



Производитель
сварочного
оборудования

АО НПФ «ИТС»

Санкт-Петербург



Компетенции в области
производства порошковых
проволок.
Экономика внедрения
технологии.

Автор доклада:
Житков Алексей Эдуардович

Заместитель технического директора
по материалам АО НПФ «ИТС»



Производитель
сварочного
оборудования

АО НПФ «ИТС»

Санкт-Петербург

ПРОИЗВОДСТВО ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК

Высоколегированных

Порошковые проволоки для сварки технологически сложных направлений:

- Сварка плакированных (биметаллических) труб
- Сварка разнородных материалов
- Наплавка

Герметичных

Герметичная проволока рутилового типа
POWER PIPE 60R
POWER PIPE 90R

Низколегированных

Замковая проволока рутилового типа
POWER PIPE 60RZ
POWER PIPE 90RZ

nfafez.ru
АО НПФ «ИТС», Санкт-Петербург





Производитель
сварочного
оборудования

Завод «Электросварка» (АО «ЭСВА»), группа компаний «ИТС»

от танкоремонтного завода - в наши дни

nfa fets, ru
АО НПФ «ИТС», Санкт-Петербург

Более полувека назад, в 1958 году, в Калининграде на территории немецкого танкоремонтного завода был открыт «Завод сварочного оборудования и технологических лазеров». Он поставлял свою продукцию на крупнейшие стройки страны.

Его правопреемник, Открытое акционерное общество «ЭЛЕКТРОСВАРКА» (ЭСВА), с 2004 года входит в группу компаний по производству сварочного оборудования и материалов – АО «Научно-производственная фирма «ИТС».

Резидент Особой экономической зоны в Калининградской области, АО «ЭСВА» – завод полного цикла с собственным заготовительным, инструментальным, трансформаторным и сварочно-сборочным участком.

Общая территория завода – 6,8 га, общая площадь цехов составляет около 15000 кв. метров.

В год предприятие выпускает более 16 000 единиц готовой продукции: от небольших сварочных машин и материалов до автоматизированных комплексов, используемых в машиностроении и тяжёлой промышленности.

Производство порошковых сварочных проволок занимает особое место в номенклатуре завода.

Это первое в России производство порошковых проволок.



Производство порошковых проволок на заводе «ЭСВА»

Производительность намоточных станов (8 станов) более 6 000 тонн в год при 12-часовой работе и 6-дневной рабочей неделе.

Производительность волочильных станов (4 стана) - 6 000 тонн в год при 12 часовой работе и 6-дневной неделе.

- В 2007 году на АО «ЭЛЕКТРОСВАРКА» (входит в группу компаний «ИТС») началось первое в России производство порошковых проволок по технологии неполного цикла. Отраслевые направления – судостроение, нефтегазовый сектор и мостостроение.
- В течение 5 лет (до 2012 года) решались вопросы подготовки кадров, в том числе научных, выбора схемы изготовления порошковых проволок по технологии полного цикла, контроля качества, внедрение системы СМК, отработка композиций проволок.
- В период 2015-2019 годы на заводе «ЭЛЕКТРОСВАРКА» приобретены и запущены 3 новых современных волочильных стана со скоростью протяжки проволоки 14 м/с для производства низколегированных порошковых проволок по технологии неполного цикла (2,4-1,2 мм), один волочильный стан (4,7-2,4 мм) и новый стан полного цикла для производства высоколегированной замковой порошковой проволоки. В этом же году произведена закупка новейшего оборудования для производства низколегированных порошковых проволок по технологии полного цикла (включающего линию лазерной сварки по образующей заготовки и заполнение заготовки шихтой, линию перемешивания шихтовых материалов).
- В 2018 приобретен новейший стан для производства замковых высоколегированных проволок по технологии полного цикла. В 2021 году началось производство высоколегированных проволок по технологии полного цикла.
- В 2020 году на АО «ЭЛЕКТРОСВАРКА» приобретен новейший стан для производства замковых низколегированных проволок по технологии полного цикла. В 2021 году началось производство низколегированных проволок по технологии полного цикла.



Исследовательская работа и контроль качества

На заводе имеется лаборатория. Предприятие сотрудничает с различными научными и отраслевыми центрами компетенции.

