



**Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
Институт прикладной математики и механики
Кафедра «Механика и процессы управления»**

**Магистерская работа
по направлению 151600 «Прикладная механика»**

**КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИИ MSIP НА НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СВАРНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ ДУ300**

Выполнил студент группы 6055/12

Руководитель, к. т. н., профессор

Соруководитель, ассистент

Пивков А. В.

Боровков А. И.

Модестов В. С.

**Санкт-Петербург
2013 год**



Содержание

1. Общие сведения

- механизм возникновения трещин
- технология аргонодуговой сварки
- технология обжатия (MSIP)

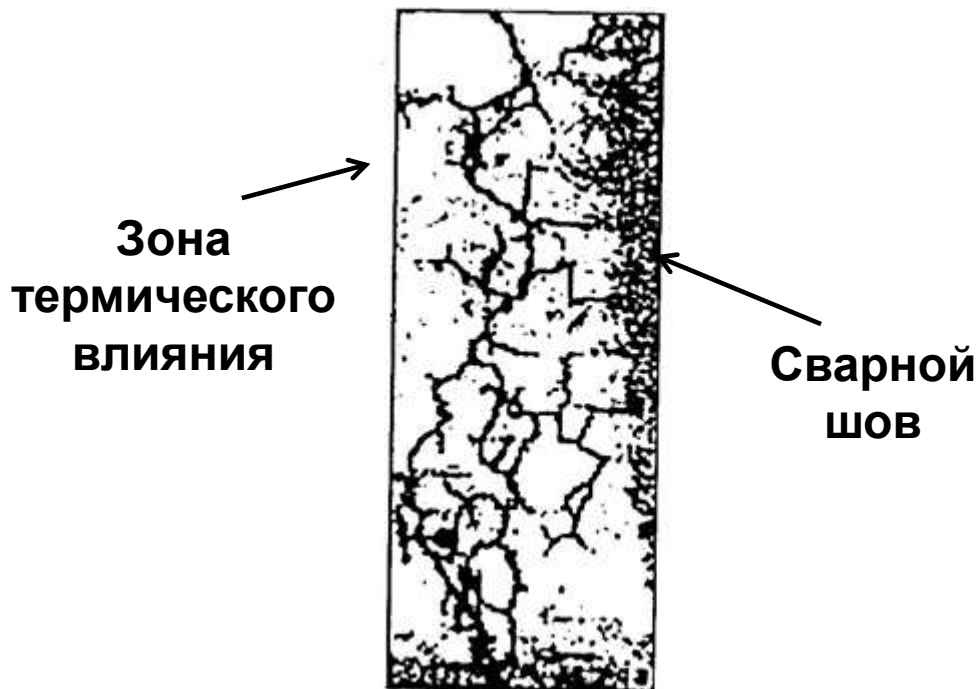
2. Расчет остаточных сварочных напряжений

- тепловая задача
- расчет остаточных напряжений в СС с конусным переходом
- расчет остаточных напряжений в СС с тройником

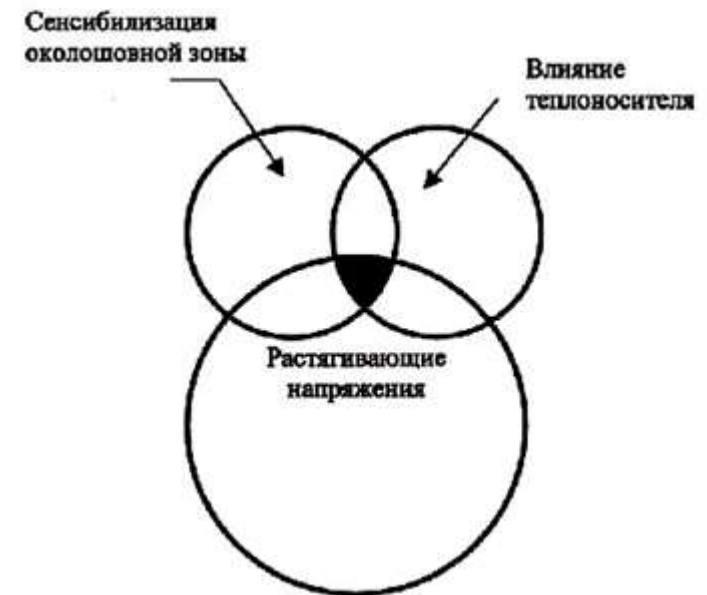
3. Результаты применения технологии MSIP

МКРПН - межкристаллитное коррозионное растрескивание под напряжением

Микроструктура трещин в
околошовной зоне стыкового
соединения трубопровода ДУ 300



Факторы зарождения трещин по механизму МКРПН



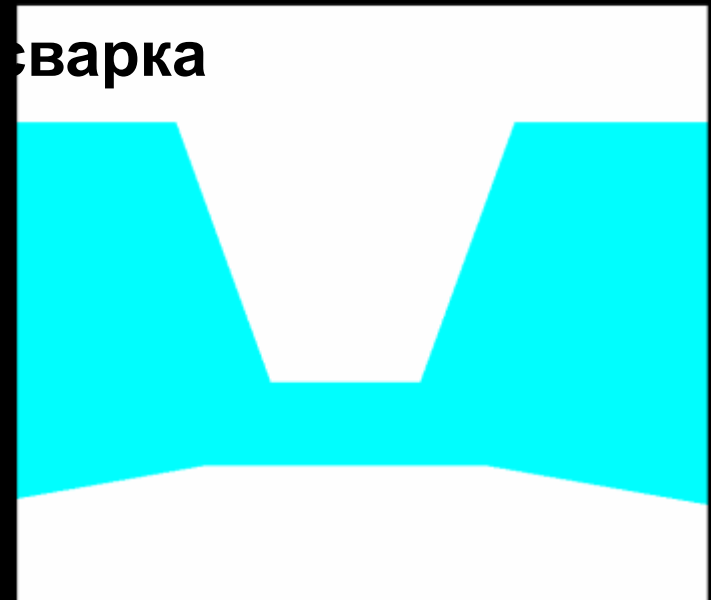
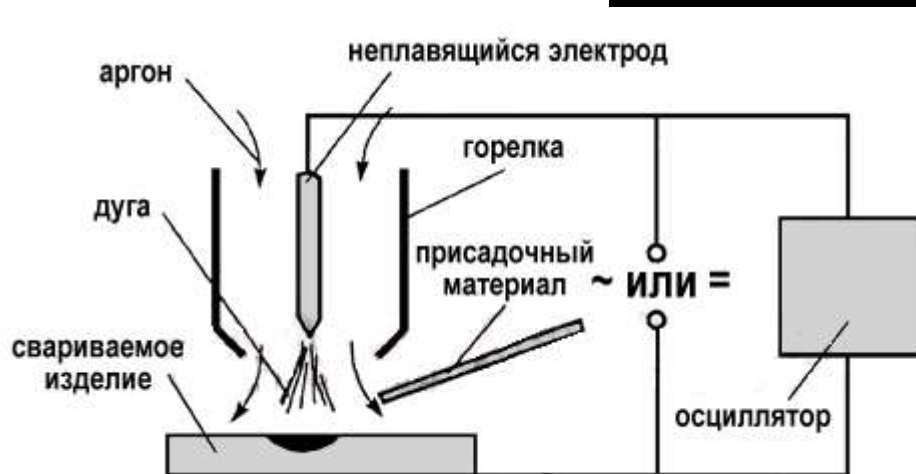
Технология MSIP

(Mechanical Stress Improvement Process - процесс перераспределения напряжений путем механического обжатия)



Ар

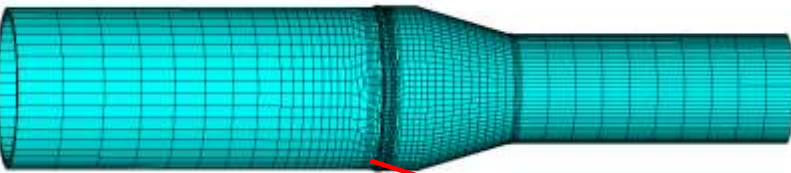
сварка



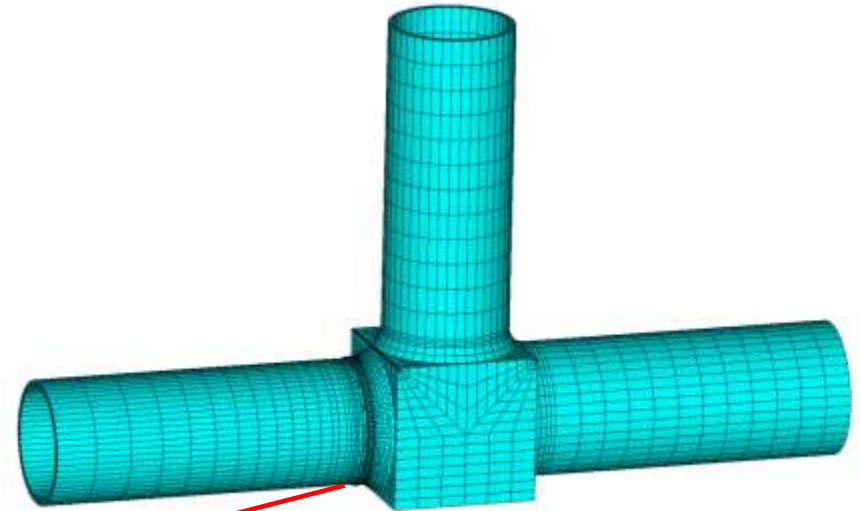
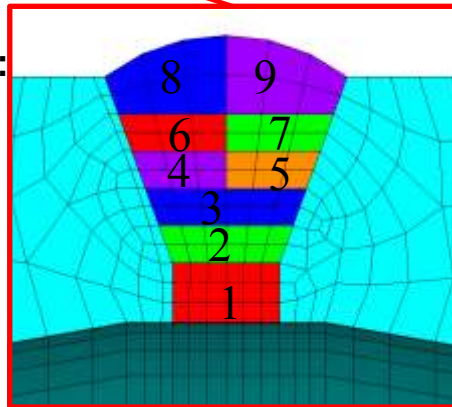
Расчет остаточных сварочных напряжений

