

КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДУГОВОЙ ШТИФТОВОЙ ПАЙКИ ВЫВОДОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ SAFETRACK

А.Н. Филиппов (ООО «НГДО»), Д.А. Копылов, Д.В. Будревич,
А.И. Циплаков (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

Дуговая штифтовая пайка в общемировой практике называется на английском языке PINBRAZING и является **альтернативой термитной сварке**. Она применяется в более чем 45 странах уже около 60 лет. Первоначально технология была изобретена в компании AGA в 1961 году, а в 1988 году была существенно усовершенствована, образовавшейся тогда, компанией Safetrack Baavhammar AB. В 2010 года компания Safetrack выпустила на рынок новое поколение полностью автоматизированного аппарата ECONECT (рис. 1).



Рис. 1. Аппарат для дуговой штифтовой пайки ECONECT с автоматическим пистолетом S15.

Технология дуговой штифтовой пайки может применяться для установки выводов электрохимической защиты, кабелей заземления оборудования и сооружений, разнообразных электрических перемычек, анодных выводов. Применяется она также в ОАО «РЖД» для пайки рельсовых соединителей в системе центральной блокировки и связи.

С февраля по октябрь 2012 года ООО «Газпром ВНИИГАЗ» совместно с ООО «Торговый дом Газстройсервис» проводил квалификационные испытания технологии высокотемпературной дуговой штифтовой пайки и аттестационные испытания оборудования и материала для пайки производства шведской компании Safetrack Baavhammar AB.

Аттестационные испытания проводились использованием с аппаратом ECONECT, имеющего следующие технические характеристики:

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания, В	220
Напряжение при пайке, В	39
Количество паяных соединений без подзарядки аккумуляторов, шт.	40-60
Климатическое исполнение	«У»
Диапазон рабочих температур, °С	От –20 до +55
Относительная влажность воздуха (при 20 °С), %	Не более 75
Масса, кг	9,8
Габаритные размеры, мм	320x155x327

В комплект аппарата ECONECT входит:

- основной блок (разрядное устройство);
- автоматический пистолет S15;
- комплект питающих кабелей;
- заземляющий провод с магнитным наконечником;
- зачистное устройство с карбидной фрезой по металлу;
- комплект инструментов для регулировки и технического обслуживания;
- наплечный ремень для переноски;
- зарядное устройство.

Аппарат нового поколения отличается от оборудования предыдущего поколения рядом усовершенствований:

- литий-ионный аккумулятор с временем заряда 2 часа;
- полностью автоматическая пайка;
- усовершенствованное устройство заземления с отключаемым супермагнитом;
- система подогрева аккумулятора при отрицательных температурах;
- низкий вес;
- электронная система контроля подачи энергии при пайке.

Аппарат поставляется с удобным инструментальным кейсом (рис. 2) в который можно положить расходные материалы (патроны, керамические изоляторы и кабельные наконечники для выводов ЭХЗ).



Рис. 2. Инструментальный кейс для аппарата ECONECT.

В качестве расходных материалов испытывался патрон для пайки SAFE 10051, состоящий из капсулы с флюсом, припоя и латунной переходной части (рис. 3).

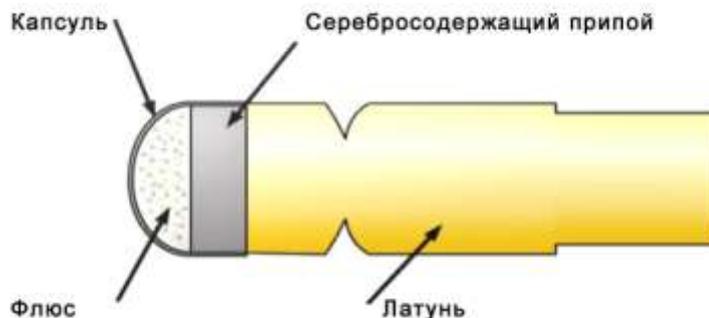


Рис. 3. Составные части патрона для пайки.