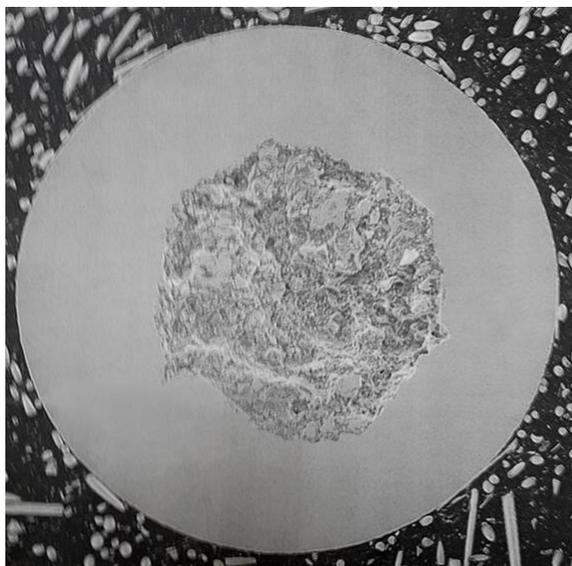
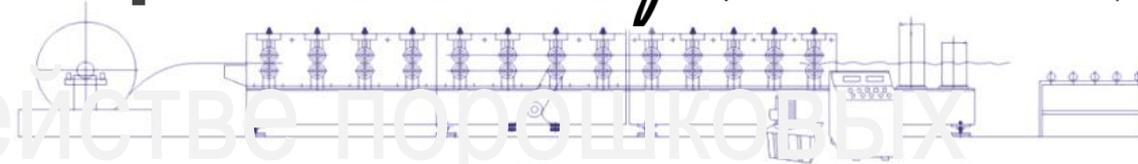
АО ЭЛЕКТРОСВАРКА» укомплектована следующим оборудованием для выходного контроля готовой продукции и исследования состава наплавленного металла из изготовленных порошковых проволок:

- Машина для растяжения образцов марки ИР 5082 200 с $P_{max}=300$ кН (30т) (Госреестр №50109-12).
- Машина для определения ударной вязкости со станцией холода – копер маятниковый марки МК-300 (Госреестр №39631-08), криотермостат жидкостной к копру МК-300 (диапазон рабочих температур от -80С до +100С).
- Машина для определения химического состава наплавленного металла – спектрограф эмиссионного типа «Искролайн 100».



