

УДК 620.178.15

Ю.О. НІКІТІН

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

НОВИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ СТВОРЕННЯМ ЛЕГКОВАГИХ МАТЕРІАЛІВ

Із використанням мікромеханічних методів і ідентифікації взаємозв'язків між деформаційно-міцнісними властивостями поверхневого шару та фізико-механічними і експлуатаційними властивостями легковагого матеріалу запропоновано новий ефективний інструмент управління створенням легковагих матеріалів із заданими фізико-механічними та експлуатаційними властивостями. Сформовані ознаки ідентифікації першого і другого рівня та розроблено алгоритм практичного вирішення задач управління.

легковагі матеріали, деформаційно-міцнісні властивості, алгоритм ідентифікації, ознаки тестові та функціонально-адаптивні ідентифікації,

Формулювання проблеми

Сучасні тенденції зменшення маси конструкційних деталей і вузлів веде до того, що легковагі матеріали стають все більш привабливими об'єктами фундаментальних досліджень і прикладного використання в різних галузях науки і техніки.

Графітні і полімерні композиційні матеріали (ПКМ) є найяскравішими представниками легковагих матеріалів, які дозволяють об'єднувати переваги матриці і наповнювачів, створювати нові властивості композиційних систем. В даний час розроблені моделі створення суцільних легковагих матеріалів, які розглядають вплив дисперсного наповнювача на різні фізико-механічні властивості і встановлює взаємозв'язок між механічними властивостями і співвідношенням компонентів композиційного матеріалу [1 – 3].

Двосторонній підхід дозволяє більш повно розглянути процеси, які відбуваються в композиційній системі і врахувати вплив міжфазного шару на механічні характеристики [4 – 6], встановити взаємозв'язок між умовами навантаження, змістом наповнювачів, міцністю зв'язку і характером руйнування на межі розділу наповнювач-матриця [7].

Розроблені моделі, що описують властивості неоднорідності та встановлюють взаємозв'язок між фізичними і геометричними характеристиками струк-

тури суцільних легковагих матеріалів [8] дозволяючи провести розрахунок пружних механічних властивостей в матеріалах регулярної будови при ідеальній адгезії між компонентами композиційної системи [9]. Існуючі моделі управління створенням суцільних легковагих матеріалів використовують як теоретичні, методи, які базуються на вивченні фізичних процесів і їх математичному опису, та експериментальні методи, які дозволяють спростити теоретичний опис фізичного процесу за рахунок визначення параметрів моделі за допомогою експерименту. Для пористих легковагих матеріалів розвиваються моделі, що експериментально встановлюють взаємозв'язок між механічними властивостями, розмірами осередків [10], параметрами структури [11], фізико-механічними та експлуатаційними властивостями [12].

Моделі управління створенням пористих легковагих матеріалів мають значні обмеження у використанні теоретичних методів та базуються на застосуванні експериментальних методів, які часто стають єдиною можливістю отримання достовірної інформації про складний об'єкт управління, до якого відносяться пористі легковагі матеріали.

Завдання дослідження

Вдосконалення принципів управління створенням легковагих матеріалів із використанням методів

мація розповсюджується на структурний елемент у вигляді газоподібного наповнювача (пора) відбувається руйнування деформованого суцільного структурного елементу, розміщеного паралельно осі вдавлення, в результаті чого індентор може стрибкоподібно провалитися на глибину розміру пори до початку взаємодії із іншим суцільним структурним елементом, рис. 2, в.

