

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СОГНУТОЙ ПРОФИЛЬНОЙ ТРУБЫ

DETERMINATION OF STRESS-STRAIN STATE OF BENT SHAPED TUBE

Горбенко А.И., Горбенко И.И., Матюхин А.Ю., Широкобоков В.В.

ТОВ «ВЕРДА»; Запорожский национальный технический университет, Машиностроительный факультет, Кафедра обработки металлов давлением

Abstract

In the article the brought method determination of the tensely-deformed state of bent rectangular pipe by a test hardness with illumination of his advantages.

In basis of the chosen research the put task that consists in the simplified researches of the tensely-deformed state of bent rectangular pipe. The decision of task is executed with the use of method of test hardness.

Введение

Экспериментальные исследования определения напряженно-деформированного состояния согнутой детали из профильной трубы проведены методом определения твердости, который основан на допущении о том, что между твердостью деформированного металла и интенсивностью напряженного состояния в пластической области деформированного тела существует однозначная функциональная зависимость.

Наиболее важные с этой точки зрения исследования проведенные Г.Д. Делем [1], который установил связь между твердостью и интенсивностью напряжений и деформаций при испытании трубчатых образцов и показал, что зависимость между твердостью и интенсивностью напряжений является единой для различных схем напряженного состояния и не зависит от пути нагружения.

В ходе проведения исследований степень деформации и интенсивность напряженного состояния определялись опытным и расчетным путем по измеренной твердости в исследуемых полосах пластически деформированной заготовки по методике, разработанной Г. А. Смирновым Аляевим [2].

Поскольку связь между σ_i и ϵ_i устанавливается при монотонной деформации вне зависимости от напряженно-деформированного состояния, интенсивность напряжений и деформаций в образце определено испытанием на простое линейное растяжение.

Для создания условий равенства деформаций в направлениях, перпендикулярных действию силы, которая растягивает образец (то есть вид напряженно деформированного состояния является простым растяжением) длина разрывных образцов устанавливалась в 10 раз больше ширины их рабочей части.

1. Подготовка экспериментального исследования

В соответствии с вышеизложенным, для данного исследования изготовлены 4 специальные образцы длиной 535 мм из трубы 40×40×4,0 ГОСТ 8639-82 [3, 4].

Ст3пс ГОСТ 13663-86

На поверхность рабочей части образцов нанесена разделительная сетка из квадратных ячеек размером 5,0 х 5,0 мм. Распределительная сетка на образцах полученная нанесением неглубоких рисок. Размер ячеек сетки 5,0 х 5,0 мм принят исходя из требований ГОСТ 9013 59 (ИСО 6508 86) [5], который устанавливает расстояние между центрами двух соседних отпечатков не менее четырех диаметров отпечатка (но не менее 2 мм), а расстояние от центра отпечатка до края образца должно быть не менее 2,5 диаметров отпечатка (но не менее 1 мм). Размер ячеек измерялся на центроискателе оптическом 2455АФ1М с точностью 0,01 мм (рис. 2). Результаты измерений занесены в таблицу 1. Опытные образцы труб показаны на рис. 1.

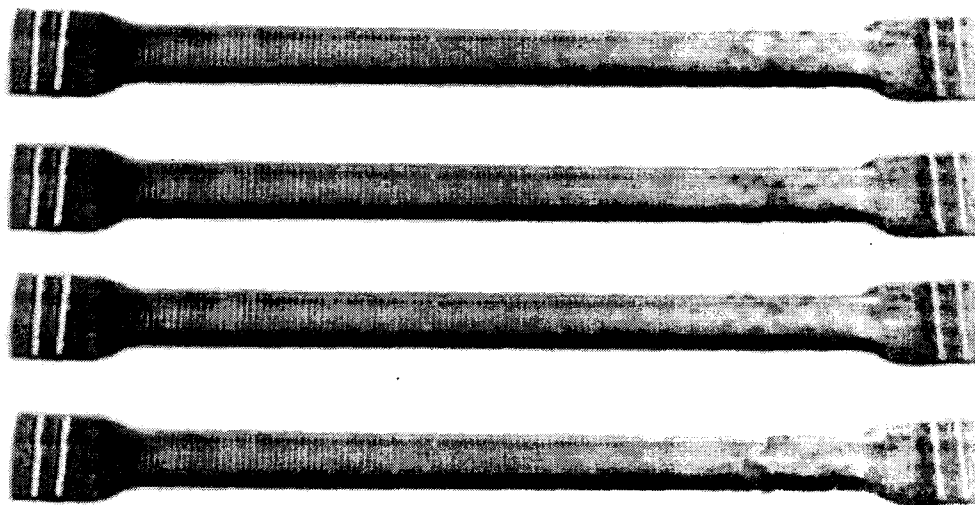


Рис. 1. Разрывные образцы труб 40×40×4,0 ГОСТ 8639-82
Ст3пс ГОСТ 13663-86

Проведение испытания на растяжение выполнены на разрывной машине типа Р - 50, зав. № 259, пов. № 11 - 3191 - 15, номинальным усилием 500 кН.