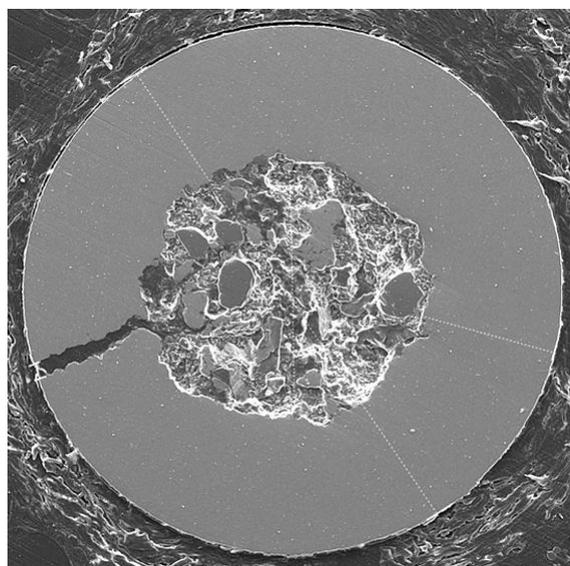
Классификация порошковых проволок

КТО ЕСТЬ КТО В СЕМЕЙСТВЕ ПОРОШКОВЫХ

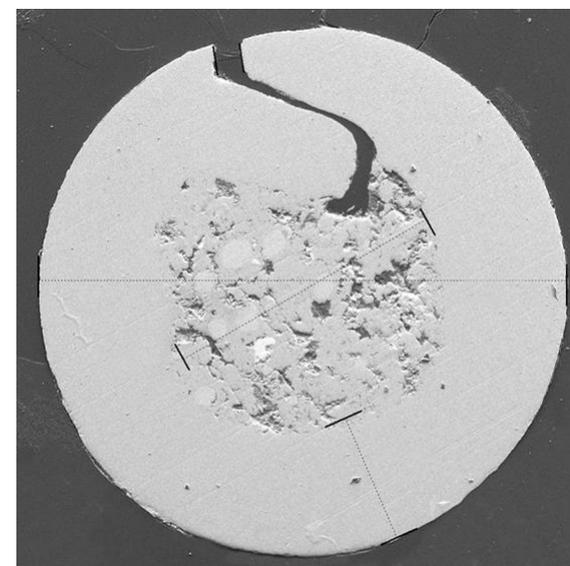


Герметичная проволока

POWER PIPE 60R
и POWER PIPE 90R

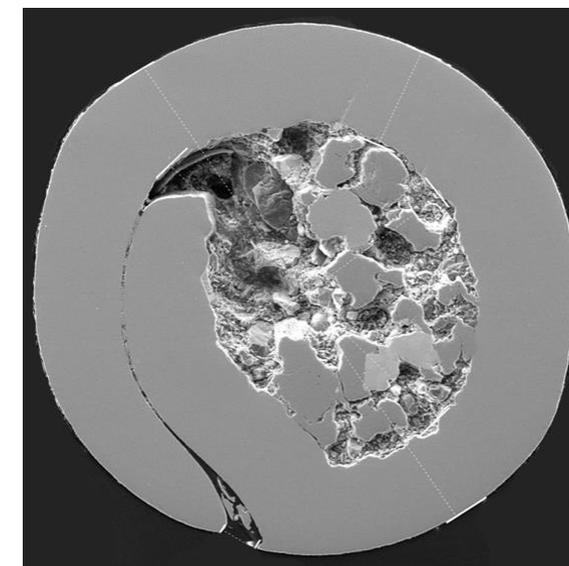


Замковые проволоки



Замковые проволоки

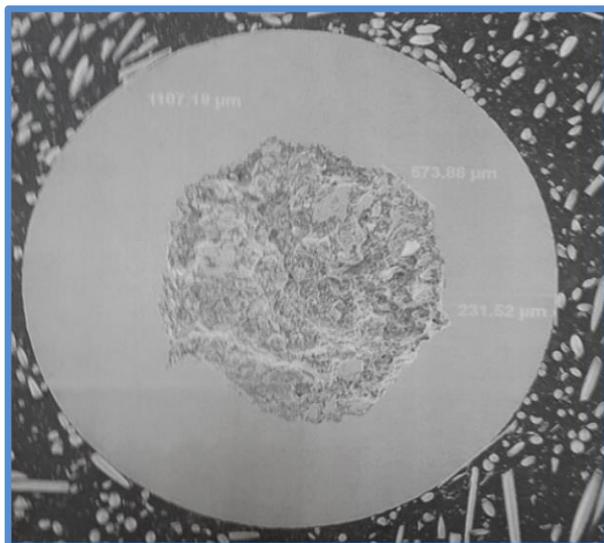
POWER PIPE 60RZ



Высоколегированные
замковые проволоки

повышенной
герметичности

Тип 1 – герметичная, беззамковая ПП



Тип 1 - наружная фольга имеет сварной шов, который делает проволоку герметичной. Проволока имеет самые высокие технологические свойства. Применение, в основном, для высокопрочных сталей феррито-перлитного типа, где ограничение по диффузионно-подвижному водороду имеет большое значение, в проектах ВПК, проектах в морской зоне с высокой влажностью.

Имеет самую высокую стоимость в низколегированном сегменте ввиду самой сложной линии для изготовления.

Производится в Германии на заводе фирмы ITW, в России на заводе ЭСВА Группы ИТС, в Японии на заводе фирмы NIPPON STEEL и на некоторых китайских фирмах, имеющих отношение к оборонной промышленности (заводы института 725 Китая).

Тип 1 обладает следующими свойствами:

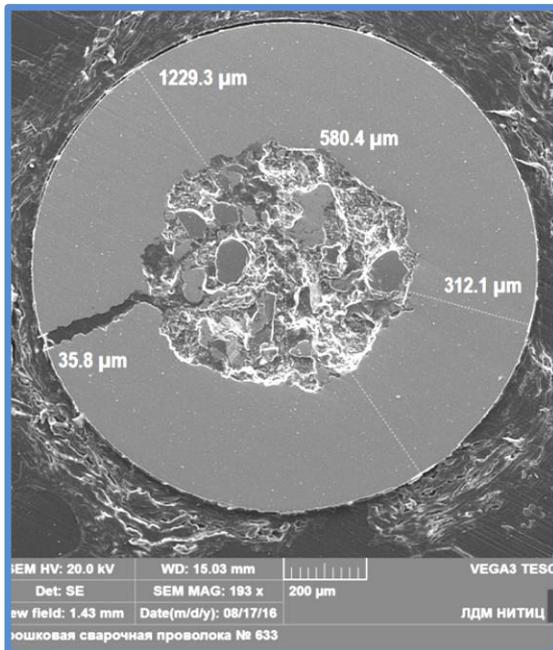
Высокая технологичность применения, используется во всех защитных газах – углекислый газ, смеси газов, самая высокая стоимость проволоки по сравнению со всеми типами, типичное содержание диффузионно-подвижного водорода не более 2 см куб/100 г наплавленного металла. Область использования – любые стали неограниченных толщин.