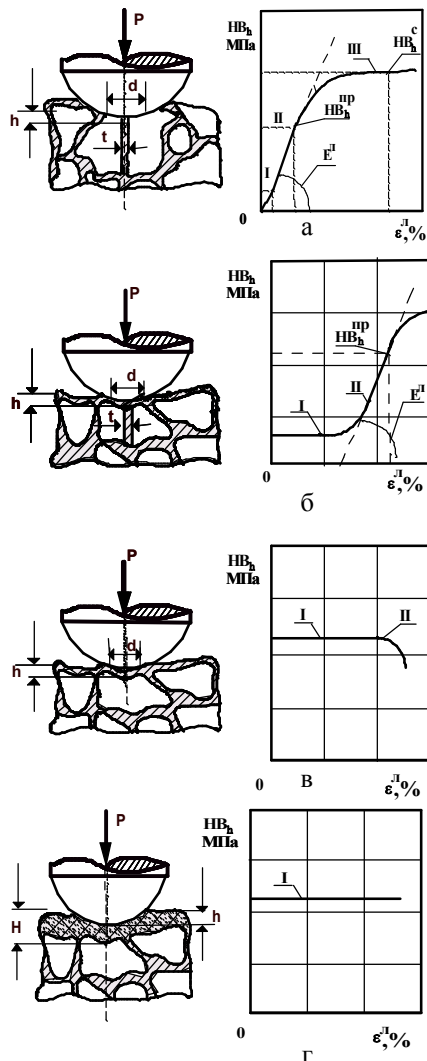


Рис. 2. Принципи ідентифікації діаграм локального деформування: при розміщенні структурного елемента паралельно (а) і перпендикулярно (б) осі навантаження індентора; при деформуванні та руйнації структурного елемента(в); деформуванні ущільненого шару поверхні (г)

При вдавленні індентору в ущільнений поверхневий шар, що утворюється в результаті формування легкого матеріалу то на всіх стадіях деформації в локальній точці поверхні реалізується

напружений стан по трьом осям і оцінка деформаційно-міцностних властивостей легкого матеріалу може бути проведена із використанням традиційних підходів [13 – 15], рис. 2, г. Принципи ідентифікації неоднорідності деформаційно-міцностних властивостей поверхневого шару легкого матеріалу ґрунтуються на використуванні динамічної та фізичної моделей контактної взаємодії індентор-поверхня [16, 17], які ґрунтуються на уявленні, того, що поверхневий шар має вигляд напів-простору, що складається із суцільних та газоподібних структурних елементів, що мають різний розмір і міцність у напрямі розповсюдження деформаційного процесу під впливом сканування навантаженого індентору уздовж лінійної ділянки поверхні, рис. 3.

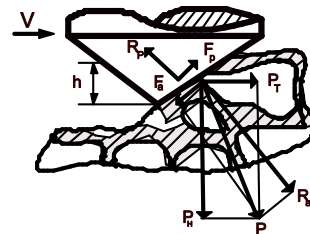


Рис. 3. Динамічна модель контактної взаємодії індентор – поверхня легкого матеріалу

Розповсюдження деформаційного процесу здійснюється під дією постійно діючих зовнішніх сил – навантаження на індентор P_i та швидкість V переміщення зразка. Сила P , рівна сумі складових сил (нормальної P_n і тангенціальної P_t) та направлена на подолання опору деформації структурних елементів легкого матеріалу. Під впливом навантаження P_i індентор здійснює вимушені переміщення по поверхні матеріалу із швидкістю V , у результаті чого відбувається ковзання індентора уздовж утворюючого конуса вгору за рахунок збільшення тангенціальної сили P_t . Під впливом сили P_t відбувається видавлення матеріалу від низу до верху, що веде до зміни глибини вдавлення індентору h . Це призводить до виникнення сили F_p зворотної по напрямку дії сили тертя F_a , а також дії нормальної сили R_a і зворотної по напрямку врівноважуючи сили R_p , рис. 3. Зміна сили P в межах структурного елемента свід-

чить про те, що міцність фрагментів структурного елементу змінюється. Деформаційний процес між-фазової області між структурними елементами може також змінюватись стрибкоподібно.

Запропонована модель управління створенням легкокаких матеріалів, рис. 1, припускає використання ознак ідентифікації першого та другого рівня. Ознаки першого рівня формують інформацію для оцінки та селективного тестового контролю становища поверхні легкокакого матеріалу перетворюючи у ряді випадків якісну інформацію на кількісну. Ознаки першого рівня дозволяють провести зіставлення деформаційно-міцностних властивостей поверхні із фізико-механічними, структурними та експлуатаційними властивостями легкокакого матеріалу, який має вигляд зразка, моделі, виробу. Ознаки другого рівня формують інформацію для функціонально-адаптивного управління створенням легкокакого матеріалу і дозволяють провести зіставлення деформаційно-міцностних властивостей поверхні із процесами формування, деформування та деструкції легкокакого матеріалу у вигляді зразка моделі та виробу.

