

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE SERVIÇO
ETS - 010: SOLDAGEM ALUMINOTÉRMICA**

1. OBJETIVO

Esta especificação tem por objetivo estabelecer as diretrizes básicas para a execução de soldagem aluminotérmica de trilhos, em obras ferroviárias. Define requisitos concernentes a máquinas e equipamentos, além de critérios e controle de recebimento e critérios de medição e pagamento.

2. REFERÊNCIAS

Ressalvada a prevalência das especificações, deverão ser observadas as revisões mais recentes das normas e especificações do DNIT e da ABNT:

a) Normas da ABNT:

- ABNT-NBR-7590/1991 (CB 23) – Trilho "Vignole" – Classificação;
- ABNT-NBR-12993/1993 (CB 37) – Ferrovia – Termos gerais e/ou fundamentais – Método de ensaio;

b) Especificações da VALEC:

- 80-EM-032F-58-0002 – Trilhos perfil TR-57;
- 80-EM-032F-58-0003 – Trilhos perfil TR-68; e
- 80-ES-035F-99-0001 – Soldagem Aluminotérmica.

c) Especificações da CBTU:

- EMVP-16 – Trilho;
- ESVP-03 – Lançamento de trilho longo soldado;
- ESVP-13 – Sonda Aluminotérmica; e
- ESVP-22 – Teste de líquido penetrante para solda aluminotérmica.

d) Especificação da RFFSA:

- NV-0-100 – Solda aluminotérmica – Pré-aquecimento rápido;
- NV-3-101 – Porções de solda aluminotérmica – Recebimento;
- NV-3-103 – Solda aluminotérmica – Recebimento; e
- NV-6-101 – Solda aluminotérmica – Inspeção.

3. DESCRIÇÃO

Os problemas relacionados ao transporte de trilhos de grandes comprimentos e dilatação térmica dos mesmos foram solucionados com o uso das técnicas de soldagem aluminotérmica no campo.

As vantagens de trilhos soldados são muitas, entre as quais:

- A vida útil dos trilhos aumenta em até 30%;
- Os gastos em conservação da via podem diminuir em até 50%;
- Redução do número de repartições dos trilhos, especialmente espaços nas articulações;
- Diminuição da resistência ao rolamento; e
- Aumenta da duração dos dormentes.

Para tanto, a solda aluminotérmica dos trilhos deve preencher os seguintes requisitos funcionais:

- Deve ligar os trilhos, de modo a manter uma viga contínua, de superfície uniforme e alinhada;
- Sua resistência à deflexão deve se aproximar, o máximo possível, ao do material rodante a qual está a ser aplicado; e
- Deve prevenir movimento horizontal ou vertical das extremidades em relação umas as outras.



Os trilhos podem ser soldados eletricamente por caldeamento em estaleiro ou diretamente na via com a utilização de uma soldadora de trilho. O caldeamento é um processo de soldagem executado automaticamente por equipamento instalado em uma usina de solda (fixo) ou em uma máquina de solda (móvel).

O processo consiste na fusão dos topos dos trilhos, previamente aquecidos por indução elétrica a uma temperatura de 1.100°C, com auxílio de uma prensa hidráulica de 400 a 700 kgf/cm². Este processo produz uma solda com características de resistência semelhante ao material laminado. Quando realizado no campo, o comprimento da barra a ser confeccionada pode ser considerado ilimitado. Entretanto, quando realizado em estaleiro, seu comprimento fica limitado pelas condições de transporte.

Os trilhos podem, ainda, serem soldados por processo aluminotérmico baseado na reação química entre materiais ferrosos ou não ferrosos e o alumínio. Este processo, exotérmico e auto-sustentado, baseia-se na reação do alumínio com um óxido metálico, produzindo, como resultado final, metal líquido utilizado para soldar os trilhos.

