

УДК 624.014:621.771

¹Микола Підгурський, д.т.н., професор, ¹Микола Сташків, к.т.н., доцент, ¹Іван Підгурський, к.т.н., доцент, ²Наталія Макаренко, д.т.н., професор

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

²Донбаська державна машинобудівна академія, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ Т-ПОДІБНОГО З'ЄДНАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТОНКОСТІННИХ ПРОФІЛЬНИХ ТРУБ

Анотація. Наведено конструктивно-технологічні фактори, що впливають на міцність та довговічність елементів конструкцій та деталей машин. Методом скінчених елементів досліджено напружено-деформівний стан в зоні Т-подібного з'єднання елементів профільних труб.

Ключові слова: тонкостінні профільні труби, напружено-деформівний стан, теоретичний коефіцієнт концентрації напружень.

Mykola Pidgurskyi, Mykola Stashkiv, Ivan Pidgurskyi

STUDY OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE T-SHAPED ELEMENTS CONNECTION OF THIN-WALLED PROFILE PIPES

Abstract. Design and technological factors affecting the strength and durability of structural elements and machine parts are given. The stress-strain state in the T-shaped connection area of profile pipes elements was researched using the finite element method.

Keywords: thin-walled profile pipes, stress-strain state, theoretical stress concentration factor.

Найважливішими факторами, що впливають на міцність та довговічність елементів конструкцій і деталей машин є їх конструктивно-технологічні характеристики:

- концентрація напружень;
- абсолютні розміри (масштабний фактор);
- місцевий згин тонкостінних елементів;
- властивості металу в зоні зародження втомних пошкоджень;
- залишкові зварні напруження.

Концентрація напружень в елементах конструкцій, як і в деталях машин створюється геометричними концентраторами, тобто локальною зміною їх форми. У таких місцях виникають місцеві напруження, які суттєво перевищують номінальні напруження. Наявність концентраторів напружень приводить не тільки до збільшення місцевих напружень, але й до зміни виду напруженого стану переходу від лінійного напруженого стану до плоского чи об'ємного.

Рівень концентрації напружень характеризується теоретичними коефіцієнтами концентрації для нормальних α_σ і дотичних α_τ напружень:

$$\alpha_\sigma = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_H}; \quad \alpha_\tau = \frac{\tau_{max}}{\tau_H}$$

Одні з найбільших значень теоретичних коефіцієнтів концентрації напружень спостерігаються в з'єднаннях з тонкостінних гнutoзварних профілів, причому їх величина залежить від виду та форми з'єднання, місця розташування вздовж з'єднання, товщини профілів, способу навантаження та ін.

У зв'язку з цим проведено моделювання напружено-деформівного стану Т-подібного з'єднання двох елементів тонкостінних профільних труб квадратного поперечного перетину з розмірами 200×200×8 мм та 120×120×8 мм відповідно (рис. 1) для двох випадків навантаження:

- розтягуючою силою, що діє вздовж осі вертикального елемента (рис. 2, а);
- згинаючою силою, що діє перпендикулярно до осі вертикального елемента і прикладена на його вільному кінці (рис. 2, б).