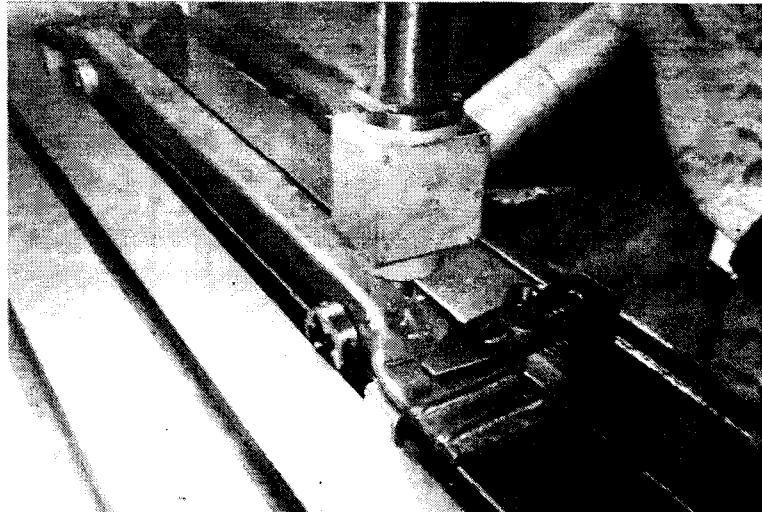


Рис. 2. Измерения размера ячеек на центроискателе оптическом 2457 АФ1М.

Измерение твердости проведены в соответствии с требованиями ГОСТ 22761 – 77 Металлы и сплавы. Методы измерения твердости по Бринелю переносными твердомерами статического действия. Использованный прибор: переносной твердомер динамический ТД – 42, зав. № 332, пов. № 11 – 1748 – 15, $\delta_{НВ} = \pm$ от 0,5 до 3%. Прибор для измерения твердости соответствовал требованиям ГОСТ 23677 79 [6]. Измерение твердости проведены при температуре 20°C.

2. Порядок проведения экспериментального исследования

Выше указанные разрывные образцы последовательно нагружались на разрывной машине до достижения остаточной деформации относительного удлинения 0,2% (предельная текучесть). Величина усилия при этом определялась с помощью силоизмерителя разрывной машины.

После каждой нагрузки проводилось измерение остаточного удлинения отдельных групп последовательных ячеек и измерения твердости образца в середине ячеек в направлении вдоль оси образца.

Затем образцы непрерывно растягивались до разрыва, после чего определялась деформация ячеек в области устойчивости деформации (зона равноудалена от головки образца и места разрыва).

В связи с невозможностью проведения замера толщины образца в устойчивой полосе растяжения, площадь поперечного сечения образца в стадии предельно устойчивой деформации F_y находилась по формуле (1):

$$F_y = F_0 \frac{l_y}{l_0} = \frac{F_0}{1 + \delta_0} \quad (1)$$

Интенсивность деформации $(\epsilon_l)_B$ и интенсивность напряжений $(\sigma_l)_B$ в момент разрыва образца определялись по следующим формулам (2, 3):

$$(\varepsilon_i)_B = \varepsilon_y = m \frac{F_0}{F_y} = 2,502518 \frac{F_0}{F_y}, \quad (2)$$

$$(\sigma_i)_B = \sigma_y = \frac{P_{max}}{F}. \quad (3)$$

Для уточнения величины $\frac{l_y}{l_0}$ испытание половины количества образцов прекращалось в момент начала образования «шейки» (рис. 3).

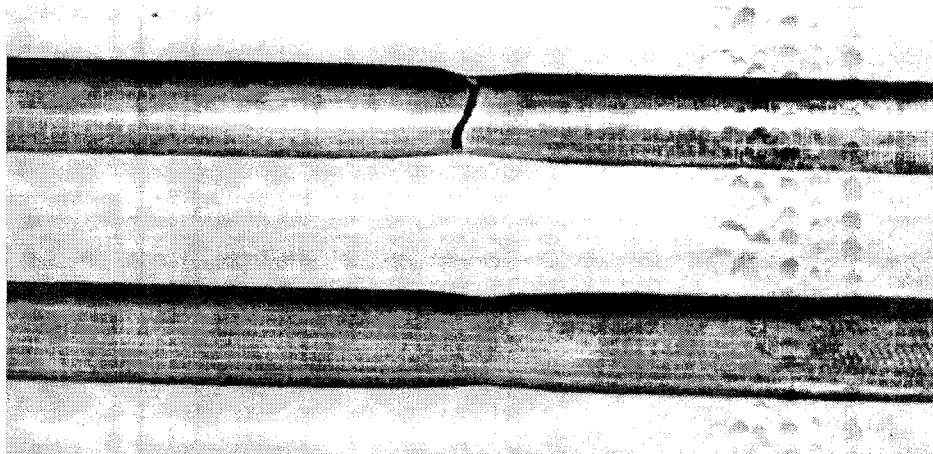


Рис. 3. Разорванный и растянутый образцы

Интенсивность напряженного состояния в точке исследования пластически деформированной детали определялась из уравнения, приведенного Д. П. Беклемишевым [2]:

$$\frac{\sigma_y - \sigma_i}{\sigma_y - \sigma_T} = \frac{H_y - H}{H_y - H_T} \cdot \frac{H_T + (H_y - H)}{H_T + (H_y - H_T)^2}, \quad (4)$$

