



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

(Должность руководителя организации)

М.Р. Филонов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« 01 » августа 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Залавина Я.Е. на тему «Совершенствование технологии вальцевой формовки с целью получения трубной заготовки с повышенной однородностью напряженно-деформированного состояния», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 - «Обработка металлов давлением»

Актуальность работы

Трубная промышленность является одной из ведущих отраслей металлургии. Такие отрасли, как нефтегазодобыча, нефтепереработка, машиностроение, атомная энергетика, требуют большого количества стальных труб самого широкого сортамента.

При усовершенствовании действующих и разработке новых технологий формоизменения трубной заготовки в линии ТЭСА, необходимым условием является уточнение технологических аспектов в области теории и технологии процессов формовки электросварных труб.

Актуальными задачами остаются исследование и разработка методик, обеспечивающих повышение качественных характеристик труб с применением TRB.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, изложена на 130 страницах машинописного текста, содержит 14 таблиц и 55 рисунков, снабженных подрисуночными подписями и библиографический список, содержащий 103 наименования.

Во введение представлена и обоснована актуальность диссертационной работы, поставлена цель и определены задачи для ее достижения, сформулированы научная новизна и практическая значимость.

В первой главе представлен аналитический обзор научно-технической литературы по теории и технологии формовки труб большого диаметра (ТБД). Проведен аналитический обзор современных технологий изготовления штрипса и ТБД. Выполнен анализ и

определены достоинства и недостатки различных технологий формовки трубной заготовки под сварку.

Во второй главе проведен анализ неравномерности деформаций заготовки в поперечном сечении. В поперечном сечении выделены четыре участка различной кривизны.

Участок 1-2 плоский, его кривизна равна нулю.

Участок 2-3 является дефектным и представляет собой область максимальной кривизны трубной заготовки.

Участок 3-4 является дефектным поскольку имеет меньшую кривизну, чем участок основного периметра 4-5.

Участок 4-5 является основным периметром заготовки поскольку наиболее протяженный по сравнению с остальными участками и имеет постоянную кривизну.

Из анализа результатов конечно-элементного моделирования установлено, что причиной возникновения неоднородности деформаций является действующая технология формовки. На основании проведенного анализа выдвинута гипотеза о том, что если при определенной величине перемещения верхнего вала осуществлять вращение валков, то кривизна зоны между плоским участком и основным периметром будет максимально приближена к кривизне основного периметра, что способствует однородному напряженно-деформированному состоянию в поперечном сечении трубной заготовки после формовки. Усовершенствованная технология формовки на основе выдвинутой гипотезы названа «перемещение+вращение».

В основе математической модели лежит метод регрессионного анализа в среде конечно-элементного моделирования.

Разработаны оригинальные расчетные схемы для расчета геометрических параметров процесса по технологическим проходам.

В процессе формовки верхний валок изгибался, поэтому был определен прогиб вала методом начальных параметров.

На основе разработанной математической модели разработана программа «ТЭСЦ. Технолог», предназначенная для расчета технологических и энергосиловых параметров процесса формовки в трехвалковой листогибочной машине.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования процесса вальцевой формовки.

Методом торможения полосы в валках определен коэффициент трения в условиях идентичных условиям формовки. В качестве лабораторной машины выбран лабораторный двухклетевой прокатный стан «дуо 180». Для создания тормозных сил изготовлено

специальное тормозное устройство. Коэффициент трения в условиях вальцевой формовки можно считать равным $\mu=0,245 \pm 0,035$.

Для экспериментального исследования остаточных напряжений в трубной заготовке применялся разрушающий метод колец, изложенный в работах И.А. Биргера, который предполагает разрезку кольца вдоль образующей и последующее снятие слоев травлением или механической обработкой.

Как следует из проведенного экспериментального исследования остаточных напряжений задача контроля прогиба безопрного нажимного вала играет важную роль в получении заготовки с равномерным распределением по длине остаточных напряжений и деформаций.

Экспериментальное исследование прогиба нажимного вала в процессе формовки в вальцах проведено средствами фотограмметрии. Прогиб фиксировался измерительным комплексом из лазерного дальномера и фотоаппарата Nikon.

В четвертой главе разработана концепция автоматического регулирования прогибом верхнего вала; проведена апробация технологии на конечно-элементной модели; разработаны режимы формовки труб для стандартной и разработанной технологий и представлены результаты промышленного опробования.

