

## 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**

На сегодняшний день отечественные производители сварных труб большого диаметра (ТБД) предназначенных для транспортировки углеводородов, располагают производственными мощностями от 1,5 до 2,6 раз превышающими реальный спрос находящийся на уровне 1,7...3,0 млн.т/год. Подобная ситуация на рынке определяет позиции производителей наличием таких конкурентных преимуществ, как стоимость и характеристики качества продукции.

Следует отметить, что производственные линии по изготовлению труб большого диаметра принципиально отличаются друг от друга только технологиями формовки основного периметра и догибки кромок. При этом технология формовки листа в вальцах (TRB) с последующей догибкой кромок имеет ряд преимуществ по сравнению с технологиями шаговой (Ю) и УО формовкой. К ним, в частности, относятся: большая монотонность основного профиля поперечного сечения заготовки и энергоэффективность процесса формовки, как составная часть себестоимости продукции. Однако, характерная для процесса TRB неравномерность деформации трубной заготовки после вальцевой формовки на переходе плоского участка в основной периметр, затрудняет обеспечение повышенных требований к геометрическим характеристикам труб после экспандирования.

На основании вышеизложенного, тему диссертационной работы Залавина Я.Е., целью которой является повышение однородности напряженно- деформированного состояния трубной заготовки в процессе вальцевой формовки, следует признать актуальной.

### **СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 103 источников и 2 приложений. В приложениях приведены акт внедрения результатов работы в АО «ВТЗ» и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Основной текст диссертации составляет 130 страниц (без приложений). Диссертация содержит 55 рисунков и 14 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, приведены цели и задачи работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость результатов исследований.

**Первая глава** диссертации посвящена современному состоянию и проблемам труб большого диаметра (ТБД). Автор отмечает требования к эксплуатационным характеристикам таких труб., а также осуществляет анализ существующих технологий изготовления трубного штрипса и ТБД. В главе выполнен анализ и определены достоинства и недостатки различных технологий формовки трубной заготовки под сварку (УО, Ю, TRB). Рассмотрены теоретические основы процесса вальцевой формовки труб. Убедительно показано, что повышение точности труб при экспандировании обеспечивается снижением

неравномерности деформации при выполнении предшествующих формообразующих операций. Технология вальцевой формовки обеспечивает равномерность деформации трубной заготовки на участке основного периметра. Однако, неравномерность деформации образуется на переходе плоского участка в основной периметр. Также, из-за прогиба верхнего вала, возникает неравномерность деформации вдоль образующей трубной заготовки. Показано, что в литературных источниках вопросы формирования неравномерности деформации трубной заготовки освещены недостаточно, что не позволяет производить расчеты настроек листогибочной машины в полной мере.

Глава построена вполне логично, поэтому её завершение в виде формулировки целей и задач исследования воспринимается убедительно.

**Во второй главе** проведен анализ неравномерности деформации заготовки в поперечном сечении. Автор определяет четыре участка различной кривизны и выделяет из них дефектные. В работе убедительно показано, что причиной возникновения неоднородности деформаций является действующая технология формовки.

Представляет интерес выдвинутая гипотеза о том, что: если при определённой 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. Автор предложил усовершенствованную технологию формовки на основе выдвинутой гипотезы, назвав ее «погружение+вращение».

Новой является разработанная математическая модель формирования кривизны в процессе перемещения верхнего вала. Данная задача решалась методом регрессионного анализа в среде конечно-элементного моделирования «Marc.Mentat». Коэффициенты регрессии определялись из результатов дробного факторного эксперимента.

Для определения энергосиловых параметров процесса формовки, автором использован энергетический метод, широко применяемый в процессах обработки металлов давлением и принята для этого новая расчетная схема.

Заслуживает внимания разработанная, на основе математической модели процесса вальцевой формовки, программа «ТЭСЦ.Технолог», предназначенная для расчета технологических и энергосиловых параметров процесса формовки листовой заготовки в трёхвальной листогибочной машине.

**В третьей главе** представлены результаты экспериментального исследования процесса вальцевой формовки. Автор работы определил методом торможения полосы в валках коэффициент трения в условиях идентичных условиям формовки.

Представляют большой интерес, выполненные в работе экспериментальные исследования остаточных напряжений в трубной заготовке после формовки на основе разрушающего метода колец, а также прогиба нажимного вала в процессе формовки в вальцах средствами фотограмметрии.

**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.

Показано, что при использовании разработанной технологии неоднородность остаточных деформаций в области перехода от плоского участка к основному периметру в

наибольшей степени снизилась на трубе размерами  $\varnothing 711 \times 25,4$  мм, где величина остаточных деформаций на переходном участке минимально отличается от участка основного периметра. В меньшей степени эффект проявился на трубе размерами  $\varnothing 1420 \times 25,8$  мм, и совсем незначительно на трубе размерами  $\varnothing 720 \times 9$  мм.

