

# INFLUÊNCIA DO GÁS DE PROTEÇÃO NA SOLDAGEM COM ARAMES DE AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS

**Valtair Antonio Ferraresi**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Uberlândia, MG, e-mail: [valtairf@mecânica.ufu.br](mailto:valtairf@mecânica.ufu.br).

**Demostenes Ferreira Filho,**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Uberlândia, MG, e-mail: [demostenes@mecanica.ufu.br](mailto:demostenes@mecanica.ufu.br).

**Rodrigo Pereira Madeira**

ArcelorMittal Inox Brasil, e-mail: [rodrigo.madeira@arcelormittal.com.br](mailto:rodrigo.madeira@arcelormittal.com.br)

**Paulo Sergio de S Balsamo**

ArcelorMittal Inox Brasil, e-mail: [paulo.balsamo@arcelormittal.com.br](mailto:paulo.balsamo@arcelormittal.com.br)

**Resumo:** Para obter uma boa soldabilidade dos aços inoxidáveis ferríticos, na maioria das vezes, as empresas recorrem ao arames inoxidáveis austenítico em função de sua boa resistência mecânica, tenacidade e ductilidade. Arames de aço inoxidável ferrítico estabilizados ao nióbio e titânio estão sendo desenvolvidos para obter boa qualidade e baixo custo. O objetivo deste trabalho é estudar a influência da composição do gás de proteção (argônio puro e misturas com oxigênio ou dióxido de carbono) na composição química e microestrutura do cordão de solda do processo GMAW com transferência por curto-circuito. Foram utilizados dois arames eletrodos estabilizados (ER430Ti e ER430LNb) e um arame eletrodo não estabilizado (ER430) e como metal de base o aço inoxidável ferrítico UNS 43932. Os resultados mostraram que o aumento do dióxido de carbono no gás de proteção aumenta o teor de carbono no cordão de solda, tendo como consequência para o arame não estabilizado um aumento significativo da quantidade de martensita no cordão de solda, caso não observado de forma significativa com o aumento do oxigênio. Para o arame ER430LNb não verificou a presença da martensita de contorno de grão. O aumento tanto do dióxido de carbono como do oxigênio diminuiu os teores de Mn e Si para os arames ER430LNb e ER430, caso não verificado no arame ER430Ti.

**Palavras-chave:** *Aço inoxidável ferrítico, Gás de proteção, GMAW, curto-circuito*

**Abstract:** For a good ferritics stainless steel weldability, most of the time, the companies use the austenitic stainless wires because they have good mechanical resistance, tenacity and ductility. Ferritics stainless steel wires stabilized with niobium and titanium are being developed to obtain good quality and low costs. The aim of this work is to study the influence of shielding gas composition (pure argon and mixtures with oxygen or carbon dioxide) on the chemical composition and microstructures of weld fillet with the GMAW process with short-circuit transfer. It was used two stabilized electrode wires (ER430Ti and ER430LNb) and a non-stabilized electrode wire (ER430) and ferritic stainless steel UNS 43932 was used as base metal. The results showed that the increase of carbon dioxide in the shielding gas increases the carbon content in the weld fillet and in the non stabilized wire increases significantly the quantity of martensite in the weld fillet, which was not observed with the increase of oxygen. To ER430LNb wire it was not observed martensite in the grain boundary. It was observed that increasing either carbon dioxide or oxygen generates a decline of Mn e Si to ER430LNb and ER430 wires, case not observed in ER430Ti wire.

**Key-words:** Ferritic stainless steel, Shielding gas, GMAW, short-circuit.

## 1. Introdução

O aço inoxidável faz parte do dia-a-dia de milhões de pessoas. Estão nas cozinhas, nos automóveis, ônibus e vagões ferroviários, nas fachadas, elevadores, escadas-rolantes, mobiliários urbanos, nos equipamentos hospitalares e na indústria em geral. Oferece um desempenho excepcional e conquista, a cada dia, um novo segmento de mercado. Apresenta facilidade de limpeza, manutenção e assepsia. Trata-se, portanto, de um material com apelo estético com praticidade e versatilidade. São inúmeras as possibilidades de novas aplicações, desafiando a ousadia dos profissionais, tanto pelo aspecto visual, quanto pela economia e durabilidade. Recentemente os produtores passaram a se deparar com acentuado aumento das cotações internacionais de elementos de liga, principalmente, do níquel e do molibdênio. Como resultado, o aço inoxidável mais conhecido, o austenítico, teve o preço de mercado aumentado. Uma alternativa a este problema para algumas aplicações está na utilização de aços inoxidáveis ferríticos, que não contêm níquel.

