

6. Heisel, U., Zaloga, W., Krivoruchko, D., Storchak, M., Goloborodko, L.
7. Modelling of orthogonal cutting processes with the method of smoothed particle hydrodynamics. Production Engineering 2013.7(6). pp. 639-645.
8. Development of analytical model for orthogonal cutting. Tsekhanov, J., Storchak, M. Year the Document was Publish. Source of the Document Production Engineering. 2015, 9(2), pp. 247-255.
9. Артамонов Е.В., Васильев Д.В., Киреев В.В. и др. Механика процесса образования стружки.// СТИН. 2016, №11, – С.7-11.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ, МЕТОДОМ КОРРЕЛЯЦИИ ЦИФРОВЫХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ, НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫХ СОСТОЯНИЙ ПОВЕРХНОСТИ
ПРОКАТНОГО ДВУТАВРА, УСИЛЕННОГО УГЛЕПЛАСТИКОМ**

А.М. Устинов¹, Д.Г. Копаница¹, д.т.н., проф., А.А. Клопотов^{1,2}, д.ф-м.н., проф.

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет
634002, г. Томск, пл. Соляная, 2, тел. (3822)-65-04-78

²Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634055, Томск 634050, пр. Ленина 36

Аннотация: В работе приведены результаты экспериментальных исследований по определению деформированного состояния двутавровой балки. Балка усилена углепластиком в зонах максимальных нормальных напряжений.

Проведено сравнение данных эталонного и усиленного образца.

Abstract: The paper presents the results of experimental studies to determine the deformed state of an I-beam. The beam is reinforced with carbon fiber reinforced plastic in the zones of maximum normal stresses. The data of the reference and reinforced sample are compared.

Введение

Для увеличения несущей способности и обеспечения долговечности конструкций проводят их усиление. Одним из способов усиления металлических конструкций является наращивание поперечного сечения отдельных элементов. Для качественного решения задач усиления необходимо применения новых методик изучения. Экспериментальные исследования распределения деформаций на поверхности связаны с рядом технических трудностей. Важные методологические особенности проведения таких экспериментальных исследований отражены в ряде работ [1-5]. Изучению эволюции структурных элементов деформации на поверхности твердых тел при различных воздействиях относятся к активно исследуемой проблеме [6-8]. В Поверхностные слои в твердых телах проявляют разные механизмы деформации [9-10]. Это связано с тем, твердое тело под нагрузкой ведет себя как сложная иерархическая система элементов из разных масштабных уровней.

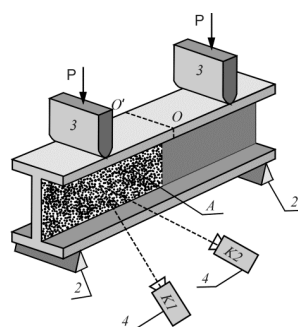


Рис. 1. Схема регистрации изображений исследуемой области боковой поверхности балки. 1 – двутавр; 2 – опоры; 3 – индентор; 4 – цифровые камеры K1 и K2; A – исследуемая область; OO' – линия оси, проходящей через центр двутавра; P – прикладываемая нагрузка

В данной работе приведены данные результатов экспериментов по распределению локальных деформаций на поверхности стальной двутавровой балки в исходном состоянии и после усиления её углепластиком при действии деформации изгиба.

Материалы и методы

Двутавровая балка 16Б2 изготовлена из стали С235 с предел текучести $\sigma_T=225$ МПа, и временным сопротивлением $\sigma_B=360$ МПа. Высота поперечного сечения балки 160 мм, ширина полки 82 мм, толщина полки 7,4 мм, толщина стенки 5 мм, общая длина 1800 мм, пролет между центрами опор 1700 мм.

Состав применяемый для склеивания элементов усиления с основным металлом – FibAR-MLaminate имеет прочность на сдвиг более 13МПа.

Усиливаемый внешний элемент выполнен из углепластиковой ламели FibARM Lamel 12. Прочность на растяжение более 2800 МПа. Толщина ламели 1,2 мм, ширина равно 82 мм, что установлено шириной полки двутавра.

