

EFEITO DA ADIÇÃO DE ARAME FRIO EM SOLDAS DA LIGA AL 5356 DEPOSITADAS PELO PROCESSO GMAW EM CORRENTE PULSADA

Primeiro Autor Filippo Guanais Cattelan

Segundo Autor Humberto Aguirre

Terceiro Autor Adelino Maia Neto

Quarto Autor Carlos Mota

Instituição e endereço **Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa, 01 – Guamá, Belém – PA, 66075-100**

e-mails filippo.cattelan@itec.ufpa.br, humbertoaguirre23@yahoo.com.br, adelinoalves@ufpa.br, cmota@ufpa.br

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento operacional do processo GMAW quando se adiciona um arame não energizado com velocidades de alimentação gradativamente mais altas na poça de fusão e os efeitos dessa adição nas características mecânicas e metalúrgicas nas soldas de Al 5356 com corrente pulsada. As soldagens foram realizadas de forma automatizada sobre chapas planas de Al 1000 com dimensões de 150 x 50 x 7 mm, na posição plana com proteção de argônio puro em uma bancada de soldagem com um sistema de deslocamento da tocha automatizado e um sistema de alimentação de arame não energizado, independente, em malha fechada. Inicialmente, a deposição foi feita apenas com o arame energizado e, posteriormente, foi adicionado 1 m/min de arame frio em cada deposição, até que as velocidades de alimentação se igualaram. As variáveis de entrada foram a velocidade do arame eletrodo (6 m/min), velocidade de soldagem (30 cm/min), velocidades de alimentação do arame frio (0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6 m/min), corrente média (120 A). A avaliação dos cordões depositados se baseou em seus aspectos geométricos (largura, reforço e penetração), diluição, microdureza e nos aspectos micrográficos gerais. O processo GMAW com adição de arame frio apresentou uma boa estabilidade operacional sem a presença de respingos. Os resultados mostraram que o processo apresentou características vantajosas para o processo de manufatura aditiva com a liga Al 5356 até a velocidade de alimentação de arame frio de 3 m/min, mostrando um crescimento no reforço do cordão favorável para a produtividade do processo e uma penetração satisfatória. Porém, os cordões depositados com adição de arame frio acima de 4 m/min apresentaram uma alta concentração de defeitos relacionados a taxas de resfriamento muito altas e foram considerados inadequados para qualquer aplicação. Os perfis de microdureza dos cordões analisados mostraram um aumento de dureza com o aumento de alimentação do arame frio, comportamento creditado ao maior refinamento da microestrutura ocasionado pelo aumento na taxa de resfriamento.

Palavras-chave: GMAW-P, GMAW-CW, soldagem de alumínio, metalurgia do alumínio.

1. INTRODUÇÃO

A indústria, como um todo, está constantemente em busca de inovações tecnológicas visando o aumento tanto da produtividade quanto da qualidade do produto final e para os processos produtivos, essas inovações, geralmente, vêm na forma da incorporação de novas técnicas e novos materiais aos processos já existentes. (Bracarense, 2009)

Para os processos de soldagem, especificamente para a soldagem GMAW (Gas Metal Arc Welding), em que consiste em um processo que consiste na utilização de gás para proteção do arco elétrico, este sendo ocasionado por um eletrodo consumível que é alimentado continuamente. Nesse processo é de crucial importância a natureza do gás, pois tem o poder de reagir com o metal, no caso ele ocasiona duas vertentes, o MIG, onde é usado o argônio ou o hélio, e tem esse nome pois o gás inerte não reage com a poça de fusão; ou o MAG, onde é usado o dióxido de carbono, e tem esse nome pois o gás reage com a poça de fusão (Wainer, 1992). Porém, no processo GMAW temos que considerar que as principais limitações estão relacionadas ao modo de transferência metálica e a eficiência e controle do mesmo, já que para maximizar a produtividade em soldagem deve-se maximizar a taxa de deposição do material de adição mantendo a qualidade dos depósitos formados, porém isso acarreta problemas ao material de base ao se tornar necessário submetê-lo a correntes de soldagem cada vez mais altas aumentando o aporte térmico a que a peça está submetida e afetando significativamente as propriedades mecânicas do mesmo além de propiciar sérios defeitos tanto no metal de solda quanto no metal de base, como por exemplo a perfuração das chapas, vazamentos da poça de fusão, deformações angulares e longitudinais, porosidade, crescimento de grãos, evaporação de elementos úteis em revestimentos das chapas, variações na junta durante a solda, geração de fumos de chapas revestidas, entre outros (Modenesi, 2012). E esse problema se acentua ao se trabalhar com soldas a arco elétrico de ligas de alumínio, devido à algumas de suas características como sua alta condutividade térmica e sua facilidade natural de formar porosidades durante o processo de soldagem. Porém, as ligas de alumínio são amplamente utilizadas, e isso se deve pela sua boa soldabilidade em relação a outras ligas não ferrosas, suas propriedades físicas de resistência a corrosão e altas propriedades mecânicas em

relação a sua densidade o tornam de grande interesse para a indústria de construção naval. Portanto torna-se necessário formas de ter melhores técnicas para o uso no alumínio com um grande aporte térmico sem ocasionar defeitos é de grande interesse da engenharia (ALCAN,1993).

O processo GMAW-P consiste no processo GMAW convencional com a introdução de pulsos de corrente, ou seja, o processo passa a ser alimentado com uma oscilação controlada da corrente em função do tempo, uma forma de onda básica para o processo está exposta na Figura 2.