Автор работы убедительно показывает, что при производстве опытной партии труб размерами  $\varnothing 711 \times 25,4$  мм из стали К56 для проекта «Северный Каспий», на которой апробировалась технология формовки «погружение + вращение», разница радиусов участка основного периметра и переходного участка снизилась в среднем на 64%.

Сравнительный анализ расчетных и фактических значений радиуса формовки при производстве труб  $\varnothing 1420 \times 25,8$  свидетельствует о том, что разработанная математическая модель позволяет с достаточной для инженерной практики точностью определить радиус заготовки на выходе из очага деформации.

**В заключении** представлены основные выводы и результаты работы.

**Научная новизна исследования** состоит в том, что автором разработана оригинальная математическая модель расчета параметров настройки и энергосиловых параметров процесса формовки листа в трехвалковых листогибочных машинах.

Кроме этого, в работе разработана оригинальная математическая модель расчета профиля нижней образующей верхнего вала трехвалковых листогибочных машин, оснащенных системой противоизгиба.

Автором был также экспериментальным путем определен коэффициент трения в условиях, идентичных условиям контактного взаимодействия заготовки и инструмента при вальцевой формовке.

**Практическая значимость** диссертации заключается в том, что на основании полученных автором результатов исследования разработан программный продукт, позволяющий в производственной среде в оперативном режиме производить инженерные расчеты формоизменения заготовки с целью настройки соответствующих агрегатов на производство трубных заготовок с заданными параметрами. Разработанный программный продукт используется технологами АО «Волжский трубный завод» (АО «ВТЗ») в повседневной работе. Впервые получены также достоверные данные о коэффициенте трения в условиях вальцевой формовки и определен ресурс фрикционных сил на границе «инструмент-заготовка» и нагрузочные возможности привода вращения валков листогибочной машины АО «ВТЗ».

**Достоверность научных результатов.** Следует отметить, что научные положения, выводы и рекомендации, сделанные автором, основаны на результатах, прошедших апробацию в условиях производства. Результаты компьютерного моделирования были подтверждены в ходе лабораторных и промышленных испытаний.

Диссертация изложена последовательно, грамотным техническим языком. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Материалы работы в достаточной степени опубликованы в научной печати и обсуждены на научных конференциях различного уровня. Содержание диссертации соответствует специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

#### **Основные вопросы и замечания по работе**

Несмотря на описанные достоинства и, в целом, положительное впечатление от работы, в диссертации имеются и некоторые недостатки.

1. Приведенные во введении и в автореферате формулировки научной новизны работы не совпадают.

2. В диссертации разработана концепция автоматического регулирования прогибом нажимного вала. Было бы желательно подать на эту систему заявку на изобретение.

3. Было бы интересно в диссертации исследовать случаи, когда для сокращения длины плоских участков заготовки выполняют смещение нижних валков в сторону подачи листа.

4. В диссертации не приводится количественная оценка протяженности выделенных четырех зон трубной заготовки и не говорится от каких факторов они зависят.

5. Имеется ряд опечаток и описок. Например,

- на стр. 45 «Как видно из рисунка 2.14, полученное регрессионное уравнение удовлетворяет нелинейной зависимости  $\rho(H)$ , что дает возможность считать ее пригодной для расчетов технологии формовки на этапе перемещения вала». В слове технологии пропущена буква «и»;

- на стр. 79 в заголовке «3.2.1 Остаточные напряжения, снимаемые при отрезки кольца» вместо слова «отрезке», используется «отрезки».

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ

Представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук диссертация Залавина Якова Евгеньевича является законченной научно-квалификационной работой, решающей важную для металлургической отрасли задачу повышения качества труб большого диаметра за счет повышения однородности напряженно- деформированного состояния трубной заготовки в процессе вальцевой формовки. Результаты исследований, представленные автором, обладают научной новизной, практической значимостью и достоверностью. По работе имеется ряд замечаний, которые не снижают ее значимости и носят в основном дискуссионный характер. Диссертационная работа Залавина Я.Е. выполнена на высоком научно-исследовательском уровне, по своей актуальности, научной новизне, практической значимости и полученным результатам соответствует паспорту специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением, отвечает требованиям ВАК РФ к диссертациям в соответствии с п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Залавин Яков Евгеньевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

#### Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор, профессор  
кафедры технологий обработки материалов  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»



Песин Александр Моисеевич

25.08.2022

Адрес: 455000, Россия, г. Магнитогорск, проспект Ленина, д. 38

Тел.: +7 (3519) 063056

E-mail: pesin@bk.ru

Я, Песин Александр Моисеевич, согласен на автоматизированную обработку данных, приведенных в этом документе 

