

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Мальцева Дениса Николаевича «Совершенствование трубогибочного производства предварительным деформированием сечения заготовки», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.09 «Технологии и машины обработки давлением».

На отзыв поступили диссертация объемом 124 стр., содержащая 41 рисунок, 6 таблиц, библиографический список из 52 наименований и автореферат на 20 стр. машинописного текста, иллюстрированный 9 рисунками и включающий одну таблицу.

Актуальность темы диссертации. В связи с развитием строительной индустрии, нефте-газового комплекса, химического машиностроения, авиа и ракетостроения потребность в различного рода трубопроводах возросла в несколько раз. Формирование изогнутых участков трубопроводов является актуальной задачей трубогибочного производства. Однако в большинстве случаев гибка труб сопровождается искажением из поперечного сечения, что негативно влияет на пропускную способность изогнутого участка. Одним из способов компенсации искажения сечения при гибке является предварительная оваллизация сечения заготовки. Во избежание ошибок при проектировании технологии гибки необходимо оценивать деформированное состояние трубы на характерных этапах формоизменения. Такую оценку может дать решение вариационной задачи в деформациях с использованием координатных функций перемещений. Для достоверного вариационного анализа требуется связать координатные функции с уравнениями статики. Также нуждаются в уточнении геометрия переходного участка трубы, включая длину, влияющую на утонение стенки.

Научная новизна работы содержит следующие положения:

- теоретическое исследование деформированного состояния прямой трубы позволило связать изменение его высоты и ширины системой уравнений, удовлетворяющих условиям равновесия;
- математическое моделирование изгиба трубы на участке свободного деформирования с применением интерполирующих полиномов прогиба трубы, вызванного поворотом и сдвигом сечений, повысило точность уравнения изогнутой оси и вариационной оценки деформаций;
- вариационная оценка деформаций с использованием выборочных условий статического равновесия обеспечила сходимость и повышенную точность решения задачи при минимальном числе варьируемых параметров;

- использование варьируемого отношения напряжений гибки трубы позволило получить упрощенную методику расчета толщины стенки.

Практическая значимость прослеживается в:

- определении рабочего перемещения инструмента деформирования прямой трубы, обеспечивающего необходимое увеличение ширины сечения;
- установлении зависимости длины переходного участка трубы при изгибе по круглому копиру от размеров инструмента и его компоновки, а также от показателя степенной функции упрочнения материала;
- установлении зависимости утонения стенки трубы от длины переходного участка при изгибе по круглому копиру и от коэффициента цилиндрической анизотропии материала.

Наиболее значимые теоретические положения, полученные автором:

Применение условия равенства нулю суммарного изменения угла наклона касательной к средней линии деформируемого сечения прямой трубы для преодоления статической неопределимости пластического напряженно-деформированного состояния;

- улучшение сходимости вариационной оценки пластических деформаций дополнением кинематических ограничений, накладываемых на координатные функции перемещений, выборочными условиями статического равновесия;

- учет вариации работы внешней силы для оценки деформаций пластического изгиба трубы благодаря варьированию коэффициента пропорциональности напряжений.

Анализ содержания диссертации. **В разделе 1** приведен критический анализ состояния вопроса, сформулирована цель и задачи исследования.

В разделе 2 решается задача определения приращения высоты ($\Delta H < 0$) в функции приращения ширины ($\Delta B > 0$) сечения прямой трубы, сжимаемой вогнутыми плитами в положении плашмя. При последующей гибке трубы ширина сечения B становится высотой и получает отрицательное приращение. Полагая известным значение B , при условии удовлетворения техническим требованиям изделия, корректируется значение ΔH с использованием предложенной функции. Несмотря на допущения, решение задачи в напряжениях является математически сложным, однако соискатель разобрался.

В разделе 3 приведено решение той же задачи в деформациях с использованием принципа минимума полной потенциальной энергии, который применяют для определения формы деформируемой заготовки на участке, не имеющем контакта с инструментом, т.е. в зоне свободного изгиба. Реализация метода предусматривает аппроксимацию истинных зависимостей перемещений от координат произвольно выбранными функциями (соблюдается только осевая симметрия) с варьируемыми параметрами. Соискатель обуславливает выбор подходящих функций соблюдением условий статики. В этом случае приходится подбирать коэффициенты аппроксимирующей функции (37) с помощью итерационных процедур. Большой объем вычислений предполагает уравнение (52) для

нахождения интенсивности деформаций сдвига Γ^2 . В качестве инструмента для определения коэффициентов при варьируемых параметрах использован MathCAD.

В разделе 4 разработана математическая модель изгиба трубы по круглому копиру обкатывающим роликом. Спецификой процесса гибки является то, что часть изогнутой заготовки не контактирует с инструментом, образуя переходный участок с переменной кривизной оси. Длина его возрастает с увеличением параметра c (рис.21). Профессором С.И. Вдовиным установлена эта зависимость, если прогиб оси u_n вызван поворотом сечений при изгибе. Для уменьшения угла пружинения параметр c стремятся уменьшить, однако увеличивается сила и прогиб оси u_c , вызванный сдвигом сечений. Соискатель аппроксимирует уравнения прогибов полиномами и составляет систему уравнений (86), связывающих параметр c и длину переходного участка z_l . При малой длине переходного участка интенсивно изменяется толщина стенки. Для оценки деформаций по толщине применен принцип минимума полной потенциальной энергии. Для упрощения вариационной задачи автор аппроксимировал не функцию перемещений, а соотношение напряжений $\sigma_\alpha = \nu_1 \sigma_z$ (см.стр. 67).

Раздел 5 посвящен упрощению ранее полученных решений, для возможности создания инженерной методики расчета для возможности применения на практике. Расчет утонения стенки трубы при гибке по копиру отличается от представленного в разделах (4.1-4.2), который дополнен учетом анизотропии материала. Результаты экспериментов также описаны в этом разделе.

Замечания по работе.

1. Функция, связывающая приращения высоты и ширины сечения трубы получена в неявном виде с заменой аргумента ΔB на угол α_2 (рис.13, б). Требуется пояснения, как найти значение аргумента, если потребуется.

2. При определении взаимосвязи приращений высоты и ширины сечения трубы аппроксимация неизвестных зависимостей перемещений от координат проводилась с помощью произвольно выбранных функций, удовлетворяющих уравнениям статики. Однако последние не могут выполняться глобально в дифференциальной форме из-за возмущений, связанных с несоблюдением истинных зависимостей перемещений от координат.

3. Требуется пояснения правомерность прямого присоединения варьируемого параметра к соотношению напряжений при решении вариационной задачи определения толщины стенки трубы.

4. К числу недостатков следует отнести приближенное преобразование уравнения (51), имеющее отношение к неравенству Буныковского без оценки погрешности подобного преобразования.

Заключение по диссертации.

Диссертация Мальцева Д.Н. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение

актуальной задачи, имеющей существенное значение для теории и практики трубогибного производства – компенсирование искажения сечений заготовок при гибке путем предварительного придания им обратной овальности для получения трубопроводов, отвечающих жестким ограничениям искажения проходного сечения и утонения стенки.

Диссертация соответствует требованиям пункта 9 Положения ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор Мальцев Денис Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.09 «Технологии и машины обработки давлением».

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры
«Системы пластического
деформирования» ФГБОУ
ВПО МГТУ «СТАНКИН»

Сосенушкин
Евгений Николаевич



Подпись руки *Сосенушкин Е.Н.* достоверно
ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»
Сумарева Е.С.
дд. 05.2014