

Исследование и разработка рекомендаций по совершенствованию технологических режимов работы и оборудования цеха производства труб большого диаметра Харцизского трубного завода с целью повышения качества продукции

Магистерская работа по специальности 8.05050311 «Металлургическое оборудование»

Студент гр. МО 09-1м – Измайлов М.С.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Доброносов Ю.К.

Расчетно-пояснительная записка: 152 с., 52 рис., 4 табл., 2 прилож., перечень ссылок – 42 наим., графическая часть _9 л. ф. А1.

Цель работы – Повышение технико-экономических показателей процесса производства сварных труб большого диаметра на основе развития математических методов расчета и проектирования, а также разработки технологических и конструктивных решений при реализации процесса локальной термомеханической обработки сварного шва труб большого диаметра.

Объект исследования – методы расчета, технология и оборудование процесса локальной термомеханической обработки сварных швов труб большого диаметра способом горячей прокатки.

Методы исследования – теоретические: метод конечных элементов; экспериментальные исследования - исследования энергосиловых параметров процесса горячей прокатки сварных швов и микроструктуры упрочненного шва

Научный результат – Разработана модель МКЭ по автоматизированному расчету локальных и интегральных показателей напряженно- деформированного состояния металла при реализации процесса прокатки сварного шва, позволяющая в полной мере учесть особенности геометрических характеристик очага деформации и свойств деформируемого материала.

Практический результат – разработаны модели по автоматизированному расчету и проектированию основных технологических параметров процесса упрочнения сварного шва. Разработаны режимы обжаты и комплекс оборудования для реализации процесса локальной термомеханической обработки. Ожидаемая чистая прибыль от внедрения результатов работы в производство 895 699 грн., период окупаемости составляет 2,1 года.

По результатам проведенных исследований опубликована 1 статья в соавторстве:

Экспериментальное исследование влияния процесса на микроструктуру сварного шва / Ю.К. Добронос, С.А. Дмитриев, М.С. Измайл, В.М.Семенов // Обработка металлов давлением. – Краматорск, ДГМА. – 2014. - №1(38) –С.148-153.

1 статья подготовлена к публикации в «Вестнике ДГМА».– «Конечно-элементное математическое моделирование процесса локальной термомеханической обработки сварного шва»

УПРОЧНЕНИЕ СВАРНЫХ ТРУБ, ЛОКАЛЬНАЯ
ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, ГОРЯЧАЯ ПРОКАТКА,
ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ, ПРОКАТНЫЙ СТАН, ,
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, КЛЕТЬ РАБОЧАЯ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

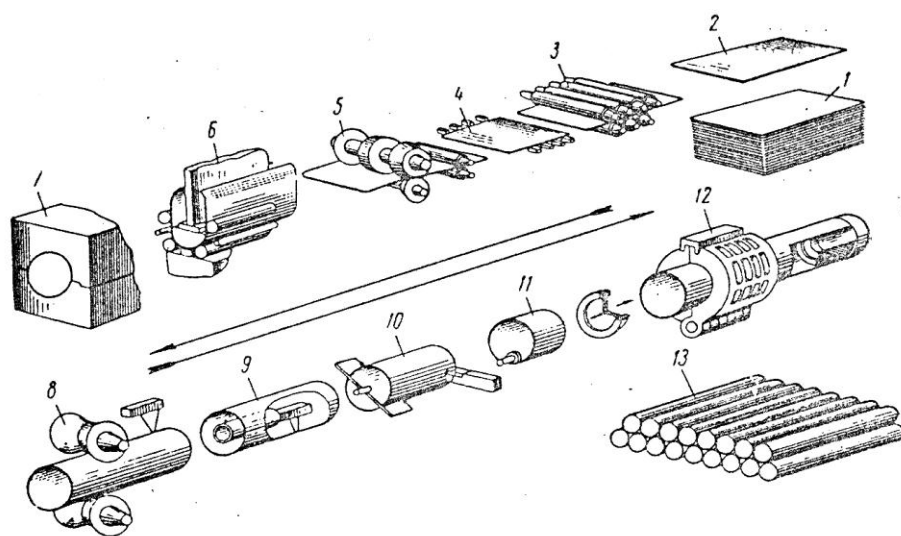
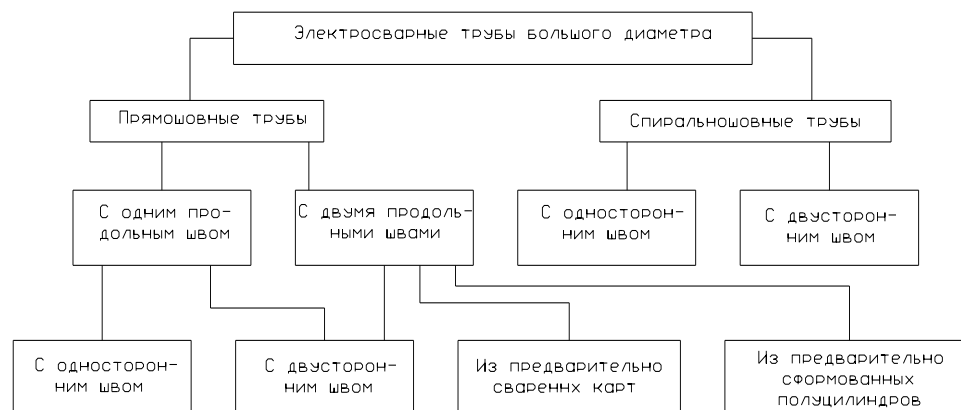