Для определения деформированного состояния изгибаемого элемента (двутавровой балки) применялся метод корреляции цифровых изображений (КЦИ) [1-5]. Схема регистрации эволюции распределения напряжений на исследуемой боковой поверхности двутавра приведена на рис. 1.

Схема испытания двутавровых балок показана на рис. 2.

Испытания проводились в Научно-образовательном центре "Испытание конструкций" Томского Государственного Архитектурно-строительного Университета.

Испытание образцов на изгиб осуществлялось на универсальной испытательной машине UTM 4500 (GTCS, USA) с максимальным сжимающим усилием 4500 кН (458 тс). Нагрузка создавалась по линейному закону со скоростью загрузки не более 1 Н/мм² в секунду.

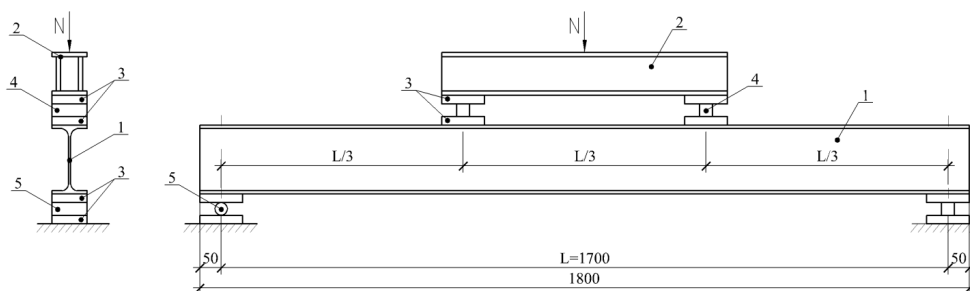


Рис. 2. Схема испытания двутавровых балок на изгиб. 1-двутавровая балка I-16Б2; 2- трассера; 3-распределительная пластина; 4- шарнирно-неподвижная опора; 5-шарнирно-подвижная опора

Результаты и обсуждение.

В результате испытаний на прогиб исходной (рис. 3) и усиленной (рис. 4) двутавровых балок были получены диаграммы «нагрузка–прогиб». На диаграммах деформирования можно выделить три участка. Первый участок АВ характеризуется линейным характером и соответствует упругой стадии деформации. На втором участке ВС происходит отклонение от линейной зависимости на диаграмме деформирования. Этот участок можно отнести к переходной стадии. Последняя третья завершающая стадия CD пластического течения на диаграмме деформирования предшествует разрушению двутавра.

Конец упругой и начало переходной стадии работы исходной балки происходило при нагрузке 117,72 кН и соответствующий прогиб 5,49 мм. Конец переходной и начало упругопластической стадии работы происходило при нагрузке 140,28 кН и соответствующий прогиб 9,09 мм.

Конец упругой и начало переходной стадии работы усиленной балки соответствует нагрузке 132,44 кН с максимальным прогибом в центральной части двутавра 7,22 мм. При нагрузке 191,30 и прогибе 18,4 мм произошло отслоение верхней усиливающей накладки в месте приложения нагрузки.

Картинки продольных относительных деформаций на поверхности стенки эталонного двутавра, соответствующие определенным номерам точек на диаграмме деформирования, показаны на рис. 5. На приведенных картинах видно, что распределение локальных деформаций на боковой поверхности имеет волновой характер. Причем в локальных местах наблюдается увеличение значений относительных деформаций к центру двутавра. Анализ приведенных картин показывает, что по мере роста приложенной нагрузки, волновой характер распределения относительных деформаций вдоль боковой поверхности двутавра на первой и второй стадиях усиливается (рис. 3 и 5, точка №2). При этом

в верхней части боковой поверхности двутавра наблюдается сжимающие относительные деформации, в нижней части – растягивающие. И это происходит в основном в центральной части двутавра.