Труба Ду300 - конусный переход

Труба Ду300 -тройник

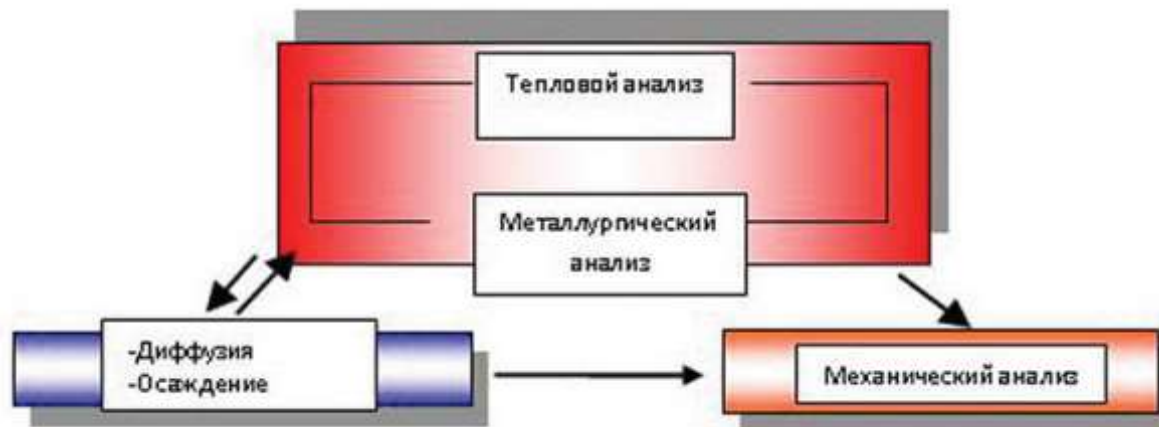


КЭ модель разделки:

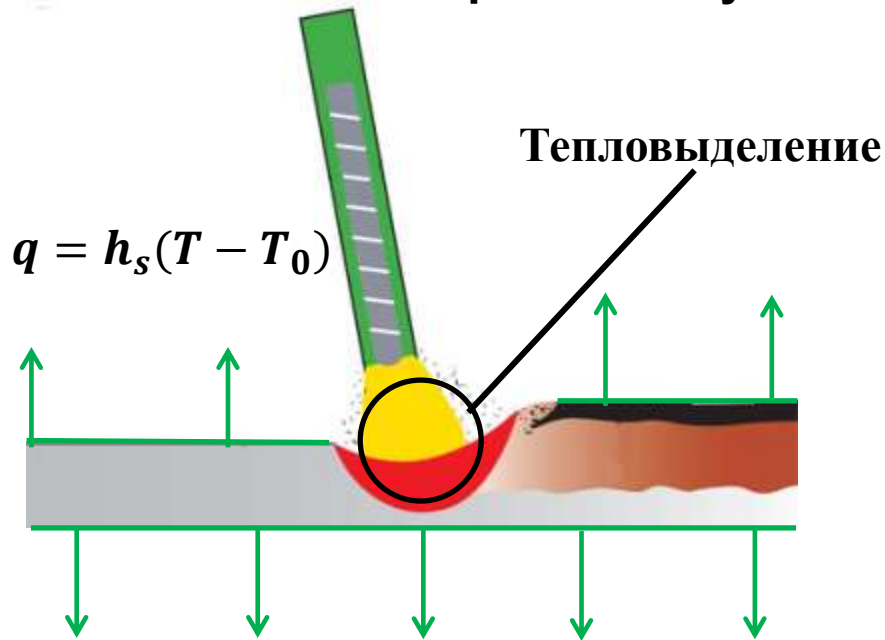


Материал:
аустенитная сталь
08X18H10T

Схема решения задачи по расчету остаточных напряжений



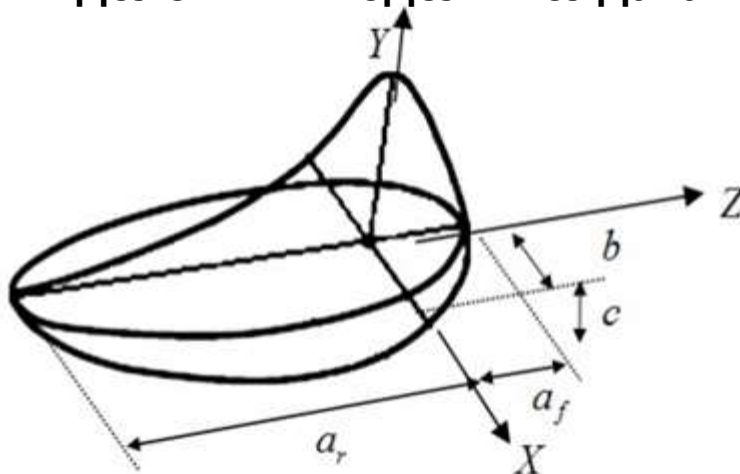
Граничные условия тепловой задачи



Параметры процесса сварки (РАДС)

№ прохода	Скорость сварки, мм/с	Погонная энергия, Дж/см
1-2	4	690
3-8	4	810

Модель источника объемного тепловыделения - модель Голдака:



Тепловыделение на участке a_f :

$$Q_f = \frac{6\sqrt{3}\eta Q_w f_f}{\pi\sqrt{\pi}a_f b c} \exp\left\{-3\left(\frac{z^2}{a_f^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{x^2}{c^2}\right)\right\}$$

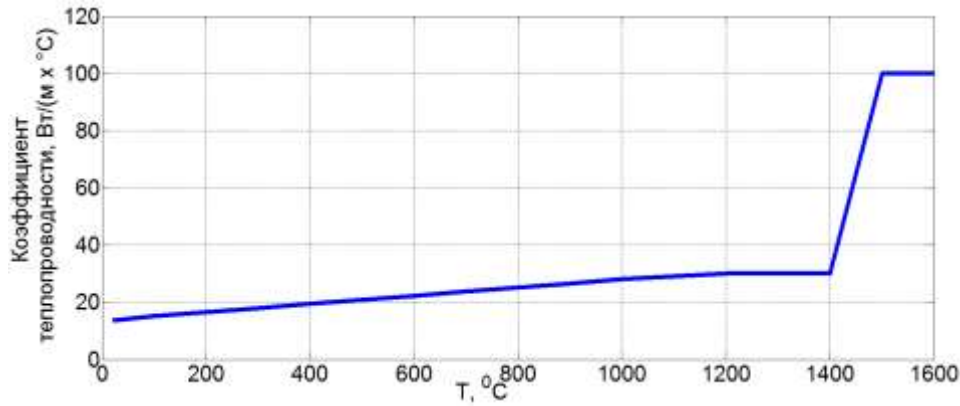
Тепловыделение на участке a_r :

$$Q_r = \frac{6\sqrt{3}\eta Q_w f_r}{\pi\sqrt{\pi}a_r b c} \exp\left\{-3\left(\frac{z^2}{a_r^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{x^2}{c^2}\right)\right\}$$