Essa variação do processo GMAW precisa da definição dos seguintes parâmetros no equipamento: corrente de base (I_b), um valor menor de corrente servindo para manter o arco aberto, gerar uniformidade na limpeza catódica, propiciar a formação e crescimento da gota metálica, e seu tempo de atuação (t_b); corrente de pico (I_p), um valor maior de corrente que servirá para promover o destacamento da gota durante o processo, e seu tempo de atuação (t_p); velocidade de alimentação do arame e uma tensão que garantam a estabilidade do arco (Machado, 1996).

E com isso foi pensado na técnica GMAW-CW (soldagem a arco com proteção gasosa e adição de arame frio), pois apresenta bons resultados no quesito da diminuição do aporte térmico e aumento da taxa de deposição (Sábio,2007), e por isso foi a escolhida para esse trabalho, isso com uma liga de alumínio e magnésio (5356) em conjunto com a técnica de corrente pulsada que, oferece uma boa versatilidade, menores distorções, boa taxa de deposição e facilidade de automação, além da possibilidade, que será exposta posteriormente no trabalho, de soldar utilizando uma corrente média efetiva relativamente mais baixa do que em outros processos sem comprometer a taxa de deposição.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado por meio das etapas exibidas em um fluxograma contido na Figura 1

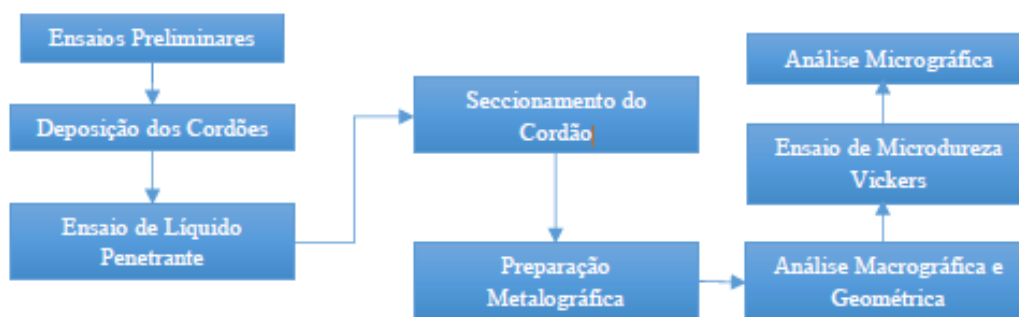


Figura 1. Fluxograma das etapas experimentais
(Autoria própria,2019)

2.1. Equipamentos e acessórios

2.1.1. Bancada de soldagem

A bancada de soldagem utilizada para este estudo tem os seguintes componentes: fonte de soldagem, cabeçote de alimentação de arame, cabeçote auxiliar para alimentação do arame frio, sistema de alimentação do arame frio em malha fechada, sistema de posicionamento automático Tartilope V1, tocha de soldagem, sistema de controle do Tartilope V1.

Os equipamentos de metalografia, microscopia e macroscopia foram: a serra fita modelo FM18; máquina de serrar responsável pelo seccionamento do cordão de solda; um cut-off Arotec modelo Arocor 40; uma lixadeira e politriz Fortel modelo PLF; um microdurômetro SHIMADZU e um microscópio óptico.

2.1.2. Dispositivo de Alimentação de Arame Frio

Para a alimentação do arame não energizado para dentro da poça de fusão durante o processo foi desenvolvido um dispositivo anexado a tocha do arame energizado com graus de liberdade para ajuste do ângulo de deposição.

Para amenizar a perturbação imposta pela adição do arame frio ao arco voltaico, devido à oscilação na sua alimentação, foi desenvolvido um sistema de controle de alimentação do arame frio em malha fechada.

No sistema em malha fechada, um circuito eletrônico montado controla um motor de corrente contínua e um empurrador de arame. A velocidade do arame frio selecionada é mostrada em um display.

2.2. Consumíveis Utilizados no Processo

Como material de adição foi escolhido o ER 5356 (ABNT NBR-6834), tanto para o arame energizado quanto para o arame frio, principalmente em decorrência de sua compatibilidade com a maioria dos metais de base, além de apresentar boa resistência mecânica e boa alimentabilidade na forma de arames eletrodos no processo GMAW.

É importante mencionar que por ser uma liga com um teor de magnésio acima de 3%, apresenta menor risco de fissuração a quente durante a fase de solidificação, segundo manual de soldagem da ALCAN (1993).

Tabela 1. Composição química do metal de adição (AWS 5.10) (ALCAN,1993)

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti
ER-5356	0,25	0,4	0,1	0,05-0,2	4,5-5,5	0,05-0,2	0	0,1	0,06-0,2

O metal de base escolhido foi uma barra (150 x 50 x 6 mm) de alumínio comercialmente puro, devido a sua maior disponibilidade no mercado e valor mais acessível.

Tabela 2. Parâmetros de soldagem

Parâmetros	Valores
Distância entre bico e a peça	15 mm
Gás proteção	99,97% de Argônio
Vazão gás	15 l/min
Especificação do arame	AWS 5.10
Material de adição	ER 5356
Velocidade alimentação de arame	6 m/min
Velocidade de soldagem	30 cm/min
Corrente média	120 A
Velocidade alimentação do arame frio	0,1,2,3,4,5 e 6 m/min
Ângulo de trabalho da tocha energizada	15°
Ângulo de trabalho da tocha não energizada	25°

2.3. Procedimento Experimental

Para o início dos testes, foram inseridos na fonte de soldagem alguns valores como o de corrente média, a velocidade de alimentação e um valor arbitrário de comprimento de arco, isso para geração de pacotes operacionais.