Схема производства труб большого диаметра из одного листа с формовкой заготовок на прессах

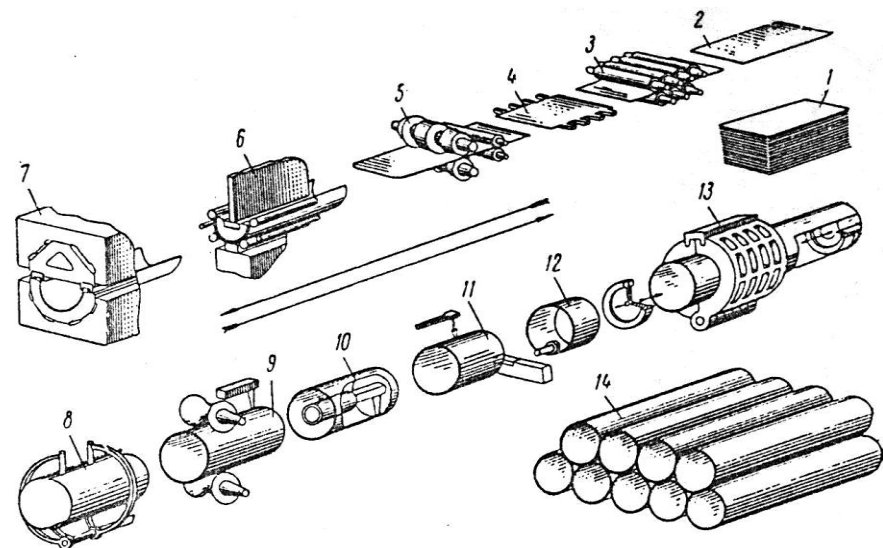


Схема производства труб большого диаметра из двух полуцилиндров



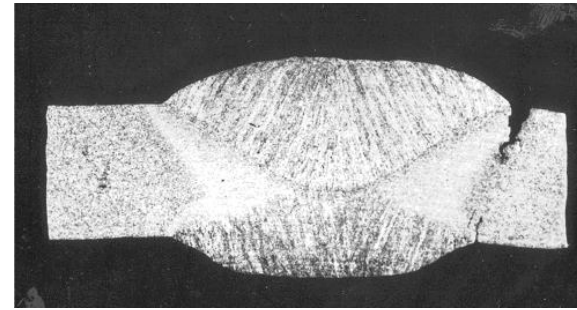
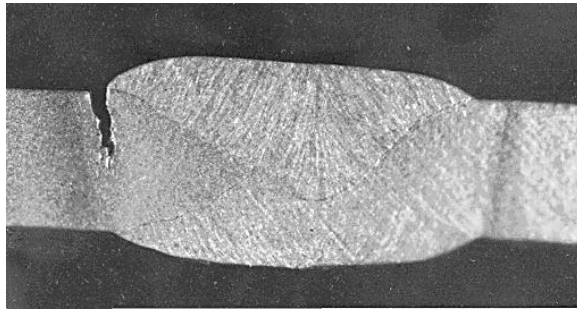
ДГМА
DSEA



