МИСИС
УНИВЕРСИТЕТ

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ РОССИИ

НАУКА
И УНИВЕРСИТЕТЫ

Новые марки сталей для производства бесшовных труб

Александр Комиссаров
К.т.н., заведующий лабораторией

Место проведения: ИТ-Сервис, г. Самара

Дата проведения: 2-4 сентября 2024 г.

Марка стали повышенной коррозионной стойкости для сварных труб

МИСИС УНИВЕРСИТЕТ
ГИБРИДНЫЕ НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ РОССИИ
НАУКА И УНИВЕРСИТЕТЫ



01 Язвенная короозия



02 Язвенно-канавочная



03 Канавочная коррозия

Линейка продуктов «Cordis»



01

Вид продукции

Труба прямошовная, классы прочности К48 – К60 (Х52 – Х70)

02

Сортамент продукции

ТМСД (диаметр 114 – 427 мм, толщина стенки 6 – 12 мм),
ТБД (диаметр 508 – 1220 мм, толщина стенки 10 – 34 мм)

03

Хладостойкость

Значения ударной вязкости KCV^{-60} более 250 Дж/см^2

04

Эксплуатационные показатели

Срок эксплуатации труб увеличится в 1,5-2 раза относительно марок сталей предшествующего поколения

Огнестойкая сталь С390П



ТК «Зимняя вишня», г. Кемерово (2018 г)
65 погибших



Небоскрёб 42 этажа, г. Чанша (2022 г)
0 погибших

ФЗ 123

Технический регламент о требованиях пожарной безопасности

ГОСТ 27772-2015

Прокат для строительных стальных конструкций

С355П

В действующей нормативной документации в РФ упоминается лишь одна марка огнестойкой стали 06МБФ

ЦНИИСК им В.А. Кучеренко

1) Соловьев Д.В «Исследование огнестойкости балок из новых сталей», 2007

2) Муратов А.Н «Разработка и освоение промышленного производства проката из огнестойкой стали для строительных конструкций», 2007

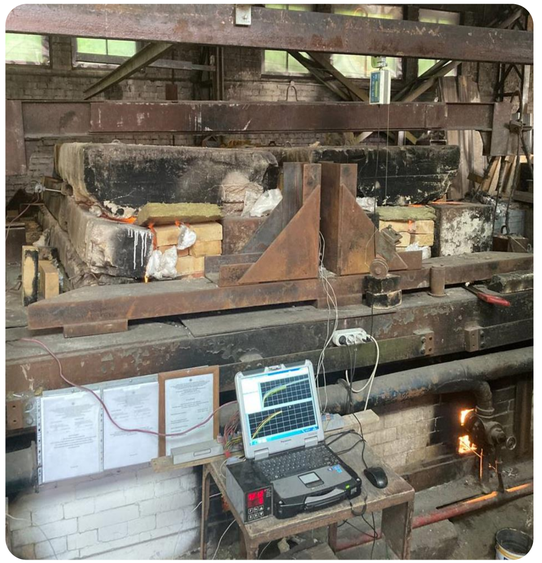
Огнестойкая сталь

МИСИС УНИВЕРСИТЕТ
ГИБРИДНЫЕ НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ РОССИИ
НАУКА И УНИВЕРСИТЕТЫ

Марка стали	Нагрузка, кг	Время до потери несущей способности, мин	Температуры потери несущей способности, °С
Ст3сп (С255)	3887	14 – 15	469/498
09Г2С (С355)	5886	17 – 18	525/540
06МБФ (С355П)	5886	27 – 28	683/691
С390П	**6593**	**24 – 31**	**693/704**



Подача воздушно-керосиновой смеси



Замер прогиба балки



Вид балки после испытания

Бесшовные трубы, 218 ПП РФ

МИСИС УНИВЕРСИТЕТ
ГИБРИДНЫЕ НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ РОССИИ
НАУКА И УНИВЕРСИТЕТЫ

Назначение продукции высокотехнологичного производства

2023

Нефтегазопроводные и нарезные бесшовные трубы повышенной коррозионностойкости и хладостойкости

