

УДК 624.072.014.2

Денис Биків, Андрій Кос, Олег Підлужний, Іван Підгурський, к.т.н, доцент, Микола Підгурський, д.т.н., професор

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ ПЕРФОРОВАНИХ ДВОТАВРОВИХ БАЛОК З РЕГУЛЯРНОЮ ТА НЕРЕГУЛЯРНОЮ СТРУКТУРОЮ ОТВОРІВ

Анотація. Наведено переваги перфорованих балок та галузі їх застосування. Наведені методи безвідходного виконання симетричних і асиметричних перфорованих балок з регулярною та нерегулярною структурою отворів.

Ключові слова: двотавр, перфоровані балки, симетрична структура, асиметрична структура

Denys Bykiv, Andrii Kos, Oleh Pidluzhnyi, Ivan Pidgurskyi, Mykola Pidgurskyi MANUFACTURING METHODS OF PERFORATED STEEL I-BEAMS WITH REGULAR AND IRREGULAR HOLE STRUCTURE

Abstract. The advantages of perforated beams and their field of application are given. The methods of waste-free manufacturing of symmetric and asymmetric perforated beams with a regular and irregular openings structure are presented.

Keywords: I-beam, perforated beam, symmetrical structure, asymmetrical structure

Перфоровані балки широко застосовуються в будівництві (несучі конструкції покриття та перекриття), машинобудуванні (лонжерони автомобілів та ін.).

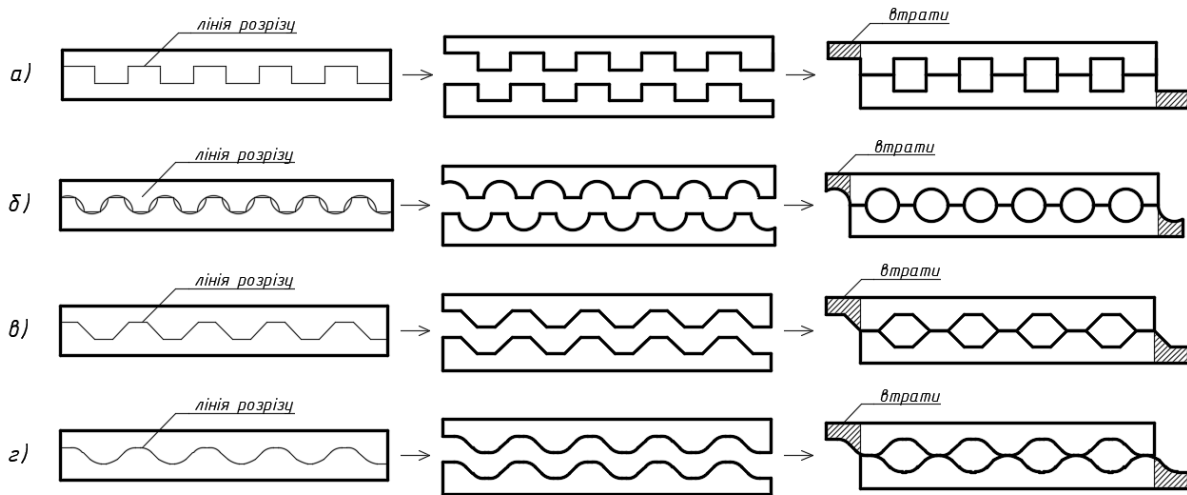
Перфоровану балку для будівель та споруд отримують з первісного прокатного двотавра після його зигзагоподібного розрізання і зварювання виступів стінки. Це дозволяє отримати балку з більшою висотою по відношенню до первісного профілю. Ефективність таких балок зумовлена, перш за все, збільшенням таких характеристик перетину як момент опору та момент інерції. Завдяки цьому, перфоровані балки є ефективнішими на 15-20%, ніж їх первісні двотаврові балки.