Uns dos maiores problemas encontrados em certas aplicações do aço inoxidável ferrítico está relacionado à sua soldabilidade. Segundo Reddy e Mohandas [1] a soldagem dos aços inoxidáveis ferríticos com arames também ferríticos, quando comparados com os austeníticos, apresentam baixas ductilidade e tenacidade e são sensíveis à corrosão intergranular, possuindo uma estrutura formada de grãos grosseiros. Este fato é também citado por Inui et al. [2], acrescentando que a utilização de arames ferríticos minimiza alguns problemas, melhorando a compatibilidade metalúrgica entre o metal base e a zona fundida em termos de dilatação térmica e microestrutura. Outro aspecto importante, citado por Balmforth e Lippold [3], está relacionado à adição de nióbio e/ou titânio (aços estabilizados) que reduzem a formação de uma estrutura austenítica que após o resfriamento torna-se martensítica, mantendo uma estrutura ferrítica a qualquer temperatura quando adequadamente estabilizado.

Stenbacka e Persson [4] afirmam que na soldagem GMAW de aços inoxidáveis é comum

o uso de gases de proteção compostos por argônio com até 2% de um elemento oxidante (oxigênio ou dióxido de carbono). Strassburg [5] comenta que um aumento na proporção de elementos oxidantes no gás de proteção aumenta as perdas de manganês, cromo, nióbio. As perdas por oxidação podem ser de 0,3% para manganês e cromo e cerca de 0,1% para silício e nióbio, quando o teor de oxigênio no gás é menor que 30%.

A utilização tanto de dióxido de carbono como oxigênio no gás de proteção na soldagem GMAW é geralmente limitada a baixos teores. Segundo Lundvist [6] a adição de dióxido de carbono no gás de proteção resulta na inclusão de carbono, bem como, uma oxidação do metal depositado. Uma desvantagem da inclusão de carbono, é que o teor de ferrita no metal depositado, pode decrescer, uma vez que o carbono é forte formador de austenita, prejudicando a tenacidade do material soldado.

A vantagem da adição de dióxido de carbono ao argônio está relacionada à redução do custo final do gás de proteção, devido ao menor custo de obtenção do dióxido de carbono. Desta forma, é importante para as empresas que utilizam a soldagem de aço inoxidável ferrítico conhecer a quantidade de dióxido de carbono que pode ser adicionado ao argônio para obter uma qualidade aceitável e de baixo custo.

Com o crescente uso dos arames ferríticos para a soldagem de aços inoxidáveis ferríticos torna importante o conhecimento do comportamento destes arames durante o processo de soldagem e das características da junta soldada, principalmente com relação ao gás de proteção utilizado. O volume de informações disponível na literatura sobre a soldagem GMAW com arames inoxidáveis ferríticos é ainda muito reduzida. Este trabalho busca analisar as características operacionais e metalúrgicas da soldagem de aços inoxidáveis ferríticos com o objetivo de estudar a influência de algumas composições de gás de proteção (argônio puro e misturas com oxigênio ou dióxido de carbono) no cordão de solda.

## 2. Materiais e Métodos

Os materiais utilizados foram os arames-eletrodos ER430, ER430Ti e ER430LNb

(Tabela 1) de 1,2 mm o primeiro e os demais de 1,0 mm de diâmetro, soldados sobre deposição em chapa de aço inoxidável ferrítico bi-estabilizado UNS43932 (Tabela 2) e seis tipos de gás de proteção (Ar; Ar+2% O<sub>2</sub>; Ar+4% O<sub>2</sub>; Ar+2% CO<sub>2</sub>; Ar+4% CO<sub>2</sub> e Ar+8% CO<sub>2</sub>).

Tabela 1. Composição química dos arames eletrodo (% em peso).

Arame	ER430	ER430Ti	ER430LNb
<b>C</b>	0,076	0,108	0,027
<b>Cr</b>	16,5	17,45	17,66
<b>Mn</b>	0,308	0,65	0,425
<b>Mo</b>	-	0,036	0,034
<b>Nb</b>	-	-	0,44
<b>Ni</b>	-	0,40	0,215
<b>Si</b>	0,43	1,04	0,43
<b>Ti</b>	0,002	0,35	0,004

Tabela 2. Composição química do aço inoxidável ferrítico UNS43932 (% em peso).

Elem.	C	Cr	Mn	N	Ti
<b>Val.</b>	0,010	17,128	0,143	0,008	0,198
Elem.	Nb	Ni	Si	V	-
<b>Val</b>	0,201	0,178	0,403	0,051	-

Para realizar comparações dos cordões de solda variando o gás de proteção é necessário encontrar uma condição de soldagem que seja similar para todos os gases utilizados. A busca destes parâmetros torna um pouco complexo em função da quantidade de variáveis envolvida no processo de soldagem, sendo necessário contar com algumas considerações. É importante ter sempre a mesma corrente de soldagem, mesma taxa de deposição (ter um valor constante entre a velocidade de alimentação do arame eletrodo e a velocidade de soldagem) e se possível ter sempre a mesma energia depositada no cordão de solda para todos os gases de proteção utilizados. É importante também obter sempre uma transferência metálica estável para a condição encontrada.

Para a obtenção dos mesmos parâmetros de soldagem para todos os gases de proteção utilizou-se uma fonte com característica estática de tensão constante com transferência em curto-circuito com os seguintes parâmetros com transferência em curto-circuito: corrente de 170 A, tensão de referência 20 V, velocidade de soldagem de 20 cm/min, vazão do gás de 14 l/min e indutância de subida e descida da

máquina em um valor médio da faixa de variação da fonte de soldagem. Para a obtenção destas condições para todos os gases de proteção estudados, variou-se a distância de bico de contato-peça, dentro de uma faixa que ficou entre 12 e 18 mm.

Encontrada a condição de soldagem, partiu-se para a soldagem dos corpos de prova em três camadas de forma a minimizar a influência da diluição, pois o objetivo principal é analisar a influência do gás de proteção na composição química e microestrutura do cordão de solda.

A análise química do cordão de solda (uma medida para cada corpo de prova) foi realizada por espectrômetro de emissão óptica na terceira camada do cordão de solda, sendo os corpos de prova de dimensão de 40x40 mm. A microestrutura foi verificada no centro do último cordão da última camada de solda.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Análise da composição química do cordão de solda

A Tabela 3 mostra a composição química do cordão de solda com os seis tipos de gases de proteção utilizados na soldagem para os arames ER430, 430Ti e 430LNb, respectivamente. Verifica-se que os valores da composição química obtida com Ar puro ficaram (em geral) próximos da composição do arame eletrodo (Tabela 1), como era esperado, uma vez que o Ar é um gás inerte. A diferença encontrada está provavelmente relacionada à diluição entre arame e metal de base e/ou erros de medição.

Com relação à influência do gás de proteção para os elementos estudados, nota-se que o carbono, o silício e o manganês tiveram variações significativas para os arames ER430 e ER430LNb. Estas variações estão relacionadas à presença de oxigênio e do dióxido de carbono no gás de proteção. No caso do arame ER430Ti observa-se que o manganês e o silício ficaram praticamente constantes com uma queda acentuada do titânio.

Nota-se na Tabela 3 que não houve mudanças significativas na variação da porcentagem de carbono no metal de solda em função do gás de proteção utilizado para os três arames com o aumento de oxigênio no gás de proteção. Ao passo que quando se utilizou o

dióxido de carbono houve um aumento do teor desse elemento, fatos também observados nos trabalhos de Lundvist [6] e Liao e Chen [7].

Tabela 3. Composições químicas dos cordões de solda (% em peso).

