

UMA REVISÃO DE SOLDAGEM A PLASMA DE ALUMÍNIO

Alessandra Gois Luciano de Azevedo

aglazevedo@mecanica.ufu.br

Danilo de Souza Rocha

daniolorocha@mec.ufu.br

Valtair Antonio Ferraresi

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2160, Campus Santa Mônica – Uberlândia/MG. CEP: 38400-902.

valtairf@mecanica.ufu.br

Resumo: *A utilização do alumínio vem aumentando nos mais diversos campos de aplicação. Esse crescimento pode ser explicado quando se consideram as vantagens apresentadas por esse material, em relação aos aços, devido a sua baixa densidade aliada a altos níveis de resistência mecânica. A maior dificuldade na soldagem de alumínio esta relacionada à camada de óxido que, por possuir um ponto de fusão cerca de três vezes maior do que do alumínio, dificulta a união das peças. Entre os processos aplicados na soldagem das ligas de alumínio encontra-se o de soldagem a plasma com corrente alternada e utilizando a técnica “keyhole”. A soldagem a plasma com “keyhole”, apesar de apresentar custos operacionais relativamente altos, tem recebido uma aceitação significativa nos últimos anos para aplicações automatizadas, principalmente devido à qualidade das soldas, produtividade e pela garantia de penetração total na junta. A principal dificuldade encontrada é o ajuste da condição de soldagem que permita uma limpeza adequada da camada de óxido. Esse artigo apresenta uma revisão bibliográfica da soldagem a plasma de alumínio visando obter conhecimento para propor um projeto de tese de doutorado. Além disso, são apresentados também alguns testes preliminares com o objetivo de apresentar e conhecer as dificuldades na soldagem de alumínio.*

Palavras-chave: Alumínio, plasma, keyhole.

INTRODUÇÃO

O alumínio e suas ligas possuem algumas características cujo conhecimento é necessário para a realização de sua soldagem com êxito. O alumínio apresenta propriedades físicas e químicas que levam a diferenças entre a sua soldagem e a dos aços. Possui ainda, uma elevada condutividade térmica em relação ao aço (cerca de 5 vezes maior), o que torna necessário o uso de uma fonte com alta intensidade de calor para que a soldagem seja bem sucedida, apesar do seu baixo ponto de fusão (660 °C).

Uns dos problemas encontrado na soldagem de alumínio está relacionado à camada de óxido de alumínio (Al_2O_3) que funde a cerca de três vezes à temperatura de fusão do alumínio, dificultando a soldagem. Para obter uma boa soldagem a camada do óxido deve ser retirada. Uma técnica de limpeza bastante utilizada, nas soldagens TIG e Plasma, é a chamada limpeza catódica, onde o eletrodo fica na polaridade positiva (Alcan, 1993).

Nos processos TIG e Plasma com corrente alternada ocorre uma alternância nas polaridades do eletrodo, obtendo-se uma boa penetração, quando na polaridade negativa, juntamente com o efeito da limpeza da camada de óxidos, na polaridade positiva.

A soldagem utilizando o processo MIG é mais utilizada em juntas de maior espessura,

apresentando velocidade de soldagem superior à alcançada no processo TIG. Como a operação só é viável em CCEP, na soldagem do alumínio esta característica garante uma limpeza adequada da camada de óxido, obtendo cordões com o perfil desejado (Alcan, 1993).

Na soldagem a plasma, a principal dificuldade ainda encontrada é o ajuste da condição de soldagem, a qual depende em essência do tipo e da espessura do material de base. Este ajuste é feito considerando a experiência prática do soldador e as recomendações dos fabricantes de equipamentos. Estas condições, normalmente se encontram fora das condições ótimas de soldagem, causando perdas de produtividade e gerando custos adicionais ao produto final. A otimização dos processos tem sido conseguida através de modelos matemáticos, e na busca de parâmetros de soldagem que permitam prever o comportamento do processo sob determinadas condições de trabalho.

A soldagem a plasma com a técnica “*keyhole*”, apesar de apresentar custos operacionais relativamente altos, tem recebido uma aceitação significativa nos últimos anos para aplicações automatizadas, principalmente devido à qualidade das soldas, produtividade e pela garantia de penetração total na junta.

