

ВИПРОБУВАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТРУБНОЇ ЗАГОТОВКИ В ПРОЦЕСІ ФОРМОУТВОРЕННЯ КРУТОЗАГНУТИХ ВІДВОДІВ

Національний університет «Запорізька політехніка»

Анотація.

У роботі наведено огляд широко використовуваних випробувальних методів дослідження напружено-деформованого стану в процесі формоутворення крутозагнутих відводів. Визначені їх особливості, переваги та недоліки. Виникає необхідність класифікації деталей для визначення найбільш оптимального випробувального методу. В деяких випадках може бути доцільним використання комплексного підходу.

Ключові слова: труба заготовка, крутозагнуті відводи, випробувальний метод, напружено-деформований стан.

Крутозагнуті відводи являються життєво важливими частинами конструкцій водо- та газопостачання. На сьогодні використання методів опору матеріалів недостатньо для точного та якісного визначення компонентів напружено-деформованого стану (НДС) трубною заготовки в процесі формоутворення крутозагнутих відводів. Актуальною є необхідність використання розрахункових (чисельних), імітаційних (комп'ютерне моделювання) та випробувальних методів дослідження для визначення технологічних властивостей.

Найбільш широкого використання набув випробувальний метод визначення та дослідження процесів пластичної формозміни металу – метод ділильних сіток. Він заснований на дослідженні спотворення попередньо нанесеної деформаційної сітки [1-3].

До основних груп випробувальних методів дослідження відносять [4]:

1. Методи, які базуються на основних положеннях теорії кінцевих деформацій (МКД). В основі МКД лежить теорема про перетворення елементарної сфери в результаті процесу кінцевої формозміни в еліпсоїд. Основні параметри деформованого стану знаходяться в межах, обмежених коміркою ділильної сітки, визначаються шляхом співставлення кінцевої форми з розмірами комірки. До МКД відносять:

- Метод Е. Зібеля (вихідна комірка ділильної сітки квадратної форми);
- Метод П. О. Пашкова (вихідна комірка ділильної сітки квадратної форми);
- Метод І. П. Ренне (вихідна комірка ділильної сітки у формі паралелограму);
- Метод Г. А. Смирнова-Аляєва і В. М. Розенберга (перетворення сферичної форми вихідної комірки ділильної сітки в еліпсоїд).

2. Поетапні методи дослідження (ПМ), які базуються на деформаційній теорії. Основна задача ПМ – отримання локальної характеристики ступеню деформації в результаті немонотонної формозміни в умовах складного навантаження. На кожному етапі дослідження всі характеристики процесу формозміни визначаються таким же чином, як і у випадку кінцевих деформацій. До ПМ можна віднести:

- Метод С. І. Губкіна (на кожному етапі визначаються головні деформації шляхом співставлення головних вісей еліпса з діаметром вихідного кола, причому після кожного етапу еліпси видаляються і знову наноситься колова сітка, центри комірок якої повинні співпадати з центрами видалених еліпсів);

- Метод візіопластичності Е. Томпсона (в площині симетрії деформованого тіла наноситься ділильна сітка квадратної форми; визначення підсумкової деформації відбувається аналогічно до методу С. І. Губкіна).

3. Методи, які базуються на теорії течії (МТ). МТ засновані на безперервному спостереженні за формозміною та зміною розмірів комірки ділильної сітки, які розглядаються як безперервні функції деякого параметру (часу, геометричних факторів процесу і т. д.). До МТ відносять:

- Метод Е. Зібеля (вихідна комірка ділильної сітки квадратної форми);
- Метод І. П. Ренне (вихідна комірка ділильної сітки у формі паралелограму).

Основна відмінність даних випробувальних методів визначення та дослідження НДС металу – спосіб обробки результатів спотвореної ділильної сітки. Спільним для них являються допущення про те, що в межах об'єму, обмеженого коміркою ділильної сітки, тіло вважається ізотропним, а деформація однорідною.

