



ОПТИМІЗАЦІЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИНОБУДІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Романчук Я.П., к.ф.-м.н., доцент

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

Створення багатьох роз'ємних і нероз'ємних з'єднань сучасних машинобудівних конструкцій відповідального призначення тісно пов'язане з впливом на них у процесі виготовлення висококонцентрованих потоків теплової енергії. Внаслідок такого впливу утворюються залишкові напруження і деформації, які можуть приводити до зниження міцнісних і геометричних параметрів як окремих елементів, так і конструкції в цілому.

З метою оптимізації напружено-деформованого стану зварюваних тонкостінних елементів пластинкового чи оболонкового типу були запропоновані режими додаткового попереднього локального підігріву [1], а також оптимальні режими локального відпалу кільцевих і поздовжніх зварних швів у циліндричних оболонках (трубах) [2-4]. За критерій оптимізації приймався мінімум функціоналу енергії формозміни елементів під час відповідного технологічного процесу.

Розглянемо розрахункову схему для двох, зварюваних по довжині тонких пластин, які при цьому додатково локально підігріваються. З урахуванням симетрії далі розглядається вільна на краях пластина, що знаходиться під дією сумарного плоского температурного поля

$$t(x, y, \tau) = t_0(x, y, \tau) + t_1(x, y, \tau), \quad (1)$$

де $t_0(x, y, \tau)$, $t_1(x, y, \tau)$ – температурні поля зварювання і підігріву відповідно, τ – час.

Вважається, що в області S пластини, де температурне поле $t < t_k$, локальним підігрівом забезпечуються умови пружного деформування (t_k – температура, при якій пружні характеристики матеріалу стають рівними нулю).

Оптимальні температурні поля додаткового підігріву $t_1(x, y, \tau)$ визначали з умови мінімуму функціоналу енергії формозміни

$$U = \frac{2(1+\nu)}{3E} \iint_S (\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 - \sigma_{xx}\sigma_{yy} + 3\sigma_{xy}^2) dx dy, \quad (2)$$

де ν , E – пружні характеристики матеріалу, $\sigma_{ij}(i, j = x, y)$ – відповідні компоненти напруженого стану.

Для спрощення розрахункової схеми приймали, що шов укладається одночасно по довжині l (координата x), температурне поле зварювання брали у вигляді, запропонованому Н. Рикалінім [5], а температурне поле додаткового підігріву визначалося в смузі $[y_1, y_2]$.



Як додаткові умови, що накладалися на температурне поле підігріву та напружений стан, використовували наступні:

$$\sigma_{xx}^c(y_m, \tau) = k_0 \sigma_T, t_1(x, y_1, \tau) = 0, t_1(x, y_2, \tau) = 0, \frac{dt_1(x, y_2, \tau)}{dy} = 0, \quad (3)$$

де σ_{xx}^c – температурні напруження, зумовлені сумарним температурним полем (1), $y = y_m(\tau)$ – поздовжній переріз, у якому температурні напруження при зварюванні без підігріву рівні границі течіння σ_T матеріалу пластини, k_0 – заданий коефіцієнт зниження рівня сумарних напружень у перерізі $y = y_m(\tau)$.

Проведені числові дослідження знайдених оптимальних температурних полів локального додаткового підігріву показали вплив їх градієнтності в напрямку зварюваних країв пластин на сумарні температурні напруження.

Були встановлені оптимальні профілі температурних полів підігріву в залежності від матеріалу зварюваних пластин (сплави АМг-6, М-40, ОТ4, сталі Ст3, 10Х18Н10Т), їх товщини, ширини зони підігріву, обмежень на рівні сумарних напружень.

Література:

1. Бурак Я.И., Романчук Я.П., Казимиров А.А. и др. Выбор оптимального поля предварительного подогрева пластин при сварке // Автоматическая сварка. – 1979. – № 5. – С. 15 – 19.
2. Романчук Я.П. Оптимізація напруженого стану циліндричної оболонки з допомогою локального підігріву // Доповіді АН УРСР. – Сер. А. – 1976. - № 12. – С. 1104 – 1107.
3. Галазюк А.В., Романчук Я.П. Оптимизация остаточного напряженного состояния цилиндрической оболочки с продольным сварным швом в процессе его локального отжига // Известия АН СССР. МТТ. – 1990. – № 1. – С. 43 – 47.
4. Романчук Я.П. Оптимизация напряженно-деформированного состояния сварных оболочечных конструкций / Материалы XVI международного симпозиума имени А.Г.Горшкова «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» (Ярополец, Москва, 15-19.02.2010). – Т1. – Ч.: ГУП ИПК «Чувашия», 2010. – 196 с. (С. 148 – 149).
5. Рыкалин Н.Н. Расчет тепловых процессов при сварке. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1947. – 272 с.