Arame	Element	Ar	Ar+2%O <sub>2</sub>	Ar+4%O <sub>2</sub>	Ar+2%CO <sub>2</sub>	Ar+4%CO <sub>2</sub>	Ar+8%CO <sub>2</sub>
ER430	C	0,079	0,081	0,081	0,090	0,097	0,104
	Cr	16,207	16,204	16,158	16,22	16,21	16,192
	Mn	0,255	0,246	0,229	0,252	0,241	0,233
	Si	0,421	0,416	0,388	0,421	0,401	0,395
	Ti	0,008	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008
ER430Ti	C	0,087	0,082	0,077	0,087	0,091	0,094
	Cr	17,391	17,489	17,477	17,444	17,515	17,500
	Mn	0,551	0,559	0,543	0,562	0,563	0,558
	Mo	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053
	Ni	0,486	0,488	0,488	0,484	0,488	0,487
	Si	0,861	0,862	0,885	0,862	0,878	0,875
	Ti	0,3229	0,3045	0,208	0,2982	0,2734	0,2466
ER430LNb	C	0,018	0,017	0,017	0,027	0,038	0,046
	Cr	18,09	18,058	18,098	18,144	18,035	18,042
	Mn	0,362	0,351	0,332	0,357	0,340	0,337
	Mo	0,050	0,049	0,050	0,050	0,049	0,049
	Nb	0,469	0,463	0,442	0,464	0,455	0,451
	Ni	0,253	0,252	0,251	0,250	0,251	0,252
	Si	0,367	0,360	0,342	0,365	0,356	0,348
	Ti	0,009	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

Fazendo uma análise comparativa entre a quantidade de carbono no cordão de solda com a soldagem de Ar puro e com a soldagem de 8% de dióxido de carbono, percebeu-se um aumento de 0,025%, 0,007% e 0,028% em peso de carbono respectivamente para os arames ER430, ER430Ti e ER430LNb. Observa-se que houve um aumento similar entre os arames ER430 e ER430LNb e um aumento muito inferior para o arame ER430Ti, ficando praticamente constante o teor de carbono. Este fato pode estar relacionado à pequena variação da quantidade dos elementos desoxidantes (silício e Manganês), indicando que o carbono tenha saído da poça de fusão na forma de óxido ou dióxido de carbono.

Com relação à variação da porcentagem de titânio no metal de solda (arame ER430Ti da Tabela 3) percebe-se que há uma diminuição expressiva da quantidade de Ti com o aumento tanto de oxigênio como de dióxido de carbono no gás de proteção. O mesmo fato (em menor escala) ocorreu também com o nióbio (arame ER430LNb da Tabela 3) com o aumento de

elementos oxidantes. Estas variações podem estar relacionadas à formação de óxidos desses elementos durante a soldagem, sendo mais pronunciado com a presença de titânio.

### 3.3. Microestruturas dos arames utilizados

As Figuras 1(a) a 6(a) apresentam a microestrutura da zona fundida (centro do cordão de solda) dos corpos de prova onde foi utilizado o eletrodo ER430 e respectivamente os gases de proteção Ar, Ar+2%O<sub>2</sub>, Ar+4%O<sub>2</sub>, Ar+2%CO<sub>2</sub>, Ar+4%CO<sub>2</sub> e Ar+8%CO<sub>2</sub>. As Figuras 1(b) a 6(b) e 1(c) a 6(c) apresentam a microestrutura da zona fundida dos corpos de prova onde foram utilizados respectivamente os eletrodos ER430Ti e ER430LNb para os mesmos gases. Nas Figuras de 1 a 6 as letras “α” representa a matriz ferrítica, “M” martensita e “p” os precipitados.

Analisando as Figuras 1(a) a 6(a) observa-se a presença de grãos colunares, matriz ferrítica com precipitações de martensita nos contornos de grãos. Observa-se também a presença de

precipitados, com maior concentração no interior do grão. Com o aumento do teor de oxigênio ao argônio não foi possível observar com clareza mudança na quantidade de precipitados, bem como na quantidade de martensita formada.

Com o aumento do teor de dióxido de carbono percebe-se que ocorre um aumento na quantidade de martensita de contorno de grãos, isto pode ser comprovado também pelo aumento do teor de carbono no cordão de solda. Modenesi [8] cita que a presença de elementos gamagênicos, particularmente o carbono expande o campo de existência da austenita para maiores teores de cromo, podendo com isto sofrer transformação de ferrita em austenita, que nos resfriamento pode transformar em martensita.

As amostras soldadas com o arame eletrodo ER430Ti (Figura 1(b) a 6(b)) obteve-se também grãos colunares, mas não tão grosseiros, quanto o ER430. Percebeu-se a presença de martensita para teores superiores a 4% tanto de oxigênio, quanto dióxido de carbono, havendo ainda um acréscimo na quantidade de precipitados no interior do grão.

Analisando as Figura 1(c) a 6(c) (arame ER430LNb) observa-se uma matriz ferrítica, com grãos colunares e grosseiros, fato contrário do que seria o esperado, uma vez que a presença de elementos estabilizantes deveria retardar o crescimento do grão.

Observa-se que o arame eletrodo ER430LNb não apresenta a formação de martensita para os tipos de gases de proteção utilizados neste trabalho. A estrutura granular apresenta de uma forma grosseira tal qual a do arame ER430. Modenesi [8] cita que nos aços inoxidáveis ferríticos que contém nióbio, existe uma substituição de carbonetos e nitretos de cromo por carbonitretos de nióbio, que são mais estáveis, diminuindo o efeito austenitizante, independentemente da temperatura, reduzindo, portanto, a formação de martensita. Desta forma, aços adequadamente estabilizados (Nb e Ti) tendem a manter uma estrutura completamente ferrítica a qualquer temperatura. Outro fato importante é que se inibe também a formação de carbonetos e nitretos de cromo, considerados os causadores de problemas de

corrosão intergranular quando exposto a uma temperatura elevada.

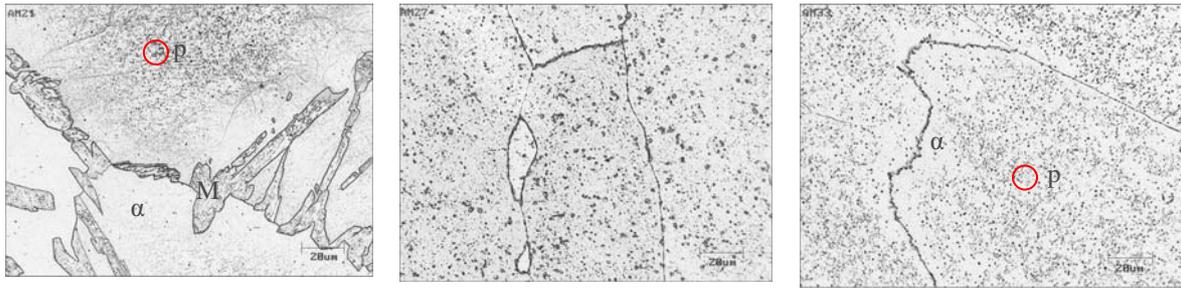
Para obter uma adequada estabilização do aço é necessário adicionar uma correta quantidade de elementos estabilizadores. Madeira e Modenesi [9] discutem que uma quantidade muito baixa daqueles elementos permite a formação de precipitados de cromo (problemas de corrosão) e um excesso piora as propriedades mecânicas (precipitação de compostos intermetálicos). Existem na literatura corrente (DeArdo [10]) fórmulas indicando a quantidade adequada em função de teores de elementos intersticiais (C + N), conforme as Equações 1 e 2.

$$\%Ti = Ti - 4C - 3,42N \text{ (aços ao Ti)} \quad (1)$$

$$\%Nb = Nb - 7,74(C + N) \text{ (aços ao Nb)} \quad (2)$$

Realizando os cálculos (com a restrição de não utilizar o N, uma vez que este elemento não foi medido) obtém-se um %Ti negativo (-0,082) para o arame ER430Ti, ou seja, neste arame não há Ti suficiente para combinar-se com todo o C e N do mesmo, principalmente, em função da grande quantidade de C. Por outro lado, o arame ER430LNb (%Nb = 0,231) tem excesso de elementos estabilizantes (%Nb = 0,469 – Tabela 3), o que previne a formação de carbonetos ou nitretos de cromo e a presença de uma quantidade de elementos intersticiais em solução sólida capaz de propiciar a formação de austenita à alta temperatura. Mesmas observações foram verificadas por Madeira e Modenesi [9].

