



ГНЦ РФ ОАО НПО
«ЦНИИТМАШ»



**1. Ручная сварка при монтаже и ремонте
оборудования АЭС**

**2. Разработка и применение в проекте
ВВЭР-ТОИ современных технологий
автоматической сварки и наплавки**



ГНЦ РФ ОАО НПО
«ЦНИИТМАШ»



РОСАТОМ

1. Ручная сварка при монтаже и ремонте оборудования АЭС



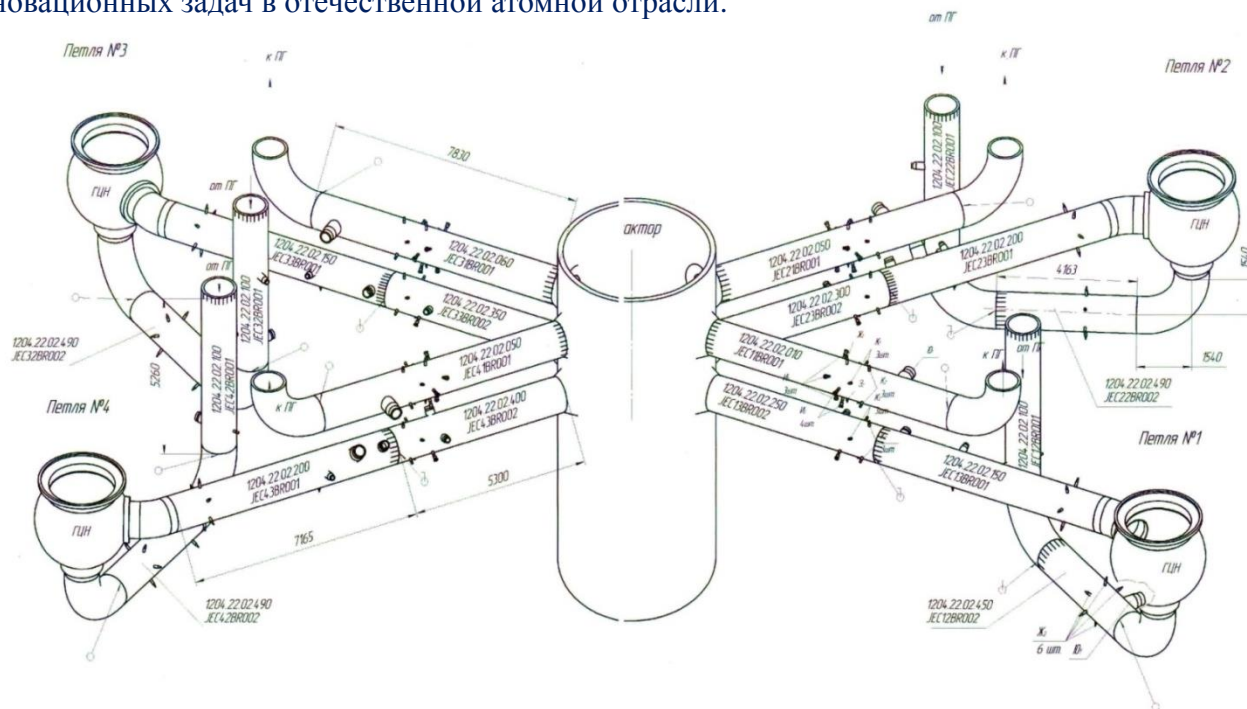
атомэнергомаш



ГНЦ РФ ОАО НПО
«ЦНИИТМАШ»



Технология ручной электродуговой монтажной сварки трубопроводов ГЦТ Ду850 ВВЭР-1000 была разработана в ОАО НПО «ЦНИИТМАШ» еще в 70-е годы. С использованием технологии ручной электродуговой сварки было сварено и успешно эксплуатируется в России и за рубежом около 1000 стыков. Несмотря на многолетний положительный опыт применения ручной сварки, автоматизация сварки ГЦТ Ду850, с учетом постоянного роста количества монтируемых атомных энергоблоков и дефицита квалифицированных ручников-сварщиков, является на сегодняшний день одной из важнейших инновационных задач в отечественной атомной отрасли.





Сварка ГЦТ на реакторах ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200



ГНЦ РФ ОАО НПО
«ЦНИИТМАШ»

Существует несколько проектов [реакторных установок](#) на основе реактора ВВЭР-1000:

- ВВЭР-1000 (В-187) — [блок № 5 Нововоронежской АЭС](#) (головной блок ВВЭР-1000)
- ВВЭР-1000 (В-338, В-302) — так называемая «малая серия», блоки № 1,2 [Калининской АЭС](#), блоки № 1,2 [Южно-Украинской АЭС](#)
- ВВЭР-1000 (В-320) — «большая серия». Все блоки [Балаковской АЭС](#), [блоки № 1,2 Ростовской АЭС](#), [блоки № 1-6 Запорожской АЭС](#), блоки № 3,4 Калининской АЭС, [блоки № 1,2 Хмельницкой АЭС](#), [блоки № 3,4 Ровенской АЭС](#), блок № 3 Южно-Украинской АЭС, [блоки № 1,2 АЭС «Темелин»](#), [блоки № 5,6 АЭС «Козлодуй»](#).
- ВВЭР-1000 (В-412) — на базе В-392, рассчитана на сейсмическое воздействие, специфичное для площадки [АЭС «Куданкулам»](#), по заказу [Индии](#)
- ВВЭР-1000 (В-446) — на базе В-392, для работы с оборудованием [KWU](#) на [Бушерской АЭС](#)
- Четыре из восьми запроектированных реакторов [Тяньваньской АЭС](#) — ВВЭР-1000 (В-428).
- Шесть водо-водяных энергетических корпусных реакторов типа ВВЭР-1000 производственного объединения «Ижорский завод», г. Санкт-Петербург работают на [Запорожской АЭС](#), крупнейшей АЭС Европы.

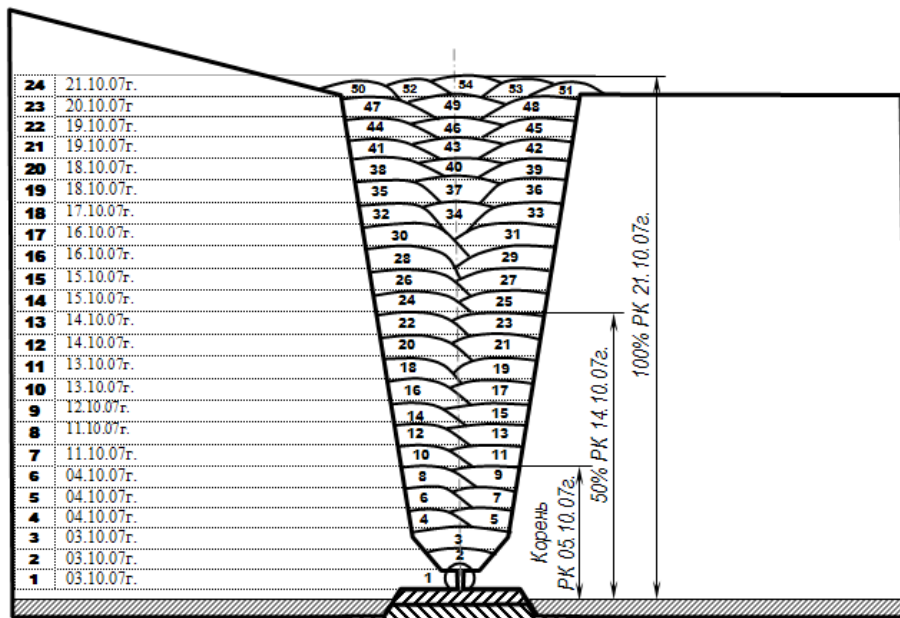
На основе ВВЭР-1000 разработан реактор большей мощности: 1150 МВт.

