

Processo de soldagem aluminotérmico

Fábio Urzedo Silva

E-mail: fabiurzedo@gmail.com

Introdução

Aluminotermia é um processo que produz a coalescência de metais, em outras palavras um processo aluminotérmico consiste na redução dos óxidos metálicos a partir do alumínio para a obtenção de respectivos metais.

Em 1895 o alemão Johannes Wilhelm Goldschmidt ou simplesmente, Hans Goldschmidt, figura 1 - Hans Goldschmidt imagem segundo squidoo.com, patenteou o processo aluminotérmico, no que consiste na oxidação do alumínio pelo óxido de outro metal, em geral um óxido de ferro. A reação é exotérmica, portanto, uma vez iniciada, é autossustentável.



Figura 1 - Hans Goldschmidt

Goldschmidt estava primeiramente interessado no potencial da reação na produção de metais de grande pureza química, mas rapidamente percebeu que a reação tinha uma aplicação óbvia na soldagem. De fato, a sua primeira aplicação comercial realizou-se na soldagem em 1899. Primeiramente a aluminotermia foi usada para reparar soldagens locais, como em eixos de locomotivas, sem ter que desmontar as peças envolvidas. Atualmente a aplicação mais comum do processo é a soldagem de trilhos ferroviários em comprimentos contínuos.

No Brasil a aluminotermia tende a ter um grande mercado, devido a crescente expansão da malha ferroviária esse processo tende a continuar a ser unanime na soldagem de trilhos. Em São Paulo temos exemplos das próprias companhias que administram o sistema ferroviário executarem a soldagem aluminotérmica, como por exemplo, a Companhia Paulista de Trens Metropolitanos e o Metro que possuem uma divisão responsável pela manutenção dos trilhos.

Característica

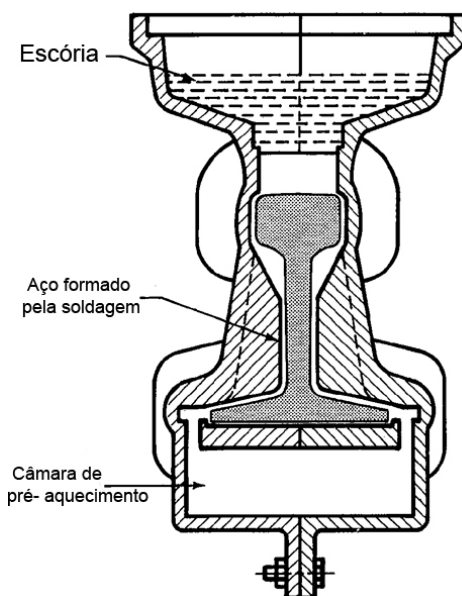
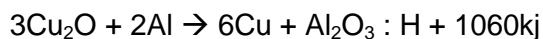
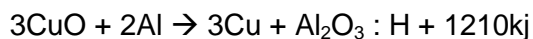
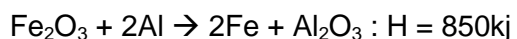
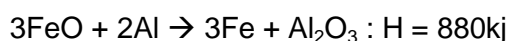
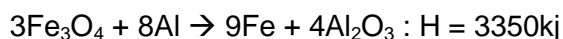


Figura 2 - Aluminotermia - Welding Handbook Vol. 2

A reação aluminotérmica ocorre de acordo com a seguinte equação: óxido de metal + alumínio(pó) + óxido de alumínio + metal + calor. A reação só é iniciada e completa, se a afinidade do oxigênio com o redutor for maior do que a afinidade do oxigênio como o óxido do metal a ser reduzido.

O calor gerado pela reação exotérmica resulta em um produto líquido constituído por metal e óxido de alumínio, se a densidade da escória for maior do que a densidade do metal elas se separam imediatamente.

