



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

N4, TOM 16 (2010) 227-231

УДК 624.072.2

(10)-0223-1

БЕЗДЕФОРМАЦІЙНИЙ РОЗРІЗ ГАРЯЧЕКАТАНИХ ДВОТАВРІВ НА ТАВРИ ЗМІННОЇ ВИСОТИ ДЛЯ ПЕРФОРОВАНИХ БАЛОК

В. М. Василев, Ю. І. Дозоренко

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
вул. Державіна, 2, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.*

E-mail: uldasint@yandex.ru

Отримана 25 жовтня 2010; прийнята 26 листопада 2010.

Анотація. Дана стаття присвячена питанням конструювання і раціональності вживання балок з перфорованою стінкою. Надана характерна епюра внутрішньої напруги двотаврової балки. Особливу увагу приділено впливу температурного підігріву на внутрішні напруги та їх перерозподіл. Представлена епюра, сформована в балці за рахунок попереднього підігрівання стінки профілю та різання його за зигзагоподібною лінією, а також схема розрізу гарячекатаного двотавра за допомогою газових пальників. Описані особливості роботи готової конструкції, її внутрішній напружений стан, приведена перевірка на міцність перфорованих двотаврів в ослабленому отвором перетині по максимальній нормальній нарузі. Дана робота спрямована на подальше дослідження напруженого стану перфорованих балок, можливості мінімізації трудовитрат і вартості, враховуючи технологію їх виготовлення.

Ключові слова: гарячекатаний двотавр, перфорований профіль, напружено-деформований стан, пластичні деформації укорочення, розпуск, зигзагоподібний різ, залишкова напруга, бездеформаційний розріз.

БЕЗДЕФОРМАЦИОННЫЙ РОСПУСК ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ДВУТАВРОВ НА ТАВРЫ ПЕРЕМЕННОЙ ВЫСОТЫ ДЛЯ ПЕРФОРИРОВАННЫХ БАЛОК

В. Н. Васылев, Ю. И. Дозоренко

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
ул. Державина, 2, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.*

E-mail: uldasint@yandex.ru

Получена 25 октября 2010; принята 26 ноября 2010.

Аннотация. Данная статья посвящена вопросам конструирования и рациональности применения балок с перфорированной стенкой. Приведена характерная эпюра внутренних напряжений двутавровой балки. Особое внимание уделено влиянию температурного нагрева на внутренние напряжения и их перераспределение. Представлена эпюра, сформированная в балке за счет предварительного подогрева стенки профиля и резки его по зигзагообразной линии, а также схема роспуска горячекатаного двутавра при помощи газовых горелок. Описаны особенности работы готовой конструкции, ее внутреннее напряженное состояние, приведена проверка на прочность перфорированных двутавров в ослабленном отверстием сечении по максимальным нормальным напряжениям. Данная работа направлена на дальнейшее исследование напряженного состояния перфорированных балок, возможности минимизации затрат и стоимости, учитывая технологию их изготовления.

Ключевые слова: горячекатаный двутавр, перфорированный профиль, напряженно-деформированное состояние, пластические деформации укорочения, роспуск, зигзагообразный рез, остаточные напряжения, бездеформационный роспуск.

FREE STRAINED DISSOLUTION OF HOT-ROLLED JOISTS TO T-BEAMS OF VARIABLE ALTITUDE FOR PERFORATED BEAMS

Volodymyr Vasylev, Yuliya Dozorenko

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makiivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.
E-mail: uldasint@yandex.ru*

Received 25 Oktober 2010; accepted 26 November 2010.

Abstract. The paper is concerned with the problems of engineering and application rationality of perforated wall beams. The typical joist internal stress diagram has been cited. Special attention has been given to the effect of heating on the internal stresses and their redistribution. The diagram having formed in the beam by means of preheating of the profile wall and its cut on the Z-shaped line and also the dissolution process of the hot-rolled joist by gas torches have been presented. The behaviour features of the finished structure and its internal stressed state have been detailed. The strength test of the perforated joists in the section moderated by holes on the maximum normal stress has been conducted. The paper is oriented on further investigation of the stressed state of the perforated beams, minimization opportunities of consumption of human labour and cost, bearing in mind their manufacturing procedures and techniques.

Keywords: hot-rolled joist, perforated profile, stressed and strained state, plastic strains of shortening, dissolution, Z-shaped cut, residual stress, free strained dissolution.

Особенности внутреннего напряженного состояния перфорированных балок

Перфорированные балки из горячекатаных двутавров увеличивают эффективность использования металла исходного двутавра в 1,3...1,5 раза. Однако они обладают существенными недостатками, которые связаны с усложнением технологического процесса их изготовления, и конструктивными особенностями конструкции.