2024

Нефтегазопроводные и нарезные бесшовные трубы повышенной коррозионностойкости

2025

Коррозионностойкие бесшовные трубы

CrOMK/0-1

Содержание хрома: не более 1%

Остальные легирующие элементы: не более 2,5%

ТП-1

CrOMK/1-9 и CrOMK/10-18

Содержание хрома: 1-9% и 10-18%

Остальные легирующие элементы: не более 8%

ТП-2

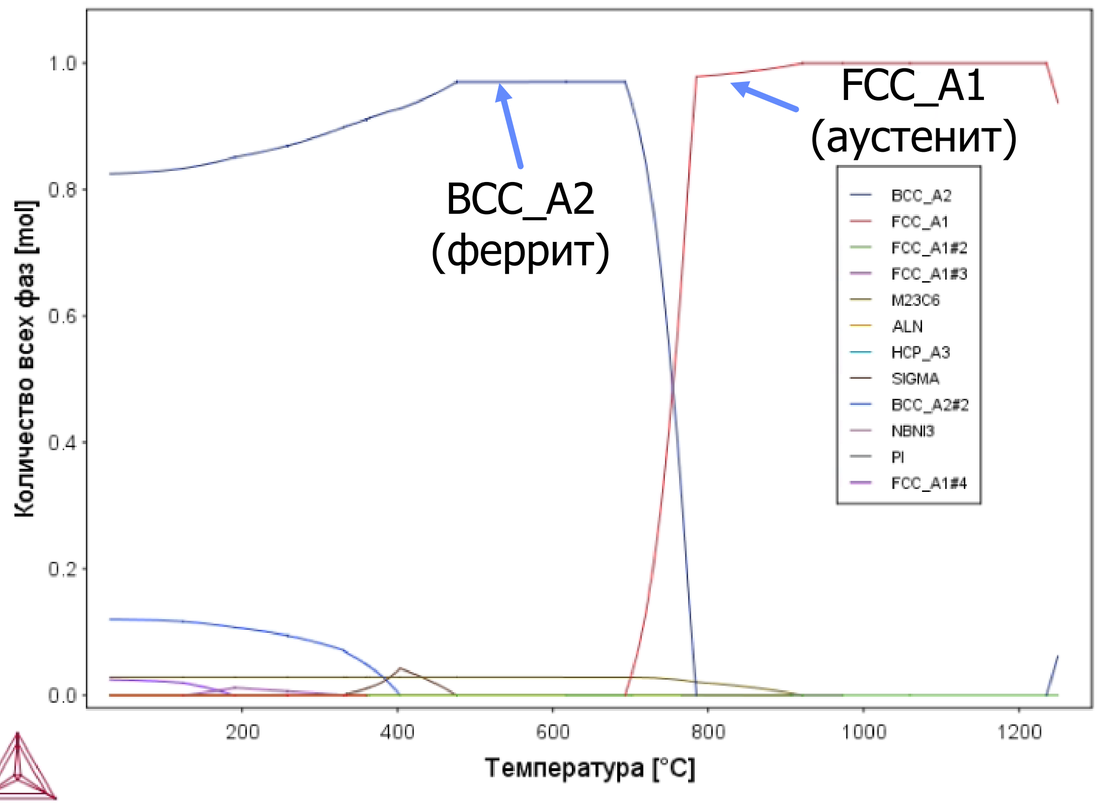
CrOMK/16-20

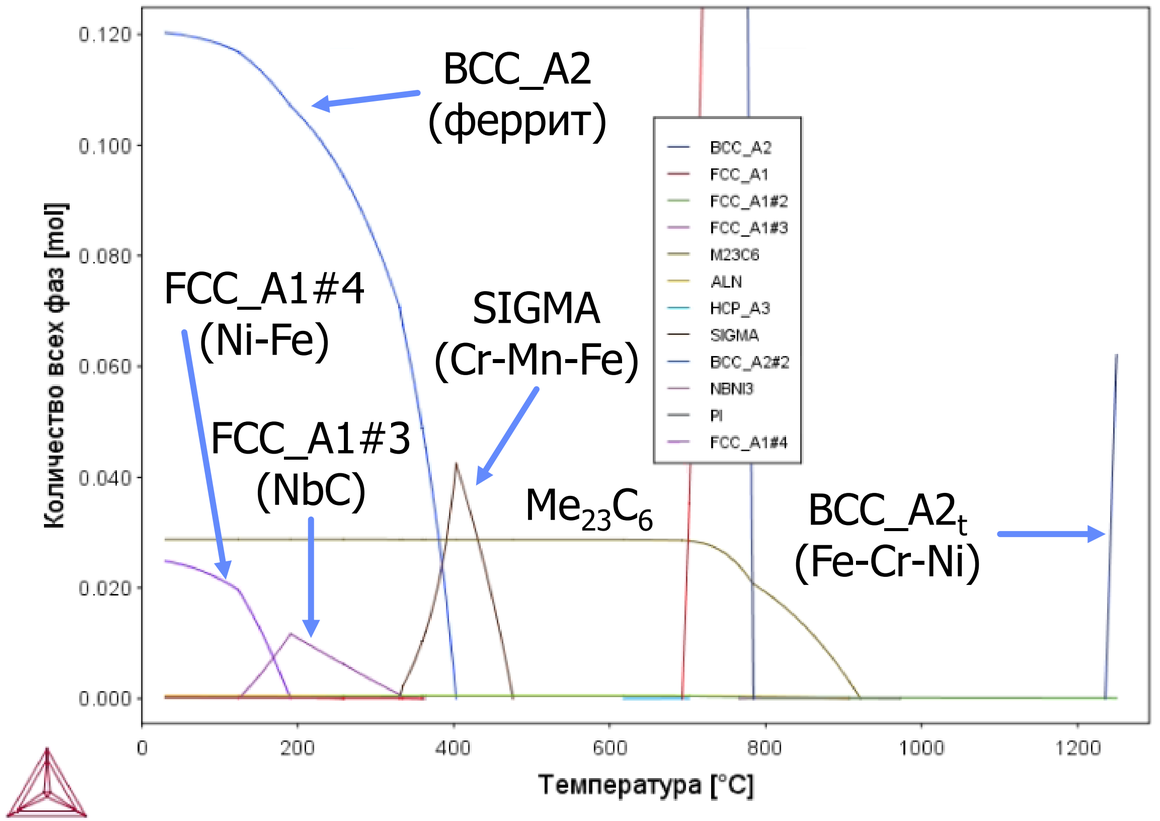
Содержание хрома: не более 16-20%