В результате совместной работы разработана технологическая инструкция, которая соответствует требованиям отраслевого стандарта ГАЗПРОМ СТО Газпром 2–2.2–136–2006 и учитывает все особенности строительства газопроводов на территории России, а также требования к аттестации технологии, оборудования и материалов.

Технология дуговой штифтовой пайки предназначена для установки выводов электрохимической защиты (ЭХЗ) с сечением кабеля от 10 до 70 мм² на промышленных и магистральных газопроводах, изготовленных из трубных сталей класса прочности до K65 (640 МПа) включительно номинальным диаметром от DN 80 до DN 1400 с толщиной стенки от 4,0 до 42,0 мм включительно.

Основными преимуществами технологии дуговой штифтовой пайки являются:

- Высокая скорость пайки вывода ЭХЗ. Пайка занимает 1-2 секунды, а вместе с подготовительными операциями 1–2 минуты.
- Низкая температура при пайке. Температура плавления припоя около 650 °С совместно с кратковременным процессом пайки (1-2 секунды) сводят к минимуму тепловые влияния на металл основы.
- Малое переходное сопротивление (около 5 μΩ).
- Высокий уровень безопасности для оператора и окружающих людей. За счет использования 36 В напряжения питания и отсутствия излучения дуги.
- Простота использования. Оператора выполняющего пайку можно обучить применению технологии, эффективному техническому обслуживанию и эксплуатации оборудования за один час.

Высокая мобильность оборудования. Суммарный вес оборудования составляет менее 20 кг и позволяет проводить пайку как в нижнем, так и в вертикальном положении.

Процесс пайки проводится в несколько этапов (рис. 4) согласно утвержденной технологической инструкции:

1. Подготовительные работы.

1.1. Очистить рабочую зону размером 100x100 мм под паяное соединение и магнитное заземляющее устройство.

1.2. Провести предварительный подогрев поверхности газопровода до 50 °С.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
по дуговой штифтовой пайке выводов электрохимической защиты
газопроводов с применением установок производства
компании «Safetrack Baavhammar AB»

Первый Заместитель начальника
Департамента по транспортировке,
подземному хранению и
использованию газа
ОАО «Газпром»



С.В. Алимов
« »
2012 г.

Генеральный директор
ООО «ТД Газстройсервис»



А.И. Немцов
« »
2012 г.

И.о. заместителя Генерального
директора по науке
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»



М.А. Петровский
« »
2012 г.

2012 г.

2. Выполнение пайки.
 - 2.1. Включить аппарат для пайки.
 - 2.2. Зачистить шлифмашинкой поверхность до металлического блеска.
 - 2.3. Установить в пистолет для пайки патрон и керамический изолятор.
 - 2.4. Произвести пайку кабельного наконечника, нажав кнопку спуска на пистолете.
 - 2.5. Удалить выступающую часть патрона и очистить место пайки металлической щеткой от налета.
3. Проверка качества паяного соединения.
 - 3.1. Провести визуальный контроль.
 - 3.2. Выполнить испытание ударом молотка.

