



ПСКОВЭЛЕКТРОСВАР
ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО



КОНЦЕРН "ИНТЕРСВАР"

Контактная сварка высокопрочных труб. Сегодня. Завтра.

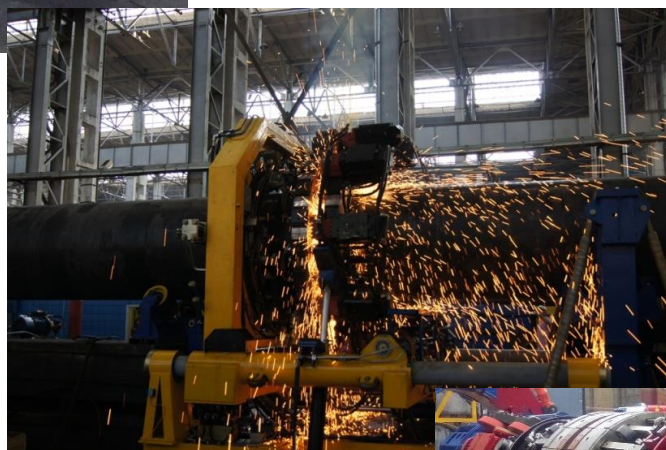
Теренин А.Н., Письменный А.А. ЗАО «Псковэлектросвар»
Р.О. Рамусь, С.В. Овечкин, О.А. Занкевич ООО «ГазпромВНИИГАЗ»

Труbosварочное оборудование ТЭСО (СССР) – ЗАО “Псковэлектросвар” (РФ)

Комплекс “Север”



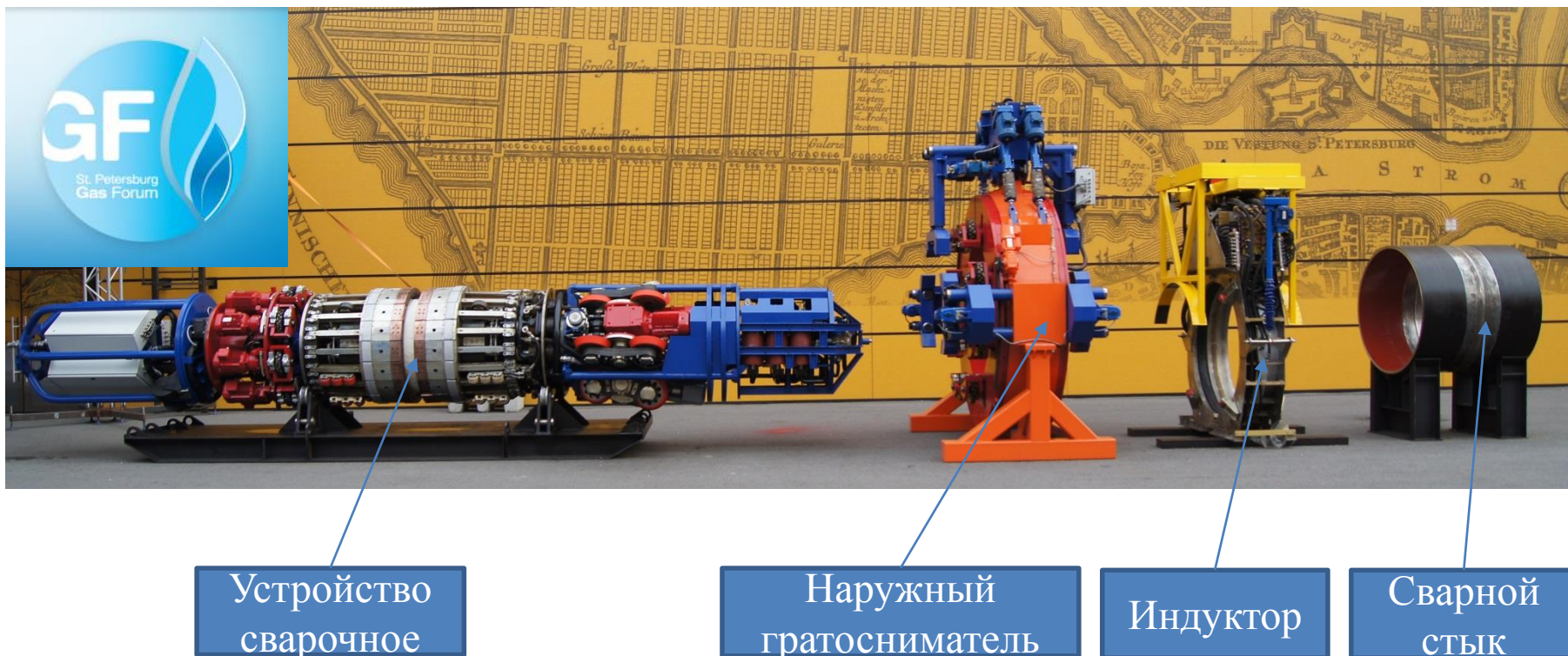
Комплекс “КСМ-01”



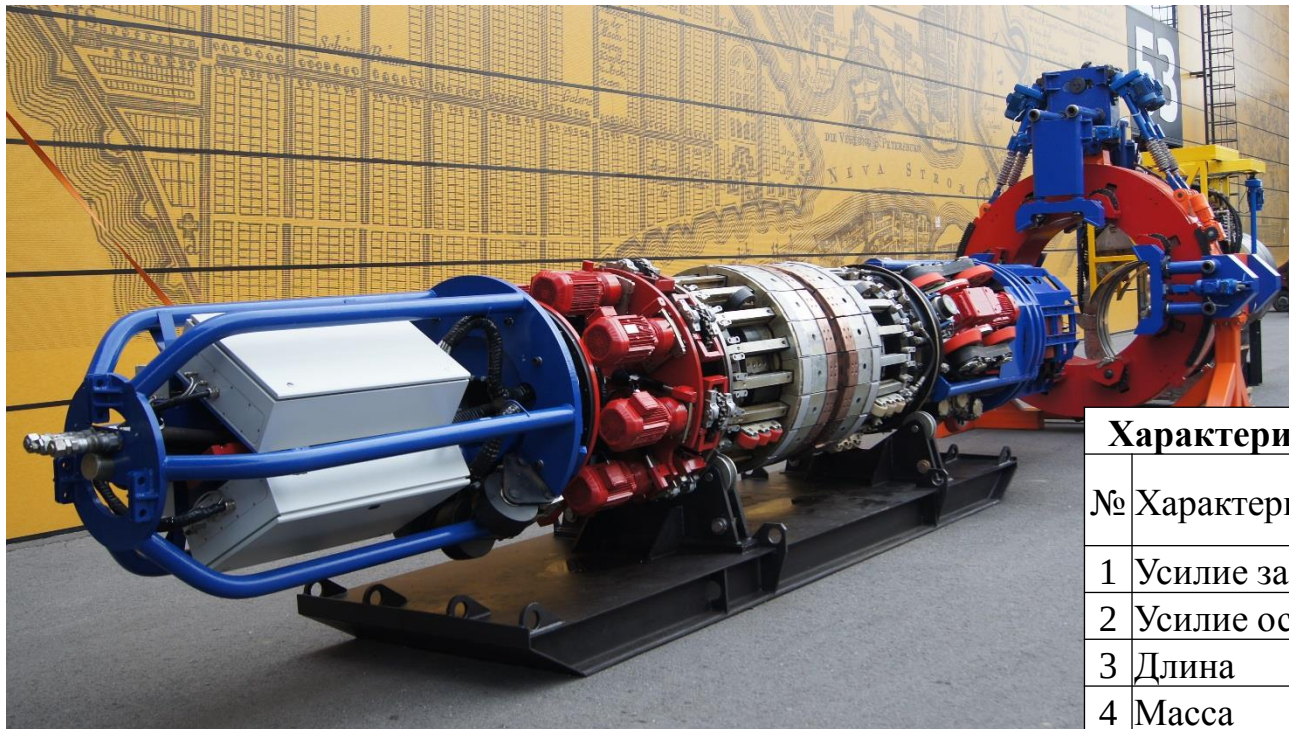
Комплекс “КСС-04”