Остальные легирующие элементы: не более 15%

ТП-3

Термодинамическое моделирование процессов в Thermo-Calc

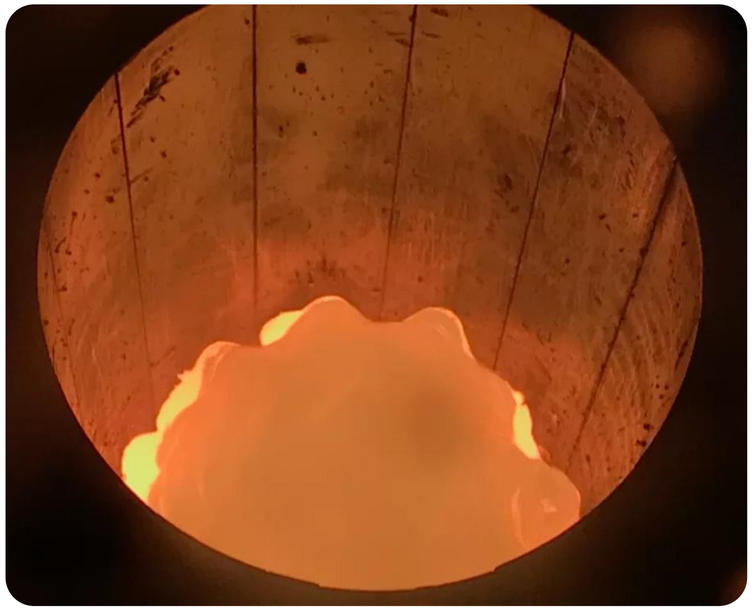


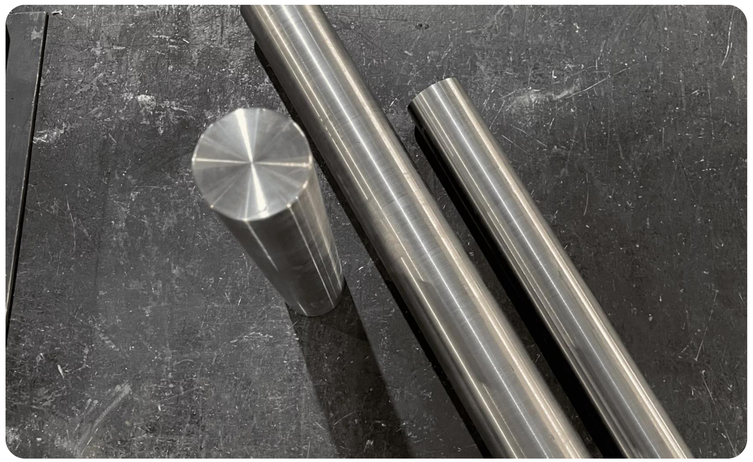


Пример расчета термодинамического моделирования для стали 15Х13Н2

Выплавка









Физическое моделирование



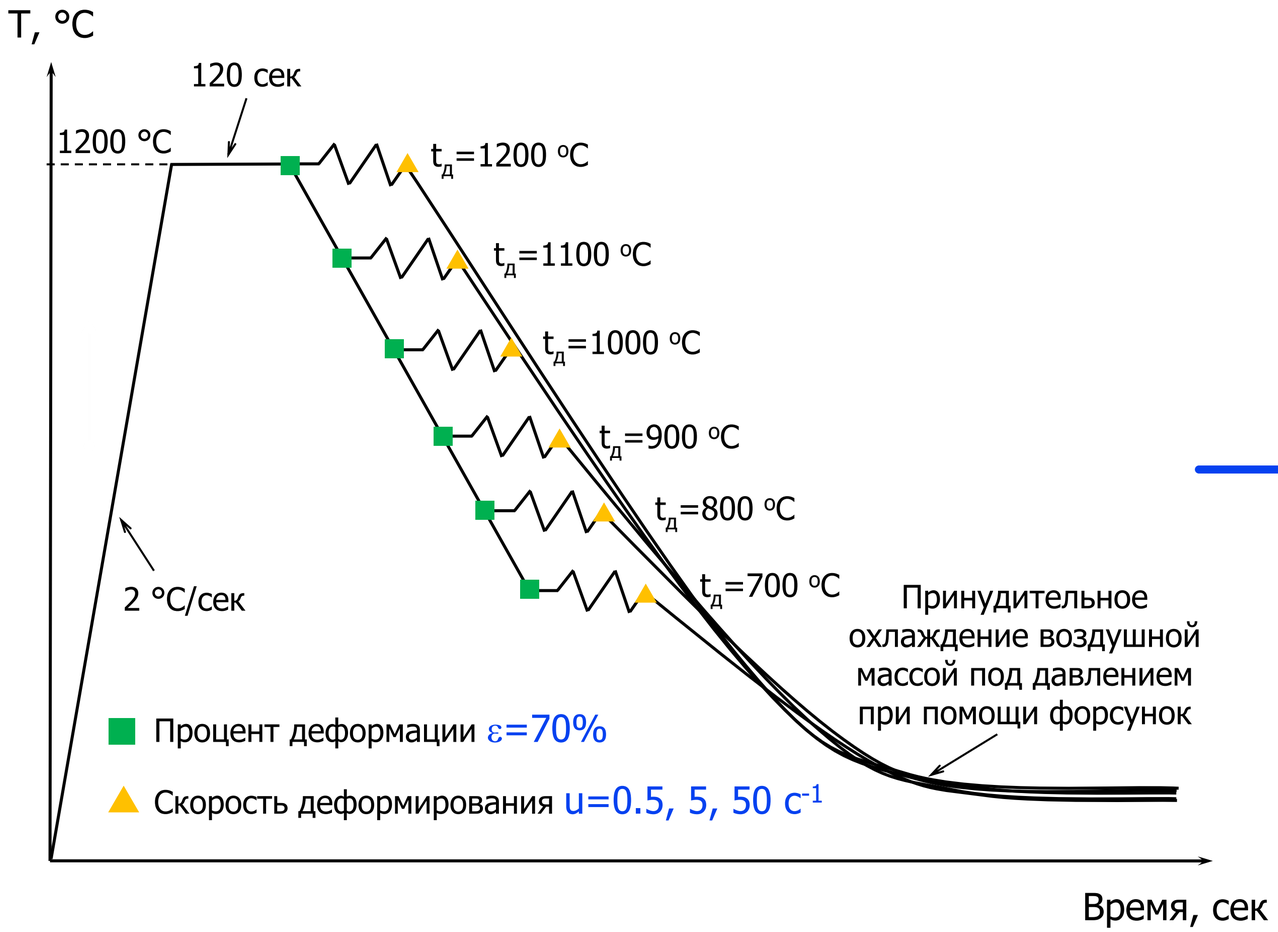


Установка Gleeble-3800

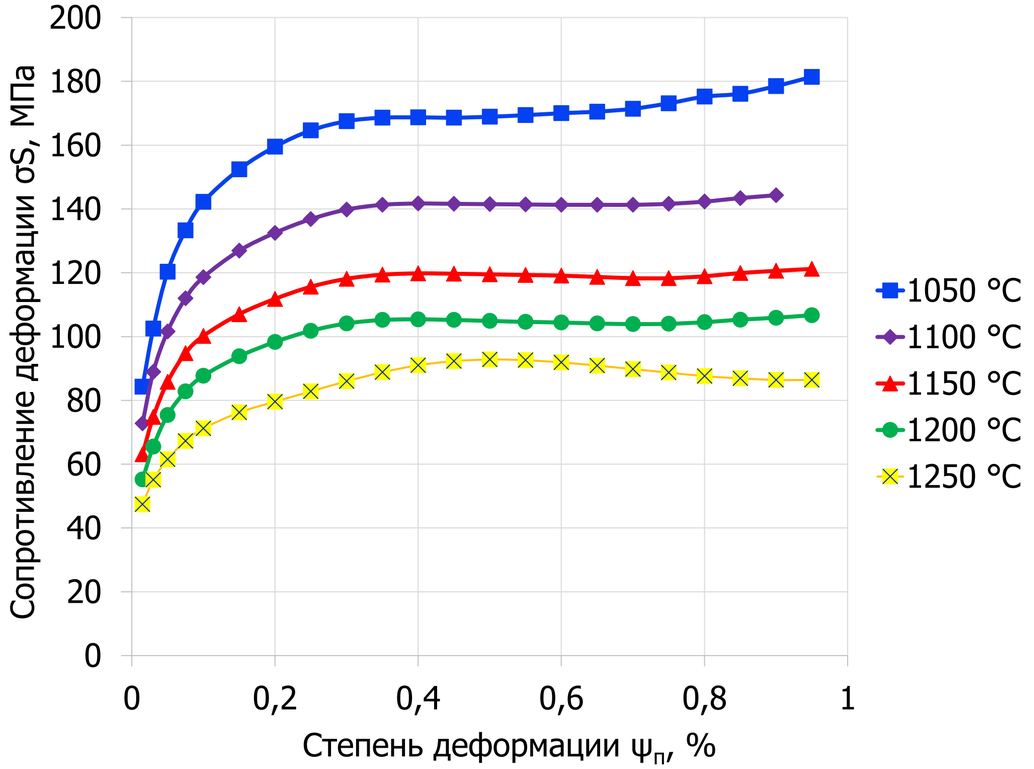


Виды образцов

Физическое моделирование

