

TTEM 005/14

TÉCNICA DE SOLDAGEM EXOTÉRMICA EM CONEXÕES DE CABOS E HASTES NAS MONTAGENS DE SISTEMAS DE ATERRAMENTO E DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ELÉTRICAS ATMOSFÉRICAS

TECHNICAL WELDING EXOTHERMIC IN CABLE CONNECTIONS AND RODS IN THE MOUNTS OF GROUND SYSTEMS AND PROTECTION ELECTRICAL DISCHARGE ATMOSPHERIC

Signatários:

- Dalmacio Almeida¹
- Prof. Dr. José Rubens de Camargo – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Francisco José Grandinetti – Universidade de Taubaté/FEG-UNESP
- Prof. Dr. Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Evandro Luís Nohara – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. José Rui de Camargo – Universidade de Taubaté

Finalidade: Apresentar as vantagens e as viabilidades de se utilizar a técnica de solda exotérmica nas instalações de sistemas de aterramentos e proteção contra descargas elétricas atmosféricas (SPDA).

Duração: 7 meses

1 – Aluno do curso de Mestrado de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté (UNITAU/SP) - Dalmacio.almeida@ig.com.br

Palavras chave: Conexão; Contato; Equalização.

Resumo. Este estudo tem como objetivo apresentar as vantagens técnicas e funcionais de se usar somente a tecnologia de solda exotérmica durante os processos de soldagem de cabos e hastes dos sistemas de aterramento e dos dispositivos de proteção contra descargas elétricas atmosféricas (SPDA), não fazendo mais uso das demais técnicas de soldagem. Os processos, que fazem as conexões dos cabos e hastes utilizando conectores, podem apresentar ao longo do tempo, problemas de falta de contato ou afrouxamento mecânico dos pontos de conexão. Em termos práticos, o sistema de aterramento e o sistema de proteção contra descargas elétricas atmosféricas devem estar no mesmo potencial elétrico, estar equalizados, para isso, deve haver um perfeito e contínuo contato mecânico em todos os pontos do sistema.

1. INTRODUÇÃO

A soldagem exotérmica é uma técnica usada para criar uma conexão permanente entre dois componentes metálicos, conforme ilustra a Figura 1. Trata-se de uma reação química que gera calor e que é conhecida como reação exotérmica. Este processo é particularmente notável para a durabilidade do vínculo produzido e para a preservação da boa condutividade elétrica entre os componentes unidos.



Figura 1: Conexão de cabos em “T” através de um o processo de soldagem exotérmica.

Fonte: Metálica Soldagem Exotérmica

A criação de um vínculo com solda exotérmica normalmente envolve calor gerado por uma reação química entre algum tipo de óxido de metal pesado e um agente redutor. Por exemplo, o óxido de ferro é um óxido de alumínio usado como um agente comum de redução. Esses reagentes produzem calor muito rapidamente quando inflamados, alcançando assim as altas temperaturas necessárias para a soldagem.

Tal aquecimento é geralmente iniciado uma vez que as partes a serem unidas são colocadas juntas em um molde. Um metal de adição em forma líquida é produzido por esta reação e mistura-se com o metal fundido proveniente das partes que se juntam para formar uma ligação moldada pelo molde. Os moldes usados na soldagem exotérmica podem ser feitos de grafite, cerâmica ou outro material adequado que suporte altas temperaturas.

Soldas formadas por esse método apresentam duas características particularmente úteis. Primeiro, o método de solda exotérmica forma ligações moleculares permanentes entre os materiais, portanto, não se soltam com o tempo e nem se corroem, diferentemente do que acontece com os componentes unidos por outros tipos de conexão que são altamente suscetíveis ao afrouxamento e à corrosão. Ligações moleculares entre metais formadas dessa maneira também mantêm o

desempenho elétrico em bom nível. Elas normalmente apresentam condutividade elétrica uniforme e não possuem aumento da resistência elétrica ao longo do tempo. A solda exotérmica é, portanto, comumente prescrita pelos padrões das indústrias para o uso profissional em conexão de componentes eletricamente condutores utilizados em sistemas de aterramento e sistemas de proteção contra descargas atmosféricas que exigem um grau de condutibilidade perfeito.