Existem poucos estudos no Brasil relacionado à soldagem a plasma em alumínio o que torna necessário encontrar um método aliando as vantagens do processo a plasma com a técnica “*keyhole*”, que permita a soldagem de ligas de alumínio, garantindo um bom aspecto do cordão de solda e penetração adequada.

Esse artigo apresenta uma revisão bibliográfica da soldagem a plasma de alumínio sendo, ainda, realizados testes preliminares para obter uma condição estável do *keyhole*.

Influência da Alumina na Soldagem

Como citado anteriormente, a presença da alumina dificulta a soldagem das ligas de alumínio. A retirada desta camada pode ser realizada de forma mecânica, que consiste em escovar ou esmerilhar a junta pouco antes da operação de soldagem. Este método tem pouca eficácia devido à velocidade de formação da camada em contato com a atmosfera. Pode, ainda, ser removida com limpeza química que consiste na aplicação de produtos químicos, a temperaturas variadas, sendo intercalados por banhos em água.

O ataque catódico é outra forma de retirada da camada de óxido, onde o eletrodo no pólo positivo permite a emissão de elétrons da peça para o eletrodo através do arco elétrico, ocorrendo a limpeza. Algumas teorias tentam explicar o fenômeno da limpeza catódica, entre elas a que se baseia no mecanismo de quebra dielétrica, onde, segundo Pang et al (1994), a camada de óxido funciona como um capacitor durante a soldagem. A diferença de potencial entre o eletrodo e o alumínio sob a camada de óxido aumenta até que a resistência elétrica desta última seja vencida, provocando micro explosões na região de ação do arco, eliminando o filme de óxido. Outra teoria é dada por Dutra et al (1992), onde afirmam que os óxidos, por possuírem uma maior facilidade em emitir elétrons, são os responsáveis pela manutenção do arco de soldagem durante o ciclo positivo. Eles explicam que, ao liberar os elétrons, ocorre um aquecimento na camada de óxido além da sua temperatura de decomposição, sendo eliminado devido a sua própria resistividade elétrica.

Para a realização da limpeza da camada de óxido de alumínio, os processos de soldagem TIG e o Plasma em corrente alternada são os mais utilizados. O arco CCEN (Corrente contínua com eletrodo no negativo) permite uma maior geração de calor na peça, proporcionando a formação de cordões de solda com penetração relativamente elevada e estreita, sendo observado pouco desgaste do eletrodo de tungstênio, porém a sua limpeza catódica é precária. Já o arco CCEP (Corrente contínua com eletrodo no positivo) produz excelente limpeza da camada de óxidos, porém a sua eficiência térmica é menor, ocorrendo, neste caso, um aumento no desgaste do eletrodo, podendo danificá-lo. O processo de soldagem com corrente alternada acarreta em problemas de estabilidade quando ocorre a inversão da polaridade negativa para a positiva. Durante o ciclo positivo o aumento da temperatura do eletrodo, devido à geração de calor no ânodo, facilita a emissão de elétrons pelo

tungstênio quando ocorre a inversão de polaridade e o eletrodo passa a atuar como cátodo. Porém, do ciclo negativo para o positivo pode ocorrer o fenômeno de retificação da corrente, devido o metal de base passar a ser o cátodo, sendo necessária uma maior energia para facilitar a emissão por campo (Alcan, 1993). Dutra et. al. (1992) observaram que na metade dos ciclos a corrente tende a se anular e o arco se extingue, fazendo com que a tensão aumente até o valor da tensão em vazio, para que ocorra a re-ionização do gás para restabelecimento do arco.