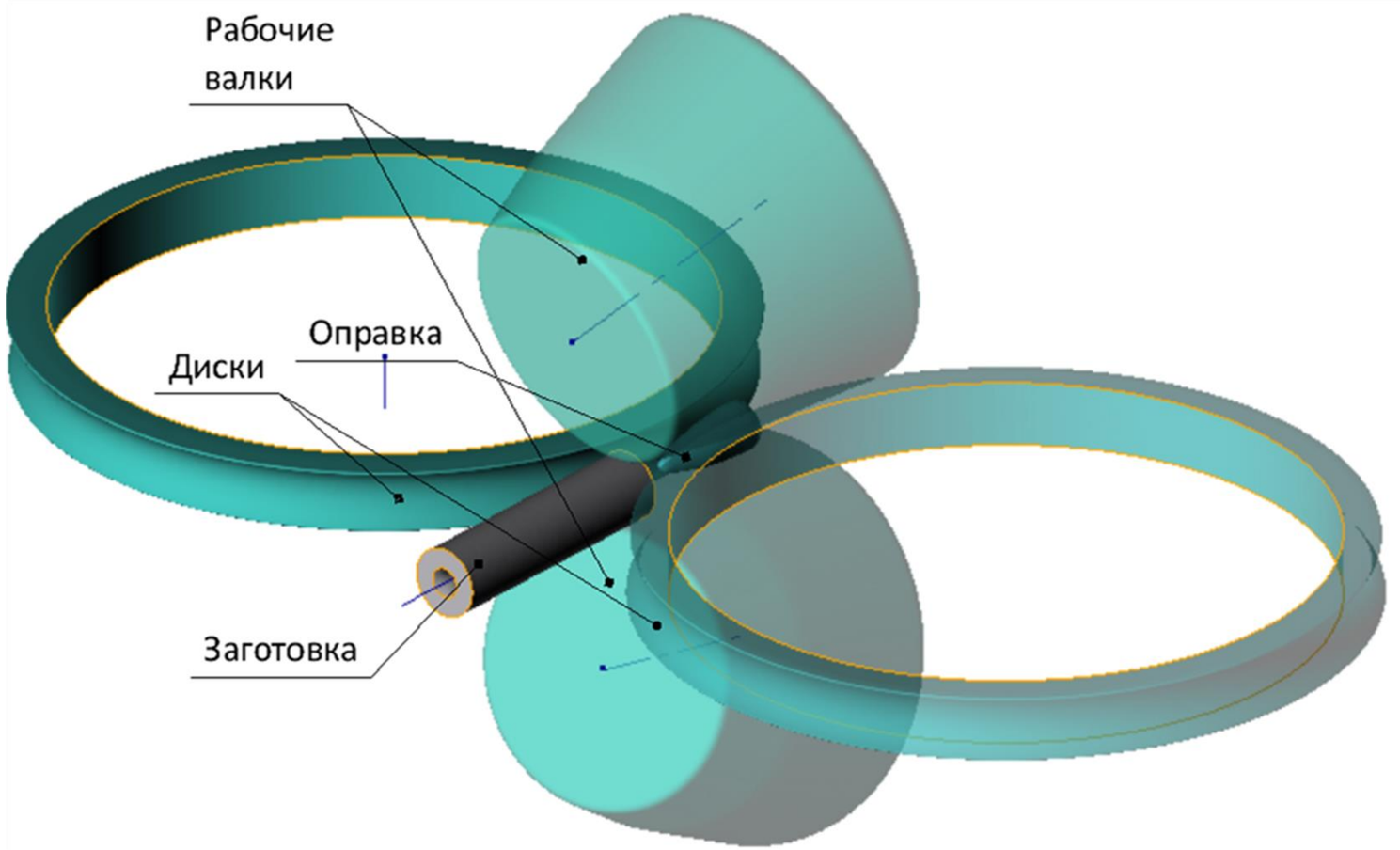


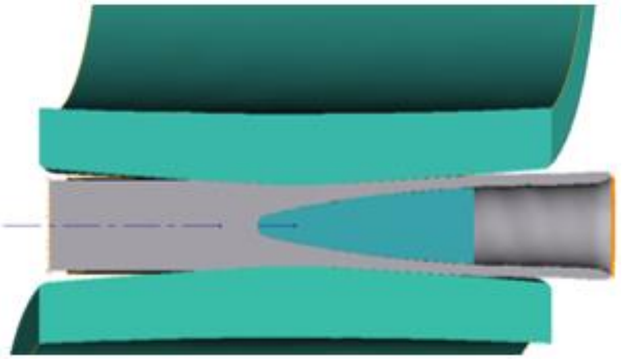
Температурно-деформационный режим на установке Gleeble 3800

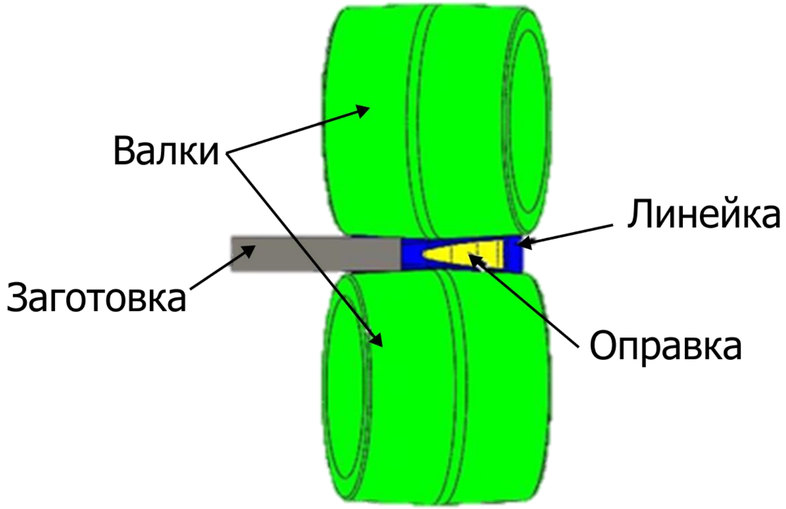


Зависимость сопротивления деформации от температуры и степени деформации при скорости деформации 5 $сек^{-1}$ на установке Gleeble 3800, сталь 10ХБ

Компьютерное моделирование процесса прошивки







Компьютерное моделирование процесса горячей винтовой прошивки заготовок в программе QForm

