



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

№2, ТОМ 15 (2009) 141-145

УДК 624.072.2

(09)-0192-1

БЕЗДЕФОРМАЦІЙНИЙ РОЗПУСК ГОРЯЧЕКАТАНИХ БАЛОК З ПЕРФОРОВАНОЮ СТІНКОЮ

В.М. Василев, Ю.І. Дозоренко

Кафедра "Металеві конструкції", Донбаська національна академія будівництва і архітектури, вул. Державіна 2, 86123, м. Макіївка, Україна.

E-mail: mailbox@dgasa.dn.ua

Отримана 15 квітня 2009; прийнята 17 квітня 2009

Анотація. Надана стаття присвячена питанням конструювання та раціонального використання балок з перфорованою стінкою. Приведені дані по оцінці ефективності та економічності використання балок у будівництві, рекомендації з оптимального співвідношення геометричних розмірів отворів балки при її виготовленні. Розглянута технологія виготовлення. Окрема увага приділена впливу температурного підігріву на внутрішні напруження та їх перерозподіл. Надана формула для визначення необхідної температури нагріву полки профілю, показані епюри внутрішніх напружень балки, а також можлива епюра внутрішніх напружень після перерозподілу напружень від температурного підігріву стінки профілю та розрізу його за зигзагоподібною лінією. Представлена схема розпуску гарячекатаного двутавра за поміччю газових приладів і особливості роботи готової конструкції, її внутрішній напружений стан. Дана робота направлена на подальше виявлення напруженого стану перфорованих балок, можливості зменшення коштовності з урахуванням технології їх виготовлення.

Ключові слова: перфорований профіль, напружений стан, пластичні деформації, розріз, зигзагоподібний різ, балки міцності, залишкові напруження.

БЕЗДЕФОРМАЦИОННЫЙ РОСПУСК ГОРЯЧЕКАТАНЫХ БАЛОК С ПЕРФОРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ

В.Н. Васильев, Ю.И. Дозоренко

Кафедра "Металлические конструкции", Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ул. Державина 2, 86123, г. Макеевка, Украина.

E-mail: mailbox@dgasa.dn.ua

Получена 15 апреля 2009; принята 17 апреля 2009

Аннотация. Данная статья посвящена вопросам конструирования и рациональности применения балок с перфорированной стенкой. Приведены данные по оценке эффективности и экономичности использования балок в строительстве, рекомендации по оптимальному соотношению геометрических размеров отверстий балки при ее изготовлении. Рассмотрена технология изготовления перфорированных балок. Особое внимание уделено влиянию температурного нагрева на внутренние напряжения и их перераспределение. Приведена формула для определения необходимой температуры нагрева полки профиля, показаны эпюры внутренних напряжений балки, а также возможная эпюра внутренних напряжений после перераспределения усилий от температурного нагрева стенки профиля и разрез его по зигзагообразной линии. Представлена схема роспуска горячекатанного двутавра при помощи газовых горелок и особенности работы готовой конструкции, ее внутреннее напряженное состояние. Данная работа направлена на дальнейшее исследование напряженного состояния перфорированных балок, возможности минимизации трудозатрат и стоимости, учитывая технологию их изготовления.

Ключевые слова: перфорированный профиль, напряженное состояние, пластические деформации, роспуск, зигзагообразный рез, балки жесткости, остаточные напряжения.

DEFORMATION-FREE CUTTING OF A HOT-ROLLED BEAM WITH A PERFORATED WEB

V. N. Vasylev, Y. I. Dozorenko

Department of metal structures, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Derzavin str. 2, 86123, Makeyevka, Ukraine.

E-mail: mailbox@dgasa.dn.ua

Received 15 April 2009; accepted 17 April 2009

Abstract. This article is devoted to issues of designing and efficiency of using perforated beams. It includes the following parts: relevance of the topic, design features, technology of manufacturing perforated beams, operational peculiarities of perforated beams, conclusions. Information on estimating operational and cost efficiency of using perforated beams in construction is provided; recommendations on the best ratio of geometrical dimensions of beam perforations are given. Technology of manufacturing perforated beams is considered. The focus is on the impact of heating temperature on inner stresses and their redistribution in the process of manufacturing. There is given a formula to determine a desired temperature for flanges heating, there are also shown diagrams of a perforated beam inner stresses after a rearrangement of forces as a function of a flange temperature heating and its zigzag shape cutting. There is given a scheme of a hot-rolled I-beam redistribution with the help of gas burners, peculiarities of ready-made structures, its internal stressed state being presented as well. This work aims at a further study of a stressed state of perforated beams, minimization of working hours and costs keeping in mind the technology of their manufacture.

