



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

# Материаловедение

## Лекция 8: Общие вопросы сварки и наплавки

### Часть II. Практика

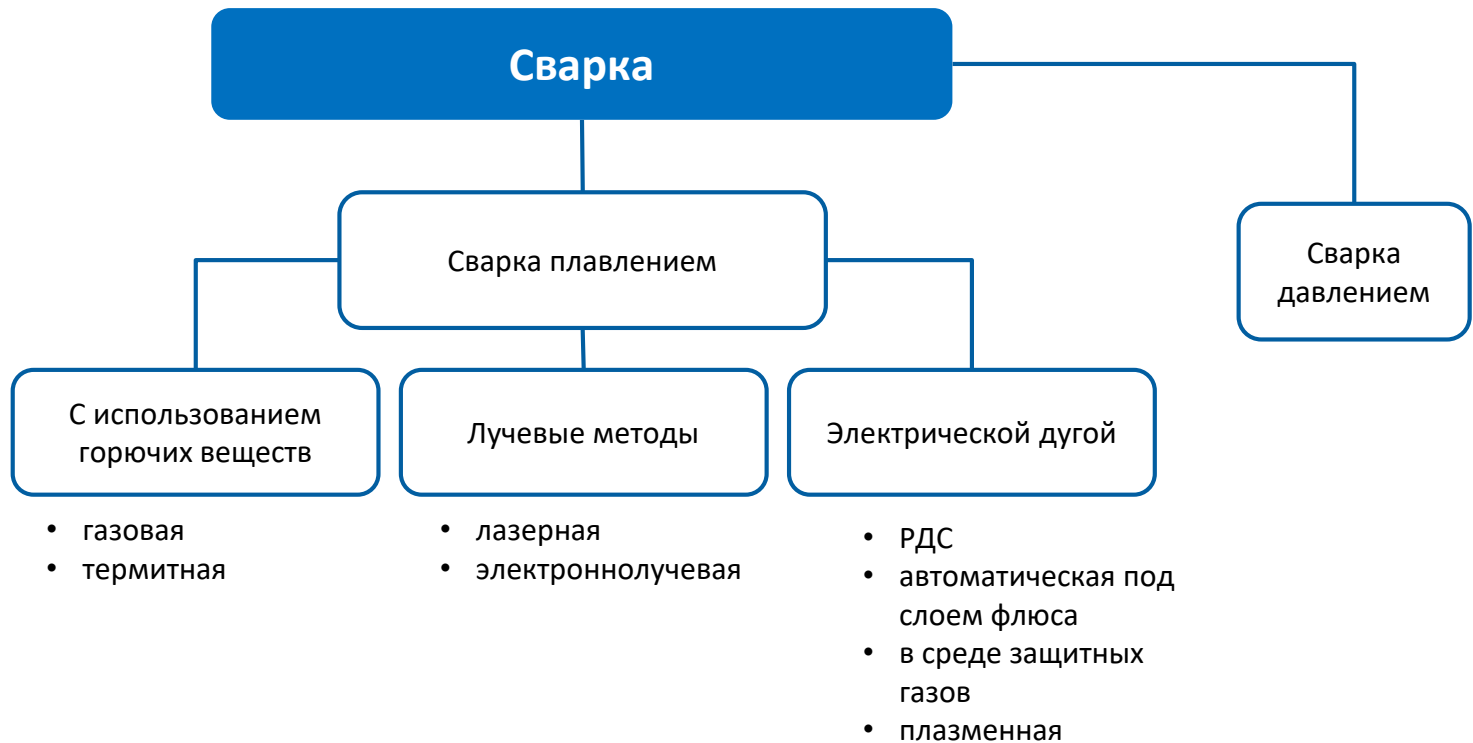
Тхор Игорь Александрович

Начальник группы

07.11.2024

# Сварка

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений путем установления межатомной и межмолекулярной связи между свариваемыми частями детали при нагреве места контакта или пластической деформации или того и другого одновременно. Сварка - еще один способ изготовления конструкций взамен литых, также сварку применяют для исправления дефектов и восстановления, вышедший из строя деталей.



# Виды сварки.



ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM

## Ручная дуговая сварка:

- автоматическая сварка под флюсом;
- электрошлаковая сварка;
- ручная дуговая сварка покрытыми электродами;
- комбинированная сварка (корневая часть шва выполняется аргонодуговой сваркой);
- аргонодуговая сварка неплавящимся электродом с присадочным металлом;
- аргонодуговая сварка плавящимся электродом;
- электронно-лучевая сварка в вакууме;
- плазменная сварка

## Некоторые международные обозначения сварки:

- MMA или MMAW (Manual Metal Arc Welding) — ручная дуговая сварка штучными покрытыми электродами;
- TIG (Tungsten Inert Gas) — дуговая сварка неплавящимся электродом в среде инертного защитного газа;
- MIG / MAG (Metal Inert Gas Welding/ Metal Active Gas Welding) — дуговая сварка плавящимся металлическим электродом (проволокой) в среде инертного защитного газа с автоматической подачей присадочной проволоки;
- SAW (Submerged Arc Welding) — дуговая сварка под флюсом;
- SMAW (Submerged Metal Arc Welding) — автоматическая дуговая сварка металлическим электродом (проволокой) под слоем флюса.
- PAW (Plasma Arc Welding) — плазменная сварка.

# Сварочное оборудование



ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM

**Сварочный трансформатор** - Это аппарат, преобразующий переменное напряжение сети в переменное напряжение для сварки (как правило, понижает переменное напряжение до значения менее 141 В)



## Достоинства:

- дешевизна изготовления;
- высокий КПД (обычно 70–90%);
- сравнительно низкий расход электроэнергии;
- простота эксплуатации и ремонта