Во первых, горячекатаные двутавры в исходном состоянии имеют значительный уровень внутренних напряжений, которые реализуются в процессе роспуска в виде изгиба получаемых тавров переменной высоты [7, 8, 9], если не принять специальных технологических мероприятий.

Во вторых, стенка в районе отверстий имеет места значительных концентраторов напряжений.

Исходным профилем для перфорированных балок служат горячекатаные двутавры, имеющие в состоянии поставки внутренние напряжения в пределах $0,6...0,8 R_{yn}$. Внутренние напряжения в горячекатаных двутаврах возникают в процессе их прокатки и охлаждения на холодильнике, за счет неравномерного распределения масс металла и температурного поля по сечению.

Характерная эпюра внутренних напряжений в горячекатаных двутаврах представлена на рис. 1а. В работах [1, 2, 3] предложены и обоснованы типовые эпюры внутренних напряжений для широкополочных двутавров типа «Ш» и «К». Типовая эпюра внутренних напряжений широкополочных двутавров типа «Ш» была использована и опробирована при разработке режимов бездеформационного роспуска широкополочных двутавров на симметричные тавры с гарантированной эпюрой внутренних напряжений [4].

Бездеформационный роспуск двутавровых балок

Бездеформационный продольный роспуск широкополочных двутавров на симметричные тавры основан на перераспределении эпюры продольных внутренних напряжений распускаемых двутавров таким образом, чтобы в таврах была сформирована эпюра продольных напряжений, которая обеспечила бы их прямолинейность (рис. 1в). Это перераспределение осуществляется с помощью пластических деформаций укорочения в стенке распускаемого двутавра, создаваемых предварительным подогревом (рис. 1б).

Стенка является наиболее тонкой частью двутавра и требует меньших энергетических затрат на развитие требуемой зоны и уровня пластических деформаций.

Характер эпюр нормальных напряжений можно изменить за счет создания благоприятной эпюры внутренних напряжений в таврах для сжатой и растянутой зон (см. рис. 2а)[7, 8].

Представленные эпюры на рис. 2а и 2в получены на основании предварительных расчетов, показавших возможность создания в продольных кромках отверстий нормальных напряжений противоположного знака, характерного для верхней и нижней зон. Кроме этого, появляется возможность снизить концентрацию напряжений в углах отверстий и вероятность зарождения трещин.

Характер работы перфорированной балки отличается от обычной сплошностенчатой балки, что связано со спецификой напряженно-деформированного состояния перфорированной стенки.

Как показали натурные испытания перфорированных балок, эпюры нормальных напряжений в стенке балки неравномерны по длине. В нашем случае представляет интерес два сечения 1-1 и 2-2 (см. рис. 3).

По сечению 1-1 сжатые и растянутые пояса имеют нормальные напряжения, которые в упругой стадии работы балки распределяются по упругому закону.

Углы отверстий по сечению 2-2 являются местом резкого изменения сечения, что приводит к образованию концентраторов напряжения и раннему образованию зон пластических напряжений. При определенных условиях эксплуатации балок в этих зонах могут зарождаться трещины.

Согласно СНиП II-23-81* [5], проверку на прочность перфорированных двутавров, работающих на поперечный изгиб, следует осуществлять в ослабленном отверстиями сечении по максимальным нормальным напряжениям, возникающим в тавровых поясах и состоящих из нормальных напряжений от изгибающего момента M и нормальных напряжений от действия момента условно приложенных поперечных сил.

