

# МЕТОДОЛОГІЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ВАРІАЦІЙНОЇ ЗАДАЧІ МАКСИМІЗАЦІЇ НАКОПИЧЕНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ДЛЯ РЕЖИМУ НЕПЕРЕРВНОЇ ЗМІНИ ШВИДКОСТІ ДЕФОРМУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Запропоновано методологію знаходження розв'язку варіаційної задачі максимізації накопиченої деформації при гарячому деформуванні для режиму неперервної зміни швидкості деформування.

**Ключові слова:** накопичена деформація, варіаційна задача, гаряче деформування, руйнування, пластичність.

## Abstract

The methodology of finding the solution of the variational problem of maximizing accumulated deformation during hot deformation for the regime of continuous change of deformation rate is proposed.

**Keywords:** accumulated deformation, variational problem, hot deformation, destruction, plasticity.

## Вступ

У роботах [1, 2] запропоновано варіаційні задачі оптимізації швидкісного режиму гарячого деформування. Задачу максимізації накопиченої деформації розв'язали [3, 4, 5, 6] для випадку багатоступеневої деформації

Метою роботи є визначення методології розв'язання варіаційної задачі максимізації накопиченої деформації для режиму неперервної зміни швидкості деформування.

## Результати дослідження

Знайдемо розв'язок варіаційної задачі

$$\varepsilon_{\max} = \int_0^{t_*} \dot{\varepsilon}_u(\tau) \cdot d\tau \rightarrow \max,$$

$$\begin{cases} \int_0^{t_*} \varphi(t_* - \tau; I(\tau)) \cdot f(\dot{\varepsilon}_u(\tau)) \cdot d\tau = 1, \\ \int_0^t \varphi(t - \tau; I(\tau)) \cdot f(\dot{\varepsilon}_u(\tau)) \cdot d\tau \leq 1, \forall t \in (0, t_*). \end{cases} \quad (1)$$

для неперервної квадратичної функції

$$\dot{\varepsilon}_u(t) = c_0 t^2 + c_1 t + c_2 \quad (2)$$

Розглянемо квазілінійну модель накопичення пошкоджень у матеріалі під час гарячого деформування

$$\psi(t) = \int_0^t \varphi(t - \tau) \cdot \dot{\varepsilon}_u \cdot d\tau. \quad (3)$$

Якщо апроксимувати залежність часу деформування до руйнування від швидкості деформації при простому гарячому деформуванні степеневою функцією

$$t_{*c} = \gamma \dot{\varepsilon}_u^\alpha,$$

то задача (1.1) набуде вигляду

$$\varepsilon_{\max} = \int_0^{t_*} (c_0 \tau^2 + c_1 \tau + c_2) d\tau \rightarrow \max,$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{t_*^n}{\gamma^n} \left( \frac{2c_0 t_*^2}{(n+1)(n+2)} + \frac{c_1 t_*}{n+1} + c_2 \right) = 1, \\ \frac{t^n}{\gamma^n} \left( \frac{2c_0 t^2}{(n+1)(n+2)} + \frac{c_1 t}{n+1} + c_2 \right) \leq 1, \forall t \in (0, t_*). \end{array} \right. \quad (4)$$

Так як функція

$$f(t) = \frac{t^n}{\gamma^n} \left( \frac{2c_0 t^2}{(n+1)(n+2)} + \frac{c_1 t}{n+1} + c_2 \right) \quad (5)$$

неперервна на інтервалі  $(0, t_*)$ , то останню умову необхідно перевірити лише у критичних точках даної функції

$$t_{1,2} = \frac{-c_1(n+1) \pm \sqrt{c_1^2(n+1)^2 - 8c_0c_2n(n+1)}}{4c_0} \quad (6)$$

$$t \in (0; t_*)$$

Запропонований алгоритм використали для визначення режиму кручення зразків зі сталі 14X17H2 при температурі 1150<sup>0</sup>. При цьому оптимальні параметри квадратичної функції

$$c_0 = 0.000387; c_1 = -0.018395; c_2 = 0.223674$$

і максимальну накопичену деформацію за 30с

$$\varepsilon_* = 1.912$$

що на 6,22% більше ніж при деформуванні із сталою швидкістю. Закон зміни швидкості деформацій і графік, який відображує накопичення пошкоджень під час даного процесу приведено на рис. 1.