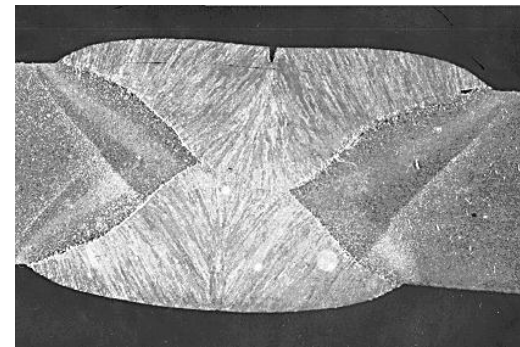
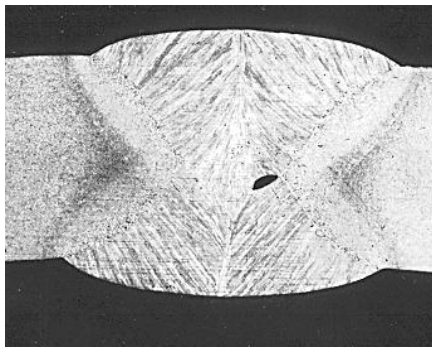
МО 09м

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ОБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ ХАРЦІЗЬКОГО ТРУБНОГО ЗАВОДУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ

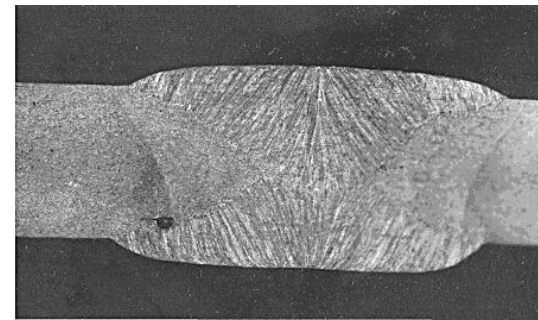
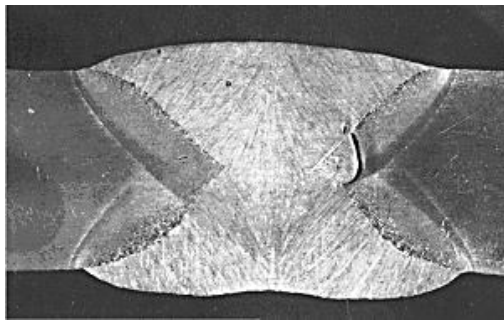
ДЕФФЕКТЫ НА УЧАСТКАХ СВАРНЫХ ШВОВ И ОКОЛОШОВНЫХ ЗОН



Наружные трещины в переходной околошовной зоне



Трещины и дефекты сплошности непосредственно в зоне сварного шва как на его наружной поверхности, так и внутри плоскости сопряжения наружного и внутреннего швов



