

3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

PLANO DE IMPLANTAÇÃO DE CAMINHÃO DE SOLDA ELÉTRICA

AUTORES

(Apresentar os autores apenas se o trabalho não estiver concorrendo ao Prêmio, caso contrário apague esta recomendação e o título AUTORES e deixe o espaço de quatro linhas vazio para preenchimento posterior)

INTRODUÇÃO

As juntas em vias férreas são consideradas um mal necessário para a maioria das ferrovias pois são pontos frágeis da via permanente, principalmente porque são mais suscetíveis ao desenvolvimento de desnivelamentos. Portanto, é imprescindível eliminar as juntas desnecessárias. E a forma mais barata de se eliminar juntas é através da soldagem na própria linha.

Atualmente, nas ferrovias brasileiras, os dois métodos mais usuais para este tipo de serviço são os de soldagem aluminotérmica e elétrica (Flash-Butt Welding). Neste sentido, este documento tem como objetivo apresentar o plano de implantação genérico de um processo de soldagem elétrica móvel, abordando os seguintes aspectos:

1. Modelos de soldagem móvel
2. Processos de soldagem de trilho on-track

3. Especificação de caminhão de solda elétrica
4. Premissas de operação
5. Premissas de manutenção
6. Premissas de saúde e segurança
7. Premissas de meio ambiente
8. Start up e ramp up de processo

DIAGNÓSTICO

CONTEXTUALIZAÇÃO

Modelos de soldagem móvel de trilhos

Turma de solda aluminotérmica¹

O Processo Aluminotérmico tem sido bastante utilizado em aplicações específicas, onde outros processos de soldagem existentes não apresentam a flexibilidade e condições adequadas para realização da solda no campo. É um processo que não possui relação com outros processos existentes, por ser baseado em reação química entre materiais ferrosos ou não ferrosos e o alumínio.

1 Fonte: <http://www.longhieng.com.br/452.html>

Assim de uma forma geral, trata-se tipicamente de um processo que envolve uma reação do alumínio com um óxido-metálico, dando como resultado final o metal líquido que se forma na reação química.



Figura 1 – Soldagem aluminotérmica [8]

Soldagem a gás²

De acordo com o Indian Railways Institute of Civil Engineering, a soldagem a gás, ou Gas Pressure Welding (GPW), não é um processo de fusão, mas uma técnica de junção de fase sólida de trilho através do aquecimento dos topos de dois trilhos, utilizando a mistura dos gases oxigênio e acetileno. A alta pressão aplicada em ambos os trilhos em temperaturas de 1.250 °C a 1.300 °C causam a junção das pontas dos trilhos.

² Fonte: Welding Techniques, IRCEN 2006



Figura 2 - Soldagem a gás [8]

Cabeçote de soldagem elétrica

Este equipamento consiste de um cabeçote de soldagem elétrica, conhecido como “Flash Butt Welder”, que pode ser montado sobre um caminhão rodoferroviário ou na lança de uma escavadeira. Este cabeçote é concebido para soldagem de barras de vários tamanhos formando trilhos longos soldados (TLS) “on-track” ou “off-track”.



Figura 3 - Container de soldagem elétrica (Thiago Viana, 2011)



Figura 3 - Cabeçote de soldagem elétrica (Thiago Viana, 2011)

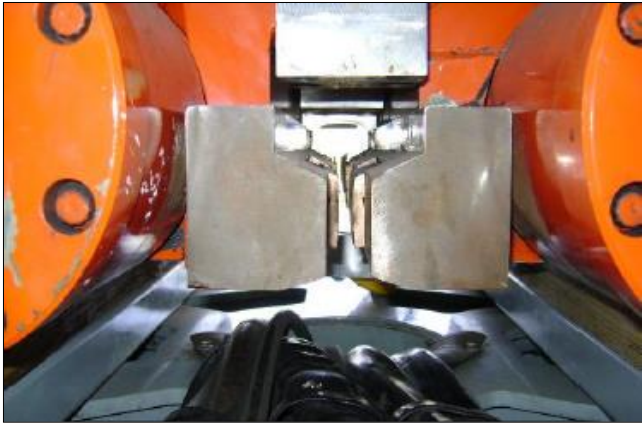


Figura 4 - Eletrodos de soldagem (Thiago Viana, 2011)