[С использованием РДС сварено и успешно эксплуатируется около 1000 стыков ГЦТ Ду850.](#)



атомэнергомаш

Выполнение сварного соединения



ГЦТ стык № 2-5

Клеймо сварщика

LTW 25

LTW 99

LTW 70

LTW 120

Главные недостатки ручной сварки:

- 1) Ограниченное количество квалифицированных сварщиков
- 2) Зависимость качества сварки от физического состояния сварщика
- 3) Плохие условия труда

№	Операция	Сварка корня шва		Преваривание весь шов	Сварка стыка до 50%	РГК на горяче и с плав	Сварка стыка до 100%	РГК на горяче и с плав	Промежуточный отпуск		НК после промежуточного отпуска				Окончательный отпуск		НК после окончательного отпуска				Сварка разрез литейной на плавы	КК	Сварка защитный на плавы	КК	УЗК на отделе	
		на начало	окончание (100%)						ВИК	РГК	КК	УЗК	на начало	окончание (100%)	ВИК	РГК	КК	УЗК								
1	Сварка корня шва	03.10.-04.10.07г.								8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	РГК корня шва	05.10.07г.								23.10.07г.	25.10.07г.	28.10.07г.	28.10.07г.	28.10.07г.	29.10.07г.	29.10.07г.	31.10.07г.	31.10.07г.	31.10.07г.	31.10.07г.	01.11.07г.	04.11.07г.-08.11.07г.	08.11.07г.	08.11.07г.-17.01.08г.	22.01.08г.	22.01.08г.

РДС 54 валика
ААРДС 115 валиков

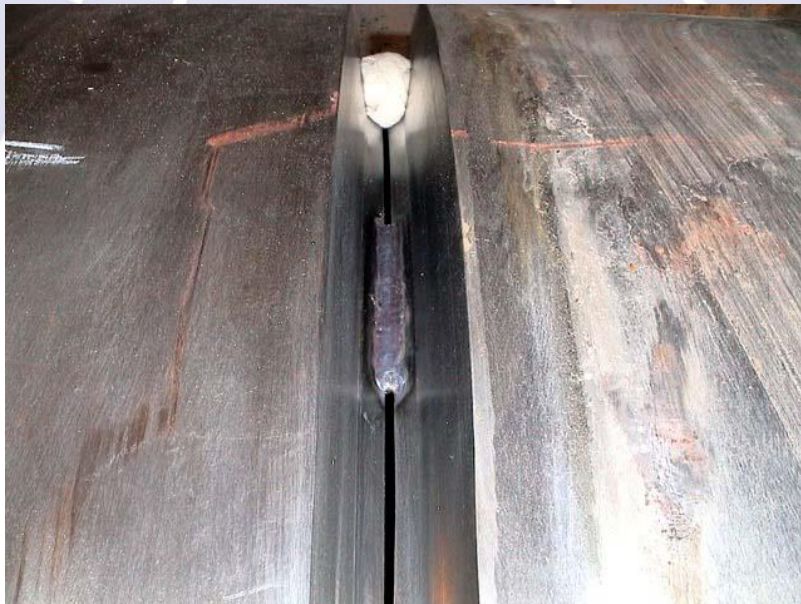
Подготовка под сварку



Сборка стыка



Установка прихваток



Установка прихваток



Собранный стык

Подогрев и ТО



Крепление индуктора



Удаление временных креплений



Подогрев под сварку и ТО



Сварка с подогревом

Сварка



Сварка корня шва



Защитная наплавка



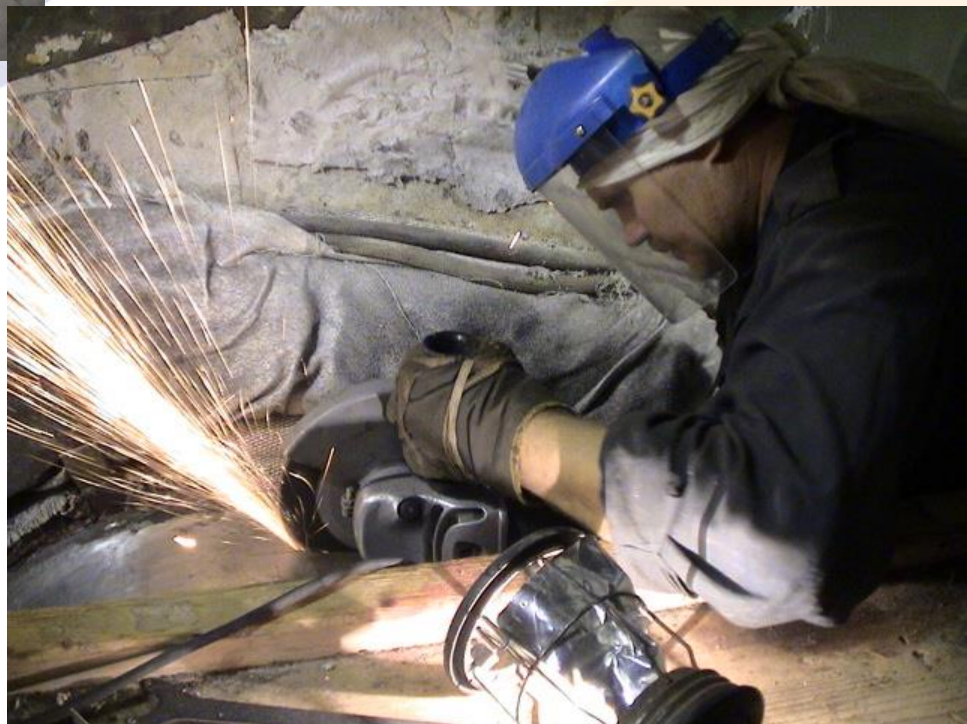
атомэнергомаш

Сварка



Сваренный шов

Ремонт



Контроль



Внешний осмотр и измерение



Капиллярный контроль



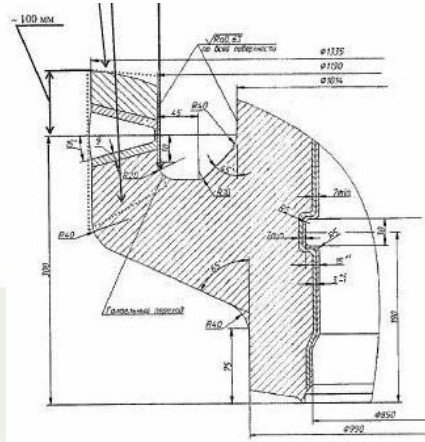
Ультразвуковой контроль



Радиографический контроль

Ремонт узла крепления коллекторов к парогенератору ПГВ-1000 (шов №111)

Схема узла крепления



Вырезка дефектного участка



Начало ремонтной сварки



Узел крепления с индуктором для подогрева и термообработки



Вырезанный темплет для исследований



Заваренная выборка



Ремонт узла крепления коллекторов к парогенератору (шов №23)



