

---

Copyright 2018, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2018, em São Paulo, no mês de maio de 2018.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

---

**Corrosão em soldas aéreas revestidas com massa epoxi para instalação de dispositivos de proteção catódica.**

Valéria Martins<sup>a</sup>, Marcus Fischer Nunes<sup>b</sup>

---

**Abstract**

This work will present situations experienced during the execution of installation services of surge protector devices of insulating joints in the outcroppings of onshore pipelines. During the execution of these services, unusual situations were observed. In some cases, the connections between the cable and the pipe didn't present the necessary adherence and the disbondment was evidenced. In other cases, the connection was coated with epoxy mass and when removed, the surfaces were completely corroded. In the course of the activities, when using brazing welding in the connections, it was verified that a high percentage of the welds were detached over time and there was a lot of rework. In face of the exposed, a solution to the problem was searched in the market and "Pin Brazing" welding technology was founded. The results of the use of this innovative technique will be presented in this work.

**Keywords:** Electrical connections, "Pin brazing", corrosion.

---

**Resumo**

Neste trabalho serão apresentadas situações vivenciadas durante a execução de serviços de instalação de dispositivos protetores de surtos em juntas isolantes em afloramentos de dutos terrestres. Durante a execução destes serviços, situações inusitadas foram observadas. Em alguns casos, as conexões entre o cabo e o duto encontravam-se sem aderência necessária e o descolamento já era evidenciado. Em outros casos, a conexão era revestida com massa epóxi e ao retirá-la, deparou-se com superfícies completamente corroídas. No decorrer das atividades, ao utilizar solda por brasagem nas conexões, verificou-se que um percentual elevado das soldas se desprendiam com o passar do tempo e o retrabalho era grande. Diante do exposto, buscou-se no mercado uma solução para o problema e a tecnologia de soldagem "Pin Brazing" foi descoberta. Este trabalho apresenta os resultados do uso desta técnica inovadora.

**Palavras-chave:** Conexões Elétricas, Soldagem Método "Pin Brazing", Corrosão.

---

**Introdução**

Para proteção elétrica de juntas isolantes contra surtos de tensões causadas por descargas atmosféricas ou por curtos-circuitos em linhas de transmissão, a NBR ISO 15589-:2016 indica a instalação de dispositivos de proteção como centelhadores e desacopladores, instalados entre o duto e um sistema aterramento elétrico apropriado.

---

<sup>a</sup> Especialista, Engenheiro de Dutos Terrestres – FISCHER PROTEÇÃO CATÓDICA

<sup>b</sup> Inspetor de Dutos - FISCHER PROTEÇÃO CATÓDICA

Para que estes dispositivos sejam eficazes, alguns cuidados devem ser tomados. O comprimento do cabo deve ser o mais curto possível (recomendável até 0,5 m), a seção transversal deve ser adequada (mínimo 16mm<sup>2</sup>) e a conexão cabo/duto tenha uma resistência reduzida.

Para a execução da atividade foi previsto a instalação de dispositivo de proteção contra surtos de dois tipos: em alguns locais foi previsto o dispositivo GCL EC Ex mb IC T6 IP 66 e em outros locais foi previsto o Over Voltage Protector OVP. As instalações para o OVP deveriam ser realizadas conforme figura 1:

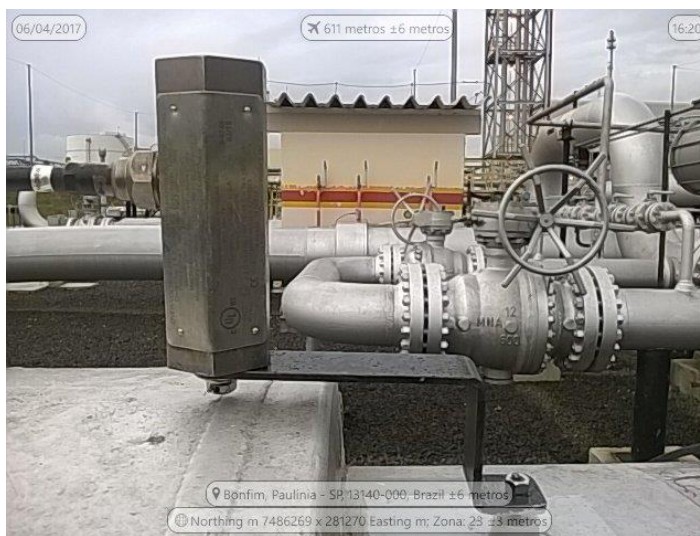


Figura 1: Detalhe da instalação do dispositivo de proteção

O procedimento de instalação dos dispositivos previa inicialmente a utilização de solda por brasagem, sem aplicação posterior de massa epóxi para isolar a conexão. Porém, durante a instalação dos dispositivos, ocorreram alguns imprevistos, como: baixa aderência e resistência a tração da solda e dificuldade de execução das soldas próximas às juntas posicionadas na vertical.

O uso da massa epóxi em trechos aéreos não é recomendado. Com o envelhecimento da mesma, surgem problemas de corrosão sob a massa epóxi, causadas principalmente pelo surgimento de frestas, espaços vazios entre a massa e o duto. Na Figura 2, é possível visualizar o dano típico causado por este problema.