Оборудование комплекса КСС-04 на VI Петербургском международном газовом форуме. Стенд АО “Стройтранснефтегаз”



Устройство сварочное



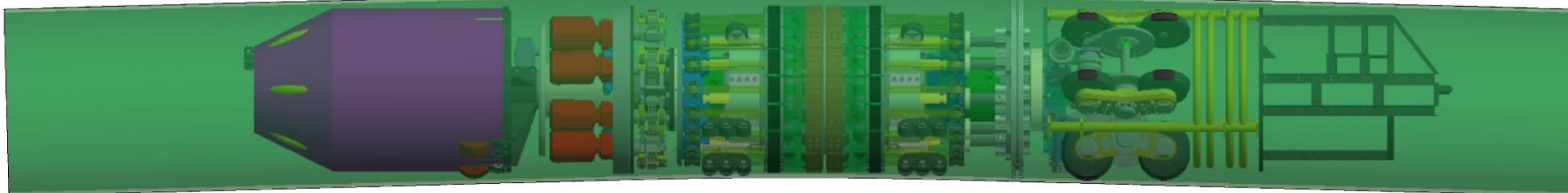
Состав устройства сварочного:

1. Гидроотсек;
2. Привод перемещения;
3. Центратор;
4. Внутренний гратосниматель;
5. Блок с электрооборудованием;
6. Штанга (не показана);

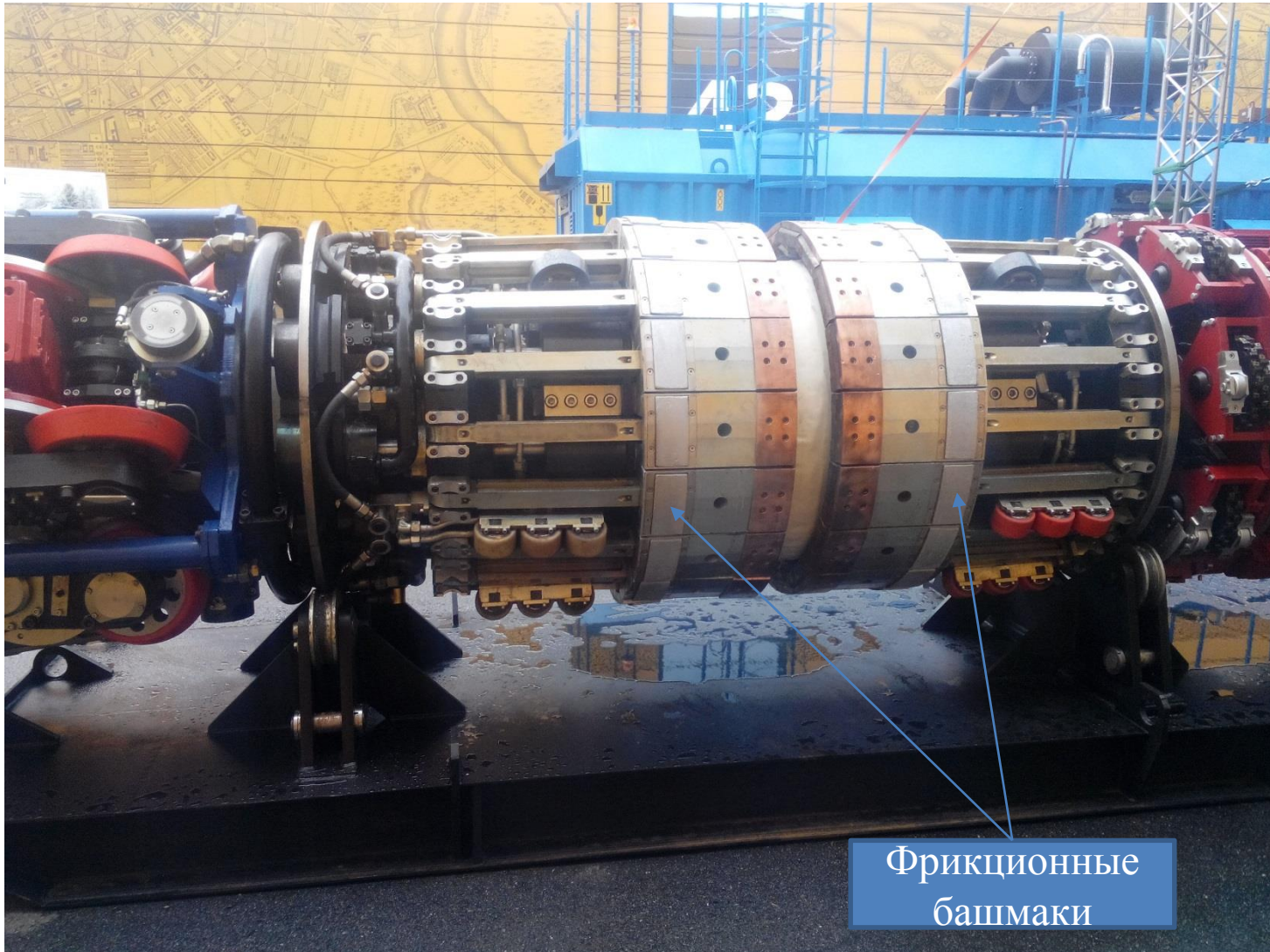
Характеристики устройства сварочного

№	Характеристики	КСС-04У	УСО-400 (Север)
1	Усилие зажима	2000000 кгс.	1580000 кгс.
2	Усилие осадки	520000 кгс.	400000 кгс.
3	Длина	9000 мм.	10610 мм.
4	Масса	22000 кг.	28300 кг.