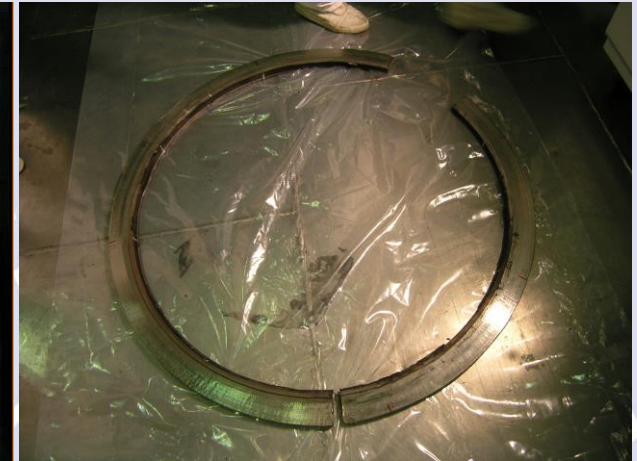
Установка трубореза



Вырезка дефектного участка



Кольцевая вырезка шва



Наплавка кромок



Заварка разделки



Заваренная выборка



2. Разработка и применение в проекте ВВЭР-ТОИ современных технологий автоматической сварки и наплавки

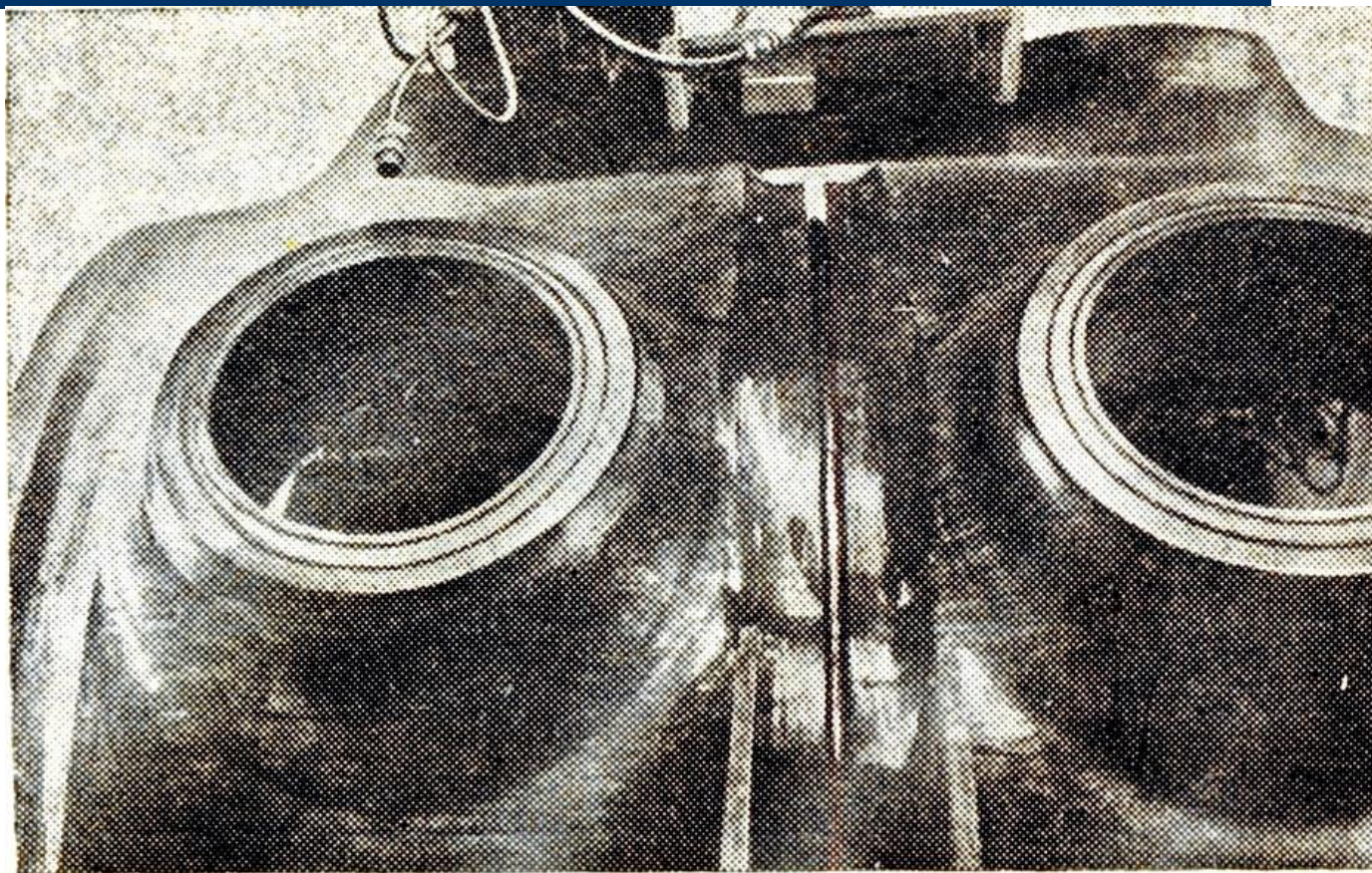
Перечень разрабатываемых технологий:



1. Автоматическая сварка под флюсом корпусного оборудования АЭС в узкие разделки
2. Автоматическая наплавка внутренних поверхностей корпусов и главных трубопроводов электродной лентой под флюсом
3. Автоматическая аргодуговая сварка монтажных стыков Ду 290 и Ду 350 КД и САОЗ из нержавеющей стали
4. Автоматическая аргодуговая сварка биметаллических трубопроводов Ду 850 ГЦТ в узкую разделку
5. Восстановление антикоррозионной наплавки изнутри трубопровода ГЦТ Ду 850
6. Автоматическая антикоррозионная наплавка патрубков ТК и СУЗ
7. Автоматическая аргодуговая приварка патрубков СУЗ и ТК к крышке ВБ
8. Автоматическая комбинированная сварка роторов тихоходных турбин для АЭС

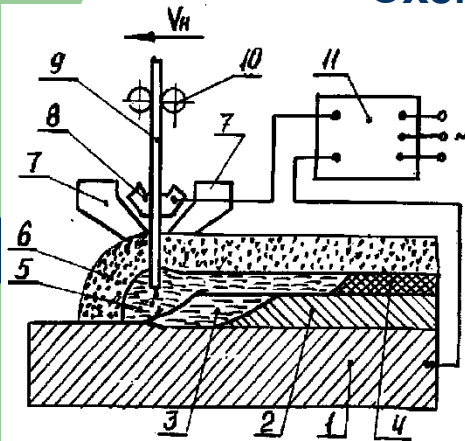
2. Технология сварки кольцевых швов корпусов в узкую разделку