Outra vantagem deste método de soldagem é a sua portabilidade. Nenhuma fonte de energia externa ou fonte de calor é necessária para a técnica de solda exotérmica, por isso pode ser feito em quase qualquer ambiente. Ela pode ser usada com uma variedade de materiais, que vão desde os metais comuns, como cobre ou de aço, até metais raros como o nióbio. Estas características fazem de solda exotérmica um método adequado para uma ampla variedade de aplicações.

Embora a reação exotérmica que ocorre neste método de soldagem não seja explosiva, é muito rápida e ocorre a uma temperatura elevada. A operação segura começa com o uso de equipamentos de segurança adequados por parte do operador, incluindo uma máscara facial, roupas protetoras e luvas, todos projetados para manter um contato seguro com metal quente. Todos os materiais e moldes envolvidos na operação devem estar completamente secos para evitar o acúmulo de vapor, fazendo com o metal quente seja ejetado em cima do operador. **Fonte:** www.metallica.com.br/soldagemexotermica.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Solda Exotérmica

É um método de soldagem de alta temperatura (maior que 1000°C) usado na união permanente de metais e condutores elétricos como cobre, aço, inox, aço copperweld e bronze. A técnica consiste em se depositar metais em forma de pó (basicamente óxido de cobre e alumínio) no interior de um molde de grafite que é um material que suporta altas temperaturas, no qual estão inseridos os condutores a serem unidos e o composto exotérmico que é uma mistura balanceada de óxido de cobre e alumínio que com o auxílio do pó ignitor que provocará a ignição, ocorrendo à redução do óxido de cobre pelo alumínio, provocando uma reação exotérmica ou aluminotérmica e dando origem ao resíduo de óxido de alumínio e cobre puro em estado de fusão que escorre sobre os condutores dentro do molde de grafite, fundindo e soldando-os entre si.

O processo exotérmico, dura pouquíssimo tempo, cerca de 3 a 5 segundos e dispensa fontes externas de calor (maçaricos, máquinas de soldagem, etc.), garantindo uma conexão perfeita, rápida e permanente, dispensando manutenções.

Trata-se de uma união a nível molecular onde as conexões não são afetadas na ocorrência de elevados surtos ou picos de corrente elétrica, não sofrem corrosão, são mecanicamente estáveis, pois, a conexão passa a fazer parte integrante do condutor ou da superfície soldada. Possuem capacidade de corrente elétrica igual ou maior que a dos condutores conectados.

O estudo foi desenvolvido com base nas NBR's 5410, 14039 e 5419 com informações fornecidas pelos próprios fabricantes de acessórios para Solda Exotérmica e também empresas de instalação de SPDA.

Muitos profissionais do setor ainda trabalham com conectores mecânicos (amparados pelas NBR's), em função do custo e das facilidades de conexão, facilitando a instalação e conseqüentemente o tempo de entrega da instalação. **Fonte:** www.montal.com.br/solda-exotermica

2.2 Tipos de Conexões Possíveis com a Solda Exotérmica

Através da solda exotérmica, é possível fazer uma série de conexões de forma bastante rápida e com um garantia de qualidade de conexão. Uma conexão feita através do processo de solda exotérmica, não apresentará falha de contato, garantindo assim a equalização do sistema. As conexões podem ser feitas das mais diversas e variadas formas, soldando cabo com cabo, cabo com haste, cabo com ferragem, cabo com conectores, cabo com trilhos de trem, dentre outros. A Figura 2 ilustra algumas possibilidades.