## Недостатки:

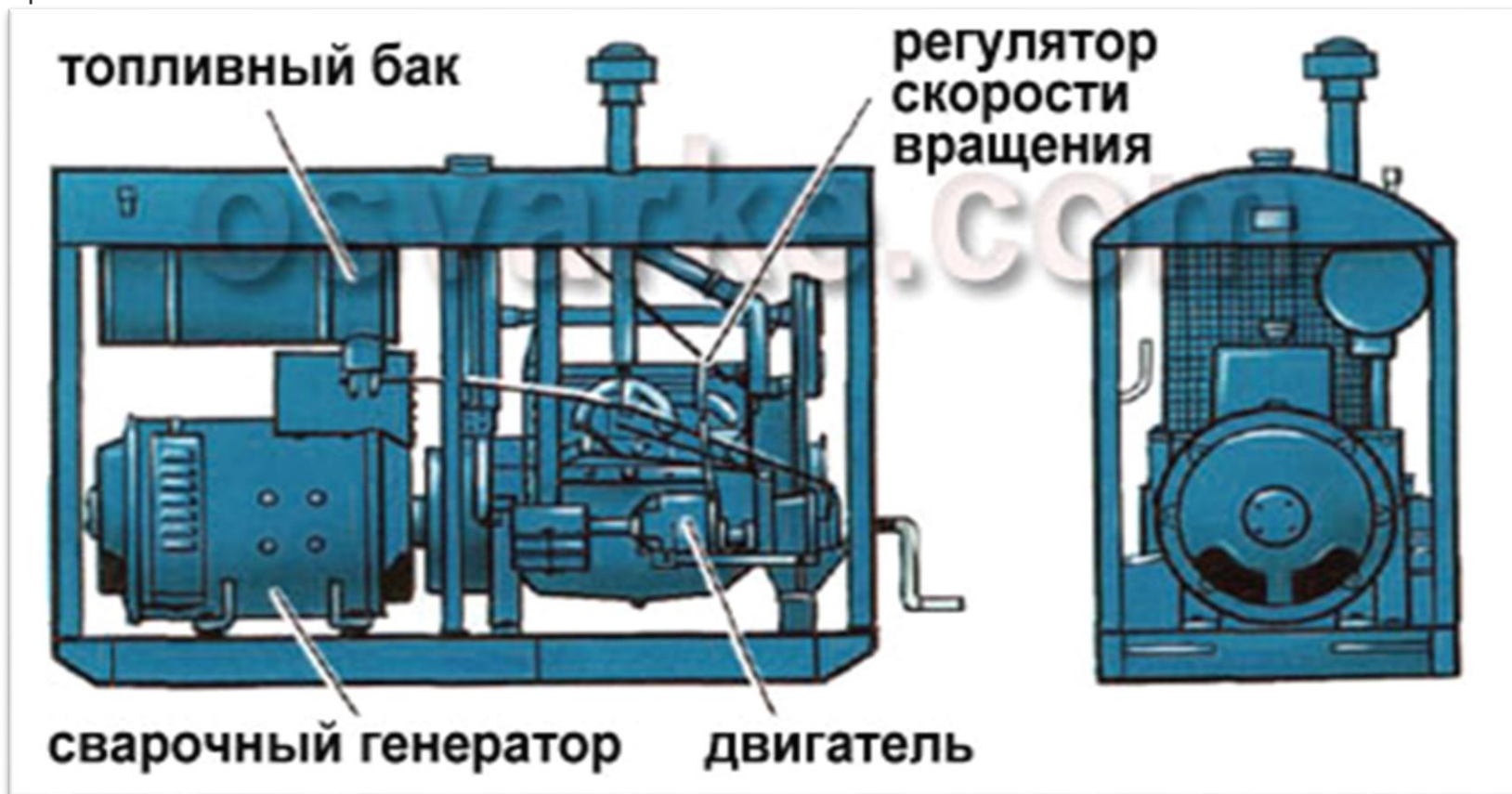
- Для качественной сварки обычно требуются специальные электроды для переменного тока, обладающие повышенными стабилизирующими свойствами;
- Низкая стабильность горения дуги;
- В простых трансформаторах зависимость от колебаний сетевого напряжения

# Сварочное оборудование



ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM

**Сварочный агрегат** представляет собой автономную установку, преобразующую механическую энергию двигателя внутреннего сгорания в электрическую с напряжением и диапазоном токов, необходимыми для электродуговой сварки