Прохождение кривых холодного гнутья 6°

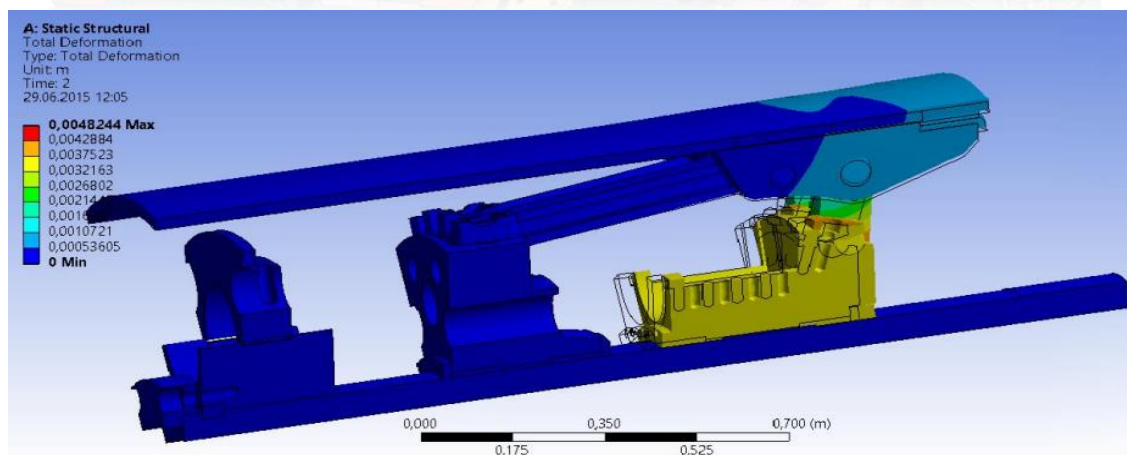
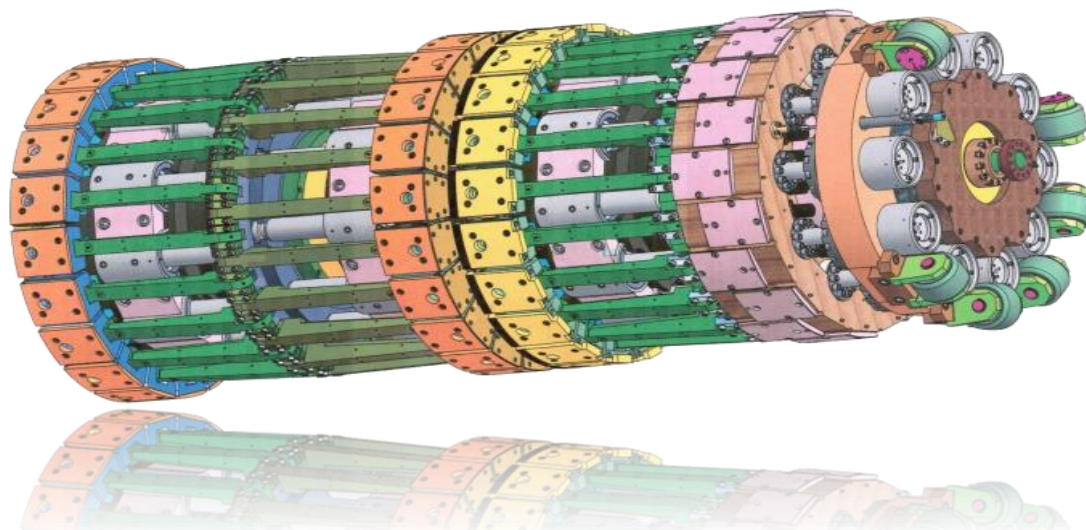


Центратор устройства сварочного

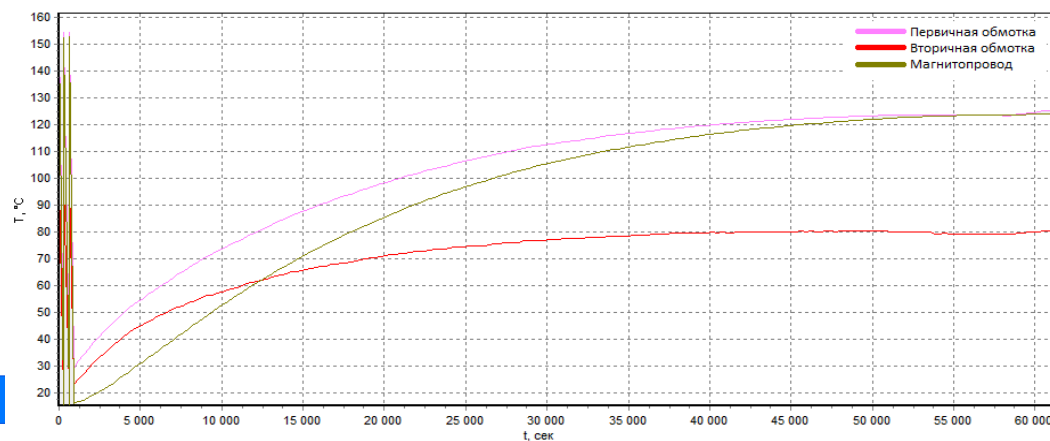
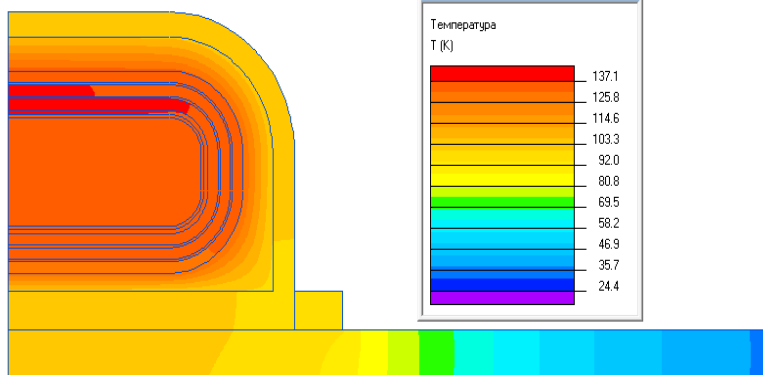
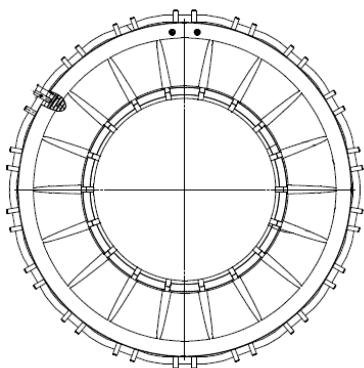
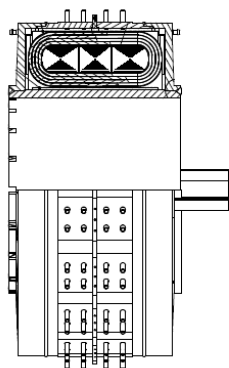


Фрикционные
башмаки

3D модель центратора и расчетная модель элемента центратора в инженерном пакете «Ansys»