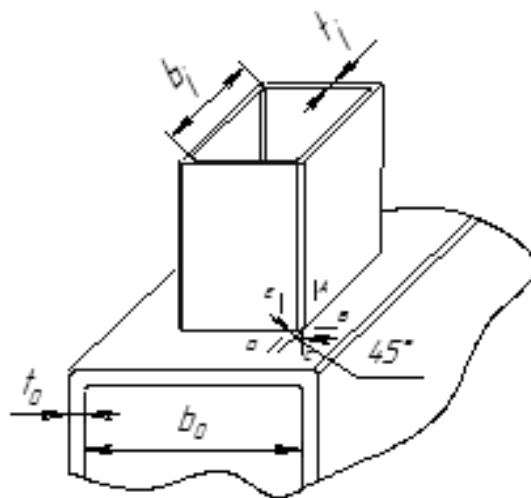
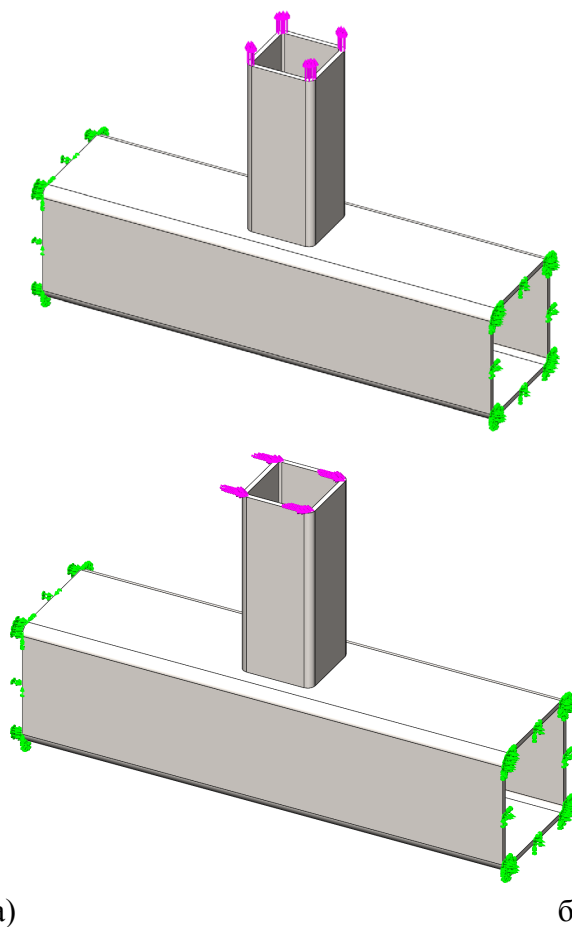


Рис. 1. Схема Т – подібного з'єднання елементів профільних труб



а) б)
Рис. 2. Схема закріплення та навантаження модельованих з'єднань

Кінці горизонтального елемента профільної труби жорстко зафіксовано (защемлено). Елементи жорстко з'єднані один з одним (глобальний контакт з незалежною сіткою). Розмір елемента глобальної сітки скінчених елементів – 2 мм.

Моделювання реалізовано засобами програмного комплексу SOLIDWORKS з використанням модуля інженерного аналізу SOLIDWORKS Simulation.

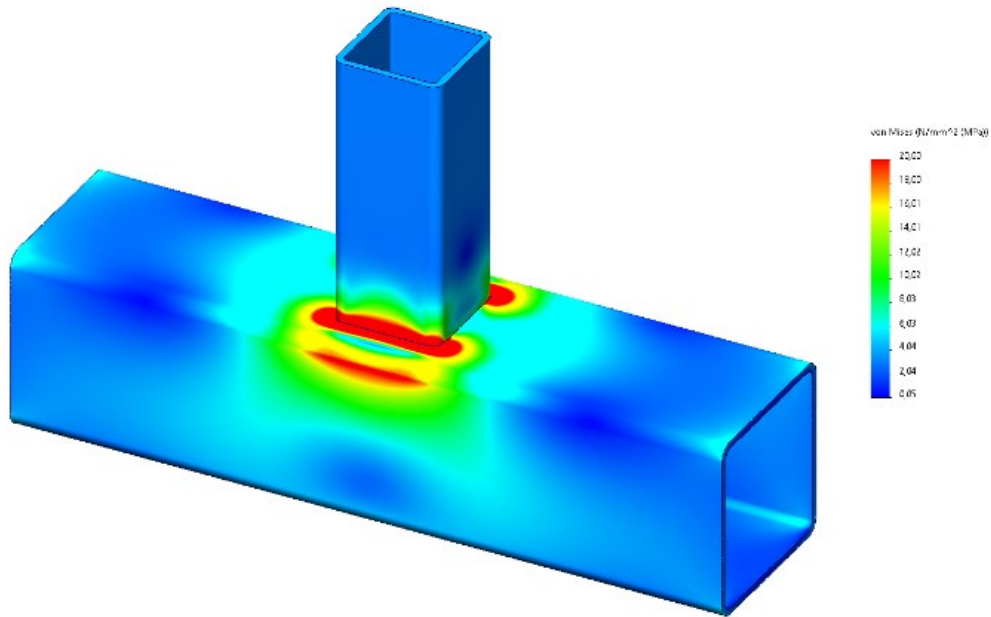
Результати моделювання напружено-деформівного стану T – подібного з'єднання елементів профільних труб представлено на рис. 3 та табл. 1.

Для геометричних параметрів з'єднання $\beta = b_1 / b_0 = 0,6$; $\tau = t_1 / t_0 = 1,0$; $2\gamma = b_1 / t_0 = 24$ значення максимальних коефіцієнтів концентрації напружень вздовж ліній A; B; C; D; E для обох досліджуваних випадків зведено у таблицю 1.

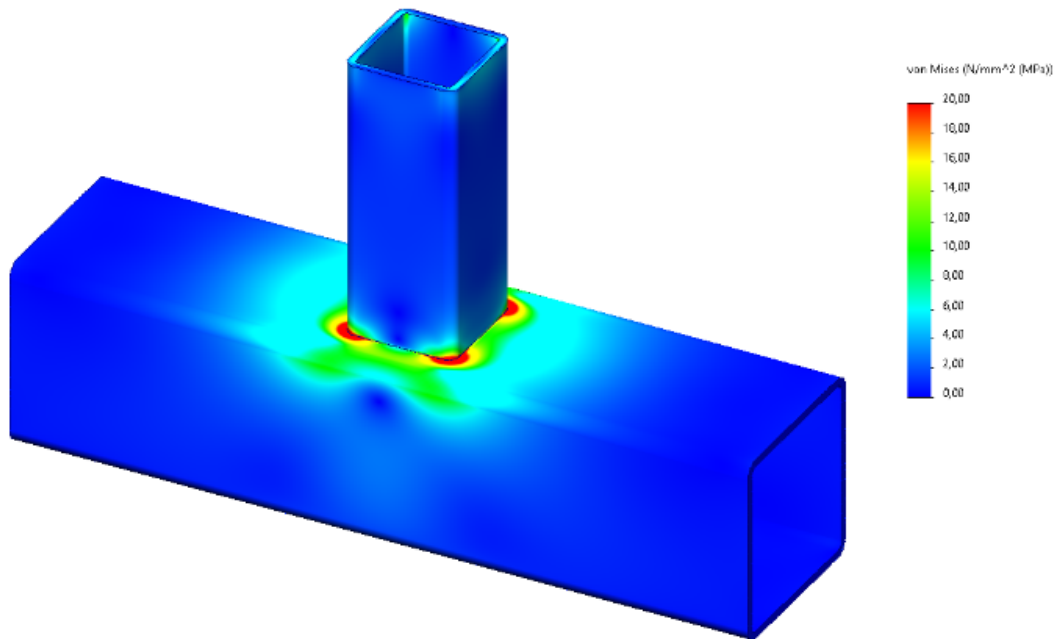
Таблиця 1.

Максимальні коефіцієнти концентрації напружень для T – подібного з'єднання елементів профільних труб вздовж ліній A – E

Вид навантажень	$\alpha_\sigma \max$									
	A	A[1]	B	B[1]	C	C[1]	D	D[1]	E	E[1]
тип 1	15,05	14,5	25,35	28	23,69	24,2	12,83	11,9	14,8	14,5
	A	A[2]	B	B[2]	C	C[2]	D	D[2]	E	E[2]
тип 2	8,02	-	13,4	13,21	17,05	17,89	11,7	-	8,81	-



a)



б)

Рис. 3. Результати моделювання НДС Т – подібного з'єднання елементів профільних труб:

- а) напруження в елементах з'єднання при дії розтягуючої сили;
- б) напруження в елементах з'єднання при дії згинаючої сили.

Порівняння отриманих результатів (табл. 1) та даних, отриманих іншими авторами [1, 2] вказує на їх добру збіжність. Похибка не перевищує 9,5%.

Література

1. Hollow sections in structural applications / Wardenier, J.; Packer, J.A.; Zhao, X.-L.; Vegte, G.J. Van Der – Bouwen met Staal, Stichting, 2010. – 231 p.
2. IIW Doc. XV – 1021 – 99, IIW Doc. XV – E – 99 – 244, IIW Doc. XIII – 1772 – 99. Recommended fatigue design procedure for welded hollow section joints / Zhao X.-L., Packer J.A. – International Institute of Welding, 1999. – P.1. – 65 p.