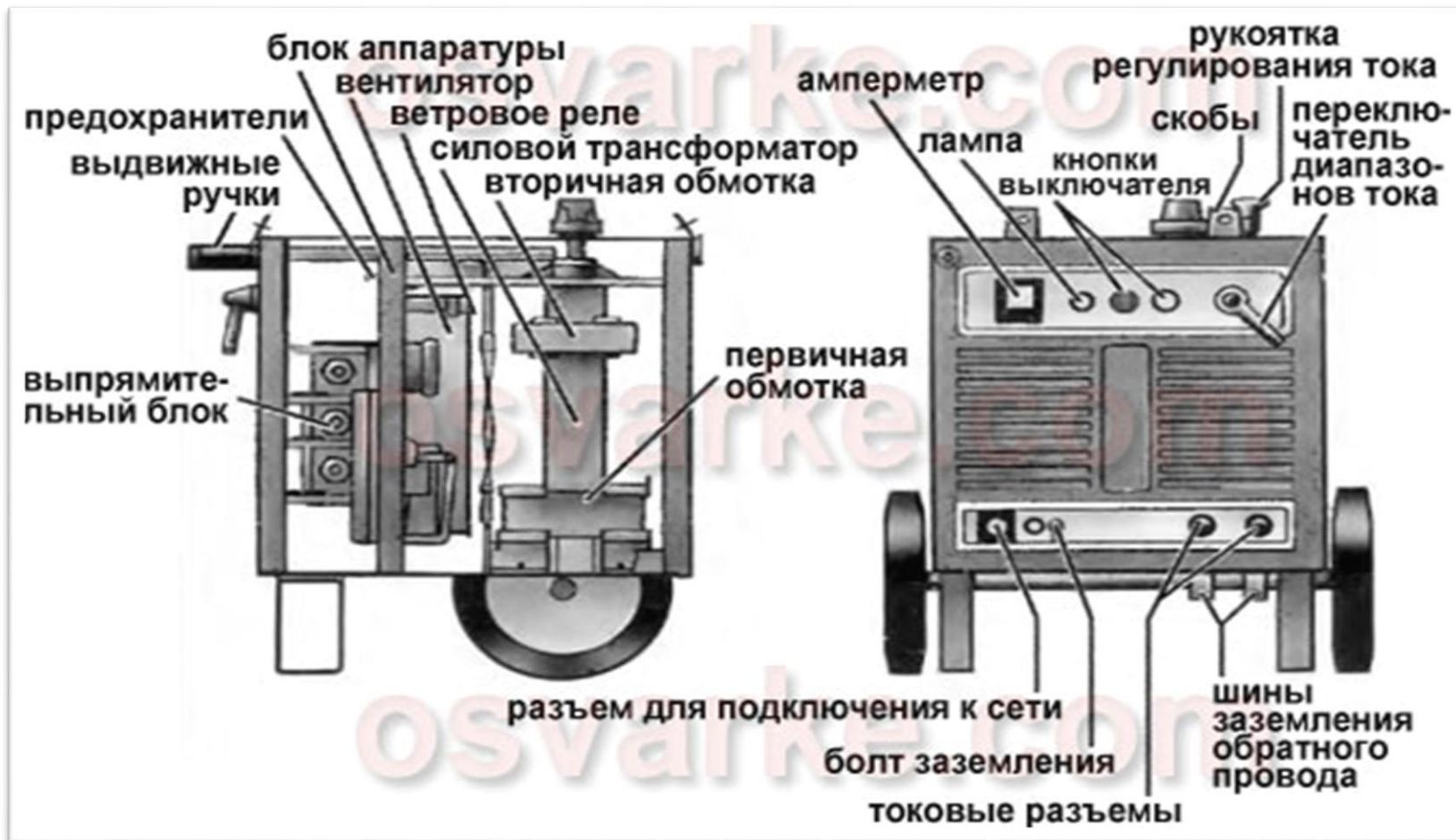


# Сварочное оборудование



ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM

**Сварочный выпрямитель** – аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки



# Сварочное оборудование

**Сварочные инверторы** - современный и удобный в использовании источник сварочного тока



# Сварочное оборудование. Автоматизация процессов сварки

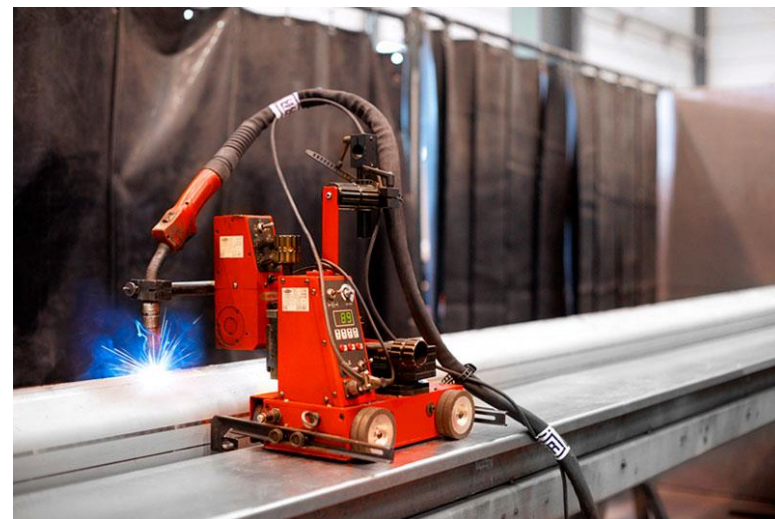
Сварочные колонны



# Сварочное оборудование. Автоматизация процессов сварки



# Сварочное оборудование. Автоматизация процессов сварки



# Сварочные материалы



ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM

## Сварочные материалы:

- Штучные электроды
- Проволока
- Неплавящийся электрод
- Защитные газы
- Флюс
- Прочие расходные материалы



# Сварочные материалы

## Штучные электроды

- Кислые
- Основные
- Рутитовые
- Целлюлозные
- Смешанные
- Прочие



# Сварочные материалы

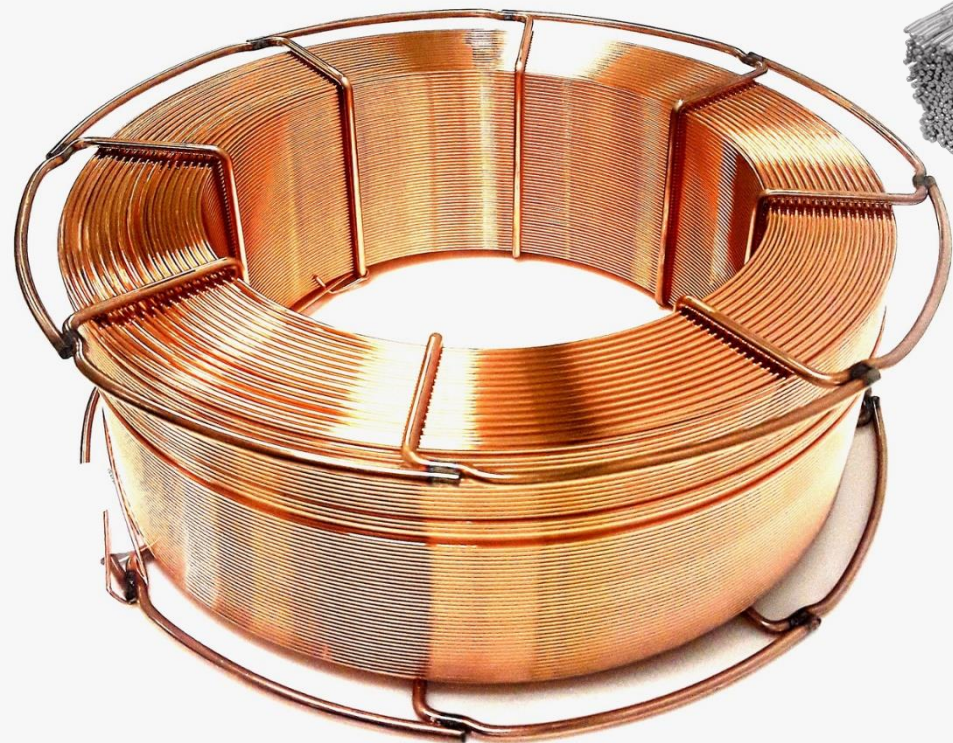


ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM

# Сварочные материалы

## Сварочная проволока:

- Проволока намотанная на бобину
- Присадка
- Порошковая проволока



# Сварочные материалы

Неплавящийся электрод или вольфрамовые электроды применяют при аргонодуговой сварке (TIG). Ими сваривают изделия из металлов и их сплавов: углеродистых и легированных сталей, меди, титана и специальных жаропрочных составов.

## Вольфрамовые электроды



Марка (цветной код)	<b>WP</b> (зеленый)	<b>WT-20</b> (красный)	<b>WC-20</b> Серый	<b>WL-15</b> (золотистый)	<b>WL-20</b> (синий)	<b>WY-20</b> (темно-синий)	<b>WZ-8</b> (белый)
Легирующие элементы	0% (отсутствует)	1,8-2,2% <u>ThO<sub>2</sub></u> (диоксид тория)	1,8-2,2% <u>CeO</u> (диоксид церия)	1,4-1,6% <u>La<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u> (оксид лантана)	1,8-2,2% <u>La<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u> (оксид лантана)	1,8-2,2% <u>YtO<sub>2</sub></u> (диоксид иттрия)	0,7-0,9% <u>ZrO<sub>2</sub></u> (оксид циркония)

# Сварочные материалы



Классификация вольфрамовых электродов:

**WZ-8 (белый)** - содержат 0,8% оксида циркония - алюминий и его сплавы, бронза и ее сплавы, магний и его сплавы, никель и его сплавы.

- **WP (зеленый)** - содержат 99,5% вольфрама - алюминий, магний и их сплавы
- **WC-20 (серый)** - содержат 2 % оксида церия - металлы с высокой температурой плавления (молибден, тантал), ниобий и его сплавы, медь, бронза кремниевая, никель и его сплавы, титан и его сплавы. Подходит для всех типов сталей и сплавов на переменном и постоянном токе.
- **WL-15 (золотистый)**, **WL-20 (синий)** - содержат оксид лантана (1,5% и 2% соответственно). высоколегированные стали, алюминий, медь, бронза. Подходит для всех типов сталей и сплавов на переменном и постоянном токе
- **WY-20 (темно-синий)** - содержат иттрий (1,8-2,2%)- углеродистые, низколегированные и нержавеющие стали, титан, медь и их сплавы.
- **WT-20 (красный)** - содержат оксид тория. - нержавеющие стали, металлы с высокой температурой плавления (молибден, тантал), ниобий и его сплавы, медь, бронза кремниевая, никель и его сплавы, титан и его сплавы.