Keywords: perforated beam, stressed state, stratum layer, redistribution, shape, beams of inflexibility, residual stresses.

Актуальность темы

Научно-технический прогресс в области строительства тесно связан с проблемами развития и совершенствования металлоконструкций. Важнейшей задачей является разработка новых конструктивных форм сооружений, позволяющих снизить материалоемкость и себестоимость конструкций, а также затраты на изготовление и монтаж с полным использованием резервов конструкции.

В стране весьма эффективно применяются стальные двутавры (швеллера) с перфорированной стенкой; стенка прокатной балки разрезается по зигзагообразной ломаной линии с регулярным шагом с помощью газовой, лазерной или плазменной резки, или на мощных прессах, и затем обе половины разрезанной балки соединяются сваркой в совмещенных между собой выступах стенки. Конечный результат приводит к увеличению высоты балки и

позволяет перераспределить материал сечения, концентрируя его ближе к периферийным волкам (полкам) и существенно повышая такие геометрические характеристики сечения, как момент инерции и момент сопротивления. Все это приводит к увеличению несущей способности балки в 1.3 -1.5 раза, снижению материалоемкости на 20-30% и стоимости на 10-18%.

Дополнительные затраты труда на разрезку и сварку исходного проката невелики: в сравнении со сварными составными двутаврами по трудоемкости изготовления перфорированные балки на 25...35% эффективнее за счет сокращения объема сварки и значительно меньшей трудоемкости операций обработки [1, 2].

Конструктивные особенности

С целью полного использования исходного двутавра при его роспуске желательно соблюдать следующие зависимости:

$$h_1 = (0.6 \div 0.75)h_0; a \geq 90\text{мм};$$

$$k \geq 250\text{мм}; a = 40 - 70^\circ, \quad (1)$$

где h_0 – высота исходной балки;
 h_p, a, k – геометрические размеры отверстий;
 a – угол наклона линии реза.

В случае действия на балку сосредоточенных, регулярно расположенных грузов необходимо, чтобы положение сплошных участков стенки сквозного двутавра совпадало с положением этих грузов [3, 4]. Иногда для усиления стенки под большими сосредоточенными грузами и у опор балки ставят поперечные либо торцевые опорные ребра.

Использование перфорированных балок в качестве ригелей нашло широкое распространение в строительстве зданий производственного и общественного назначения как в Украине, так и в других странах.

Разновидности балок с перфорированной стенкой, прежде всего, связаны с различной конфигурацией линии реза, и, как следствие, различной формой отверстий. Наиболее часто применяют перфорированные балки с одинаковым расположением отверстий (балки с симметричной перфорацией) (рис. 1).

Также к новому конструктивному решению можно отнести балки с несимметричным расположением отверстий "балки с несимметричной перфорацией". Перфорированные балки могут иметь отверстия неправильной шести-

угольной формы, формы трапеции, ромба, усеченного овала или круга [5, 6].

Технология изготовления перфорированных балок

Горячекатаные двутавры имеют большой уровень продольных внутренних напряжений. Следовательно, для получения прямого тавра необходимо перераспределить эпюру продольных внутренних напряжений таким образом, чтобы в процессе резки нарушение внутренних напряжений выражалось допустимой кривизной тавров, определяемой нормами.

Это перераспределение выполняется с помощью пластических деформаций укорочения в элементах роспускаемого двутавра. Зону пластических деформаций укорочения, формируемую, например, опережающим подогревом, рационально создавать вдоль центральной части роспускаемого двутавра. В этом случае используется напряженное состояние двутавра: сжимающие внутренние напряжения суммируются с тепловыми сжимающими напряжениями. Это обстоятельство, а также большая жесткость стенки в плоскости балки, позволяет добиться необходимого уровня пластических деформаций при температуре 250-360°С.