Processos de Soldagem a Plasma

O processo de soldagem a plasma tornou-se mais acessível e tem sido amplamente explorado em pesquisa e linhas de produção automatizadas, principalmente em países desenvolvidos. Este processo pode ser considerado como uma derivação do processo TIG, pois utiliza um eletrodo não consumível de tungstênio e gás inerte ou uma mistura de gases para gerar o arco e proteger o metal fundido de contaminação (Welding Handbook, 1991). A diferença está na constrição do arco devido ao afunilamento do bocal, garantindo ao arco plasma uma forma cilíndrica. Esta forma permite uma maior estabilidade direcional e elevada densidade de energia o que aumenta a eficiência de fusão. Devido a esta constrição, o processo de soldagem a plasma permite a utilização de maiores velocidades de soldagem, obtenção de penetração total e uniforme em um único passe, em chapas de espessuras de até 6,0 mm. Produz, ainda, uma menor zona afetada pelo calor, simplificação na preparação da junta e uma maior tolerância de variação na distância tocha-peça. Para aproveitar ao máximo estas características utiliza-se uma técnica denominada *keyhole*. Maiores detalhes sobre o processo podem ser observados no trabalho de Richetti (1998).

Esta técnica (*keyhole*) é conseguida através da combinação da vazão de gás, da corrente e da velocidade de soldagem, produzindo uma poça de solda relativamente pequena com furo passante através do metal de base com formato de funil. Este furo é um indicador de penetração e uniformidade da solda. Após abertura do *keyhole*, o movimento de translação da tocha força o metal fundido à frente do jato de plasma a se deslocar em direção à parte posterior da poça de fusão, preenchendo o orifício de *keyhole* e formando o cordão de solda (Richetti, 1998).

A cratera aberta ajuda a remover gases que, em outras circunstâncias, seriam aprisionados como porosidades no metal fundido. Ocorre ainda, uma redução das distorções transversais devido a uma simetria da zona de fusão com a cratera e redução do número de passes devido a uma maior penetração na junta (AWS, 1991).

As dificuldades encontradas estão relacionadas com as diversas variáveis do processo, o que restringe ainda mais a operação, e ainda, a tocha e a peça devem estar bem alinhadas para evitar descontinuidades no cordão de solda.

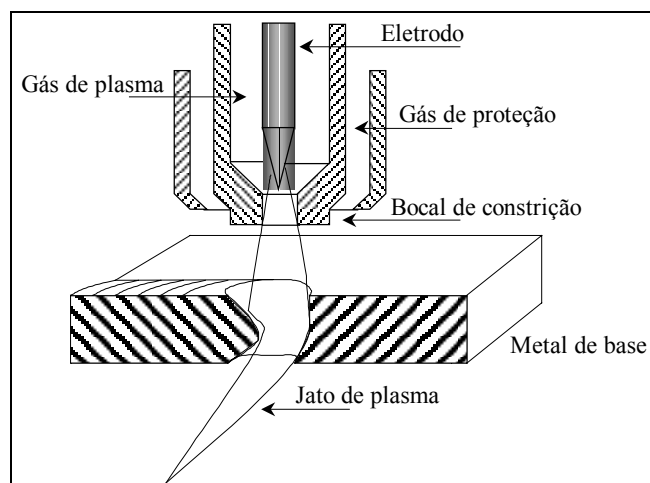


Figura 1 – Esquema de soldagem a plasma com *keyhole* (Richetti, 1998).

Nesta técnica, os efeitos da pressão do arco e da concentração de energia sobre a superfície da poça de fusão, da ordem de 10^9 W/cm^2 segundo Kim et al. (1994), criam condições para a formação de um pequeno orifício no ponto de incidência e que é mantido durante toda a operação de soldagem. Assim, o termo “*keyhole*” é utilizado para designar uma técnica não convencional de soldagem, na qual o arco atravessa completamente a peça sendo soldada, formando um pequeno orifício em forma de funil. A poça de fusão estende-se através de toda a espessura da junta e é mantida na posição pelas forças de tensão superficial do material fundido (Richetti, 1988).

O processo de soldagem a plasma para alumínio utiliza corrente alternada com onda retangular com polaridade variável, sendo chamado de arco plasma com polaridade variável. As fontes de soldagem usadas permitem que a variação da amplitude e os tempos de duração nas polaridades positivas e negativas sejam ajustados independentemente. Para empregar a técnica “*keyhole*”, além de ajustar os tempos, é necessário encontrar os parâmetros adequados, onde são determinadas as vazões de gás de plasma e de proteção, a corrente de soldagem, a velocidade de soldagem, a distância do bico de contato à peça e outros parâmetros considerados secundários, tais como: ângulo de apontamento do eletrodo, distancia eletrodo bocal constritor, etc.