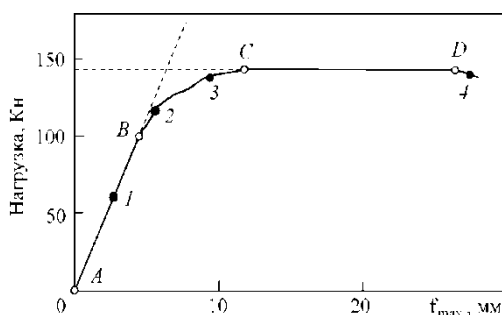


Рис. 3. Диаграмма «нагрузка-прогиб». f_{max} - максимальный прогиб эталонного двутавра

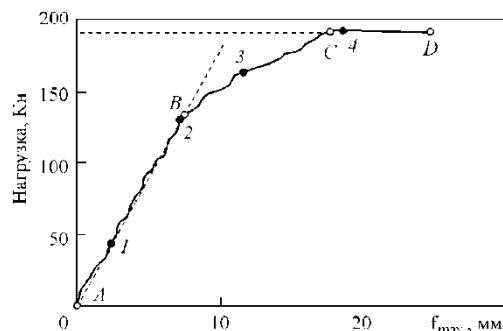
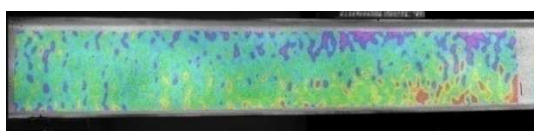
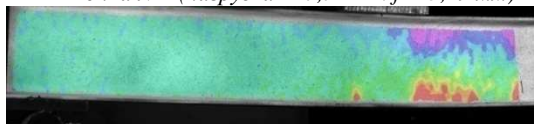


Рис. 4. Диаграмма «нагрузка - прогиб». f_{max} - максимальный прогиб усиленного двутавра

Картина распределение локальных относительных деформаций на боковой поверхности двутавра на последней точке, предшествующей разрушению имеет совершенно другой характер (рис. 3 и 5, точка №4). Волновой характер распределения локальных относительных деформаций на боковой поверхности двутавра вырождается. Все значительные относительные деформации локализованы в центральной части двутавра относительно его длины и имеют разный знак в верхней и нижней части двутавра.

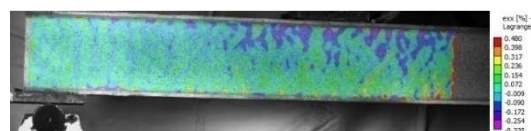


Точка №2 (нагрузка 117,72 кН. $f = 5,49$ мм)

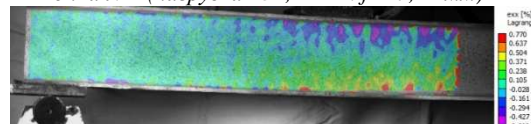


Точка №4 (нагрузка 136,36 Н. $f = 27,76$ мм).

Рис. 5. Картины продольных относительных деформаций стенки эталонного двутавра. Номера точек под картинками соответствуют номерам точек на диаграмме деформирования на рис. 3.



Точка №2 (нагрузка 132,44 кН. $f = 7,22$ мм)



Точка №4 (нагрузка 191,30 кН. $f = 18,40$ мм)

Рис. 6. Картины продольных относительных деформаций стенки усиленного двутавра. Номера точек под картинками соответствуют номерам точек на диаграмме деформирования на рис. 4.

Картины продольных относительных деформаций на боковой поверхности стенки усиленной балки, соответствующие определенным номерам точек на диаграмме деформирования, показаны на рис. 6. На приведенных картинах при испытании на прогиб усиленного двутавра также наблюдается волновой характер распределений относительных деформаций, как и в случае для эталонного двутавра на первой и второй стадии деформационной кривой (рис. 4 и 6, точка №2). При этом максимальная величина относительных сжимающих и растягивающих деформаций на боковой поверхности стенки усиленного двутавра на ~35%, чем для эталонного двутавра.

Заключение.

На основе анализа проведенных испытаний эталонного и усиленного двутавра были получены результаты, которые сформулированы в виде следующих выводов.

1. Установлено, что эталонный двутавр показал наименьшую несущую способность 117,72 кН.
2. Усиленный двутавр имеет более высокую несущую способность 191,25 кН по сравнению с эталонным двутавром.
3. Установлено, что увеличение несущей способности усиленных двутавров до 40,14 % в упругой стадии работы при этом деформации усиленного двутавра равны деформациям эталонного образца.