У загальному випадку перфоровані балки мають симетричну структуру і регулярний крок отворів у своїй стінці. Такий метод є найменш затратний, але не дає можливості повністю оптимізувати переріз балки по всій довжині. Для більшої ефективності ригеля можна з'єднувати балки з різних частин, з різних первісних перерізів і різних форм розрізу, також можна змінювати крок самих отворів або комбінувати їх в одній балці.

Для забезпечення таких потреб пропонуються різні методи безвідходного (або частково безвідходного) виробництва таких перфорованих балок.

Найпоширенішими вітчизняними балками з регулярною перфорацією є конструкції з шестикутними та восьмикутними отворами, за кордоном – з круглими та синусоїдальними отворами, що мають суттєво менші коефіцієнти концентрації на контурах отворів. Метод їх виготовлення полягає в тому, що стінка первісного прокатного двотавра розрізняється будь-яким видом різання металу, наприклад, газового, лазерного або плазмового. Потім розрізані частини, що з'єднуються у місцях примикання виступів за допомогою зварювання, утворюючи суцільні перемички.

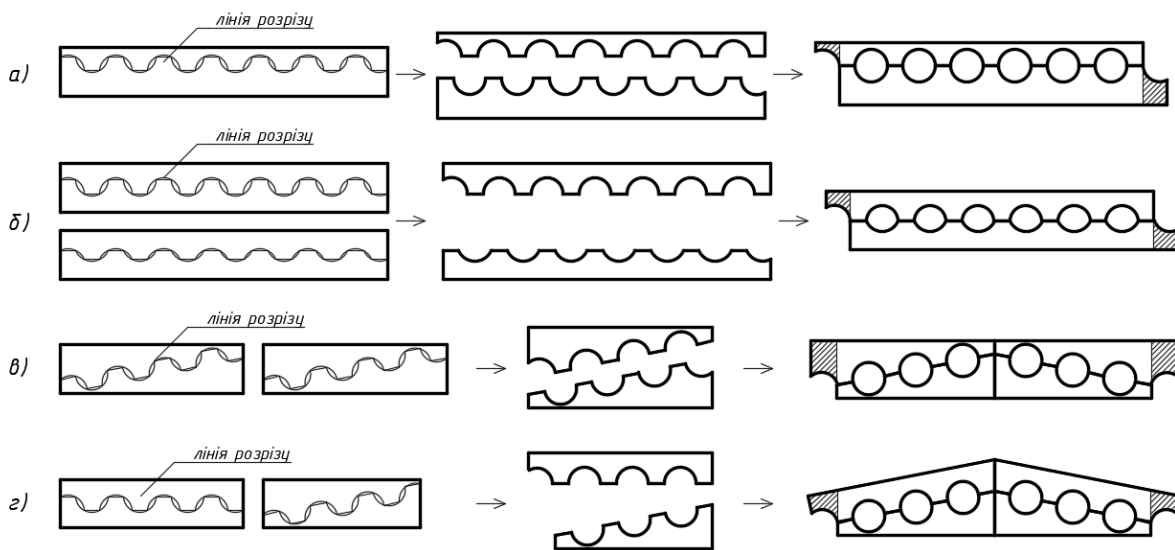
В звичайних перфорованих балках лінія зварювання знаходиться посередині стінки балки, де нормальні напруження згину близькі до нульових значень, тому додатковий розрахунок зварного з'єднання двох балок не виконують.



а) квадратна; б) кругла; в) шестикутна; г) синусоїдальна
Рисунок 1 – Перфоровані балки з регулярними отворами

Також можна виконувати перфоровані балки з регулярною перфорацією і асиметричними отворами відносно «нульової лінії». Такі балки можуть мати більшу стійкість або краще працювати при комбінованих видах навантажень. До таких балок зі зміщеними отворами (рис. 2, а), з видозміненою нижньою або верхньою частинами отвору (рис. 2, б), з отворами, що піднімаються або опускаються по довжині балки (рис. 2, в), трапецієвидні балки (рис. 2, г). Такий вид балок більш оптимізований до конкретних навантажень, але і більш трудомісткий. Для виконання такої конструкції потрібно розрізати дві балки з різною формою різі.

