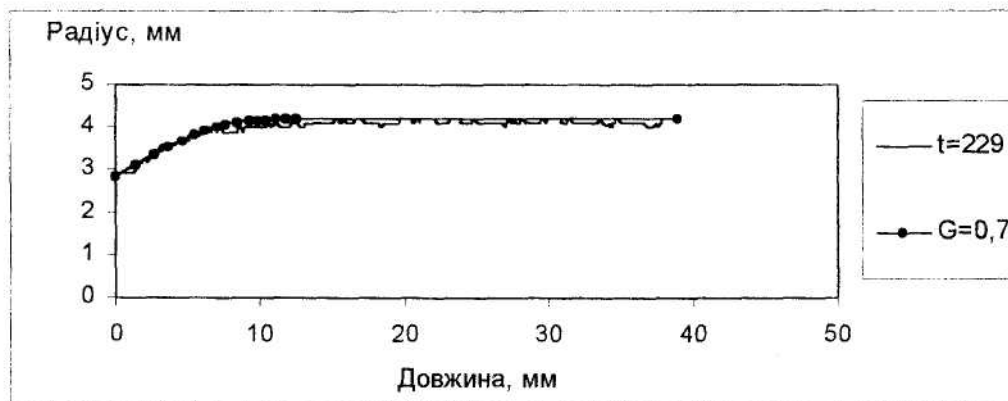
Враховуючи експериментальні дані з видовження і звуження зразка з часом в районі шийки (рис. 4 і [5]), можемо одержати теоретичний характер зміни цих параметрів. Враховуючи, що в районі шийки рівномірне видовження не змінюється, одержуємо теоретичні криві профілю шийки, які задовільно співпадають з експериментальними (рис. 5, а, б).

Висновки

1. За допомогою розробленого програмно-апаратного комплексу можна знімати профілі шийок у процесі деформації зразка з достатньою для інженерних розрахунків точністю.
2. Застосування ідеї скейлінгу для опису розвитку шийки з часом дає задовільні результати для циліндричних мідних зразків.



а) п'ята секунда перед руйнуванням



б) остання секунда перед руйнуванням

Рис. 5. Порівняння теоретичного та експериментального профілів зразка

ЛІТЕРАТУРА:

1. Колодницька Р.В., Подчашинський Ю.О., Гніліцький В.В., Грабар І.Г. Автоматизований програмно-апаратний комплекс дослідження кінетики пружно-пластичного деформування // Матеріали III 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 VI Міжнародної науково-технічної конференції "Контроль і управління в технічних системах". – Вінниця, 1997. – С. 159–161.
3. Грабар І.Г., Колодницька Р.В., Подчашинський Ю.О. Комп'ютеризована технологія дослідження кінетики пружно-пластичного деформування та руйнування твердих тіл // Вісник ЖІТІ, 1998. – № 7. – С. 181–184.
4. Грабар І.Г., Колодницька Р.В. Ідея скейлінгу і самоподібність профілю шийки // Вісник ЖІТІ, 1996. – № 4. – С. 114–120.
5. Грабар І.Г., Колодницька Р.В. Втрата стійкості процесу пластичної деформації та її зв'язок з фрактальною розмірністю зони перед руйнуванням // Вісник ЖІТІ.

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

Наукові інтереси:

- проблеми міцності та руйнування металів;
- синергетика.