где: H_T – начальная твердость; H_y – твердость при предельной устойчивой деформации; H – число твердости образца в данной текучей стадии процесса растяжения; σ_T – граница текучести; σ_y – истинное напряжение в момент максимального усилия при растяжении; σ_i – интенсивность напряжений.

По данным измерений построена сдвоенная диаграмма (рис. 4) зависимости ε_i от H и σ_i от H из которой определялись напряжения и деформации в пластически деформированной полосе изогнутой детали.

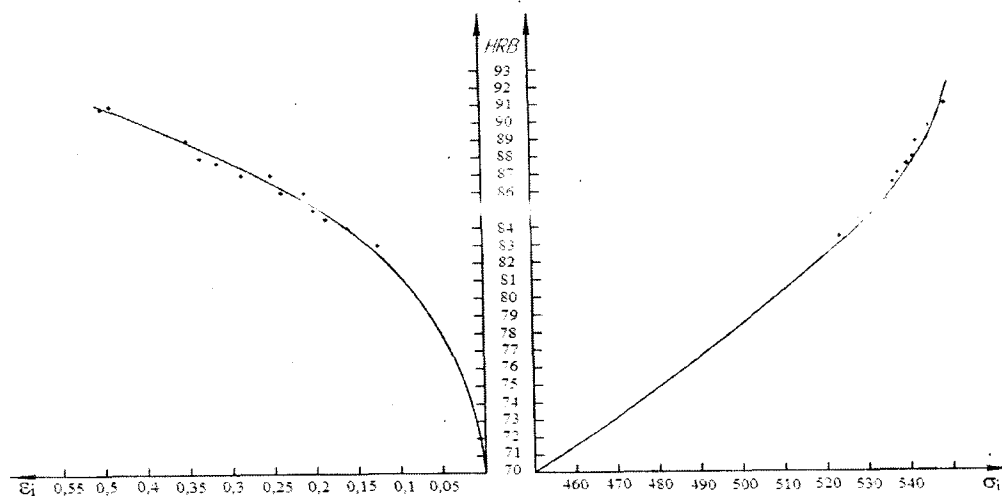


Рис. 4. Диаграмма зависимости $\varepsilon_i - H$ та $\sigma_i - H$ исследуемого образца

Значения длина координатных ячеек до и после растяжения, их твердость после растяжения, а также значения величины интенсивности деформации и напряжения опытного образца полученные по формулам (1-4) сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Сводные данные исследования

№ сечен ия	Длина ячеек		Твердость ячеек после растяжения, HRB	ε_i	σ_i , МПа
	до растяжения, мм	после растяжения, мм			
1	5,02	5,72	83,0	0,13	520,0
2	5,09	5,95	83,5	0,16	524,0
3	5,14	6,32	84,0	0,19	526,2
4	4,91	6,03	85,0	0,21	530,5
5	5,09	6,31	56,0	0,22	533,9
6	4,87	6,00	86,0	0,24	533,9
7	5,06	6,42	86,5	0,25	535,6
8	5,08	6,29	87,0	0,26	537,0
9	5,02	6,52	87,0	0,28	537,0
10	4,68	6,17	87,5	0,30	538,2
11	5,18	6,99	87,5	0,33	538,2
12	5,09	6,87	88,0	0,36	539,3
13	5,03	7,19	89,0	0,36	541,3
14	4,78	6,88	90,5	0,37	544,0
15	5,25	8,76	91,0	0,38	546,7

Выводы

На основании испытания на простое растяжение были определены значения σ_T , σ_y , H_T и H_y для испытуемой прямоугольной трубе. Используя выражение (4), по данным замера твердости в исследуемой точке определяется значение σ_i .

Литература

1. Дель Г.Д.: Определение напряжений в пластической области по распределению твердости. Машиностроение, 1971.
2. Смирнов-Аляев Г.А., Чикидовский В.П.: Экспериментальные исследования в обработке металлов давлением. Машиностроение, 1972.
3. ГОСТ 8639-82. Трубы стальные квадратные. Сортамент. Изд-во стандартов, 1992.
4. ГОСТ 13663-86. Трубы стальные профильные. Технические требования. Изд-во стандартов, 1990.
5. ГОСТ 22761-77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринелю переносными твердомерами статического действия. ИПК Изд-во стандартов, 2003.
6. ГОСТ 23677-79. Твердомеры для металлов. Общие технические требования. Изд-во стандартов, 1991.