Durante os testes o comprimento de arco foi ajustado até atingir um pacote com boa estabilidade de arco. Em todos os cordões o ângulo de trabalho da tocha energizada, da tocha não energizada e a DBCP (Distância do Bico de Contato à Peça) foram mantidos constantes, em 15°, 25°, em relação ao metal de base, e 15 mm, respectivamente.

Para a análise da influência da adição do arame frio na geometria do cordão de solda, foi adicionado 1 m/min de alimentação do mesmo em cada experimento subsequente, até que a velocidade de alimentação do arame não energizado se tornasse igual à velocidade do arame energizado, ou seja, 6 m/min, seguindo a sequência de proporções de arame frio: 0 %, 8,5 %, 16,5 %, 25 %, 33,5%, 41,5% e 50%. Todas as proporções foram analisadas com o intuito de verificar até qual proporção a adição do arame não energizado influi positivamente no aspecto geométrico do cordão.

Para se ter um referencial adequado para comparação com os aspectos geométricos de um cordão sem a adição do arame frio sem alteração nas demais condições de soldagem, a primeira deposição foi realizada sem adição de arame frio, apenas com a simples deposição de Al 5356 em Al 1000 com avanço convencional e corrente pulsada.

A primeira etapa é uma vistoria superficial do cordão em busca de qualquer tipo de defeitos, como porosidades superficiais, mordeduras, concavidades, respingos, trincas e distorções ou deformações na chapa ou junta soldada.

Após o ensaio visual inicial, depois que a peça já retornou a temperatura ambiente foi realizado o ensaio de líquido penetrante, que tem como objetivo, revelar descontinuidades e defeitos superficiais que não podem ser observados a vista desarmada.

Depois passa por uma etapa de seccionamento, para assim fazer a análise metalográfica, onde nela foi feito o ataque químico foi, e posteriormente o polimento das amostras transversais com pasta de diamante de granulometrias de 1 µm e ¼ µm e das amostras longitudinais com alumina de granulometria 0,3 µm.

Por último, foram realizados dois ataques químicos distintos nas amostras, com o intuito de revelar as microestruturas, um ataque para análise micrográfica e outro para macrográfica. Para a análise micrográfica foi utilizado o reagente Keller não diluído com a aplicação do método por imersão, mantendo a peça imersa por volta de 10 a 20 s.

Para a análise macrográfica foi utilizado o reagente Marble aplicado por passadas, por volta de 20 a 30 passadas de algodão embebido na solução foram necessárias para a revelação adequada da estrutura do material

Após atacadas com o reagente Marble, as amostras transversais e longitudinais foram levadas para a análise em um Estereomicroscópio, onde foram obtidas imagens em ampliações de 10, 20 e 30 vezes

O intuito principal foi o de comparar superficialmente a influência das diferentes proporções de adição do arame frio no formato, tamanho e orientação de crescimento dos grãos no metal de solda e na zona de transição, assim como, na incidência de defeitos.

Depois disso, indentações foram feitas sobre as amostras atacadas quimicamente com o reagente Keller, para que pudessem ser analisadas superficialmente as microestruturas.

Para que o ensaio de microdureza representasse adequadamente a variação de dureza na superfície das amostras transversais, a metodologia de ensaio adotada envolveu realizar uma linha de indentações varrendo o cordão de solda da sua superfície superior até a linha de transição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Ensaio por Líquido Penetrante

O resultado dos ensaios de líquido penetrante dos cordões de solda que utilizaram até 3 m/min de velocidade de adição de arame frio não apresentaram descontinuidades superficiais relevantes.

Os aspectos visuais dos 4 primeiros cordões de solda, antes e depois do ensaio de líquido penetrante, estão expostos na Fig. 2 e mesmo nenhum deles apresentando descontinuidades superficiais relevantes, já se torna evidente uma tendência ao aumento de poros na superfície dos cordões com 2 e 3 m/min de alimentação de arame frio.

Analisando as aparências superficiais dos cordões de solda e os resultados do ensaio de líquido penetrante, se torna evidente que proporções de alimentação de arame frio próximas e acima da proporção de 50 % da alimentação de arame energizado, representando velocidades até 3 m/min, não tem efeitos significativos no acabamento superficial.

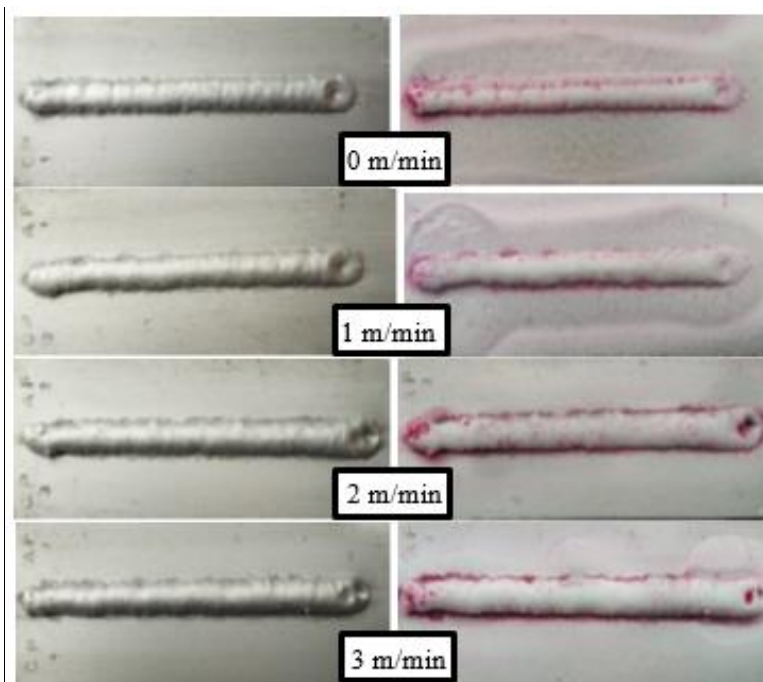


Figura 2. Aspecto Superficial dos Cordões com 0 a 3 m/min de Alimentação de Arame Frio Antes e Depois do Ensaio de Líquido Penetrante. (Autoria própria, 2019)