Сварка в узкую разделку кольцевого шва корпуса реактора ВВЭР-1000

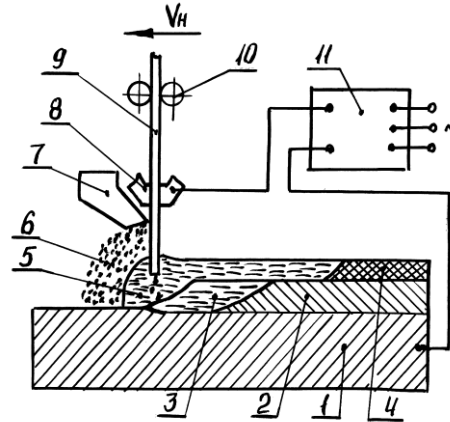


5. Электрошлаковая наплавка однослойного однородного антикоррозионного покрытия

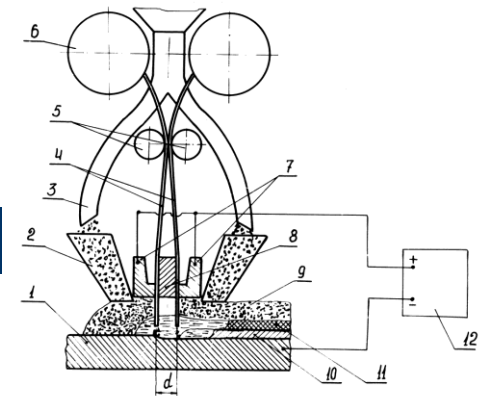
Схема процессов ленточной наплавки



Электрошлаковая наплавка одной лентой



Электрошлаковая наплавка одной лентой с магнитным управлением

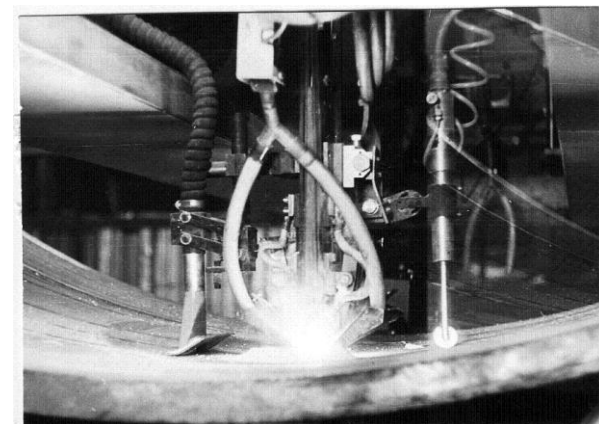


Электрошлаковая наплавка двумя лентами

Внешний вид процессов наплавки



Электрошлаковая наплавка одной лентой



Электрошлаковая наплавка двумя лентами

7. Внешний вид наплавленной поверхности

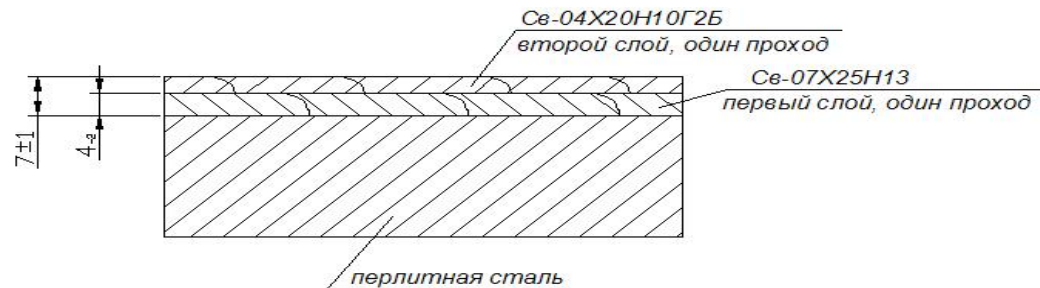


Электрошлаковая наплавка одной лентой



Электрошлаковая наплавка двумя лентами

Технологические варианты антикоррозионной наплавки



6. Сравнительные характеристики процессов наплавки

лентой сечением (0,5x60)мм

Показатели	Ед.изм.	Электродуговой процесс	Электрошлаковый процесс	
			Одноэлектродная наплавка	Двухэлектродная наплавка
Производительность	кг/ч	12-15	22-24	26-28
Доля участия основного металла в наплавленном	%	15-20	7-10	7-10
Расход флюса	кг/ч	15-20	11-14	16-20
Относительная масса шлака	—	1,2-1,3	0,5-0,6	0,55-0,65
Погонная энергия	КДж/м	9,9-15,0	7,3-9,6	8,9-11,6

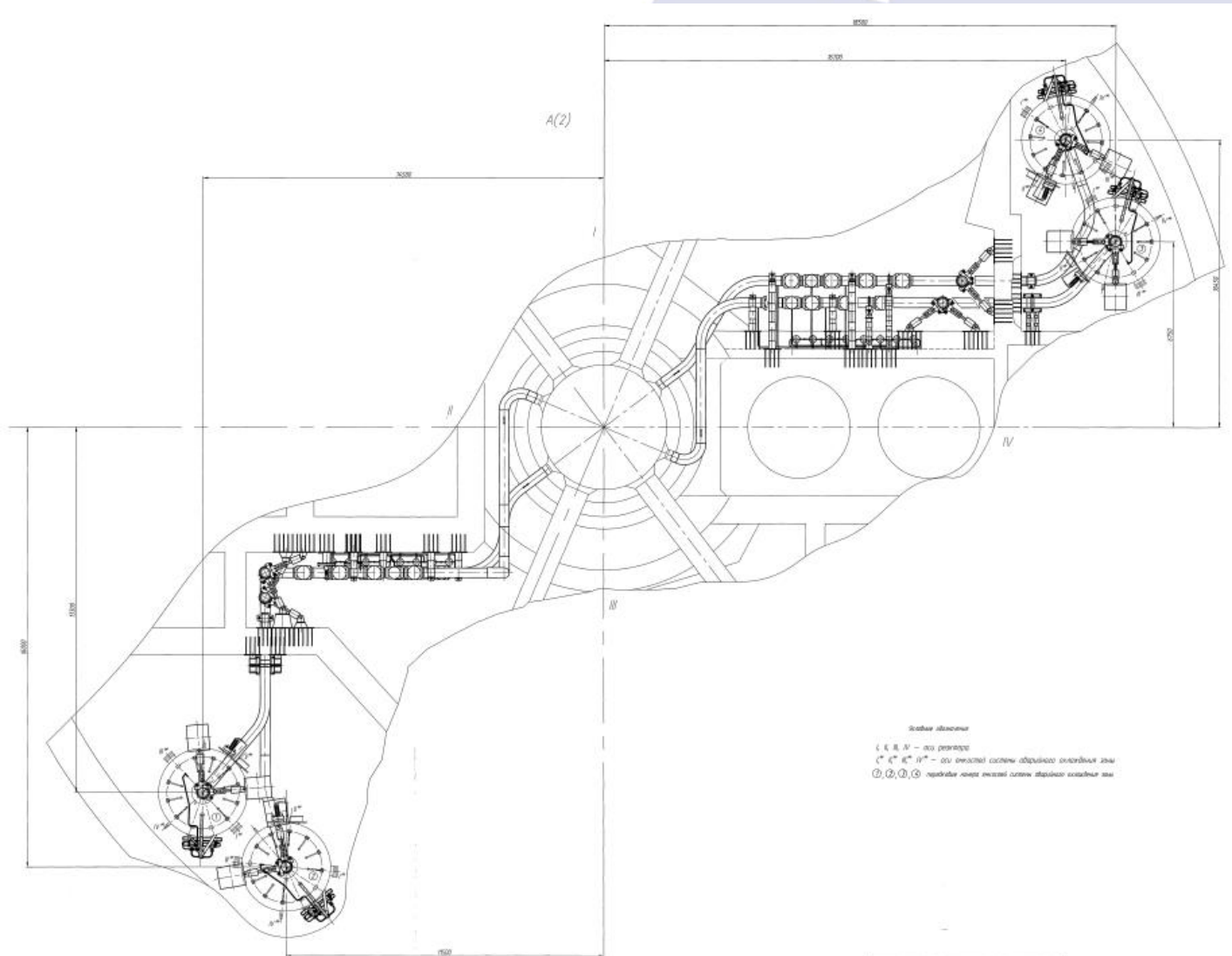
Параметры режима наплавки лентой сечением (0,5x60)мм

Показатели	Ед.изм.	Электродуговой процесс одноэлектродная наплавка	Электрошлаковый процесс	
			Одноэлектродная наплавка	Двухэлектродная наплавка
Сварочный ток	А	700-750	1240-1250	1200-1300
Напряжение	В	32-36	24-26	36-40
Скорость	м/ч	7-9	11-12	14-16
Вылет электрода	мм	35	35	35
Расстояние между лентами	мм	—	—	12-14