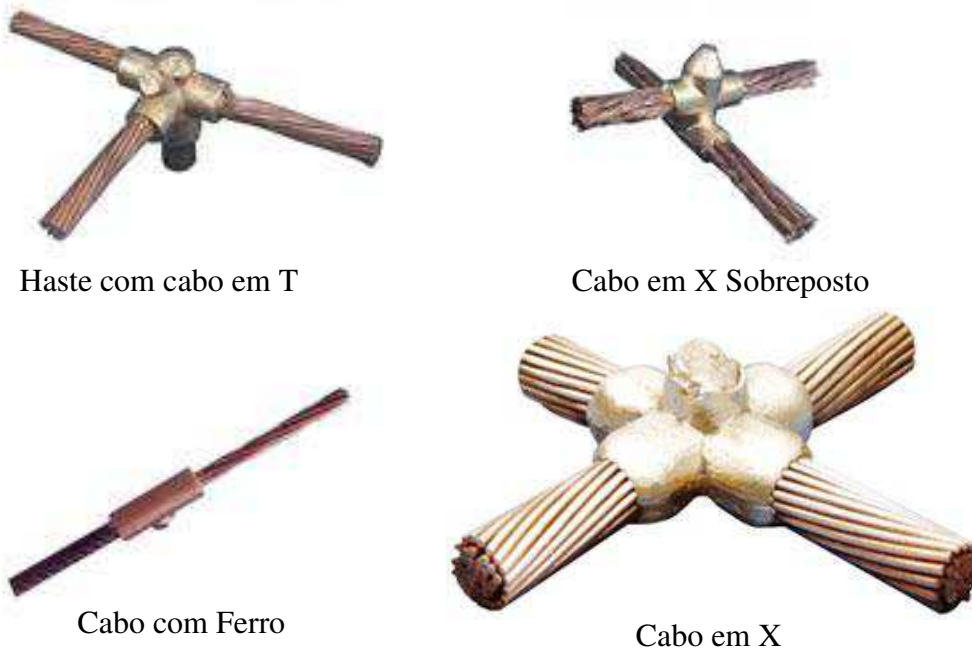


Figura 2: Conexões feitas com solda exotérmica
Fonte: Metálica Soldagem Exotérmica

2.3 Acessórios para uso da solda exotérmica

2.3.1 Os principais acessórios utilizados durante o processo de soldagem exotérmica estão ilustrados na Figura 3 e relacionados a seguir:

- Pó exotérmico, que é um composto químico responsável pela solda;
- Molde de grafite, onde ocorre a solda, dando formato à conexão;
- Alicates, para um correto e seguro manuseio do molde;
- Acendedor, que pode ser um palito, um isqueiro ou um acendedor elétrico.



Figura 3: Acessórios
Fonte: Montal

2.3.1 Molde de Grafite

Para fazer uma conexão à base de solda exotérmica, é necessário o uso de moldes, que serão empregados nesse processo, esses moldes são feitos à base de grafite que é um material que suporta altas temperaturas e tem uma vida útil com capacidade para cerca de 50 soldas. A Figura 4 ilustra um molde de grafite usado no processo de soldagem exotérmica.

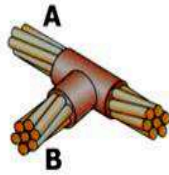


Figura 4: Molde de Grafite
Fonte: Metálica Solda Exotérmica

O modelo de molde deve ser escolhido em função da aplicação e das características dos condutores que serão empregados.

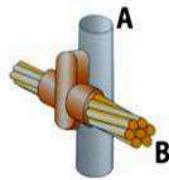
Para determinar ou interpretar a especificação correta de um molde, precisaremos primeiramente definir o tipo de conexão: emenda de dois condutores, cruzamento, emenda entre haste e cabo, conexão com chapa metálica de um pilar, etc. Também é preciso definir qual será seção dos condutores a serem unidos: 16mm², 50mm², 3/4", etc. Baseado nestes parâmetros definimos o código de identificação do molde e com isso, deve ser consultado os catálogos dos fornecedores para se definir qual será o modelo de molde a ser empregado, A Figura 5, ilustra as informações para uma seleção de molde.

1)



TA-50.35.B — classe do molde (identifica alicate e preço)
 — seção cabo derivação (B)
 — seção cabo passante (A)
 — tipo de conexão

2)



GY-5/8\" data-bbox="402 237 886 313"/>

Figura 5: Seleção do molde
Fonte: Montal

2.3.2 Alicate

O alicate proporcionará o manuseio correto e seguro do molde, sem riscos de tombamento do molde ou contatos diretos com o molde, o que poderia ocasionar um acidente. A Figura 6 ilustra um modelo de alicate utilizado durante o processo de soldagem.



Figura 6: Alicata para fixação do molde
Fonte: Montal

2.3.3 Acendedor

O acendimento pode ser feito por um acendedor elétrico, por um isqueiro ou ainda por palitos de fósforos comuns. A Figura 7 ilustra um acendedor elétrico (mais recomendado) que provocará uma faísca de cerca de 450° C, deverá ser posicionado na portada do molde com o “rabicho” de ignição. Nesse momento é muito importante o uso dos EPIs, principalmente os óculos para que seja preservada a integridade física do operador.