Для дослідження зон концентрації напружень, зон можливої появи тріщин чи змінань, зон вираженої немонотонності течії процесу використовують мікроструктурний метод Г. А. Смирнова-Аляєва [5]. В основу цього методу покладена гіпотеза суцільності будови, згідно якого досліджувана заготовка складається з нескінченно великого числа матеріальних точок, які безперервно заповнюють його об'єм. Комірки ділильної сітки представлені у вигляді зерен самого металу, межі розділу яких можна розглянути через мікрошліф при збільшенні в 100-120 разів. Метод дає досить високу точність розрахунків, але є дуже трудомістким.

Метод дослідження НДС вимірюванням твердості Г. Д. Деля заснований на зміні показника твердості зразку металу внаслідок його пластичної формозміни [6]. Згідно теорії вченого розподіл твердості визначає НДС досліджуваної заготовки. Шляхом випробування зразків на розтягування та одночасних вимірювань твердості будують тарувальний графік, який зв'язує інтенсивність напружень, твердість та інтенсивність деформацій. Метод твердості, незважаючи на свою простоту, не дає повної картини НДС досліджуваної заготовки – немає можливості визначення кожного компоненту НДС.

Для визначення найбільш оптимального випробувального методу виникає необхідність класифікації деталей, зокрема крутозагнутих відводів, що супроводжується проведенням додаткових експериментальних досліджень.

В деяких випадках може бути доцільним використання комплексу випробувальних методів для визначення більш повної та точної картини НДС досліджуваної заготовки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дель Г. Д. Метод делительных сеток / Г. Д. Дель, Н. А. Новиков. – М.: Машиностроение, 1979. – 144 с.
2. Ренне И. П. Обобщение метода обработки результатов искажения сетки, предложенного Пашковым П. О. для исследования процессов сложного деформирования // Технология машиностроения. – Тула, 1967. – Вып. 1. – С. 233–240.
3. Ренне И. П. Теоретические основы экспериментальных методов исследования деформаций методом делительных сеток в процессах обработки металлов давлением. – Тула: ТПИ, 1979. – 96 с.
4. Смирнов-Аляев Г. А. Экспериментальные исследования в обработке металлов давлением / Г. А. Смирнов-Аляев, В. П. Чикидовский. – Л.: Машиностроение. 1972. – 360 с.
5. Смирнов-Аляев Г. А., Розенберг В. М. Анализ пластической деформации металлов методом микроструктурных измерений. Инженерный сборник, Т 1, Инст. Механики АН СССР, 1951.
6. Дель Г. Д. Определение напряжений в пластической области по распределению твердости / Г. Д. Дель–М.: Машиностроение. 1971. – 200 с.

Ленок Анастасія Анатоліївна, старший викладач кафедри Обробка металів тиском, Національний університет «Запорізька Політехніка», м. Запоріжжя, anastasion4@ukr.net.

Обдул Василь Дмитрович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Обробка металів тиском, Національний університет «Запорізька Політехніка», м. Запоріжжя, kafedra_omt@zntu.edu.ua.

TEST METHODS FOR THE STUDY OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A PIPE BILLET IN THE PROCESS OF FORMING STEEPLY CURVED BENDS

Abstract

The paper presents an overview of widely used test methods for the study of the stress-strain state of a pipe billet in the process of forming steeply curved bends. Their features, advantages and disadvantages were identified. There is a need to classify parts to determine the most optimal test method. In some cases, it may be appropriate to use an integrated approach.

Keywords: pipe billet, steeply curved branch, pipe billet, test method, stress-strain state.

Lenok Anastasiia, Senior Lecturer of Metal Forming Department, Zaporizhia Polytechnic National University, Zaporizhia, anastasion4@ukr.net.

Obdul Vasyly, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Metal Forming Department, Zaporizhia Polytechnic National University, Zaporizhia, kafedra_omt@zntu.edu.ua.