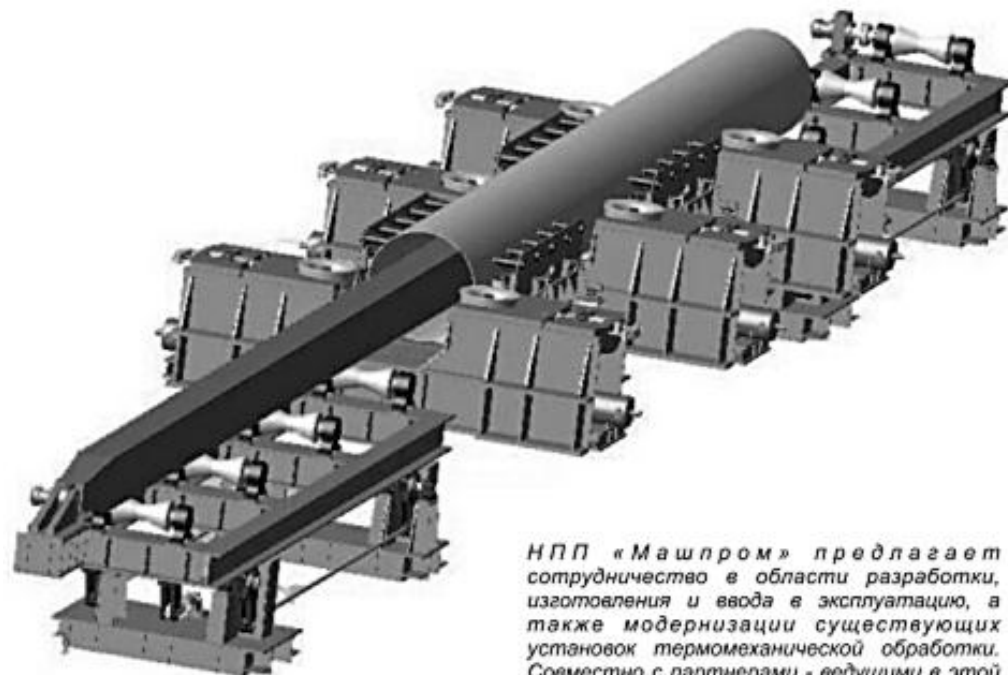
Дефекты сплошности и крупнозернистой структуры в переходной околошлаковой зоне



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОКАТКИ СВАРНЫХ ШВОВ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАСТКА ЛТМО:

- Диаметр труб, мм	920 ... 1420
- Длина труб, м	до 12
- Вес трубы, Тн	не более 7
- Номинальная скорость обработки, м/мин	2
- Ширина зоны обработки, мм	~100
- Установленная мощность, кВт	~3700
- Расход охлаждающей воды, м3/ч	~15
- Давление в гидросистеме, МПа	12.5
- Давление охлаждающей воды, МПа	0.4



НПП «Машпром» предлагает сотрудничество в области разработки, изготовления и ввода в эксплуатацию, а также модернизации существующих установок термомеханической обработки. Совместно с партнерами - ведущими в этой области предприятиями предложим наилучшие варианты решения самых сложных вопросов под конкретные эксплуатационные требования Заказчика.

Участок ЛТМО для местной обработки сварных швов, выполненных на газонефтепроводных трубах большого диаметра, изготовленных путем сварки двух полуцилиндров. Участок ЛТМО устанавливается в комплексе оборудования производства труб.

Термомеханическая обработка шва производится с целью:

- исключить негативные факторы, такие как термические напряжения;
- изменение кристаллической структуры металла в районе сварного шва.

Результатом ЛТМО являются выравнивание характеристик металла шва, околошовной зоны повышение вязкости, обеспечение мелкозернистой структуры металла шва на уровне основного металла, исключение зон термического влияния.



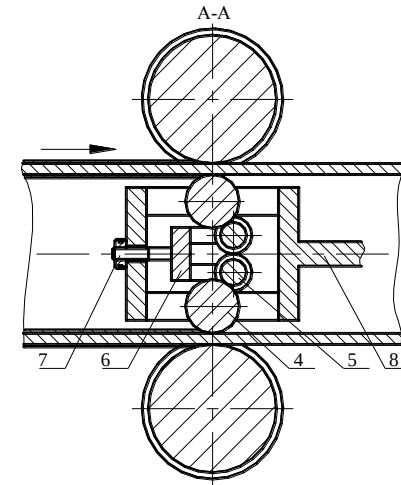
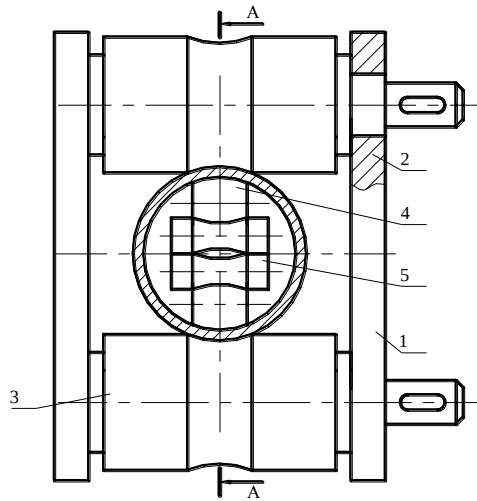
ДГМА
DSEA