Ввиду герметичности наружной оболочки проволоки не имеется ограничений по использованию при сварке проволоками рутилового или металлопорошкового типов конструкционных сталей феррито-перлитного типов.

Практически не используется при изготовлении нержавеющей порошковых проволок ввиду проблем наклепа оболочки при волочении.

Тип 1 (ПП герметичного типа) широко распространен для сварки ответственных металлоконструкций в любых климатических зонах, наиболее широко применяется в ВПК. Типичное содержание водорода меньше 2 см куб/100 г нм

Тип 2 – негерметичная, замковая ПП с простейший замком



Тип 2 - рутиловая или металлопорошковая ПП включает наружную фольгу и внутреннюю шихту. Наружная фольга имеет зазор, шириной в несколько десятков микрон. Это самый простой тип негерметичных ПП с широким спектром применения.

Благодаря простоте технологии Тип 2 имеет минимальную стоимость в сегменте простейших проволок.

Производится на заводе «ЭСВА» (Калининград), в Чехии на заводе ЭСАБ и ФИЛАРК (Швеция), многими фирмами Китая, на заводах МАГМАВЕЛД и КРОН и другими.

Тип 2 обладает следующими свойствами:

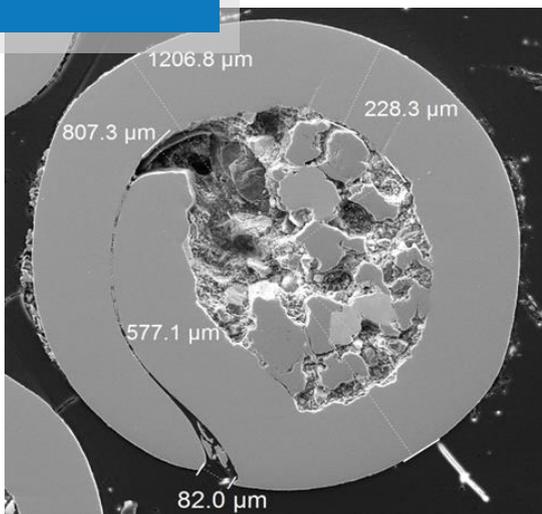
Достаточно высокая технологичность в использовании во всех защитных газах – углекислый газ, смеси газов, низкая стоимость проволоки, соизмеримая с проволоками сплошного сечения, типичное содержание диффузионно-подвижного водорода более 5 см куб/100 г наплавленного металла.

Область использования – низколегированные стали (СтЗсп5, 09Г2С и др.) ограниченных толщин применительно к рутиловой проволоке.

Ввиду негерметичности наружной оболочки рутиловой проволоки имеются ограничения по использованию при сварке конструкционных сталей (влажность окружающего воздуха не более 60%, температура – не менее 15 °С (СТО-ГК «Трансстрой»-012-2018 СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ/ КОНСТРУКЦИИ СТАЛЬНЫХ МОСТОВ) во всем диапазоне толщин и при сварке низколегированных сталей при толщинах более 40 мм. По металлопорошковым проволокам ограничений нет.

Тип 2 (ПП негерметичная, замковая) самая распространенная и доступная по цене, предназначена для сварки низколегированных сталей ограниченных толщин, имеющих содержание водорода в наплавленном металле более 5 см куб/100 г нм. По металлопорошковым проволокам ограничений нет.

Тип 3– негерметичная ПП со сложным замком повышенной герметичности



Тип 3 - наружная фольга имеет замок повышенной герметичности. Применение, в основном, для высоколегированных нержавеющей проволоки, а также для проволоки для сварки высокопрочных сталей.

Имеет высокую стоимость ввиду дорогостоящей линии для ее изготовления и из-за дорогостоящей шихты.

Производится в Японии на заводах KOBE STEEL, во Франции на заводе WELDING ALLOYS, на заводе «ЭСВА» в России.

Тип 3 обладает следующими свойствами:

Сниженная технологичность сварки по сравнению с типом 2, что вызвано неравнотолщинностью оболочки.

Используется во всех защитных газах – углекислый газ, смеси газов, значительно более высокая стоимость проволоки по сравнению со типом 2, типичное содержание диффузионно-подвижного водорода **не более 2-3 см куб/100 г** наплавленного металла.

Область использования – любые стали неограниченных толщин.

