

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу

**Залавина Якова Евгеньевича**

«Совершенствование технологии вальцевой формовки с целью получения трубной заготовки с повышенной однородностью напряженно-деформированного состояния», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением

### **Актуальность темы диссертации**

Стратегической задачей России на ближайшую перспективу является развитие новых нефтегазовых проектов и строительство магистральных трубопроводов в сложных климатических условиях Крайнего Севера, Восточной Сибири и в сейсмоопасных районах. В связи с этим повышаются требования к свойствам, качеству и надежности эксплуатации сварных труб большого диаметра (ТБД). Одной из важнейших задач отечественной металлургии является повышение класса прочности труб до X100 и X120, что будет способствовать снижению металлоемкости и повышению рабочего давления трубопроводов.

Для получения трубной заготовки из листа применяется формовка основного периметра с наложением технологического шва. Технологии формовки проводят по типам TRB, UO, JO. Технология формовки листа в вальцах (TRB) с последующей догибкой прикромочных участков в калиброванных валках основана на трехточечном изгибе. В отличие от формовки на прессе изгиб заготовки происходит непрерывно, а подача заготовки в очаг деформации осуществляется силами трения. Преимуществом способа формовки TRB является большая монотонность основного профиля поперечного сечения заготовки и энергоэффективность процесса формовки. К основным недостаткам процесса формовки в вальцах относят неравномерность деформации трубной заготовки после вальцевой формовки на переходе плоского участка в основной периметр, что затрудняет обеспечение повышенных требований к геометрическим характеристикам труб после экспансирования.

Таким образом, можно утверждать, что диссертационная работа Я.Е. Залавина, направленная на совершенствование способа формовки труб в вальцах, а также повышение качества сварных труб большого диаметра за счет снижения уровня остаточных напряжений и повышения однородности деформации в процессе вальцовой формовки, является актуальной.

### **Научная новизна**

К основным результатам работы, отличающимися научной новизной, следует отнести: установление зависимости кривизны поперечного сечения листовой заготовки от технологических параметров вальцовой формовки, учитывающие неоднородность деформации на переходных участках периметра формованной трубы.

Полученные зависимости позволяют определять геометрические параметры заготовки – радиус заготовки после формовки, длину плоских участков; настроечные параметры валков – перемещение верхнего валка, углы поворота валков; энергосиловые параметры процесса – усилия и крутящие моменты на валках.

Соискателем выполнен большой объем работы по разработке методики расчета величины прогиба верхнего валка, позволяющая определять необходимое усилие противоизгиба, которое обеспечивает постоянную величину межкромочного зазора. Особый интерес в настоящей работе представляют данные по оценке уровня остаточных напряжений по длине трубной заготовки, полученные методом разрезных колец.

### **Теоретическая и практическая значимость**

Соискателем разработана технология формовки, при которой в начале прохода за счет синхронного вращения валков и погружения верхнего валка трубная заготовка имеет меньшую неравномерность деформации в поперечном сечении в области перехода плоского участка в основной периметр, а привод валков подвергается меньшим нагрузкам по крутящему моменту.

Методом торможения полосы в валках определен коэффициент трения для условий вальцевой формовки. Полученные в работе данные о коэффициенте трения позволяют достоверно определять ресурс фрикционных сил на границе «инструмент – заготовка».

Теоретическими методами показано, что по причине прогиба в трубной заготовке после формовки формируется неоднородность остаточных напряжений по ее длине. Разработана технология формовки «перемещение + вращение». Показано, что данный способ позволяет обеспечить равномерное напряженно-деформированное состояние трубной заготовки на переходных участках.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность научных результатов диссертации подтверждается применением современных методик теоретического исследования формоизменения листовой заготовки при вальцевой формовки и энергосиловых параметров процесса, основанных на использовании энергетического метода и метода конечных элементов. В теоретических исследованиях использованы основополагающие принципы теории обработки металлов давлением и апробированные методики математической обработки данных эксперимента. В исследовании использовались современное, поверенное оборудование и лицензионное программное обеспечение. Достоверность проведенных исследований подтверждает успешное внедрение результатов работы при производстве электросварных труб с использованием вальцевой формовки.

### **Основное содержание работы**

Материалы диссертации изложены во введении, четырех главах и заключении на 130 страницах, содержит 14 таблиц и 55 рисунков. Список использованных литературных источников состоит из 103 наименований.

**Во введении** раскрыта актуальность работы, обоснована цель, сформулированы задачи, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы.

**В первой главе**, на основе опубликованных результатов исследований, проанализирована технология производства сварных труб большого диаметра, приведен алгоритм формирования характеристик качества продукции и роль технологии изготовления труб в обеспечении заданных характеристик, рассмотрены теоретические основы процесса вальцевой формовки труб.

**Во второй главе** разработан и всесторонне изучен способ формовки, при которой в начале прохода за счет синхронного вращения валков и погружения верхнего валка трубная заготовка имеет меньшую неравномерность деформации в поперечном сечении в области перехода плоского участка в основной периметр.

В результате проведенного анализа формоизменения и деформированного состояния металла в предложенном способе получены зависимости, которые позволяют определять геометрические параметры заготовки – радиус заготовки после формовки, длину плоских участков; настроечные параметры валков – перемещение верхнего валка, углы поворота валков; энергосиловые параметры процесса – усилия и крутящие моменты на валках.