Soldagem a Plasma de Ligas de Alumínio

O processo a plasma permite a obtenção de bons resultados na soldagem de alumínio utilizando onda retangular balanceada ou desbalanceada. Estudos empregando este processo tentam determinar a melhor relação entre os tempos nas polaridades positiva e negativa, a intensidade de corrente máxima quando no pólo positivo, de forma que reduza a degradação do eletrodo. Abaixo estão listados alguns trabalhos envolvendo a soldagem a plasma com a técnica *keyhole*, com onda retangular.

Van Cleave (1981) aplicou este processo em chapas de alumínio 2219-T87 de 6,3 mm de espessura para determinar a razão de tempos nos pólos negativo (t_N) e positivo (t_P). A soldagem foi realizada em fonte com corrente constante, utilizando corrente alternada com onda retangular desbalanceada, onde para a polaridade positiva acrescentou-se um adicional sobre a corrente negativa. A melhor relação encontrada de t_N/t_P foi de 20 ms na polaridade negativa e de 3 ms na polaridade positiva, obtendo boa penetração aliada com uma limpeza catódica adequada para proporcionar cordões com bom acabamento.

Tomsic (1984) realizou a soldagem em diversas ligas de alumínio, alcançando boa qualidade e baixo custo. Ele observou que cordões de solda com bom acabamento devido ao tempo na CCEP e a intensidade de corrente poderem ser selecionados de forma independente, o que proporcionou uma melhor limpeza catódica para diferentes tipos de ligas de alumínio, sem a necessidade de uma remoção prévia por ataque químico.

Kanbe (1988) utilizando o processo em chapas de alumínio A5083P-0 com 5,0 mm de espessura, determinou os parâmetros de soldagem por plasma com polaridade variável, utilizando onda retangular balanceada. Onde a melhor condição de soldagem, garantindo boa aparência do cordão e boa penetração, foi alcançada para a relação de tempos nas polaridades negativa e positiva (t_N/t_P) de 3:1, corrente de soldagem de 150 A, velocidade de soldagem de 35 cm/min e utilizando Argônio como gás de proteção e de plasma, com 1,5 l/min e 15 l/min, respectivamente. Ele concluiu que a soldagem de chapas de alumínio utilizando o processo de soldagem a plasma com onda retangular e *keyhole* alcançou resultados satisfatórios com o controle dos parâmetros de soldagem, como da corrente, da frequência alternada e da razão t_N/t_P , bem como uma boa limpeza da camada de óxidos da superfície da junta.

Garcia (1995) estudou os efeitos dos principais parâmetros de soldagem na aparência dos cordões de solda. Como metal de base utilizou chapas de alumínio puro e Al-Li 8090 com 6,3 mm de espessura. Variou, ainda, o tipo e a relação do gás de proteção, empregando Ar, He e uma mistura de Ar-He. Afirmou que a mistura com 65%He-35%Ar usada como gás de proteção produziu bons resultados para o Al puro, proporcionando uma boa penetração e proteção sobre uma

moderada vazão do gás de plasma. E ainda, que para a liga 8090 o uso simultâneo do Ar puro como gás de proteção e de plasma originou cordões com bom aspecto e sem defeitos.

Fuerschbach (1998), Pang et al (1994) também determinaram os parâmetros de soldagem usados para variar a polaridade de uma onda retangular desbalanceada de forma independente em processo arco plasma com keyhole, efetuando a limpeza catódica em chapas de alumínio. Pang et al encontraram melhor qualidade do cordão de solda devido ao t_p e o nível de corrente poderem ser selecionados independentemente, proporcionando uma melhor limpeza catódica da superfície e da raiz para diferentes tipos de liga de alumínio. Cary (1995), também realizou experimentos variando, de forma independente, os tempos nas polaridades positiva e negativa, bem como a intensidade de corrente nestas polaridades. Alcançou soldas com bom aspecto de cordão de solda e observou não ser necessário uma remoção prévia da camada de óxido, sem que a estabilidade do arco fosse afetada.