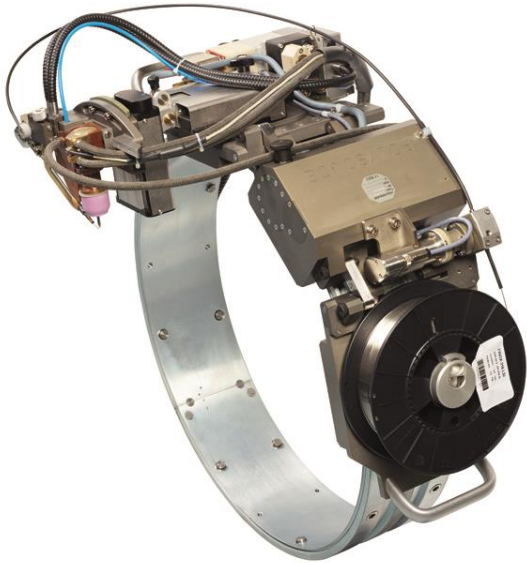
8. Варианты применения способов наплавки лентами при антикоррозионной наплавке

Способ наплавки ленточным электродом под флюсом	Вариант наплавки покрытия					
	Однослойное		Двухслойное		Многослойное	
	Наплавочный слой	Сочетание материалов	Наплавочный слой	Сочетание материалов	Наплавочный слой	Сочетание материалов
Электродуговая наплавка одной лентой			1	Св07Х25Н13 + ФЦ-18, Оф-10, ОФ-40	1	Св07Х25Н13 + ФЦ-18, Оф-10, ОФ-40
	—	—	2	Св04Х20Н11Г2Б + ФЦ-18, Оф-10, ОФ-40	2 и последующие	Св04Х20Н11Г2Б, Св08Х19Н10Г2Б + ФЦ-18, Оф-10, ОФ-40
Электрошлаковая наплавка одной лентой	1	Св02Х22Н11Г2Б Св03Х22Н11Г2Б OK Band 11.72 Soudotape 21.1 + OK Flux 10.10 Record JNT-122	—	—	—	—
Электрошлаковая наплавка двумя лентами	1	Св02Х22Н11Г2Б Св03Х22Н11Г2Б OK Band 11.72 Soudotape 21.1 + OK Flux 10.10 ФЦ-18, ОФ-10	1	Св07Х25Н13 + ФЦ-18, Оф-10	1	Св07Х25Н13 + ФЦ-18, ОФ-10
	—	—	2	Св04Х20Н11Г2Б + ФЦ-18, Оф-10	2 и последующие	Св04Х20Н11Г2Б, Св08Х19Н10Г2Б + ФЦ-18, Оф-10, ОФ-40

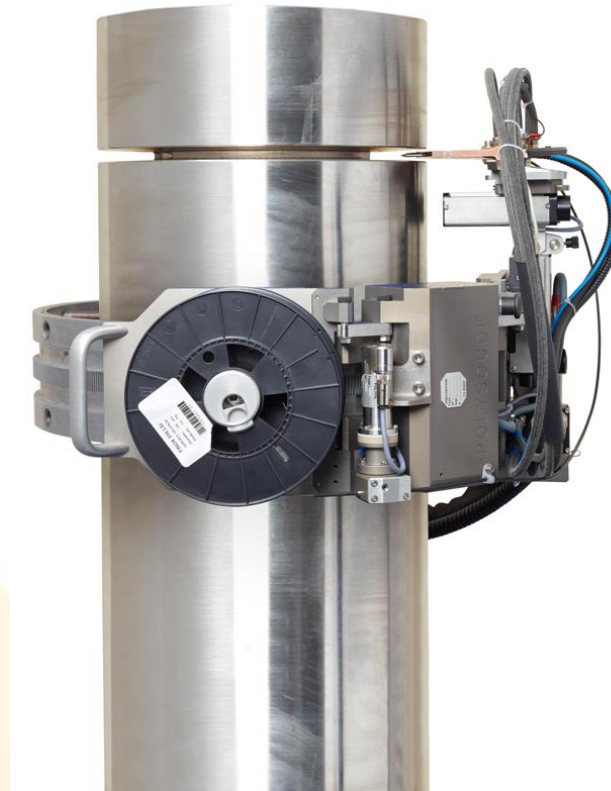
Система трубопроводов КД и САОЗ из нержавеющей стали



Автоматическая аргонодуговая сварка монтажных стыков Ду 290 и Ду 350 КО и САОЗ из нержавеющей стали



Автомат для
орбитальной
сварки в узкую
разделку



Сварка трубы
Ду 350x40 мм из
нержавеющей стали в узкую
разделку (аналог
трубопровода КД и САОЗ)



Источник питания
со встроенным ПК
для
программирования
и записи
параметров
режима

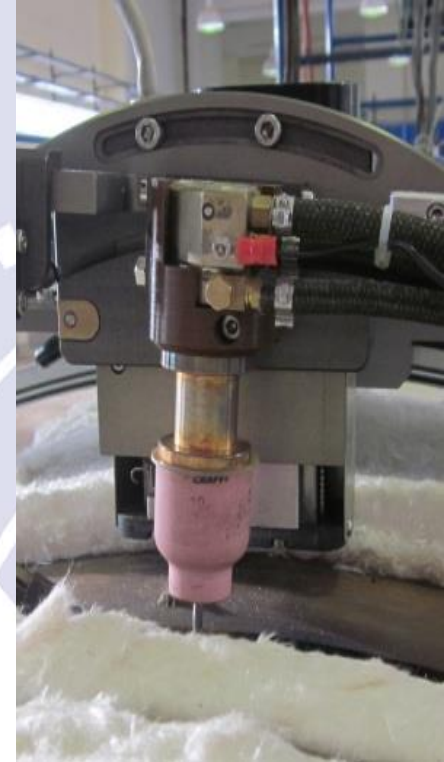
Автоматическая аргонодуговая сварка биметаллических трубопроводов Ду 850 ГЦТ в узкую разделку. **Оборудование.**



Автомат для орбитальной сварки

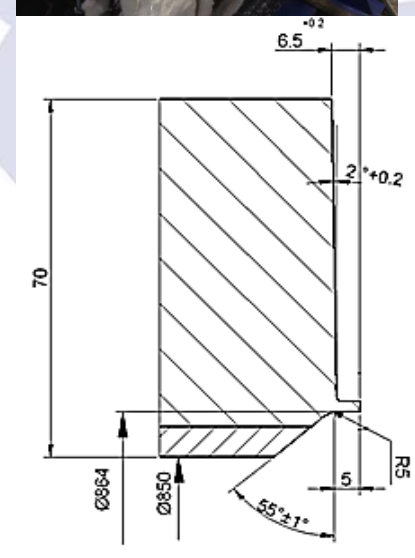
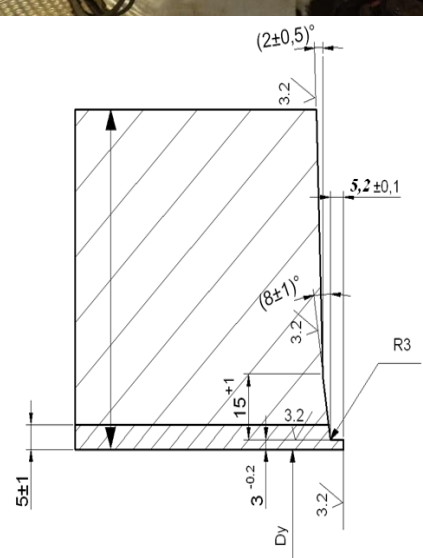
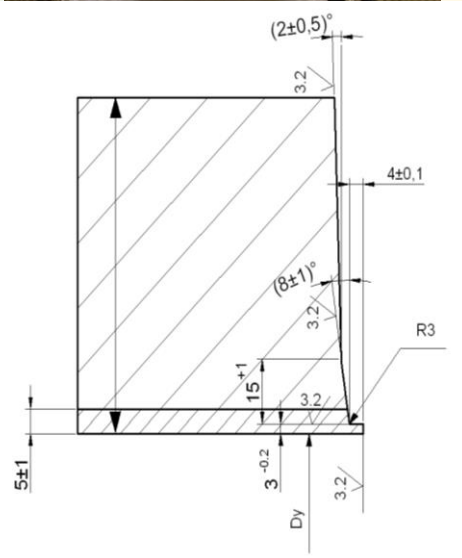


