

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Júlio Cesar Prado Ribeiro

Solda à Frio – Materiais Dissimilares

Taubaté – SP

2017

Júlio Cesar Prado Ribeiro

Solda à Frio – Materiais Dissimilares

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientadora: Profa. MSc. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren

Co-orientador: Prof. MSc Paulo Cesar Corrêa Lindgren

Taubaté – SP

2017

Júlio Cesar Prado Ribeiro

Solda à Frio – Materiais Dissimilares

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

Dedico este trabalho primeiramente a Deus,
por ser essencial em minha vida, autor de meu destino,
meu guia, socorro presente na hora da angústia,
a minha família que sempre esteve presente
e a minha grande companheira.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. MSc Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren e meu co-orientador Prof. MSc Paulo Cesar Correa Lindgren, por me conduzirem com sabedoria durante todo esse percurso que foi o TG, por estarem sempre disponíveis nos momentos que mais precisei de apoio.

À Empresa Fronius do Brasil, por todo material enviado e por todo suporte técnico que me foi oferecido durante a elaboração deste trabalho.

À Universidade de Taubaté, por sempre estar de portas abertas, cedendo suas dependências para que este TG fosse realizado.

RESUMO

Estima-se que hoje em dia estão sendo utilizados mais de 70 tipos de processos de soldagem a nível mundial, sendo este um número dinâmico, pois vários outros processos estão em desenvolvimento a nível de pesquisa e projetando para breve novas alterações no mercado de soldagem. MIG/MAG é o processo mais utilizado, tanto nas empresas automobilística quanto nas navais e aeroespaciais, com suas linhas robotizadas. Hoje em dia, através de um método chamado CMT- *Cold Metal Transfer* (Transferência de Metal Frio, tradução direta ao português) é possível fazer a união de materiais dissimilares (Exemplo Aço +Alumínio).

Palavras-chave: CMT, MIG/MAG, Solda.

ABSTRACT

It is estimated that today more than 70 types of welding processes are being used worldwide, this being a dynamic number, as several other processes are under development at the research level and projecting to soon new changes in the welding market. MIG / MAG is the most used process, both in the automobile companies and in the naval and aerospace companies, with its robotized lines. Nowadays, through a method called CMT - Cold Metal Transfer, it is possible to make the union of dissimilar materials (Example Steel + Aluminum).

Key Words: CMT, MIG/MAG, Welding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação dos sistemas CMT robotizado.....	19
Figura 2 - Representação dos sistemas CMT manual.....	20
Figura 3 - Soldas realizadas em diferentes materiais.....	22
Figura 4 - Etapas do processo CMT.....	24
Figura 5 - Processo Esquemático usando cuto-circuito (MIG/MAG).....	25
Figura 6 - Processo Esquemático usando processo CMT.....	26
Figura 7 - Comparação com o processo CMT.....	27
Figura 8 - Quantidade de respingos gerados.....	28
Figura 9 - Solda de materiais dissimilares.....	29
Figura 10 - Teste de corrosão.....	29
Figura 11 - <i>Crash Test</i>	30
Figura 12 - Teste de deformação.....	30
Figura 13 - Comparação na emissão de poluentes.....	31

SUMÁRIO

1	Introdução	10
1.1	Objetivos	10
1.1.1	Objetivo Geral	10
1.1.2	Objetivos Específicos	10
1.2	Delimitação do Estudo	11
1.3	Relevância do Estudo	11
2	Revisão da Literatura	12
2.1	Processos de Soldagem: História da Soldagem e Principais Características	12
2.2	A União de Materiais Dissimilares.....	13
2.2.1	Processos Tradicionais: Características e Limitações	14
2.3	Princípios da Transferência de Metal a Frio (CMT – <i>Cold Metal Transfer</i>)	16
2.3.1	Origens e Histórico.....	18
3	Metodologia.....	19
3.1	Equipamento	19
3.1.1	Fonte de solda TPS 3200 / 4000 / 5000 CMT	20
3.1.2	Controle remoto RCU 5000i	20
3.1.3	Aparelho de refrigeração FK 4000 R.....	20
3.1.4	Interface para robô.....	21
3.1.5	Alimentador do arame VR 7000 CMT	21
3.1.6	Robacta Drive CMT.....	21
3.1.7	<i>Buffer</i> de arame	21
3.1.8	Alimentação de arame	21
3.1.9	Fonte de solda TransPuls Synergic 2700 CMT.....	21
3.1.10	<i>PullMig</i> CMT.....	22
3.2	Materiais.....	22
3.3	Processo	23
4	Resultados e Discussão.....	25
4.1	Comparações com a CMT	25
4.2	CMT soldagem de Aço em Alumínio	28
4.3	CMT e o Meio Ambiente.....	30
5	Conclusão	32
	Referências	33

1 INTRODUÇÃO

Existe um grande número de processos por fusão que podem ser separados em sub-grupos, por exemplo, de acordo com o tipo de fonte de energia usada para fundir as peças. Dentre estes, os processos de soldagem a arco voltaico (fonte de energia: arco elétrico) são os de maior importância industrial na atualidade. Devido à tendência de reação do material fundido com os gases da atmosfera, a maioria dos processos de soldagem por fusão utiliza algum meio de proteção para minimizar estas reações.

Mais recentemente, testaram a corrente pulsada junto com o processo MIG/MAG, chamando-o "*pulsed spray-arc*". Este tipo de soldagem vem sendo muito utilizada nas indústrias, por vários motivos, como o avanço nas fontes de energias utilizadas, as altas taxas de deposição obtidas, versatilidade de posições, baixo custo comparado a outros tipos, além facilidade de treinamento do soldador.

Hoje em dia, através de um método chamado CMT- *Cold Metal Transfer* (Transferência de Metal Frio, tradução direta ao português) é possível fazer a união de materiais dissimilares (Exemplo Aço +Alumínio).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste TG, é apresentar um método relativamente recente de soldagem para unir materiais dissimilar.

1.1.2 Objetivos Específicos

Explorar as características, desvantagens e as vantagens do processo de soldagem CMT.

1.2 Delimitações do Estudo

Neste trabalho será abordado unicamente as informações e os materiais relativos ao processo de soldagem CMT, não se pretendendo efetuar estudos práticos comparativos com outros processos de soldagem, similares ou não, por questões de tempo, recursos financeiros, e disponibilidade de equipamentos e matéria prima.

1.3 Relevâncias do Estudo

Considera-se este trabalho relevante, pois se trata de apresentar aos leitores um novo método de união permanente de materiais dissimilares, fato considerado praticamente impossível até pouco tempo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Processos de Soldagem: História da Soldagem e Principais Características

A soldagem moderna que teve seu início em 1801 com Sir Humphrey Davis descobrindo o arco-elétrico. No começo, usava-se um eletrodo de carbono, mas no final do século 19, G. Slavianoff e C. L. Coffin. inventaram o eletrodo de metal (MONDENESI e MARQUES,2000).

No ano de 1920, P. O. Nobel, que na época trabalhava na General Electric inventou um equipamento que seria o precursor da solda MIG/MAG, o GMAW – *Gas metal arc welding*, utilizando um eletrodo com corrente direta, e alternava a voltagem do arco para regular a penetração da solda, sem utilizar nenhum gás inerte para proteção (MONDENESI e MARQUES, 2000).

Nos anos 40, um equipamento muito parecido com o que usamos hoje em dia foi desenvolvido pelos irmãos Hobart, onde foi utilizado inicialmente pelas indústrias automobilísticas americanas (MONDENESI e MARQUES, 2000).

Em 1948, o processo MIG/MAG se tornou o que é hoje, desenvolvido pelo Battelle Memorial Institute. Utilizando um arame de menor diâmetro e uma fonte de energia com voltagem constante que H. E. Kennedy desenvolveu. Neste processo ocorria uma alta taxa de deposição de material, porém, o alto valor do gás de proteção fazia com que a solda fosse pouco utilizada, mas com o desenvolvimento do gás CO₂ (dióxido de carbono) e outras misturas de proteção para solda, em 1953, fez com que a soldagem se tornasse um processo mais viável (CIMM, 2010).

Pouco tempo depois, o processo foi aperfeiçoado, e novas variações foram sendo lançadas, como soldagem de chapas finas (CIMM, 2010).

No ano de 1970, com o surgimento dos transistores, foi possível fazer a regulagem dos vários parâmetros de soldagem com maior sensibilidade (CIMM, 2010).

Mais recentemente, testaram a corrente pulsada junto com o processo MIG/MAG, chamando-o “pulsed spray-arc”. Este tipo de soldagem vem sendo muito utilizada nas industrias, por vários motivos, como o avanço nas fontes de energias utilizadas, as altas taxas de deposição obtidas, versatilidade de posições, baixo

custo comparado a outros tipos, facilidade de treinamento do soldador (CIMM, 2010).

2.2 A União de Materiais Dissimilares

A soldagem por difusão é um processo que une materiais através da aplicação conjunta de calor e pressão. O calor faz com que ocorra uma deformação plástica, fazendo com que as camadas de átomos que compõem a estrutura cristalina do metal vibram e se movimentam em várias direções, com isso eles ocupam lugares diferentes nos planos cristalinos; toda esta movimentação recebe o nome de difusão. Durante um certo tempo, aplica-se uma temperatura definida na região de soldagem ou em toda a peça, resultando em uma deformação plástica localizada. A difusão dos átomos ocorre durante o contato entre as superfícies fazendo com que se movimentem pelo interior do mesmo, promovendo a união perfeita das partes (INFOSOLDA, 2017).

O processo pode ser feito sob proteção de gás, no fluido ou no vácuo e, de preferência, sem a adição de material. Este processo por difusão é utilizado para unir materiais dissimilares ou com composição química semelhante, na maioria das vezes os metálicos, e no início, foi desenvolvido originalmente para ser utilizado na construção de peças para a indústria espacial e aeronáutica, no entanto, hoje em dia, muitas outras áreas já utilizam deste processo (INFOSOLDA, 2017).

A soldagem com feixe de elétrons (*Electron Beam Welding, EBW*) baseia-se na união de juntas através da fusão, onde o local a ser unido é bombardeado por um feixe de elétrons de alta velocidade. Um canhão eletrônico emite esse feixe de elétrons através de uma lente eletromagnética, focando em uma região muito pequena, na ordem de 0,1 mm, com isso permite uma elevada concentração de energia. Durante o processo de bombardeamento de elétrons, o calor vindo de parte da energia cinética dos elétrons, faz com que o material de funda e crie um furo (*keyhole*) através dele. A solda é realizada pelo movimento do furo através da junta, onde o matéria líquido flui em torno do furo e se solidifica na parte posterior. Este processo permite cordões de solda com velocidades de até 200 mm/s e uma elevada razão de penetração/largura de até 30:1. Por ter uma baixa energia de

soldagem, as peças soldadas não apresentam muita distorção e contração, sendo possível trabalhar com peças já usinadas. Permite também soldar mais facilmente metais dissimilares de condutividade térmica diferente desde que estes tenham compatibilidade metalúrgica. O feixe de elétrons pode atravessar uma junta de menor espessura, soldando-a e, ainda, atingir uma outra junta abaixo da primeira, permitindo, assim, a soldagem de juntas não acessíveis por outros processos. Com um feixe menos focalizado pode-se obter menor concentração de energia e operar o processo de forma similar à soldagem a arco (MODENESI e MARQUES,2000).

A soldagem de fricção (*Friction Welding, FW*) é um processo que utiliza energia mecânica, em geral associada com a rotação de uma peça, para a geração de calor na região da junta a ser soldada. Após o aquecimento adequado da junta, as peças são pressionadas para a formação da junta. O processo é, em geral, usado para a soldagem de peças de simetria cilíndrica (tubos e barras), que podem ser de metais dissimilares. O processo pode também ser aplicado, através da rotação e pressão de uma barra contra a superfície de uma peça, para a deposição de revestimentos especiais sobre essa peça ou a soldagem de um pino no interior desta. Na década de 1990 foi desenvolvido um processo de soldagem por fricção ("*Friction Stir Welding*") que utiliza a passagem de uma ferramenta em rotação entre as faces da junta para realizar a união das peças. Este processo tem sido aplicado principalmente na soldagem de ligas de alumínio (MODENESI e MARQUES,2000).

2.2.1 Processos Tradicionais: Características e Limitações

O processo de soldagem MIG/MAG proporciona muitas vantagens na soldagem manual e automática dos metais para aplicações de alta e baixa produção. Suas vantagens combinadas quando comparado ao eletrodo revestido, arco submerso e TIG são: altas velocidades de soldagem; não há necessidade de remoção de escória; alta taxa de deposição do metal de solda; a soldagem pode ser feita em todas as posições; tempo total de execução de soldas de cerca da metade do tempo se comparado ao eletrodo revestido; menos distorção das peças; largas aberturas preenchidas ou amanteigadas facilmente, tornando certos tipos de soldagem de reparo mais eficientes; não há perdas de pontas como no eletrodo revestido (ESAB, 2005).

Apesar de tantos pontos positivos, o processo também apresenta algumas desvantagens: regulagem do processo bastante complexa; não deve ser utilizado em presença de corrente de ar; probabilidade elevada de gerar porosidade no cordão de solda; produção de respingos; manutenção mais trabalhosa; alto custo do equipamento em relação a Soldagem com Eletrodo Revestido (ESAB, 2005).

TIG é o processo de soldagem por arco elétrico que utiliza um eletrodo de tungstênio e uma proteção gasosa, um gás inerte que protege a poça de fusão. Sua utilização pode ser feita em todos os tipos de juntas e chapas, principalmente as de espessura finas, menores que 10mm. O processo é adequado para todos os metais, em especial o zircônio, as ligas de alumínio e magnésio, titânio, aços inoxidáveis, ligados, ligas de especiais e ligas de níquel. Este processo é muito utilizado para soldagem em tubos, na indústria nuclear e aeroespacial e em trabalhos de reparação devido à possibilidade de utilizar material de adição e de controlar o processo (INFOSOLDA, 2017).

Este processo tem como vantagem apresentar cordões de solda de alta qualidade, sem respingos e sem escórias e pode ser utilizado em todos os tipos de junta e posições. Por permitir um controle preciso de entrega térmica, o processo de soldagem TIG é a mais adequada para unir metais com espessuras pequenas, para fazer cordões em componentes sensíveis ao calor, para trabalhos de reparo e manutenção (INFOSOLDA, 2017).

O processo de soldagem com o eletrodo revestido é realizado manualmente, onde calor de um arco elétrico é mantido entre a extremidade de um eletrodo metálico revestido e a peça a ser soldada. A fusão ocorre entre o metal, a alma do eletrodo e seu revestimento de fluxo através do calor produzido pelo arco elétrico. A proteção da solda acontece pelos gases produzidos durante a decomposição do revestimento e a escória líquida protegem o metal de solda da contaminação atmosférica durante a solidificação. Pelo fato de ser bastante prático e econômico, tanto os equipamentos quanto as operações, a soldagem com eletrodo revestido é um dos mais populares. Muito utilizado na fabricação industrial e em construção de estruturas de aço. O processo é comumente utilizado para soldar aço e ferro (incluindo o aço inoxidável), também há a possibilidade de serem soldadas com esse método ligas de alumínio cobre e níquel. Hoje em dia existe uma grande variedade

de eletrodos revestidos, que são encontrados com muita facilidade no mercado. Cada tipo de eletrodo contém na composição do seu revestimento a capacidade de produzir os próprios gases para proteção. A versatilidade da solda faz com que os eletrodos revestidos possam ser utilizados em todas as posições (vertical, plana, sobre cabeça e horizontal), como em áreas de acesso limitado e praticamente todas as espessuras de metal de base. O eletrodo revestido é usado para revestimentos duros, goivagem e corte. Sendo assim o mais simples em termos de necessidades de equipamentos com custo do investimento relativamente baixo (ALUSOLDA, 2017).

As vantagens são: o equipamento pode ser usado também para outros tipos de processos; não é necessário o suprimento de gás; soldagem de baixo investimento; flexibilidade de aplicação; grande variedade de consumíveis (ALUSOLDA, 2017).

Porém este processo tem suas limitações, como a produtividade baixa; os cuidados os eletrodos; volume de fumos e gases gerados durante o processo (ALUSOLDA, 2017).

2.3 Princípios da Transferência de Metal a Frio (CMT – *Cold Metal Transfer*)

Este processo caracteriza-se por uma transferência de metal a “frio”, tendo em conta, obviamente, que o termo “frio” tem de ser entendido no âmbito dos processos de ligação por soldagem, mas de fato quando comparado com os métodos convencionais de solda MIG/MAG, CMT é sem dúvida um processo realizado a frio. CMT é uma variante dos processos de soldagem com arco com proteção gasosa (GMAW – *Gas metal arc welding*) mas trata-se de uma revolução nas tecnologias de gem no que respeita a equipamentos e aplicações. Trata-se de um processo completamente novo que veio permitir a utilização da soldagem GMAW a uma nova gama de aplicações, desde que os limites dos processos GMAW sejam respeitados. Existem muitos materiais e aplicações que não conseguem suportar o constante aquecimento que resulta da utilização dos processos de soldagem como meio de ligação. Estes materiais necessitam de ser ligado a baixas temperaturas, o que se tornou possível com o aparecimento da solda CMT (FRONIUS, 2017).

O processo CMT, embora descrito como sendo um processo GMAW, com transferência de metal por curto-circuito ou imersão, utiliza um método completamente novo de soltar as gotículas do eletrodo. Nos processos a arco convencionais o fio de eletrodo é movido para a frente, ao encontro da peça de trabalho, até ocorrer o curto-circuito. Nesse momento existe um aumento da corrente de soldagem, causando a reabertura do curto-circuito e deixando que o arco se estabeleça novamente, repetindo o processo. Este processo contém duas limitações importantes, por um lado a elevada corrente gerada pelo curto-circuito faz corresponder a uma elevada entrega térmica do processo. Por outro lado, esta abertura do curto-circuito de forma descontrolada causa uma imensidão de salpicos, obrigando a operações de maquinários pós soldagem para garantir a sanidade da peça. A transferência de metal por CMT realiza-se em duas fases. Numa primeira fase é fornecida uma intensidade de corrente inicial elevada que é suficiente para aquecer a peça e o eléctrodo, e estabelecer um arco eléctrico de voltagem constante entre a peça de trabalho e o material de adição. No entanto, esta corrente inicial é controlada de tal forma que não existe qualquer tipo de transferência de metal do eletrodo para a peça, permanecendo apenas um glóbulo fundido de metal agarrado na ponta do eletrodo. A segunda fase deste processo é a fase de imersão do eléctrodo para que ocorra o estabelecimento do curto-circuito. Nesta fase o eletrodo é empurrado para o banho de fusão causando um curto-circuito eléctrico resultante de um rápido colapso no valor da voltagem do arco. Neste momento, e como é habitual na transferência por imersão convencional, o curto-circuito provoca um rápido aumento da corrente, fundindo o eletrodo. Em CMT, este momento em que ocorre o curto-circuito é detectado pelo equipamento e a corrente de soldagem é reduzida a um mínimo, extinguindo o arco e limitando a energia térmica do processo. O restabelecimento do arco eléctrico ocorre durante o tempo em que o eletrodo é recolhido, ficando a gotícula metálica agarrada ao banho de fusão, recomeçando todo o processo. Este processo, em que o eléctrodo é empurrado e recolhido desde a peça de trabalho, é realizado através de uma alimentação de fio com uma frequência média de oscilação por volta dos 70 Hz (VICENTE,2012).

2.3.1 Origens e Histórico

O processo CMT (*Cold Metal Transfer*) foi desenvolvido pela Fronius, uma empresa europeia líder de mercado no que diz respeito a soldagem com arco elétrico (FRONIUS, 2017).

A moderna tecnologia de solda satisfaz as crescentes exigências do mercado. Alguns dos principais critérios são: estabilidade dos processos, reprodutibilidade e economia. Atualmente, a convergência de propriedades específicas dos materiais promete perspectivas interessantes. Materiais compostos fornecem a um componente ou produto propriedades desejáveis de diversos materiais. Essas uniões anteriormente eram realizáveis somente mecanicamente ou através de colagens. De interesse muito maior, entretanto, é fazer a união térmica de metais com diferentes propriedades. O foco específico nesse caso é a união de aço com alumínio, que na indústria automobilística, por exemplo, cria as condições para inovações nunca antes imaginadas (FRONIUS, 2017).