Оцінка деформаційно-міцностних властивостей поверхневого шару легкокакого матеріалу можливо провести із використанням мікромеханічних методів іспиту поверхневого шару легкокаких матеріалів: методу безперервного вдвлювання індентору та методу деформаційно-спектрального аналізу, рис. 4.

Використовуючи мікромеханічні методи випробування поверхні запропоновано алгоритм ідентифікації деформаційно-міцностних властивостей у локальній точці поверхневого шару легкокакого матеріалу (характер діаграм локального деформування $HB_h = f(\epsilon^n)$; істинна мікротвердість HB_h^c ; HB_h^{np} ; модуль пружності E ; характеристики повзучості $HB_h = f(t)$; структурні критерії D^v ; D^u та інші) та ідентифікації неоднорідності деформаційно-міцностних властивостей поверхні легкокакого матеріалу (середнє значення процесу m_τ ; дисперсія D_τ ; спектральна густина $S^m_\tau(f)$; $S^u_\tau(f)$; характерні розміри структури $S^m_\tau(L)$; $S^u_\tau(L)$ та інші), рис. 4.

До ознак функціонально-адаптивного рівня управління процесами створення легкокакого матеріалу можна віднести: початок та закінчення етапів процесів; характер неоднорідності проходження

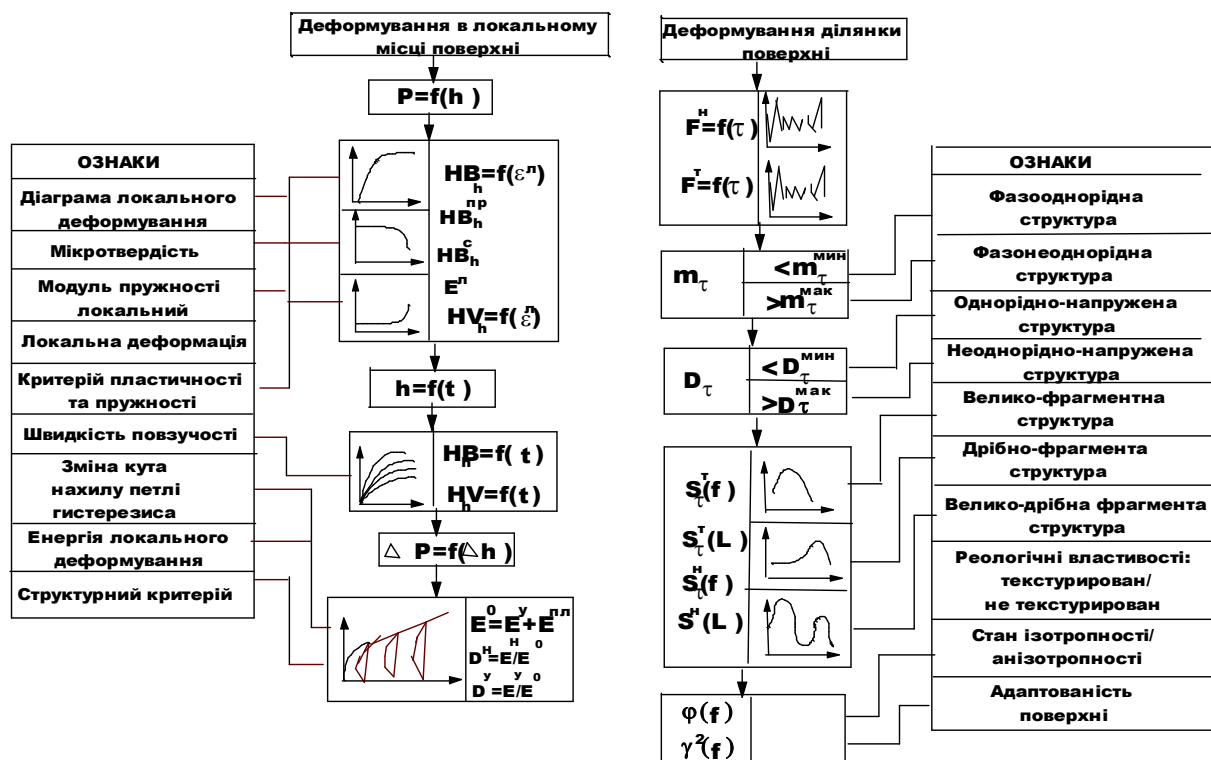


Рис. 4. Алгоритм ідентифікації деформаційно-міцнісних властивостей легкокакого матеріалу