Zheng (1999) apresentou uma solução *push-pull* de corrente para conseguir estabilizar o arco plasma em corrente alternada, resultando numa estabilidade na formação da solda no modo *keyhole*. Empregou a técnica em chapas de alumínio 2024 com espessuras variando de 4,0 a 8,0 mm. Ele observou que o mecanismo de interferência do arco é expressando na forma de neutralização das cargas positivas que são acumuladas nas adjacências da ponta do eletrodo durante o período CCEP. A interferência do arco ocorre porque o potencial do bico não consegue interferir na condução da coluna de plasma. Para minimizar este efeito, ele observou que o arco plasma na CCEP poderia ser iniciado mantendo o arco piloto na transição do período no pólo negativo para o positivo. Esta solução foi denominada de solução arco push-pull, mostrando-se eficaz para resolver os problemas de interferência entre o arco de plasma e a reignição do arco em CCEP em ligas de Al, possibilitando uma estabilidade na formação da solda no modo *keyhole*.

Percebe-se uma necessidade crescente na determinação dos parâmetros de soldagem de alumínio, como determinar o tempo adequado para a realização da limpeza catódica aliada a uma boa penetração, garantindo cordões com bom aspecto e, ainda, proporcionando uma maior produtividade. O processo de soldagem a arco plasma com polaridade variável permite uma maior velocidade de soldagem, menor distorções na junta e, ainda, possibilita a soldagem de juntas com menor grau de preparação. Além destes fatores apresentados acima, ainda não é claro qual a espessura adequada da camada de óxido para a realização da soldagem de alumínio sem que ocorra instabilidade no arco voltaico.

METODOLOGIA UTILIZADA NOS TESTES PRELIMINARES

O dispositivo para a soldagem será montado conforme apresentado na Figura 2.



Figura 2 : Equipamentos utilizados no dispositivo para soldagem.

Os equipamentos utilizados serão listados a seguir:

Fonte de soldagem eletrônica Inversal/300 da IMC; Módulo Plasma (IMC); Medidor/controlador do gás de plasma - control gás-plasma 1(LAPROSOLDA); Tocha de soldagem PWM-300; Medidor do gás de proteção MG-2 (IMC); Mesa de coordenadas X-Y (LAPROSOLDA); Eletrodo EW Th-2 – diâmetro 5,0 mm; Gás de plasma – Argônio a 2,0 l/min e gás de proteção – Argônio a 15 l/min.

Foram utilizados corpos de prova de liga de alumínio 6061, com dimensões de 170x32x3,2 mm. Os corpos de prova foram presos utilizando-se o suporte apresentado na Figura 4.

RESULTADOS E ANÁLISES

Para se determinar uma região estável de *keyhole*, foram realizados testes em junta de topo cujos principais parâmetros encontram-se na Tabela (1). Foram fixados: a vazão de plasma (1,6 l/min), vazão de proteção (12,0 l/min), tempo no pólo positivo (3 ms) e tempo no pólo negativo (12 ms), ângulo de trabalho 90°, ângulo de ponta do eletrodo de 33° e retardo entre início de arco e início do movimento da tocha de 3,0 ms.

Tabela 1 – Parâmetros de soldagem – Processo a plasma com *keyhole*.

Testes	I (A)	Vs (cm/min)	DBCP (mm)	Observações
01	150	15,0	3	Furou a chapa.
02	150	25,0	3	Manteve-se I e aumentou-se a Vs. Furou a chapa.
03	100	25,0	3	Reduziu-se I para 100 A e Vs idem ao Teste 02. Ocorreu falta de penetração.
04	120	25,0	3	Aumentou-se I para 120 A manteve-se Vs. Apresentou boa aparência do cordão de solda e boa formação do <i>keyhole</i> .
05	120	20,0	3	Vs menor. Formou <i>keyhole</i> , porém ocorreu trinca no cordão de solda.
06	120	30,0	3	Vs maior. Sensibilidade ao desalinhamento. Raiz muito estreita, ocasionando falta de fusão na raiz.

Onde: I = corrente de soldagem; Vs = velocidade de soldagem; DBCP= distância do bico de contato a peça.