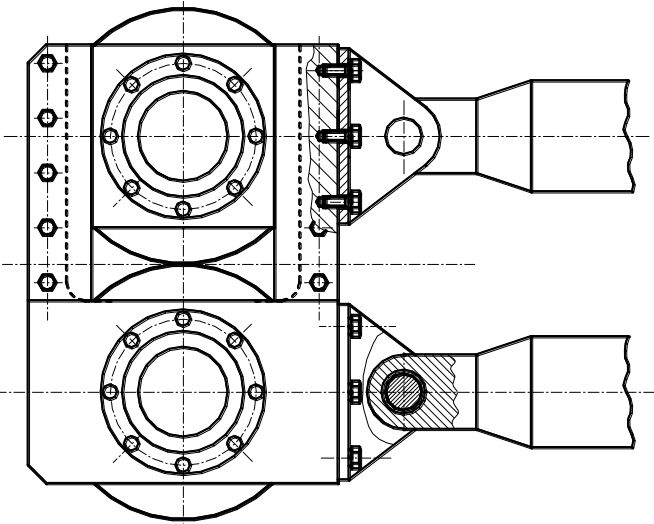
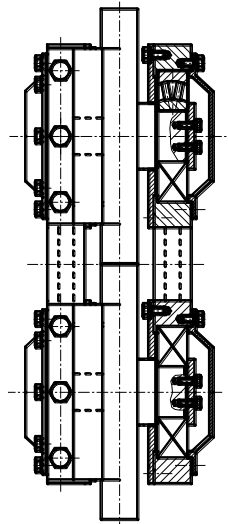
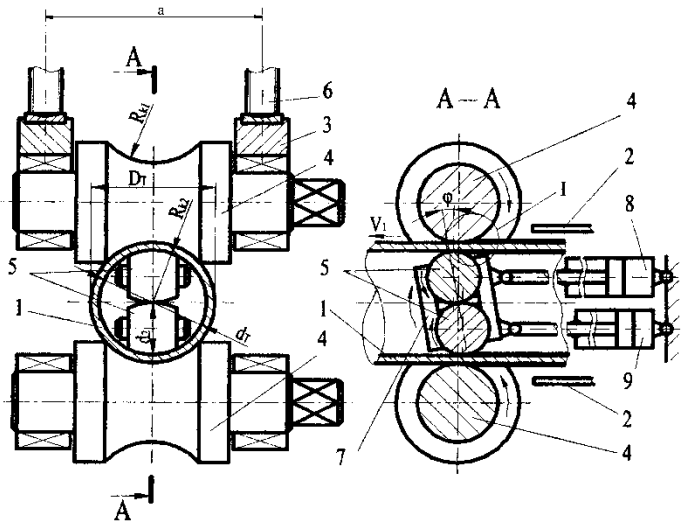
МО 09м

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ОБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ ХАРЦИЗЬКОГО ТРУБНОГО ЗАВОДУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОКАТКИ СВАРНЫХ ШВОВ



Конструкция узла рабочих валков и регулирующих роликов для горячей прокатки сварных швов при реализации процесса ЛТМО электросварных швов труб большого диаметра



Конструкция двух наружных приводных и двух внутренних приводных валков для горячей прокатки сварных швов при реализации процесса ЛТМО электросварных швов труб большого диаметра.



ДГМА
DSEA



МО 09м

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ОБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ ХАРЦИЗЬКОГО ТРУБНОГО ЗАВОДУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ: Повышение технико-экономических показателей процесса производства сварных труб большого диаметра на основе развития математических методов расчета и проектирования, а также разработки технологических и конструктивных решений при реализации процесса локальной термомеханической обработки сварного шва труб большого диаметра.

СТРУКТУРА РАБОТЫ

- установить и провести анализ конструкций участка локальной термомеханической обработки;
- провести анализ очага деформации при реализации процесса локальной термомеханической обработки сварного шва труб большого диаметра;
- разработка для труб большого диаметра методов расчета и технологических основ процесса прокатки сварного шва;
- экспериментальная оценка степени достоверности полученных математических моделей и уточнение исходных данных для их численной реализации;
- постановка и решение задач по автоматизированному проектированию технологических режимов процесса прокатки сварного шва, обеспечивающих требуемое качество готовой металлопродукции;
- анализ экономической эффективности от внедрения разработанных решений.