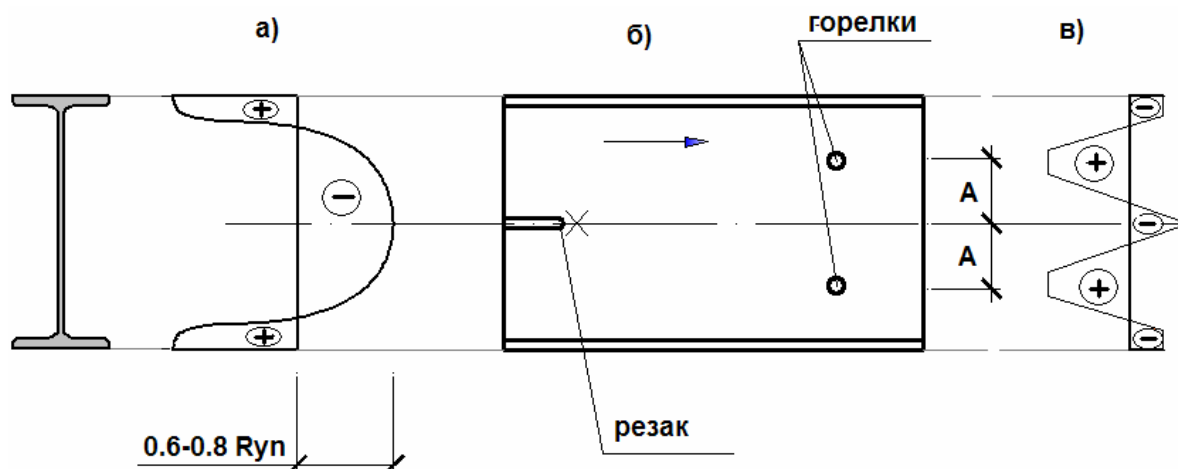


Рисунок 1. Эпюра внутренних напряжений горячекатаного двутавра (а); схема роспуска двутавра с двумя подогревающими горелками (б); эпюра, сформированная в балке, за счет предварительного подогрева (в).

Расчет по прочности перфорированных балок по СНиП II-23-81* в четырех точках (см. рис. 1б) показал, что наиболее значимыми точками являются точки 1, 4.

Выводы и рекомендации

Предварительный анализ внутреннего напряженного состояния горячекатаных двутавров, способов их роспуска [4, 6] и напряженно-деформированного состояния перфорированных балок показал актуальность решения задачи и разработки бездеформационного продольного роспуска горячекатаных двутавров по ломаной кривой с гарантированной эпюрой внутренних напряжений в стенке получаемых тавров. Кроме этого, этот способ должен обеспечить эпо-

ру внутренних напряжений в стенке тавров, улучшающую работу сжатой и растянутой зоны в пределах отверстий.

Раннему развитию пластических деформаций способствуют значительные внутренние напряжения сжатия, которые расположены в большей части стенки и суммируются с напряжениями от предварительного подогрева [9].

Невозможно решить задачу бездеформационного роспуска и получения двух тавров с одной балки с различной эпюрой внутренних напряжений. Эпюра внутренних напряжений в тавре формируется за счет:

- схемы подогрева;
- эффективной мощности подогреваемых горелок;
- скорости.

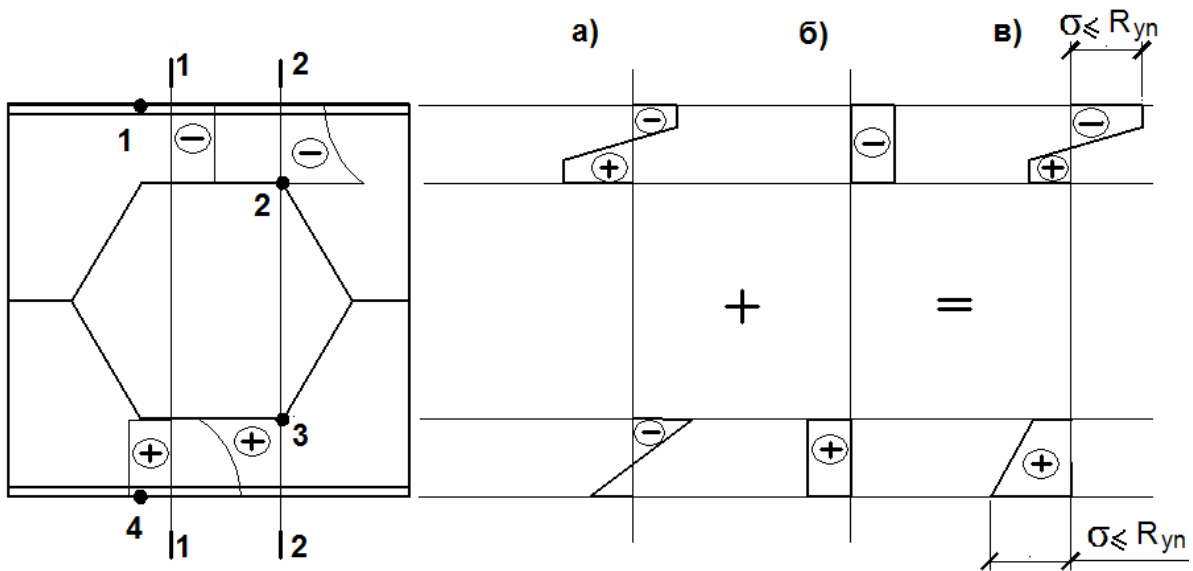


Рисунок 2. Эпюра внутренних напряжений в исходных таврах (а); нормальных напряжений в сечении 1-1 перфорированной балки от внешней нагрузки (б); результирующая эпюра (в).