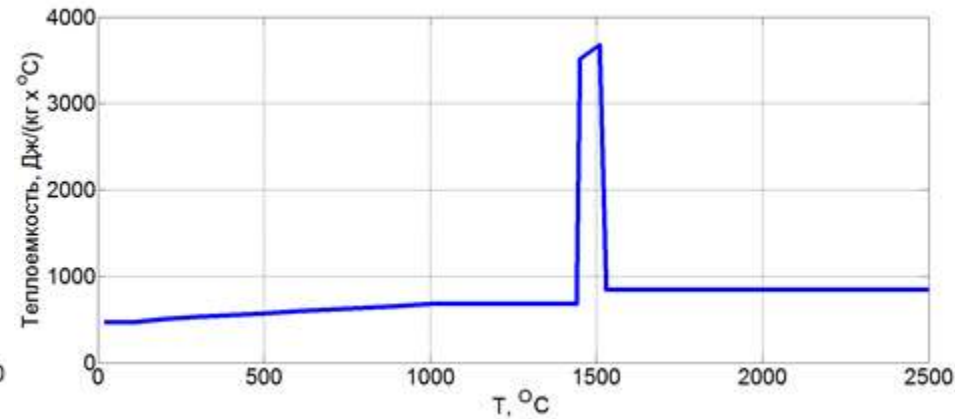


Теплофизические свойства стали 08Х18Н10Т

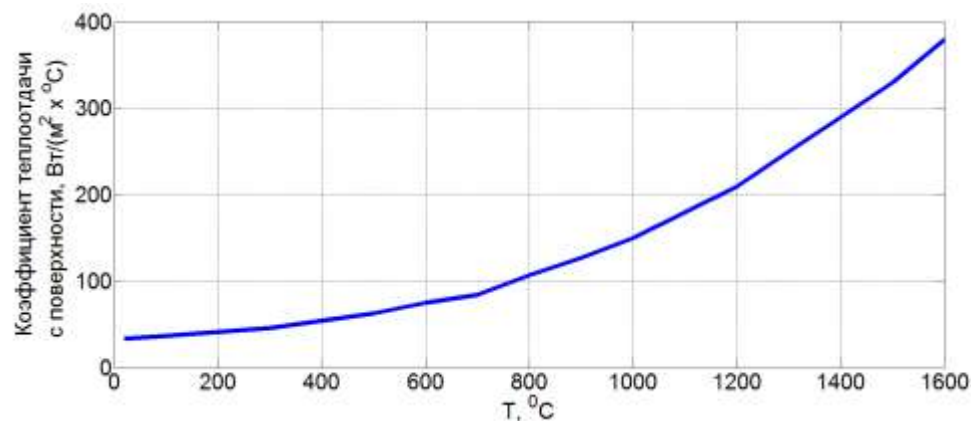
Коэффициент теплопроводности



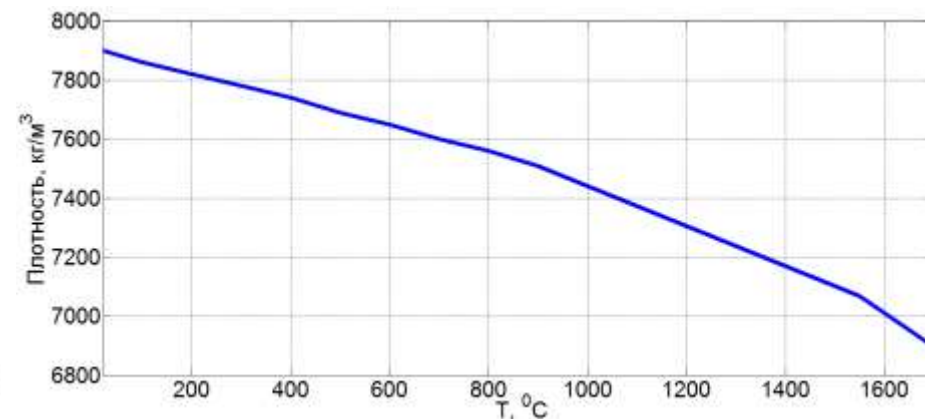
Теплоемкость



Коэффициент теплоотдачи с поверхности



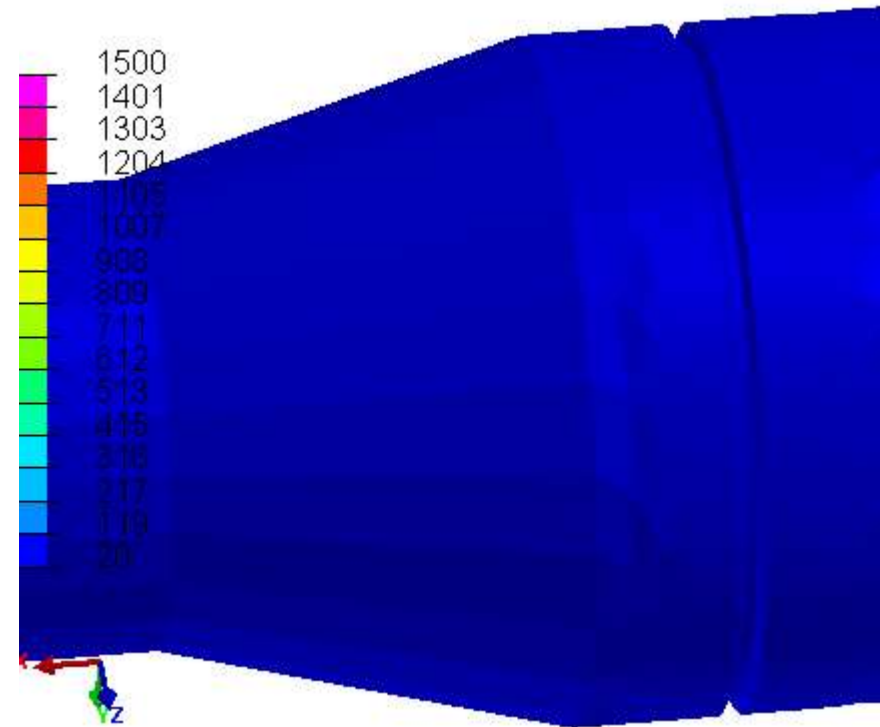
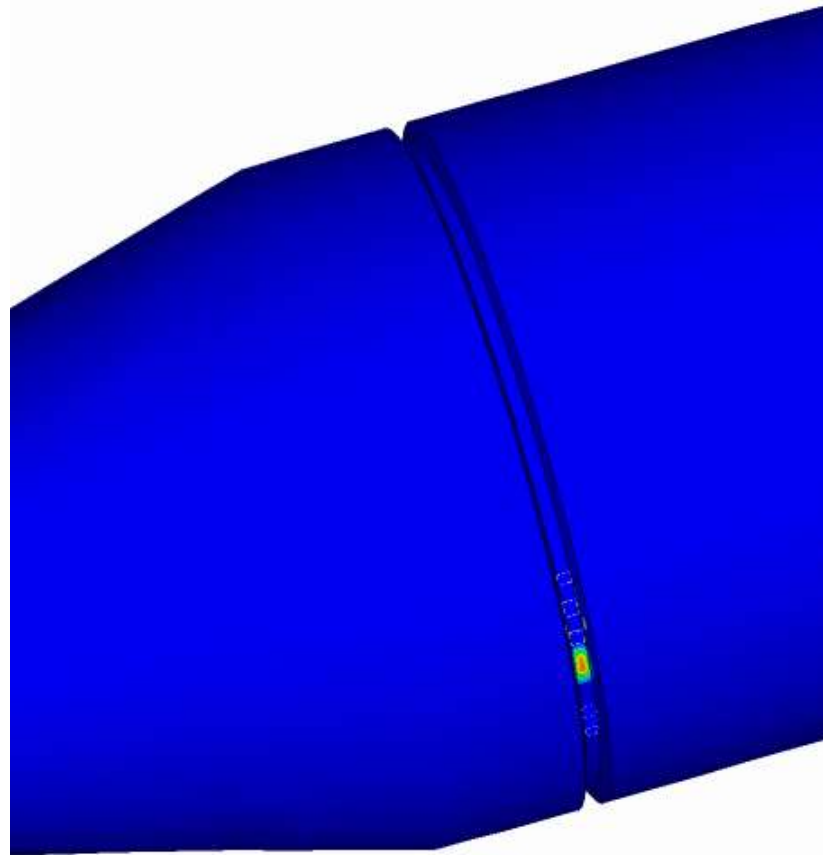
Плотность



Результаты решения тепловой задачи

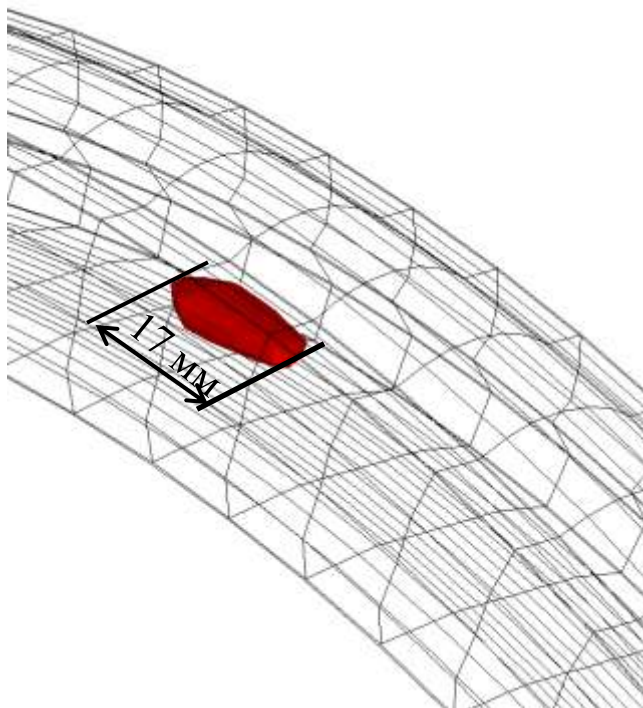
Тепловое поле при выполнении первого прохода:
ANSYS

SYSWELD

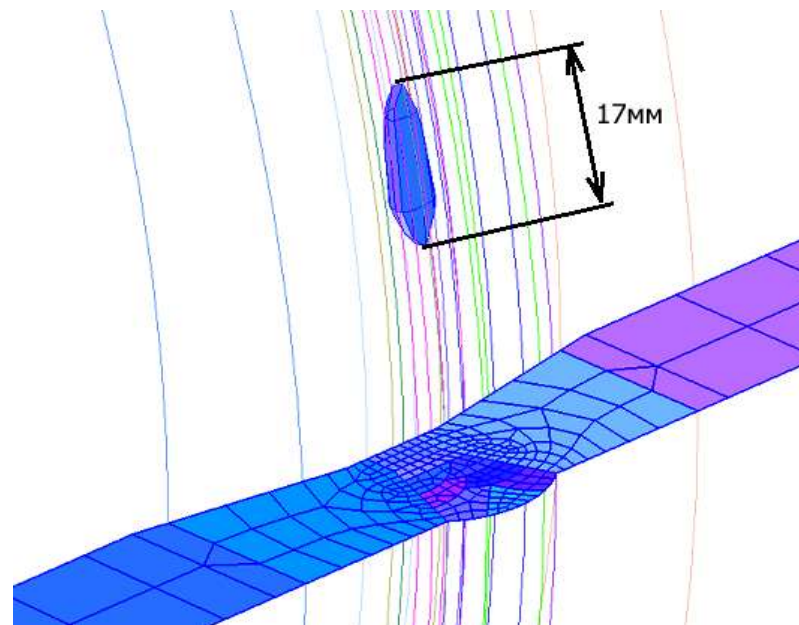


Вид ванны расплава

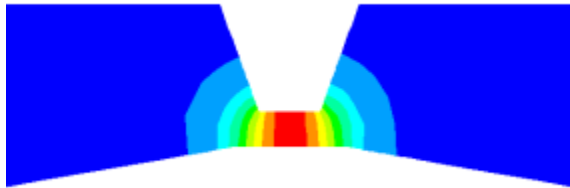
ANSYS



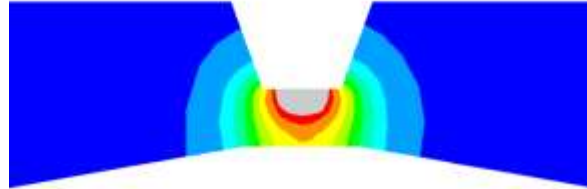
SYSWELD



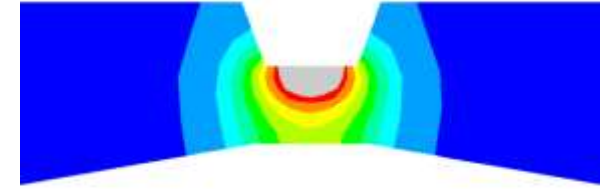
Характерные профили температурного поля в сечении при прохождении источника