Також при комбінованих видах навантажень або якщо ці навантаження прикладаються під певним кутом до балки, можна виконати балки з асиметричним перерізом (рис. 3). Така конструкція буде складатись з двох частин, які вирізані з двотаврів різних розмірів чи серій. Так, наприклад, можна поєднати балку з укосами полиць розміром 600 мм та рівнополичну балку з розміром 400 мм. Важливо, що при такому поєднанні, розмір отворів і перегородок повинен співпадати.



а) піднятими; б) різними в обох частинах; в) піднятими по довжині; г) трапецієвидна
Рисунок 2 – Перфоровані балки з асиметричними регулярними отворами

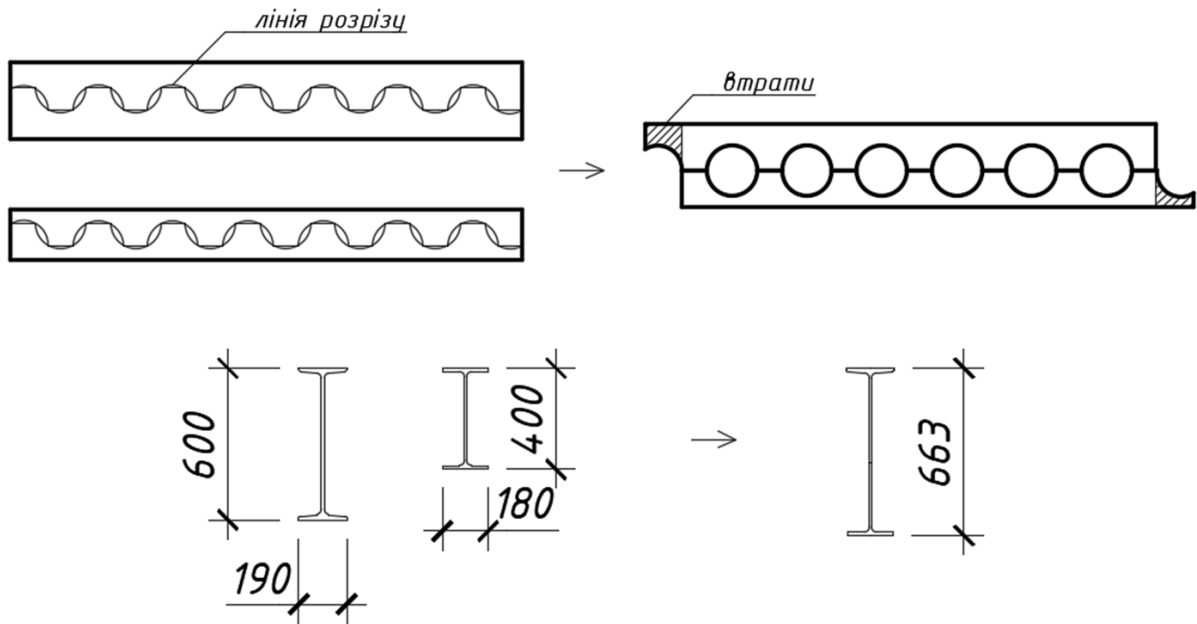


Рисунок 3 – Виготовлення асиметричної перфорованої балки

Наступним видом перфорованих балок, які є і найбільш перспективними, є конструкції з нерегулярною структурою по своїй довжині. Тобто такі конструкції мають різний крок, частоту, розмір і форму отворів, а також можуть змінювати свій поперечний переріз.

Такі балки є трудомісткими у виробництві, оскільки складаються з декількох частин. Чим більше змінних параметрів балки по довжині, тим більш трудомісткою вона буде при виготовленні. Їх виготовляють наступним чином: визначається кількість шаблонів, які будуть повторюватись, обирається їх місце розташування, далі з первісних двотаврів вирізаються частини, а потім вони накладаються та зварюються. Для таких конструкцій характерний вертикальний зварний шов в місці з'єднання частин. Такі шви є розрахунковими, для їх підсилення додатково можуть влаштовувати спеціальні накладки.

