

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДОРНУВАННЯ ОТВОРІВ В ПЛАСТИНАХ ІЗ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

В тонкостінних елементах конструкції, зокрема авіаконструкцій, втомні тріщини, як правило зароджуються та поширюються в місцях концентрації напружень. Для підвищення витривалості таких елементів конструкцій використовують різні технологічні методи зміцнення та створення залишкових стискувальних напружень в околі концентраторів, зокрема ефективними є методи пластичного деформування.

Для визначення НДС в околі функціонального отвору в процесі дорнування з натягом 0%-3%, побудовано скінчено-елементну модель чверті алюмінієвої пластини з центральним отвором діаметром 8 мм, 10 мм, 12 мм і дорна. НДС аналізували за розподілом локальних залишкових нормальних напружень після дорнування σ_{yy}^{res} .

Сітку скінчених елементів для моделей було створено за допомогою елемента Solid95. Це об'ємний елемент для задач механіки деформівного твердого тіла з двадцятьма вузлами, який є квадратичною версією 8-ми вузлового елемента Solid45. Елемент Solid95 дозволяє використовувати нерегулярну форму сітки без втрати точності, має спільні форми переміщень і тому може адекватно описувати моделі зі скривленими границями. Кожен із двадцяти вузлів елемента має 3 ступені вільності. Solid95 має властивості повзучості, пластичності та враховує зміну жорсткості при навантаженні, значні переміщення та деформації.

При моделюванні перебігу дорнування тертя між дорном та отвором вважається рівним нулю. Для фіксації пластини з отвором під час перебігу дорнування використовується підкладка нескінченно малої товщини та вважається нерухомою по координатах X, Y, Z. У підкладці є отвір діаметром 50 мм та його центр збігається з центром дорнованого отвору.

Для моделювання перебігу дорнування отвору використовували комплекс нелінійної динаміки ANSYS Explicit Dynamics, алгоритми якого основані на розв'язанні рівнянь механіки деформівного твердого тіла і здатні достатньо точно моделювати складні фізичні явища.

Істинну діаграму пружно-пластичного деформування матеріалу Д16чТ описували моделлю Steinberg Guinan Strength у вигляді:

$$G = G_0 \left[1 + \left(\frac{G'_p}{G_0} \right) \frac{P}{\eta^{1/3}} + \left(\frac{G'_T}{G_0} \right) (T - 300) \right] \quad (1)$$

$$\sigma_{0,2} = \sigma_{0,2,0} \left[1 + \beta (\varepsilon + \varepsilon_i) \right]^n \left(1 + \frac{\sigma'_{0,2,p}}{\sigma_{0,2,0}} \right) \frac{P}{\eta^{1/3}} + \left(\frac{G'_T}{G_0} \right) (T - 300), \quad (2)$$

при умові, що

$$\sigma_{0,2,0} \left[1 + \beta (\varepsilon + \varepsilon_i) \right]^n \leq \sigma_{0,2 \max} \quad (3)$$