A soldagem elétrica é um método de junção de metais em que o calor necessário para forjamento é gerado pela resistência dos trilhos à passagem de uma corrente elétrica. O equipamento vai trabalhar comprimindo a extremidade de uma barra contra a outra, derretendo o metal em um processo controlado através da circulação de corrente. O processo se dá da seguinte maneira:

1. Os dois trilhos são presos firmemente por duas garras com eletrodos;
2. Enquanto uma barra é mantida estacionária, a outra é aproximada até quase haver o contato das duas.
3. Uma corrente elétrica é então imposta às duas barras. Neste processo, calor é gerado e o fagulhamento se inicia.
4. As extremidades são afastadas e aproximadas diversas vezes de acordo com número de ciclos, sequência e taxa pré-determinados.
5. Quando a temperatura atinge o limite de fusão, as extremidades dos trilhos são pressionadas uma contra a outra, com uma força específica, ocorrendo a soldagem.

Processo de soldagem elétrica na linha

O processo de soldagem na linha (on-track) se dá da seguinte maneira:

1. Retirada da fixação (ponteamento antes da faixa), figura 6;
2. Corte dos trilhos, figura 7;
3. Esmerilhamento da alma, figura 8;
4. Puxamento, nivelamento e alinhamento dos trilhos, figura 9;
5. Soldagem, figura 10;
6. Rebarba da solda, figura 11;
7. Resfriamento (acompanhamento com pirômetro);
8. Verificação do alinhamento após a solda, figura 12;
9. Esmerilhamento do boleto e lixamento da alma, figura 13;
10. Recolocação da fixação.



Figura 6 - Retirada da fixação (Thiago Viana, 2011)



Figura 7 - Corte dos trilhos (Thiago Viana, 2011)



Figura 8 - Esmerilhamento da alma



Figura 9 - Puxamento, alinhamento e nivelamento dos trilhos (Thiago Viana, 2011)



Figura 10 - Soldagem (Thiago Viana, 2011)



Figura 11 - Rebarba da solda (Thiago Viana, 2011)



Figura 12 - Verificação do nivelamento e alinhamento após a solda (Thiago Viana, 2011)



Figura 13 - Esmerilhamento do boleto (Thiago Viana, 2011)

Visto que algumas ferrovias brasileiras possuem grande variedade de trilhos aplicados e com diferentes níveis de desgaste, existem certas restrições quanto à soldagem elétrica de trilhos distintos e a diferença máxima entre topos de trilhos permitida é de 3 mm. Assim, se faz necessário a inspeção preliminar do local de soldagem e o planejamento detalhado da atividade antes da mobilização dos recursos.

PREMISSAS BÁSICAS DE PROJETO

Especificação técnica de caminhão de solda elétrica

Caminhões de solda elétrica geralmente são utilizados em ferrovias de grande extensão na atividade de manutenção de eliminação de juntas de trilhos ou na construção de linhas novas que não possuem um estaleiro de solda disponível. Neste sentido, se faz necessário um equipamento com flexibilidade para atuar tanto em modo rodoviário quanto ferroviário e agilidade para percorrer longas distâncias em curto espaço de tempo. A fim de garantir a maior segurança na operação e melhor operabilidade e manutenibilidade, a especificação técnica deste equipamento, atuando no Brasil, deve conter os seguintes requisitos básicos:

- Equipamento deve ser capaz de soldar, rebarbar e esmerilar trilhos TR37, TR45, TR50, TR57, TR68 e TR70;
- Tanque de combustível deve ser suficiente para garantir trabalho ininterrupto de no mínimo 6 horas efetivas e 24 soldas realizadas;
- O equipamento deve possuir sistema de refrigeração e sistema de controle de incêndio;
- O guindaste deve possuir trava de segurança para viagem;

- O guindaste deve possibilitar deslocamento de máquina horizontalmente de um trilho para o outro;
- O guindaste deve pivotar em no mínimo 20º permitindo soldagem lateralmente ao container;
- O cabeçote deve girar até 90º no próprio eixo permitindo soldagem de barras transversalmente ao container;
- O modelo deve ser containerizado adaptado para instalação em prancha rodoviária;
- Recebimento do equipamento no porto deve ser feito por representante do fornecedor;
- Comissionamento do equipamento deve ser feita por operador qualificado;
- Deve ser elaborado um programa de treinamento e operação assistida;
- Operadores devem ser certificados pelo fornecedor;
- Comprometimento do fornecedor que peças sobressalentes deverão ser fornecidas durante 10 anos mantendo leadtime acordado no contrato de aquisição.