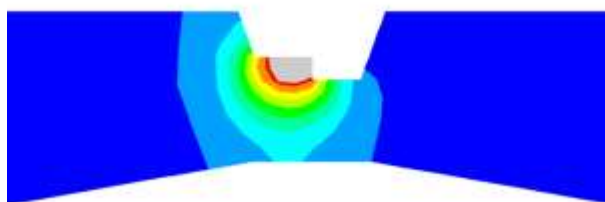
Сплавление



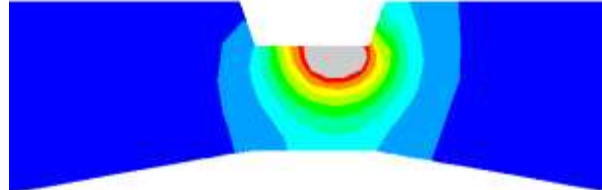
1-ый проход



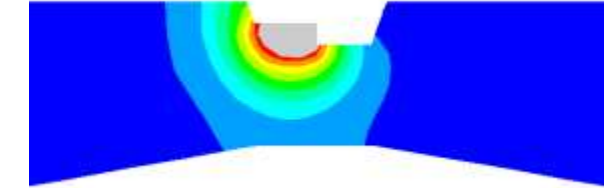
2-ой проход



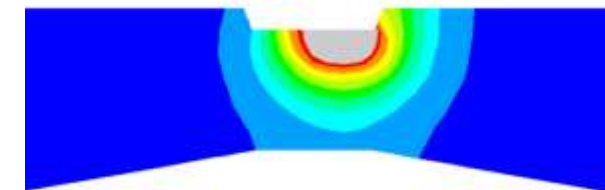
3-ий проход



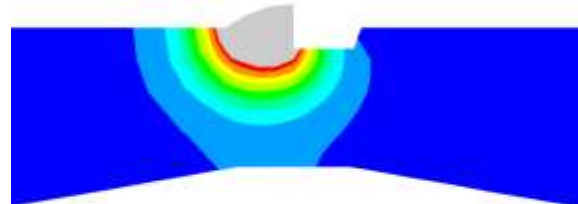
4-ый проход



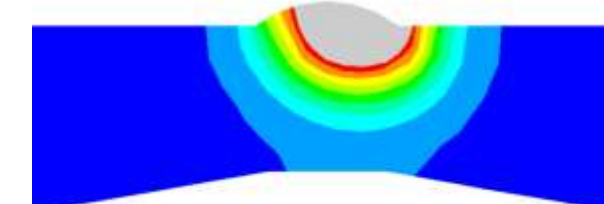
5-ый проход



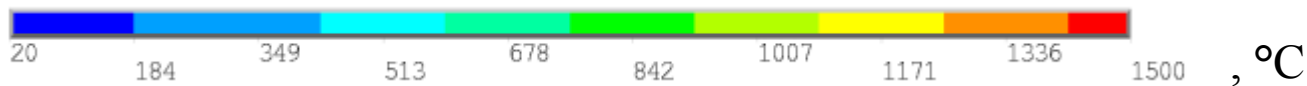
6-ой проход



7-ой проход



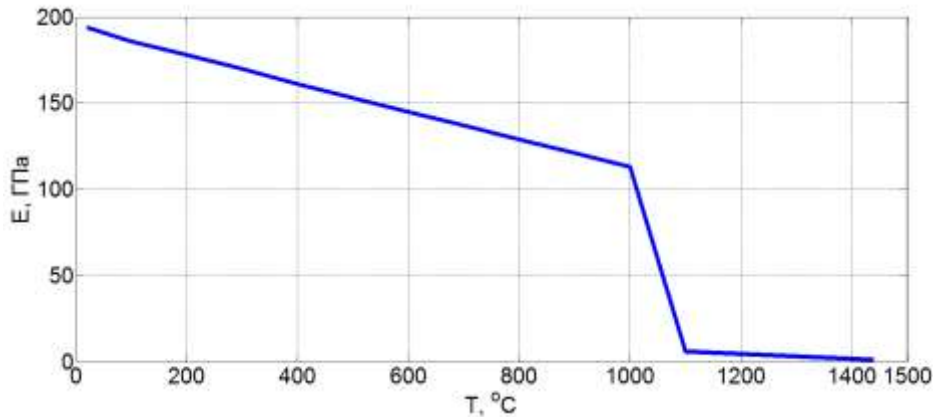
8-ой проход



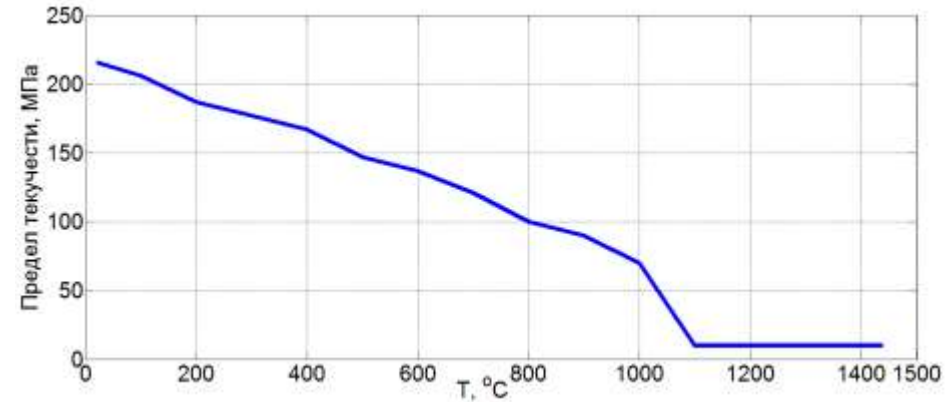
Решение прочностной задачи: механические свойства стали 08X18H10T

Использована билинейная модель с кинематическим упрочнением.