Разработана методика расчета величины прогиба верхнего валка, позволяющая определять необходимое усилие противоизгиба, которое обеспечивает постоянную величину межкромочного зазора и равномерность остаточных напряжений по длине трубной заготовки.

**В третьей главе** методом торможения полосы в валках определен коэффициент трения для условий вальцевой формовки. Полученные данные о коэффициенте трения позволяют достоверно определять ресурс фрикционных сил на границе «инструмент – заготовка». В качестве экспериментальной машины был выбран лабораторный двухклетевой прокатный стан «дуо 180».

Проведено экспериментальное исследование прогиба нажимного валка в процессе формовки в вальцах средствами фотограмметрии. Контроль прогиба

нажимного вала осуществлялся при помощи измерительного комплекса, состоящего из лазерного дальномера Leica Disto D510 и фотоаппарата Nikon D 5100. Результаты измерений показали, что прогиб вала в процессе формовки нестабилен и изменяется, как в пределах одного прохода, так и от прохода к проходу. Высказано мнение, что нестабильность прогиба вызывает неоднородность напряженно-деформированного состояния тела заготовки, поэтому для листогибочных машин с системой противоизгиба, требуется система автоматического регулирования прогибом верхнего вала.

**В четвертой главе** разработана концепция автоматического регулирования прогибом верхнего вала; проведена апробация усовершенствованной технологии формовки на конечно-элементной модели; разработаны режимы формовки труб для стандартной и усовершенствованной технологии и представлены результаты промышленного апробирования разработанных режимов.

Результаты проведенных численных экспериментов на конечно-элементной модели показали, что технология формовки «погружение + вращение» способствует стабилизации кривизны в поперечном сечении трубной заготовки в области перехода плоского участка в основной периметр.

По результатам промышленной апробации разработанных технических решений было обеспечено получение труб с заданным качеством после формовки. Все трубы из опытных партий успешно прошли этапы догибки кромок, сборки, сварки и экспандирования (имеется акт внедрения).

#### **Замечания, рекомендации и выводы по работе**

По представленной работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. Соискателем была разработана математическая модель формовки листа, позволяющая определять основные технологические параметры процесса формовки, но при этом не в полной мере проведена процедура ее верификации. Нет сопоставлений результатов расчета по предлагаемым во 2 главе формулам (длин плоских участков, настроечных и энергосиловых параметров процесса) с результатами конечно-элементного моделирования.

Остаётся неясной точность полученных результатов и границы, в которых можно применять результаты расчётов по предлагаемой методике.

2. Не совсем ясна цель проведения экспериментального исследования прогиба нажимного вала методами фотограмметрии. Проводилась ли оценка адекватности методики расчета величины прогиба верхнего вала, предложенная соискателем в п. 2.6, путем сопоставления с результатами эксперимента, проведенного средствами фотограмметрии?

3. Нет в явном виде указания доли участия автора в разработке концепции автоматического регулирования прогибом (п.4.1.). Структурная схема АСУ была полностью разработана соискателем, или же предлагается применять в процессе формовки общеизвестный механизм автоматического регулирования положения исполнительного механизма?


4. Соискателем для экспериментального определения остаточных напряжений в трубной заготовке в качестве базового выбран метод колец, изложенный в работах Н.Н.Давиденкова и И.А.Биргера. При этом нет обоснований почему был выбран именно этот метод, который при всем своем удобстве применения имеет ряд недостатков. Во-первых, при отрезке кольца от трубы возникают пластические деформации и разогрев, меняющие реальные остаточные напряжения, действующие в целой трубе. Во-вторых, метод разрезных колец в любой модификации направлен на замер тангенциальных остаточных напряжений в стенке трубы, когда как часто необходимо знать распределение остаточных напряжений по стенке трубы. Для нахождения радиальных напряжений приходится прибегать к расчетным методам, отсутствие которых в работе не даёт в полной мере оценить достоверность расчетов остаточных напряжений.

#### **Общее заключение**

Указанные выше замечания не снижают научной и практической ценности результатов представленной диссертации и не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку выполненной диссертационной работы.


Диссертационная работа Залавина Якова Евгеньевича «Совершенствование технологии вальцевой формовки с целью получения трубной заготовки с повышенной однородностью напряженно-деформированного состояния» является законченной, самостоятельной научно-квалификационной работой полностью соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 в ред. От 01.10.2018 г., с изм. От 26.05.2020 г. «О порядке присуждения ученых степеней»), предъявляемые к кандидатским диссертациям, поскольку в ней содержится решение актуальной задачи разработки высокоэффективного способа формовки труб в вальцах, который обеспечивает повышенную равномерность напряженно-деформированного состояния трубной заготовки. Автор диссертации Залавин Яков Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

Официальный оппонент,  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры «Обработка металлов давлением»  
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина»

  
Нухов Данис Шамильевич  
26.08.2022

Россия, 620002, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19,  
8(343) 375-44-37, d.s.nukhov@urfu.ru, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина»

Подпись Д.Ш. Нухова заверяю:  
Ученый секретарь Ученого совета  
Университета

  
Морозова Вера Анатольевна

Документовед УДИОВ  
ГАФУРОВА А.А.

Я, Нухов Данис Шамильевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе