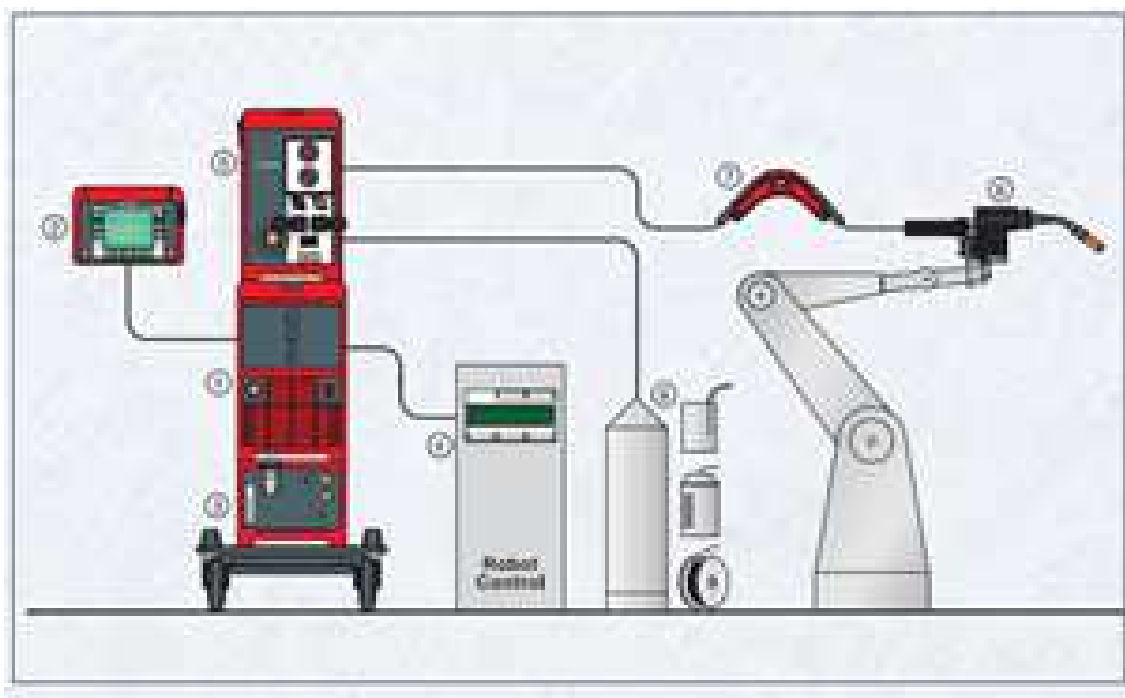
3 METODOLOGIA

Todo o procedimento para Soldagem a Frio – CMT, será detalhado e explicado. Equipamentos, materiais, o processo em si, suas vantagens e desvantagens.

3.1 Equipamento

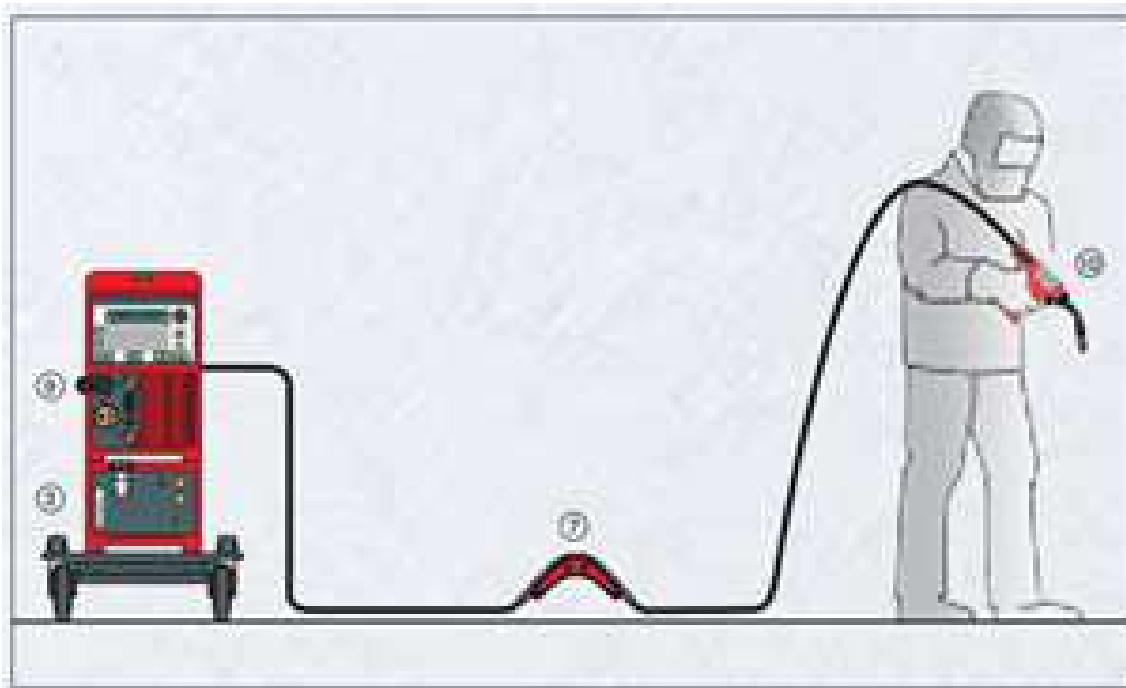
O sucesso comprovado do *Cold Metal Transfer* (CMT) em sistemas robotizados exige algumas alterações, quando comparado com outros sistemas digitais. Todos os itens foram projetados para que os componentes do processo fiquem ajustados e sincronizados entre si. Logo abaixo temos um exemplo mais completo dos sistemas nas versões robotizada, como demonstrado na Figura 1, e manual, como demonstrado na Figura 2.

Figura 1. Representação dos sistemas CMT robotizado



Fonte: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil

Figura 2. Representação dos sistemas CMT manual



Fonte: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil

3.1.1. Fonte de solda TPS 3200 / 4000 / 5000 CMT

Fonte de solda inversora, totalmente digital com comando micro processado e digitalmente regulado (320 / 400 / 500 A), com pacotes de funções integrados para o processo CMT.

3.1.2. Controle remoto RCU 5000i

Unidade de controle remoto com Display de texto pleno, monitoramento de dados de soldagem com função Q-Master, interface de usuário amigável, estrutura de menu sistemático, gerenciamento de acesso.

3.1.3. Aparelho de refrigeração FK 4000 R

Robusto e confiável, propicia uma refrigeração perfeita da tocha de solda com refrigeração à água.

3.1.4. Interface para robô

Adequado para todos os robôs do mercado, independentemente se o comando é digital, analógico ou através de barramento de campo (*Feldbus*.)

3.1.5. Alimentador do arame VR 7000 CMT

Alimentador de arame regulado digitalmente para todas as bobinas de arame usuais.

3.1.6. Robacta Drive CMT

Tocha de soldagem robotizada, compacta, com servo motor CA com regulagem digital altamente dinâmico e isento de engrenagem. Para uma alimentação de arame precisa com pressão constante de roletes.

3.1.7. Buffer de arame

Instalado entre os dois tracionadores de arame, desacopla um tracionador do outro, criando assim uma folga para o arame. Para a montagem preferencialmente com Balancim ou no terceiro eixo de robô.

3.1.8. Alimentação de arame

É um processo desenvolvido para a alimentação automática do arame de solda.

3.1.9. Fonte de solda TransPuls Synergic 2700 CMT

Fonte de solda de imersão-GMA totalmente digitalizada com comando de micro processo e regulado digitalmente (270 A), com alimentador de arame integrado e pacote de funcionamento para o processo CMT.

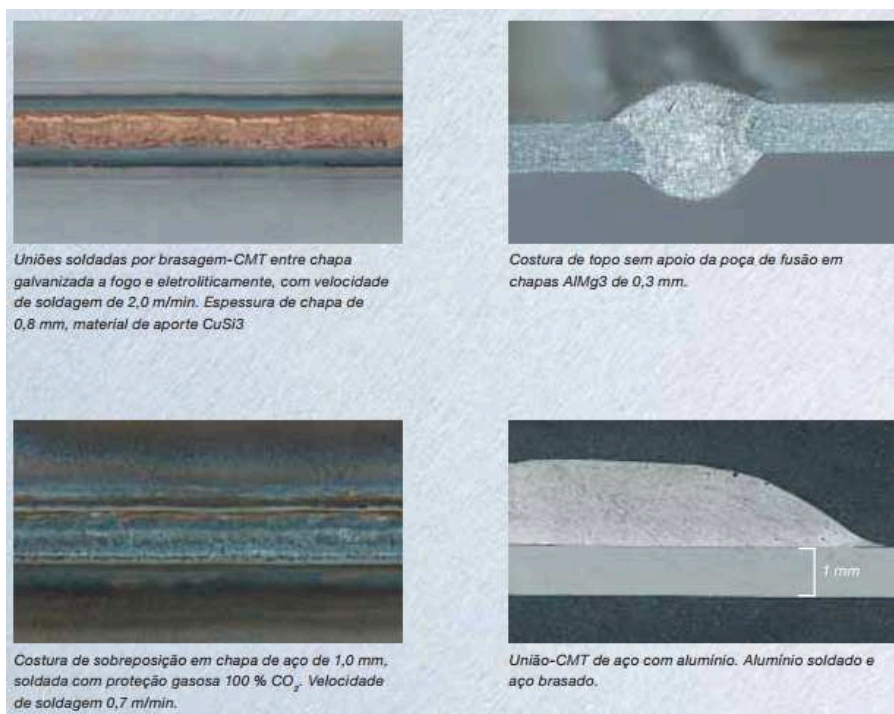
3.1.10. PullMig CMT

Tocha de soldagem de alta potência refrigerada à água, compacta para aplicação CMT manual. O servo-motor, com comando digital altamente dinâmico combinado com o buffer de arame que se encontra no conjunto de mangueiras, permite movimentos reversíveis rápidos do arame de soldagem.

3.2 Materiais

Chapas com espessuras acima de 0,3 mm, brasagem MIG de chapas galvanizadas e também união de alumínio com aço. Até o momento, estas soldas só eram possíveis utilizando outros equipamentos e/ou métodos de união ou até mesmo sob condições muito específicas, como por exemplo, com apoio do banho de fusão - *Back*. Nestes casos, era certa a falha de uma junta soldada. O método CMT tornou possível a operacionalização do processo, como mostra a Figura 3 a seguir, onde se podem ver as uniões realizadas através do processo.

Figura 3. Soldas realizadas em diferentes materiais.



Fonte: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil

3.3 Processo

A transferência metálica CMT baseia-se num arco curto-circuito, mas utiliza um novo e revolucionário método separação e destacamento da gota. Quando comparado ao processo GMAW convencional ou *STANDARD Input* de calor é muito baixo daí o nome *COLD* que faz referência a uma tensão em trabalho bem mais baixa. Integrando o movimento de adição do arame no processo, pode-se controlar de forma mais precisa a adição de material na solda. Foi revolucionariamente modificado e agora se move alternadamente para a frente e para trás de acordo com cada fase do arco elétrico. O destacamento da gota não mais acontece de forma aleatória a mercê de um fenômeno-físico-elétrico (efeito – *pinch*). A oscilação do arame separa a gota mecanicamente uma vez que o material de adição se move para trás. O comprimento do arco é muito preciso uma vez que quem faz seu controle é um servo motor controlado pelo processador, visto que desta forma não temos a tensão (V) amarrada ao parâmetro de comprimento de arco.

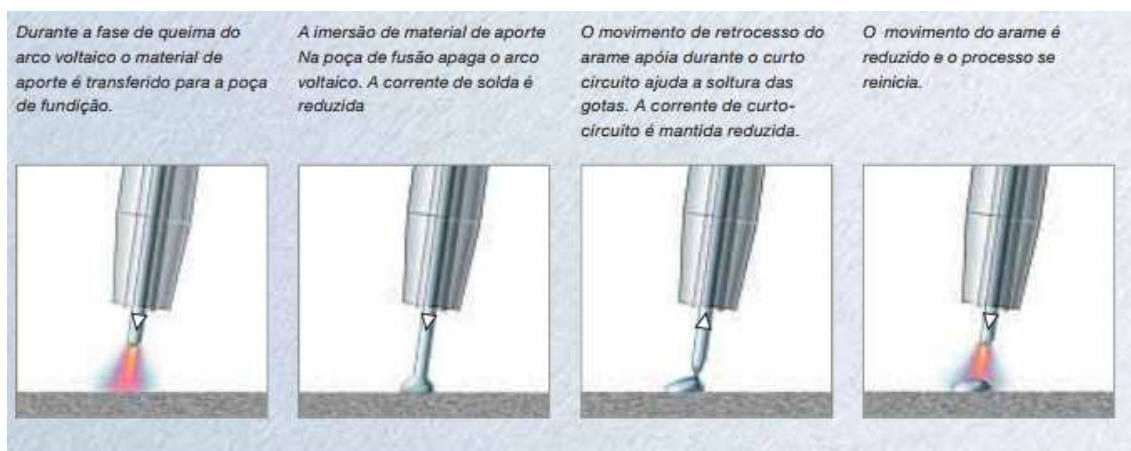
A ajustagem de processo é todo digital, ele percebe o curto circuito inicial e ajuda, através do recuo do arame, a liberação da gota. Comandado digitalmente. Sendo esta a primeira diferença comparada à solda convencional.

A segunda grande diferença é uma transferência entre o metal base quase sem corrente e o arame. Onde ele avança, e quando acontece o curto-circuito, ele é recolhido novamente. Automaticamente. Na fusão, o próprio arco voltaico aporta temperatura por um curto espaço de tempo, razão pela qual a temperatura é menor. Neste ponto que aparece a terceira mudança: o arame retrocede durante o curto circuito, ajudando o desprendimento das gotas. O arco é controlado e a corrente é mantida baixa. Com isso o resultado da solda é uma transferência de material sem respingos. Os desprendimentos das gotas no momento certo garantem a fusão da mesma quantidade de material de aporte.