Desta forma pode-se justificar a presença de martensita quando se utilizou o arame ER430Ti com teores superiores a 4% de oxigênio ou dióxido de carbono, fato que não foi observado para o arame ER430LNb, uma vez que a estabilização para o primeiro arame era insuficiente. Fato interessante observado, é que mesmo com estabilização insuficiente, os precipitados formados no arame ER430Ti foram mais eficientes no refino de grão do que no arame ER430LNb, que também foi observado no trabalho de Madeira e Modenesi [9].

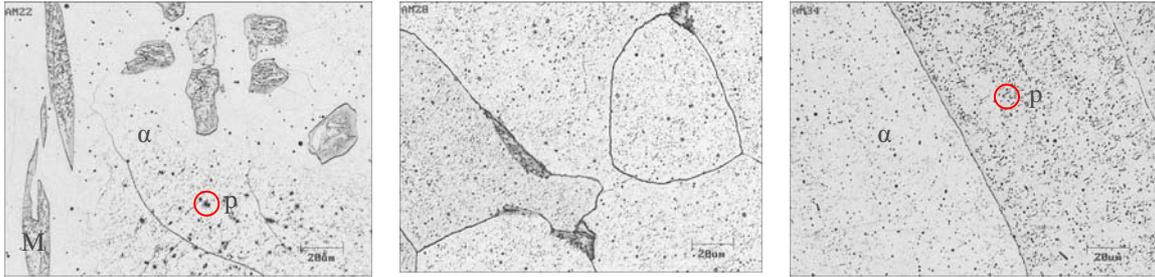


(a)

(b)

(c)

Figura 1. Microestrutura da zona fundida com Ar como gás de proteção (a) ER430; (b) ER430Ti e (c) ER430LNb

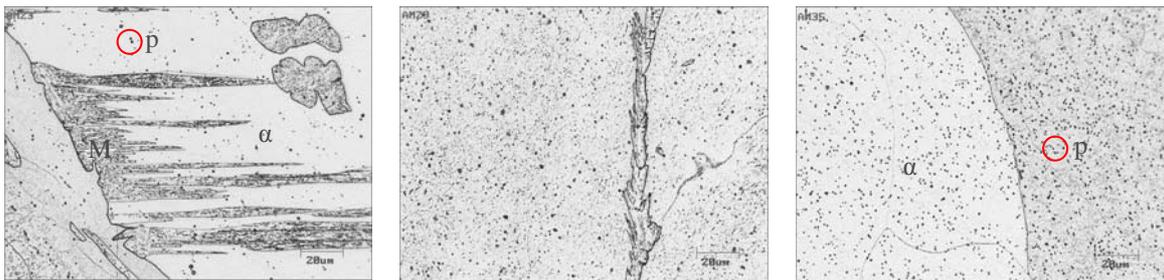


(a)

(b)

(c)

Figura 2. Microestrutura da zona fundida com Ar+2%O<sub>2</sub> como gás de proteção (a) ER430; (b) ER430Ti e (c) ER430LNb

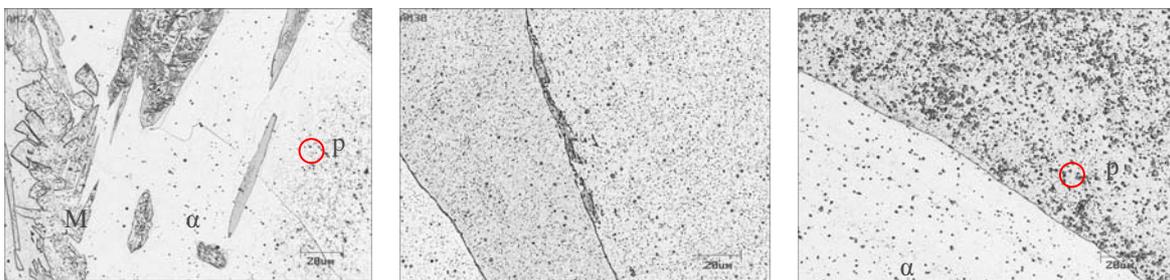


(a)