Figura 7: Acendedor
Fonte: Montal

2.3.4 Composto exotérmico

O composto exotérmico é uma mistura balanceada de óxido de cobre e alumínio que com o auxílio do ignitor, provocarão a ignição ocorrendo à redução do óxido de cobre pelo alumínio, provocando uma reação exotérmica ou aluminotérmica e dando origem ao resíduo de óxido de alumínio e cobre puro em estado de fusão que escorre sobre os condutores dentro do molde de grafite, fundindo e soldando-os entre si, como ilustra a Figura 2.

2.3.5 Escova de aço

O uso de escova de aço, conforme ilustração da Figura 8 se faz necessário para se limpar as partes que serão soldadas, deixando as superfícies livres de sujeiras e resíduos em geral.



Figura 8: Escova de Aço
Fonte: Montal

2.3.6 Disco de Retenção

É um disco metálico ilustrado na figura 9, é posicionado no fundo do molde a fim de reter o pó. Esse disco é derretido durante o processo.



Figura 9: Disco de Retenção
Fonte: Montal

2.4 Procedimentos para Soldagem

Primeiramente, os pontos onde receberão a solda devem ser cuidadosamente limpos com uma escova de aço.

Tanto os elementos que serão soldados assim como o molde de soldagem deverão ser aquecidos com um soprador térmico para que a umidade não esteja presente no ponto de solda, no entanto, para o molde esse procedimento deverá ser feito somente antes da primeira soldagem do dia. Com o auxílio do alicate, fixar os elementos que serão soldados junto ao molde para um manuseio seguro e correto, conforme ilustração da Figura 10. Abrir a tampa do molde e colocar o disco metálico entre a câmara de solda e o cadinho, misturar bem o composto exotérmico e despejar na câmara de solda (sobre o disco), despejar o pó de ignição sobre o composto exotérmico deixando um rastilho do pó de ignição até a borda da abertura lateral do molde. Fechar o molde e acionar o acendedor junto a lateral do molde próximo ao rastilho de pó de ignição para provocar a queima e a fusão do material, aguardar alguns segundos e abrir a tampa do molde e verificar uma perfeita conexão.

Remover o excesso de escória do molde com o auxílio de um pincel macio e deixar o molde pronto para outra solda.

Fonte: www.metalica.com.br/soldagemexotermica

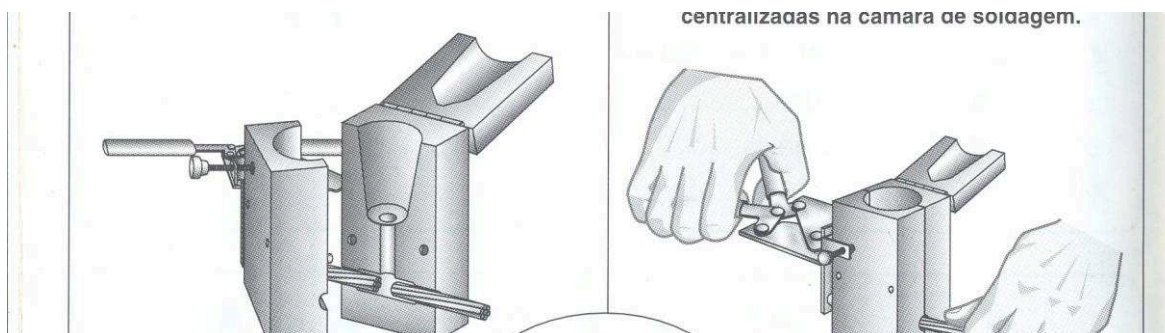


Figura 10: Manuseio do alicate junto ao molde
Fonte: Metálica Soldagem Exotérmica

2.5 Aplicações

O processo de solda exotérmica possui uma gama bastante grande de aplicações, no entanto, é um processo utilizado principalmente no setor elétrico, conforme descrição a seguir:

- SPDA - Sistema Proteção contra Descargas Atmosféricas;
- Subestações seccionadoras;
- Subestações transformadoras;
- Estação e linhas telefônicas;
- Pátio de usina de geração;
- Ferrovias Eletrificadas.

3. METODOLOGIA

O estudo se baseia na comparação dos resultados obtidos em termos de qualidade de contatos e equalização do sistema quando se aplica a técnica de soldagem exotérmica e/ou quando se faz uso de mecanismos para conexão mecânica. Todas as informações foram apresentadas com base em contatos feitos com fabricantes e com empresas especializadas em instalações de sistemas de aterramento e dispositivos de proteção contra descargas elétricas atmosféricas (SPDA).