A tecnologia da solda CMT permite não apenas brasagem e soldagem, com menor aporte térmico, mas também um arco voltaico estável. No processo GMAW de solda convencional, a superfície da peça a ser soldada e a velocidade da soldagem podem influenciar a estabilidade do arco voltaico. No processo CMT, o ajuste e a detecção do arco voltaico ocorrem de forma mecânica, ou seja, o arco

voltaico fica estável independentemente do tipo da superfície da peça ou da velocidade que se quer soldar. Este é um dos motivos que o processo de solda pode ser aplicado em qualquer posição ou em qualquer local. Para realizar estes novos processos, foram desenvolvidos novos componentes para o sistema. Para o tracionador de arame foram utilizados novos meios tecnológicos. Primeiramente, existem dois tracionadores de arame, onde o primeiro faz o arame se movimentar para frente e para trás até 90 vezes por segundo e o segundo localizado na parte traseira somente empurra o arame. Todos os dois são regulados digitalmente. O dianteiro é equipado com um servo motor CA altamente dinâmico, ele não tem engrenagens. Proporcionando um tracionamento exato do arame e de pressão nos roletes constantes. Uma novidade é o conjunto de mangueiras da tocha que podem ser desacopladas da unidade de acionamento, o que facilita em aplicações robotizadas uma troca rápida sem a necessidade de um novo ajuste do TCP (*Tool Center Point – Ajuste de Ferramenta*). O *buffer* é instalado entre dois tracionadores de arame para que assim crie uma folga para o arame ao desacoplar um tracionador do outro. Fazendo com que a movimentação do arame ocorra quase sem força. A manutenção da guia no *buffer* de arame é feita de forma rápida e fácil. Todo o processo está sendo demonstrado na Figura 4, a seguir.

Figura 4. Etapas do processo CMT.



Fonte: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil

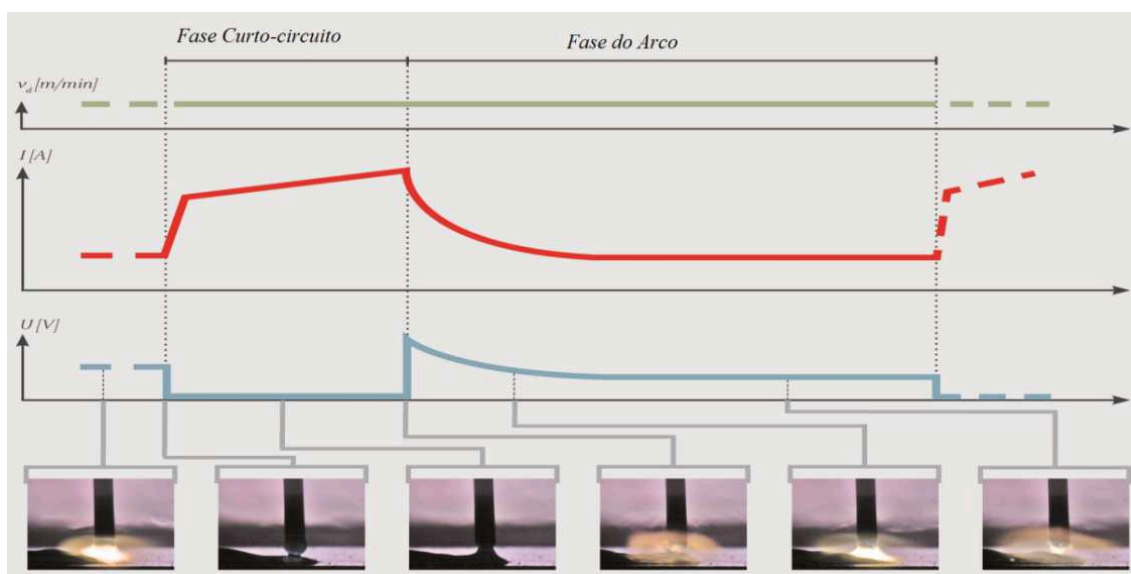
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização de testes e comparações com outros processos, o CMT mostrou ser de grande eficiência.

4.1 Comparações com a CMT

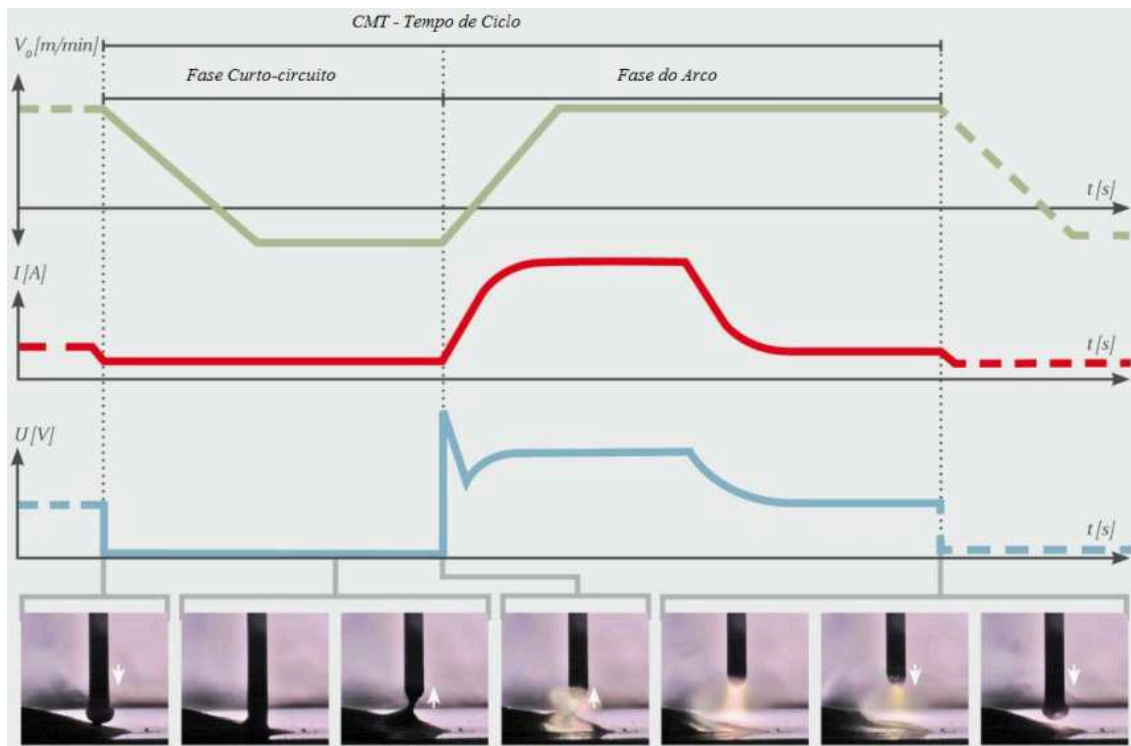
Pode-se ver os processos esquemáticos usando o curto circuito (MIG/MAG) como demonstrado na Figura 5 e usando o processo CMT na Figura 6 a seguir, onde analisou-se a diferença no comportamento do arame de adição em relação à velocidade de alimentação, corrente e tensão.

Figura 5. Processo Esquemático usando curto-circuito (MIG/MAG).



Fonte: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil

Figura 6. Processo Esquemático usando processo CMT.



