

ОЦІНКА ПЛАСТИЧНОСТІ ДЕФОРМОВАНОГО МЕТАЛУ

Вінницький національний аграрний університет¹, Вінницький національний технічний університет²

Анотація

В роботі виконані дослідження впливу пластичної деформації металу, накопиченої на попередньому етапі деформування, на його пластичність при послідуєчій пластичній деформації в заданому напрямку. Для описання процесу накопичення пошкоджень використана тензорна модель, в основі якої лежить гіпотеза про залежність інтенсивності накопичення пошкоджень від чутливості пластичності металу до схеми напруженого стану, яка задається поверхнею граничних деформацій, від історії деформування та направляючого тензора прирощень пластичних деформацій.

Ключові слова: ступінь деформації, ресурс пластичності, тензор пошкоджень, показник напруженого стану, параметр Надаї-Лоде, історія деформування.

Abstract

In the work are performed studies of the effect of plastic deformation of the metal accumulated in the previous stage of deformation, its plasticity during subsequent plastic deformation in a given direction. For a description of the process it is used tensor of damage accumulation model based on the hypothesis of the intensity of damage accumulation sensitivity to metal plasticity stress state scheme, which is set by boundary surface deformation, deformation of history and guiding augment tensor of plastic deformation.

Keywords: degree of deformation, plasticity resource, damage tensor, the stress condition index, Nadai - Lode parameter, history of deformation

Оскільки, в залежності від історії деформування, пластична деформація та обумовлена нею пошкодженість металу накопичуються в певних напрямках і в певних зонах тіла, то цей розподіл необхідно враховувати при послідуєчій оцінці пластичності деформованого металу. При цьому необхідно також враховувати умови, в яких буде експлуатуватися деталь, виготовлена методами обробки металів тиском. Тому актуальною залишається проблема оцінки величини використаного ресурсу пластичності та закономірностей його розподілу по об'єму готової деталі. Бажано забезпечити такі умови формозмінення, при яких величина використаного ресурсу пластичності в найбільш навантажених об'ємах деталі, при її експлуатації, була б мінімальною. В залежності від умов протікання пластичної деформації при виготовленні деталі, для визначення величини використаного ресурсу пластичності можна використовувати критерії деформовності, в основу яких покладено скалярну модель процесу накопичення пошкоджень [1-4], а при немонотонному навантаженні необхідно використовувати критерії деформовності, в яких для описання процесу накопичення пошкоджень прийнята тензорна модель [5-8].

В загальному випадку складного немонотонного навантаження при оцінці пластичності металів найбільш достовірні результати отримують при використанні умови руйнування Г. Д. Деля [7]

$$\psi_{ij}\psi_{ij} = 1, \quad (1)$$

де $\psi_{ij} = \int_0^{e_u} F(e_u^*, \eta, \mu_\sigma) \beta_{ij} de_u^*$ - компоненти тензора пошкоджень; $\beta_{ij} = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{d\varepsilon_{ij}}{de_u}$ (2) - компоненти

направляючого тензора прирощень деформацій; $\eta = \frac{3\sigma}{\sigma_u}$ - показник жорсткості напруженого стану;

μ_σ - параметр Надаї-Лоде; $e_u = \int_0^t \dot{\varepsilon}_u d\tau$ - ступінь деформації.

При розрахунках використаного ресурсу пластичності ψ за умовою руйнування (1) для функції пошкоджень ϕ використана апроксимація Г. Д. Деля [7]

$$\varphi(e_u, \eta, \mu_\sigma) = \int_0^{e_u} F(e_u^*, \eta, \mu_\sigma) de_u^* = (1-a) \frac{e_u}{e_p(\eta, \mu_\sigma)} + a \frac{e_u^2}{e_p(\eta, \mu_\sigma)^2} \quad (3)$$

де $e_p(\eta, \mu_\sigma)$ – поверхня граничних деформацій для сплаву алюмінію АД1.

Із (1), (2) и (3) випливає, що

$$\psi_{ij} = \int_0^{e_u} \left(1 - a + 2a \frac{e_u^*}{e_p(\eta, \mu_\sigma)} \right) \beta_{ij} \frac{de_u^*}{e_p(\eta, \mu_\sigma)}. \quad (4)$$

В даній роботі виконані дослідження процесу поперечного видавлювання осесиметричних заготовок з послідуною осадкою із сплаву алюмінію АД1. На першому етапі величину використаного ресурсу пластичності розраховували за формулою [7, 8]

$$\psi = \sqrt{\psi_{ij} \psi_{ij}}, \quad (5)$$

а на другому етапі, при осадці видавленого фланцю, використана формула [7, 8]

$$\psi = \sqrt{(\psi_{ij} + \Delta\psi_{ij})(\psi_{ij} + \Delta\psi_{ij})} \quad (6)$$

де

$$\Delta\psi_{ij} = \int_{e_u}^{e_u + \Delta e_u} \left(1 - a + 2a \frac{e_u}{e_p(\eta, \mu_\sigma)} \right) \beta_{ij} \frac{de_u}{e_p(\eta, \mu_\sigma)}$$

В результаті виконаних розрахунків встановлено, що найбільша величина ψ має місце в точках, які знаходяться на вільній поверхні заготовки в горизонтальній площині симетрії. При послідуоючій осадці інтенсивність накопичення пошкоджень в цій точці значно зменшується, при значному збільшенні інтенсивності накопичення пошкоджень в точках горизонтальної площини симетрії в напрямі до вертикальної осі симетрії заготовки. Встановлено, що при певному відношенні кінцевого радіуса заготовки до радіуса стовщення отриманого на першому етапі, можна досягти значного зменшення нерівномірності розподілу величини використаного ресурсу пластичності по радіусу заготовки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Огородников В. А. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении / В. А. Огородников. – К.: УМКВО, 1989. – 152 с.
2. Дель Г. Д. Технологическая механика / Г. Д. Дель. – М.: Машиностроение, 1978. – 174 с.
3. Богатов А. А. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением / А. А. Богатов, О. И. Мижирицкий, С. В. Смирнов. - М.: Металлургия, 1984. – 144 с.
4. Огородников В. А. Энергия. Деформации. Разрушение (задачи автотехнической экспертизы) / В. А. Огородников, В. Б. Киселёв, И. О. Сивак. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 204 с.
5. Михалевиц В. М. Тензорні моделі накопичення пошкоджень / В. М. Михалевиц. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1998. – 196 с.
6. Алиев И. С. Технологические процессы холодного поперечного выдавливания / И. С. Алиев // Кузнечно-штамповочное производство. – 1998. - № 6. – С.1-4.
7. Дель Г. Д. Пластичность деформированного металла / Г. Д. Дель // Физика и техника высоких давлений. – 1983. - №11. – С.28-32.
8. Сивак Р. И. Оценка пластичности металла при холодном двухэтапном деформировании / Р. И. Сивак, В. А. Огородников, И. О. Сивак // Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції «Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти», К.: НТУУ «КПІ», 2015. – С. 74 – 80.

Сивак Роман Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, sivak_r_i@mail.ru

Несімко Олена Сергіївна – студентка групи ІТМ-15м, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Андрухов Сергій Русланович – студент групи ІТМ-15м, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Sivak Roman Ivanovich - PhD, associate professor, assistant professor of general technical subjects and health safety chamber, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnitsa, sivak_r_i@mail.ru

Nesimko Olena S. – Student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Andruhov Sergii R. — Student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia