

Шинський В.О., Дорошенко В.С.

(ФТІМС НАН України, м. Київ)

**ЛИТІ ЕЛЕМЕНТИ МОДУЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ
КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗА ЛГМ-ПРОЦЕСОМ**

E-mail: doro55v@gmail.com

Створення швидкозбірних модульних споруд, як несучих і огорожувальних конструкцій, полягає в тому, що елементи всієї будівлі чи її частини після виготовлення на заводі в контейнері чи габаритною відправкою подаються на монтаж, де їх найпростішими способами встановлюють у проектне положення. Останнім часом розроблені плоскі й просторові конструкції такого типу у вигляді кроквяних систем, циліндричних і кулястих склепінь та інші [1]. Популярність тривимірних конструкцій невідомо зростає. Як правило, просторові рами конструюються з простих збірних одиниць, які часто є стандартними за формою і розміром. Такі модульні одиниці, які масово виробляються на заводах, можуть легко і швидко збиратися на місці навіть малокваліфікованим персоналом. Завдяки значній повторюваності стрижнів та вузлів заводське виробництво може бути повністю автоматизовано з ростом якості продукції. Це відповідає ідеології префабрикації (англ., prefabrication) – перенесення частини будівельних процесів у заводські умови.

Модульне будівництво із застосуванням металоконструкцій може стати імпульсом та ефективним рішенням в будівельній галузі. Очевидно, що в будь-якій збірній системі вкрай важливою частиною є вузол сполучення (так званий конектор), і кінцевий економічний результат безпосередньо співвідноситься з ефективною простотою конструкції конектора. Тому основна складність розвитку таких просторових систем пов'язана з виробництвом вузлових сполучень, як найбільш складних та відповідальних елементів конструкції. Значний потенціал вирішення проблем як конструктивного, так і технологічного характеру з виготовлення таких вузлових конекторів має процес лиття за моделями, що газифікуються (ЛГМ), включно в цехах ФТІМС НАНУ.

Серед найбільш відомих болтових з'єднань відомий вузол «Меро» (рис. 1) [2], запропонований в 1942 р. інженером Менгерінхаузенем в Німеччині. Із застосуванням саме цього вузла в Югославії було збудовано стадіон «Спліт», який має винятково красиву стрижневу оболонку прольотом понад 200 метрів. При цьому у вузлі «Меро» був використаний болт діаметром 64 мм із високоміцної сталі.

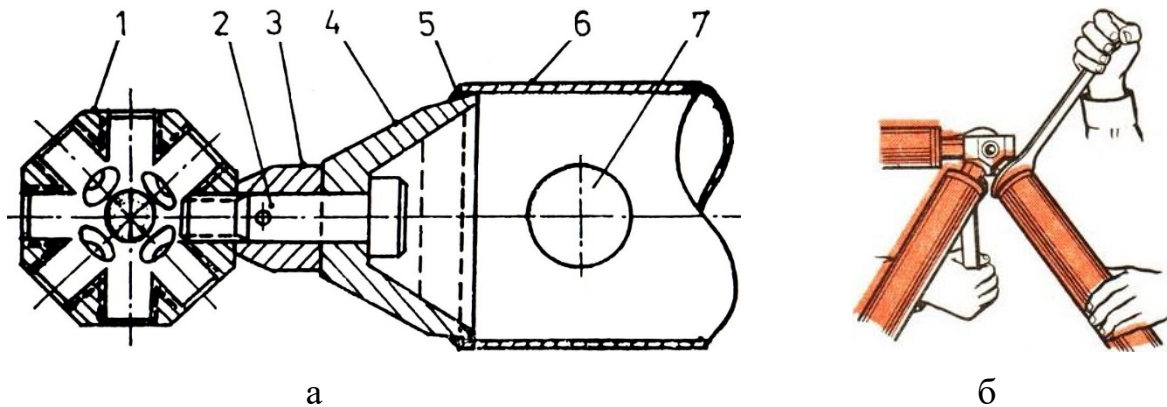


Рис. 1. Вузол системи «Меро» (а): 1 – вузловий елемент з різьбовими отворами для болтів; 2 – високоміцний болт; 3 – шестигранна муфта обертання; 4 – конічний наконечник; 5 – зварний шов; 6 – трубчастий елемент; 7 – монтажний отвір; та приклад збирання модульних конструкцій з болтовими з'єднаннями (б)

Також відомі вузли більш простої конструкції, наприклад (рис. 2, а) [3], та шарнірний вузол просторової стрижневої конструкції, в якому регулюється як кут між стрижнями, так і конфігурація всієї цілісної конструкції (рис. 2, б) [4].

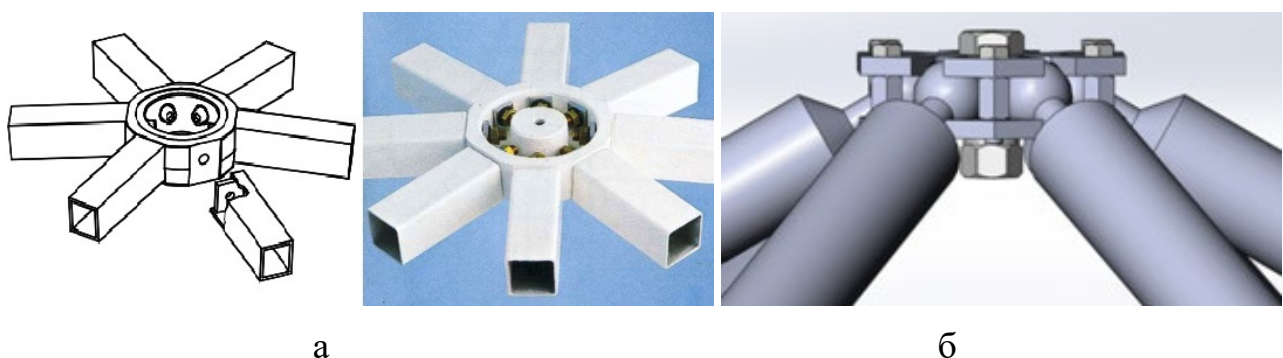


Рис. 2. Вузол «Меро-3» (а) [3] та вузол стрижневої конструкції регульованої структури (б) [4]

На рис. 3 показано варіанти кульових вузлів, конічних наконечників, трубчастих елементів (однакової довжини) з наконечниками і приклад збирання їх у просторову систему. Як вузли, так і наконечники найвигідніше лити точним способом ЛГМ з мінімальною механічною обробкою, чи навіть без неї.



Рис. 3. Конструкції кульових вузлів, конічних наконечників, трубчастих елементів і зібраної просторової системи, що пропонують підприємства КНР

Також на рис. 4 [5] показано елементи подібної до попередньої просторової модульної конструкції «Zublin» у складі: трубчастий стрижень, кульовий конектор, болт з диференційною різьбою та шестигранна привідна муфта. Поруч – збірка просторового каркасу (конектор і стрижень в перерізі).

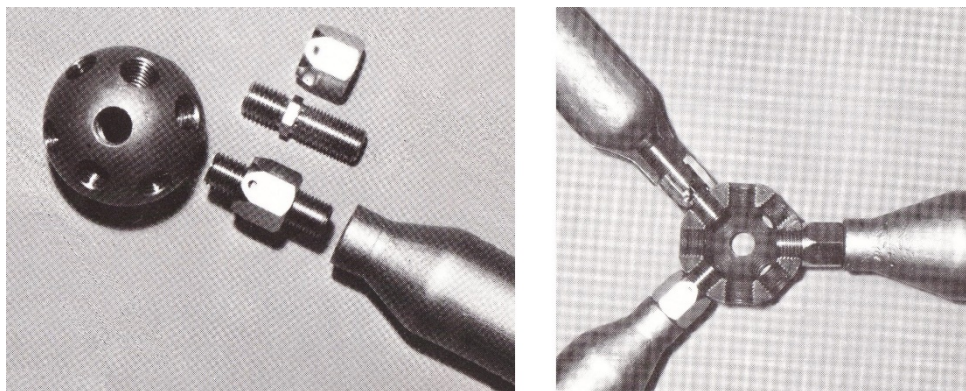


Рис. 4. Елементи просторової модульної конструкції «Zublin»

Розглянемо більш складний варіант литих вузлів. Естетично привабливу форму мають литі сталеві вузли навісу перед входом у шпиталь *Baustate Noble* у Вестфілді, штат Массачусетс [6] (рис. 5). Такі трубчасті вузли на стиках між елементами конструкції одночасно витримують необхідне конструктивне навантаження на з'єднання та забезпечують декоративний вид. Для цього зварні шви на стику труб з литими вузлами шліфують, якщо конструкції є частиною архітектурної композиції.



Рис. 5. Застосування сталевих вузлів в опорах навісу перед входом у шпиталь, а також на трубчастій просторовій конструкції на колоні [6]

Розвиток модульної технології збільшує число будівельних рішень, а потенціал сталевих конструкцій розкривається в нових сегментах будівельної галузі. Сьогодні програмні комплекси проектування дозволяють змоделювати конструкцію до кріпильних елементів та сполучних деталей та проаналізувати роботу всієї системи. На рис. 6 показано трубчасті моделі вузлів, надруковані на 3D-принтері, що демонструють три різні конфігурації зовнішньої форми, а також приклад модульної конструкції з вузлами одної з цих конфігурацій [6].



Рис. 6. Моделі вузлів різних конфігурацій та модульної конструкції

На відміну від бетону, зібрані сталеві конструкції не дають усадки або повзучості. Сталь також міцна і пластична, що робить її дуже стійкою до випадкових пошкоджень. Якщо якісь пошкодження все-таки виникли, їх можна легко відремонтувати за допомогою різання, зварювання або болтів, щоб відновити повну міцність. Монтаж металокаркасів на місці не обмежений погодними умовами, окрім сильного вітру, і може тривати цілий рік, без потреби в спеціальних заходах захисту взимку. Литі болтові кронштейни (рис. 7) для з'єднання спеціальних і проміжних сталевих каркасів можуть використовуватись при модернізації сейсмічно дефіцитних сталевих каркасних будівель або в новому будівництві. Швидке болтове з'єднання виключає зварювання в польових умовах (що знижує витрати на монтаж і спеціальний огляд), а при використанні в новому будівництві полегшує монтаж каркаса.

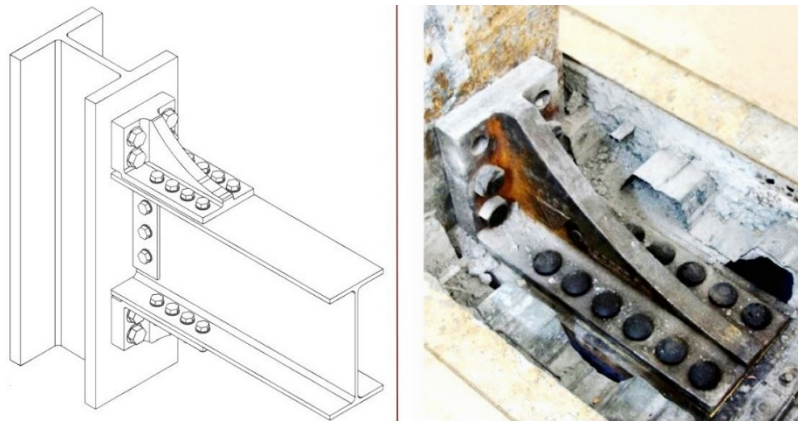


Рис. 7. Литі болтові кронштейни (з сайту www.castconnex.com)

Приклади ряду литих металевих вузлів-конекторів та їх моделей взято з сайту www.castconnex.com для оцінки проектування ЛГМ-процесу (рис. 8, 9).

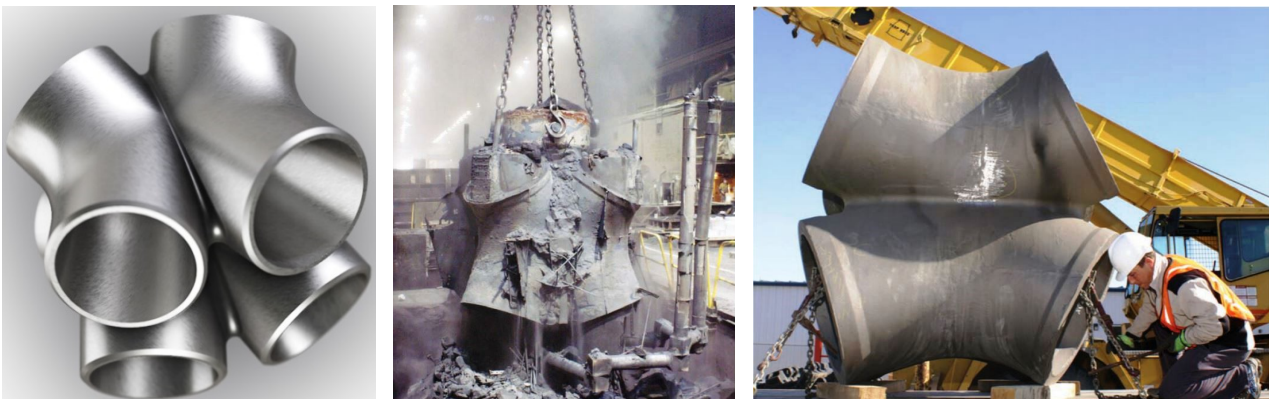


Рис. 8. Трубчастий вузол: вилівок ззовні, вибивка з форми, завантаження



Рис. 9. Приклади різних литих металевих вузлів-конекторів та їх моделей

Література:

1. Хоменко О.Г. Сталеві конструкції у будівництві: Підручник. – Глухів, 2018. – 347 с.
2. Демидов Н., Меликова В. Пространственные стержневые конструкции. URL: <https://in-regional.ru/realizatsiya-stroitelstva/proektnaya-dokumentatsiya/prostranstvennye-sterzhnevye-konstruktsii.html>.
3. S. Stephan, J. Sánchez-Alvarez, K. Knebel. Reticulated Structures on Free-Form Surfaces. URL: <https://www.researchgate.net/publication/228563882>.
4. Пат. 2586351 РФ: МПК E04B 1/58. Шарнирный узел пространственной стержневой конструкции регулярной структуры. Опубл. 10.06.16, Бюл. №16.
5. Пушкин Б. А. Пространственные каркасы «КК». Нюрнберг, 2022. URL: <http://www.fen-net.de/valeria.sokolova/Buch/BP.pdf>.
6. How to specify cast steel tree nodes. Sep 25, 2019. URL: <https://www.castconnex.com/blog/how-to-specify-cast-steel-tree-nodes>.