В качестве режущего устройства может быть использована машина кислородной резки, плазморез либо лазер. Резак перемещается по стенке

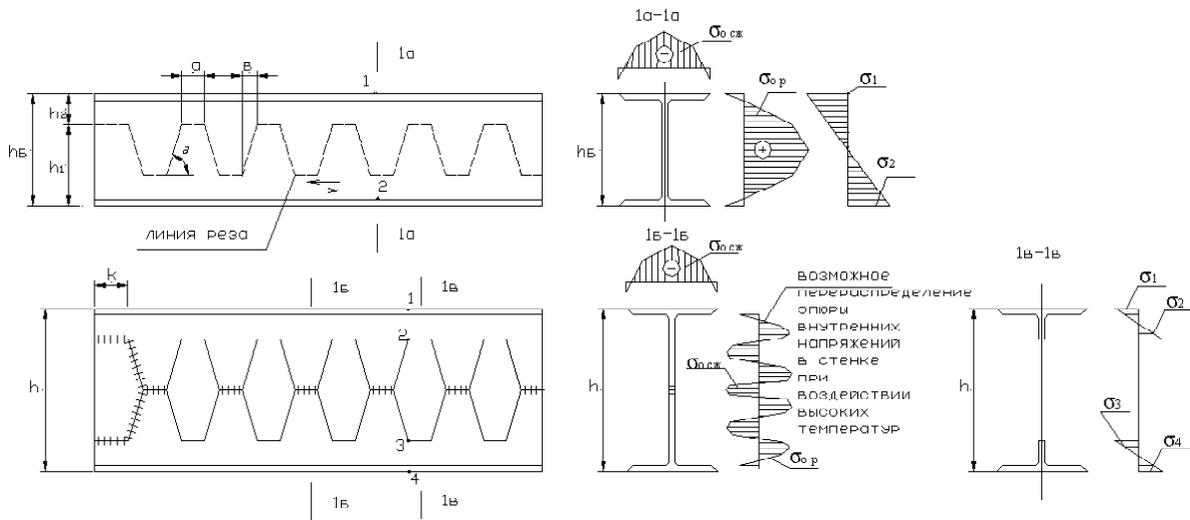


Рис.1. Балка с перфорированной стенкой.

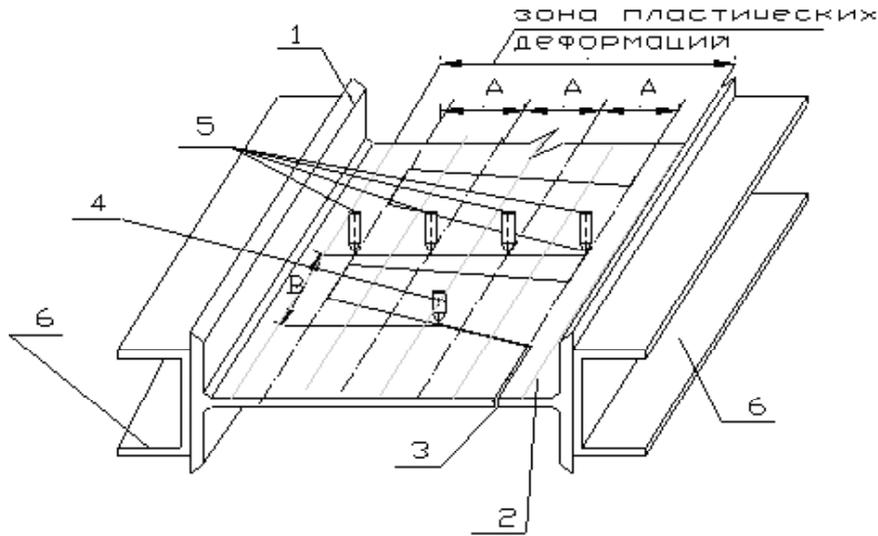


Рис. 2. Схема роспуска горячекатаных двутавров: 1— роспускаемый двутавр; 2 — тавр; 3 — зигзагообразный рез; 4 — резак; 5 — нагревательные элементы (горелки); 6 — балки жесткости.

лежащего на стеллаже роспускаемого двутавра, закрепленного вдоль обеих полок балками жесткости, т.к. тавры, деформируясь, могут смещать на стеллаже двутавр, который подвергается роспуску. Рез выполняется на всю длину стенки двутавра вдоль линии реза за один проход без временных перемычек (рис. 2) [7, 8].

Для определения оптимальной температуры нагрева стенки в случае конкретного профиля предлагается использовать формулу:

$$\sigma_y - \sigma_R = \alpha \cdot T \cdot E - \sigma_F, \quad (2)$$

где T — максимальная температура нагрева стенки профиля;

σ_y — предел текучести материала стенки;

σ_F — растягивающие напряжения в полке профиля;

α — температурный коэффициент линейного расширения;

E — модуль продольной упругости;

σ_R — остаточные напряжения в стенке.

Особенности работы перфорированных балок

В процессе изготовления эпюра внутренних напряжений претерпевает значительные изменения. Отверстия в стенке меняют картину напряженного состояния в сечениях балки.