Ввиду негерметичности наружной оболочки проволоки имеются ограничения по использованию при сварке конструкционных сталей **при влажности окружающего воздуха не более 60% и температуре не менее 15 °C** (по СТО-ГК «Трансстрой»-012-2018 «Стандарт организации/ конструкции стальные»)

Тип 3 (ПП негерметичная, со сложным замком повышенной герметичности), дорогостоящая ПП.
Применяется преимущественно для изготовления высоколегированных проволоки.
Содержание водорода $\leq 2-3$ см куб/100 г нм.

Технология изготовления сложных герметичных порошковых проволок, 1/3

Вальцовка заготовки из ленты по традиционной технологии



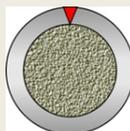
Заполнение заготовки шихтой



Окончательная вальцовка заготовки



Шовная или лазерная сварка продольного шва на заготовке



Промежуточное волочение и термическая обработка



Волочение на конечный размер с омеднением поверхности



Намотка по требованиям заказчика

Включает процессы:

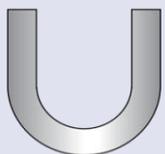
намотка фольги на барабаны, чистка фольги в растворах, сушка фольги, определение требуемого коэффициента заполнения, заполнение фольги порошком, вальцовка в виде заготовки диаметром до 15 мм, сварка фольги по образующей (используются различные технологии сварки, в случае завода «ЭСВА» – лазерная сварка), волочение заготовки через ряд алмазных фильер (до 20 штук), финишная протяжка через специальную полирующую фильеру, чистка проволоки в специальных растворах, сушка проволоки, омеднение проволоки, намотка на барабан, расфасовка на кассеты и вакуумирование, контроль качества.

При изготовлении герметичных порошковых проволок число технологических операций, размеры и сложность линии существенно выше, чем всех других линий.

Наиболее сложной операцией является сварка оболочки проволоки по образующей для обеспечения ее герметичности. Сварка может выполняться различными методами, от чего зависит насыщение линии оборудованием и ее стоимость.

Технология изготовления простейших негерметичных порошковых проволок, 2/3

Вальцовка заготовки из ленты по традиционной технологии



Заполнение шихтой

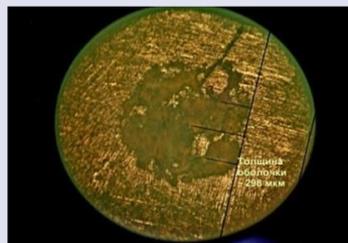


Намотка по требованиям заказчика

Технология ролл-форминга:

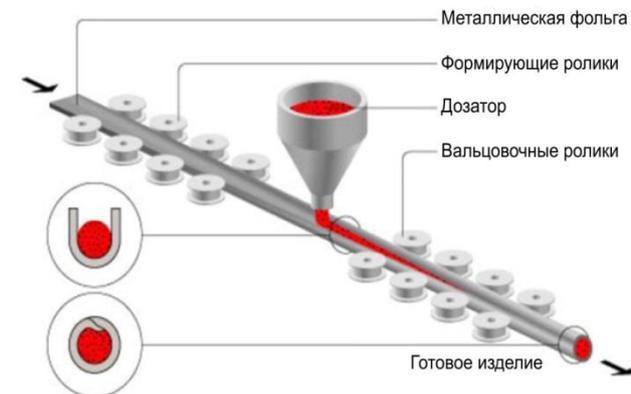


Привод перемещения: проволоки – ролики.



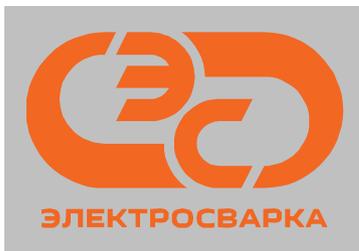
Шлиф проволоки

Цикл производства: намотка фольги на барабаны, чистка фольги в растворах, сушка фольги, определение требуемого коэффициента заполнения, заполнение и вальцовка фольги, окончательная вальцовка проволоки, финишная протяжка через фильеры или ряд фильер, намотка на барабан, расфасовка на кассеты и вакуумирование, контроль качества.



При изготовлении ПП с простейшим замком число технологических операций минимально, однако также имеются нюансы дальнейшей обработки проволоки в процессе изготовления (ролл-форминг, финишное волочение, вальцевание и др.)