(b)

(c)

Figura 3. Microestrutura da zona fundida com Ar+4%O<sub>2</sub> como gás de proteção (a) ER430; (b) ER430Ti e (c) ER430LNb



(a)

(b)

(c)

Figura 4. Microestrutura da zona fundida com Ar+2%CO<sub>2</sub> como gás de proteção (a) ER430; (b) ER430Ti e (c) ER430LNb

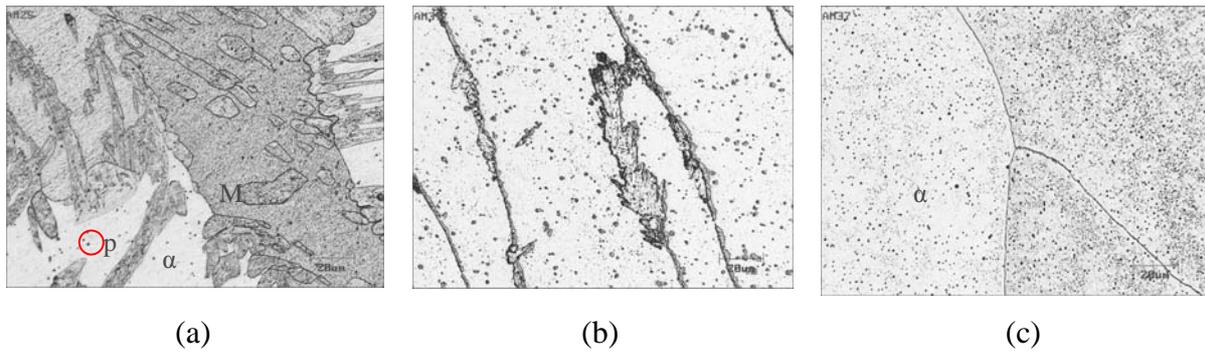


Figura 5. Microestrutura da zona fundida com Ar+4%CO<sub>2</sub> como gás de proteção (a) ER430; (b) ER430Ti e (c) ER430LNb

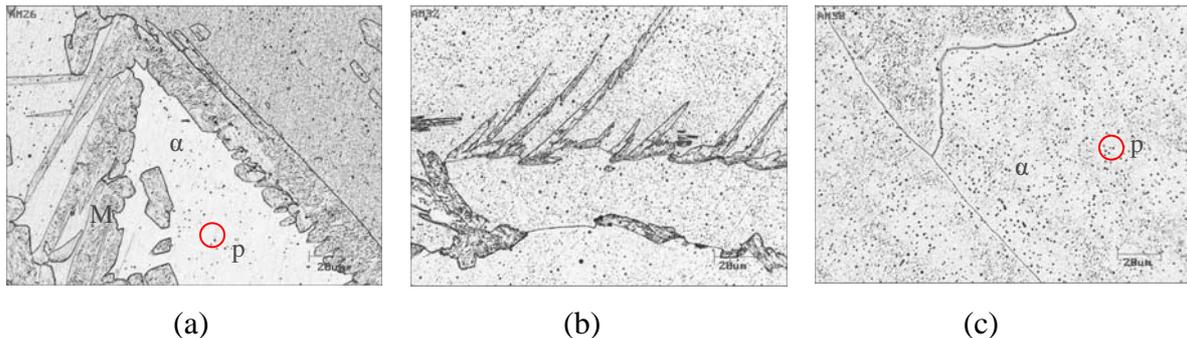


Figura 6. Microestrutura da zona fundida com Ar+8%CO<sub>2</sub> como gás de proteção (a) ER430; (b) ER430Ti e (c) ER430LNb

#### 4. Conclusões

Com as condições de ensaios realizados neste trabalho, pode-se concluir:

Para o arame ER430 o teor de carbono aumenta com o aumento da quantidade de dióxido de carbono no gás de proteção e há uma diminuição de manganês e silício com o aumento tanto do dióxido de carbono como do oxigênio.