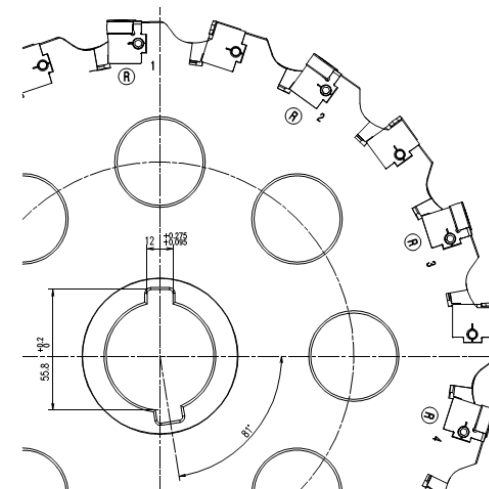
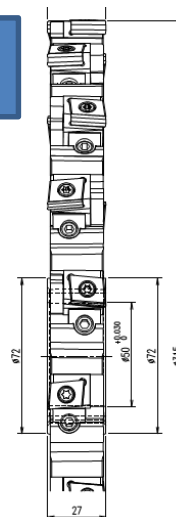
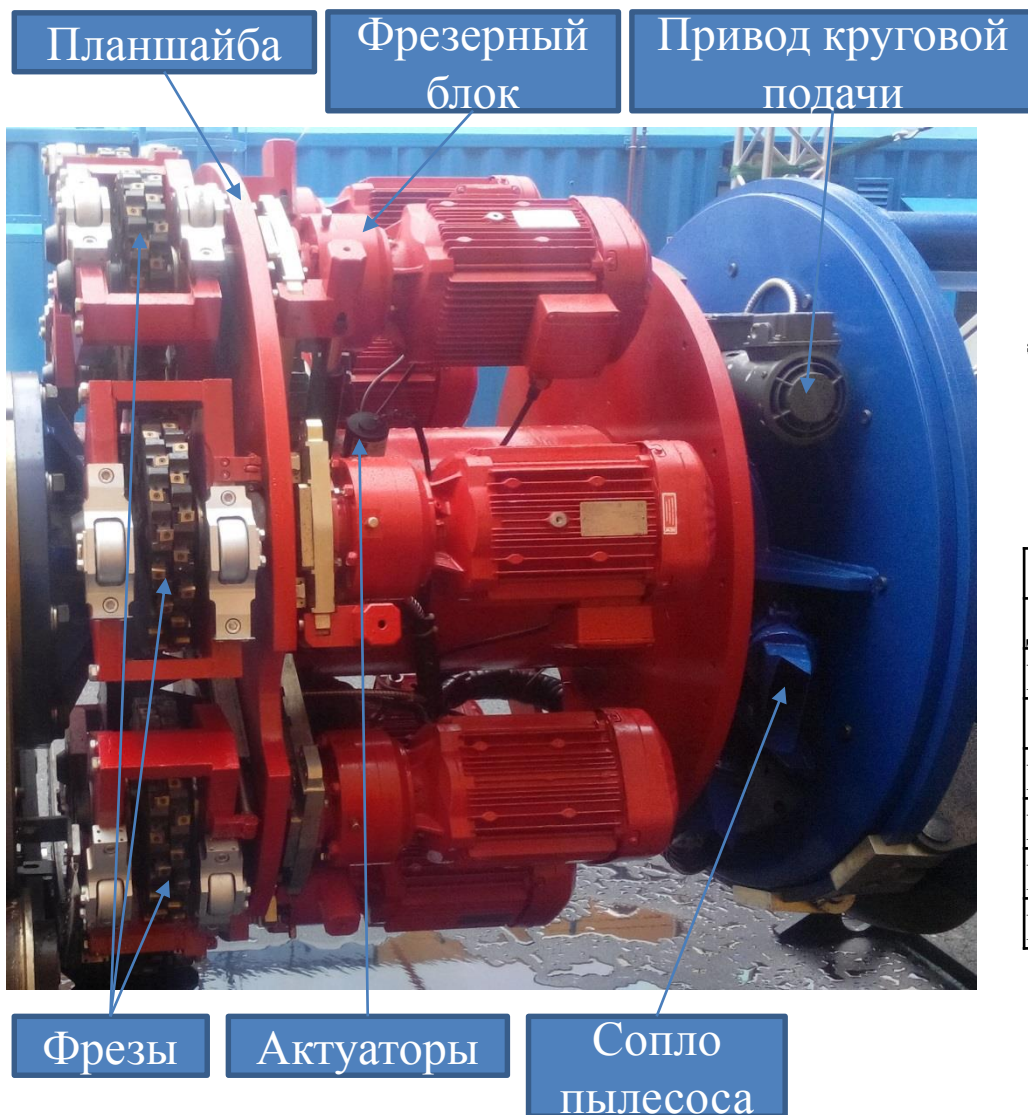
Кольцевой сварочный трансформатор машины КСС-04У



Расчетная модель сварочного трансформатора в программе для инженерных расчетов «ELCUT», в осесимметричной постановке, при установившемся температурном поле и диаграмма изменения температур первичной и вторичной обмоток готового трансформатора при испытаниях длительным током

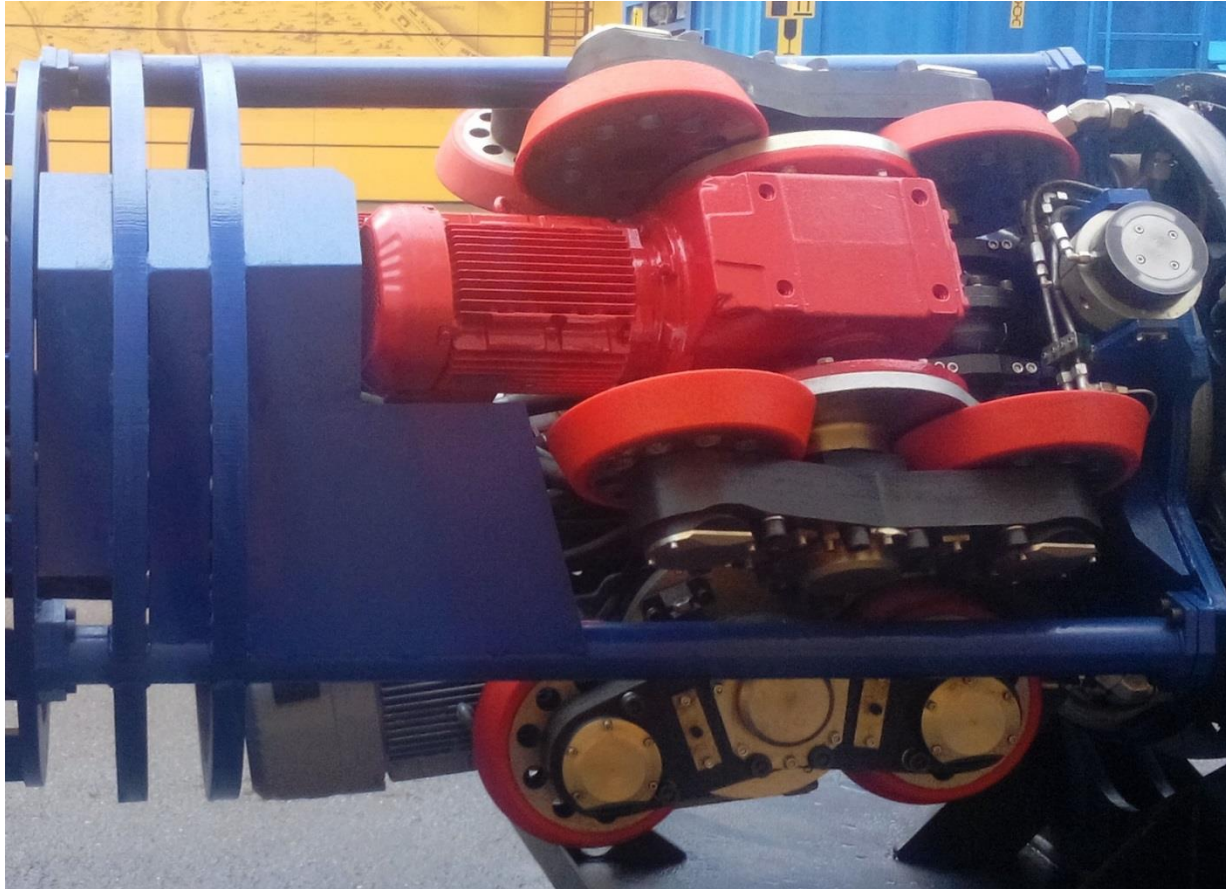
Класс нагревостойкости изоляции - "H"