Компьютерное моделирование процесса прошивки

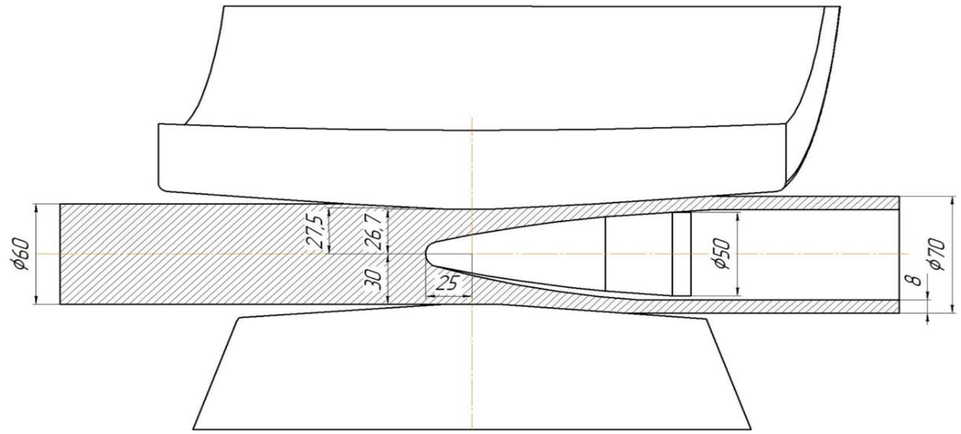
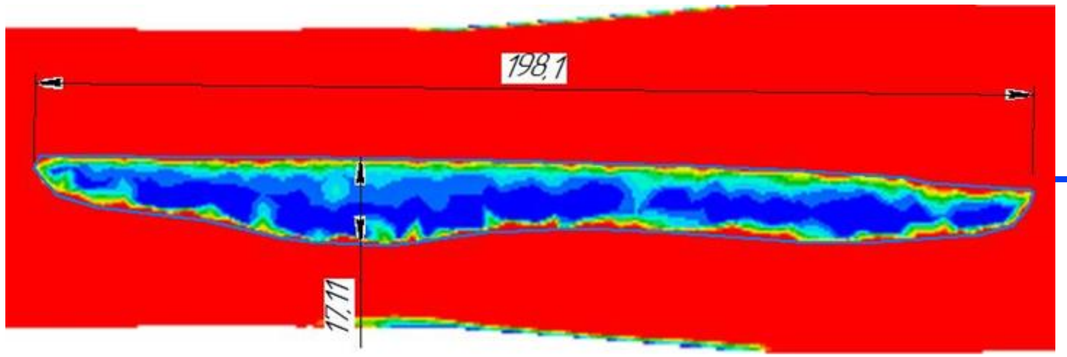


Схема очага деформации



Пятно контакта $S_{пятна}$ = 2572 мм^2 гильзы по результатам 3Д-моделирования в программе QForm



Гильза на выходе из очага деформации



Пятно контакта $S_{пятна}$ = 2720 мм^2 гильзы в результате опытной прошивки на стане «МИСиС 130Д»

Опытные прошивки трубных заготовок



Прошивка на стане «МИСиС 130Д»