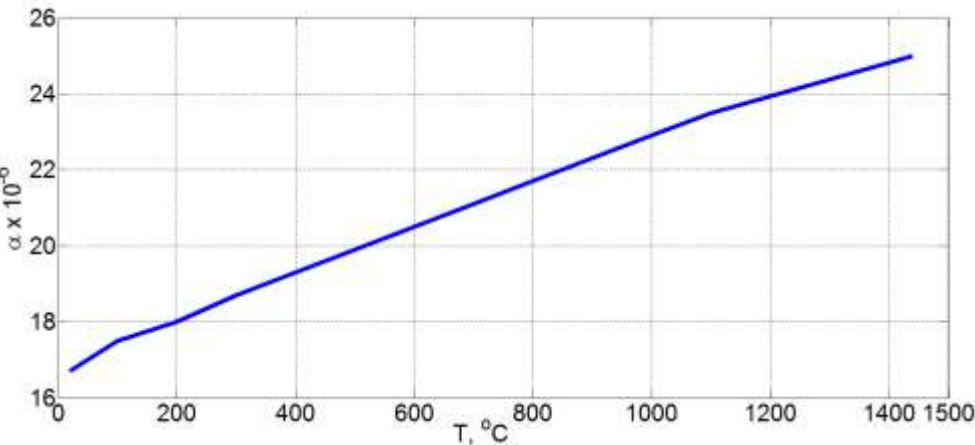
Модуль Юнга



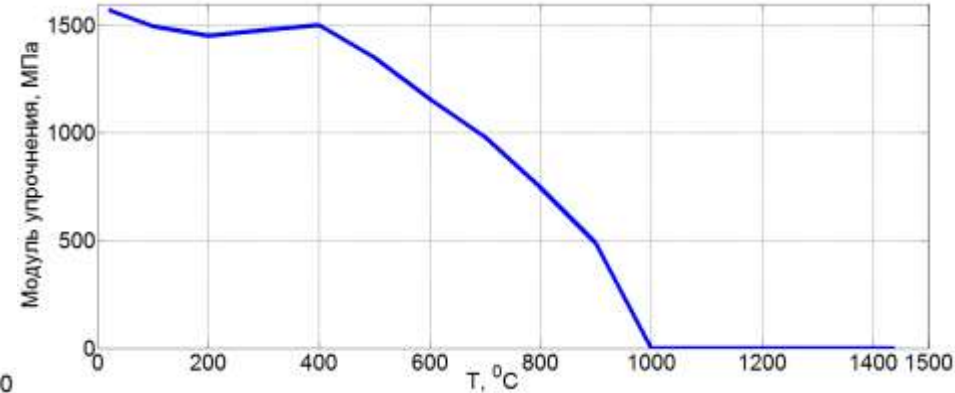
Предел текучести



Коэффициент линейного расширения

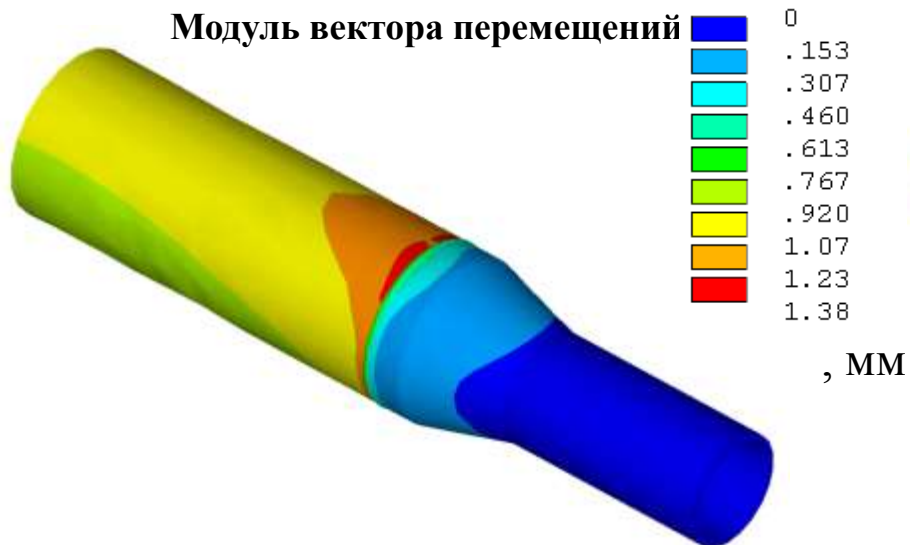


Модуль упрочнения

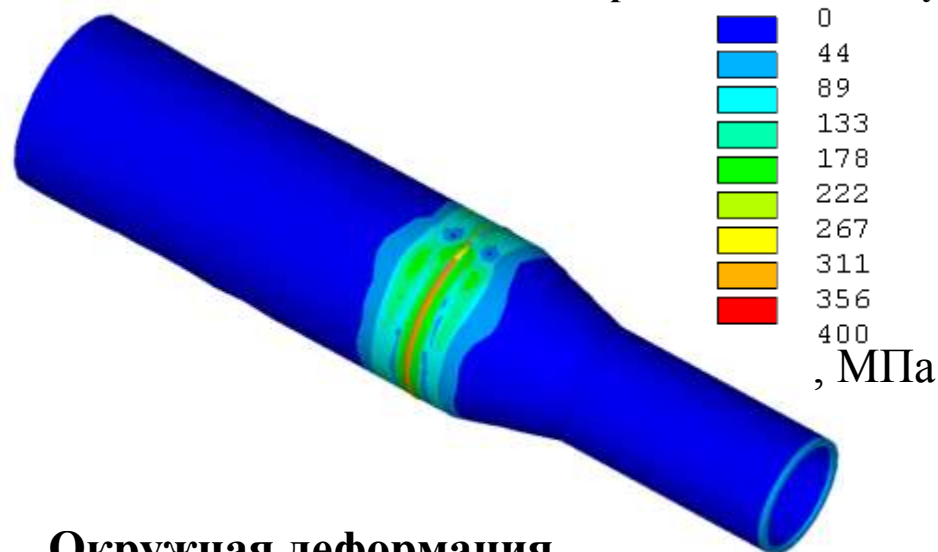




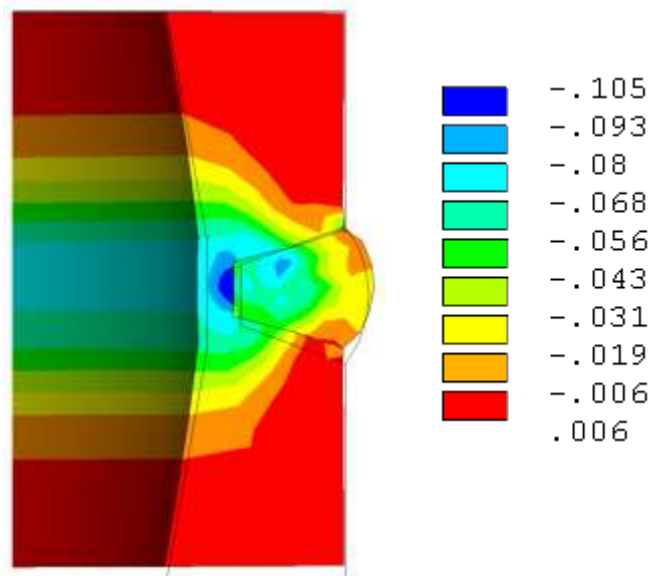
Модуль вектора перемещений



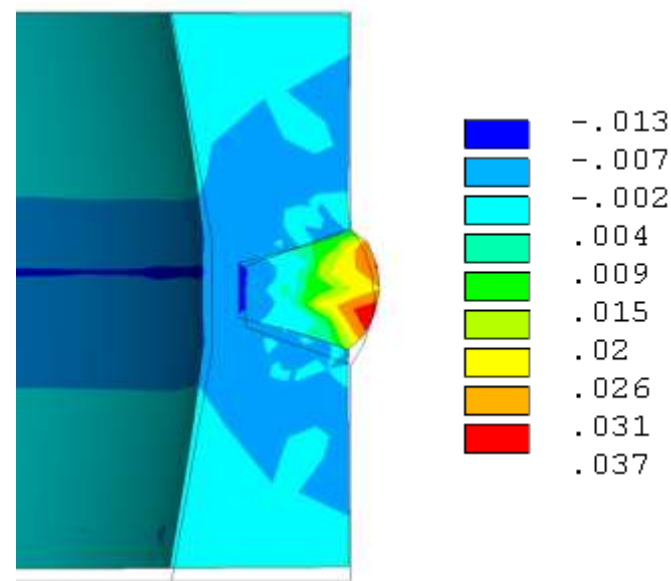
Эквивалентные остаточные напряжения по Мизесу