Algumas reações e suas energias térmicas produzidas segundo AWS Welding Handbook – 2:



A primeira das reações acima é a mais utilizada como base de misturas para a aluminotermia. As proporções das misturas geralmente são de cerca de três partes em peso de óxido de ferro a uma parte de alumínio, a temperatura teórica fornecida por esta reação é de cerca de 3100° C. A adição de componentes não reativos e a perda de calor com o recipiente e por radiação, reduzem a temperatura para cerca de 2400° C, ou seja, a temperatura máxima permitida pelo fato do alumínio vaporizar a cerca de 2500° C, por outro lado, a temperatura na pode ser menor porque a escória de alumínio (Al_2O_3) solidifica em 2040° C.

A reação aluminotérmica requer um pó de ignição especial, esse pó ira produzir calor suficiente para elevar o pó de térmite em contato com a haste para a temperatura de ignição que é cerca de 1200° C.

As partes a serem soldadas devem ser alinhadas corretamente, as faces a serem unidas devem ser livres de ferrugem, sujeiras, umidades e graxa. As partes devem ser alinhadas e, no espaçamento entre as mesmas, o metal líquido, que escorre por gravidade em um molde específico para a aplicação, tem em torno de duas vezes a temperatura de fusão do metal base das peças, o que possibilita a soldagem em pouco tempo, segundo a figura 2.

Perdas normais de calor causam a solidificação do metal e a coalescência ocorre, completando-se o processo. Para peças grandes, é necessário um pré-aquecimento, dentro do molde, para 8 secá-lo e colocá-lo à temperatura adequada. Tal processo guarda uma similaridade com a fundição, mas difere principalmente pela alta temperatura envolvida no mesmo.

Um espaçamento apropriado deve ser fornecido entre as faces, o tamanho dependerá da largura da junta, logo é necessário um molde que pode ser construído sobre as peças ou pré – fabricado e é colocado em torno da junta a ser soldada.

Para fabricar uma junta de topo as faces devem ser pré – aquecidas e alguns requisitos devem ser levados em conta como, eliminar os defeitos típicos que aparecem em peças fundidas, fornecer um fluxo apropriado de aço fundido e evitar a turbulência quando o metal flui para dentro da junta.

Aplicações

Uma aplicação da soldagem aluminotérmica é a soldagem ferroviária em comprimentos contínuos, o processo é muito eficaz, pois, elimina o número de juntas parafusadas na estrutura das vias. A soldagem de trilhos de transporte de carvão ajuda a minimizar a manutenção e reduzem o derramamento excessivo de carvão causado por faixas irregulares. Trilhos de guindaste são soldados e minimizam a manutenção conjunta e a vibração do guindaste que passa sobre a articulação.

Para soldagem de trilhos são empregados atualmente três métodos tecnologicamente equivalentes, cuja principal diferença consiste no modo de conduzir o calor às extremidades dos trilhos.

Primeiro método:

Processo de soldagem com nervura chata. Neste processo as pontas dos trilhos são envolvidas com formas pré-fabricadas e preaquecidas até uma temperatura de aproximadamente 1000°C. O tempo de pré-aquecimento depende do perfil do trilho, durando em média de 5 a 9 minutos. A característica deste processo é a vantagem econômica, quando à disposição dos intervalos de trens são maiores de que 25 minutos.

Segundo método:

Processo de soldagem com pré-aquecimento curto. Neste processo para a característica e a soldagem em linhas com tráfego denso, o processo com pré-aquecimento curto apresenta, mesmo com um custo mais elevado devido ao uso de maiores porções da mistura, é interessante pela economia de tempo de execução. O pré-aquecimento curto, de somente 1 a 2 minutos, eleva a temperatura das pontas a aproximadamente 600°C e garante, simultaneamente, a eliminação total da umidade nos trilhos e nos moldes. O processo em questão pode ser executado por dois soldadores bem treinados, dentro de intervalos de 12 a 15 minutos.

Terceiro método:

Processo de soldagem com câmara de pré-aquecimento solidária ao cadinho. Segundo este método, o pré-aquecimento é dado pelo próprio metal fundido que escorre para uma câmara na parte inferior do cadinho, figura 2. Este método é descrito como método de

soldagem sem pré-aquecimento, no sentido que o mesmo não é feito por fonte externa de calor. Neste caso, as Zonas Afetadas pelo Calor, nas seções adjacentes do trilho, são muito menores que na modalidade com pré-aquecimento externo.

Para a soldagem de trilhos de fenda (bonde), trilhos de ponte rolante e trilhos condutores (metrôs), bem como perfis especiais, o tempo de pré-aquecimento, a quantidade e características da mistura são próprias para cada situação.

Outra aplicação é a soldagem de reparo, normalmente não é um processo repetitivo, portanto, moldes pré – fabricados são utilizados em cada tipo de reparo.

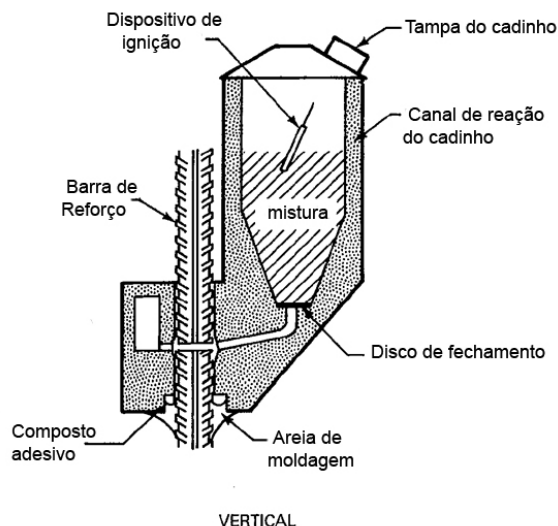


Figura 3 - Soldagem de barras de reforço – Weldinghandbook vol.2

O processo de soldagem aluminotérmica também é aplicado para a soldagem de reforço de barra, é uma soldagem sem pré – aquecimento em forma de reforço para barras de aço de estruturas de concreto.

A figura 3 mostra um croqui da soldagem de barras de reforço segundo o Weldinghandbook Vol. 2. Duas metades do molde pré-fabricadas são posicionadas nas barras alinhadas e seladas com um adesivo composto e areia para evitar a perda de metal fundido. Um disco de fecho na base do cadinho é responsável pela contenção do metal líquido antes que ele comece a escorrer para a barra. O pó é colocado no cadinho e a reação iniciada. Depois de completa a reação, o metal fundido escoar através do disco de fecho e preenche a lacuna entre as barras. O metal fundido preenche a lacuna conjunta e completa a solda. As barras de reforço podem ser soldadas por este processo em qualquer posição com moldes adequadamente alocados.

Cerca de cinco minutos são necessários para fazer um conjunto com este técnica.

Outra aplicação é a de conexões elétricas, é feita uma mistura de óxido de cobre e de óxido de alumínio para soldar juntas de condutores de cobre. O processo usado principalmente para barras de cobre, cabos e fios e conjuntos de condutores de cobre para aterramento de trilho de aço é semelhante ao processo descrito na figura 3.

Equipamentos e Segurança

Para a execução do processo de soldagem aluminotérmico são necessários os seguintes equipamentos, cadinho, molde, coletores de escória e algumas vezes podem ser utilizadas lixadeiras especiais para trilhos representada na figura 5 retirada do catálogo da thermit welding LTD.

Na figura 4 temos um sistema de cadinho/molde para a soldagem de trilhos segundo a ETG 2000.



Figura 4 - Sistema cadinho segundo a ETG 2000



Figura 5 - Lixadeira de trilhos – Thermit Welding LTD

A presença de umidade no cadinho ou sobre as peças a serem soldadas pode levar a uma formação rápida de vapor. A pressão do vapor pode causar uma ejeção violenta do metal fundido. Por isso devemos armazenar todos os materiais e equipamentos em lugar seco.

