

Если меняются требования хотя бы на один из показателей качества (например, микротвердость $H_v = 540-840 \text{ кг/мм}^2$), топология пространства управляющих параметров заметно изменяется (рис. 1,б). Теперь в нем содержится другое количество областей устойчивости, которые отличаются по форме и размерам, однако общие принципы формирования топологии сохраняется.

Выводы

Предложено решение многокритериальных задач, возникающих при исследовании и проектировании многопараметрической нелинейной стохастической технологической системы «хромовое покрытие» с заданными свойствами.

В результате проведенных исследований определены показатели качества хромового покрытия – толщина и микротвердость – при экономически оптимальном выходе металла по току. Показано, что назначение более жестких ограничений на показатели качества покрытия требует стабилизации режимов нанесения покрытия в более узких пределах допуска при выбранных номиналах их значений.

Список литературы

1. Смиловенко О.О. Разработка метода оценки качества функционирования технической системы // Машиностроение и техносфера XXI века: Сб. науч. тр. междунар. конф. (Донецк, 9-13 сент.2002 г.). - Донецк, 2002. - С. 112-117.
2. Жилинский О.В., Кузьмич К.К., Смиловенко О.О. Вероятностные критерии в задачах оптимизации и выбора параметров технических устройств: Оперативно-информ. материалы / ИНДМАШ АН БССР. - Минск, 1987. - 40 с.
3. Ковенский И.М., Поветкин В.В. Металловедение покрытий. - М.: Металлургия, 1982, 250с.
4. Гибкие автоматизированные гальванические линии. Под ред. Зубченко В.Л. М.:Машиностроение. 1989. – 442 с.
5. Витязь П.А., Жилинский О.В., Лактюшина Т.В. Компьютерная методология выбора технически оптимального варианта в многокритериальных задачах проектирования материалов. 23–28 августа 2004 г. Томск, Россия. – Физическая мезомеханика. – Т. 7. Спец. выпуск. Ч. 1. – С. 3–11.

УДК 539.376

О ПОСТРОЕНИИ КРИТЕРИЯ ПРОЧНОСТИ ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ

Кадашевич Ю. И., Помыткин С. П.

*Санкт-Петербургский государственный технологический университет
растительных полимеров, Санкт-Петербург
sppom@vindex.ru*

В работах [1–2] приведен обобщенный критерий разрушения, осуществляющий учет влияния скорости деформирования и позволяющий с единых позиций описать как кратковременную, так и длительную прочность металлов. В основу подхода была заложена идея В.В.Новожилова [3] о влиянии на прочность разрыхления материалов в процессе нагруже-

ния и деформирования и гипотеза О.Г.Рыбакиной о существенной роли микронапряжений при построении критерия прочности [4]. В данной статье указанные идеи использованы при анализе эндохронной теории неупругости, учитывающей микроразрушения.

1. В рамках концепции течения теория неупругости, учитывающая микроразрушения, была предложена в [5]. Определяющие соотношения этой теории имели следующий вид:

$$\varepsilon_{ij} = \rho \frac{d\sigma_{ij}^f}{d\mu} + \frac{\sigma_{ij}^f}{m}, \quad d\mu = \sqrt{d\sigma_{ij}^f : d\sigma_{ij}^f}, \quad (1)$$

$$\sigma_{ij} = 2G_1 \varepsilon_{ij} - \sigma_{ij}^f, \quad \sigma_{ij} = \tau \frac{d\varepsilon_{ij}^p}{d\lambda} + k_1 \varepsilon_{ij}^p, \quad d\lambda = \sqrt{d\varepsilon_{ij}^p : d\varepsilon_{ij}^p}, \quad (2)$$

где σ_{ij} , ε_{ij} , σ_{ij}^f – девиаторы тензоров локальных напряжений, локальных деформаций и локальных микроразрушений, τ – предел текучести материала, ρ – локальный предел разрушения, G_1 – модуль сдвига, k_1 – коэффициент упрочнения, m – постоянный параметр. При этом

$$\sigma_{ij} = 2G_2 \varepsilon_{ij}^e, \quad \varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^e + \varepsilon_{ij}^p + \varepsilon_{ij}^o. \quad (3)$$

Здесь ε_{ij}^e – девиатор пластических деформаций, G_2 – параметр материала, а под ε_{ij}^o понимаются деформации, отвечающие значению ρ , при котором произошел разрыв упругих связей. Этой теории отвечает одномерная модель, представленная на рис. 1.