**ДГМА
DSEA**



МО 09м

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ОБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ ХАРЦИЗЬКОГО ТРУБНОГО ЗАВОДУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛОКАЛЬНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СВАРНЫХ ШВОВ ЭЛЕКТРОСВАРНЫХ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

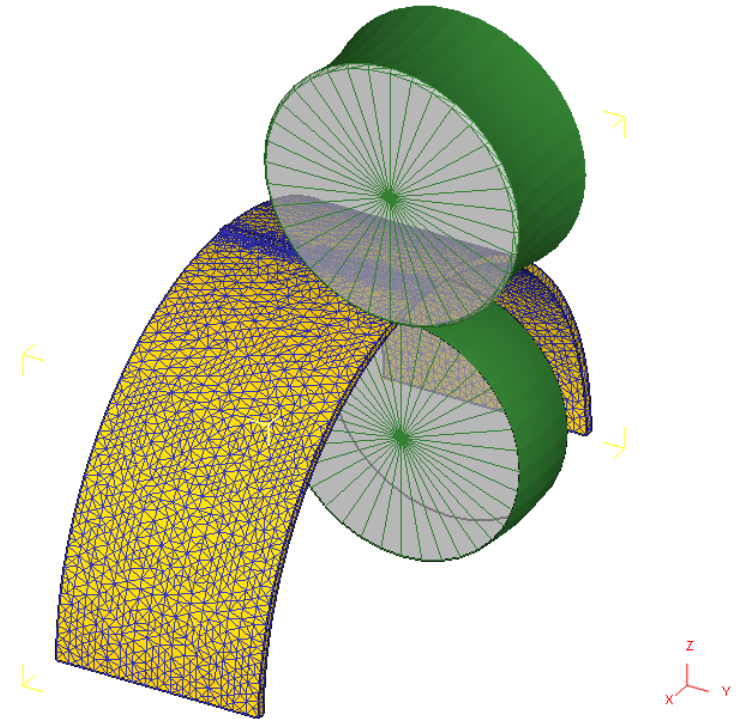
Этапы решения задачи конечно-элементной модели:

- **Предпроцессор:**
 - создание модели,
 - задача свойств материала,
 - силовые факторы,
 - дискретизация.
- **Решатель:**
 - расчет конечно-элементной модели
- **Постпроцессор**
 - анализ результатов

Граничные условия:

- Материал трубы: 10Г2ФБ
- Диаметр трубы: 1420мм
- Толщина трубы: 40мм
- Размеры усиления верхнего и нижнего сварных швов: (2х25) мм
- Температура участка сварного шва: 900°C
- Коэффициент внешнего трения: 0,3
- Модуль упругости: 210000 МПа
- Коэффициент Пуассона: 0,3

DEFORM



Расчетная схема анализа процесса ЛТМО
сварного шва трубы



ДГМА
DSEA



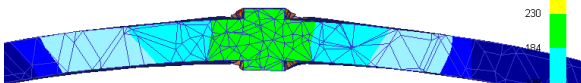
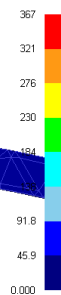
МО 09м

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ОБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ ХАРЦИЗЬКОГО ТРУБНОГО ЗАВОДУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ЛОКАЛЬНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СВАРНЫХ ШВОВ ЭЛЕКТРОСВАРНЫХ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

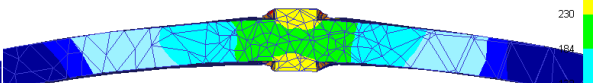
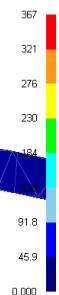
Step 58

Stress - Effective (MPa)



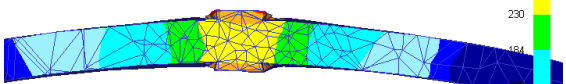
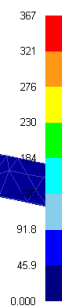
Step 58

Stress - Effective (MPa)



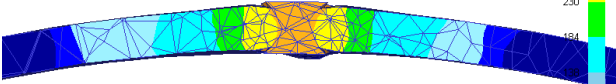
Step 58

Stress - Effective (MPa)