Para o arame ER430Ti, não ocorre variações significativas da quantidade de carbono, manganês e silício com o aumento da quantidade de dióxido de carbono no gás de proteção. Entretanto, ocorre uma diminuição significativa dos teores de titânio.

O arame ER430LNb tem um aumento no teor de carbono com o aumento do teor de dióxido de carbono na mistura do gás de proteção. Ocorre uma diminuição de manganês, silício e nióbio independentemente do gás de proteção utilizado devido ao aumento de óxido formado no cordão de solda.

Com relação à microestrutura para o arame eletrodo ER430 observam-se grãos colunares grosseiros, sendo uma matriz ferrítica com precipitações de martensita nos contornos de grãos. Com o aumento do teor de dióxido de

carbono percebe-se que ocorre um aumento na quantidade de martensita de contorno de grãos.

A microestrutura do arame eletrodo ER430Ti foi formada de grãos mais finos que o ER430 e somente há presença de martensita para teores a partir de 4% tanto de oxigênio quanto de dióxido de carbono, tornando-se formato de agulha para 8% de dióxido de carbono.

Observa-se que o arame eletrodo 430LNb não apresenta a formação de martensita. Mas a estrutura granular apresenta uma forma grosseira, próxima a do ER430.

O arame que se mostrou mais adequado para a soldagem com as análises realizadas neste trabalho foi o ER430LNb, seguido pelo ER430Ti e por último pelo ER430.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem às instituições que apoiaram para realização deste trabalho, como o UFU, IFM, CNPq, CAPES e FAPEMIG.

#### 6. Referências Bibliográfica

- [1] REDDY, G. M.; MOHANDAS, T. Explorative studies on grain refinement of

- ferrítico stainless steel welds. *Journal of Materials Science Letters*, 20, p 721-723, 2001.
- [2] INUI, K., NODA, T., SHIMIZU, T., Development of the Ferritic Stainless Steel Welding Wire Providing Fine Grain Microstructure Weld Metal for the Components of Automotive Exhaust System. SAE International 2003, World Congress and Exhibition, Detroit USA. (obtido no site: [sae.org/technical/papers/2003-01-0979](http://sae.org/technical/papers/2003-01-0979))
- [3] BALMFORTH, M. C.; LIPPOLD, J. C. A New Ferritic-Martensitic Stainless Steel Constitution Diagram. *Welding Journal*, V. 79, n. 12, p. 339s-345s, Dec. 2000
- [4] STENBACKA, N., PERSSON, K, Shielding gases for gas-metal arc welding of stainless steels, AGA AB Inovation, Suécia, 1992. Dillenbeck; Castagno (1987)
- [5] STRASSBURG F. W., *Schweissen nichtrostender Stahle*, DVS Band 67, DCS Gmbh, Dusseldorf, FRG, 1976.
- [6] LUNDQVIST, B., *Aspects of Gas-Metal Arc Welding of Stainless Steels*, in Swedish. Sandvik AB, Sandviken, Sweden, 1980.
- [7] LIAO, M. T., CHEN, W. J., The effect of shielding-gas compositions on the microstructure and mechanical properties of stainless steel weldments, *Materials Chemistry and Physics*, 55, p. 145-155, 1998.
- [8] MODENESI, P. J., *Soldabilidade dos Aços Inoxidáveis*, Volume 1, SENAI, Osasco, 2001.
- [9] MADEIRA, R. P., MODENESI, P. J., *Estudo dos arames ferríticos 430Ti e 430LNb para a aplicação na parte fria de sistemas de exaustão automotivos*, XXXIII CONSOLDA, Caxias do Sul-RS Brasil, 2007.
- [10] DeARDO et al., Ferritic Stainless Steel - the metallurgy background and benefits of dual stabilization, *Stainless Steel 1996*, p. 287-298.