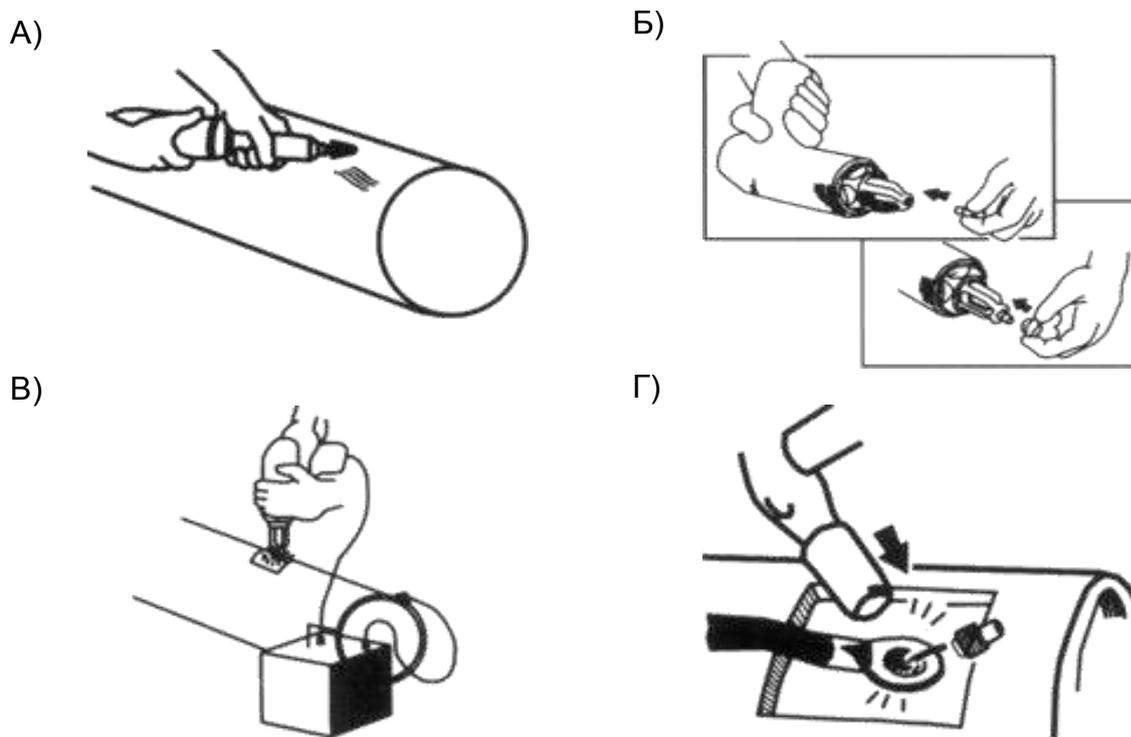


Рис. 4. Основные этапы при пайке вывода ЭХЗ.

В результате дуговой штифтовой пайки получаются прочные, коррозионно-стойкие соединения с низким электрическим сопротивлением между стальной поверхностью и медным наконечником (рис. 5).



Рис. 5. Внешний вид паянного соединения.

При квалификационных испытаниях выполнялась пайка наконечника вывода ЭХЗ к трубам следующих типоразмеров:

- Ø89×4,0 мм класса прочности К48;
- Ø168×12,0 мм класса прочности К50;
- Ø1020×15,4 мм класса прочности К60;
- Ø1420×27,7 мм класса прочности К65.

По результатам визуального и измерительного контроля качества дефектов на образцах не было обнаружено (рис 6).



а) Макроструктура паяного соединения (продольный шлиф)



б) Макроструктура паяного соединения (поперечный шлиф)

Рис. 6. Макрошлифы паяных соединений

Металлографические исследования (рис. 7) показали, что глубина проплавления паяного соединения составляет менее 0,6 мм от поверхности базового материала, межкристаллитное медное проникновение базового материала менее 0,02 мм от линии проплавления.



а) Линия проплавления паяного соединения в продольном направлении после травления 4% спиртовым раствором азотной кислоты



б) Линия проплавления паяного соединения в поперечном направлении после травления 4% спиртовым раствором азотной кислоты

Рис. 7. Линия проплавления паяного соединения.

Проведенные механические испытания на соединениях показали, что показатели прочности при сдвиге и твердость в зоне термического влияния укладываются в нормативные требования. Результаты механических испытаний паяных соединений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты механических испытаний паяных соединений

Типоразмер труб	Прочность при сдвиге, МПа	Твердость, HV ₁₀	
		Вдоль линии проплавления	Поперёк линии проплавления
Нормативные требования	Не менее 50	Не более: 300 HV ₁₀ до K55 включ.; 325 HV ₁₀ св. K55 до K60 включ.; 325 HV ₁₀ K65	
Ø89×4,0 мм (K48)	97,9	243, 243, 243, 243, 232, 224	232, 232, 240, 232, 232, 232
Ø168×12,0 мм (K50)	105,8	243, 243, 243, 243, 232, 224	232, 232, 240, 232, 232, 232
Ø1020×15,4 мм (K60)	96,5	243, 243, 243, 243, 232, 224	232, 232, 240, 232, 232, 232