A área onde será realizada a soldagem deve estar isenta de qualquer combustível que possa ser inflamado por faíscas ou pequenas partículas de metal fundido. A área deve ser bem ventilada para evitar o acúmulo de fumos e gases prejudiciais à saúde. Os operários devem usar uma proteção adequada contra resíduos quentes ou faíscas, além de protetores faciais óculos de proteção.

O controle de qualidade da solda feita no processo aluminotérmico para aplicações em ferrovias limita-se, geralmente, ao exame dos indicadores superficiais de qualidade, tais como, alinhamento do bolete e da borda de rolamento, aparência da solda, isenta de fissuras, porosidade ou inclusão de escória na sua superfície.

Em casos específicos podem ser executados, na via, determinações de dureza, usando-se instrumentos portáteis. Para testes não destrutivos, introduziu-se nos últimos anos o ultrassom, por constituir-se num método rápido e relativamente simples na detecção de falhas em ligações soldadas.

Em outras ocasiões pode ser requisitado um ensaio de fadiga como mostra a figura 6 de uma máquina de fazer ensaios de fadiga segundo a ETG 2000.

Para averiguar-se a resistência estática, o ensaio de ruptura é o mais importante e indicado, por permitir que o rompimento da solda ocorra no seu ponto mais frágil, revelando eventuais imperfeições da solda após a ruptura. O ensaio de ruptura é realizado numa prensa. O trilho é assentado com o patim sobre dois apoios distanciados de 1 metro, de forma que o martelo da prensa aja sobre o bolete no centro da solda. A carga é aplicada lentamente, aumentando-se gradativamente até a ruptura. Os valores significativos deste ensaio são a carga de ruptura e a flecha existente no instante da ruptura. Outros indicadores importantes da qualidade são a localização e o aspecto da ruptura.

O ensaio de ruptura não só é o teste mais importante na comprovação da qualidade de uma solda, mas também é uma exigência que a maioria das ferrovias do mundo impõe para o recebimento das porções dentro dos padrões pré-estabelecido.



Figura 6 - Teste de fadiga segundo ETC 2000

Conclusão

Uma das maiores vantagens do processo é a facilidade de trabalho, o custo dos equipamentos são relativamente baixo, e uma mão de obra especializada não é requerida para uma rotina simples de trabalho.

Outros aspectos positivos do processo aluminotérmico para soldagem destacam-se a flexibilidade para soldagem no campo, um tempo de execução pequeno, a dispensa do uso de energia elétrica, a não necessidade de complexos aparatos e equipamentos. Outro fator é facilidade das soldas poderem ser feitas com as peças praticamente em qualquer

posição, desde que a cavidade do cadinho tenha paredes suficientemente verticais para o metal escorrer rapidamente.

Dentre os aspectos negativos destaco aqueles que em comparação com outros processos podem ser denominados de desvantagem. Um deles é a necessidade de cuidados especiais quanto à segurança do operador e do local, a necessidade de moldes específicos para cada tipo de aplicação. Para grandes aplicações a necessidade de peças grandes e é necessário um pré-aquecimento, além de ser necessário muito mistura para o preenchimento do espaço entre as partes, aumentando o custo da operação.

Longe de ser considerado um processo obsoleto a soldagem aluminotérmica tem grande aplicação em um campo onde seu domínio é visível.

Levando em conta um país como o Brasil onde a malha ferroviária ainda está em expansão o processo de soldagem aluminotérmico tende a ser muito usado por muitos anos.

Referências

Welding Handbook, American Welding Society, 8th edition 1995 , vol 2, USA

C. P. Lonsdale – Metallurgical Engineer – Conrail Technical Services Laboratory

Gimenez, Luís - Processo de Soldagem Exotérmico

Almeida, Wilson; Lacerda, Juarez Marques - Departamento de Engenharia Mecânica