Um dos pontos de atenção quanto à aquisição do equipamento se refere à assistência técnica pós-venda. A máquina de solda elétrica pode ser facilmente operada por soldador experiente devidamente treinado, no entanto, esta é uma tecnologia recentemente introduzida no país, assim, a formação de mantenedor gabaritado para realizar manutenção deste equipamento demandará tempo. Por este motivo é indispensável que o fornecedor escolhido tenha corpo técnico e estrutura de manutenção no Brasil.

Operação

Pessoal

No caso de operação em um único turno, sugere-se dividir a equipe em dois grupos: operação do caminhão e apoio de via permanente. Sendo que o primeiro ficará responsável pela realização das soldas em si e o segundo ficará responsável pelos serviços de via para preparar a linha para soldagem e fechar a linha pós-soldagem. Este grupo de apoio de via deve ser cativo e sob a mesma supervisão do outro grupo a fim de garantir sincronia da programação de ambos. Desta forma, a equipe deve ser composta dos seguintes profissionais:

Tabela 1 - Profissionais da equipe de operação do caminhão

Função	Responsabilidade	Requisitos	Quantidade
Operador do cabeçote	Operar container e garantir qualidade da solda	Técnico Experiência em soldagem	1
Eletro-mecânico	Auxiliar operador e manter equipamentos	Técnico Experiência em manutenção eletro-mecânica	1
Condutor	Conduzir caminhão rodo-ferroviário	Ensino médio CNH D Condução de veículos ferroviários	1

Tabela 2 - Profissionais da equipe de apoio de via permanente

Função	Responsabilidade	Requisitos	Quantidade
Encarregado	Planejar serviços e coordenar equipe de soldagem e via	Técnico	1
Mantenedor	Realizar serviços	Ensino médio	5

Treinamentos

Os profissionais da equipe deverão receber os treinamentos básicos listados abaixo antes do início das atividades, totalizando 182 horas. O condutor do caminhão deverá receber treinamento extra referente a veículos automotores, equipamentos móveis e condução de equipamentos ferroviários, totalizando 32 horas de treinamento.

Tabela 3 - Lista de treinamentos

Bloco	Treinamento	Horas
Operação	Operação de máquina de solda-elétrica	40
Manutenção	Pneumática aplicada a operadores de equipamentos	8
	Mecânica aplicada a operadores de equipamentos	8
	Hidráulica aplicada a operadores de equipamentos	8
	Elétrica aplicada a operadores de equipamentos	8
Via Permanente	Noções de via permanente	16
	Sinalizações aplicada a VP	8
	Manutenção de trilhos	8
	Combate a incêndio	16
Básico de Operações de Via	Regulamentos de Operação Ferroviário - ROF	8
	Regulamentos de Manutenção Ferroviária - RMF	8
Básico S&S	Noções de primeiros socorros	2
	Permissão para trabalho básico	2
Normas Regulamentadoras de Segurança	Veículos automotores (apenas condutor)	8
	Equipamentos móveis (apenas condutor)	4
	Bloqueio e sinalização	4
	Proteção de máquinas	4
	Produtos químicos	4
	Trabalho em eletricidade	30
Condução de equipamentos ferroviários	Condução teórico (apenas condutor)	8
	Condução prático (apenas condutor)	8
	Manutenção autônoma (apenas condutor)	4

A fim de reduzir o tempo de implantação do processo, os treinamentos que não dependem do fornecedor do equipamento deverão ser realizados antes da chegada do mesmo.

Estrutura de apoio de via permanente

Para realização dos serviços de operação e manutenção do caminhão de solda e realização dos serviços de via permanente, se faz necessário municiar a equipe com os seguintes recursos.