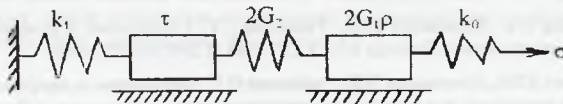


Рис. 1.

Для этой модели

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{k_0}, \quad k_0 = 2G_1, \quad \varepsilon < \rho,$$

$$k_0 = 2G_1 - m + \frac{m\rho}{\varepsilon_i}, \quad \varepsilon_i \geq \rho, \quad (4)$$

$$\varepsilon_y = \langle \varepsilon_y \rangle, \quad \langle \varepsilon_y^p \rangle = \int_0^{\infty} \varepsilon_y^p d\Phi(\rho), \quad \langle \sigma_y \rangle = \int_0^{\infty} \sigma_y d\Phi(\rho),$$

$\langle \bullet \rangle$ – знак операции осреднения, а интегральная функция распределения $\Phi(\rho)$ считается известной.

2. Следуя идеям построения эндохронной теории неупругости [6], предложим следующий локальный эндохронный вариант теории неупругости (α – параметр эндохронности):

$$\varepsilon'_{ij} + \alpha \rho \frac{d\varepsilon'_{ij}}{dR} = \rho \frac{dR'_{ij}}{dR} + \frac{2G_1}{m} R'_{ij}, \quad (5)$$

$$\overline{R'_{ij}} = 2G_1 \varepsilon'_{ij} - (1 - \alpha) \sigma'_{ij}, \quad dR = \sqrt{dR'_{ij} : dR'_{ij}}, \quad 0 \leq \alpha \leq 1.$$

К этим соотношениям необходимо добавить уравнения, определяющие дилатацию материала. Используя результаты, опубликованные в [7], примем, что

$$\beta(R_0) = \frac{dR_0}{dR}, \quad R_0 = \varepsilon_0 - \frac{k_1}{k} \sigma_0,$$

$\varepsilon_0 = \varepsilon_{ij}$ – мера разрыхления материала, $\sigma_0 = \sigma_{ii}$ – первый инвариант тензора напряжений, функция β определяется на основе анализа экспериментальных данных.

Критерий разрушения формулируем следующим образом. Считаем, что разрушение материала происходит в случае, когда

- 1 – разрыхление достигает своего критического значения $\varepsilon_0 = \varepsilon_{кр}$;
- 2 – работа напряжений τ_{ij} на деформациях разрушения ε^o_{ij} достигает своего критического значения $dA = \tau_{ij} d\varepsilon^o_{ij}$, $A = A_{кр}$.

Список литературы

1. Новожилов В.В., Кадашевич Ю.И., Рыбакина О.Г. Разрыхление и критерий разрушения в условиях ползучести // Доклады АН СССР. 1983. Т.270. N4. С.831-835.
2. Кадашевич Ю.И., Новожилов В.В., Рыбакина О.Г. Разрыхление и перспективы построения критерия прочности при сложном нагружении с учетом ползучести // Известия АН СССР. Механика твердого тела. 1986. N5. С.108-114.
3. Новожилов В.В. О пластическом разрыхлении // Прикладная математика и механика. 1965. N4. С.681-689.
4. Кадашевич Ю.И., Новожилов В.В. Теория пластичности и ползучести металлов, учитывающая микронапряжения // Известия АН СССР. Механика твердого тела. 1981. N5. С.99-110.
5. Кадашевич Ю.И. Теория пластичности и ползучести, учитывающая микроразрушение // Доклады АН СССР. 1982. Т.266. N6. С.1341-1344.
6. Кадашевич Ю.И., Помыткин С.П. Анализ сложного нагружения при конечных деформациях по эндохронной теории неупругости // Прикладные проблемы прочности и пластичности. Москва: КМК, 1998. Вып.59. С.72-76.
7. Кадашевич Ю.И., Помыткин С.П. Анализ эндохронных вариантов теории неупругости уплотняемых материалов // Механизмы деформации и разрушения перспективных материалов: тр. XXXV семинара "Актуальные проблемы прочности", 15-18 сентября 1999г., Псков. Ч.II. С.582-586.