Герметичные проволоки рутилового типа **POWER PIPE 60R и POWER PIPE 90R**



Для сварки и наплавки
углеродистых, низколегированных
и среднелегированных сталей

- Power Pipe 60R для сталей класса прочности от K52 до K60 в M21
- Power Pipe 90R для сталей класса прочности от K60 до K65 в M21

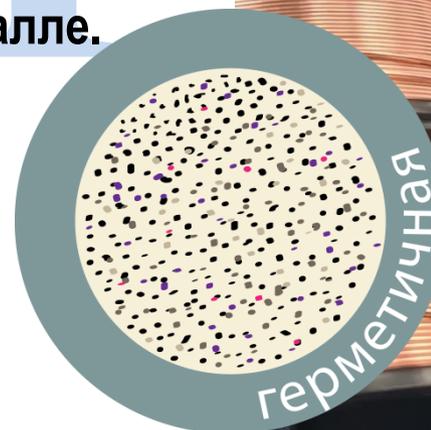
Низкое содержание диффузионно-подвижного
водорода - не более $1 \text{ см}^3/100$ грамм в наплавленном металле.

Возможность использования при отрицательных
температурах окружающего воздуха
и повышенной влажности воздуха более 70%.

● Неограниченный срок
хранения

● Высокая
производительность

● Более глубокий
провар



герметичная

Замковые проволоки рутилового типа

POWER PIPE 60RZ



Для сварки и наплавки
углеродистых, низколегированных
и среднелегированных сталей

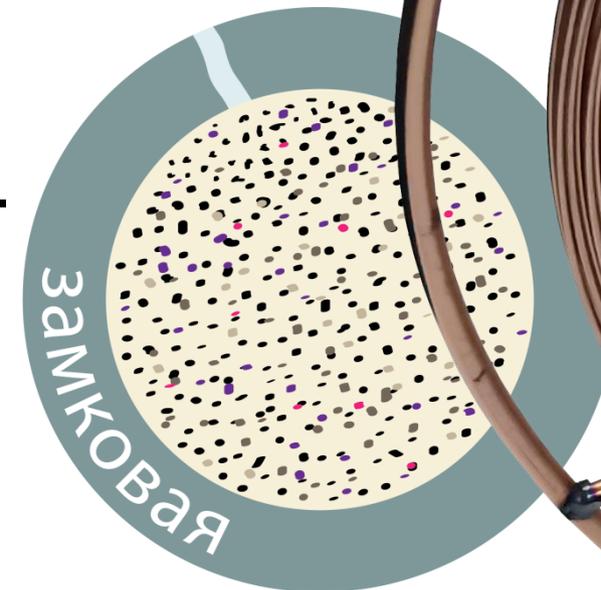
Power Pipe 60RZ для сталей класса прочности от K52 до K60 в M21

Низкое содержание диффузионно-подвижного
водорода - не более $5 \text{ см}^3/100$ грамм наплавленного металла.

Возможность использования при отрицательных
температурах окружающего воздуха – необходим более
высокий прогрев кромок, более требовательна к влажности
воздуха по сравнению с герметичными.

● Ограниченный срок
хранения

● Высокая
производительность



**РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА ПОКРЫТЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ
МАРКИ УОНИИ13/45 Ø 3мм.**

Расход электродов составит

$$G_{эл} = k * G_H = 1,7 * 1 = 1,7 \text{ кг.}$$

Где $k = 1,7$ – нормативный коэффициент перехода от веса наплавленного металла к весу электродов, учитывающий массу обмазки, огарки и потери на угар и разбрызгивание.

При цене 260 руб/кг затраты на электроды составят 442 р.

Расчет стоимости работ.

Для наплавки $G_H = 1$ кг потребуется время горения дуги

$$T_d = G_H / (\alpha_n * I_{св}) = 1 * 10^3 / (7,5 * 160) = 0,8 \text{ час.},$$

Где,

$\alpha_n = 7,5$ г/Ач – коэффициент наплавки.

$I_{св} = 160$ А – максимальный сварочный ток, рекомендуемый производителем электродов для сварки в вертикальном и горизонтальном положениях шва.

Учитывая, что дуга при сварке покрытыми электродами горит не более 25% рабочего времени, **трудоемкость наплавки 1 кг составит порядка 3,2 н/ч.**

1 н/ч = 1 000 руб.

**Суммарная стоимость 1 кг н/м
составит Ц = 3 642 руб.**

**МЕХАНИЗИРОВАННАЯ СВАРКА В СРЕДЕ М21 ПРОВОЛОКОЙ
СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ (СВ 08Г2С Ø1,2мм).**

Расход проволоки составит

$$G_{пр} = k * G_H = 1,15 \text{ кг.}$$

Где $k = 1,15$ – нормативный коэффициент перехода от веса наплавленного металла к весу проволоки, учитывающий огарки и потери на угар и разбрызгивание.

При цене 200 руб/кг затраты на проволоку составят около 230 р.

Расчет стоимости работ.