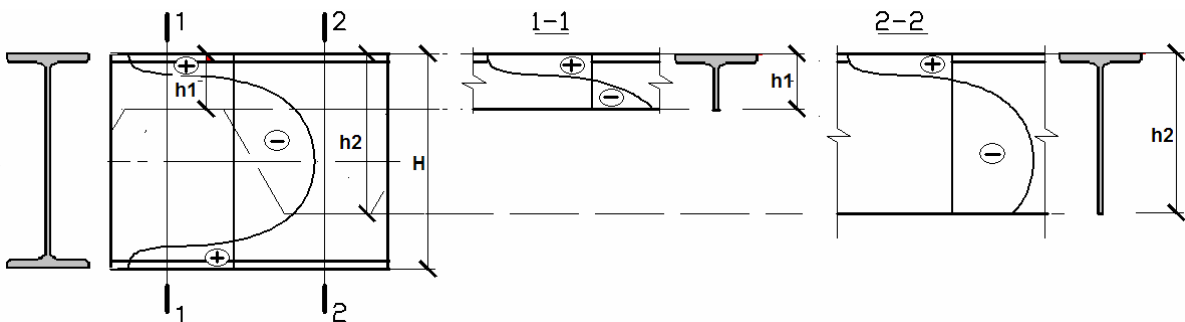


Рисунок 3. Эпюры внутренних напряжений в таврах.

Поэтому предлагается технология изготовления тавров с гарантированной эпюрой внутренних напряжений для перфорированных балок по следующей схеме:

1. Предварительный подогрев исходных горячекатаных балок, предназначенных для тавров, работающих в сжатой и растянутой зонах.
2. Роспуск двутавра по ломаной кривой.

Для исключения ошибки размещения тавров одного размера с разной эпюрой внутренних напряжений не на свое место, следует в проекте закладывать перфорированные балки несимметричного сечения, как это рекомендует СНиП II-23-81* [5].

Литература

1. Няшин, Ю. И. Исследование способов снижения остаточных напряжений в горячекатаных профилях / Няшин Ю. И. // Изв. вузов. Сер. Машиностроение. – 1980. – № 10. – С. 112–114.
2. Няшин, Ю. И. Исследование остаточных напряжений в горячекатаных двутавровых балках / Няшин Ю. И., Трусов П. В. // Межвуз. сб. науч. тр. / Пермский политех. ин-т. – Пермь, 1978. – С. 14–18.
3. Трусов, П. В. Остаточные напряжения в горячекатаных двутавровых балках / Трусов П. В., Грицук Н. Ф. // Изв. вузов. Сер. Черная металлургия. – 1978. – № 11. – С. 81–84.
4. Васылев, В. Н. Стропильные фермы с поясами из широкополочных тавров, получаемых бездеформационным роспуском двутавров : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Васылев Владимир Николаевич. – Макеевка, 1989. – 174 с.
5. Строительные нормы и правила. Стальные конструкции : СНиП II-23-81*. – Взамен СНиП II-В.3-72; СНиП II-И.9-62; СН 376-67 ; введ. 1982-01-01. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 90 с.
6. Склядnev, А. И. Руководство по проектированию стальных балок с перфорированной стенкой / А. И. Склядnev. – М. : ЦНИИПСК, 1978. – 26 с.
7. Structural Steel Design, edn. Chen Wai-Fah Boca Raton. *Structural Engineering Handbook*, CRC Press LLC, 1999, 260 p.
8. AISC 326-02, *Detailing for Steel Construction*, 2nd edn. American Institute of Steel Construction, 2002, 288 p.
9. AISC 326-09, *Detailing for Steel Construction*, 3rd edn. American Institute of Steel Construction, 2009, 330 p.

Василев Володимир Миколайович — к.т.н., доцент, професор кафедри металевих конструкцій, начальник Лабораторії випробувань будівельних конструкцій і споруд Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Лауреат Державної премії. Наукові інтереси: експериментально-теоретичне дослідження робіт опор ліній електропередачі; регулювання і облік внутрішнього напруженого стану гарячекатаного прокату в будівельних конструкціях.

Дозоренко Юлія Ігорівна — аспірант кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи металевих конструкцій.

Васылев Владимир Николаевич — к.т.н., доцент, профессор кафедры металлических конструкций, начальник Лаборатории испытаний строительных конструкций и сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Лауреат Государственной премии. Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работ опор линий электропередачи; регулирование и учет внутреннего напряженного состояния горячекатанного проката в строительных конструкциях.

Дозоренко Юлия Игоревна — аспирант кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изучение действительной работы металлических конструкций.

Volodymyr Vasylev — Ph. D. (Eng.), a lecturer of the Department «Metal Structures», head of the Laboratory of testing building structures and building of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. A state prize-winner. Scientific interests: experimental and theoretical investigation of power transmission tower operation, control and record of the inner stressed state of the hot-rolled metal in building structures.

Dozorenko Yulia — Candidate of «Metal structures» department Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of the valid work of metal structures.