Внутренний гратосниматель



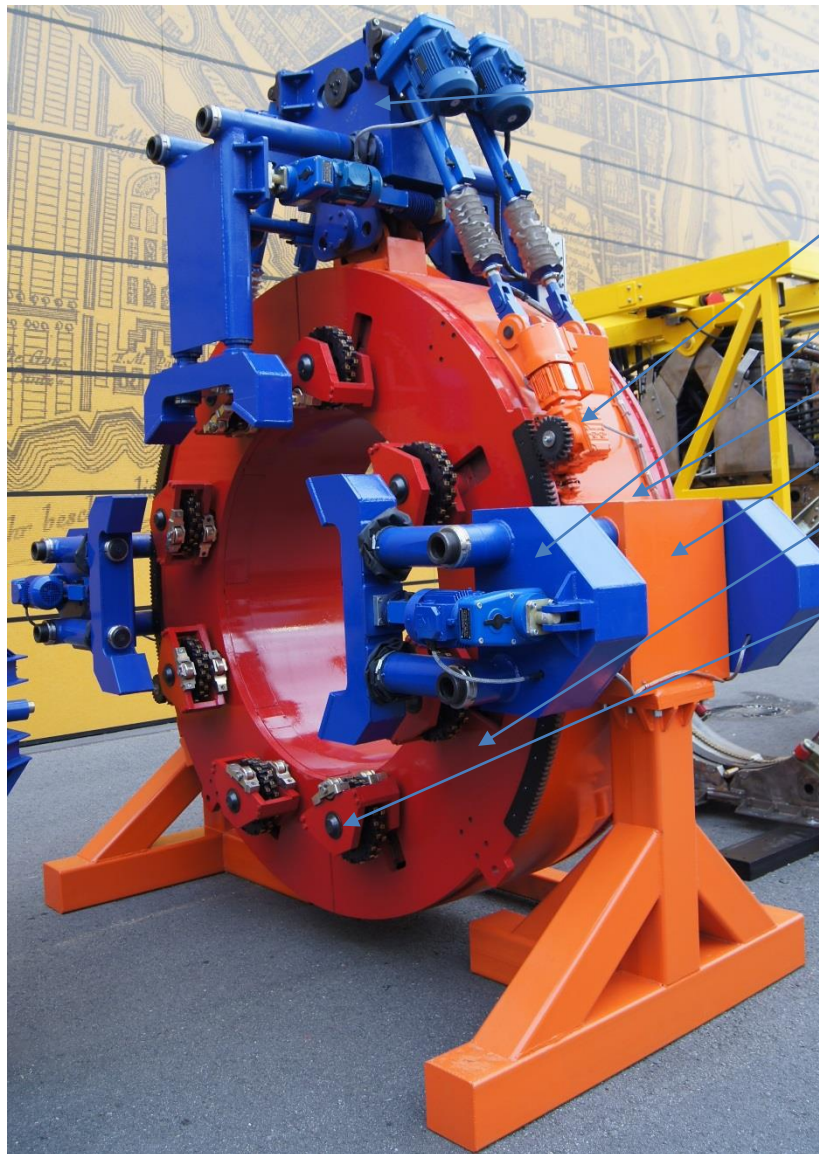
Характеристики фрезы	
Диаметр	315 мм
Количество пластин	20 шт.
Характеристики внутреннего гратоснимателя	
Количество шпинделей	8 шт.
Количество фрез	16 шт.
Время снятия грата	150 сек (2,5 мин)
Расход пластин	1 шт. за 5 стыков

Механизм перемещения



Параметр	Значение
Тяговое усилие	7600 кг
Материал колес	полиуретан

Наружный гратосниматель



Устройство
регулировки

Привод круговой
подачи

Узел центровки

Корпус

Опора

Планшайба

Блок фрезерный

Характеристики фрезы

Диаметр	315 мм
Количество пластин	20 шт.

Характеристики наружного гратоснимателя

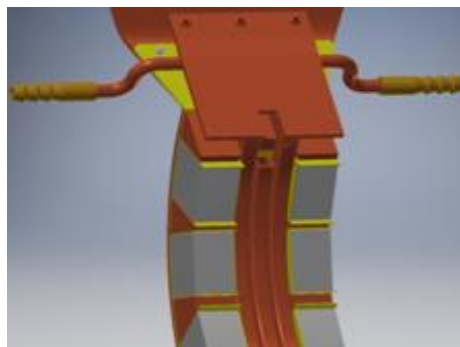
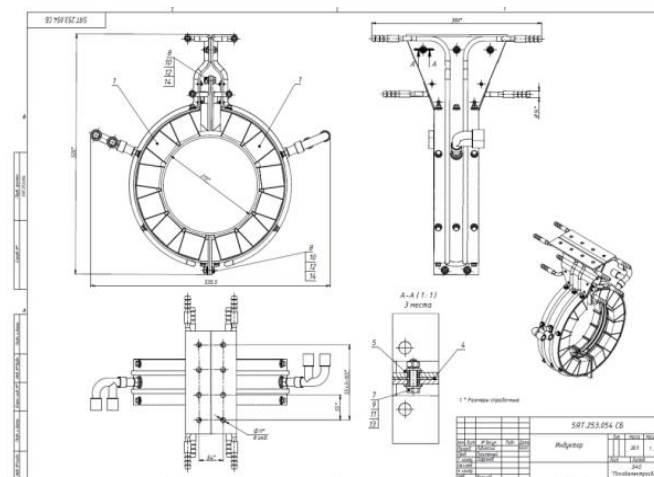
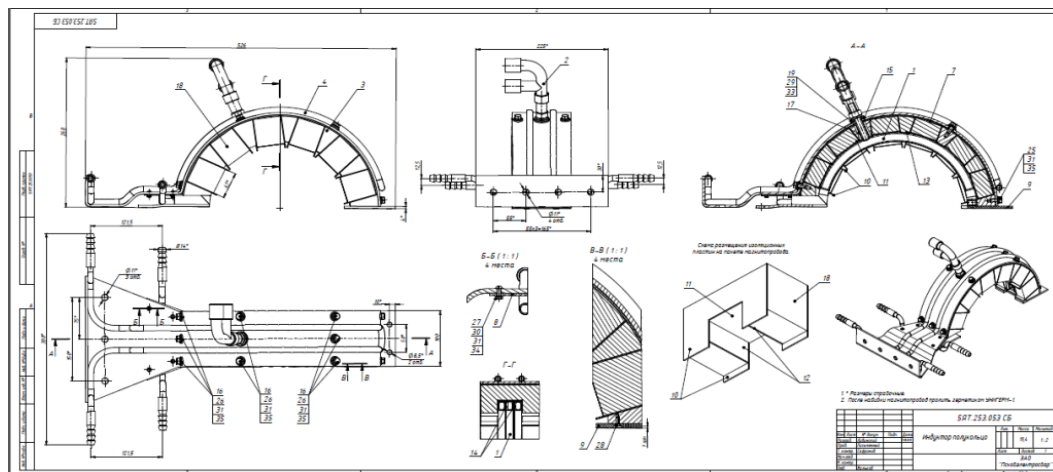
Количество шпинделей	8 шт.
Количество фрез	16 шт.
Время снятия грата	157 сек (2,6 мин)
Расход пластин	1 шт. за 5 стыков
Масса	9000 кг