Для наплавки $G_H = 1$ кг потребуется время горения дуги

$$T_d = G_H / (\alpha_n * I_{св}) = 1 * 10^3 / (13 * 200) = 0,38 \text{ час.},$$

Где,

$\alpha_n = 13$ г/Ач – коэффициент наплавки.

$I_{св} = 200$ А – максимальный сварочный ток, рекомендуемый для сварки в вертикальном и горизонтальном положениях шва.

Нормативный расход смеси при механизированной сварке 20 л/мин.

За 0,38 ч будет израсходовано $0,450 \text{ м}^3$ смеси.

При цене смеси 235 руб/м³ затраты составят около 105 р.

Учитывая, что дуга при механизированной сварке горит не более 30% рабочего времени, **трудоемкость сварочных работ составит порядка 1,27 н/ч.**

Принимаем стоимость 1 н/ч = 1 000 руб.

**Суммарная стоимость наплавки 1 кг
составит Ц = 1605 руб.**

**МЕХАНИЗИРОВАННАЯ СВАРКА В СРЕДЕ М21 ПОРОШКОВОЙ
ПРОВОЛОКОЙ (ПП-60Р Ø1,2мм).**

Расход проволоки составит

$$G_{\text{пр}} = k * G_{\text{н}} = 1,1 * 1 = 1,1 \text{ кг.}$$

Где $k = 1,10$ – нормативный коэффициент перехода от веса наплавленного металла к весу проволоки, учитывающий шлак, огарки и потери на угар и разбрызгивание.

При цене 700 руб/кг затраты на проволоку составят около 770 р.

Расчет стоимости работ.

Для наплавки $G_{\text{н}}=1$ кг потребуется время горения дуги

$$T_{\text{д}} = G_{\text{н}} / (\alpha_{\text{н}} * I_{\text{св}}) = 1 * 10^3 / (15 * 220) = 0,30 \text{ час.},$$

Где,

$\alpha_{\text{н}} = 15 \text{ г/Ач}$ – коэффициент наплавки.

$I_{\text{св}} = 220 \text{ А}$ – максимальный сварочный ток, рекомендуемый для сварки в вертикальном и горизонтальном положениях шва.

Нормативный расход смеси при механизированной сварке порошковой проволокой - 16 л/мин.

За 0,30 ч будет израсходовано $0,3 \text{ м}^3$ смеси .

При цене смеси 235 руб/м³ затраты составят около 71 р.

Учитывая, что дуга при механизированной сварке горит не более 30% рабочего времени, **трудоемкость сварочных работ составит порядка 1 н/ч.**

Принимаем стоимость 1 н/ч = 1 000 руб.
Суммарная стоимость наплавки 1 кг
составит $\text{Ц} = 1841 \text{ руб.}$

Экономический эффект от сварки порошковой проволокой может быть достигнут, если $(\text{Ц}_{\text{сп}} - \text{Ц}_{\text{пп}}) - 0,27 \text{ Ц}_{\text{нч}} < 0$, либо за счет снижения стоимости сопутствующих работ.

$\text{Ц}_{\text{сп}}$ – цена проволоки сплошного сечения.

$\text{Ц}_{\text{пп}}$ – цена порошковой проволоки.

$\text{Ц}_{\text{нч}}$ – стоимость нормочаса с учетом стоимости СИЗ, спецодежды, амортизации основных фондов и т.д.