Моделирование формовки проводилось для двух принятых вариантов технологии в программном пакете для конечно-элементного моделирования для труб 1420x25,8 мм, 720x9 мм и 711x25,4 мм.

Неоднородность остаточных деформаций в области перехода от плоского участка к основному периметру снизилось во всех трех случаях.

Результаты экспериментов показывают, что при формовке по технологии «перемещение+вращение» разница радиусов участка основного периметра и переходного участка снизилась в среднем на 64%.

При производстве опытной партии труб размерами $\varnothing 711 \times 25,4$ мм из стали К56 для проекта «Северный Каспий» апробировалась технология формовки «перемещение + вращение». Все трубы из опытной партии успешно прошли этапы догибки кромок, сборки, сварки и экспандирования.

При производстве труб $\varnothing 1420 \times 25,8$ производилось сопоставление результатов расчета радиуса заготовки по разработанной методике с промышленными данными. Сравнительный анализ расчетных и фактических значений радиуса формовки свидетельствует о том, что разработанная математическая модель позволяет с достаточной для инженерной практики точностью определить радиус заготовки на выходе из очага деформации.

В выводах представлены основные результаты диссертационной работы.

Научная новизна диссертационной работы.

Научную новизну диссертационной работы представляют следующие результаты исследования, полученные соискателем:

- разработана оригинальная математическая модель расчета параметров настройки и энергосиловых параметров процесса формовки листа в трехвалковых листогибочных машинах;

- разработана оригинальная математическая модель расчета профиля нижней образующей верхнего вала трехвалковых листогибочных машин, оснащенных системой противоизгиба;

- экспериментальным путем определен коэффициент трения в условиях, идентичных условиям контактного взаимодействия заготовки и инструмента при вальцевой формовки.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Разработанные математические модели позволяют с удовлетворительной для инженерной практики точностью, рассчитывать формоизменение трубной заготовки при соответствующих технологических операциях.

Реализованные математические модели позволяют в производственной среде в оперативном режиме производить инженерные расчеты формоизменения трубной заготовки с целью настройки соответствующих агрегатов на производство трубных заготовок с заданными параметрами. Программный продукт используется технологами АО «ВТЗ» в повседневной работе.

Получены достоверные данные о коэффициенте трения в условиях вальцевой формовки.

Методология и методы исследования

В работе применялись классические методы теории малых упруго-пластических деформаций и аналитической геометрии на плоскости.

Расчетные методики разработаны на основе энергетической теории обработки металла давлением.

Математическое моделирование технологических процессов проводилось в лицензионных программных продуктах конечно-элементного моделирования «MSM.Marc» и «Deform 3D».

Публикации и апробация.

Основное содержание диссертации опубликовано в 12-ти печатных работах, из них 6 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Получены патент на изобретение «Способ

формовки трубной заготовки» и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель процесса формоизменения заготовки в трехвалковых гибочных машинах.
2. Результаты экспериментального определения коэффициента трения для условий вальцевой формовки труб большого диаметра.
3. Технология вальцевой формовки, обеспечивающая повышенную равномерность напряженно-деформированного состояния.

Замечания и вопросы по работе.

1. Каким образом определяются протяженности четырех характерных участков трубной заготовки и зависит ли протяженность участка от типоразмера производимой трубы?
2. В автореферате нет сведений о технологии подгибки кромок и размере полного профиля заготовки в сборе перед сваркой.
3. В автореферате нет сведений о технологии подгибки кромок и размере полного профиля заготовки в сборе перед сваркой и после сварки.
4. В автореферате не представлены сведения о параметрах трубной заготовки перед экспандированием; зависят ли режимы экспандирования от геометрических параметров профиля заготовки перед экспандированием?

Указанные замечания и пожелания не снижают ценности проведенных исследований и разработок по совершенствованию технологии вальцевой формовки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Залавина Я.Е. выполнена на актуальную тему, имеет новизну и практическую значимость, вносит вклад теорию и технологию вальцевой формовки труб большого диаметра. Отвечает требованиям ВАК РФ к диссертационным работам, а её автор Залавин Я.Е. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 "Обработка металлов давлением".

Диссертационная работа Залавина Я.Е. и отзыв на нее обсужден и одобрен на заседании кафедры ОМД НИТУ «МИСиС», протокол № 08/1-676 от 01 августа 2022г.

Заведующий кафедрой ОМД,
кандидат технических наук, доцент


ПОДПИСЬ

Проректор по безопасности

и общим вопросам

НИТУ «МИСиС»

ЗАВЕРЯЮ

И.М. Исаев