Utilizaram-se os parâmetros de soldagem mais empregados em trabalhos publicados com processo a plasma em ligas de alumínio para espessuras em torno de 3,0 mm. Para encontrar uma boa condição, variou-se a corrente de soldagem (entre um valor máximo e um mínimo encontrado) e a velocidade de soldagem.

Nos teste 1 e 2 a corrente de soldagem mostrou-se elevada para os dois valores de corrente empregado, desta forma, reduziu-se a corrente para 100 A no Teste 3, porém não ocorreu penetração adequada. No Teste 4, aumentou-se a corrente para 120 A e manteve-se a velocidade de soldagem em 25 cm/min sendo observado formação do *keyhole* e bom aspecto do cordão de solda (Figura 3). Foram ainda realizados mais dois testes para determinar uma faixa possível de abertura do *keyhole*, para velocidades de soldagem de 30 cm/min e 20 cm/min, nos testes 5 e 6, respectivamente. Observou-se a formação do *keyhole*, porém ocorreu trinca no cordão de solda quando empregando a menor velocidade, provavelmente devido a maior energia imposta à junta, e um maior sensibilidade ao desalinhamento da junta em relação à tocha, o que levou a uma falta de fusão na raiz.

A determinação dessa condição estável demonstra que é possível a obtenção de uma condição de soldagem para o processo a plasma em ligas de alumínio com a técnica *keyhole* utilizando os equipamentos do Laprosolda. Para uma melhor análise da formação do *keyhole*, será necessário um

planejamento que permita definir sua condição de estabilidade, verificando o efeito da energia de soldagem sobre a abertura do *keyhole*, bem como a variação dos demais parâmetros de soldagem.

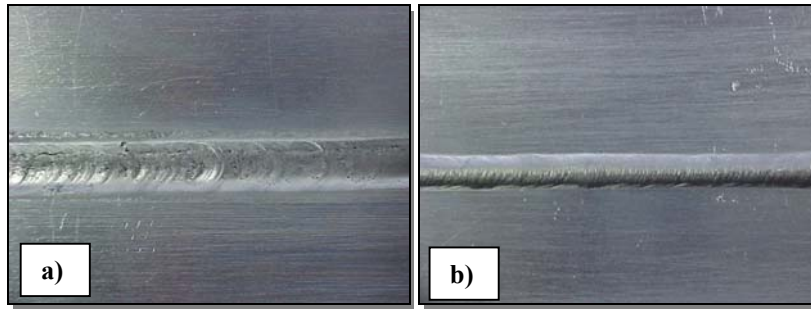


Figura 3 – Aspecto do cordão de solda. a) Parte superior; b) raiz.

AVALIAÇÃO FINAL E PROPOSTA DE TRABALHOS.

Com a revisão preliminar e com os testes realizados pode-se definir uma estratégia de trabalho visando a teste de doutorado. Pretende-se alcançar com isso os seguintes objetivos:

- Verificar o aspecto de formação e manutenção do “*keyhole*” na soldagem a plasma de alumínio com onda balanceada, encontrar uma região de “*keyhole*” estável (corrente e tempo nas polaridades positiva e negativa) e analisar a qualidade do cordão de solda, verificando-se os possíveis defeitos e as características geométricas do cordão de solda, e ainda, as características metalúrgicas da Zona Fundida.

- Determinar os tempos nas polaridades positivas e negativas na soldagem a plasma em corrente alternada com onda retangular desbalanceada em ligas de alumínio utilizando a técnica de “*keyhole*”. Com o objetivo de obter conhecimento sobre o comportamento do processo nessa aplicação, verificar a faixa de trabalho da técnica “*keyhole*”, a influência do desbalanceamento da corrente na qualidade do cordão de solda, e ainda, analisar as características metalúrgicas da Zona Fundida.