Ø1420×27,7 мм (K65)	116,8	243, 243, 243, 243, 232, 224	232, 232, 240, 232, 232, 232
Соответствие нормативным требованиям	Соответст- вует	Соответствует	Соответствует

Также проводились замеры переходного сопротивления паяного соединения (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты контроля электрических параметров паяного соединения

Типоразмер труб	Нормативные требо- вания к переходному сопротивлению узла коммутации, Ом	Измеренное пере- ходное сопротив- ление узла комму- тации, Ом	Соответствие нормативным требованиям
Ø89×4,0 мм (K48)	Не более 0,1	$24 \cdot 10^{-6}$	Соответствует
Ø168×12,0 мм (K50)		$28 \cdot 10^{-6}$	Соответствует
Ø1020×15,4 мм (K60)		$51 \cdot 10^{-6}$	Соответствует
Ø1420×27,7 мм (K65)		$29 \cdot 10^{-6}$	Соответствует

По результатам проведенных квалификационные испытания Департаментом по транспортировке, подземному хранению и использованию газа было принято решение о применимости оборудования и материалов для пайки выводов ЭХЗ газопроводов ОАО «Газпром» по технологии дуговой штифтовой пайки.

Для информационной поддержки технологии организован сайт <http://pinbrazing.ru>.

PS: Доклад зачитан на VI отраслевом совещании «Состояние и основные направления развития сварочного производства ОАО «Газпром» 13-16 ноября 2012 г. и включен в сборник докладов.

<http://www.vniigaz.gazprom.ru/ru/newsline/2012-11/19-01/more.php>

Презентация к докладу прилагается.



**КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ
ДУГОВОЙ ШТИФТОВОЙ ПАЙКИ ВЫВОДОВ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ С
ПРИМЕНЕНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ**



Краткая история технологии

1961 г.

1988 г.

2010 г.



Новое поколение
оборудования
ECONNECT

Сегодня SAFETRACK – это:

- 60 лет опыта;
- Поставки оборудования в более чем 45 стран;
- Более 60 миллионов паек.