4. ESTUDO DE CASO

As vantagens são extremamente notórias em função dos resultados obtidos nesse processo de soldagem. É uma técnica de soldagem que dispensa equipamentos caros e/ou pesados, que muitas vezes podem fazer uso de energia que acaba por encarecer mais ainda o processo, tais como máquinas de soldagem, maçaricos, etc. A técnica é bastante prática e rápida, com investimentos baixos e que proporciona uma resultante bastante satisfatória em função da qualidade da solda. O ponto onde é feita a conexão passa a fazer parte do condutor através do processo de fusão envolvida na técnica, garantindo assim uma total conectividade entre os condutores e proporcionando uma excelente equalização do sistema.

Diferentemente dos demais processos, principalmente aqueles que envolvem conectores mecânicos que são ainda bastante utilizados em função do tempo de instalação, praticidade e custos. Nessas técnicas, com o passar do tempo surgem os problemas de oxidação, zinabre e falhas de contatos, problemas que comprometem a funcionalidade do sistema. As possibilidades de conexões são diversas, garantindo assim uma possibilidade bastante diversificada de conexões e rotas de passagem para os condutores, conforme ilustração da Figura 11.

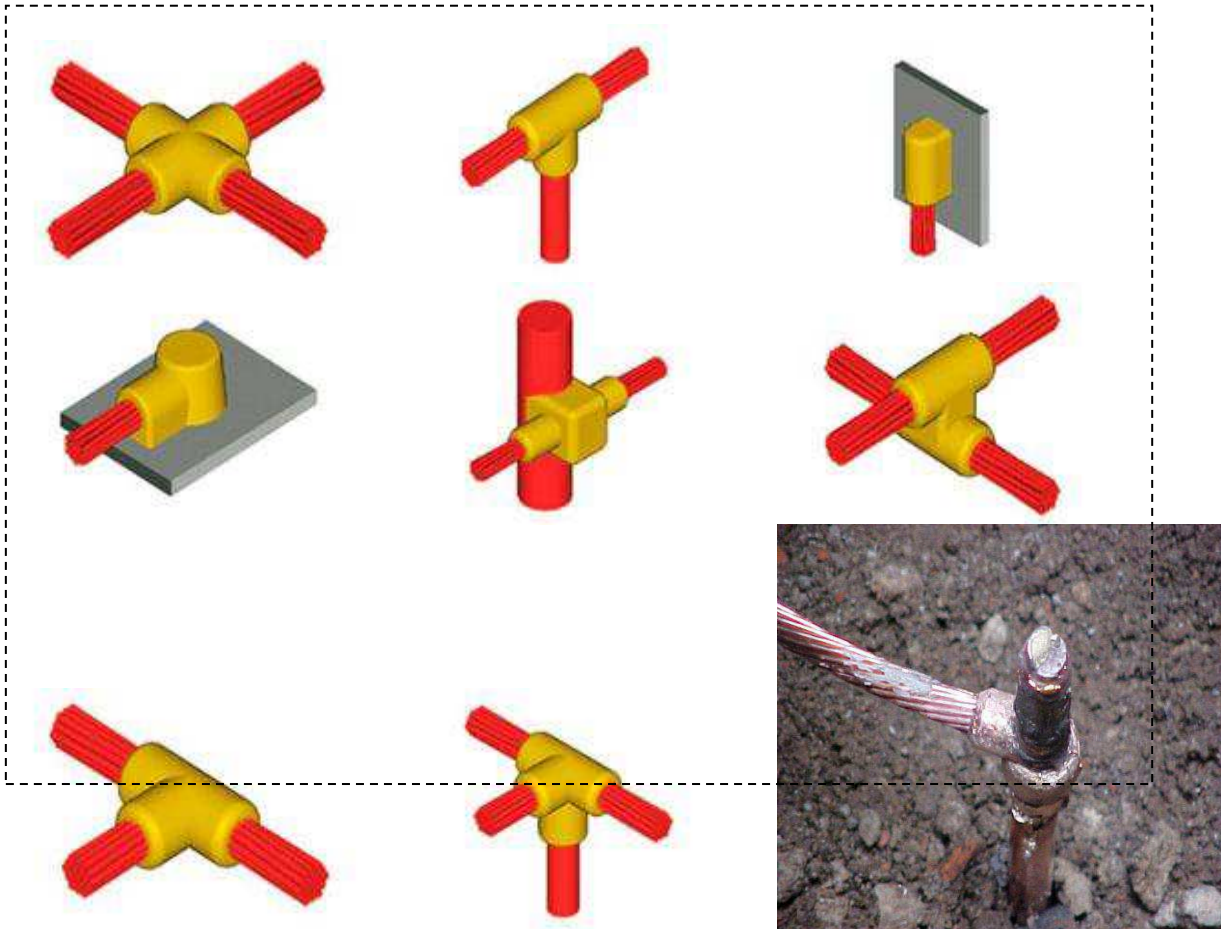


Figura 11: Conexões Exotérmicas
Fonte: Exotérmica Soldas

5. RESULTADOS

Os resultados obtidos com os processos de soldagem exotérmica em sistemas de aterramento e dispositivos de proteção contra descargas elétricas atmosféricas são de uma qualidade de conexão extremamente superior, se comparado a qualquer outra técnica de conexão para esse fim. Proporcionando conexões rápidas e perfeitas, garantindo uma total equalização do sistema.

6. CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos nesse processo de soldagem, sua utilização em atividades envolvendo a instalação de sistemas de aterramento e também sistemas de proteção contra descargas elétricas atmosféricas se faz necessária, pois, são sistemas onde a eficiência funcional depende extremamente da equalização.

