

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. директора Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Институт металлургии и материаловедения им.

А.А. Байкова Российской академии наук

(ИМЕТ РАН) по научной работе, д.т.н.

В.С. Юсупов

« 06 » августа 2025 г.

Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу Нгуена Вана Тханя «Исследование и разработка методик расчета процесса знакопеременной формовки и профилирования валкового инструмента непрерывных ТЭСА для производства труб малого и среднего диаметра», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – «Обработка металлов давлением»

Актуальность темы диссертации

В развитии производства сварных труб особую актуальность сохраняет совершенствование технологий и оборудования. Это обусловлено тем, что существующее многообразие схем формоизменения полосы, конфигураций валкового инструмента и компоновок формовочных станов носит преимущественно частный и специализированный характер. Применение же существующих методик расчета требует их адаптации или создания новых подходов для эффективного сопровождения процесса формовки труб. Особенно эти пробелы относятся при использовании знакопеременной формовки, где основными недостатками являются отсутствие системных методов для оценки ее параметров, расчета геометрии заготовки и инструмента, а также определения энергосиловых характеристик процесса. В этом контексте работа Нгуена Н.Г. посвящена устранению указанных пробелов при знакопеременной формовке и созданию единого расчетно-аналитического обеспечения этого процесса формовки.

Структура и основное содержание диссертации

Диссертация объемом 124 страницы включает введение, пять исследовательских глав, основные выводы, библиографический список из 96 источников и два приложения. Работа иллюстрирована 91 рисунком и 24 таблицами.

Во введении обоснована актуальность темы, определены цель, задачи, научная новизна и практическая значимость исследования. Обозначены научные пробелы, на которые

направлена работа диссертации: отсутствие методик расчета геометрических параметров формоизменения ТЗ и валкового инструмента для знакопеременной формовки, недостаток экспериментальных данных о влиянии амплитуды знакопеременной формовки на остаточную кривизну стальных труб. Сформулированные задачи, направленные на восполнение этих пробелов и получение новых знаний.

В первой главе представлен литературный обзор теоретических и экспериментальных исследований по знакопеременной формовке трубной заготовки (ТЗ). Разобраны преимущества знакопеременной формовки с точки зрения формоизменения заготовки в калибрах и реализации очага сворачивания трубной заготовки профилирующим валковым инструментом.

Во второй представлено расчетное обоснование устойчивости и эффективности процесса знакопеременной формовки для трубы типоразмером $\varnothing 50 \times 1,5$ мм. Проведены расчеты и анализ параметров формоизменения: распределение кривизны ($1/R$), радиусов (R) и углов (φ) по участкам трубной заготовки (центральному и периферийным) и клетям стана ТЭСА 10-60. Анализ продольных деформаций по фиксированным волокнам трубной заготовки (ТЗ) показал, что их значения находятся в допустимых пределах. Трехмерное моделирование очага деформации в SolidWorks наглядно демонстрирует траектории перемещения кромок. Анализ различных положений ниспадающей траектории осевого волокна показал, что параметры настройки «цветка» формовки с углом $\theta = 50^\circ$ и высотой $H = -34.52$ мм обеспечивают минимально возможный уровень деформации растяжения кромок (0.088%) и максимальную плавность формоизменения.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования физических эффектов знакопеременной формовки. Установлено влияние амплитуды радиусов изгиба (реверса изгиба) на остаточную кривизну профиля заготовки после выхода из формовочной клетки. Физическое моделирование проведено на оборудовании ТЭСА 10-60 с образцами из стали Ст3 по четырем технологическим маршрутам.

Установлена количественная зависимость между амплитудой знакопеременной деформации и величиной распружинивания: Увеличение амплитуды деформации при переходе от формовки в одном калибре ($R = 140$ мм) к двум калибрам ($R = 140 \rightarrow 71$ мм), приводит к снижению упругого восстановления (распружинивания) с 12,06–16,29% до 2,33–6,72%, и, как следствие, к увеличению остаточной кривизны образцов. Продемонстрирована эффективность перевода материала в пластическое состояние при знакопеременной формовке, что минимизирует влияние упругой составляющей на искажение профиля после разгрузки.

Четвертая глава посвящена разработке комплекса методик, обеспечивающих единое расчетное сопровождение процесса формовки электросварных труб. Предложенные методики обладают новизной.

Методика расчета геометрии трубной заготовки при знакопеременном профиле формовки позволяет рассчитать профиль заготовки по клетям формовочного стана и дополнена расчетом напряженно-деформированного состояния, включая продольные и поперечные деформации и напряжения с учетом траектории кромок.

Методика расчета валкового инструмента позволяет рассчитать геометрические параметры валков для различных типов клетей формовочного стана ТЭСА (открытые, эджерные, закрытые) с учетом знакопеременной формовки и конструктивных особенностей стана.

Методика расчета энергосиловых параметров включает подход к определению усредненного радиуса изгиба, угла подгибки кромки, расчету усилий сопротивления деформации и тянущих усилий. Верификация всего комплекса методик выполнена на примере производства трубы $\varnothing 50 \times 1,5$ мм, где представлен комплектный расчет технологических параметров формовки, который демонстрирует применение разработанного комплекса методик в качестве единого расчетного сопровождения процесса.