процесів; зміна характерних розмірів структурних елементів; характер зміни адгезії на межі розділу фаз; характер і ступінь структурних перетворень; характер кореляції із фізико-механічними та експлуатаційними властивостями легкового матеріалу.

Висновки

Запропоновано нові принципи управління створенням легкового матеріалу які дозволять використовувати оцінку деформаційно-міцностних властивостей поверхневого шару легкового матеріалу для якісної та кількісної оцінки взаємозв'язку між процесами формування фізико-механічних і експлуатаційних властивостей та процесами деструкції структури легкового матеріалу. Сформовані ознаки ідентифікації першого і другого рівня та запропоновано алгоритм ідентифікації деформаційно-міцностних властивостей поверхневого шару легкового матеріалу із використанням мікромеханічних методів: безперервного вдавлювання індентору та деформаційно-спектрального аналізу. Запропоновано новий ефективний інструмент створення складних об'єктів управління, до яких відносяться легковагі матеріали із багаторівневою структурою.

Література

1. Соломко В.П. Наполненные кристаллизующиеся полимеры. – К.: Наук. думка, 1980. – 264 с.
2. Липатов Ю.С., Лебедев Е.В. Композиционные полимерные материалы и их применение. – К.: Знание, 1983. – 16 с.
3. Фиалков А.С. Углеродистые материалы. – М.: Энергия, 1979. – 319 с.
4. Kerner E.H. // Proc. Phys. Soc. B. 1956. V. 69. № 440. – P. 808.
5. Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. – М.: Химия, 1974. – 392 с.
6. Черныш И.Г., Карпов И.И., Приходько Г.П., Шай В.М. Физико-химические свойства графита и его соединений. – К.: Наук. думка, 1990. – 200 с.

7. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций. – М.: Химия, 1978. – 312 с.
8. Берлин А.А., Вольфсон В.Г., Ошмян В.Г., Ениколопов Н.С. Принципы создания композиционных полимерных материалов. – М.: Химия, 1990. – 240 с.
9. Люкшин Б.А., Люкшин П.А., Матольгина Н.Ю. Влияние геометрии включений в полимерной композиции на вид кривой «напряжения – деформации» // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2001. – Т. 7, № 3. – С. 277-287.
10. Берлин А.А. Основы производства газонаполненных пластмасс и эластомеров. – М.: Госхимиздат, 1954. – 189 с.
11. Дементьев А.Г., Тараканов О.Г. Структура и свойства пенопластов. – М.: Химия, 1983. – 74 с.
12. Тростянская Е.Б. Пластики конструкционного назначения. – М.: Химия, 1974. – 304 с.
13. Мотт Б.В. Испытание на твердость микро вдавливанием. – М.: Металлургиздат, 1960. – 60 с.
14. Калей Г.Н. Некоторые результаты испытаний на микротвердость по глубине отпечатка // Машиноведение. – 1968. – № 3. – С. 105-107.
15. Булычев С.И., Алехин В.П., Терновский А.П. Об определении физико-механических свойств материалов методом непрерывного вдавливания индентора // Физика и химия обработки материалов. – 1976. – № 2. – С. 58-64.
16. Запорожец В.В. Динамические характеристики прочности поверхностных слоев и их оценка // Трение и износ. – Минск: Наука и техника. – 1980. – № 4. – С. 602-609.
17. Запорожец В.В., Кордонский Х.Б., Оре О.В. Деформационно-спектральный метод исследования однородности поверхностного слоя металлов // Надежность и долговечность машин. – 1990. – Вып. 17. – С. 57-65.

Надійшла до редакції 10.05.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.А. Ляшенко, Інститут проблем міцності НАН України, Харків.