# Сварочные материалы



Защитные сварочные газы бывают **инертными** (гелий, аргон) и **активными** (кислород, водород, углекислый газ). Применение отдельных защитных газов и их смесей зависит от химического состава свариваемых металлов, технических требований к сварному соединению и других факторов:

- **Аргон.** Чаще им варят чёрные металлы, нержавеющей сталь (аргонодуговым методом TIG) и цветные металлы (методом MIG).
- **Гелий.** Применяется для сварки химически чистых или активных цветных металлов, сплавов на основе алюминия и магния. Часто используется в качестве добавки к аргону.
- **Углекислый газ.** Используется как для полуавтомата (MAG на короткой дуге), так и для ручной дуговой сварки порошковыми электродами. Углекислотой варят сталь.
- **Кислород.** Смешивается с аргонem и углекислотой в концентрации до 10%. Добавление кислорода способствует стабилизации дуги, ускоренному окислению и повышению температуры горения.
- **Водород.** Добавляется в аргон (не более 10%). Улучшает теплопроводность, способствует удалению окисей. Незаменим при сварке высоколегированной (аустенитной) нержавеющей стали.
- **Азот.** В качестве защитной среды применяется для сварки меди. Чаще используют в работе с двухфазными нержавеющими сталями для повышения стойкости шва к коррозии.



# Подготовка сварочных соединений



ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM

Подготовка сварочных соединений включает в себя несколько простых операций:

- Очистка мета сварки от грязи , окалины , ржавчины , масел .
- Обезжиривание
- Разделка кромок
- Сборка
- Прихватка
- Сварка

# Подготовка сварочных соединений



ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM



# Подготовка сварочных соединений



ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM

 **SPICOM**

[www.toolcom.ru](http://www.toolcom.ru)



8-800-700-30-77 - БЕСПЛАТНЫЙ ЗВОНОК ПО РОССИИ

# Подготовка сварочных соединений

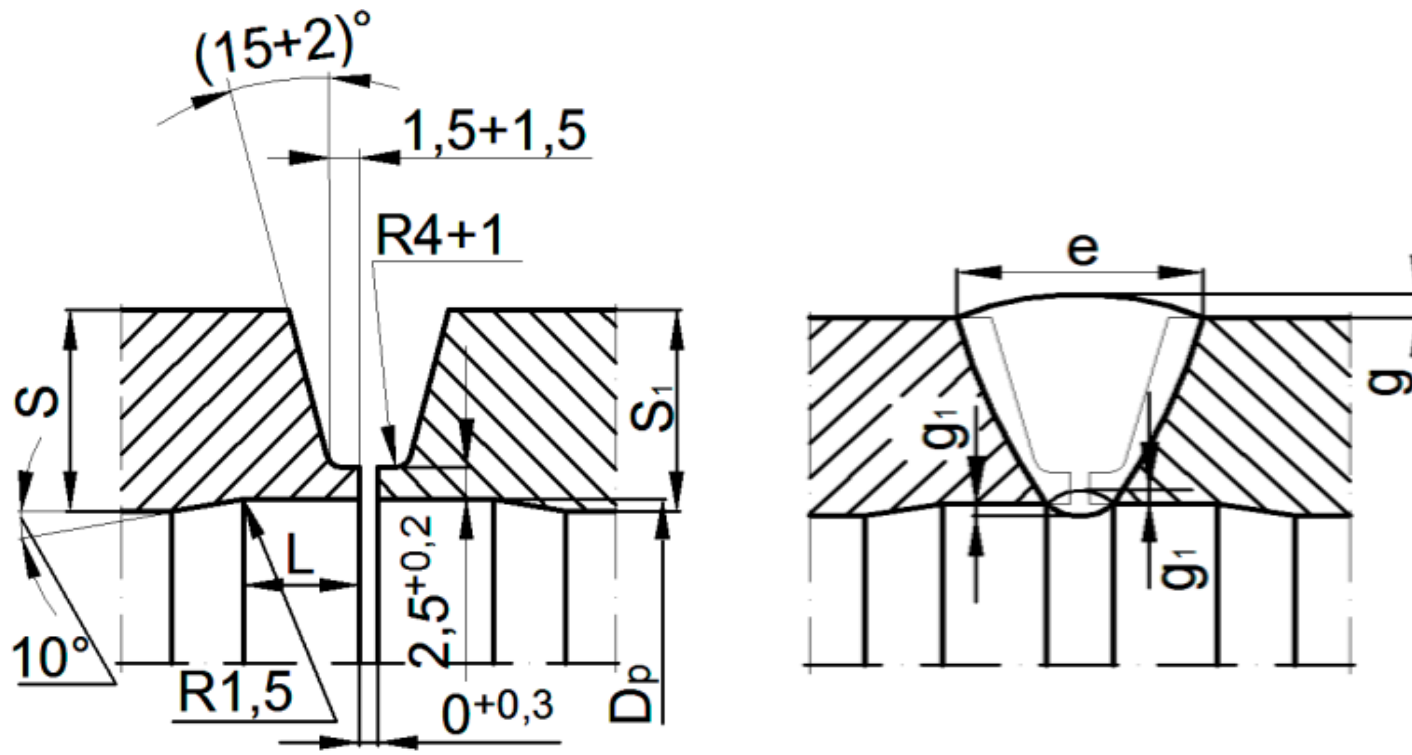


ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM

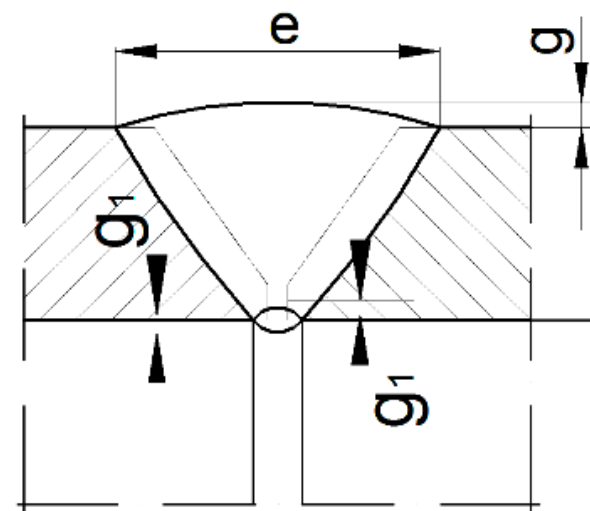
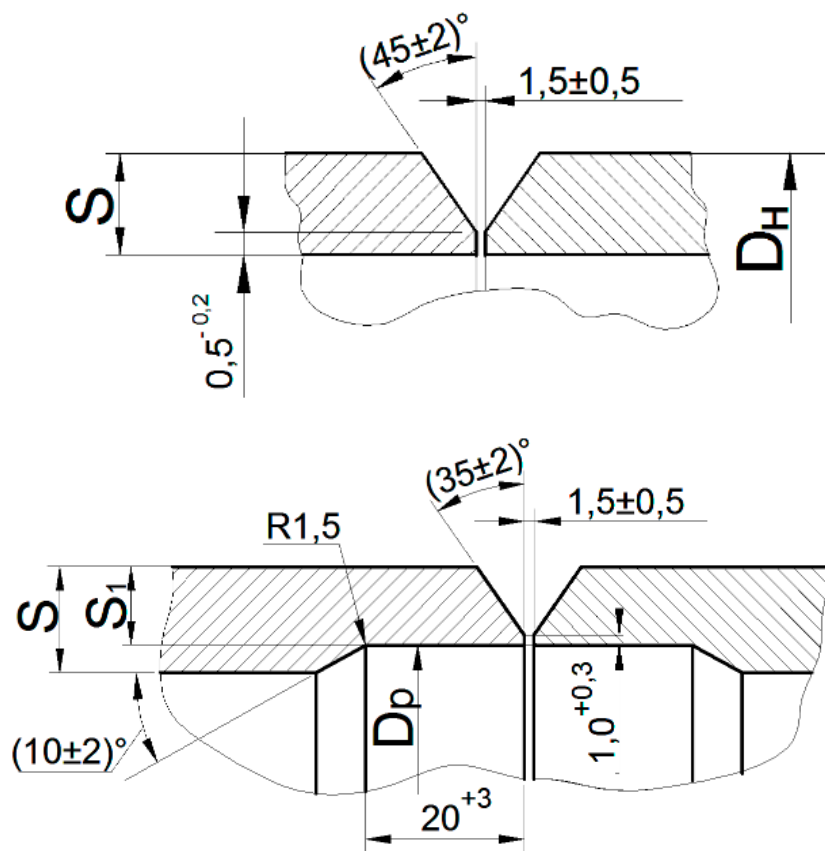