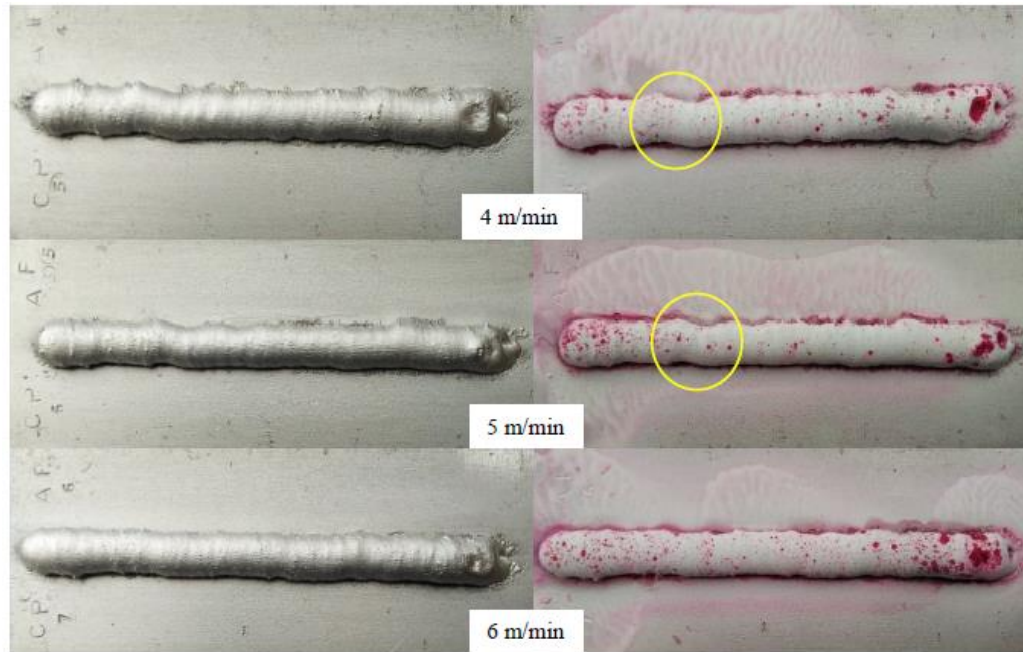


Figura 2. Aspecto Superficial dos Cordões com 4 a 6 m/min de Alimentação de Arame Frio Antes e Depois do Ensaio de Líquido Penetrante. (Autoria própria, 2019)

3.2. Análise do Processo

A Tabela 3 expõe os parâmetros empregados nos cordões de solda. Os parâmetros aquisitados durante o processo de soldagem mostram que a adição de arame frio, de 1 a 6 m/min não causou alterações significativas nos valores de aporte térmico, com a maior variação entre os valores calculados de apenas 0,017856 kJ/mm entre as deposições do primeiro e do último cordão.

Durante a deposição dos cordões foram coletados dados instantâneos de corrente e tensão, para que uma análise apenas qualitativa acerca do comportamento operacional do arco voltaico pudesse ser executada. A análise se limitou a um caráter qualitativo pelo fato de não se caracterizar como um dos objetivos do presente trabalho.

Tabela 3. Parâmetros de Soldagem GMAW (1) e GMAW-CW (2 a 7) (Autoria própria)

Cordão	Vaf (m/min)	Va (m/min)	Vs (m/min)	a	Im (A)	Um (V)	Ip (A)	Ib (A)	Tp (ms)	Tb (ms)	Aporte térmico (kJ/min)
1	0	6	30	18	120	20	312	58	0,8	4	0,288
2	1	6	30	18	120	21,2	309	48	0,9	4,1	0,305
3	2	6	30	18	119	20,8	314	50	0,8	3,9	0,297
4	3	6	30	18	119	21,1	310	51	0,8	4	0,301
5	4	6	30	18	119	21,3	310	57	0,8	4,2	0,304
6	5	6	30	18	121	20,6	309	51	0,7	3,9	0,299
7	6	6	30	18	118	21,6	312	52	0,8	3,9	0,306

Nota: Vaf = Velocidade de Alimentação do Arame frio.

Vs = Velocidade de Soldagem.

a = Grandeza adimensional relacionada ao comprimento de arco.

Im = Corrente média.

Um = Tensão média.

3.3. Análise Macrográfica, Micrográfica e Geométrica

Neste item serão expostos e discutidos os resultados obtidos após o tratamento metalográfico das amostras e das medições geométricas.

As seções transversais de todos os cordões depositados com os parâmetros expostos na Tab. 3 é apresentada na Fig. 3, as amostras “A” representam o início do cordão, as amostras “C” e “D” representam as seções finais do cordão depositado.