В пятой главе представлена апробация разработанных методик в условиях ТЭСА 10-60 НИТУ МИСИС и заключительная верификация научных результатов и разработок. Был изготовлен комплект валков для формовки трубы $\varnothing 50 \times 1,5$ мм по параметрам, рассчитанным с использованием новых методик из главы 4. Проведена экспериментальная формовка трубы $\varnothing 50 \times 1,5$ мм по технологии знакопеременной формовки с фиксированием геометрии трубной заготовки (ТЗ) и усилий. Сравнение экспериментально полученных торможенок очагов сворачивания при классической (однорадусной) формовке и знакопеременной формовке показало, что при однорадусной формовке кромка ТЗ отклоняется ($\Delta 1 = 0 \div 5$ мм, $\Delta 2 = 0 \div 9$ мм), повышая риск гофров. При знакопеременной формовке кромка сохраняет прямолинейность, снижая риск гофрообразования.

Научная новизна работы

1. Экспериментально установлено влияние амплитуды знакопеременной формовки на остаточную кривизну ТЗ после упругого восстановления. С увеличением амплитуды упругое восстановление ТЗ снижается, что способствует повышению точности формирования профиля ТЗ в клетях формовочного стана ТЭСА;
2. Установлены зависимости распределения радиусов кривизны и углов формовки в центральных и периферийных участках ТЗ, для знакопеременной формовки, обеспечивающие устойчивое формоизменение ТЗ в клетях формовочного стана;
3. Разработана методика расчета геометрических параметров формоизменения ТЗ при знакопеременной формовке в клетях формовочного стана для труб малого и среднего диаметров;

4. Разработана методика расчета геометрических параметров валкового инструмента для непрерывной знакопеременной формовки, которая обеспечивает снижение величины упругого восстановления ТЗ и устойчивое формоизменение.

Практическая значимость работы

1. Разработана программа для ЭВМ, позволяющая рассчитать геометрические параметры формоизменения ТЗ при знакопеременной формовке в непрерывных ТЭСА при производстве электросварных прямошовных труб из углеродистых сталей;

2. Разработанные зависимости распределения радиусов сворачивания по очагу деформации позволяют рассчитать этапы формоизменения ТЗ по клетям формовочного стана;

3. Разработаны чертежи и изготовлен комплект валкового инструмента для трубы $\varnothing 50 \times 1,5$ мм ТЭСА 10–60, позволяющий осуществлять непрерывную знакопеременную формовку.

4. Результаты работы используются в учебном процессе на кафедре обработки металлов давлением при подготовке бакалавров и магистров в области трубозлектросварочного производства по направлениям «Металлургия» и «Технологические машины и оборудование».

Достоверность результатов диссертационной работы и разработанных методик подтверждается экспериментальной апробацией в условиях ТЭСА 10-60 НИТУ МИСИС.

Соответствие работы критериям, предъявляемым к диссертациям

Диссертация представляет собой самостоятельное исследование, изложенное логично, понятным языком и с качественными иллюстрациями. Автором лично подготовлены и проведены все экспериментальные исследования, а также разработаны комплекты чертежей валкового инструмента. Разработанные методики в диссертации Нгуена В.Т. положены в основу методического пособия «Расчет и анализ технических параметров процесса непрерывной формовки прямошовных труб в схемах ТЭСА с применением знакопеременногогиба заготовки».

Аннотация соответствует содержанию диссертации.

Публикации

Результаты диссертационной работы представлены в 5 публикациях ВАК РФ, среди которых 3 статьи размещены в журналах Scopus и Web of Science. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ и выпущено методическое пособие.

Замечания по работе:

- Каково влияние амплитуды циклической пластической деформации (знакопеременного нагружения) на эволюцию механических свойств трубной заготовки по клетям ТЭСА и на формирование эксплуатационных механических свойств готовой трубы?

- Разработанные методики расчета формоизменения трубных заготовок и профилирования валков проверены на стали Ст3, возможно ли разработанные методики применять к другим сталям?

- Как величина межклетевого расстояния влияет на величину распружинивания трубной заготовки после выхода из калибра при знакопеременной формовке?

Указанные замечания и пожелания не снижают ценности проведенных исследований и разработок по совершенствованию процесса непрерывной валковой формовки трубной заготовки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Нгуена В.Т. является законченным научным исследованием. Выполненная на актуальную тему работа отличается новизной и практической ценностью, внося вклад в развитие теории и технологии непрерывной валковой формовки электросварных труб. Диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор Нгуен Ван Тхань заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – «Обработка металлов давлением».

Диссертационная работа Нгуена В.Т. и отзыв на нее обсужден и одобрен на заседании коллоквиума лаборатории пластической деформации металлических материалов, протокол № 21 от 31.07.2025г.

Председатель коллоквиума, ведущий научный
сотрудник лаборатории пластической деформации
металлических материалов, кандидат
технических наук



Андреев А.В.

Секретарь коллоквиума,
Кандидат технических наук



Акопян К.Э.

Сведения о ведущей организации

Полное наименование организации	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения имени А. А. Байкова Российской академии наук
Сокращенное наименование организации	ИМЕТ РАН
Ведомственная принадлежность	Министерство науки и высшего образования
Индекс, почтовый адрес	119334, г. Москва, Ленинский проспект, 49
Телефон с указанием кода города	+7 (499) – 135-45-38 +7 (499) – 135-86-60
Адрес электронной почты	imet@imet.ac.ru
Адрес официального сайта в сети «Интернет»	http://www.imet.ac.ru/