# Сварные соединения

НП-104-18, СТО 79814898 110-2012, СТО 95 114 -2013, ОСТ 24.125.02-89 и другие



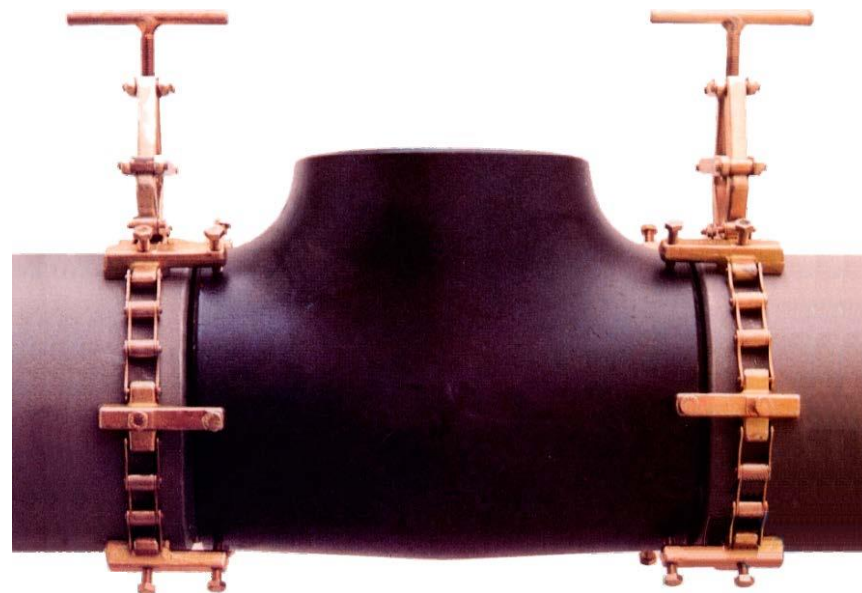
# Сварные соединения



# Подготовка сварочных соединений. Сборка под сварку

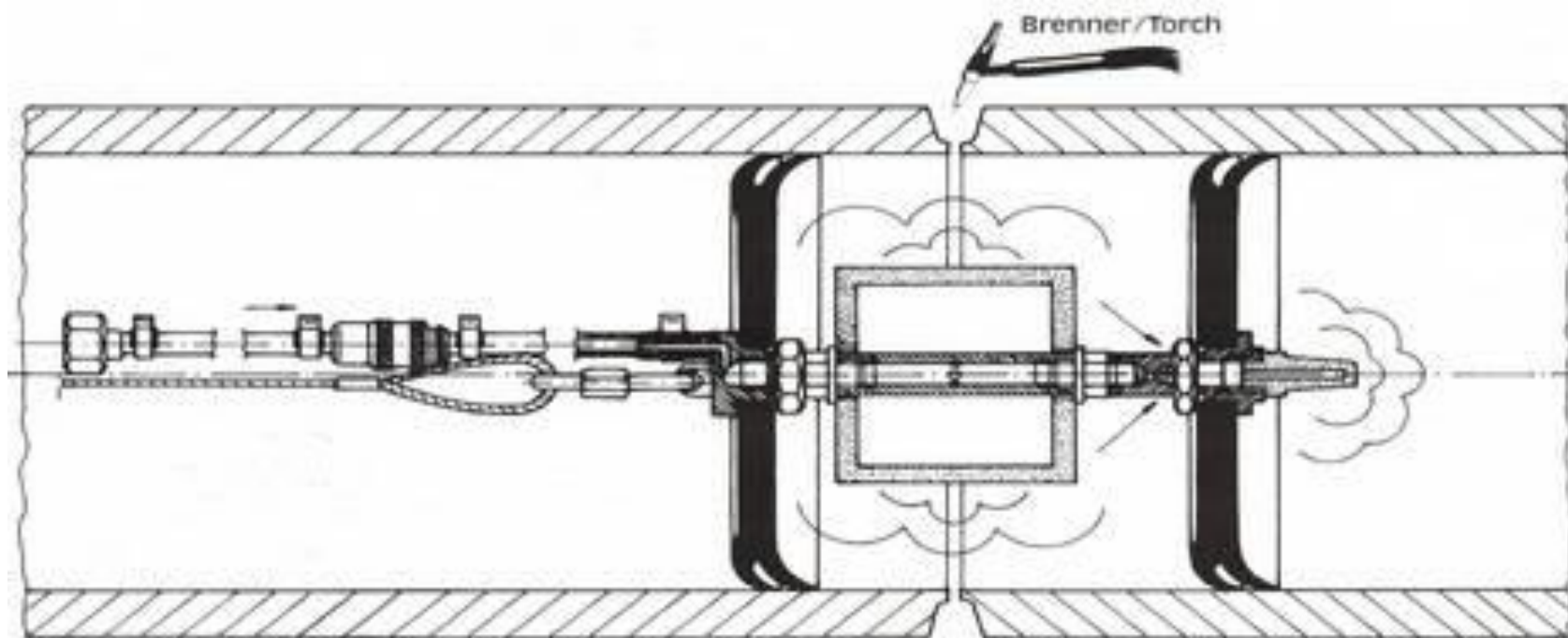


ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM



# Подготовка сварочных соединений

Установка газовой защиты корня шва



# Сварка

**Аргонодуговая сварка** – дуговая сварка в среде инертного газа аргона. Может осуществляться плавящимся или неплавящимся электродом. В качестве неплавящегося электрода обычно используется вольфрамовый электрод.

**Для обозначения аргонодуговой сварки могут применяться следующие названия**

**РАД** – ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом;

**ААД** – автоматическая аргонодуговая сварка неплавящимся электродом,

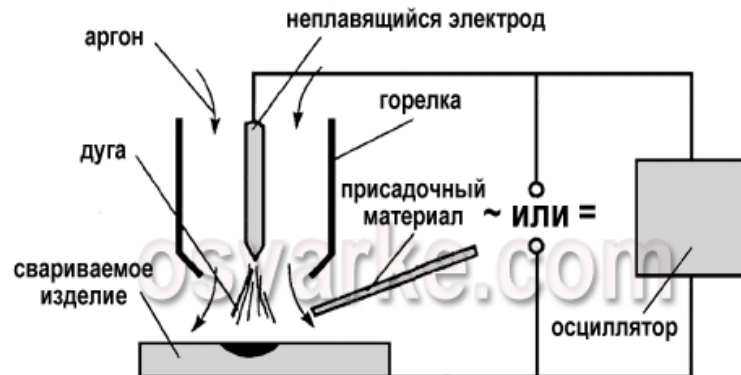
**ААДП** – автоматическая аргонодуговая сварка плавящимся электродом.

