

©Долматов А.И., Жданов И.А., Маркович С.Е.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА И ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ГИБКИ ТРУБОПРОВОДОВ

1. Анализ проблемы

Гибка труб – технологический процесс, широко применяемый в настоящее время в аэрокосмической, автомобильной и других отраслях. Жёсткие требования по надёжности и долговечности, предъявляемые к высокотехнологичным изделиям в условиях возрастающей конкуренции, накладывают дополнительные ограничения на процессы гибки труб, которые характеризуются значительными искажениями формы и толщины стенки, потерей устойчивости и т.д. Для обеспечения высокой точности, предотвращения появления гофров, искажения формы, обеспечения заданного напряжённо-деформированного состояния в настоящее время существует большое количество конструкторских и технологических решений, включая методики приложения дополнительных нагрузок, таких как осевые усилия и внутреннее избыточное давление. Однако, существующие методики и технологии гибки имеют ряд ограничений. К тому же, аналитическое решение ряда задач, связанных с разработкой технологии гибки, сталкивается с рядом трудностей. Эффективным решением задач по проектированию процессов гибки может быть использование CAD+CAE модулей, однако данные системы в большинстве случаев позволяют лишь проверить правильность принятых решений, т.е. оценить параметры качества трубопроводов, которые будут получены в результате реализации принятого решения, но не позволяют выполнять оптимизацию конструкции (и самое главное – технологии) по заданным параметрам. Также, существенным недостатком данного подхода является высокая стоимость данного программного обеспечения (которая может достигать до 40 000 ... 60 000 евро за 1 лицензионное рабочее место),

также необходимость иметь квалифицированный персонал, способный работать с такими системами. Это не позволяет оснастить данными системами достаточное количество рабочих мест, как в центральных заводских департаментах, так и цеховых отделах. Т.е. данный подход скорее является инструментом заводского уровня для проведения исследовательских работ и проверки правильности принятых решений в случае возникновения производственного брака или выхода из строя трубопроводных систем, чем эффективным средством для решения текущих производственных задач, особенно в условиях частой смены объектов производства.

2. Постановка задачи и цели исследования

Исходя из проведенного анализа, можно сделать вывод, что в настоящее время остро стоит задача создания эффективных инструментов для специалистов технологической службы заводского и цехового уровней для прогнозирования параметров качества и оптимизации процессов гибки аналитическими методами, а также разработки рекомендаций для внедрения данных процессов в условиях серийного производства.

3. Разработка методики принятия решений

Проведенный анализ опыта серийных предприятий позволяет разработать методику, реализующую комплексный подход к проектированию процессов гибки. Данная методика является эффективным инструментом, который может быть использован для анализа оснастки и технологии на начальных стадиях разработки технологических процессов. Представленная методика при реализации программного обеспечения является дешёвым и эффективным инструментом как для инженеров-технологов цехового и заводского уровней, так и для инженера-конструктора (для оценки правильности принятых решений). Целевые подразделения для внедрения данного продукта: технологические бюро цехов, департамент главного технолога, отдел обвязки (или исполняющий его функции) департамента главного конструктора.

Данная методика включает в себя ряд этапов (рис. 1). На первом этапе рассчитывается величина смещения нейтрального слоя [1, 2] с учётом эффекта упрочнения [3, 4], величины деформаций и т.д. Это даёт возможность перейти к следующему этапу – определению силовых параметров гибки [5]. Для расчёта величины момента или усилия, потребного для деформирования трубы, необходимо определить схему гибки, т.е. сделать предварительный выбор способа гибки и оборудования. Также на данном этапе необходимо учесть влияние ряда дополнительных факторов: использование локального или общего нагрева, использование жидких или сыпучих наполнителей, наличие дополнительных нагрузок (внутреннее давление, осевое растяжение и т.д.) и их комбинаций.