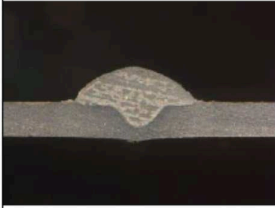
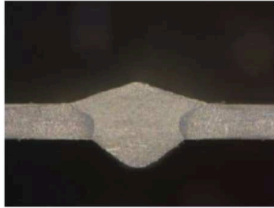
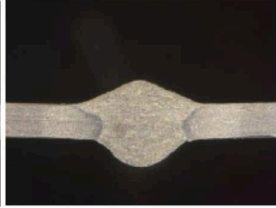
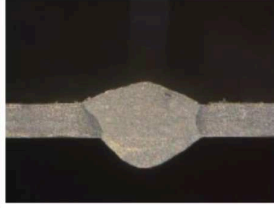
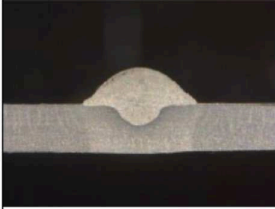
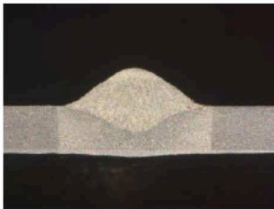
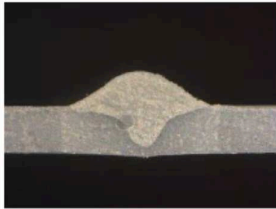
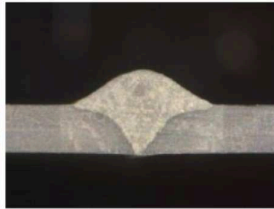
Fonte: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil

No sistema GMAW de soldagem MIG/MAG, a regulagem do comprimento do arco e da medição do processo ocorrem através da tensão, onde as condições de superfícies e a velocidade de deslocamento podem influenciar a tensão.

Já no processo CMT, a regulagem do comprimento do arco e as medições do processo acontecem mecanicamente e a partir do processador, com isso as condições de superfície e velocidade de deslocamento não podem influenciar a tensão mantendo mais estável o arco elétrico.

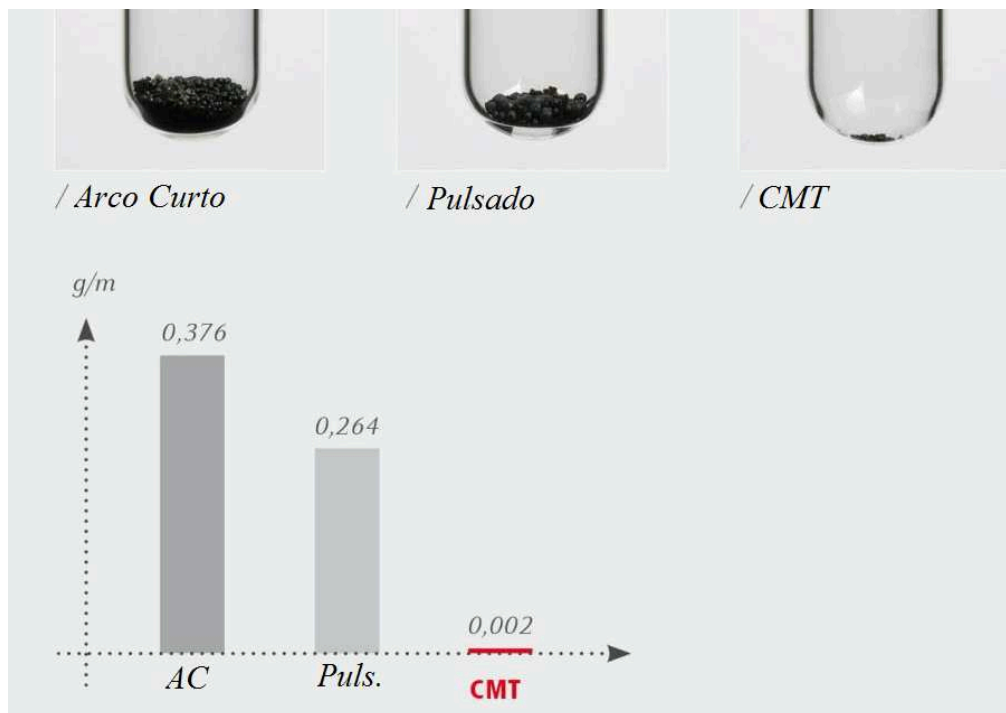
Na Figura 7, foi demonstrada a comparação com uma placa de aço de 1,5 e 2,0 mm

Figura 7. Comparação com o processo CMT.

Base metal:	S235 (Plate 1: 1,5mm; Plate 2: 2mm)			
Filler metal:	ER70 S-6 ϕ 0.040" (1,0mm)			
Shielding gas:	M21- 18% CO2 rest Argon			
Torch position:	neutral (Stickout: 12mm)			
Wire feed speed:	vs = 100cm/min (40ipm)			
Drahtvorschub:	vd = 6,7m/min (265 ipm)			
	CMT	Short Arc	CMT + Pulse	Pulse
				
				
	E = 0,14 kJ/mm Is = 150 A, Us = 15,5V	E = 0,21 kJ/mm Is = 170 A, Us = 20,5V	E = 0,18 kJ/mm Is = 130 A, Us = 23,0V	E = 0,20 kJ/mm Is = 130 A, Us = 25,5V

Fonte: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil

Além de tudo isso, pode-se perceber na Figura 8, a seguir, que durante a solda o processo CMT não gera muitos respingos de solda, fazendo com que o mesmo seja um processo mais limpo. Para este teste, foi avaliado 1m (40") de solda, com gás M21 mistura Ar/CO₂

Figura 8. Quantidade de respingos gerados.

Fonte: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil

4.2 CMT soldagem de Aço em Alumínio

Com o processo solda a “frio”, surgiu a possibilidade de unir materiais dissimilares, ou seja, de diferentes composições, como mostra a Figura 9 a seguir, a união entre dois tubos, um de alumínio com um de aço.

Figura 9. Solda de materiais dissimilares.



Fonte: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil

Esse tipo de união não afeta em nada os materiais, pois eles continuam resistentes à corrosão, como mostra a Figura 10, e resistentes à deformação, como mostram as Figura 11 e Figura 12.

Figura 10. Teste de corrosão.