4. DISPOSIÇÕES EXECUTIVAS

O serviço consiste na soldagem aluminotérmica, que tem por finalidade promover a união dos "TLS", de modo a se obter uma via continuamente soldada, eliminando-se assim as juntas mecânicas entaladas, que requerem manutenção permanente, aumentando-se o nível de segurança e conforto e prolongando a vida útil dos trilhos. Deve ser executada rigorosamente em conformidade com as orientações do fabricante.

A soldagem aluminotérmica é também empregada nos AMV's, promovendo a união dos segmentos dos trilhos que o compõem, de modo a se eliminar as juntas mecânicas ordinárias, onde não houver a necessidade de instalação de juntas isolantes.

As soldas aluminotérmicas são executadas "in loco", com equipamentos e materiais de fácil manuseio e transporte.

Para a execução do serviço, deverão ser observadas as seguintes recomendações:

4.1. TOPOS DOS TRILHOS

Os topos dos trilhos a serem soldados deverão estar isentos de defeitos ou deformações, as quais, se existentes, deverão ser removidas cortando-se um segmento do trilho a partir da extremidade, de forma a eliminá-los;

4.2. AFROUXAMENTO DA FIXAÇÃO

É necessário para a operação de soldagem afrouxar a fixação dos trilhos a serem soldados em uma extensão de, no mínimo, 2,0m de cada lado da junta, a partir das extremidades dos trilhos;

4.3. FOLGA ENTRE OS TRILHOS

Para a execução da soldagem, é necessária uma determinada folga entre os topos dos trilhos. Esta folga deverá ser rigorosamente respeitada. No caso das folgas serem muito estreitas, o calor proveniente do aço será muito baixo, trazendo como consequência, partes de solda fria. Caso contrário, para folgas muito largas, o pré-aquecimento tornar-se-ia difícil ou mesmo impossível. Além disso, o volume da respectiva porção de solda não seria suficiente, encarecendo a soldagem devido à necessidade de porções adicionais.

Por ocasião do alinhamento, as folgas serão ajustadas com a cunha. As folgas poderão ser obtidas por meio de deslocamento dos trilhos ou por cortes com serra ou maçarico de oxi-propano, sendo que nesse último, é imprescindível o uso da "guia para corte de trilho".

As superfícies de corte deverão ser verticais e perpendiculares ao eixo longitudinal dos trilhos. Antes da colocação das formas, a folga deverá ser verificada através de gabaritos tipo "passa não passa". A tolerância deste gabarito deverá ser de ± 1 mm. No caso de trilhos com furos para talas, quando não for possível o seu deslocamento deverá ser estabelecida à folga mediante o corte de igual comprimento de ambas as pontas. O corte de apenas uma das extremidades somente é permitido quando a folga existente tiver que ser alargada no máximo 7 mm.

No preparo da junta a soldar, a distância mínima permitida entre a extremidade do trilho e o furo mais próximo é de 50 mm. Antes da execução de cortes em trilhos para estabelecimento da folga necessária à soldagem aluminotérmica, todo o resíduo de óleo e graxa deverá ser removido da região do corte. A medida da folga entre as extremidades dos trilhos varia de acordo com o perfil do mesmo.

4.4. CORTES COM MAÇARICO

Para se conseguir cortes paralelos e planos, torna-se indispensável o emprego de uma guia para corte de trilhos, com a qual o carrinho do maçarico possa ser facilmente dirigido. O corte deverá ser iniciado pelo patim do trilho, seguindo-se para a alma, e finalmente cortando-se o boleto. Após o corte, a escória por ventura existente nos topos dos trilhos deverá ser removida por meio de escova de aço, lima ou talhadeira.

4.5. NIVELAMENTO DAS JUNTAS

Para o início da operação de nivelamento da junta a fixação deverá ser afrouxada ou retirada. Os extremos dos trilhos a soldar deverão formar uma angulação que é obtida através da colocação de cunhas de aço na parte inferior dos patins, entre as placas de apoio e os mesmos, que serão colocadas com uma distância regular da junta, e simetricamente à mesma, formando uma situação de apoio estável.