**TIG** – Tungsten Inert Gas (Welding) – сварка вольфрамом в среде инертных газов

**GTAW** – Gas Tungsten Arc Welding – газовая дуговая сварка вольфрамом

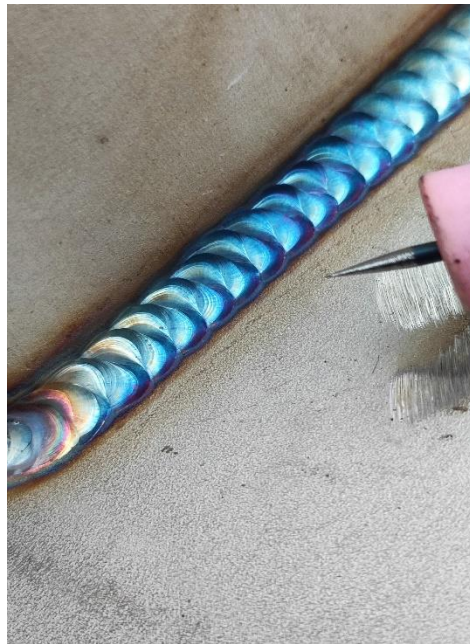
## Технология аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

Аргон практически не вступает в химические взаимодействия с расплавленным металлом и другими газами в зоне горения дуги. Будучи на 38% тяжелее воздуха, аргон вытесняет его из зоны сварки и надежно изолирует сварочную ванну от контакта с атмосферой. Дуга горит между свариваемым изделием и неплавящимся электродом (обычно из вольфрама). Электрод расположен в горелке, через сопло которой вдувается защитный газ. Присадочный материал подается в зону дуги со стороны и в электрическую цепь не включен



# Сварка

## Аргодуговая сварка



# Сварка

## Аргонодуговая сварка





# Сварка

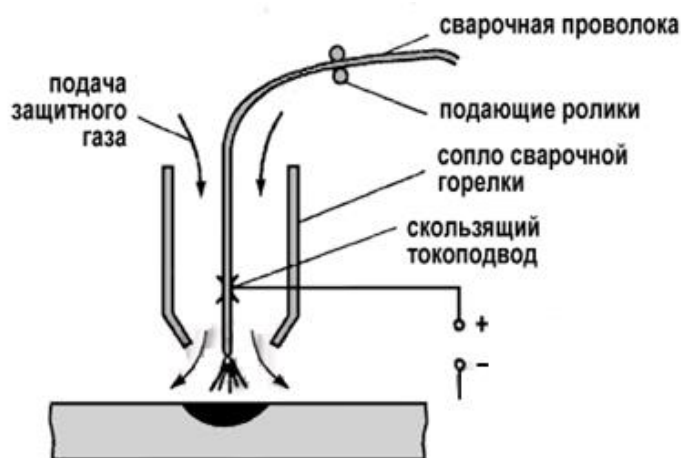


ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM

## Сварка MIG / MAG



- **Полуавтоматическая сварка** – дуговая сварка автоматически подающимся проволочным электродом (проволокой) в среде защитного газа
- **Общепринятые обозначения полуавтоматической сварки**
- **MIG** – Metal Inert Gas (Welding) – металлическая сварка в среде инертного газа  
**MAG** – Metal Active Gas (Welding) – металлическая сварка в среде активного газа  
**GMAW** – Gas Metal Arc Welding – металлическая дуговая сварка в газовой среде
- **Полуавтоматическая сварка в углекислом газе**
- Полуавтоматическая сварка в углекислом газе ( $\text{CO}_2$ ) является основной и наиболее распространенной технологией сварки плавлением на предприятиях машиностроительной отрасли. Она является экономичной, обеспечивает достаточно высокое качество сварных швов, особенно при сварке низкоуглеродистых сталей, возможна в различных пространственных положениях, требует более низкой квалификации сварщика, чем ручная дуговая сварка



Защитный газ, выходя из сопла, вытесняет воздух из зоны сварки. Сварочная проволока подается вниз роликами, которые вращаются двигателем подающего механизма. Подвод сварочного тока к проволоке осуществляется через скользящий контакт.

# Сварка

Сварка MIG / MAG



# Дефекты сварочных соединений



ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM

Неравномерная ширина шва.



# Дефекты сварочных соединений



ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM

## Дефекты сварных соединений.



# Дефекты сварочных соединений

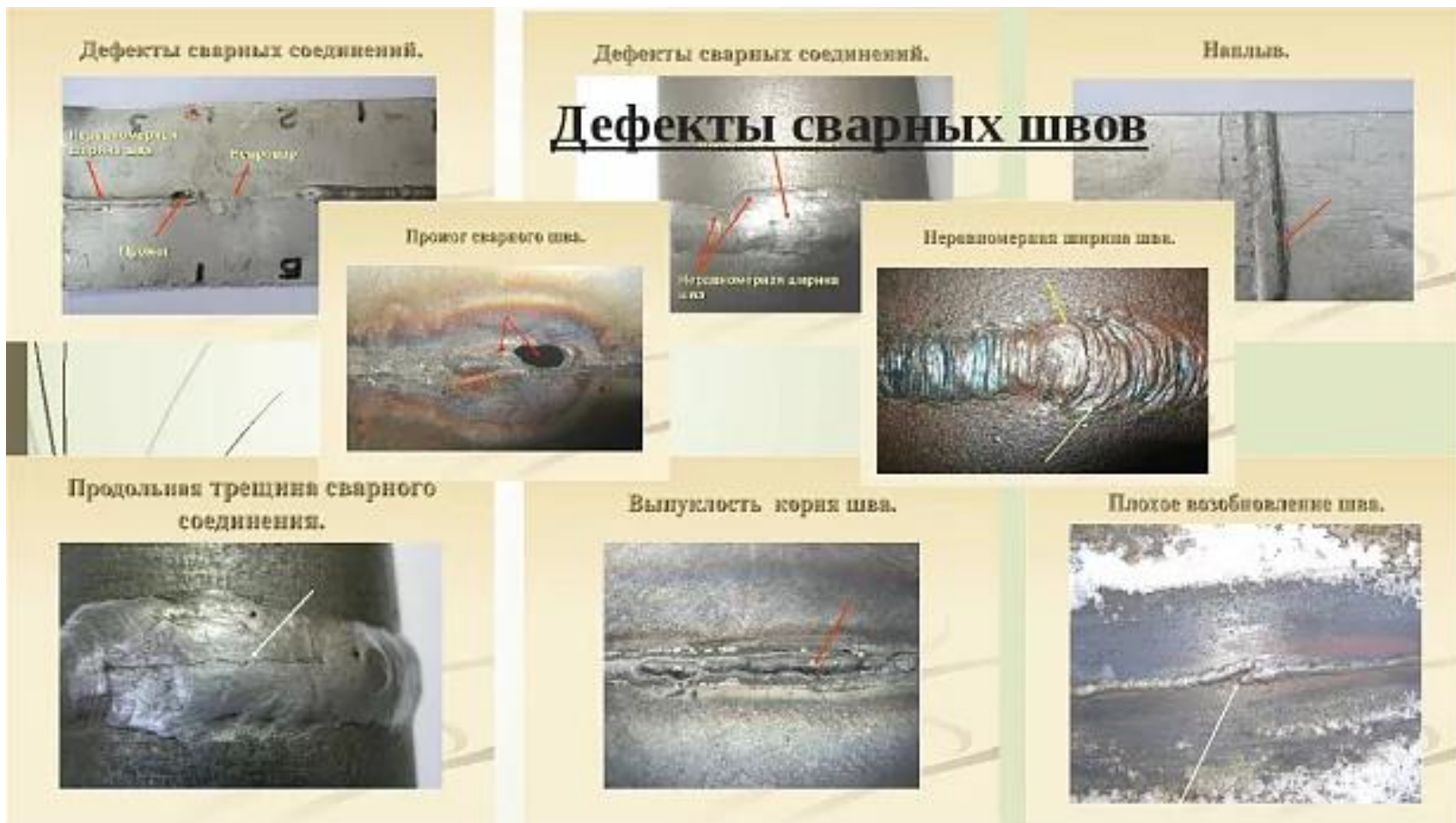
Непровар.