4. В усиленной углепластиком двутавровой балки, снижается уровень относительных деформаций на боковой поверхности стенки двутавра на величину порядка ~35%.
- Литература.
1. Вильдеман В.Э., Третьякова Т.В., Третьяков М.П. Экспериментальное исследование закономерностей деформирования и разрушения материалов при плоском напряженном состоянии // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2010. – №5. – С. 106-111.
 2. D.G. Kopanitsa, A.M. Ustinov, A.I. Potekaev, A.A. Klopotov, G.D. Kopanitsa Macro-carriers of Plastic Deformation of Steel Surface Layers Detected by Digital Image Correlation// Advanced Materials in Technology and Construction (AMTC-2015) AIP Conf. Proc. 1698, 030014-1–030014-8. 10.1063/1.4937836 2016 AIP Publishing LLC 978-0-7354-1345.
 3. Ustinov A., Kopanitsa D., Potekaev A., Klopotov A.. Distribution of local deformations on the near-surface layers and scale effects of lowalloy steel specimens// AIP Conference Proceedings 1683, 020233 (2015)
 4. Ustinov A., Kopanitsa D., Abzaev Yu., Klopotov A. and et. al. Study of deformations evolution near-surface layers of adhesive joints//AIP Conference Proceedings 1800(2017);C. 040007-1- 040007.
 5. Kopaniza D.G., Ustinov A.M., Popoval N.A., Porobova S.A, Potekaev A.I., Tayukin G.I., Klopotov A.A. Study of Peculiarities of Changes in Stress Fields of the Muff Coupling Surface of Reinforcing Bars at its Manufacturing// AIP Conference Proceedings 1800(2017); C. 040007-1- 040007-6
 6. Иоффе А.Ф. Физика кристаллов. –Москва, Ленинград: ОГИЗ. –1929. – 188 с.
 7. Алехин В. П. Физика прочности и пластичности поверхностных слоев материалов. – Москва: Наука. –1983. –280 с.
 8. Иванова В.С. Синергетика. Прочность и разрушение металлических материалов. –Москва: Наука. – 1992. – 289 с.
 9. Панин В.Е., Фомин В.М., Титов В.М. Физические принципы мезомеханики поверхностных слоев и внутренних границ раздела в деформируемом твердом теле. Физическая мезомеханика. –2003. –Т.6, №2 – С. 5-14.
 10. Панин В.Е. Физическая мезомеханика поверхностных слоев твердых тел. Физическая мезомеханика. 1999. Т. 2, №6. С.5-23.

ГРАФИЧЕСКОЕ И АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ПРИЗМАТИЧЕСКОГО ФАСОННОГО РЕЗЦА

Н.С. Дудак, к.т.н., доц., А.Ж. Касенов, к.т.н., Г.Т. Итыбаева, к.т.н., Ж.К. Мусина, к.т.н.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

140008, г. Павлодар ул. Ломова 64, тел. (7182)-67-36-30

E-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Аннотация: Рассмотрен новый способ расчёта призматических фасонных резцов с базовой линией – графический и аналитический. В отличие от существующей методики индивидуального профилирования, в зависимости от фасонного профиля детали предложена методика, которая систематизирует графический расчёт и позволяет применить унифицированный подход и легко автоматизировать расчёт.

Несмотря на широкое внедрение станков с ЧПУ для обработки сложных профилей деталей, практическое использование фасонных резцов распространено значительно, поэтому новый способ аналитического и графического профилирования фасонных резцов с базовой линией для более точной обработки деталей целесообразен и найдёт дальнейшее применение.

Графическое профилирование фасонных резцов с базовой линией отсутствует в литературе по режущему инструменту и, в частности, по фасонным резцам [1-3]. В [4-5] приведён коррекционный расчёт профиля фасонного резца, который основан на определении радиусов узловых точек фасонного резца через проекции между узловыми точками на горизонтальной плоскости. При этом расчётная схема не является унифицированной, но строго индивидуальной для каждого профиля детали, что не позволяет составить единый алгоритм расчёта и автоматизировать расчёт. Разработан способ графического и коррекционного аналитического расчёта фасонных резцов с базовой линией. Особенностью предлагаемого способа расчёта фасонных резцов с базовой линией является системность и возможность автоматизации расчётов. Графическое профилирование является простым, наглядным и легко усваиваемым.