Аппарат для дуговой штифтовой пайки

ESCONNECT

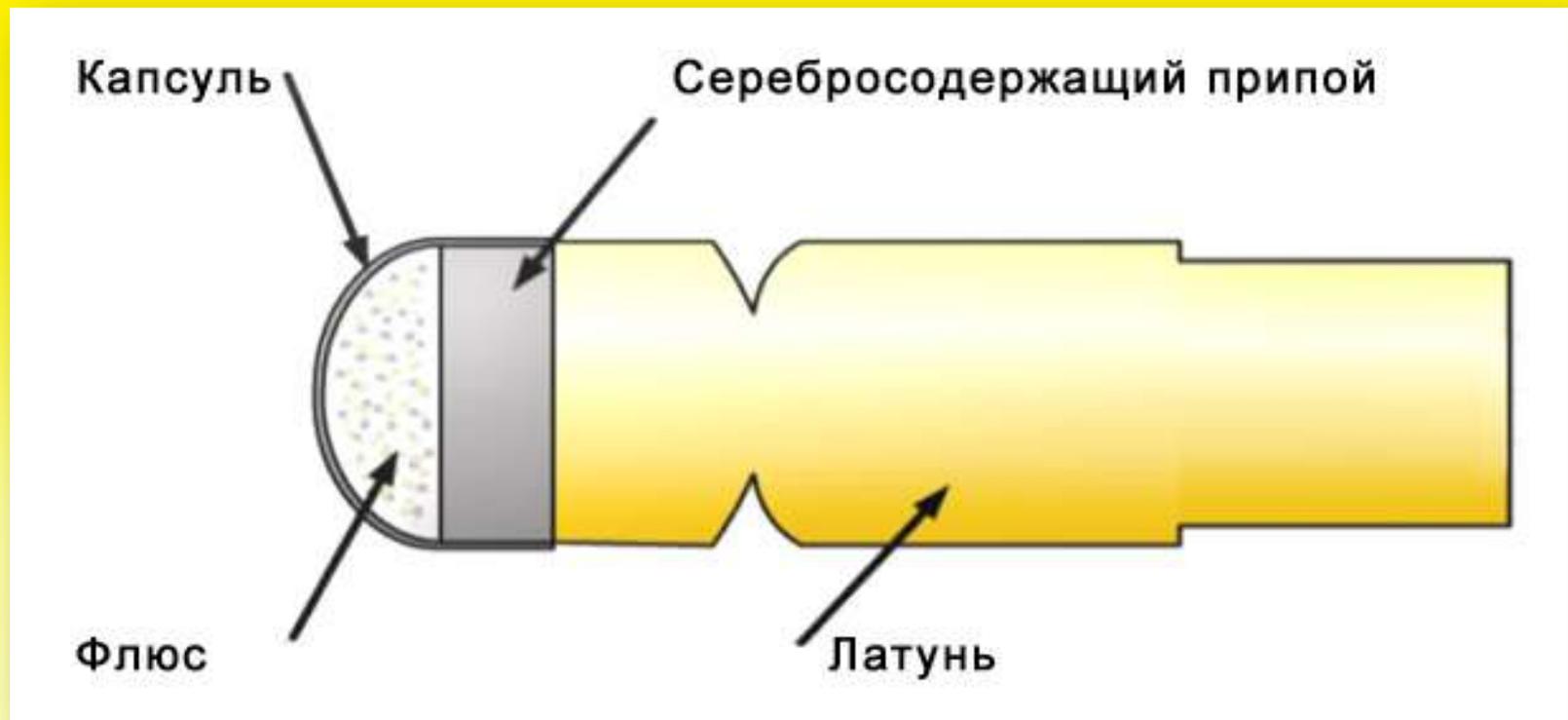


Отличительные особенности:

- 40-60 паек без перезарядки
- Литий-ионный аккумулятор
- Перезарядка за 2 часа
- Автоматический пистолет для пайки
- Встроенный подогреватель для аккумулятора
- Шлифовальное устройство
- Инструментальный кейс
- Магнитное устройство заземления
- Безопасное напряжение - 36В
- Вес всего 9,8 кг
- Диапазон температур от -20 до +55 °С

Расходные материалы

Патрон для пайки 8 мм SAFE 10051



Дуговая штифтовая пайка

ПРОВЕДЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ



Технология

Технология дуговой штифтовой пайки предназначена для установки выводов электрохимической защиты (ЭХЗ) с сечением кабеля от 10 до 70 мм² на промышленных и магистральных газопроводах, изготовленных из трубных сталей класса прочности до К65 (640 МПа) включительно номинальным диаметром от DN 80 до DN 1400 с толщиной стенки от 4,0 до 42,0 мм включительно.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
по дуговой штифтовой пайке выводов электрохимической защиты
газопроводов с применением установок производства
компании «Safetrack Baavhammar AB»

Первый Заместитель начальника
Департамента по транспортировке,
подземному хранению и
использованию газа
ОАО «Газпром»



С.В. Алимов
2012 г.

Генеральный директор
ООО «Торговый дом Газстройсервис»



А.И. Немцов
2012 г.

И.о. заместителя Генерального
директора по науке
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»



М.А. Петровский
2012 г.

2012 г.

Технология

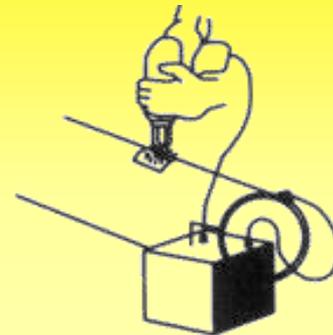
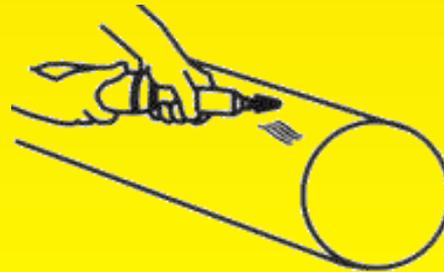
Преимущества технологии:

- **Скорость создания соединения**
Пайка занимает 2 секунды. Весь процесс с подготовкой занимает 1-2 минуты.
- **Низкая температура при сварке (пайке)**
Низкая температура плавления припоя (до 650 °С) и малое время процесса (1-2 секунды) сводят к минимуму тепловые воздействия на металл основы.
- **Малое переходное сопротивление**
Всего 5 $\mu\Omega$ и менее.
- **Высокий уровень безопасности**
Напряжение питания оборудования – 36 В. Встроенная защита от удара током.
- **Простота использования**
Оператора можно обучить эффективному техническому обслуживанию и эксплуатации оборудования менее чем за один час.
- **Высокая мобильность оборудования**
Портативность оборудования означает, что сварку (пайку) можно выполнять практически в любом месте на земле и под землей, даже в подвешенном состоянии.

Принципы технологии

Пайка в несколько простых шагов:

1. Провести предварительный подогрев
2. Зачистить место для припайки до блеска
3. Зарядить в пистолет патрон и изолятор
4. Выполните пайку
5. Очистите место пайки
6. Проверьте качество соединения



Паяное соединение



Макро- и микроисследования

Макроструктура продольного и поперечного шлифа



Линия проплавления продольного и поперечного микрошлифа



Механические испытания

Типоразмер труб	Прочность при сдвиге, МПа	Твердость, HV ₁₀	
		Вдоль линии проплавления	Поперёк линии проплавления
Нормативные требования	Не менее 50	Не более: 300 HV ₁₀ до K55 включ.; 325 HV ₁₀ св. K55 до K60 включ.; 325 HV ₁₀ K65	
Ø89×4,0 мм (K48)	97,9	243, 243, 243, 243, 232, 224	232, 232, 240, 232, 232, 232
Ø168×12,0 мм (K50)	105,8	243, 243, 243, 243, 232, 224	232, 232, 240, 232, 232, 232
Ø1020×15,4 мм (K60)	96,5	243, 243, 243, 243, 232, 224	232, 232, 240, 232, 232, 232
Ø1420×27,7 мм (K65)	116,8	243, 243, 243, 243, 232, 224	232, 232, 240, 232, 232, 232
Соответствие нормативным требованиям	Соответствует	Соответствует	Соответствует

Электрические параметры

Типоразмер труб	Нормативные требования к переходному сопротивлению узла коммутации, Ом	Измеренное переходное сопротивление узла коммутации, Ом	Соответствие нормативным требованиям
Ø89×4,0 мм (K48)	Не более 0,1	24 10 ⁻⁶	Соответствует
Ø168×12,0 мм (K50)		28 10 ⁻⁶	Соответствует
Ø1020×15,4 мм (K60)		51 10 ⁻⁶	Соответствует
Ø1420×27,7 мм (K65)		29 10 ⁻⁶	Соответствует

Использование технологии в мире

Для защиты от коррозии оборудование SAFETRACK применяют:

- *Petunia Co., Иран*
- *Kaviyan Gostar Co. (KGC), Иран*
- *RWNA, Малайзии*
- *B.S.S. Technologies, Объединенные арабские эмираты*
- *Bechtel, Объединенные арабские эмираты*
- *ADCO, Объединенные арабские эмираты*
- *JORDAN Petroleum Refinery Co, Иордания*
- *Iget-Industrie, Франция*
- *Mekorot Water Co, Израиль*
- *Pipeline Integrity Management Ltd, Израиль*
- *Euramco Ltd, Великобритания*
- *Cathtect (Pty) Ltd., ЮАР*
- *ОАО Белтрансгаз, Белоруссия*
- *Corrpol, Польша*
- *Toyo engineering, Япония*
- *SAVCOR ART OY, Финляндия*
- *Oy Osmos Tech, Финляндия*
- *Bijl Industrial Supply BIS, Нидерланды*
- *Eesti Gaas, Эстония*

и другие...



subsea 7





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

г. Москва, Берингов проезд, д. 3

Тел./факс: +7 (499) 119-74-37

PINBRAZING.RU

info@pinbrazing.ru