Если распределение нормальных напряжений в поясах балки по середине отверстия близко к линейному, то в угловых зонах у отверстий эпюры нормальных напряжений криволинейны, что вызвано концентрацией напряжений. Некоторая криволинейность эпюры нормальных напряжений σ_x наблюдается и в зоне перемычки стенки (простенка). В стыковом сечении простенка появляются нормальные напряжения σ_y . Все это свидетельствует о концентрации напряжений около отверстий, а также в зоне сварочного шва.

В работе поясных тавров в пределах отверстия имеются свои особенности — они находятся под действием поперечных сил, создающих дополнительный изгиб. Предельное состояние пояса характеризуется значительным развитием пластических деформаций, пронизывающих у угла отверстия практически все сечение поясного тавра. Простенок балки работает главным образом на сдвиг, и его несущая способность, как правило, определяется устойчивостью. В предельном состоянии может потерять устойчивость и стенка одного из поясных тавров, поскольку она оказывается сжатой или сжато-изогнутой [9,10].

Эти и многие другие вопросы требуют более детального исследования. Исследование внутреннего напряженного состояния перфорированных балок позволит дать рекоменда-

ции по более рациональному использованию профиля, а также даст возможность разрабатывать новые экономичные и эффективные конструктивные формы и решения.

Вывод

Вышеизложенные факты позволяют сделать вывод о перспективности и экономической эффективности научных исследований, производства и применения перфорированных балок в строительстве.

Литература

1. Дукарский Ю.М., Михайлова О.В. Оптимизация конструктивного решения и анализ напряженного состояния стальных балок с перфорированной стенкой // Природоохранное обустройство территорий : Сборник материалов научно-технической конференции МГУП — М.: МГУП, 2002. С 82-84.
2. Ed. Chen Wai-Fah Boca Raton. Structural Steel Design /. Structural Engineering Handbook: CRC Press LLC, 1999.— 260p.
3. Металлические конструкции. Справочник проектировщика. Под ред. Н.П. Мельникова. 2-е изд. — М.: Стройиздат, 1980 — 776с.
4. СНиП П-23-81* Стальные конструкции / Госстрой СССР. — М.: ЦИИТП Госстроя СССР, 1985. - 200с.
5. Бирюлев В.В. Металлические неразрезные конструкции с регулированием уровня опор. М.: Стройиздат, 1984.— 334с
6. Anderson 3.W., Holt R.E. Prestressing for warpage control of welded steel sheet // Welding Journal.— 1974. V.53, N 7.— P.430-437.
7. Pritykin I. A., Romeo M. de J. Deformaciones longitudinales de soldadura cuando se sueldan planchas y perfiles // Constraction Mag. — 1987. — V.12, №3. P.48-54.
8. Экспериментальное исследование сварочных напряжений и деформаций / Б. С. Касаткин, Л. М. Лобанов, В.В. Волков, В.А. Пивторак . — Киев: Наук. Думка, 1976. —148 с.
9. Hernandes J., Dehaudt P., Vannes A.B. Determination des contraintes residuelles crees par rechargement par plasma a arc transfere. Etude de l'influence d'un post-traitement // Revue de metallurgie. Memories et etudes scientifiques. — 1987. — V.84.№ 7-8. P. 387-395.
10. Residual stress determination by single-axis holographic interferometry and hole drilling. Pt.I. Theory // Exper. Mech. -1994. — V.34,№1. — P.66-78.

Василев Володимир Миколайович — доцент кафедри "Металеві конструкції" ДонНАБА, начальник Лабораторії Випробування Будівельних конструкцій та споруд (ЛВБКтаС). Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи металевих конструкцій.

Дозоренко Юлія Ігорівна — аспірант кафедри "Металеві конструкції" ДонНАБА. Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи металевих конструкцій.

Васылев Владимир Николаевич — доцент кафедры "Металлические конструкции" ДонНАСА, начальник Лаборатории Испытания Строительных Конструкций и Сооружений (ЛИСКиС). Научные интересы: изучение действительной работы металлических конструкций.

Дозоренко Юлия Игоревна — аспирант кафедры "Металлические конструкции" ДонНАСА. Научные интересы : изучение действительной работы металлических конструкций.

Vasylev Volodymyr Mykolayovych — Ph. D. (Eng.), an Associate Professor of "Metal Structures" Department, the DNACEA. Scientific interests: study of a valid work of metal structures.

Dozorenko Yulia Igorevna — Ph. D. at "Metal Structures" Department, the DNACEA. Scientific interests: study of the valid work of metal structures.