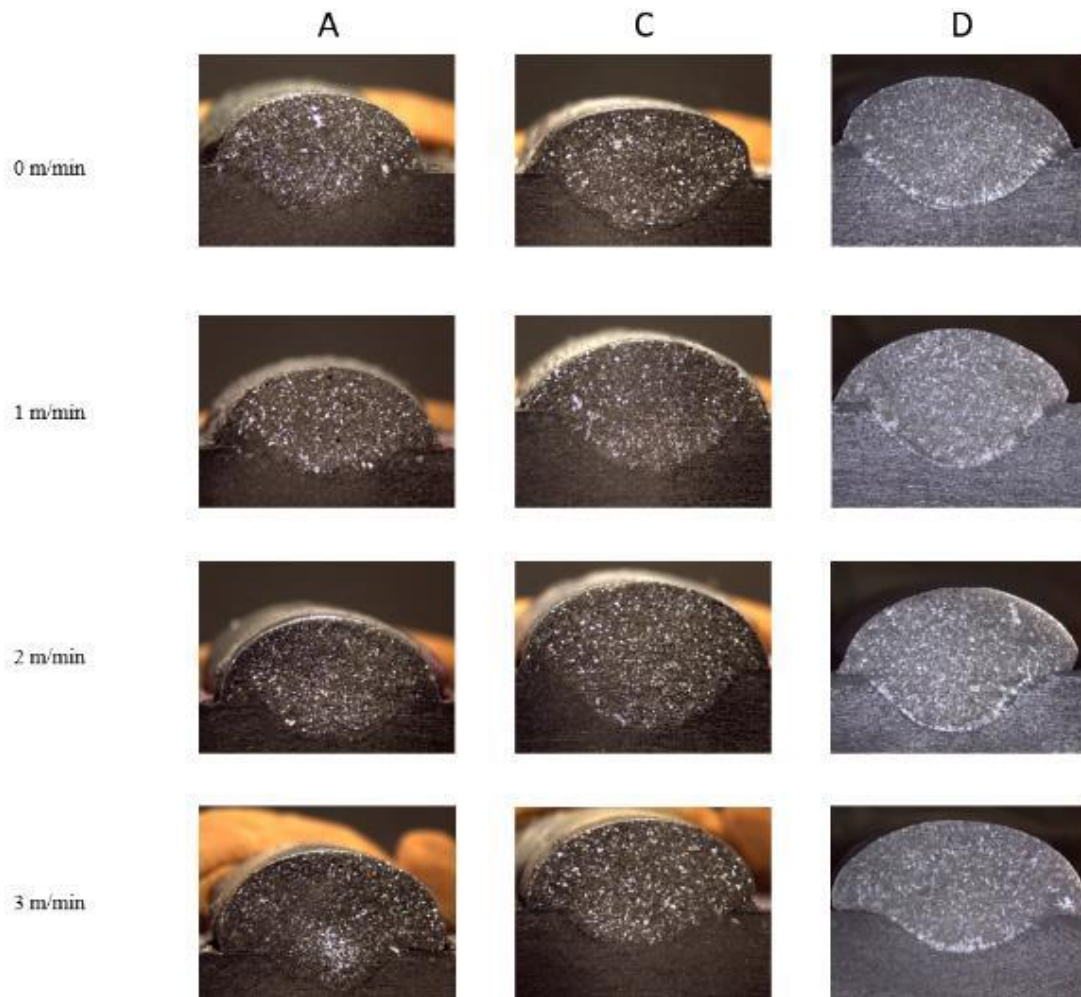


Figura 3 - Seções transversais de CP 0 a CP 3 (a esquerda) com ampliação de 10x. (Autoria própria, 2019)

Os cordões com alimentação de arame frio de 4, 5 e 6 m/min foram julgados inadequados. Isso pois foram percebidas faltas de fusão, trincas e porosidades de grandes diâmetros.

As seções longitudinais dos cordões de solda estão expostas na Fig. 4, estas representam a região central do cordão e mostram o perfil do crescimento dos grãos durante o processo de soldagem e de solidificação da poça de fusão.

Nas seções longitudinais observa-se que até 3 m/min de alimentação de arame frio, a região de grãos colunares diminui levemente de comprimento, como esperado, com o aumento da taxa de resfriamento proporcionado pela adição de arame frio que reduz o tempo que o metal líquido na poça de fusão solidifica, logo, dando um tempo menor para os grãos crescerem.

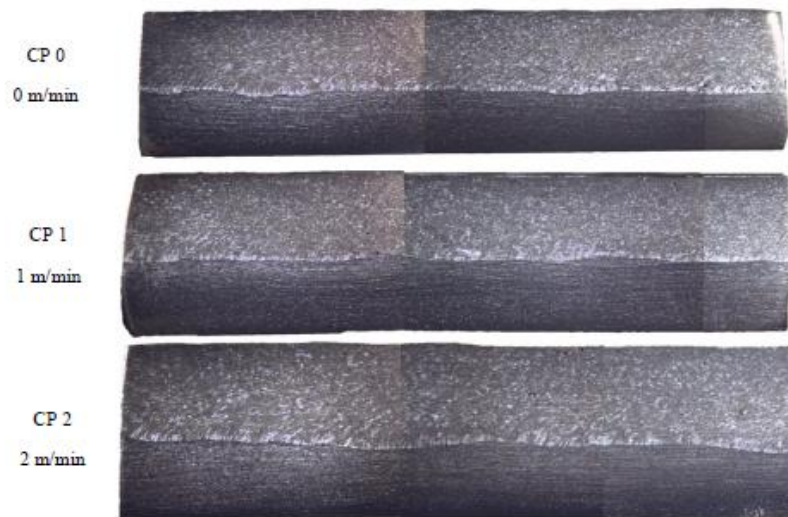


Figura 4. Seções longitudinais dos cordões CP 0, 1 e 2) com ampliação de 8x. (Autoria propria,2019)



Figura 5. Seções longitudinais dos cordões CP 3, 4, 5 e 6 com ampliação de 8x. (Autoria propria,2019)

A análise micrográfica das seções transversais e longitudinais foi realizada apenas para o cordão que não recebeu arame frio e para os que receberam 1, 2 e 3 m/min de adição do arame frio.

Na Figura 6 são apresentadas as imagens micrográficas das amostras CP 0 C, 1 C, 2 A e 3 A, das regiões próximas a superfície do cordão de solda, próximo ao centro do cordão e próximo a linha de transição.

Nela é perceptível o refinamento dos grãos equiaxiais nas regiões mais próximas a superfície do cordão de solda e características mais alongadas nos grãos colunares próximos a linha de transição entre o metal de solda e o metal de base, como visto nas seções longitudinais.

A Figura 6 apresenta a transição entre a zona de grãos colunares mais alongados e bem definidos e a região onde os grãos começam a se tornar mais irregulares e de tamanhos menores das amostras CP 0 C e CP 3 A. Fazendo a medição no software de processamento de imagens *ImageJ*, foi constatado que não teve uma diferença significativa.

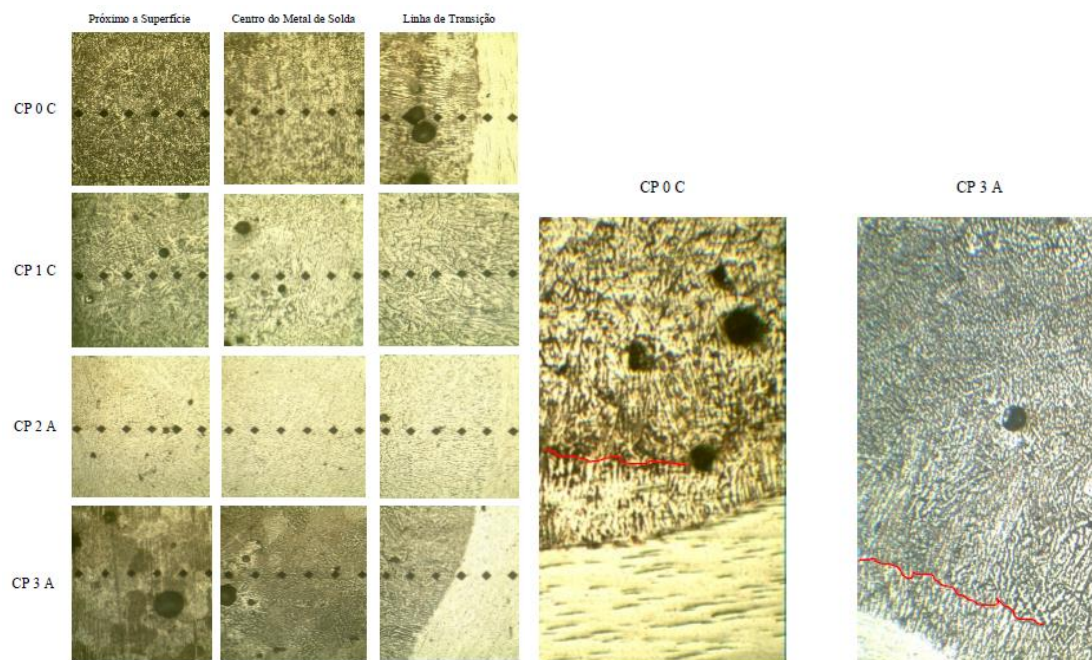


Figura 6. Micrografias das seções transversais das amostras CP 0 C, 1 C, 2 A e 3 A (ampliação de 100x) (a esquerda) e CP 0 C e CP 3 A com ampliação na zona de transição de 50x (a direita). (Autoria própria,2019)

As micrografias das seções longitudinais apresentadas na Fig. 7 mostram que não houve uma variação considerável na formação microestrutural da região analisada nas seções longitudinais, ao longo de todas as linhas de indentações os grãos se mantiveram próximos a formatos equiaxiais de refinamento moderado.

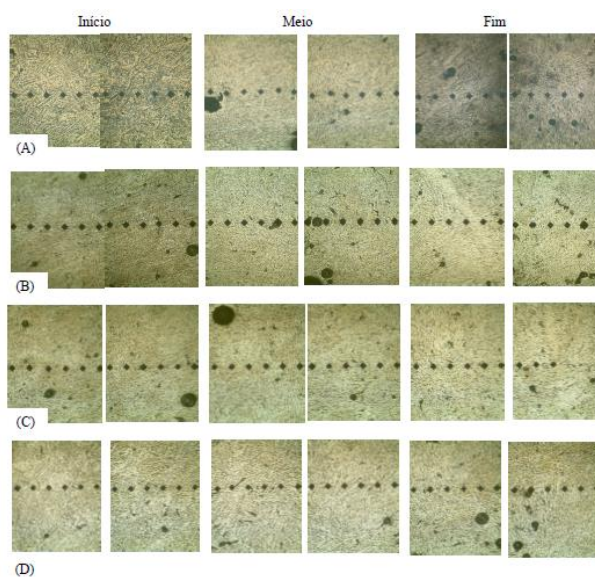


Figura 7. Seções longitudinais das amostras CP 0 B (A), CP 1 B (B), CP 2 B (C), CP 3 B (D) com ampliação de 100x. (Autoria própria,2019)

3.4. Ensaio de Microdureza

Em geral, os resultados obtidos mostraram valores de dureza ligeiramente maiores na zona de grãos colunares do metal de solda, valores mais baixos de dureza na zona de grãos equiaxiais e valores bem mais baixos na ZTA e ao longo do metal de base.

Os perfis obtidos estão expostos nas Fig. 7 a 8 e foram plotados de forma a relacionar a dureza medida com a distância do ponto de medição em relação a linha de transição. Algumas irregularidades, na forma de súbitas quedas nos valores de dureza, ao longo dos perfis podem ser observadas nas amostras CP 0 A, 2 A, 3 A, 4 A e 4 C.