Горелка для сварки в узкую разделку



Горелка для сварки завершающей части разделки

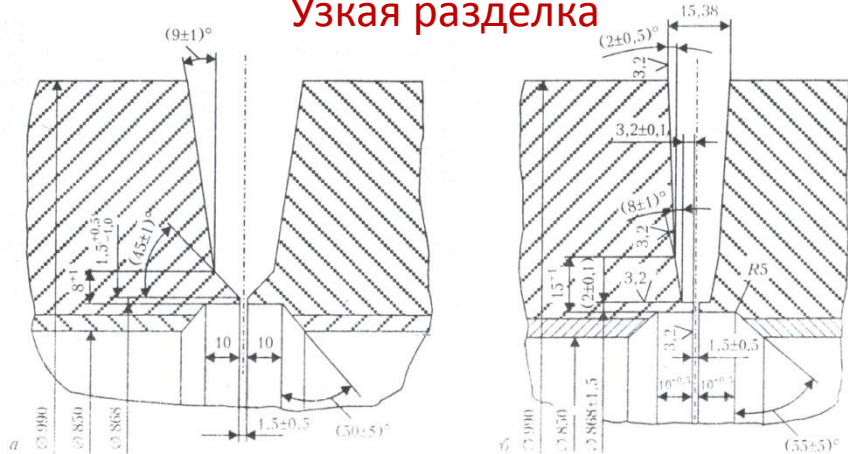
Автоматическая аргодуговая сварка биметаллических трубопроводов Ду 850 ГЦТ в узкую разделку. **Технология.**



Автоматическая аргодуговая сварка биметаллических трубопроводов Ду 850 ГЦТ в узкую разделку. Новые принципы.

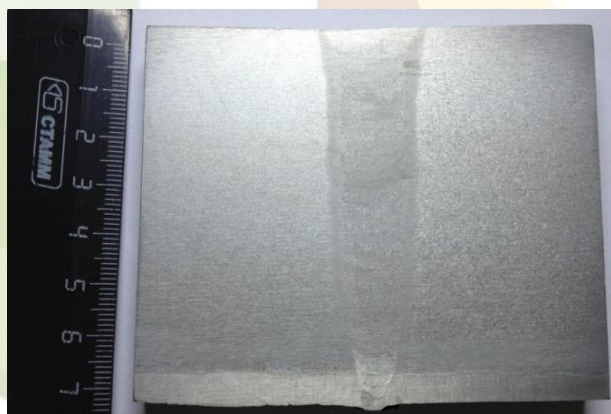


Узкая разделка



Широкая и узкая разделка

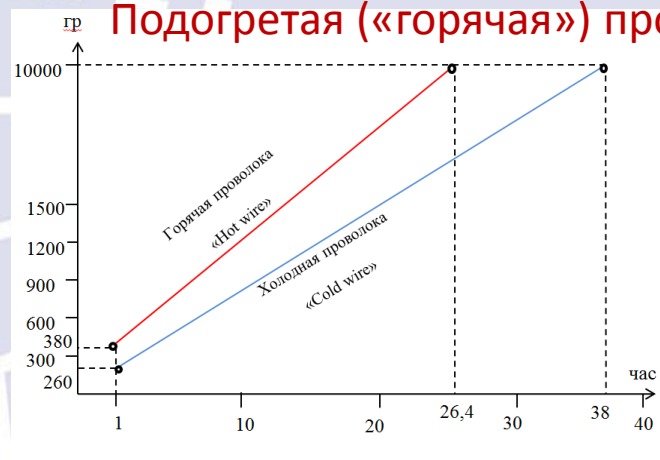
Высокое качество



Новая сварочная проволока Св-10Г1СН1МА исключает пористость



Подогретая («горячая») проволока

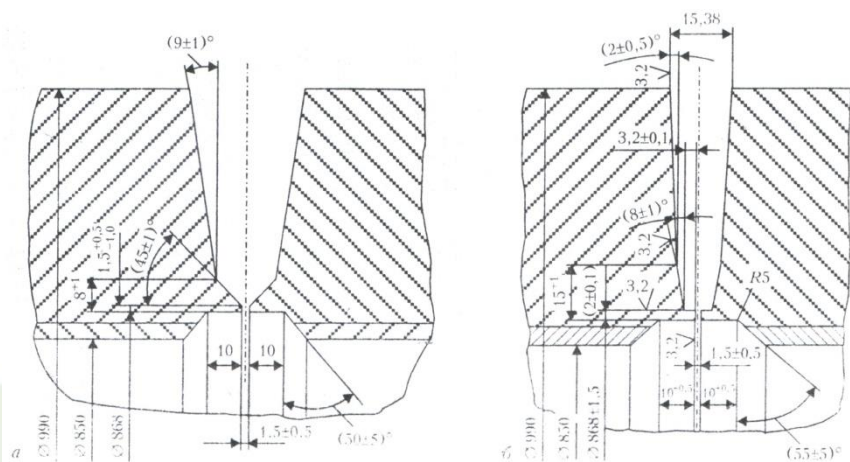


Технология «Hot wire» («горячая» присадочная проволока) повышает производительность в 1,5 раза

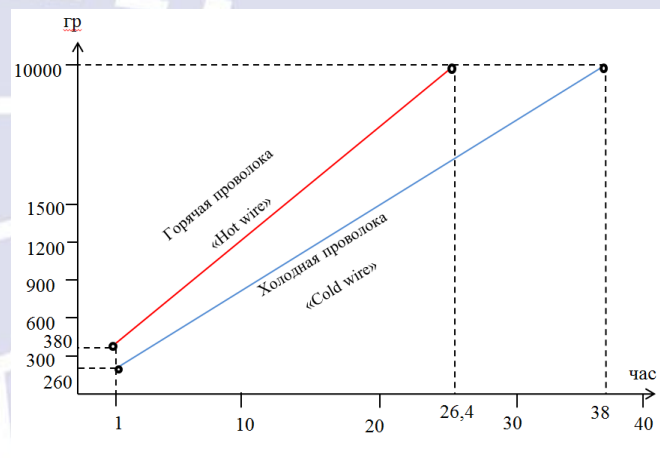
Высокие гарантированные свойства



Сравнение производительности ручной и автоматической сварки трубопроводов ГЦТ Ду850



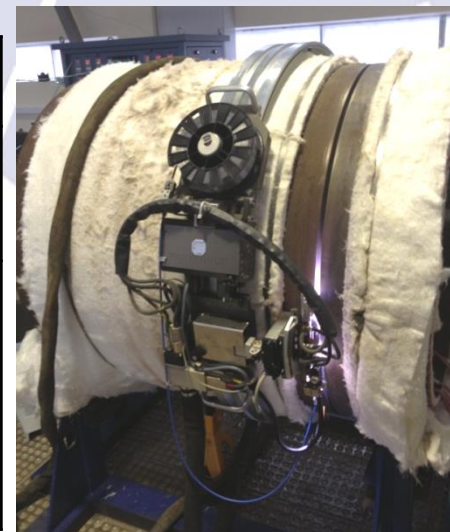
Широкая и узкая разделка



Технология «Hot wire» («горячая» присадочная проволока) повышает производительность в 1,5 раза