Figura 2: Defeito típico de corrosão sob a massa epóxi

Porém, ao analisar as falhas durante a execução do serviço de instalação dos dispositivos de proteção, verificou-se que a ausência da massa epóxi reduz a aderência da conexão cabo/duto. A Figura 3 ilustra um caso típico de falha por aderência.



Figura 3: Solda desprendida

Verificou-se que o procedimento que estava sendo utilizado não estava adequado, sendo necessário uma nova metodologia que apresentasse:

- Conexões com alta resistência mecânica e resistência à tração;
- Conexões com fusão do metal em baixa temperatura para evitar alterações significativas às propriedades do aço da parede do duto;
- Métodos práticos de execução que possibilitasse a execução de soldas nas posições horizontais e verticais.

É importante ressaltar que as conexões devem suportar o peso do dispositivo, que é de aproximadamente 7 kg.

Os procedimentos tradicionais de realização de conexões elétricas de cabos em superfícies de dutos apresentam pontos negativos:

- 1) Solda exotérmica: é uma técnica onde a reação química é utilizada, gerando calor e altas temperaturas. Tem como vantagem a resistência da conexão, no entanto, pode gerar riscos para a integridade da estrutura metálica, pois as altas temperaturas podem fundir o metal base.
- 2) Solda por brasagem: é uma técnica onde se utiliza a adição de um metal de baixo ponto de fusão. Tem como vantagem a utilização de baixas temperatura, porém a aderência ao duto é mais baixa.

Em função dos pontos negativos dos métodos tradicionais de soldagem, foi feita uma pesquisa sobre as tecnologias alternativas disponíveis no mercado. A técnica “Pin Brazing” chamou atenção, uma vez que prometia uma conexão de alta aderência sem danificar o metal do duto.

## **“Pin Brazing”**

---

### **O que é o método “Pin Brazing”**

“Pin Brazing” é um processo de conexão elétrica que proporciona conexão confiável, utilizando equipamento de fácil manuseio. É um processo de soldagem em baixa temperatura (o arco elétrico pode chegar a 630° C, porém a superfície que recebe a solda atinge em torno de 32° C), ou seja, não há fusão da superfície metálica da estrutura. A execução é rápida, prática e pode ser realizada em ambientes com umidade moderada, inclusive durante chuvas de baixa intensidade.

### **Metodologia de Execução**

Para a execução da solda pelo método “Pin Brazing” é necessário a utilização de uma pistola de soldagem. A unidade de brasagem utiliza foi Easybond MKII PIN. A Easybond MKII PIN é alimentada por um conjunto de baterias com 36 V e com capacidade de fornecer 240 A.

Conforme executado em qualquer tipo de solda, inicialmente a superfície deve ser preparada, retirando-se todo o revestimento existente com a utilização de ferramentas manuais apropriados, porém neste caso a superfície a ser preparada deverá ser ampliada devido a necessidade de conexão do cabo “terra”, após a retirada do revestimento existente, realizar a limpeza da superfície metálica utilizando-se mini retíficas ou escovas rotativas até obtenção da superfície branca do metal. Finalizado o processo de preparo da superfície executar a limpeza da superfície com álcool etílico e estopa, para remoção das impurezas existentes.

Para realização da solda “Pin Brazing” são utilizados pinos de brasagem especiais para a conexão elétrica. Cada pino possui liga de prata para brasagem de baixa temperatura e a quantidade correta de fluxo em uma das extremidades, e na outra extremidade um fio de cobre que funciona como um fusível, dimensionado para controlar a duração e a corrente necessária para soldagem.

O processo de soldagem é iniciado no momento de acionamento do gatilho da pistola Easybond (Figura 4) e o circuito se fecha através da conexão do cabo terra instalado entre o conjunto de baterias e a estrutura, onde a solda será executada, utilizando-se de uma corrente contínua necessária para derreter a ponta do pino a ser soldado, ponto de maior resistência em que o arco elétrico é desenhado, derretendo a liga de brasagem enquanto aquece simultaneamente a ponta do pino e a superfície da estrutura a uma temperatura necessária para a soldagem.



Figura 4: Aplicação da técnica “Pin Brazing”

Após aproximadamente 2 segundos o circuito é interrompido mecanicamente quando o fio do fusível é rompido, o solenoide é desenergizado e o pino de brasagem é prendido na liga de brasagem derretida. A ponta do pino de brasagem e a liga de prata arrefecem rapidamente numa unidade homogênea, atingindo uma ligação muito forte ao substrato.

A verificação da integridade é realizada de acordo com o consumível utilizado. Para um consumível tipo parafuso M8, o mais comum, deve ser realizado ensaio com torquímetro, torque máximo da 10 Nm. Para solda direta, a mesma deve resistir a um golpe com um martelo de 1 kg.

Ao final do processo, deve-se aplicar o revestimento conforme o procedimento tradicional.