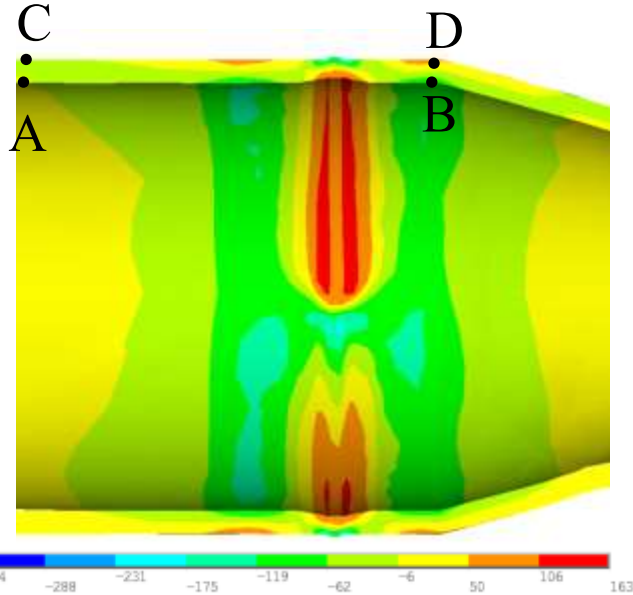
Осевая деформация



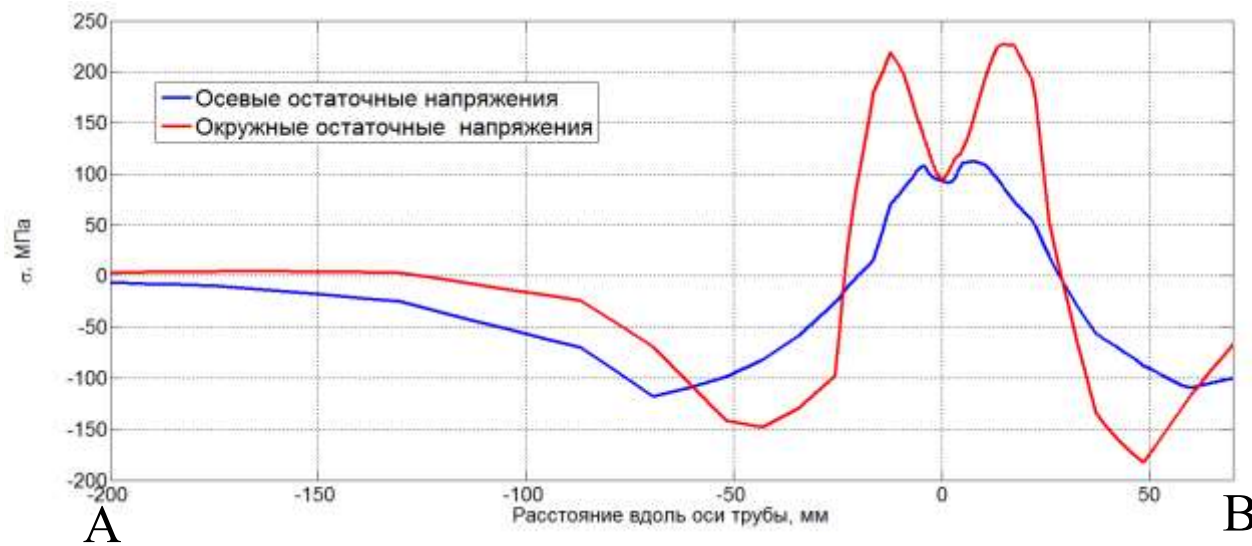
Окружная деформация



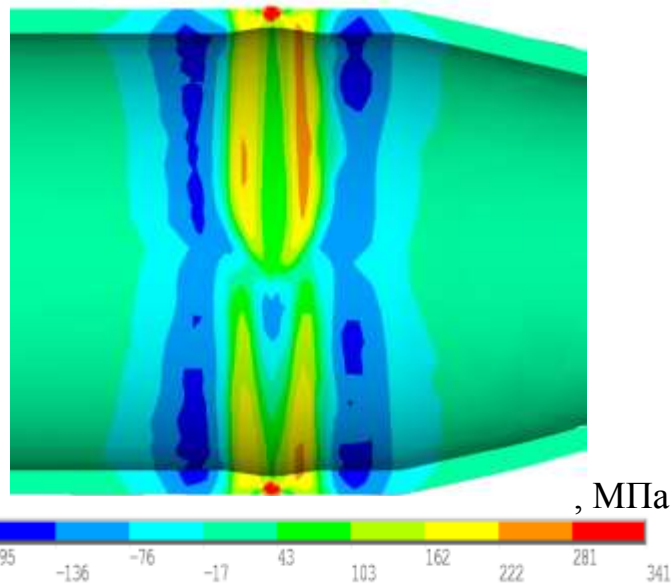
Осевые остаточные напряжения



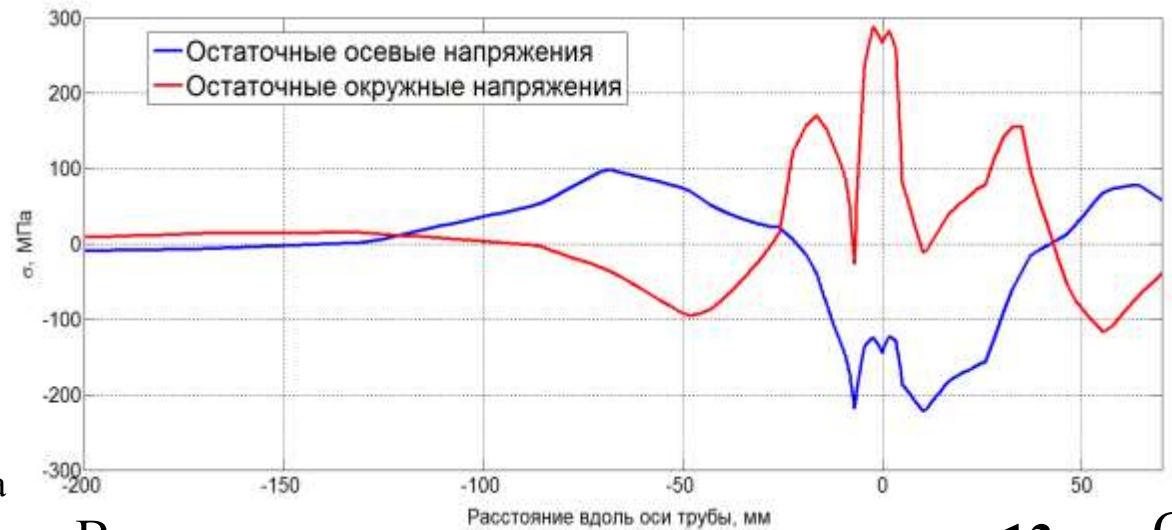
На внутренней поверхности



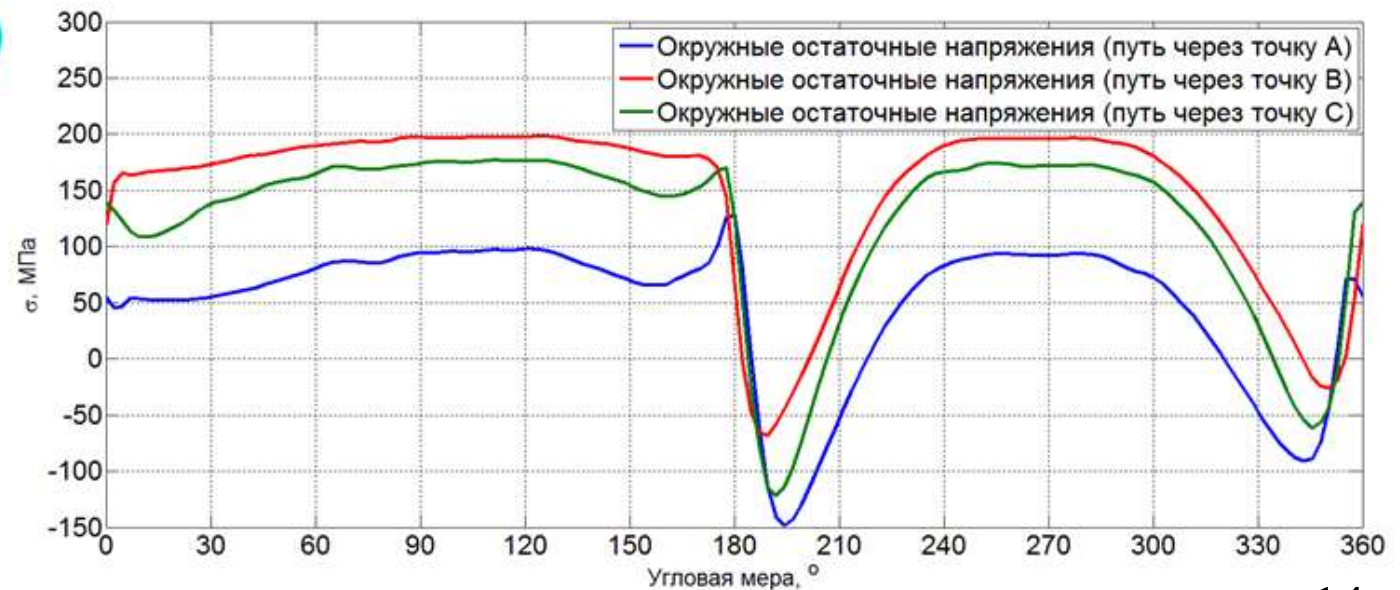
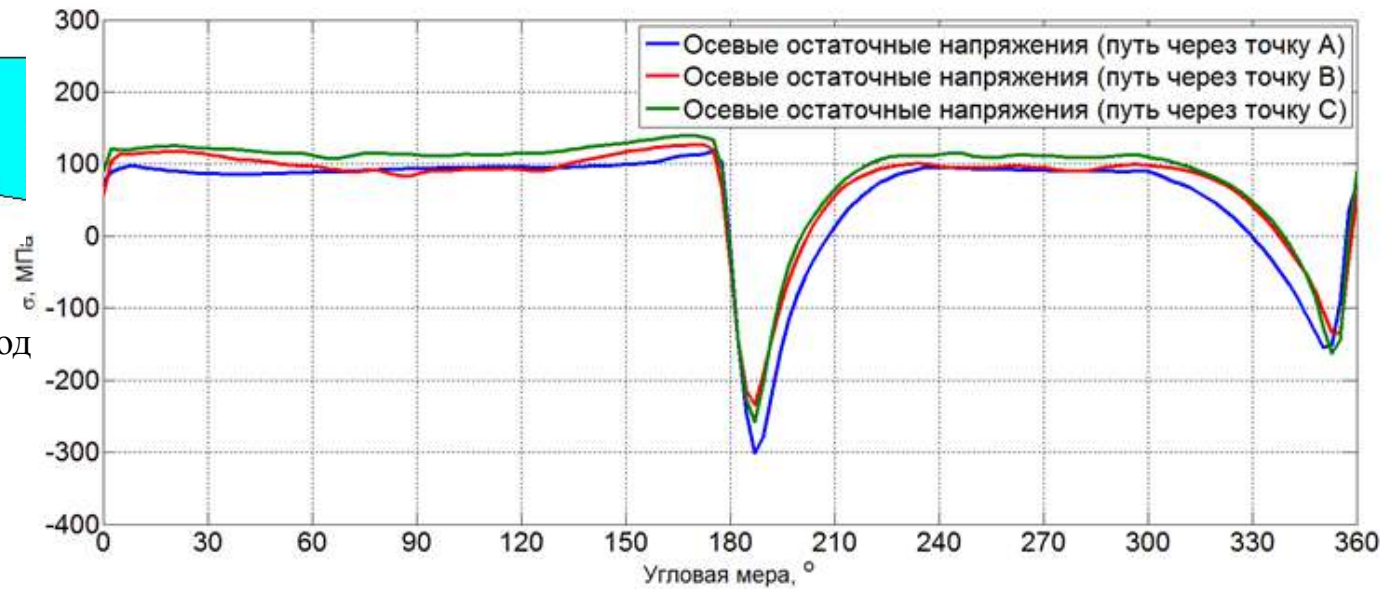
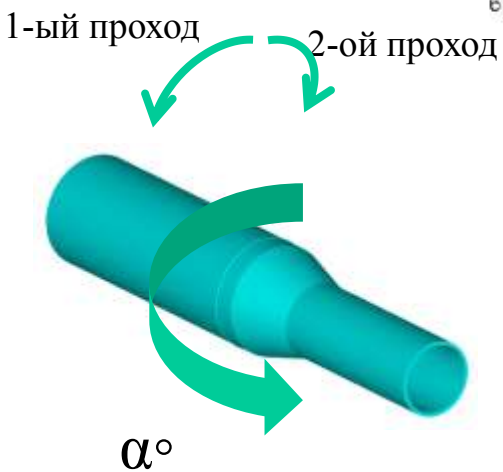
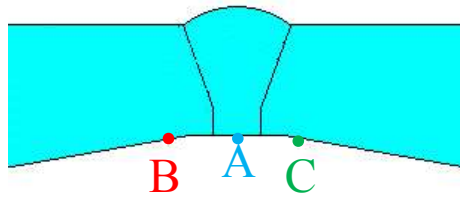
Окружные остаточные напряжения , МПа



На внешней поверхности

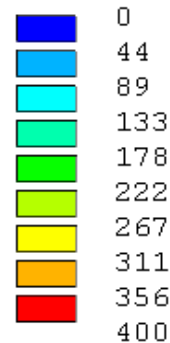
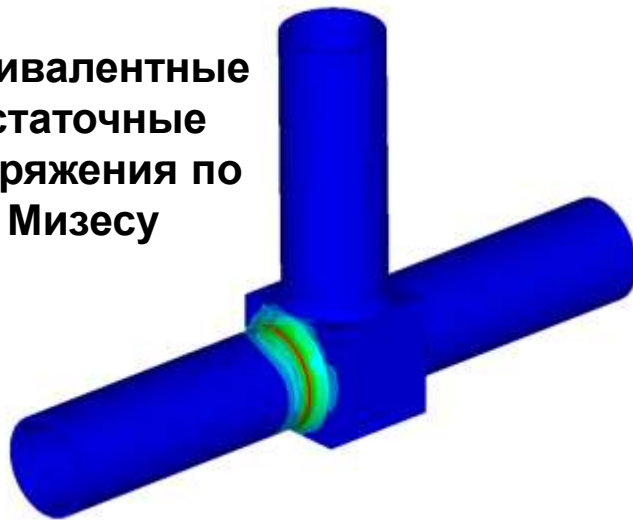