Преимущества порошковых проволок

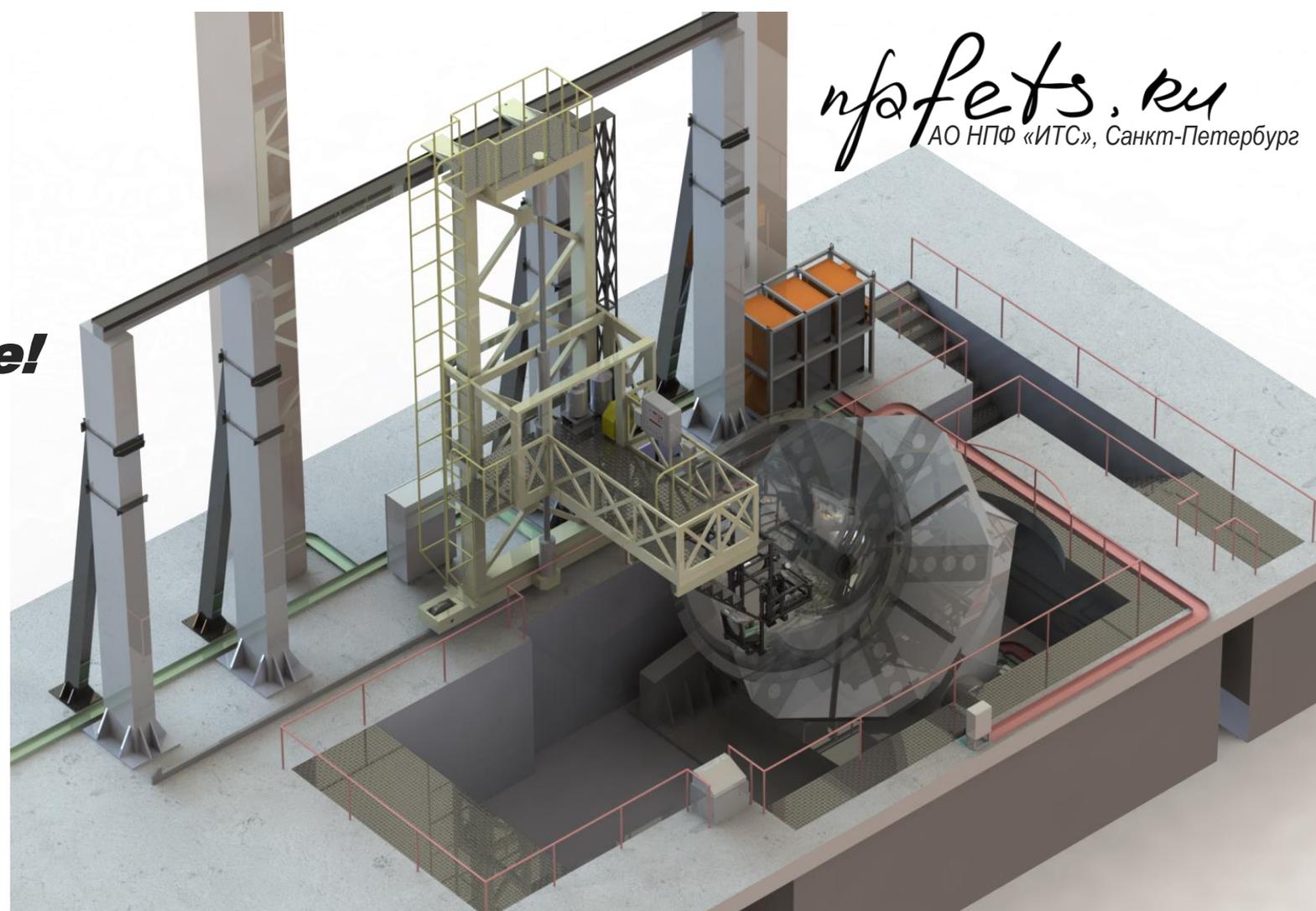
ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА	КРИТЕРИИ	СПЛОШНАЯ ПРОВОЛОКА
😊	ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ	😞
😊	ПРОСТОТА ПРОЦЕССА ВО ВСЕХ ПОЛОЖЕНИЯХ	😞
😊	УМЕНЬШЕНИЕ ОПАСНОСТИ НЕПРОВАРОВ	😞
😊	ПЕРЕХОДЫ К ОСНОВНОМУ МЕТАЛЛУ БЕЗ ПОДРЕЗОВ	😞
😊	НИЗКАЯ СКЛОННОСТЬ К ОБРАЗОВАНИЮ ТРЕЩИН ЗА СЧЁТ НИЗКОГО РАСТВОРЁННОГО ВОДОРОДА	😞
😊	УМЕНЬШЕНИЕ РАЗБРЫЗГИВАНИЯ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА	😞
😊	ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА СВАРКИ	😞
😊	ПОРООБРАЗОВАНИЕ / ВНУТРЕННИЕ ДЕФЕКТЫ	😞
😊	РАБОТА ОБОРУДОВАНИЯ БЕЗ ДИНАМИЧЕСКИХ УДАРОВ	😞
😊	ВОЗМОЖНОСТЬ ЭФФЕКТИВНОГО МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ	😞
😊	УПРАВЛЯЕМАЯ СВАРОЧНАЯ ВАННА	😞
😞	ЦЕНА РАСХОДНОГО МАТЕРИАЛА	😊
😊	ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РАСХОДЫ	😞



Производитель
сварочного
оборудования

npfets.ru
АО НПФ «ИТС», Санкт-Петербург

Благодарим за внимание!



Научно-производственная фирма «Инженерный и Технологический Сервис» (АО НПФ «ИТС»)

194292, Санкт-Петербург, Домостроительная ул., дом 2Б, тел.: (812) 321-61-61, 321-61-71

--- www.npfets.ru ---