Nas amostras CP 1 A, 3 A e 4 C, as alterações nas leituras de dureza podem ser facilmente relacionadas ao fato da localização das indentações coincidirem com microporos na superfície. Uma indentação adjacente às irregulares foi incluída em cada ilustração para servir como referência para o tamanho e formato normais.

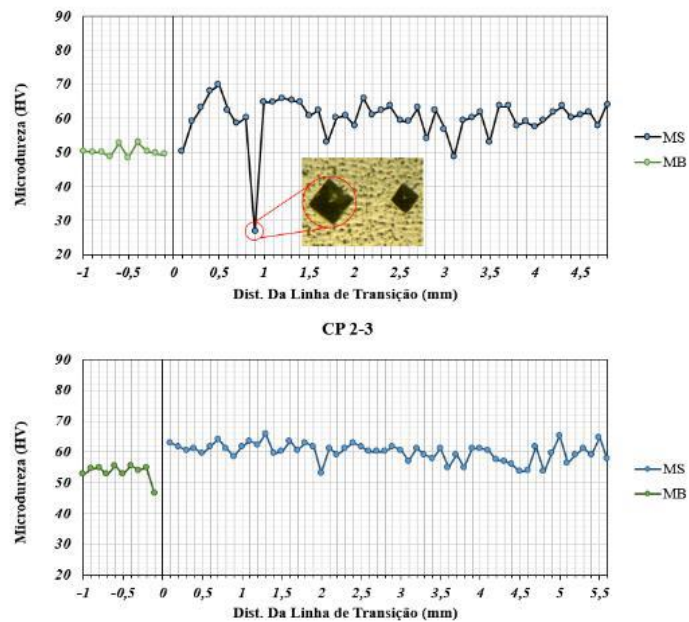


Figura 8. Perfil de microdureza da seção longitudinal CP 0 B (Autoria própria, 2019)

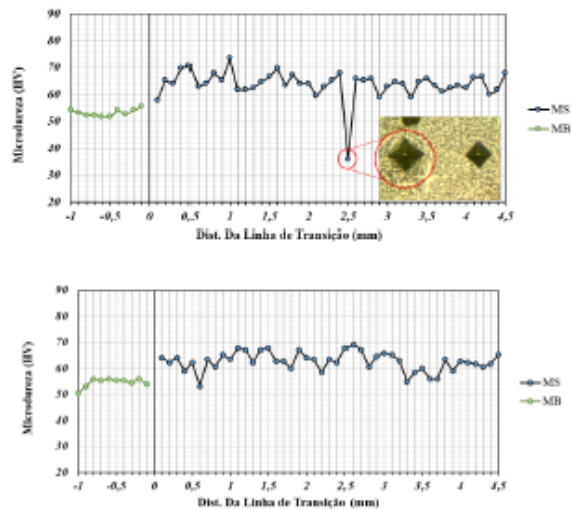


Figura 9. Perfil de microdureza da seção longitudinal CP 1 B (Autoria própria, 2019)

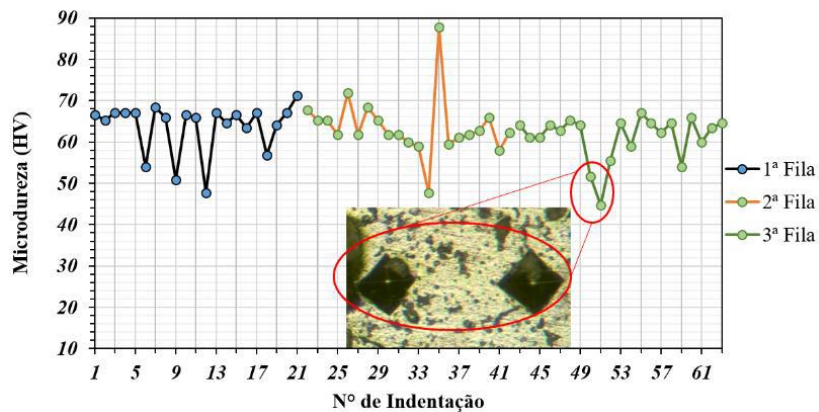


Figura 10. Perfil de microdureza da seção longitudinal CP 2 B (Autoria própria, 2019)

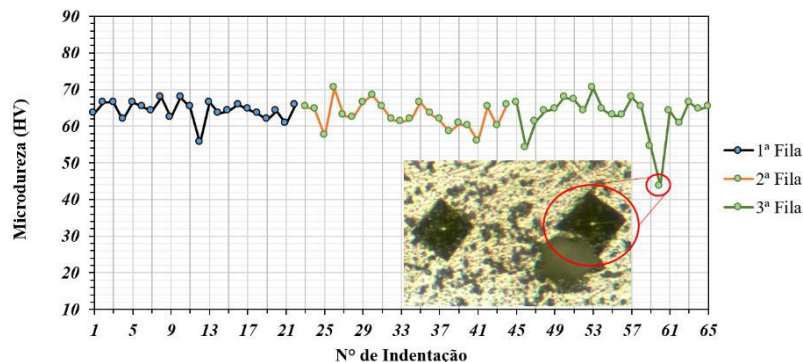


Figura 11. Perfil de microdureza da seção longitudinal CP 3 B (Autoria própria, 2019)

O número considerável de irregularidades observados nas medições de microdureza das seções transversais também foi observado nas seções longitudinais.

O número de irregularidades foi especialmente alto nas seções CP 1B e 3B e com exceção das indentações destacadas nos próprios perfis de microdureza, nenhuma coincidiu com microporos, o que pode indicar a formação de uma fase de dureza elevada em várias regiões do metal de solda destas amostras.