Внешний вид черновых гильз после горячей винтовой прошивки

Схема получения исследуемых образцов

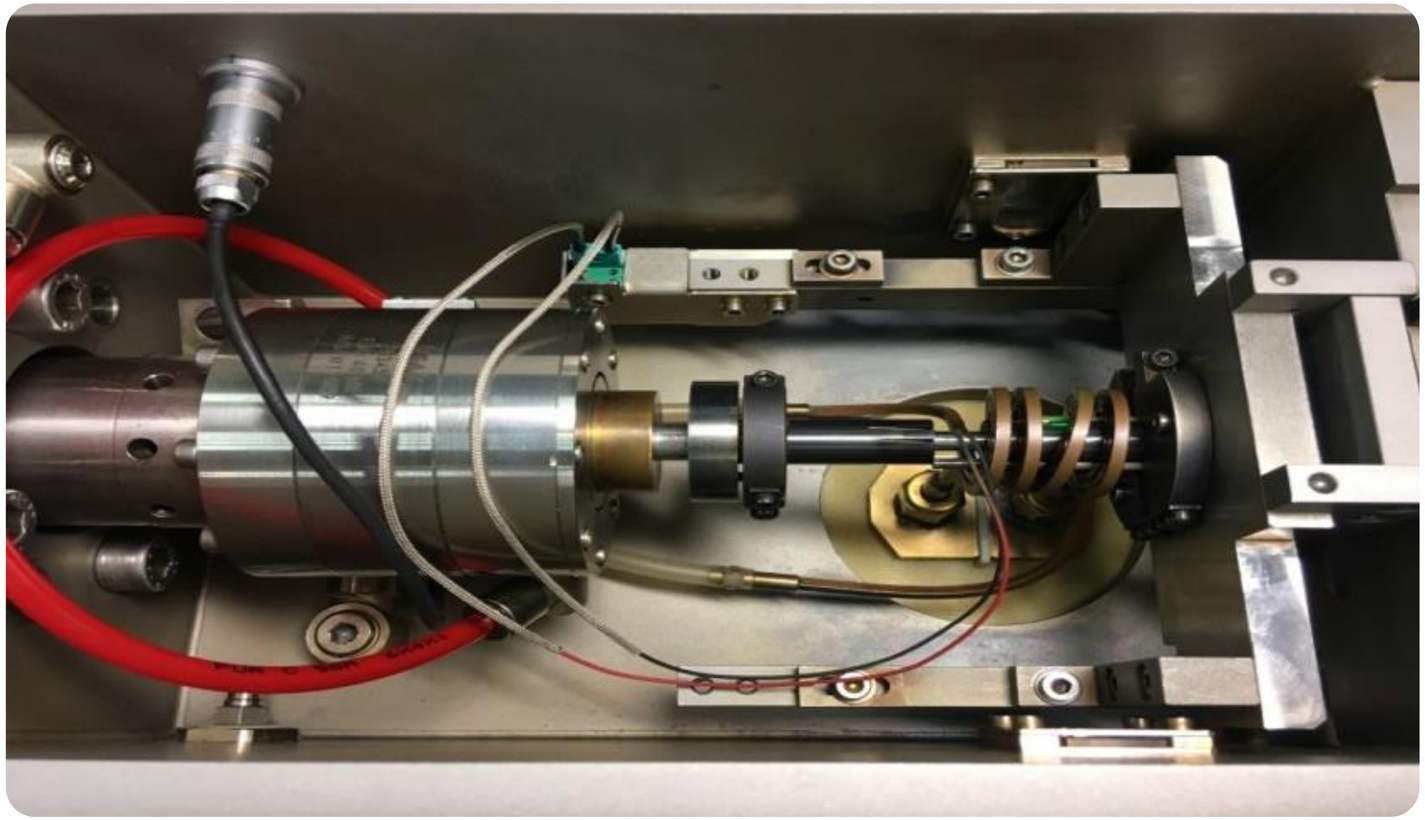
01 Нагрев исходных заготовок перед прошивкой

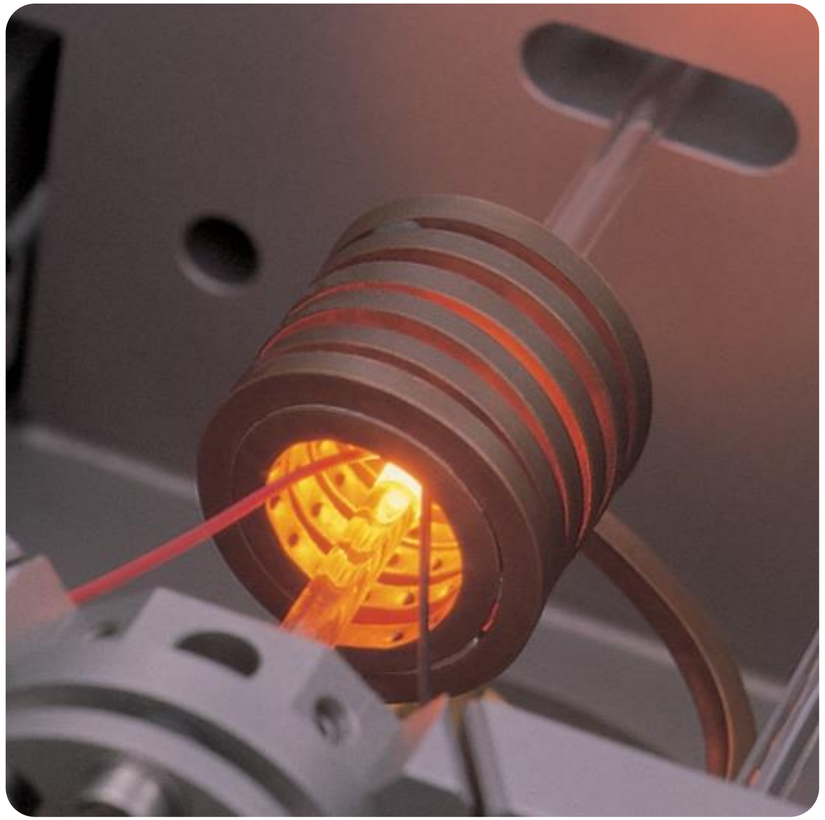
02 Зацентровка исходных заготовок перед черновой прошивкой