Анализ распределения напряжений

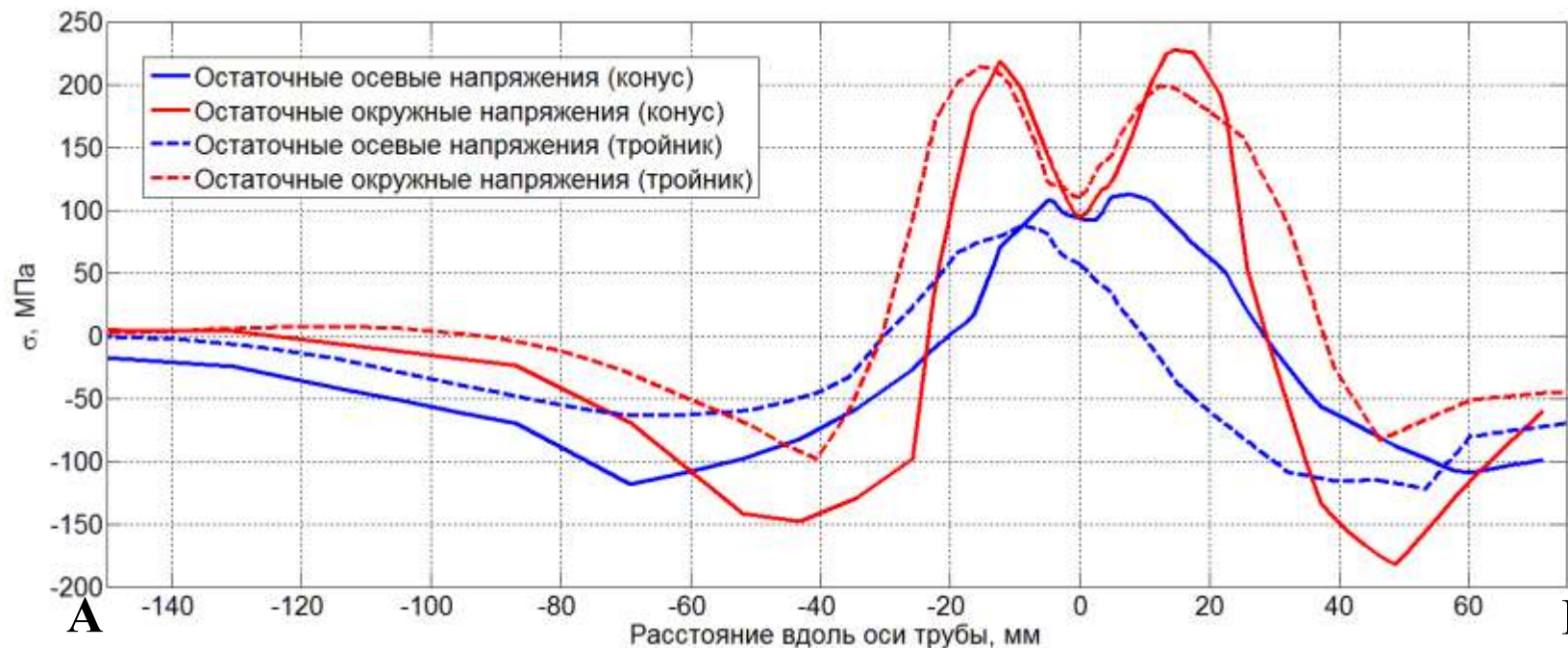
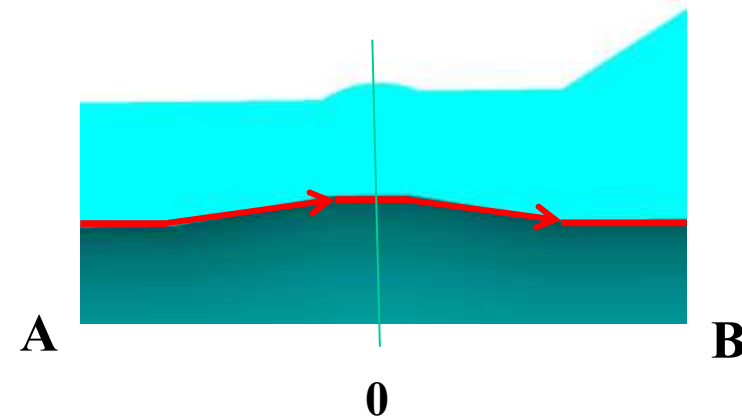


Остаточные напряжения в СС труба-тройник

Эквивалентные
остаточные
напряжения по
Мизесу



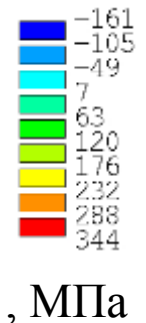
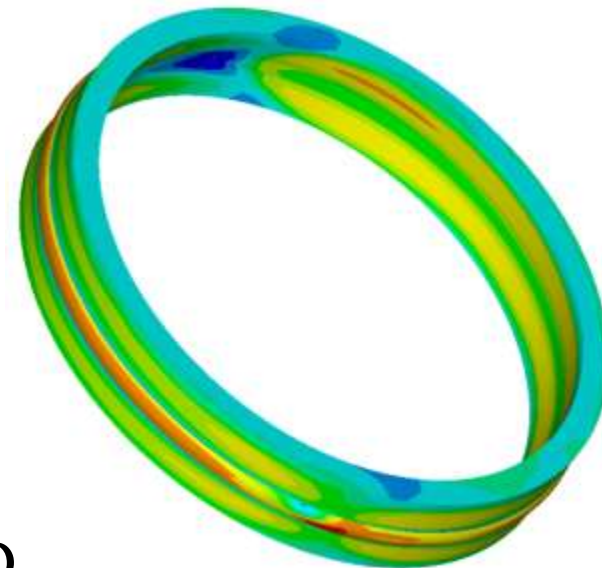
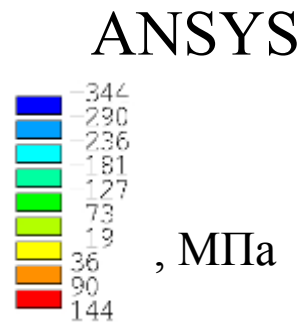
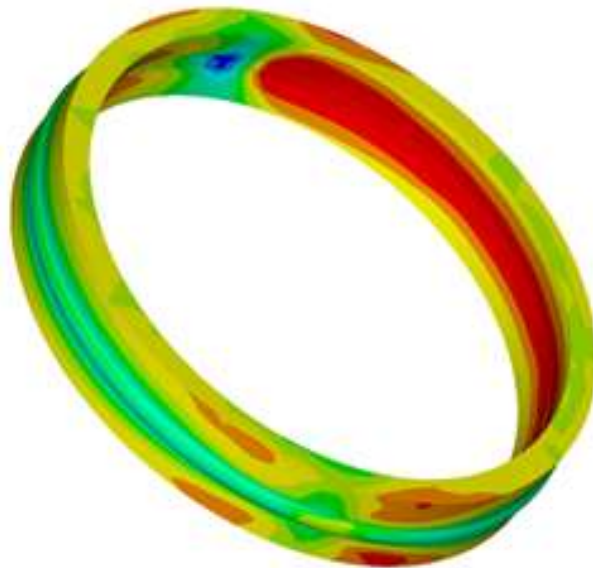
, МПа



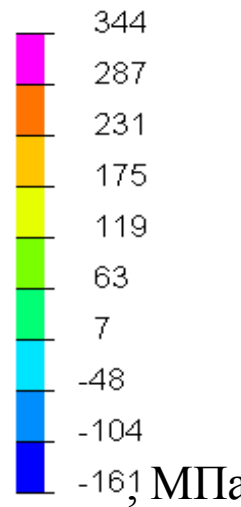
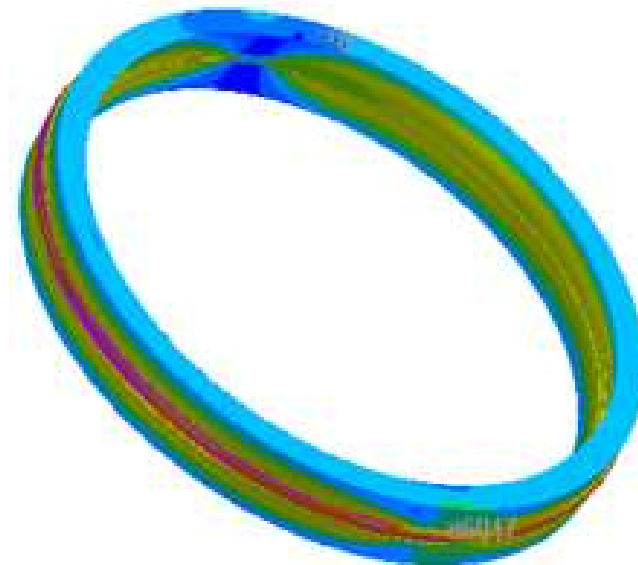
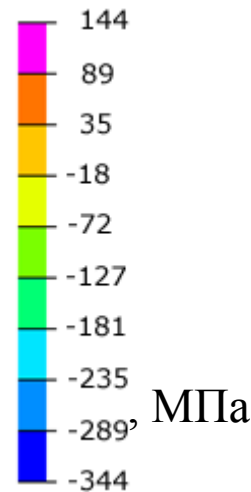
Сравнение результатов ANSYS и SYSWELD

Осевые напряжения:

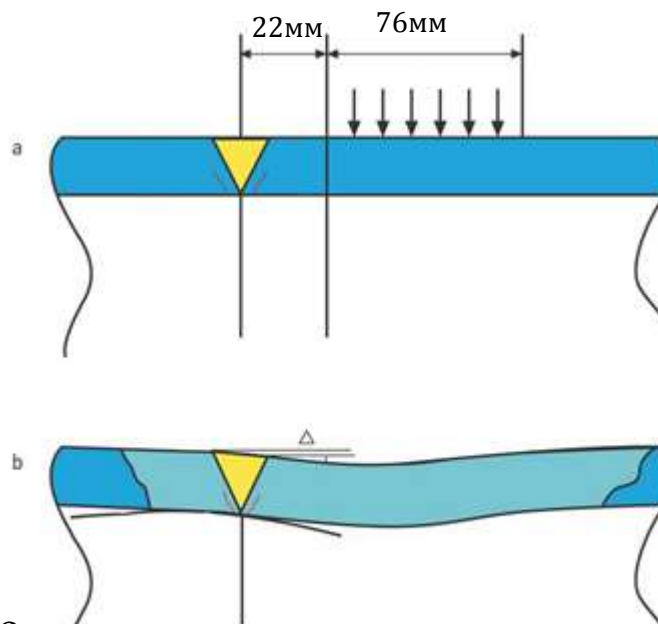
Окружные напряжения:



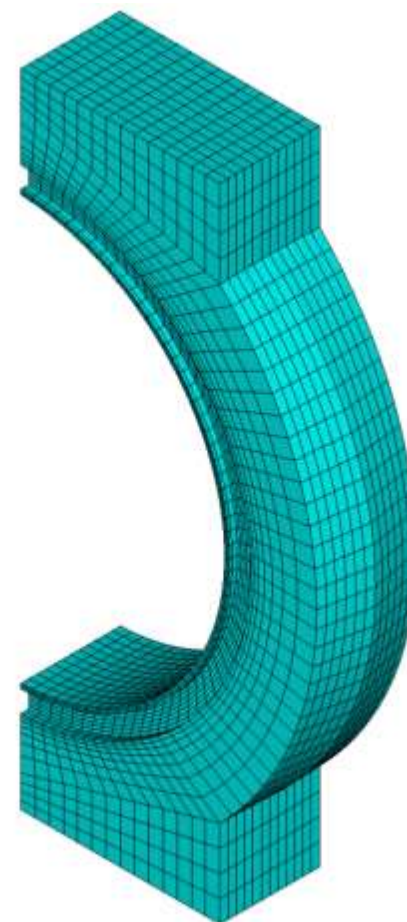
SYSWELD



Результаты применения технологии MSIP



Изменение вогнутости в зоне
сварного шва - причина
возникновения сжимающих
напряжений