Рис. 1 – Схема расчёта и верификации конструктивных параметров процесса гибки труб

Следующим этапом является определение угла пружинения и расчёт потребного угла гибки [2]. Полученная совокупность данных позволяет перейти определению параметров качества изделия после гибки, основными из которых являются: толщина стенок, овальность сечения, гарантированное отсутствие гофров и т.д. Априорная оценка данных параметров позволяет на этапе верификации, в случае выхода одного или нескольких параметров за допустимые границы (минимальная толщина стенки, максимальная овальность сечения, критерий гофрообразования [6] и т.д.) либо определить допустимые параметры (например - минимальный радиус гибки) для выбранной схемы и согласовать изменения с конструкторским департаментом, либо назначить новый способ гибки (с нагревом, жидким или сыпучим наполнителем, с приложением дополнительной нагрузки: давления, осевого растяжения, комбинации нескольких видов нагружения и др.) и произвести априорную оценку выбранных изменений по приведенной ниже схеме.

В случае, если ни один из параметров не выходит за допустимые пределы, все данные передаются в технологический модуль системы, который отвечает за формирование последовательности операций, назначение режимов обработки и т.д.

Описанный модуль является составной частью разрабатываемой технологической системы и позволяет с минимальными затратами времени производить априорную оценку правильности принятых решений при разработке новых технологических процессов, а также оптимизировать существующие технологические и конструкторские решения.

Выводы

Разработаны основы комплексного подхода к проектированию процессов гибки, который может быть использован для анализа оснастки и технологии на начальных стадиях разработки технологических процессов. Представленная методика при реализации программного обеспечения является дешёвым и эффективным инструментом как для инженеров-технологов цехового и

заводского уровней, так и для инженера-конструктора (для оценки правильности принятых решений).

Список использованных источников:

1. Афендик Л. Г. Изменение толщины стенки и смещение нейтральной оси при пластическом изгибе с продольной силой / Л. Г. Афендик, Б. С. Билобран // Судостроение и морские сооружения. – 1966. – вып. 4. – С. 76–83.

2. Ковтун А. Д. О величинах пружинения и изменения кривизны труб при холодной гибке / А. Д. Ковтун // Судостроение. – 1962. – № 1. – С. 36–42.

3. Кроха В. А. Упрочнение металлов при холодной пластической деформации / В. А. Кроха. – М.: Машиностроение, 1980. – 160 с.

4. Pan K. On the Plastic Deformation of a Tube During Bending / K. Pan, K. A. Stelson // Journal of Engineering for Industry. – 1995. – № 117. – P.494-500.

5. Билобран Б. С. Об изгибающем моменте и остаточной кривизне при пластическом изгибе труб / Б. С. Билобран // Кузнечно-штамповочное производство. – 1965. – №8. – С. 87–93.

6. Wang X. Wrinkling Limit in Tube Bending / X. Wang, J. Cao // Journal of Engineering Materials and Technology. – 2001. – 123(4). – P. 430–435.

Долматов А.И., Жданов И.А., Маркович С.Е., «Разработка методики определения параметров качества и оптимизации процессов гибки трубопроводов».

Разработана методика прогнозирования параметров качества и оптимизации процессов гибки аналитическими методами. Данная методика является эффективным инструментом, который может быть использован для анализа оснастки и технологии на начальных стадиях разработки технологических процессов. При реализации программного обеспечения, методика является дешевым и эффективным инструментом как для инженеров-технологов цехового и заводского уровней, так и для инженера-конструктора.

Ключевые слова: качество, оптимизация, гибка трубопроводов, методика.

Долматов А.І., Жданов І.О., Меркович С.Є. «Розробка методики визначення параметрів якості й оптимізації процесів гнуття трубопроводів».

Розроблено методику прогнозування параметрів якості й оптимізації процесів гнуття аналітичними методами. Дана методика є ефективним інструментом, що може бути використаний для аналізу оснащення й технології на початкових стадіях розробки технологічних процесів. При реалізації програмного забезпечення, методика є дешевим і ефективним інструментом як для інженерів-технологів цехового й заводського рівнів, так і для інженера-конструктора.

Ключові слова: якість, оптимізація, гнуття трубопроводів, методика.

Dolmatov A.I., Zhdanov I.A., Markovych S.I. “Method development of determination parameters and optimization of tube bending processes”.

The technique for predicting the quality parameters and optimization of tube bending processes with analytical methods was developed. This technique is an effective tool that can be used for the analysis of equipment and technology at the early stages of manufacturing processes. The technique can be implemented as the cheap and effective tool for both engineers of factory and shop level and for design engineers after implementing the software.

Key words: quality, optimization, tube bending, method.

Стаття надійшла до редакції 7 грудня 2011 р.