03 Прошивка гильз в черновую трубу промежуточных размеров

04 Окончательное формирование диаметра и толщины стенки трубы

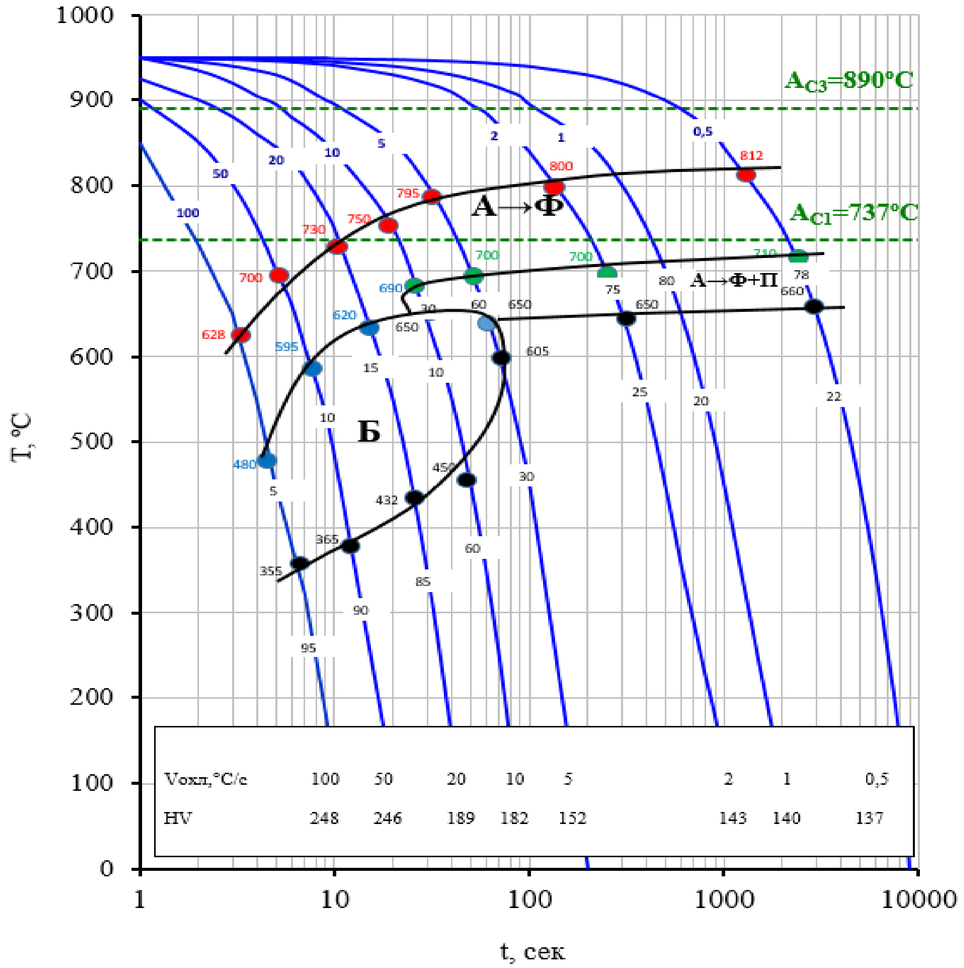
Физическое моделирование



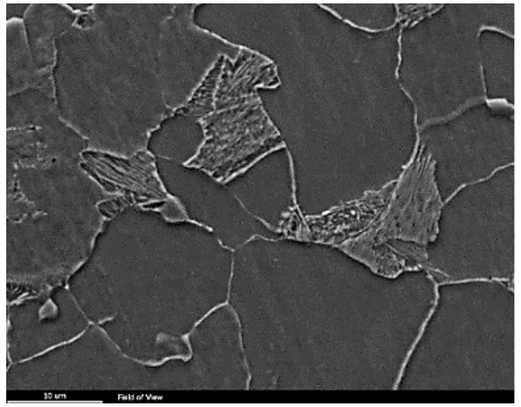


Закалочный деформационный дилатометр Netzsch Dil 420 C

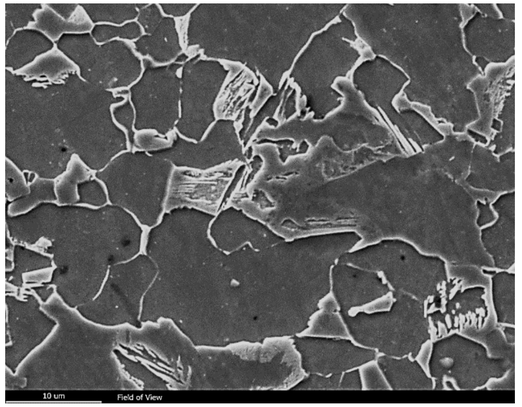
Построение ТКД распада аустенита при непрерывном охлаждении



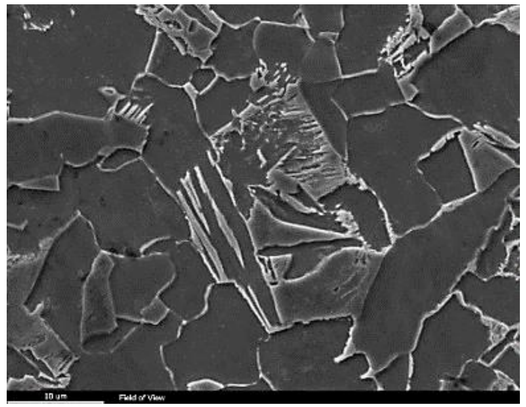
Термокинетическая диаграмма распада аустенита для стали 15ХФ



а)