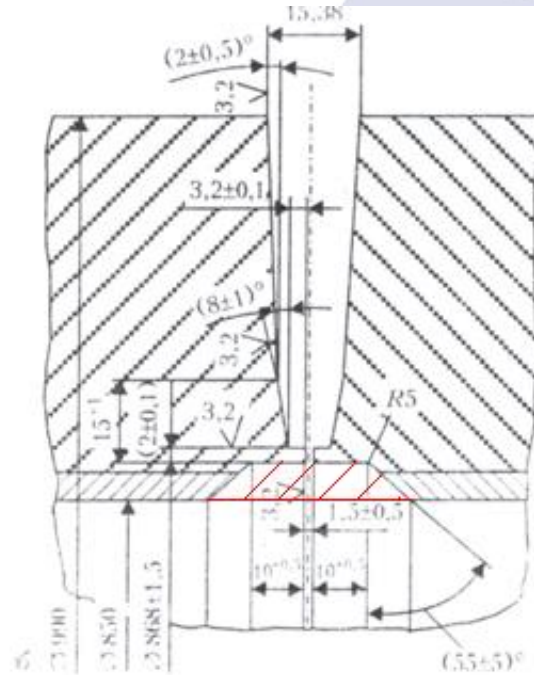
Тип сварки	Время (час)
Ручная сварка покрытыми электродами в стандартную (широкую) разделку	90
Автоматическая аргодуговая сварка в узкую разделку, по технологии разработанной в ОАО НПО «ЦНИИТМАШ» (отсутствует зависимость от физического состояния человека)	30



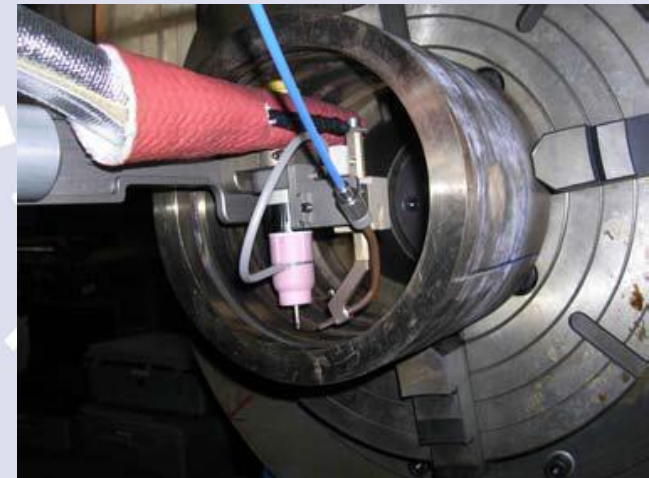
Восстановление антикоррозионной наплавки изнутри трубопровода ГЦТ



Плакированная труба



Разделка под сварку и восстановление плакировки



Автомат для восстановления антикоррозионной наплавки (будет изготовлен по ТЗ ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»)

АНАЛОГОВ НЕТ

Автоматическая антикоррозионная наплавка патрубков ТК и СУЗ (до приварки патрубков)

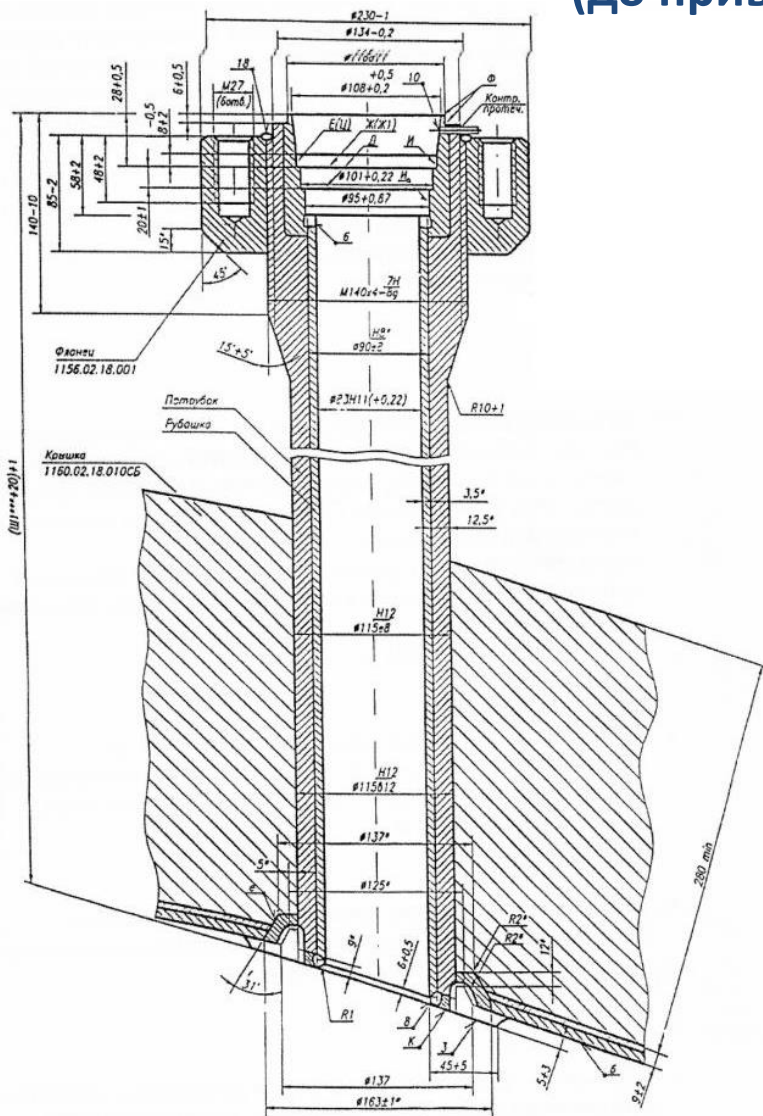


Рисунок 2 – Узел приварки патрубков СУЗ к крышке ВБ установки В-320 (серийные блоки ВВЭР-1000)



Автомат для наплавки изнутри

Антикоррозионная наплавка изнутри патрубка

Диаметром от 60 мм

Автоматическая антикоррозионная наплавка патрубков ТК и СУЗ (после приварки патрубков, ремонтный вариант)