Com uma régua de aço de comprimento de 1.000mm, e seção de 7,9mm (5/16") de espessura, será iniciada a operação de nivelamento. A elevação das extremidades dos trilhos será obtida através do avanço ou recuo das cunhas. A junta deverá ser elevada de

tal modo que a régua de 1m, colocada centrada sobre a junta, tenha os seus extremos afastados do boleto dos trilhos de um valor adequado para cada tipo de perfil de trilho. Esta elevação será feita no sentido de compensar a contração do boleto que se dá em maior proporção do que no restante do trilho.

4.6. ALINHAMENTO DAS JUNTAS

Para a execução de uma solda aluminotérmica na linha, será necessário um alinhamento correto da junta para que se assegure nessa região uma superfície de rolamento contínua, plana e alinhada, após a soldagem. Para a execução do alinhamento lateral, serão usadas alavancas e cunhas de modo que a régua de nivelamento, quando colocada de acordo com a Figura 1, encoste totalmente na face interna do boleto do trilho.

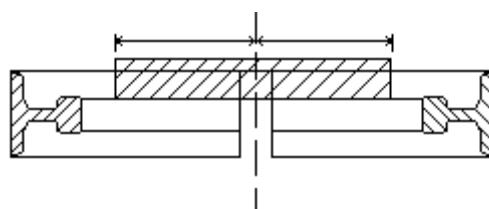


Figura 1: alavancas e cunhas

No caso de alinhamento de curvas, a régua colocada do lado interno do boleto do trilho (a), deverá guardar a mesma distância f (flecha) que é verificada quando a régua é colocada do lado externo (b) segundo a Figura 2.

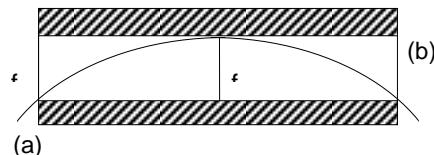


Figura 2: régua colocada do lado externo

4.7. COLOCAÇÃO DA FORMA

Inicialmente deverá ser colocado um pedaço de folha de aço ou chapa comum sob a junta para evitar sujar o lastro com areia de vedação ou escória, bem como proteger os dormentes laterais.

Com o auxílio do gabarito tipo "passa não passa", será fixada verticalmente a prensa niveladora universal, por meio do seu parafuso tipo "borboleta", sobre o boleto do trilho. A prensa universal não deverá ser fixada com inclinação, pois tal fato irá causar posição incorreta do suporte do maçarico. Com a prensa universal corretamente fixada, serão colocadas ambas as formas nas presilhas, que serão fixadas, na posição de soldagem, por braços da prensa universal, devendo ser ajustadas com aperto de igual intensidade, pois, caso contrário, pode ocorrer o deslocamento de uma das partes da

forma, o que resultaria no aparecimento de uma fenda entre a forma e o trilho, e consequentemente, em uma solda defeituosa.

4.8. VEDAÇÃO DA FORMA

A vedação entre o recorte do perfil da forma e as duas extremidades do trilho é feita com areia de vedação. As formas somente deverão ser vedadas pouco tempo antes do pré-aquecimento. A mistura deve ser bem comprimida com as pontas dos dedos e deverá estar bem firme em volta de todo o perfil do trilho, tomando-se o cuidado de colocar um cartão de montagem sobre a abertura. Todos os intervalos entre as formas e o trilho deverão ser totalmente vedados. Qualquer defeito de vedação ocasionará vazamento e prováveis perdas de solda.

4.9. COLOCAÇÃO DA CALHA PRA A CORRIDA DO AÇO E DA BANDEJA DE ESCÓRIA

Após a colocação e vedação da forma, deverá ser colocada a calha de corrida do aço de um lado, e do outro, a bandeja para a escória. A calha deve ficar perfeitamente ajustada e nivelada no seu suporte.

4.10. PRÉ-AQUECIMENTO

A operação de pré-aquecimento dos topes dos trilhos é considerada a mais importante de todo o processo de soldagem e, se bem executada, a melhor garantia para uma soldagem homogênea e correta. No processo de soldagem, as extremidades dos trilhos, que se encontram dentro da forma, serão aquecidas pela abertura da parte superior através dos canais de fundição pelo maçarico de pré-aquecimento, a uma temperatura de 950 a 1.000°C.

Para o pré-aquecimento, é preferível uma mistura de propano e oxigênio. Deve-se prestar especial atenção para que todas as partes do perfil dos trilhos sejam pré-aquecidas por igual. Primeiro, o respectivo maçarico deverá ser alinhado sobre abertura entre os trilhos, fixado ao suporte que está colocado no tubo vertical da prensa universal. O maçarico deve estar centrado em relação à junta.

A pressão de operação será de 1,5 kgf/cm² para o gás propano-butano e de 4 e 5kgf/cm² para o oxigênio. Durante o pré-aquecimento, as pressões deverão ser mantidas constantes através de sucessivos reajustes. Deve-se ter em conta que o excesso de oxigênio causará o derretimento do trilho, e o excesso de propano-butano a queima do bico. A distância mínima entre o boleto e o bico é de 25mm. Próximo ao final do processo de pré-aquecimento deverá ser observado se as seções transversais dos topes dos trilhos estão aquecidas por igual, com temperatura entre 950 e 1.000°C, ou seja, com coloração laranja à amarela – ver tabela abaixo.

Tabela 01: temperatura equivalente a cada cor

COR	TEMP. (°C)
Vermelho Escuro	680
Vermelho Cereja Escuro	740
Vermelho Cereja	770
Vermelho Cereja Claro	800
Vermelho Claro	850
Vermelho Muito Claro	900
Laranja	950
Amarelo	1.000
Amarelo Claro	1.100
Amarelo Esbranquiçado	1.200
Branco	1.300

O tempo necessário para o pré-aquecimento depende do perfil e do grau de desgaste do trilho, da folga entre trilhos e do tipo de gás empregado. Esses fatores também deverão ser considerados na determinação da distância entre o maçarico e o boleto do trilho.

4.11. CADINHO

A preparação do cadiño deverá ser feita durante o pré-aquecimento e deverá estar completamente isento de umidade e limpo. O cadiño (já com o forro) deverá ser inspecionado, e verificado se o diâmetro do furo do bujão é de aproximadamente 15mm. A seguir, o cadiño será colocado no seu suporte próprio da prensa universal e aquecido com o maçarico de pré-aquecimento, a fim de retirar a umidade, a uma temperatura de 100°C. Coloca-se então o pino de vedação, verificando se o mesmo não se prende ao ser empurrado para cima. O amianto é desmanchado com as mãos, sendo então colocado sobre o pino de vedação, no fundo do cadiño. Sobre o amianto coloca-se a areia de vedação. Centra-se o pino de vedação no centro da calha de corrida do aço. O afastamento entre a parte inferior do cadiño e a borda da calha deverá ser de 40 mm. Gira-se o cadiño para o lado oposto e coloca-se a porção de solda, deixando-a correr por entre os dedos da mão para garantir uma melhor homogeneidade da mistura. Corrigese, ainda nesta posição, o nivelamento do cadiño, observando-se à distância acima citada. Isto feito tira-se o cadiño da posição, girando-se para o lado oposto, para evitar que fique sob a ação prejudicial e mesmo perigosa da temperatura do pré-aquecimento.

4.12. RETIRADA DA FORMA

Para a retirada das formas deve-se aguardar aproximadamente 5 minutos após a sangria. Durante esse intervalo não se provoca nenhum tipo de abalo na solda. As formas são retiradas com pequenas pancadas de “corta-quente”.

4.13. ACABAMENTO

Após constatar a boa qualidade da solda através de exame visual, aguarda-se 3 minutos para iniciar a operação de acabamento.

A remoção da rebarba poderá ser feita com máquinas hidráulicas especiais fixadas nos trilhos ou por meios manuais, com o auxílio do “corta-quente” e marreta de 5 kg. A rebarba sobre o boleto será retirada em duas operações. Na primeira bate-se com a marreta de 5 kg no “corta-quente” de modo a retirar a rebarba até o meio da solda. A seguir inverte-se a operação retirando-se a outra metade. Nesta operação deve-se evitar o afundamento do “corta-quente” na solda, deixando sempre uma rebarba de aproximadamente 5 mm.

Para remover a rebarba na lateral do boleto, devem-se seguir as seguintes orientações: coloca-se o “corta-quente” na posição 1 ou 2, inclinando-se ligeiramente para o lado do trilho e bate-se com a marreta descendo o “corta-quente” até os pontos A e B. Com o “corta-quente” na posição 3 ou 4 bate-se com marreta até o “corta-quente” atingir os pontos C e D. Ver Figura 3.

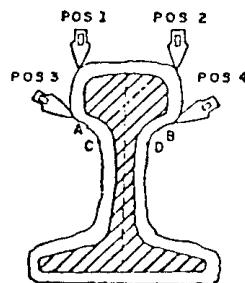


Figura 3: remoção da rebarba na lateral do boleto.

Efetuada a remoção da rebarba e o esfriamento da solda, a mesma deverá ser esmerilhada na parte do boleto conforme o perfil do trilho, a fim de se obter um rolamento correto e suave nas rodas dos veículos ferroviários. Existem para esse serviço diversos tipos de esmerilhadeiras. Devem-se seguir as seguintes orientações: o local da solda deverá ser esmerilhado somente após o total esfriamento do mesmo; o esmerilhamento deverá ser iniciado a partir da superfície de rolamento, estendendo-se daí a ambos os lados do boleto.

4.14. OPERAÇÕES COMPLEMENTARES

Concluída a soldagem, deverá ser feita a limpeza do local em redor da solda e a remoção cuidadosa de restos de forma, escória e partículas de aço, possivelmente

existentes. Segue-se a fixação do trilho soldado, dormentes e a recomposição da seção transversal da via.

5. MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

As seguintes máquinas e ferramentas poderão ser utilizadas no serviço de soldagem aluminotérmica, entre outras que se façam necessárias:

- Alavanca;
- Bitoladora de via;
- Cadiño completo;
- Chave de junta;
- Corta-quente;
- Cunha;
- Cunha de aço;
- Escova de aço, lima ou talhadeira;
- Esmerilhadeiras;
- Ferramenta de regulagem;
- Gabarito para folga de junta;
- Gabaritos tipo “passa ou não passa”;
- Gadinho;
- Gases;
- Maçarico de corte;
- Maçarico de pré-aquecimento;
- Máquina de esmerilhar boleto;
- Máquina de esmerilhar trilho;
- Máquina para cortar trilho com disco;
- Máquina rebarbadora de solda;
- Marreta;
- Picareta de soca;
- Prensa niveladora universal;
- Presilhas para forma;
- Rebarbadora Hidráulica;
- Régua de aço de 1m;

- Régua de nivelamento de aço;
- Tirefão; e
- Tirefonadeira.

6. CRITÉRIOS E CONTROLES DE RECEBIMENTO

Os critérios e controles de recebimento atenderão esta especificação, as normas do DNIT, da ABNT e o SICRO – Sistema de Custos Rodoviário do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

7. CRITÉRIOS DE MEDAÇÃO E PAGAMENTO

O serviço de soldagem aluminotérmica de trilho será medido e pago por unidade de solda efetivamente executada (un), estando de acordo com as Normas Técnicas, Especificações e Edital, em conformidade com as quantidades indicadas no quadro de quantidades e de preços e após a liberação da Fiscalização.

O custo unitário remunera a mão de obra (da soldagem, do nivelamento e soca da linha no local e recomposição do lastro) com encargos sociais, o material empregado (exceto porção e kit de soldagem), as horas dos equipamentos utilizados e o transporte dos equipamentos e materiais.