б)



в)



г)

Изображения микроструктуры стали при различных скоростях охлаждения при дилатометрическом исследовании, увеличение х5000
а – 0,5 °С/сек; б – 5 °С/сек; в – 20 °С/сек; г – 100 °С/сек;

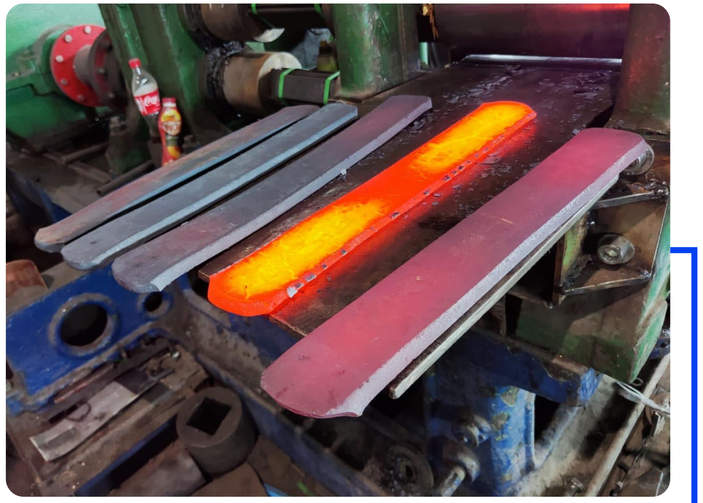
Опытная раскатка



Нагревательная печь



Универсальный прокатный стан ДУО-210



Образцы после прокатки



Образцы после прокатки

Финальная стадия подготовки темплетов для исследований – проведение ТО (закалка + отпуск)

Результаты работ

МИСИС УНИВЕРСИТЕТ
ГИБРИДНЫЕ НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ РОССИИ
НАУКА И УНИВЕРСИТЕТЫ



Разработаны требования к заготовке и составлено Техническое соглашение



Закуплена деформированная заготовка

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ, ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Разработка и внедрение комплексных технологий производства бесшовных труб из сталей нового поколения с управляемой коррозионной стойкостью при осложненных условиях эксплуатации для топливно-энергетического комплекса Российской Федерации

по теме:

РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ЗАГОТОВКЕ ДЛЯ ОПЫТНОЙ ПРОКАТКИ ПО ТП-1 ДЛЯ СТАЛЕЙ С СОДЕРЖАНИЕМ ХРОМА МЕНЕЕ 1 %

(промежуточный, этап 2)

Сравнение лабораторных и промышленных результатов

МИСИС УНИВЕРСИТЕТ
ГИБРИДНЫЕ НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ РОССИИ
НАУКА И УНИВЕРСИТЕТЫ

Образец	Массовая доля элементов, %												
	C	Si	Mn	S	P	Cu	Ni	Cr	Nb	V	Ti	Al	N
	не более или в пределах												
10ХБ (МИСИС)	0,07	0,25	0,92	0,004	0,006	0,09	0,02	**0,64**	0,031	0,002	0,011	0,014	0,007
10ХБ (Выксунский завод ОМК)*	0,10	0,26	0,84	0,003	0,006	0,02	0,03	**0,64**	0,028	0,003	0,012	0,027	0,004

Образец	Вид ТО			Предел текучести σ_T, МПа	Предел прочности σ_B, МПа	Относительное удлинение δ, %	Ударная вязкость KCV^{-60}, Дж/см^2	Твердость, HV
	Режим закалки		Температура отпуска, °С					
	Температура, °С	среда						
10ХБ (МИСИС)	910	вода	550	476	**587**	21,4	476	202
			600	449	**554**	20,5	449	180
10ХБ (Выксунский завод ОМК)*	910	вода	550	520	**590**	24,0	277	202
			600	480	**550**	24,0	253	193

*труба 114х8 мм

Механические свойства новых марок сталей с содержанием хрома 1-9%

МИСИС УНИВЕРСИТЕТ
ГИБРИДНЫЕ НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ РОССИИ
НАУКА И УНИВЕРСИТЕТЫ

№ п/п	Вид ТО			Предел текучести σ_T, МПа	Предел прочности σ_B, МПа	Относительное удлинение δ, %	Ударная вязкость KCV^{-60}, Дж/см^2	Твердость, HV	**Класс прочности**
	Режим закалки		Температура отпуска, °С						
	Температура, °С	среда							
08Х1Г	910	вода	700	545	615	21	311	213	**К56**
12Х1Т	910		650	504	591	20	297	200	**К56**
26Х1МФБА	880		750	637	738	21	267	248	**L80**
08Х2М	910		650	609	679	19	285	241	**L80**
08Х2Г	910		650	581	656	18	271	243	**L80**
08Х3М	910		700	558	636	20	295	229	**К60**
08Х5Г	910	воздух	650	505	632	20	204	236	**К60**
10Х9МНФБ	1050	воздух	750	590	718	18	107	243	**L80**
Класс прочности К56				410 – 528	550 – 668	более 20	–	–	
Класс прочности К60				460 – 578	590 – 708	более 20	–	–	
Класс прочности L80				552 – 655	более 655	более 11	–	–	

МИСИС
УНИВЕРСИТЕТ

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ РОССИИ
НАУКА И УНИВЕРСИТЕТЫ

Спасибо за внимание!

Работа была выполнена в рамках комплексного проекта по теме «Разработка и внедрение комплексных технологий производства бесшовных труб из сталей нового поколения с управляемой коррозионной стойкостью при осложненных условиях эксплуатации для топливно-энергетического комплекса Российской Федерации» в рамках Соглашения №075-11-2023-011 от 10.02.2023 г. по постановлению Правительства РФ №218 от 09.04.2010 г.

Выражаю благодарность сотрудникам коллектива:
ИТЦ Выксунского завода ОМК,
кафедре ОМД НИТУ МИСИС,
а также НИЛ «ГНМ» НИТУ МИСИС