# Дефекты сварочных соединений



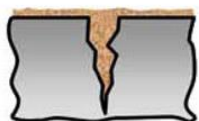
# Дефекты сварочных соединений



# Дефекты сварочных соединений



Этапы капиллярной дефектоскопии согласно EN ISO 3452



1. Дефект



2. Очистка поверхности



3. Нанесение пенетранта



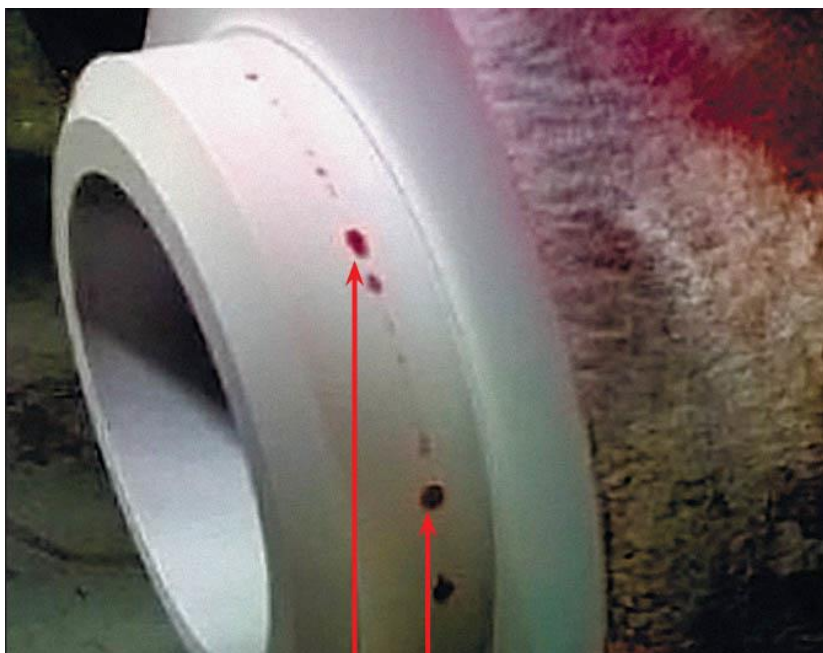
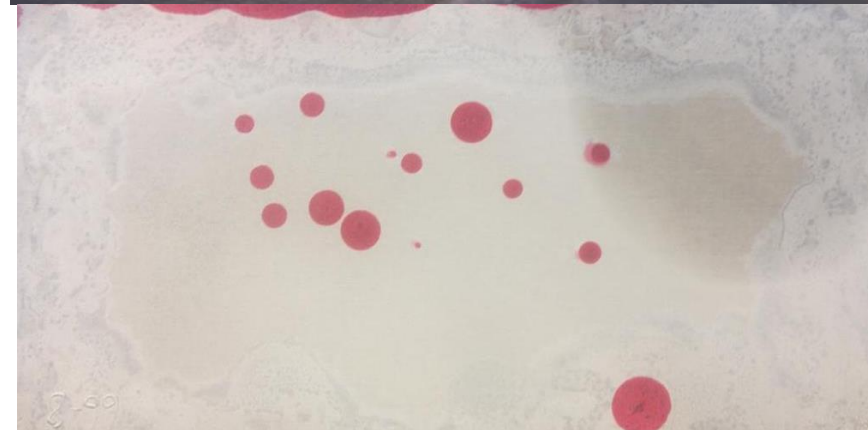
4. Удаление излишков