### Verificação da Eficácia do Método

Para a certificação do método, o fabricante do equipamento realizou testes para a comprovação da eficiência do procedimento. Em um corpo de prova de tubo API 5L X70 foram realizados testes em locais diferentes do corpo de prova e em diversas posições do local de soldagem. Abaixo destacamos a tabela dos testes realizados, juntamente com os resultados obtido:

**Tabela 1 – Resumo dos Resultados dos Testes Realizados**

Ensaio	Critério de Aceitação	Resultado Obtido
Resistencia Mecânica	Golpe de Martelo de 1 Kg	Aceitável (Todas as Amostras Resistiram)
Continuidade Elétrica	0,01 Ohms (10 mOhms)	Aceitável (Maior Leitura 0,01 Ohms)
Penetração	<1.0 mm abaixo da superfície do aço	Aceitável (Maior Penetração 0,05 mm)
Dureza (BS247)	325 HV 10 (máximo)	Aceitável (Maior Dureza 212 HV 10, maior variação 10 HV 10)

De posse do documento de certificação do método pelo fabricante do equipamento, decidiu-se reproduzir alguns ensaios executados durante tal processo para comprovação da eficiência do método. Primeiramente, executou-se a solda pelo método “Pin Brazing” em um corpo de prova de tubo API 5L X70, em seguida, realizou-se os ensaios:

- 1) Monitoramento da temperatura da superfície do tubo durante todo o processo de soldagem;
- 2) Resistência mecânica da conexão com martelo de 1 kg, aplicando um leve golpe na interface solda/duto;
- 3) Resistência elétrica entre a solda e o duto;
- 4) Análise da seção transversal por meio de um corte a frio no centro da conexão. O detalhe do corte pode ser visto na Figura 5 abaixo. Observa-se claramente que não há fusão significativa do metal base.

### Resultados da Avaliação

Os resultados da avaliação estão descritos a seguir.

- 1) A temperatura mensurada realmente foi baixa, logo não há riscos de danos à parede metálica do duto. A Figura 5 mostra que não há alteração significativa de temperatura durante a execução do serviço.



Figura 5: Temperatura na parede do duto no início do acionamento da pistola

- 2) As conexões apresentavam grande resistência mecânica, sendo assim, suportariam a carga do equipamento a ser implantado nas conexões. A Figura 6 mostra a execução do ensaio de resistência mecânica da conexão.



Figura 6: Ensaio de resistência mecânica da conexão

- 3) A resistência elétrica da conexão apresentou valores inferiores a  $0,01 \Omega$ . A figura 7 mostra os resultados obtidos no teste.



Figura 7: Ensaio da resistência elétrica

- 4) O corte a frio realizado na conexão foi realizado, demonstrando que não há penetração de material de fundição na parede do duto, como pode ser visto na Figura 8.



Figura 8: Corte a frio da conexão

Por fim, pode-se afirmar que o equipamento é de fácil manuseio e não faz-se necessário adaptações para a realização de soldas na vertical, o que facilitaria a execução das atividades. A Figura 9 mostra o equipamento realizando soldas na horizontal e na vertical.



Figura 9: Solda realizada na vertical/horizontal

## Conclusões

Após a realização dos ensaios das conexões cabo/duto executadas pelo método “Pin Brazing” e ao comparar esta técnica com outras convencionais, pode-se concluir:

- As soldas possuem aderência satisfatória, com alta resistência mecânica e à tração;
- Resistência elétrica extremamente baixa na conexão do cabo com o duto;
- Possibilidade de diversas configurações para execução das soldas, podendo ser conexão direta do cabo com o duto, soldagem de parafusos de diversos tamanhos e diâmetros, bem como em locais de difícil acesso ou ambientes confinados;



- Não há penetração de material de fundição na parede do duto, sendo possível realização de solda em áreas que o duto apresente a integridade comprometida, como por exemplo, perda de massa (para esse procedimento é imprescindível a medição de espessura da parede do duto com um equipamento de ultrassom);
- Procedimento realizado com extrema rapidez, aumentando a produtividade dos serviços executados;
- Equipamento de fácil manuseio, requerendo apenas um treinamento básico de equipe para execução das soldas;
- Método extremamente seguro para o trabalhador que opera o equipamento, sendo necessário a utilização de EPIs básicos em sua execução;
- Equipamento portátil, podendo ser facilmente transportado;
- Preparo de superfície simples com a utilização de escovas de aço ou mini retíficas portáteis.

O método “Pin Brazing”, é um método inovador, com vantagens aos processos tradicionais utilizados para conexões elétricas em dutos terrestres. As soldas executadas com esta técnica são altamente resistentes e proporcionam a segurança na operação, ou seja, agrega as qualidades das conexões mais usuais de mercado: qualidade das conexões exotérmicas com a segurança das operações em soldas por brasagem em um processo totalmente automatizado, garantindo a qualidade nas conexões.

### **Referências bibliográficas**

---

- (1) NBR ISO 15589-1:2016. Proteção Catódica para Sistemas de Transporte de Dutos – Parte 1: Dutos Terrestres. Rio de Janeiro.
- (2) Manual do Equipamento utilizado pela Fischer.