Tabela 4 - Recursos da equipe de operação

Item	Unid.	Qtde
Computador com a licença do software do PLC	Unid.	1
Caixa para ferramentas	Unid.	1
Chaves Allen de 08, 12, 14, 17, 19 e 24 mm	Jogo	1
Jogo de chave de fenda//Philips	Jogo	1
Alicate de pressão	Unid.	1
Alicate universal	Unid.	1
Talhadeira de aço	Unid.	1
Marreta de 2 kg	Unid.	1
Jogo de chaves de combinadas (boca/estria)	Jogo	2
Multímetro	Unid.	1
Funil uso geral GRD 160- reto 130 x	Unid.	1
Régua para aferição de solda	Unid.	1
Calibrador afilado	Unid.	1
Trena de 30 metros	Unid.	1
Trena de 5 metros	Unid.	1
Pirômetro digital	Unid.	1
Bomba de graxa manual	Unid.	1

Tabela 5 - Equipamentos de pequeno porte

Item	Unid.	Qtde
Multifuncional	Unid.	2
Máquina de furar trilho c/ brocas de vídea extras	Unid.	1
Máquina de cortar trilho com guia e discos de corte extras	Unid.	2
Esmerilhadora de boleto	Unid.	1
Esmerilhadora angular	Unid.	1
Esmerilhadora de alma	Unid.	1
Máquina de biselar furos	Unid.	1
Conjunto oxicorte completo: mínimo 10m de mangueira	Unid.	1
Gerador trifásico 6 Kva	Unid.	2

Tabela 6 - Equipamentos de proteção individual

Item	Unid.	Qtde
Capacete	Unid.	10
Óculos incolor	Unid.	10
Óculos de ampla visão	Unid.	2
Protetor auricular	Unid.	10
Cinto tipo paraquedista	Unid.	2
Máscara semi-facial	Unid.	10
Camisa	Unid.	30
Colete GG	Unid.	10
Luvras de raspa	Unid.	5
Perneira de raspa	Unid.	1
Avental de raspa	Unid.	1
Calça	Unid.	30
Perneira de PVC	Unid.	10
Luvras de vaqueta	Unid.	10
Botina	Unid.	10

Além disso, a fim de garantir a logística da equipe e material, é necessário um caminhão carroceria munck rodoferroviário, conforme figura abaixo.



Figura 14- Caminhão carroceria munck cabinado rodoferroviário (especificação fornecedor)

Manutenção

A manutenção de rotina deve ser realizada diariamente, no regime de oportunidade. Todo momento em que não estiver havendo a operação de soldagem ou deslocamento deve ser aproveitado para a manutenção do equipamento. Além disso, os responsáveis pela manutenção devem garantir que sejam cumpridas as manutenção preventivas preconizadas pelo fabricante. Desta forma, a especificação técnica do equipamento deve exigir do fornecedor os seguintes itens:

- Plano de manutenção conforme modelo especificado pela ferrovia;
- Lista de peças sobressalentes para início de operação;
- Garantia;
- Treinamento de manutenção.

Premissas de saúde e segurança

O projeto deve ser planejado de forma que, durante e após o comissionamento, sejam atendidos os requisitos das normas regulamentadoras brasileiras referentes à saúde e segurança dos empregados durante a realização das atividades. Os requisitos das atividades críticas relacionadas ao processo de soldagem de trilho com caminhão de solda elétrica são definidos pelas seguintes normas regulamentadoras:

Norma regulamentadora 3 - Embargo ou interdição;

Norma regulamentadora 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade;

Norma regulamentadora 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.

Neste sentido, no que tange pessoas, os operadores e mantenedores devem:

- Realizar exames médicos para comprovar a capacidade laboral para a atividade de trabalho em altura. Os exames devem considerar os seguintes aspectos críticos:
 - sistema nervoso (visão – acuidade, campo visual, visão estereoscópica; audição – acuidade, equilíbrio e coordenação motora);
 - aparelho cardiovascular (frequência e ritmo cardíacos e pressão arterial);
 - anamnese clínico ocupacional visando identificar alterações do sono, psicológicas e psiquiátricas.
 - Esses exames devem fazer parte do Programa de Saúde Ocupacional;
- Os profissionais devem receber capacitação que contemple:
 - Prevenção de Riscos em Equipamentos Móveis;
 - Direção Preventiva, para operadores de equipamentos móveis que se deslocam sobre rodas, não importando a via;

- Prevenção de Riscos em Bloqueio e Sinalização;
 - Prevenção de Riscos em Instalações Elétricas e Serviços com Eletricidade;
 - Segurança no Sistema Elétrico de Potência (SEP) para os profissionais que executam atividades no mesmo ou em suas proximidades;
 - Primeiros Socorros.
- Os profissionais que executam atividades em instalações elétricas e serviços com eletricidade devem comprovar que sejam qualificados, capacitados ou habilitados.