Индуктор

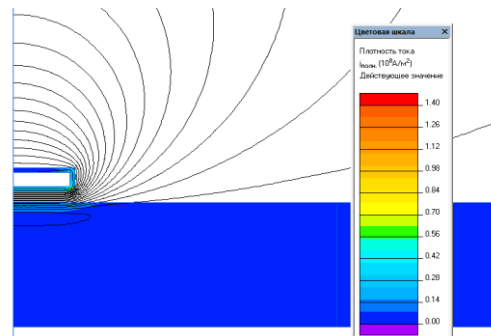
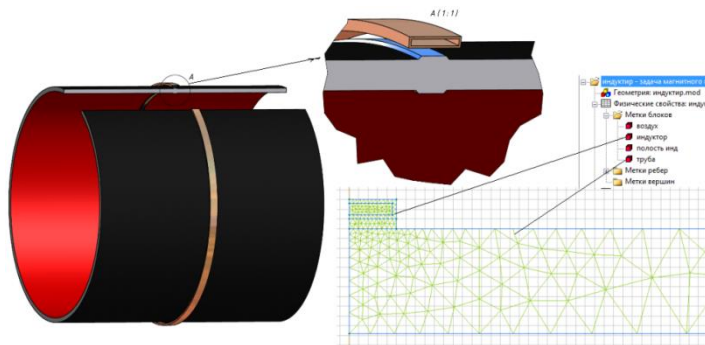


Изготовитель ООО “Элтерм-С”
Г. Екатеринбург

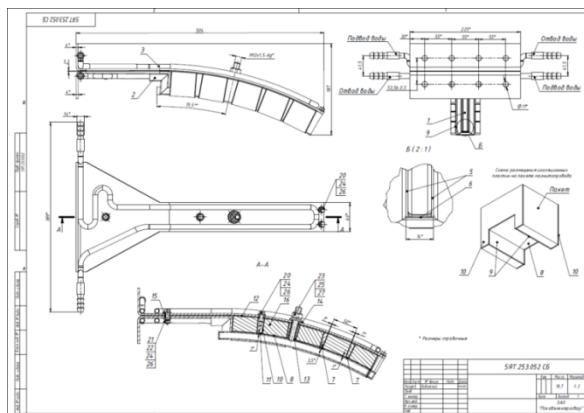
Проектирование установки индукционного нагрева для термической обработки сварных швов труб



Проектирование установки индукционного нагрева для термической обработки сварных швов труб



Система "обечайка трубы – индуктор" и ее расчетная модель в «ELCUT»



Стенд индукционной термической обработки сварных швов темплетов труб

Сварка стыка на КСС-04



Требования к механическим свойствам сварных соединений труб ф1420 х 25,8 мм К60

№ п/п	Наименование параметра при испытании	При дуговой сварке	При контактной стыковой сварке методом оплавления	Примечание
1	Условный предел текучести, МПа, не менее	Не нормируется	480 (минус 5% = 456)	СТО по КСО, п.6.4
2	Временное сопротивление разрыву, МПа, не менее	590	590 (минус 5% = 560,5)	СТО по КСО, п.6.4, СТО 2-2.2-136-2007, п.9.6, а)
	Кол-во образцов на стык, шт.	4	4	
4	KCV по ЛС, Дж/см ² при -40 °С, не менее	Не нормируется	ср. 60, min 40	СТО по КСО, п.6.5, СТО 2-2.2-136-2007, п.9.6, в)
	Кол-во образцов на стык, шт.	-	20	
5	KCV по ЛС+2мм, Дж/см ² при -40 °С, не менее	ср. 50, min 37,0	ср. 60, min 40	СТО по КСО, п.6.5, СТО 2-2.2-136-2007, п.9.6, в)
	Кол-во образцов на стык, шт.	6	20	
6	Угол загиба, град, не менее	ср. 120 (1образец min 100) (без дефектов)	110 (без дефектов)	СТО по КСО, п.6.8, СТО 2-2.2-136-2007, п.9.6, б)
	Кол-во образцов на стык, шт.	8	8	
7	Твердость по Виккерсу, HV10, не более	325	325	СТО по КСО, п.6.9, СТО 2-2.2-136-2007, п.9.6,г)
	Кол-во образцов на стык, шт.	1	1	
8	Критическое раскрытие в вершине трещины (CTOD – по ЛС), не более	Не нормируется	$\delta \geq 0,1$ мм	СТО по КСО, п.6.7
	Кол-во образцов на стык, шт.	-	27	

Протоколы испытаний сварного соединения Трубы класса прочности К60, сварка производилась на оборудовании комплекса КСМ-01

Общество с ограниченной ответственностью «Государственный центр
Медиаинформационных Технологий и Контроля в Сварке»
(ООО «ГАИ МР НАКС»)

Россия, 180005, г. Москва, 2-я Ботаническая ул., д.5, стр. 14
Телефон: (495) 263-26-11, (495) 263-41-49, E-mail: gsc-ts@yandex.ru
ИНН 7703040000 КПП 7703010001 ОГРН 109774635864 ОКВЭД 42207013

Лаборатория разрушающего контроля
Свидетельство об аккредитации № 18.039.01.01.23

Протокол № 01 от 08.12.2014 г.

испытаний на разрыв плоского образца типа ХП
по ГОСТ 6996-66, СТО Газпром 2-2.2-115-2007
по металлу КС-100 № 990.5330(3), сварки в г.г. сварки № С11 0707148 от 17.10.2014 г.

Имя	ЗАО «СТ»
Имя КС	КС-100 № 01, диаметр 1230(7), К60 сорфрейт № 10333 от 10.10.2014 г.
Технология сварки	КС-100, технология сварки ТК-СТ КСМ-01-С1, ТК-СТ КСМ-01-Т1
Место проведения испытаний	Согласно приложению №1 к Договору № АПС-УС-01231 от 11.08.2014 г.

Имя	ЗАО «СТ»
Имя КС	КС-100 № 01, диаметр 1230(7), К60 сорфрейт № 10333 от 10.10.2014 г.
Технология сварки	КС-100, технология сварки ТК-СТ КСМ-01-С1, ТК-СТ КСМ-01-Т1
Место проведения испытаний	Согласно приложению №1 к Договору № АПС-УС-01231 от 11.08.2014 г.

Имя	ЗАО «СТ»
Имя КС	КС-100 № 01, диаметр 1230(7), К60 сорфрейт № 10333 от 10.10.2014 г.
Технология сварки	КС-100, технология сварки ТК-СТ КСМ-01-С1, ТК-СТ КСМ-01-Т1
Место проведения испытаний	Согласно приложению №1 к Договору № АПС-УС-01231 от 11.08.2014 г.

Исполнитель: *А.В. Милохин*

Руководитель лаборатории
разрушающего контроля
ООО «ГАИ МР НАКС»
д.т.в. *А.В. Милохин*

Общество с ограниченной ответственностью «Государственный центр
Медиаинформационных Технологий и Контроля в Сварке»
(ООО «ГАИ МР НАКС»)

Россия, 180005, г. Москва, 2-я Ботаническая ул., д.5, стр. 14
Телефон: (495) 263-26-11, (495) 263-41-49, E-mail: gsc-ts@yandex.ru
ИНН 7703040000 КПП 7703010001 ОГРН 109774635864 ОКВЭД 42207013

Лаборатория разрушающего контроля
Свидетельство об аккредитации № 18.039.01.01.23

Протокол № 02 от 09.12.2014 г.

испытаний на разрыв плоского образца типа ХП
по ГОСТ 6996-66, СТО Газпром 2-2.2-115-2007
по металлу КС-100 № 990.5330(3), сварки в г.г. сварки № С11 0707148 от 17.10.2014 г.