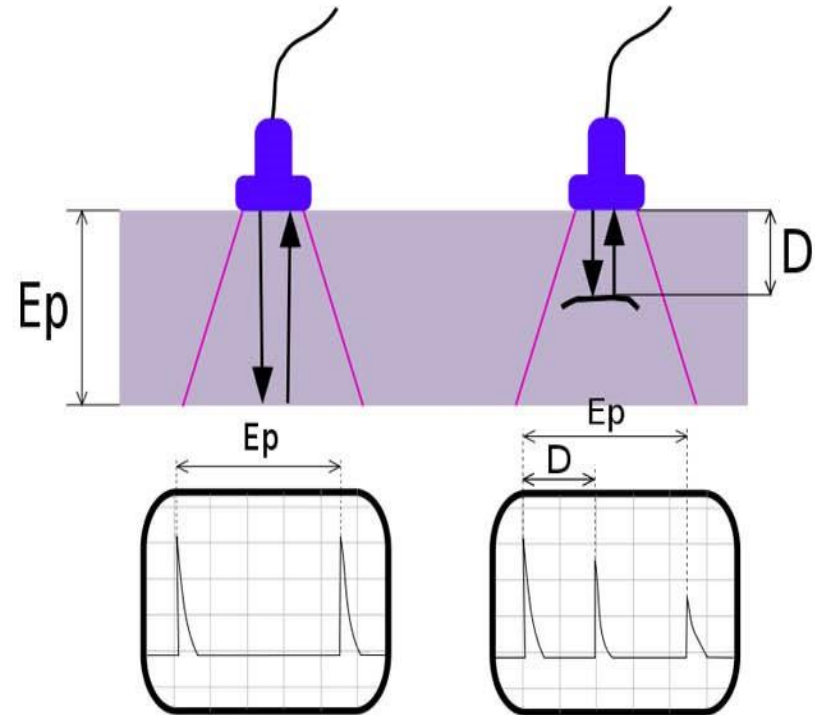
5. Нанесение проявителя



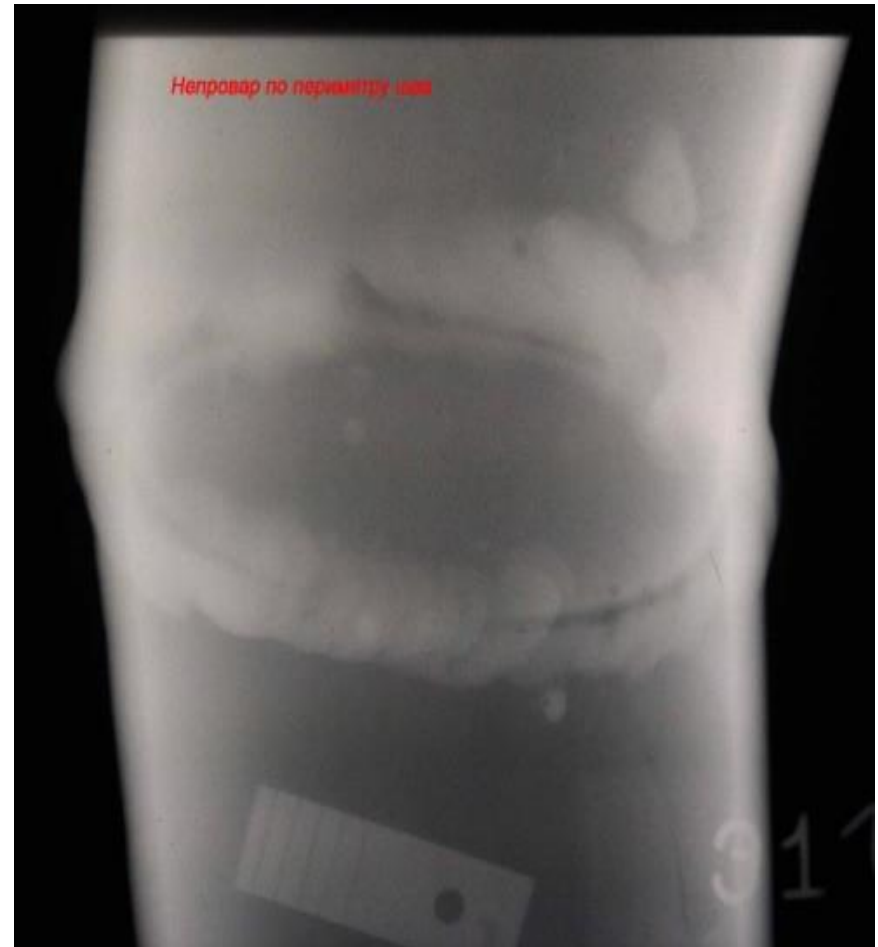
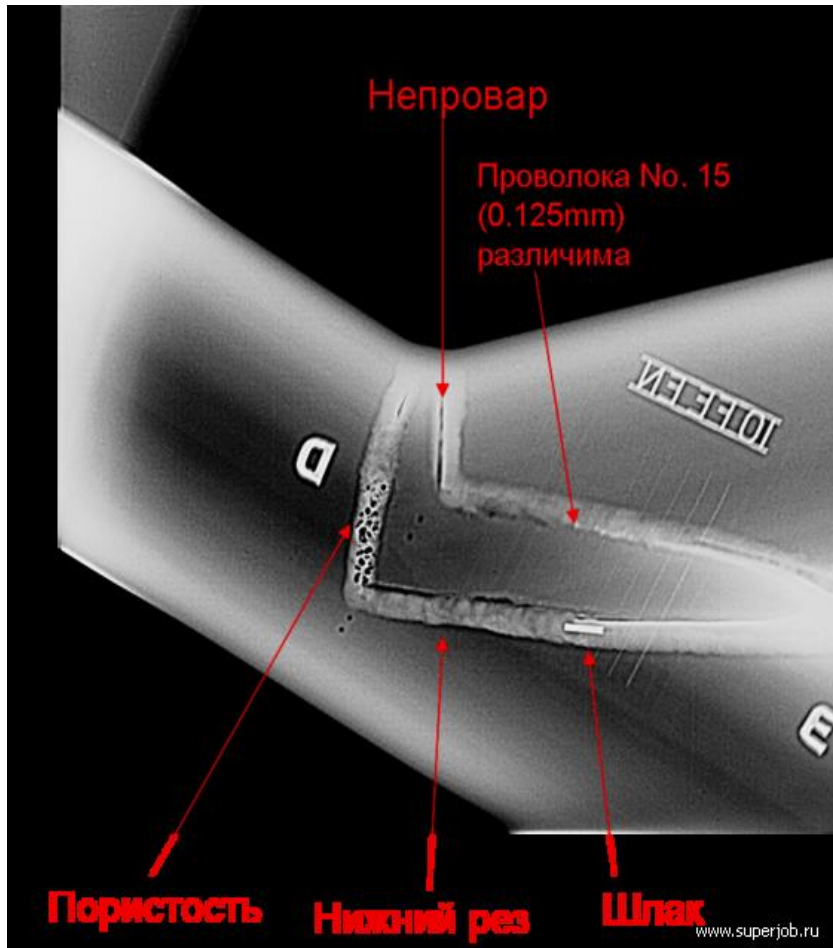
6. Индикация трещины



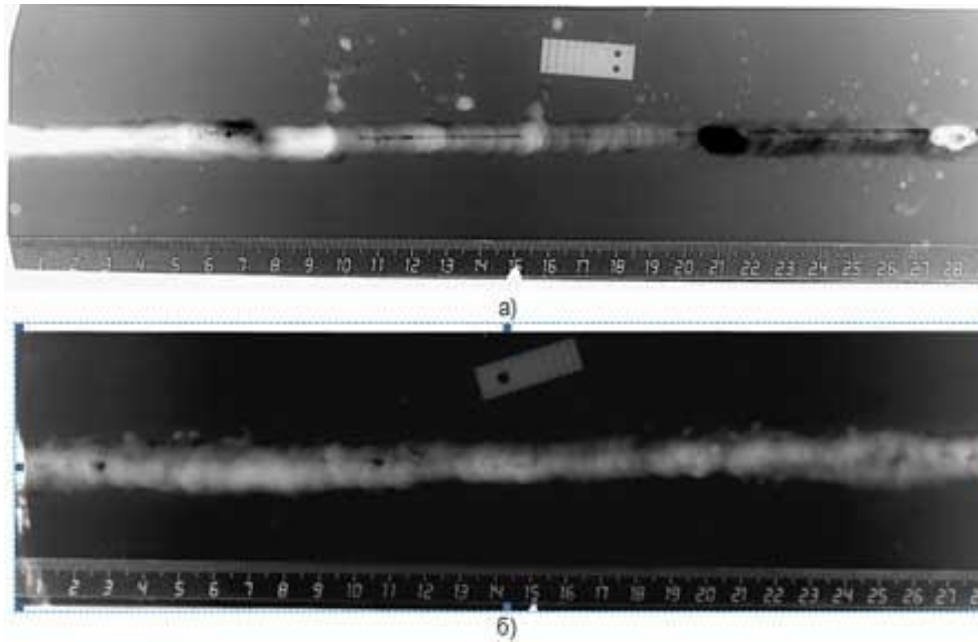
# Дефекты сварочных соединений



# Дефекты сварочных соединений



# Дефекты сварочных соединений



# Дефекты сварочных соединений



ATOMENERGOPROEKT  
ROSATOM