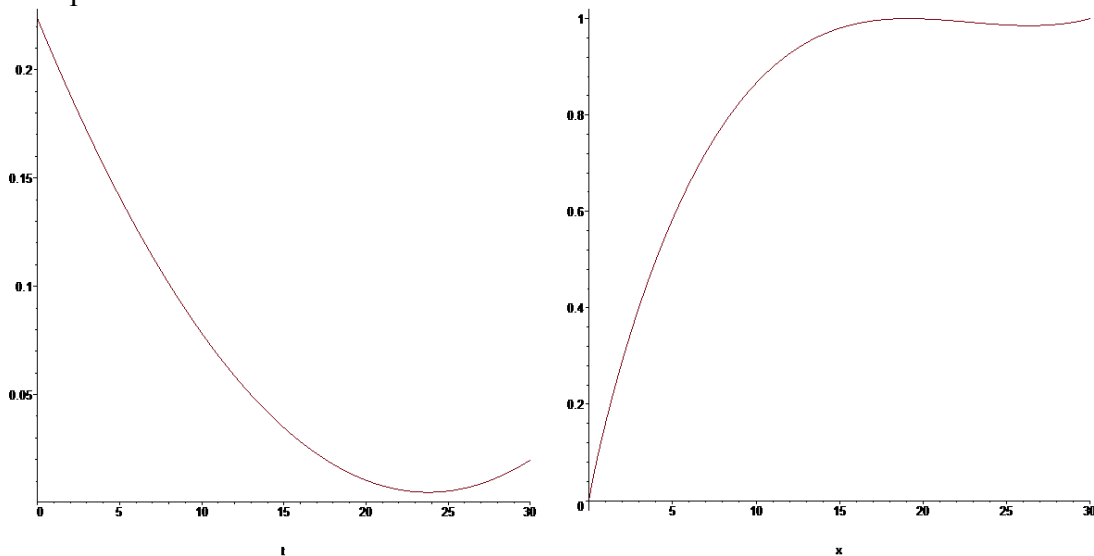


Рис. 1

### Висновки

У роботі запропоновано методологію знаходження розв'язку варіаційної задачі максимізації накопиченої деформації при гарячому деформуванні для режиму неперервної зміни швидкості деформування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Михалевич В. М., Краєвський В. О. Постановка и решение оптимизационных задач в теории деформируемости // Вісник національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія машинобудування. - К.: НТУУ "КПІ", 2010. - С. 142-145
2. Михалевич В. М., Краєвський В. О. Формулювання варіаційної задачі для моделі накопичення пошкоджень при гарячому деформуванні // В зб.: «Обработка материалов тиском» . Збірник наукових праць. – Краматорськ, 2009. – №2(21). – С. 12-16. – ISBN 978-966-379-339-9.
3. Михалевич В. М., Краєвський В. О. Определение оптимальных параметров многоступенчатой схемы изменения скорости деформаций // Обработка материалов давлением, №2(27) 2011, с. 10-13
4. Михалевич В. М., Краєвський В. О., Добранюк Ю. В. Моделирование предельных деформаций на свободной поверхности и оптимизация ступенчатого деформирования // Состояние, проблемы и перспективы развития кузнечно-прессового машиностроения и кузнечно-штамповочных производств. – Рязань, 2010. – С. 367-378.
5. Михалевич В. М., Краєвський В. О. Поиск решения вариационной задачи при горячем деформировании // Обработка материалов давлением. – Краматорск: ДГМА. – 2010. – №1(22). – С. 38-43.
6. Михалевич В. М., Краєвський В. О., Добранюк Ю. В. Моделивання граничних пластичних деформацій при нестационарних процесах та задачі оптимізації // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – Харків, 2009 – Випуск 18 – С. 109-118.

**Краєвський Володимир Олександрович** – к.т.н., доцент кафедри вищої математики  
Вінницького національного технічного університету

**Kraievskiy Volodymyr** - Ph.D., Associate Professor, Department of Mathematics Vinnytsia National  
Technical University