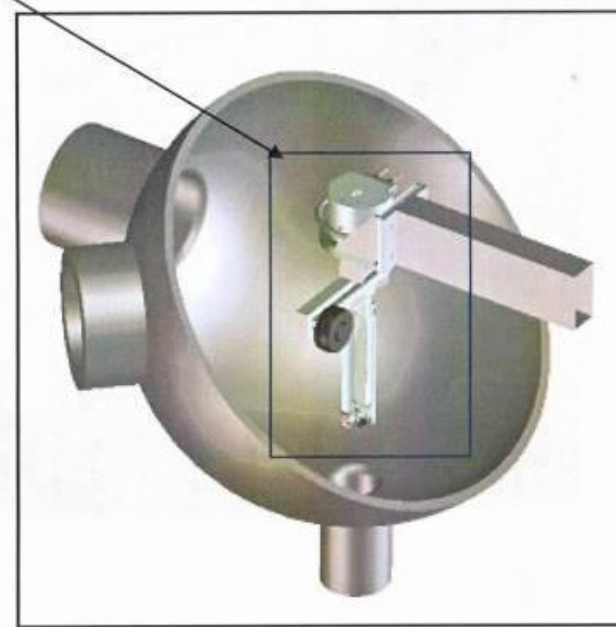


Механизм подачи проволоки

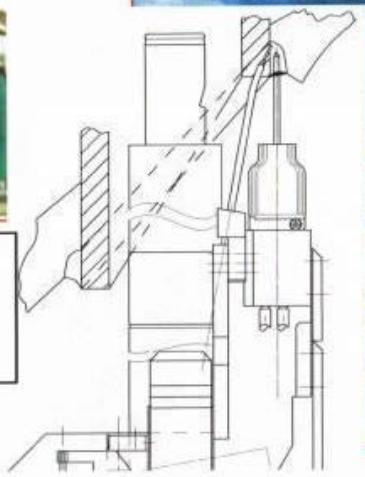
Коллектор вращения

АВС колебания (АРНД)

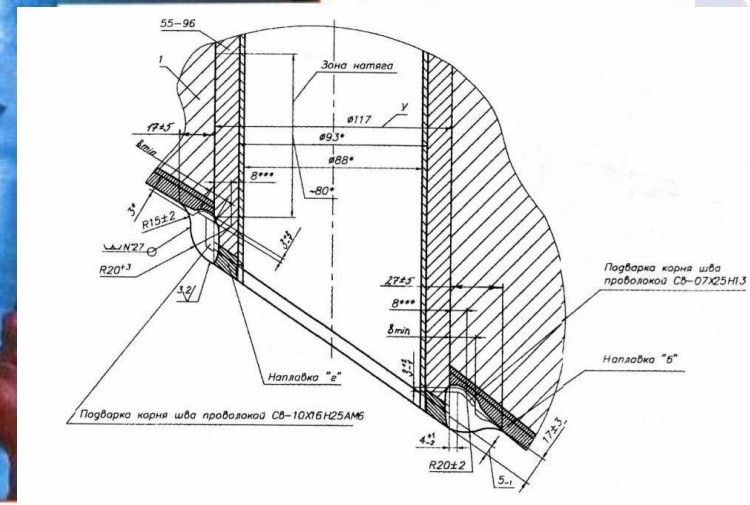
Сварочная головка



Автоматическая приварка патрубков СУЗ к крышке ВБ

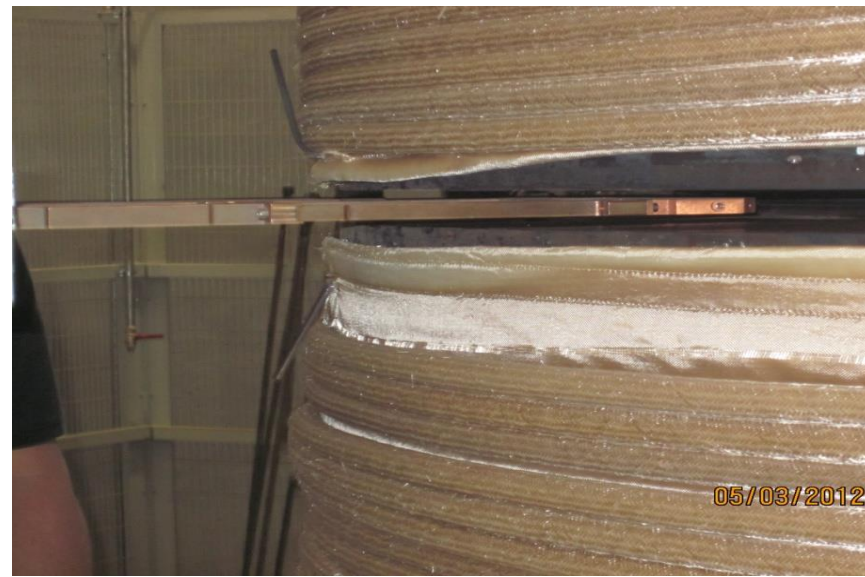


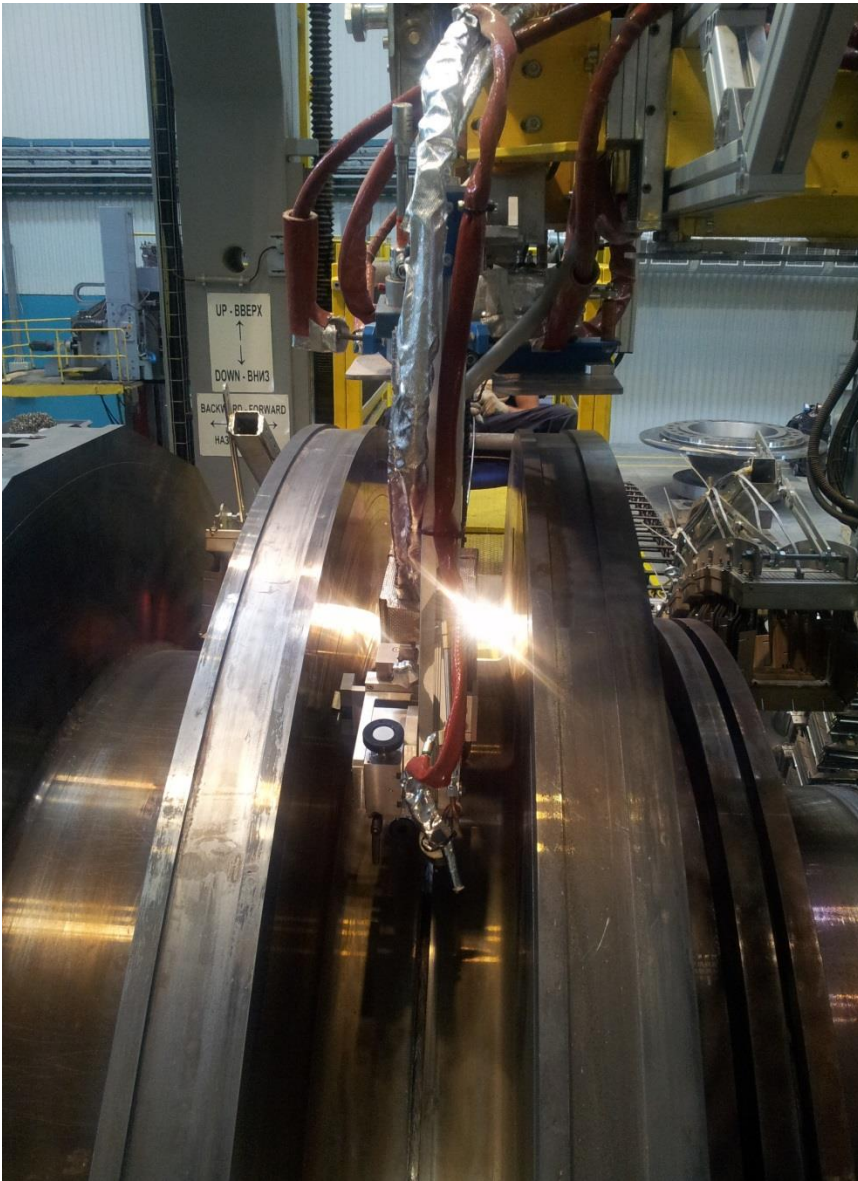
Шов эллиптической формы



Приварка патрубка СУЗ к крышке ВБ ВВЭР-1000

10. Оборудование для сварки роторов







ГНЦ РФ ОАО НПО
«ЦНИИТМАШ»



Спасибо за внимание!