Имя	ЗАО «СТ»
Имя КС	КС-100 № 01, диаметр 1230(7), К60 сорфрейт № 10333 от 10.10.2014 г.
Технология сварки	КС-100, технология сварки ТК-СТ КСМ-01-С1, ТК-СТ КСМ-01-Т1
Место проведения испытаний	Согласно приложению №1 к Договору № АПС-УС-01231 от 11.08.2014 г.

Имя	ЗАО «СТ»
Имя КС	КС-100 № 01, диаметр 1230(7), К60 сорфрейт № 10333 от 10.10.2014 г.
Технология сварки	КС-100, технология сварки ТК-СТ КСМ-01-С1, ТК-СТ КСМ-01-Т1
Место проведения испытаний	Согласно приложению №1 к Договору № АПС-УС-01231 от 11.08.2014 г.

Имя	ЗАО «СТ»
Имя КС	КС-100 № 01, диаметр 1230(7), К60 сорфрейт № 10333 от 10.10.2014 г.
Технология сварки	КС-100, технология сварки ТК-СТ КСМ-01-С1, ТК-СТ КСМ-01-Т1
Место проведения испытаний	Согласно приложению №1 к Договору № АПС-УС-01231 от 11.08.2014 г.

Исполнитель: *А.В. Милохин*

Руководитель лаборатории
разрушающего контроля
ООО «ГАИ МР НАКС»
д.т.в. *А.В. Милохин*

Общество с ограниченной ответственностью «Государственный центр
Медиаинформационных Технологий и Контроля в Сварке»
(ООО «ГАИ МР НАКС»)

Россия, 180005, г. Москва, 2-я Ботаническая ул., д.5, стр. 14
Телефон: (495) 263-26-11, (495) 263-41-49, E-mail: gsc-ts@yandex.ru
ИНН 7703040000 КПП 7703010001 ОГРН 109774635864 ОКВЭД 42207013

Лаборатория разрушающего контроля
Свидетельство об аккредитации № 18.039.01.01.23

Протокол № 04 от 09.12.2014 г.

испытаний сварного соединения на ударный изгиб
по ГОСТ 6996-66, СТО Газпром 2-2.2-115-2007

Имя	ЗАО «СТ»
Имя КС	КС-100 № 01, диаметр 1230(7), К60 сорфрейт № 10333 от 10.10.2014 г.
Технология сварки	КС-100, технология сварки ТК-СТ КСМ-01-С1, ТК-СТ КСМ-01-Т1
Место проведения испытаний	Согласно приложению №1 к Договору № АПС-УС-01231 от 11.08.2014 г.

Имя	ЗАО «СТ»
Имя КС	КС-100 № 01, диаметр 1230(7), К60 сорфрейт № 10333 от 10.10.2014 г.
Технология сварки	КС-100, технология сварки ТК-СТ КСМ-01-С1, ТК-СТ КСМ-01-Т1
Место проведения испытаний	Согласно приложению №1 к Договору № АПС-УС-01231 от 11.08.2014 г.

Имя	ЗАО «СТ»
Имя КС	КС-100 № 01, диаметр 1230(7), К60 сорфрейт № 10333 от 10.10.2014 г.
Технология сварки	КС-100, технология сварки ТК-СТ КСМ-01-С1, ТК-СТ КСМ-01-Т1
Место проведения испытаний	Согласно приложению №1 к Договору № АПС-УС-01231 от 11.08.2014 г.

Исполнитель: *А.В. Милохин*

Руководитель лаборатории
разрушающего контроля
ООО «ГАИ МР НАКС»
д.т.в. *А.В. Милохин*

Общество с ограниченной ответственностью «Государственный центр
Медиаинформационных Технологий и Контроля в Сварке»
(ООО «ГАИ МР НАКС»)

Россия, 180005, г. Москва, 2-я Ботаническая ул., д.5, стр. 14
Телефон: (495) 263-26-11, (495) 263-41-49, E-mail: gsc-ts@yandex.ru
ИНН 7703040000 КПП 7703010001 ОГРН 109774635864 ОКВЭД 42207013

Лаборатория разрушающего контроля
Свидетельство об аккредитации № 18.039.01.01.23

Протокол № 06 от 09.12.2014 г.

измерения твердости сварного соединения
по ГОСТ 9454-80, СТО Газпром 2-2.2-115-2007

Имя	ЗАО «СТ»
Имя КС	КС-100 № 01, диаметр 1230(7), К60 сорфрейт № 10333 от 10.10.2014 г.
Технология сварки	КС-100, технология сварки ТК-СТ КСМ-01-С1, ТК-СТ КСМ-01-Т1
Место проведения испытаний	Согласно приложению №1 к Договору № АПС-УС-01231 от 11.08.2014 г.

Имя	ЗАО «СТ»
Имя КС	КС-100 № 01, диаметр 1230(7), К60 сорфрейт № 10333 от 10.10.2014 г.
Технология сварки	КС-100, технология сварки ТК-СТ КСМ-01-С1, ТК-СТ КСМ-01-Т1
Место проведения испытаний	Согласно приложению №1 к Договору № АПС-УС-01231 от 11.08.2014 г.

Имя	ЗАО «СТ»
Имя КС	КС-100 № 01, диаметр 1230(7), К60 сорфрейт № 10333 от 10.10.2014 г.
Технология сварки	КС-100, технология сварки ТК-СТ КСМ-01-С1, ТК-СТ КСМ-01-Т1
Место проведения испытаний	Согласно приложению №1 к Договору № АПС-УС-01231 от 11.08.2014 г.

Исполнитель: *А.В. Милохин*

Руководитель лаборатории
разрушающего контроля
ООО «ГАИ МР НАКС»
д.т.в. *А.В. Милохин*

Нормативные значения по СТО Газпром 2-2.2-115-2007	Механические испытания	Фактические результаты
Статическое растяжение, МПа, не менее	Статический изгиб (на ребро), град	Ударный изгиб, Дж/см²
580 (минус 5% = 551)	Средний угол 120 (1 образец – min 100)	среднее 50 (1 образец – min 37)
Твердость по Виккерсу, HV10, не более	Твердость по Виккерсу, HV10, не более	
325	160 - 212	

Современные и перспективные низкоуглеродистые трубные стали

Класс прочности	API SPEC 5L	Технология производства	σ_B , МПа	σ_T , МПа	Химический состав, % по массе									Исходная структура
					C	Si	Mn	Mo	Ni	Cu	V	Nb	Ti	
K56	X65	ТМП (+УО)	550	390	0,08	0,21	1,42	0,04	0,12	0,2	0,04	0,004	0,05	феррито-перлитная
K60	X70	ТМП+УО	555	450	0,059	0,24	1,66	0,04	0,19	0,169	0,023	0,059	0,023	феррито-бейнитная
K60-K65	X80	ТМП+УО	610	550	0,057	0,16	1,74	0,27	0,14	0,14	0,005	0,032	0,011	феррито-бейнитная
K80	X100	ТМП+УО (DQ)	760	690	0,06	0,25	1,80	0,3	0,2	0,27	0,053	0,06	0,01	бейнито-мартенситная
K80	X120	ТМП+УО (DQ, IDQ)	915	830	0,041	0,23	1,93	0,32	≤0,001	≤0,001	-	≤0,001	0,02	бейнито-мартенситная

Источники:

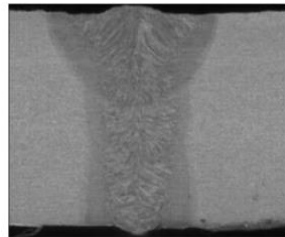
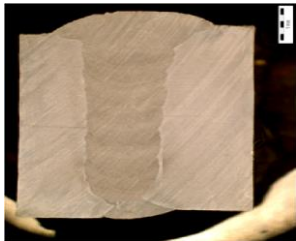
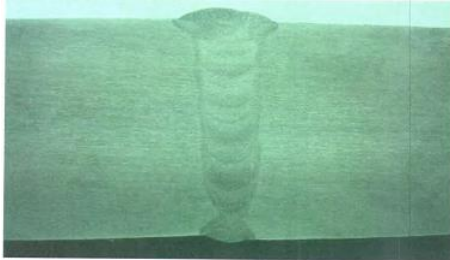
1. Традиционные и перспективные стали для строительства магистральных газонефтепроводов /Л.А. Ефименко, О.Ю. Елагина, Е.М. Вышемирский и др. – М. Логос, 2011.
2. Производство высокопрочного проката для труб нефтегазопроводов / Матросов М.Ю., Настич С.Ю., Морозов Ю.Д. – ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина». – 2013.

Сварочные процессы, применяемые при строительстве трубопроводов и изготовлении труб. Современные технологии и перспективы

№ п/п	Наименование	Форма разделки	Сварное соединение	Краткая характеристика
1	Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения под слоем флюса продольного шва трубы			<u>Дуговая</u> Заполнение разделки за один проход (с каждой стороны)
2	Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения под слоем флюса поворотных стыковых соединений труб			<u>Дуговая</u> Заполнение разделки послойно за несколько проходов
3	Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах неповоротных стыковых соединений труб			<u>Дуговая</u> Заполнение разделки послойно за несколько проходов
4	Лазерная сварка неповоротных стыковых соединений труб			<u>Лазерная</u> Заполнение разделки послойно за несколько проходов
5	Контактная стыковая сварка оплавлением неповоротных соединений труб			<u>КСО</u> Приложение давления осадки с удалением расплавленного металла

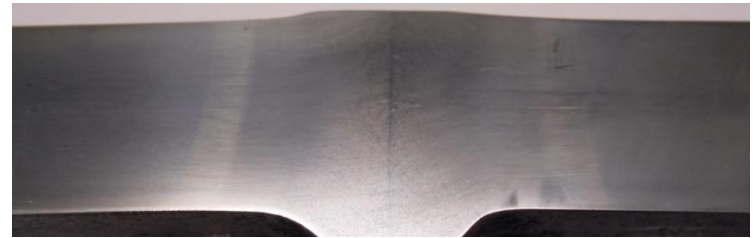
Различия и сходство сварочных процессов

Дуговые и лазерные методы сварки



1. Литая структура сварного шва
2. Количество линий сплавления ≥ 2

Контактная стыковая сварка оплавлением



1. Образование стыка в твердой фазе с приложением давления осадки с удалением расплавленного металла и окислов.
2. Одна линия сплавления

Нагрев торцов труб в процессе сварки ведется до расплавления кромок.

Наличие зон термического влияния с измененными свойствами и структурой основного металла.

**Ударная вязкость продольного сварного шва трубы 1420 х 27,7 мм К65.
Погонная энергия сварки 57,3 кДж/см**

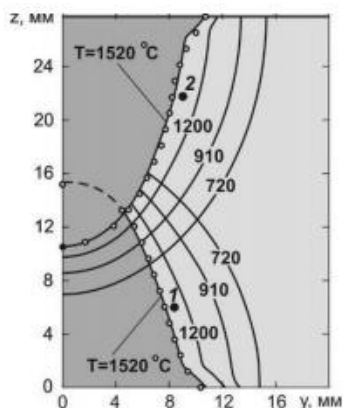


Рис.1 Распределение максимальных температур при сварке трубы диаметром 142 мм с толщиной 27,7 мм

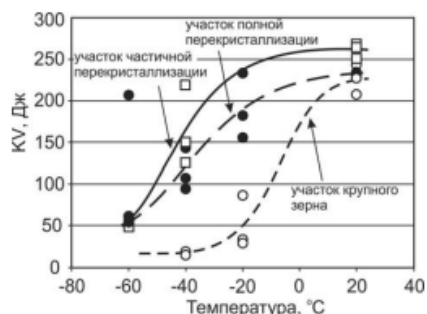


Рис.13 Зависимость работы удара от изменения температуры испытания образцов с надрезом на разных участках ЗТВ трубы из стали Х80(К65), заваренной с погонной энергией 59,0 кДж/см: — о — — участок крупного зерна, — ● — — полной и — □ — — частичной перекристаллизации

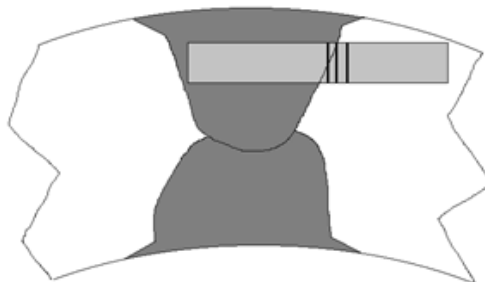


Схема расположения образцов
при испытаниях, в соответствии с DNV-OS-F101.

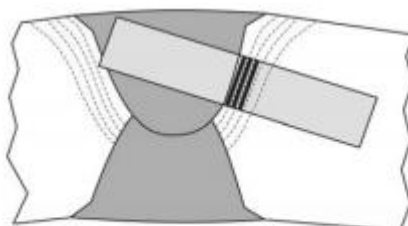


Рис.12 Схема расположения образцов на ударный изгиб при модельных испытаниях

Место расположения надреза	KV, Дж	Температура испытаний, °C
ЛС	50	минус 40
ЛС+2	50	минус 40
ЛС+5	170	минус 40

Место расположения надреза	KV, Дж	Температура испытаний, °C
ЛС	20	минус 40
ЛС+2	110	минус 40
ЛС+5	170	минус 40

Источник: Иванов А.Ю.

«Обеспечение комплекса механических свойств

зоны термического влияния сварных соединений труб классов прочности X80, X90 на основе исследования фазовых превращений и структуры»

Преимущества контактного стыка:

- 1. Процесс сварки автоматизирован;**
- 2. Не требуется предварительный подогрев;**
- 3. Лучшие экономические показатели по сравнению с дуговыми методами (по данным АО “СТНГ”);**
- 4. Отсутствуют жесткие требования по сборке стыка по начальному зазору;**
- 5. Не требуется размагничивание труб;**
- 6. Сварка проходит по термомодеформационному механизму, в стыке отсутствует литой металл;**
- 7. Сварное соединение образуется одновременно по всему периметру;**
- 8. Одна линия сплавления.**

Направления развития технологии КССО:

- 1. Совершенствование режимов сварки – отказ от термообработки (ТО);**
- 2. Уменьшение ширины ЗТВ за счет более полного использования возможностей термомеханического механизма;**
- 3. Уменьшение массы оборудования;**
- 4. Уменьшение численности бригады;**
- 5. Уменьшение установленной мощности силовых установок;**
- 6. Снижение расхода топлива.**



ПСКОВЭЛЕКТРОСВАР
ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО



КОНЦЕРН "ИНТЕРСВАР"

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