В залежності від навантажень, які діють на балку та граничних умов, можна розташовувати отвори там, де зусилля є меншими, та навпаки, де зусилля набагато більші – потрібно зменшити розмір отворів. Так для шарнірно обпертої балки можна використовувати види перфорації, зображені на рисунку 4.

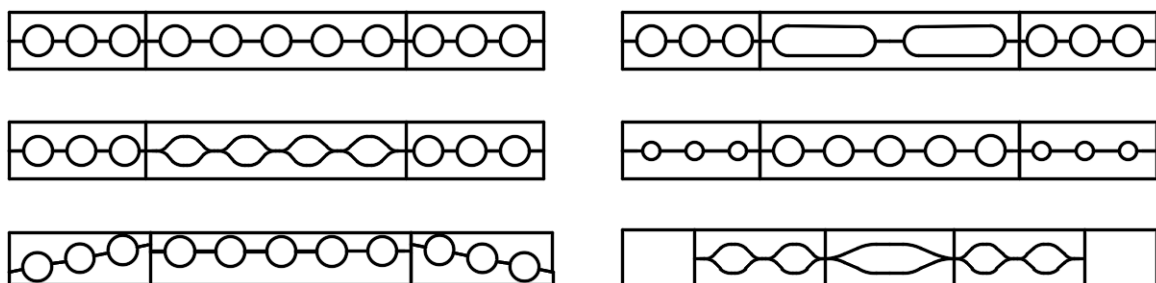


Рисунок 4 – Перфоровані балки з нерегулярними структурами і їх комбінації

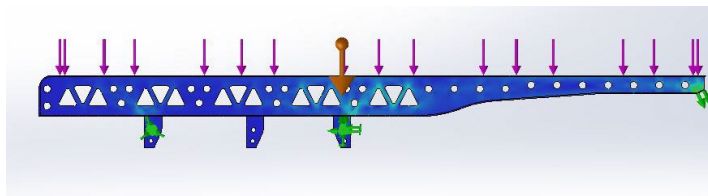
Зазначимо, що більшість перфорованих балок з нерегулярними структурами і асиметричним перерізом – мало досліджені, на відміну від балок з регулярною перфорацією.

Також з перфорованих балок можна виконувати різні розпірні конструкції – арки та рами, які не у всіх випадках є вигіднішими за суцільний переріз, оскільки крім згинальних моментів у конструкціях виникають поздовжні та поперечні зусилля, які змінюються по всій їх довжині.

Перфорація використовується також для зменшення ваги рамних конструкцій вантажних автомобілів (рис. 5). При цьому можуть вибиватись отвори як з однаковими геометричними обрисами (рис. 5, а), так і з різноманітними (рис. 5, б).



а)



б)

Рисунок 5 – Перфоровані рами вантажних автомобілів з регулярною (а) та нерегулярною (б) структурами отворів.

Зазначимо, що розробка методів розрахунку та виробництва сталевих перфорованих двотаврових балок призведе до подальшого покращення їх форм та способів виготовлення. При цьому конструкції з нерегулярною та асиметричною перфораціями є найбільш перспективними для збільшення міцнісних та жорсткісних характеристик конструкцій.

Література

1. Pidgurskyi I., Slobodian V., Bykiv D., Pidgurskyi M. (2021) Investigation of the stress-strain state of beams with different types of web perforation. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 103, no 3, pp. 79–87.
2. Підгурський І.М., Слободян В.В., Підлужний О.М., Биків Д.З., Підгурський М.І. Моделювання напружено-деформівного стану балок з різною перфорацією стінки / Збірник матеріалів тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем - 2022» (м. Чернігів, 26–27 травня 2022 р.) – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – Т. 2. – С. 105.
3. Shaikh Ajim, Pawar Tejsvi, Wagh Vrushali, Jadhav Mrunal, Mujawar S. Shirin , Wagh Prakash (2019) Design and Analysis of Perforated I-Section Beam. JournalNX-ISSN No: 2581-4230. – 22-23 February 2019, pp. 25-28.