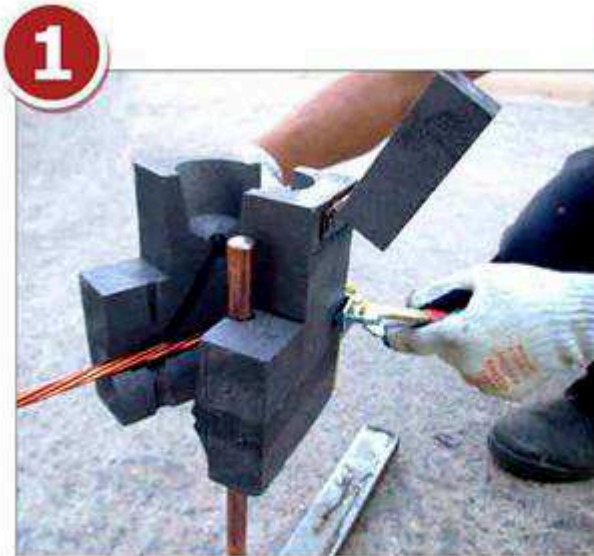
7. REFERÊNCIAS

- NBR-5410: Instalações Elétricas em Baixa Tensão;
- NBR-14039: Instalações Elétricas de Média Tensão;
- NRB-5419: Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas;
- Exotérmica Solda, 2012;
- Metálica Solda Exotérmica, 2012;
- Montal Solda Exotérmica, 2012.

8. ABSTRACT. This study aims to the technical and functional advantage when to use only exothermic welding technology during the process of welding wires and rods of grounding systems and devices for protection against atmospheric electrical discharges, not making more use of other welding techniques. The processes that make cable and rod connections using connectors, may present overtime, problem of lack of contact or mechanical loosening of the connections points. In practical terms, the grounding system and the system of protection against atmospheric electrical discharges should be at the same electrical potential, be equalized to that, there must be a perfect and continuous mechanical contact at all system points.



UNITAU



1) Certifique-se está usando o molde correto, a solda e o alicate correspondente à bitola dos condutores. Os cabos **NÃO** poderão estar tensionados. Para eliminar tensão nos condutores utilize a ferramenta Grampo Alinhador MON-850. Feche o molde.



2) Coloque o disco no fundo do molde com a parte côncava para baixo.



3) Agite bem o envelope para homogeneizar o pó exotérmico e despeje-o no interior do molde. Feche a tampa do molde.



4) Posicione-se ao lado oposto da abertura da tampa, acenda o palito ignitor e coloque-o rapidamente na abertura sobre o pó.



5) Aguarde cerca de 10 segundos para abrir a tampa do molde que estará muito quente. Cuidado!



6) Efetue a limpeza através do limpador de moldes MON-856 ou MON-857 e abra o molde através do alicate.



7) Pronto! A conexão está finalizada e o molde pronto para novas soldagens.