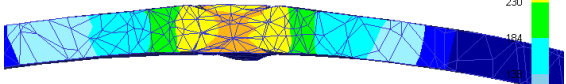
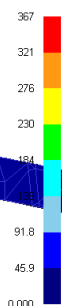
Step 58

Stress - Effective (MPa)



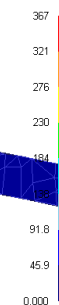
Step 58

Stress - Effective (MPa)

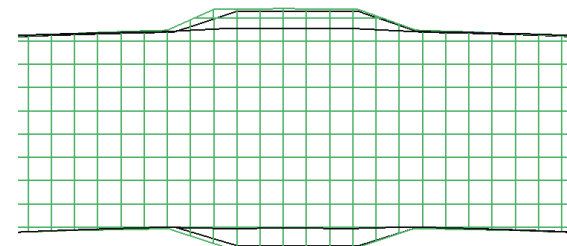


Step 58

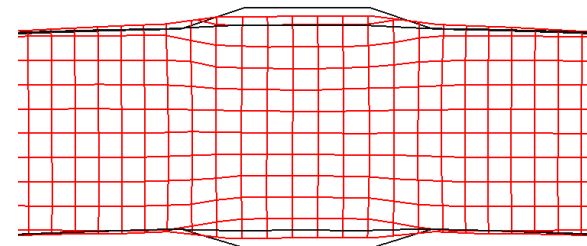
Stress - Effective (MPa)



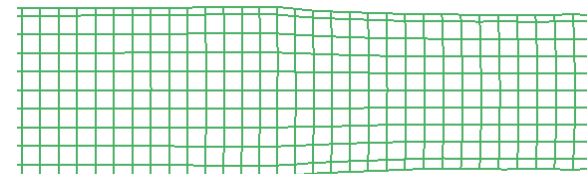
Расчетные распределения эквивалентных напряжений по длине очаге деформации при реализации процесса прокатки



Лагранжева сетка поперечного сечения трубы до начала процесса прокатки



Лагранжева сетка поперечного сечения трубы после процесса прокатки



Лагранжева сетка продольного сечения трубы в процессе прокатки



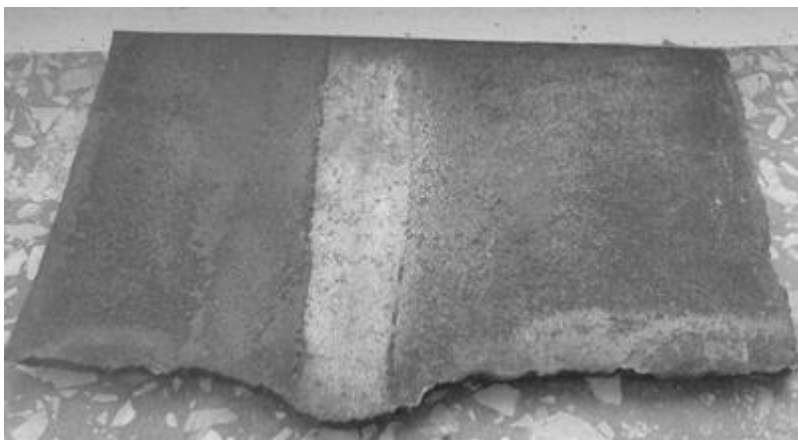
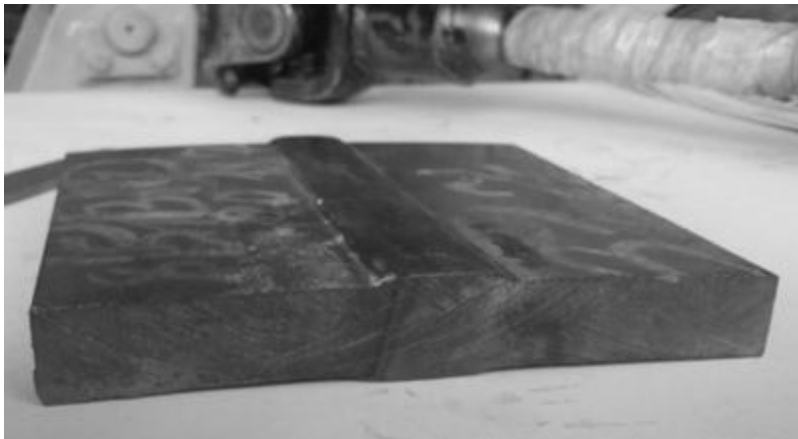
ДГМА
DSEA