Os perfis de microdureza não apresentaram variações significativas de valores ao longo das linhas medidas, como pode ser observado na Tab. 4, que apresenta as médias dos valores medidos para cada fila de cada amostra.

Tabela 4. Valores médios de dureza calculados para as seções longitudinais (Autoria própria, 2019)

Amostra	1a fila	2a fila	3a fila
CP 0 B	62,99	62,94	63,21
CP 1 B	60,08	61,34	63,18
CP 2 B	66,00	63,20	63,00
CP 3 B	64,63	62,61	64,43

A amostra que apresentou a maior variação de dureza ao longo do eixo central do metal de solda foi a CP 2B, com 2 m/min de adição de arame frio, porém, também foi a amostra que apresentou a maior concentração de irregularidades na região da 1ª Fila. Portanto, os resultados indicam que a diferença no gradiente de temperatura promovida pelo aquecimento da peça ao longo do percurso da tocha, combinado com a influência do arame frio no mesmo gradiente, não exerceram influência sobre a microdureza do metal de solda na região analisada.

Na microestrutura dos cordões analisados no sentido horizontal não houve uma grande variação, apenas uma leve diferença no comprimento da região de grãos colunares.

4. Conclusão

- A adição de arame frio no processo GMAW não causou irregularidades superficiais relevantes quando mantida em velocidade de alimentação abaixo de 3 m/min, mas ao ultrapassar 4 m/min os cordões começaram a apresentar porosidade superficiais e irregularidades longitudinais;
- A adição de arame frio com velocidades de alimentação até 3 m/min não perturbou a estabilidade do processo GMAW, porém a partir da velocidade de 4 m/min a quantidade de desprendimentos de gotas fora do pulso ao longo da deposição aumentou significativamente;
- Velocidades de alimentação de arame frio acima 4 m/min formam cordões com altas incidências de trincas de solidificação e faltas de fusão em deposições de Al 5356;
- Velocidades de alimentação de arame frio acima de 4 m/min começam a aumentar o crescimento de grãos colunares e acima de 5 m/min os grãos colunares se tornam excessivamente alongadas;
- A adição de arame frio até 3 m/min, não alterou de forma relevante o arranjo microestrutural dos metais de solda;
- A adição de arame frio só se mostrou vantajosa até a velocidade de 3 m/min, ou 50 % da velocidade de alimentação do arame energizado.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Grupo de Tecnologia e Estudos em Soldagem (GETSOLDA), a Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM), ao Instituto de Tecnologia (ITEC) e a Universidade Federal do Pará (UFPA) pelo apoio na publicação do artigo.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- ALCAN Alumínio do Brasil S/A, 1993. Manual de Soldagem, 1ª edição, São Paulo, Alcan S/A,.
- Bracarense A Q.; Modenesi P. J.; Marques P. V., , 2009. Soldagem: Fundamentos e Tecnologia. Livro, 3ª edição, Editora UFMG.
- Modenesi P. J.; Marques P. V.; Santos D. B., , 2012. Introdução à Metalurgia da Soldagem. Apostila, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Sábio A. D., , 2007. Estudo da Viabilidade Operacional do Processo de Soldagem MAG com Soldagem MAG com Alimentação Adicional de um Arame Frio. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pará, Belém.
- Wainer E. B.; Brandi S. D.; de Mello F.D.H. 1992. Soldagem: Processos e Metalurgia: Livro, 2ª Edição, Editora Edgard Blücher, São Paulo.

EFFECT OF THE ADDITION OF COLD WIRE IN AL 5356 ALLOY WELDS DEPOSITED BY THE GMAW PROCESS IN PULSED CURRENT

First Author's Name Filippo Guanais Cattelan

Second Author's Name Humberto Aguirre

Third Author's Name Adelino Maia Neto

Fourth Author's Name Carlos Mota

Institution and address Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa, 01 – Guamá, Belém – PA, 66075-100
e-mails filippo.cattelan@itec.ufpa.br, humbertoaguirre23@yahoo.com.br, adelinoalves@ufpa.br, cmota@ufpa.br

Abstract. *The presente work aims to analyze the operational behavior of the GMAW process when a non-energized wire is added gradually higher feed speeds in the weld pool and the effects of this addition on the mechanical and metallurgical characteristics of Al 5356 welds with pulsed current. Welding was carried out in an automated torch displacement system and a system of feeding of non-energized, independent, closed-loop wire. Initially, the deposition was carried out only with the wire energized and, later, 1 m/min of cold wire was added in each deposition, until the feed speeds were equal. Input variables were electrode wire speed (6 m/min), welding speed (30 cm/min), cold wire feed speeds (0,1,2,3,4,5 and 6 m/min), average current (120 A). The evaluation of the deposited beads was based on their geometric aspects (width, reinforcement and penetration), dilution, microhardness and general micrographic aspects. The GMAW process with the addition of cold wire showed good operational stability without the presence of spatter. The results showed that the process presented advantageous characteristics for the additive manufacturing process with Al 5356 alloy up to a cold wire feed speed of 3 m/min, showing a growth in the reinforcement of the bead favorable for the productivity of the process and penetration satisfactory. However, beads deposited with cold wire addition above 4 m/min showed a high concentration of defects related to very high cooling rates and were considered unsuitable for any application. The microhardness profiles of the analyzed na increase in hardness with the increase in cold wire feed, a behavior credited to the greater refinement of the microstructure caused by increase in the cooling rate.*

Keywords: GMAW-P, GMAW-CW, aluminium welding, aluminium metallurgy.

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.