Aspectos de meio ambiente

Durante o processo de soldagem são geradas fagulhas que apesar de serem contidas por dispositivo corta-fogo, podem por ventura incendiar um dormente. Desta forma, é importante que o container tenha extintores para combater princípios de incêndio. Além disso, pode-se instalar um sistema de aspersão pressurizada de água no interior do container.



Figura 15 - Sistema de aspersão de água (autor)

Start up e ramp up

Considera-se startup, o comissionamento e o treinamento da equipe que devem ser simultâneos. O tempo de treinamento acordado com o fornecedor é de 60 horas, mais 30 dias de operação assistida. A estrutura mínima necessária para realiza-los é:

- Sala de treinamento;
- Oficina mecânica;
- Estrutura de apoio completa da equipe de via permanente;

Devem participar do treinamento:

- Equipe de operação e manutenção do caminhão de solda elétrica;
- Equipe de manutenção de via permanente (parcialmente);
- Responsável pela implantação;
- Responsável pela capacitação;
- Responsável de implantação do estaleiro de solda;
- Equipe técnica que ministrará o treinamento.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Considerando a equipe e recursos completos descritos no planejamento acima, espera-se uma capacidade produtiva na eliminação de juntas na linha de 4 soldas por hora. Esta capacidade produtiva é substancialmente superior à soldagem aluminotérmica que pode ser estimada em 1 solda por hora. Além disso, a soldagem elétrica é geralmente considerada superior à soldagem aluminotérmica, uma vez que [6]:

- A soldagem elétrica é um processo de forjamento e, neste caso, a resistência da junção é praticamente a mesma do metal-base. Deficiências como porosidade, inclusões e falta de fusão são evitados. Por outro lado, a soldagem aluminotérmica é um processo de preenchimento e, assim, suscetível a deficiências como porosidade, inclusões e falta de fusão;
- A soldagem elétrica de trilhos é um processo automatizado e assim, menos dependente das habilidades do soldador, o que resulta geralmente em consistente qualidade;
- No caso de soldagem elétrica, a zona termicamente afetada (ZTA) é menor em relação à soldagem aluminotérmica;
- Soldagem elétrica gera relativamente menor impacto ambiental por emissão de gases tóxicos quando comparado ao processo de soldagem aluminotérmica;

- O processo de solda elétrica é mais seguro para os operadores, uma vez que não há geração de massa de metal derretido.

CONCLUSÕES

O sucesso na implantação de projetos depende de uma série de fatores, que necessitam de uma perfeita integração para que os resultados planejados sejam efetivamente alcançados. Dentre estes fatores, o desenvolvimento de um bom plano de implantação e o envolvimento da equipe do projeto são os mais importantes para o sucesso dos empreendimentos. Neste sentido, este documento apresentou um guia prático para a implantação de um processo de soldagem elétrica com caminhão rodoferroviário, passando pela explicação do processo, requisitos básicos do equipamento, premissas de operação, manutenção, saúde e segurança e meio ambiente. Espera-se assim, que este guia possa ser útil tanto para ferrovias, metrô, quanto para empreiteiras que vierem a adquirir este tipo de equipamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Regulamento de Engenharia – REG-0200-DIHT - Implantação de Empreendimentos pela Metodologia Front-End Loading. Ed. Do Autor. Revisão: 00 – 11/04/2013. Não publicado.
- [2] Procedimento Gerencia de Sistema - PGS000 289 - Política de sobressalentes da manutenção ferroviária da logística. Ed. Do Autor. Revisão: 04 – 11/10/2012. Não publicado.

- [3] Procedimento Gerencia de Sistema - PGS000 297 – Instalação, capitalização e descarte de ativos para projetos na manutenção ferroviária da logística. Ed. Do Autor. Revisão: 03 – 30/07/2012. Não publicado.
- [4] Rosa, J. Documento Técnico 12253 – Technical Specification – Mobile Electric Rail Welding Machine. Ed. Do Autor, 2012. Não publicado.
- [5] Brina, H. L. Estradas de Ferro. Ed. UFMG. Belo Horizonte, 1988. Volume 1.
- [6] Indian Railways Institute of Civil Engineering. Welding Techniques. Ed. IRCEN, 2006.
- [7] <http://www.longhieng.com.br/452.html>. Acesso em: 24/06/16.
- [8] <http://www.weldguru.com/thermit.html>. Acesso em: 24/06/16.