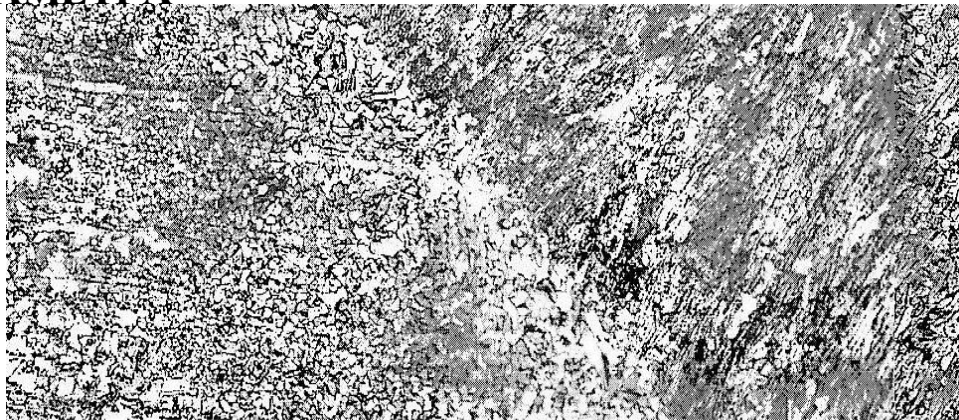
МО 09М

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ОБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ ХАРЦИЗЬКОГО ТРУБНОГО ЗАВОДУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ И ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРИ ЛОКАЛЬНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ СВАРНЫХ ШВОВ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА



Образцы участка прямошовной электросварной
трубы большого диаметра до и после прокатки
участка сварного шва



Микроструктура участка сварного шва и околошовной
зоны сварного соединения до и после прокатки участка
сварного шва



**ДГМА
DSEA**



МО 09м

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ОБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ ВЕЛИКОГО
ДІАМЕТРУ ХАРЦИЗЬКОГО ТРУБНОГО ЗАВОДУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ

ВЫВОДЫ

1. Одними из наиболее перспективных технических решений для улучшения потребительских свойств электросварных труб большого диаметра и повышения конкурентоспособности на мировом рынке является локальная термомеханическая обработка, основанная на горячей прокатке сварных швов.

2. На основе конечно-элементной математической модели локальной термомеханической обработки сварного шва подтверждено преимущественное течение металла в поперечном направлении. Получены количественные результаты распределения параметров напряженного состояния по всему объему очага деформации. Максимальные напряжения достигают 320 МПа и расположены на участке $X/L=60\%$. Количественная оценка требуемой силы прокатки составила $P=568$ кН.

3. Достоверность результатов теоретических исследований процесса локальной термомеханической обработки сварных соединений подтверждена экспериментально.

- использование процессов горячей пластической деформации, в том числе и процесса горячей прокатки, способствует устранению литой структуры и повышению механических свойств материалов сварных швов, максимально приблизив их к аналогичным показателям металла основных участков;
- с увеличением относительного обжатия сварного шва при его горячей прокатке эффект локальной термомеханической обработки возрастает;
- условия реализации процесса горячей прокатки сварных швов не приводят к какому-либо новому дефектообразованию.

4. На основе разработанной модели МКЭ были уточнены исходные данные для проектирования прокатного оборудования и сформулированы рекомендации по совершенствованию его конструктивных параметров. Разработан состав и компоновка, проработаны конструктивные параметры рабочей клетки и рольгангов для производства труб большого диаметра повышенной прочности, а также механизмы кантования и подачи в клеть.

5. Ожидаемый экономический эффект составляет 895 699 грн., срок окупаемости составляет 2.1 года



ДГМА
DSEA



МО 09м

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ОБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ ХАРЦИЗЬКОГО ТРУБНОГО ЗАВОДУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