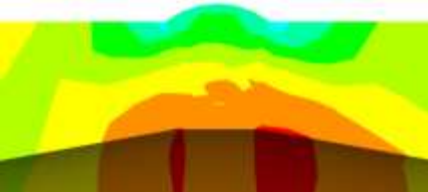


КЭ модель
зажимного
кольца

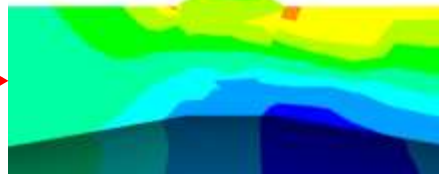
Основные параметры процесса
обжатия:

- Расстояние от края кольца до середины сварного шва
- Ширина зоны обжатия
- Величина остаточной деформации

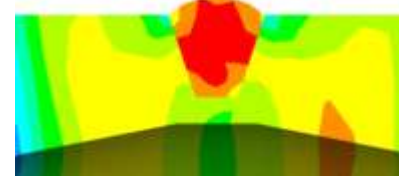
Осевые остаточные напряжения После сварки



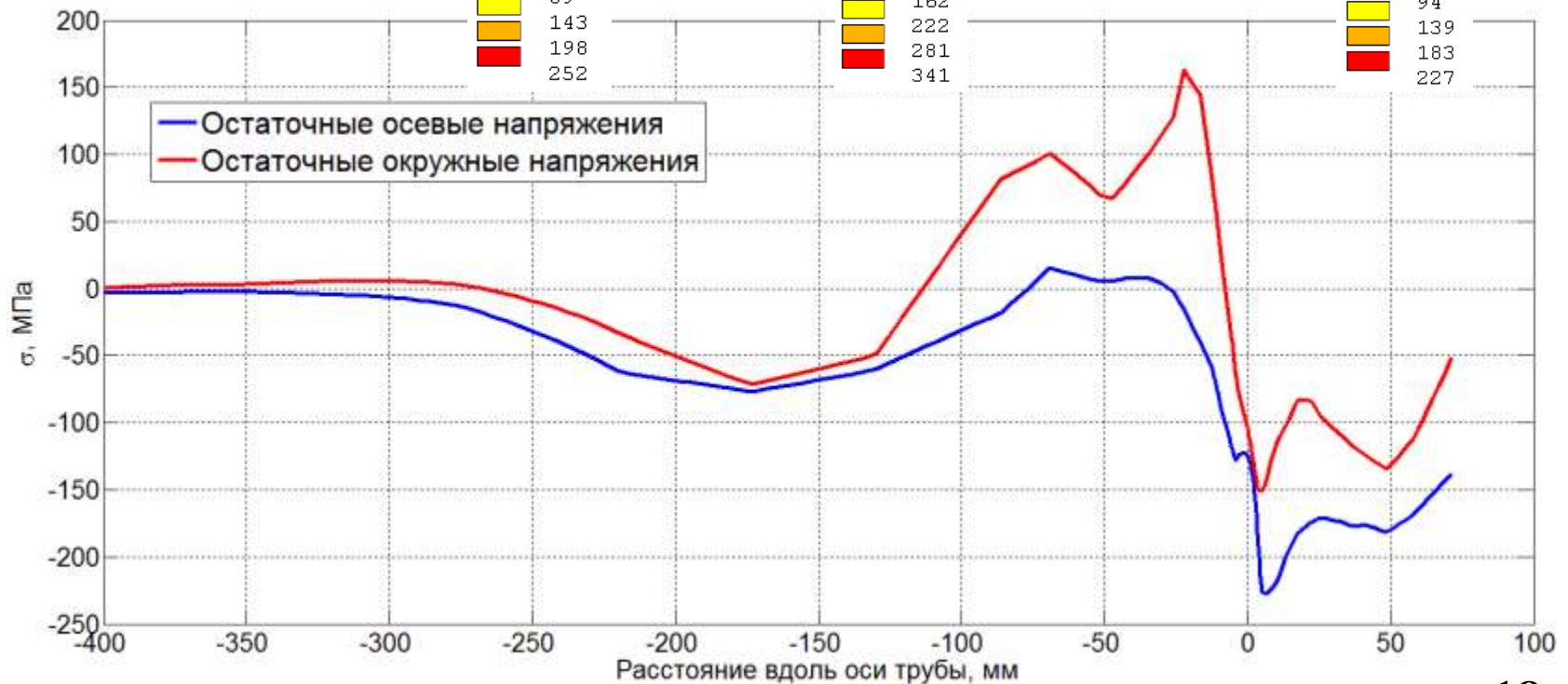
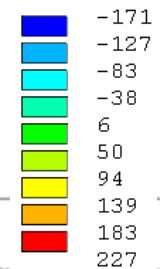
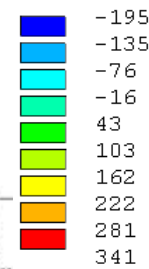
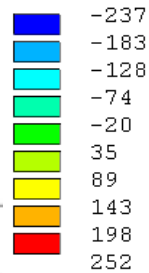
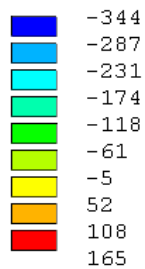
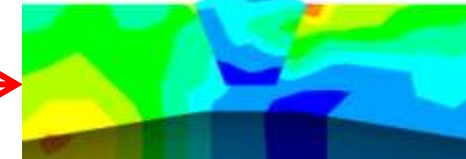
После обжатия



Окружные остаточные напряжения После сварки

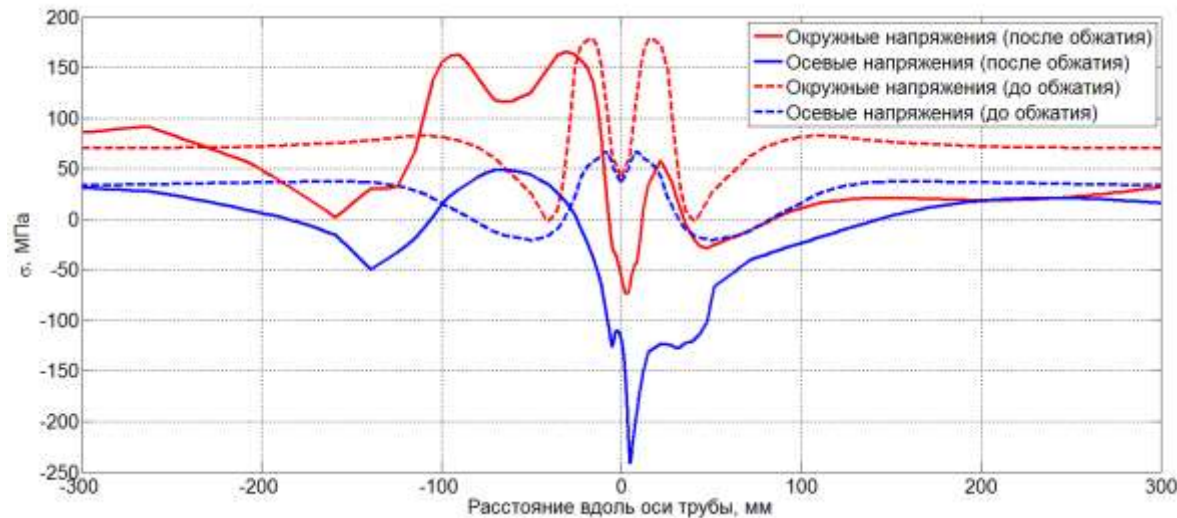


После обжатия

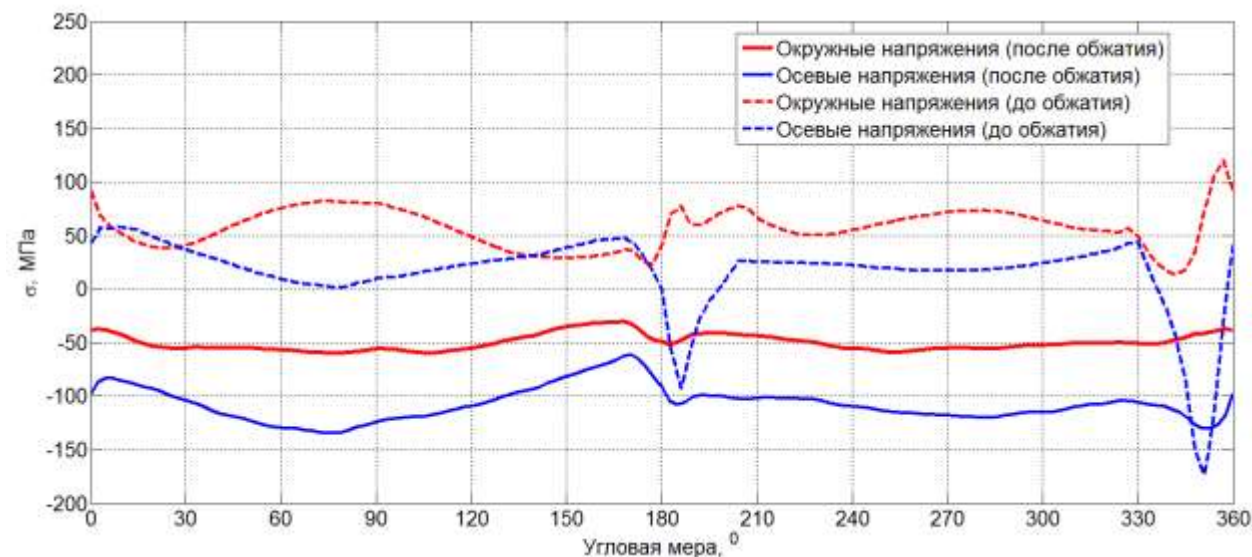


Результаты применения технологии MSIP: НДС при эксплуатационном нагружении

На внутренней поверхности сварного соединения



В окружном направлении на внутренней поверхности





Выводы:

1. Получено распределение остаточных сварочных напряжения в многопроходном шве в пространственной постановке
2. На внутренней поверхности сварного шва действуют растягивающие остаточные сварочные напряжения
3. Технология обжата обеспечивает формирование поля сжимающих остаточных напряжений на внутренней поверхности сварного шва
4. Проведено сравнение НДС обжатого и необжатого сварного соединения с учетом эксплуатационного нагружения