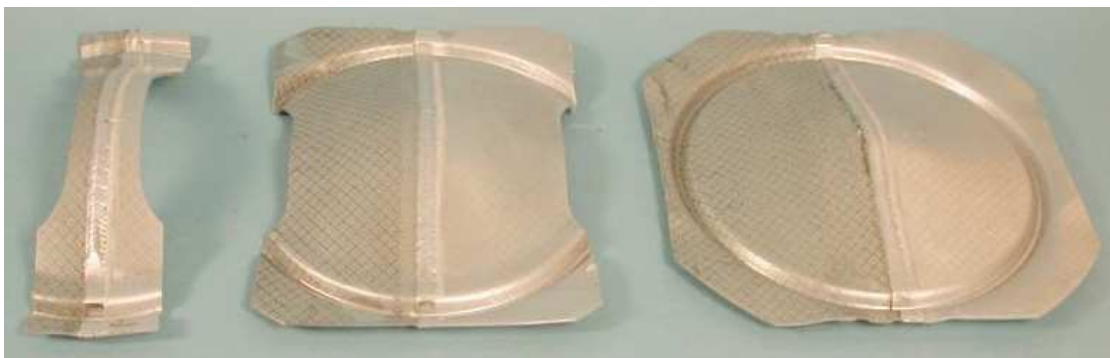


Fonte: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil

Figura 11. Crash Test

Fonte: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil

O teste de impacto (termo em inglês para *crash test*), avalia a deformação do produto em relação ao impacto que ele pode sofrer. O teste é feito contra barreiras indeformáveis ou deformáveis.

Figura 12. Teste de deformação.

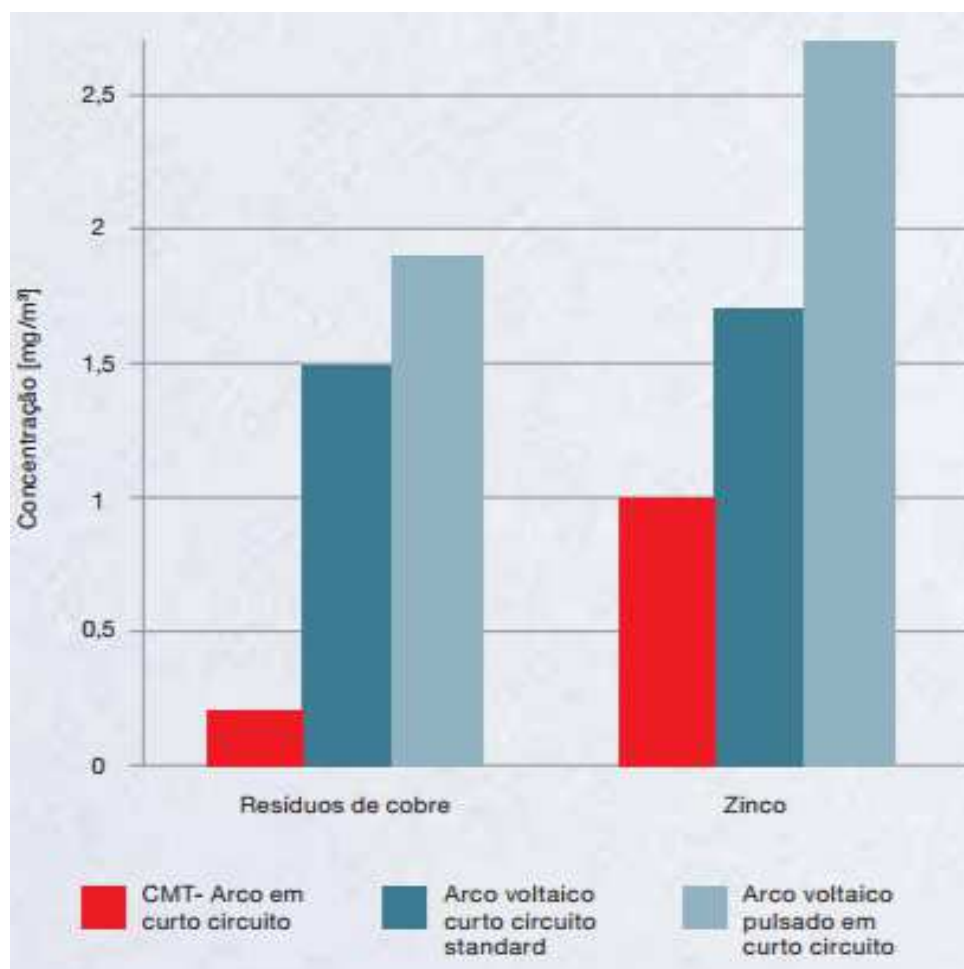
Fonte: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil

4.3 CMT e o Meio Ambiente

Por trabalhar com um aporte térmico menor, o processo CMT tem algumas vantagens como, por exemplo, a baixa emissão de poluentes durante a soldagem. Como demonstrado na Figura 13, a concentração de poluentes no processo é tão

insignificante comparado ao que é emitido no processo de solda MIG. Onde há uma redução de até 63% de zinco e 90% menos de resíduos de cobre, se comparado a tecnologia de solda em curto circuito.

Figura 13. Comparação na emissão de poluentes.



Fonte: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil

5 CONCLUSÃO

Após várias análises e comparações, pode-se perceber que este processo apresenta uma grande vantagem sobre os demais processos, pois a possibilidade de fazer a união de aço e alumínio e soldar chapas com espessuras a partir de 0,3mm faz com que seja um processo versátil, capaz de atender todas as áreas da indústria. Tudo isso porque durante o processo não há muita deformação da chapa por causa da baixa temperatura durante a solda, as chapas não empenam e isso evita o retrabalho após o processo, fazendo com que o tempo de produção seja menor, e o valor do produto final fique mais acessível.

Na indústria automobilística, este tipo de solda é utilizado para fazer a união das colunas do carro com a carroceria; na união das partes de tubulação de combustível, onde se solda materiais de diferentes espessuras e diferentes composições. Na indústria aeronáutica, na solda de partes de helicópteros. Na construção de caldeiras, revestimento de tubos e muito mais.

É importante reforçar também o seu reduzido impacto ao meio ambiente, contribuindo para a sustentabilidade tão buscada pela indústria moderna.

REFERÊNCIAS

- ALUSOLDA. **Solda Eletrodo Revestido**. Disponível em: <<http://www.alusolda.com.br/conteudo/caracteristicas-da-soldagem-com-eletrodos-revestidos.html>> Acesso em 19 maio. 2017
- CIMM. **Solda MIG/MAG**. Disponível em: <http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/6857-migmag-e-soldagem-para-qualquer-situacao > Acesso em 19 maio. 2017
- ESAB, B. R. Soldagem MIG/MAG. Apostila. Revisão, 2005.
- FRONIUS. Disponível em: <http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_brasil> Acesso em 19 maio. 2017
- FRONIUS. CMT Disponível em: < https://www3.fronius.com/cps/rde/xbcr/SID-16FC0973-6DEFEAF4/fronius_brasil/CMT_cold_metal_transfer_pt.pdf> Acesso em 31 julho. 2017.
- INFOSOLDA. **Solda por Difusão**. Disponível em: <<http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/processos/196-soldagem-por-difusao.html>> Acesso em 19 maio. 2017
- INFOSOLDA. **Solda TIG**. Disponível em: <<http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/processos/196-soldagem-por-difusao.html>> Acesso em 19 maio. 2017
- MODENESI, P. J.; MARQUES, P. V. Soldagem I Introdução aos Processos de Soldagem. Belo Horizonte, 2000.
- VICENTE, O.J. T.. Caracterização mecânica e microestrutural de juntas topo a topo, unidas por processos de soldadura GMAW e Laser. 2012.