- Projetar um sistema automático para o processo de soldagem a plasma que permita identificar quando a limpeza de óxidos estará num nível aceitável, invertendo a polaridade sem prejudicar a estabilidade do arco, mantendo a qualidade do cordão de solda.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Cnpq pela bolsa e suporte financeiro e a FEMEC/LAPROSOLDA pelo suporte técnico e financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALCAN ALUMÍNIO DO BRASIL S/A, 1993, “Manual de Soldagem”.
- AWS Welding Handbook, 1991, “Welding Technology”, 8ª ed., vol. 1. AWS, Miami.
- DUTRA J. C., OLLÉ L. F., BAIXO, C. E. I. e BISON, L.A., 1992, “Corrente Alternada de Onda Retangular: Uma Inovação com Tecnologia Nacional para Soldagem a Arco de Alumínio”, IIW Congresso Nacional Latino Americano de Soldagem, Anais da ABS, vol. 2. Rio de Janeiro-RJ.
- FUERSCHBACH, P.W, Fev 1998, “Cathodic Cleaning and Heat Input Variable Polarity Plasma Arc Welding of Aluminum”, Welding Research Supplement. p.76s-85s.
- GARCIA, José Augusto Orlowski de; NORRISH, John, 1995, “Soldagem de liga de Al-Li por arco plasma com variador de polaridade”, XXI ENTS. Caxias do Sul, RS. p.401-417.
- KANBE, Y.; FUJIYAMA, H. AND ICHIMURA, H., 1988, “Plasma Arc Welding Process of Aluminum Alloys with Alternating Square Wave Current”, IIW Asian Pacific Regional Welding Congress.

- KIM, C. J., KAUF, S., RO, S.T., LEE, J. S, 1994, “Parametric Study of the Two-Dimensional *Keyhole* Model for High Power Density Welding Processes”, Journal of Heat Transfer, vol. 166.
- MODENESI, P., 1994, “Soldagem de Ligas Metálicas”, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- PANG, Q., PANG, T., NUNES, A. C., MC-CLURE, J., 1994, “Workpiece Cleaning During Variable Polarity Plasma Arc Welding of Aluminium”, ASME, Journal of Engineering for Industry, p.463-466.
- RICHETTI, A., 1998, “Aplicação do Processo de Soldagem por Plasma pela Técnica *Keyhole* no Passe de Raiz de uma Junta Chanfrada”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.
- ROCHA, V. S. , 2001, “Desenvolvimento e Implementação de um Controle para Remoção Seletiva de Óxido na Soldagem TIG de Alumínio”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia-MG.
- TOMSIC, M., BARHORST, S., Fev. 1984, “*Keyhole* Plasma Arc Welding of Aluminum with Variable Polarity Power”, Welding Journal., p.25-32.
- VAN CLEAVE, B.P., GRAIN, W.R., 1981, “*Keyhole* Plasma Arc Welding of Aluminum”, American welding society, p.109-122.
- ZHENG, B.; WANG, Q.L.; KOVACEVIC, R., part B. 1999, “Arc Interference and Unique Push-Pull Arc Solution in Alternating Current Plasma Arc Welding of Aluminium Alloys”, Proc Instn Mech Engrs, vol 213, p.69-76.

REVIEW PLASMA ARC WELDING OS ALUMINUM

Alessandra Gois Luciano de Azevedo

aglazevedo@mecanica.ufu.br

Danilo de Souza Rocha

danilorocha@mec.ufu.br

Valtair Antonio Ferraresi

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2160, Campus Santa Mônica – Uberlândia/MG. CEP: 38400-902.

valtairf@mecanica.ufu.br

Abstract: *The use of aluminum comes increasing in the most diverse fields of application. This growth can be explained when if they consider the advantages presented for this material, in relation to steel, which had its low density allied the high levels of resistance mechanics. The biggest difficulty in the welding of aluminum this related to the oxide layer that, for possessing a point of fusing about three times bigger of the one than of aluminum, it makes it difficult the union of the parts. Between the applied processes in the welding of the aluminum alloys meets of welding the plasma with alternating chain and using the technique "keyhole". This process, although to present relatively high operational costs, has received a significant acceptance in the last years for automated applications, mainly due to quality of welds, productivity and for the guarantee of total penetration in the together one. The main joined difficulty is the adjustment of the welding condition that allows an adequate cleanness of the oxide layer. This article presents a bibliographical revision of the welding the aluminum plasma aiming at to get knowledge to consider a project of thesis. Moreover, some preliminary tests with the objective are also presented to present and to know the difficulties in the aluminum welding.*

Keywords: *aluminum, keyhole, plasma arc welding.*