

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗВАРЮВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ

Математичне моделювання таких процесів як зварювання та наплавлювання в багатьох випадках здійснюється з використанням теорії течіння [1]. В таких процесах є інтенсивний нагрів на початковому етапі та подальше охолодження, тому для їх моделювання можна використати деформаційну теорію термопластичності, якщо її узагальнити на випадок виникнення повторних пластичних деформацій.

Основні співвідношення деформаційної теорії термопластичності, узагальнені на випадок розвантаження з виникненням пластичних деформацій, і орієнтовані на випадок використання методу додаткових деформацій, можуть бути записані в такому вигляді [2]:

$$\varepsilon_{ij}^{(k)} = \frac{1}{2G} \left(\sigma_{ij}^{(k)} - \frac{3\nu}{1+\nu} \delta_{ij} \sigma_0^{(k)} \right) + \delta_{ij} \varepsilon_T + \varepsilon_{ij}^{p(k-1)},$$

$$\varepsilon_{ij}^{p(k)} = \varepsilon_{ij}^{p'} + \frac{\bar{\psi}^{(k)} - 1}{\bar{\psi}^{(k)}} \left(\varepsilon_{ij}^{(k)} - \varepsilon_{ij}^{p'} - \delta_{ij} \varepsilon_0^{(k)} \right), \quad \bar{\psi}^{(k)} = 3G \frac{\bar{\varepsilon}_i^{(k)}}{\sigma_{id}^{(k)}}$$

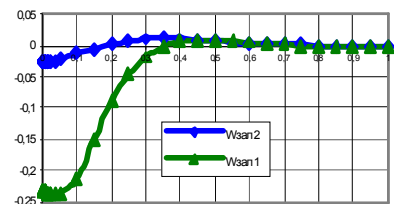
де σ_0 , ε_0 – середні напруження і деформація, $\bar{\varepsilon}_i$ – компоненти девіаторів тензорів деформацій. Штрихом позначені величини, які були зафіксовані в момент початку розвантаження.

Розглядається зварювання двох тонких циліндричних оболонок. Зварювання виконується одночасно по всій довжині шва, умови закріплення і нагріву оболонок такі, що має місце осесиметричний напружений стан.

Рівняння теплопровідності оболонок в припущенні про лінійний розподіл температури по товщині і конвективний теплообмін із зовнішнім середовищем отримані в роботі [2]. Зварювання здійснюється за допомогою внутрішніх джерел постійної потужності w_{i0} , які рівномірно розподілені в області $0 \leq x \leq x_0$, $|\zeta| \leq 1/2$ протягом часу $\tau \leq \tau_{\max}$. Моделювалося 2 випадки: безпосередньо зварювання та зварювання попередньо деформованих внутрішнім розподіленням навантаженням циліндричних оболонок.

Будемо вважати, що справедлива гіпотеза Кірхгофа-Лява для розподілу повних деформацій по товщині оболонок, та має місце плоский напружений стан. Основні рівняння деформаційної теорії термопластичності з використанням методу додаткових деформацій отримані в роботі [2]. Крайові задачі розв'язуються методом дискретної ортогоналізації Годунова. Розроблено числовий метод, який дозволяє враховувати розвантаження з виникненням повторних пластичних деформацій.

На рисунку наведені графіки залежності прогину серединної поверхні від координати для кожного випадку зварювання. У випадку попередньо деформованої циліндричної оболонки залишкові деформації після зварювання на порядок нижчі.



1. Махненко В.И. Расчетные методы исследования кинетики сварочных напряжений и деформаций. / Махненко В.И. – К.: Наукова думка, 1976. – 320 с.
2. Михайлишин М. Проблеми утворення залишкових напружень і деформацій при зварюванні. / М. Михайлишин // Вісник Тернопільського державного університету. – 2010. – Том 15. – №4. – С. 19-26.