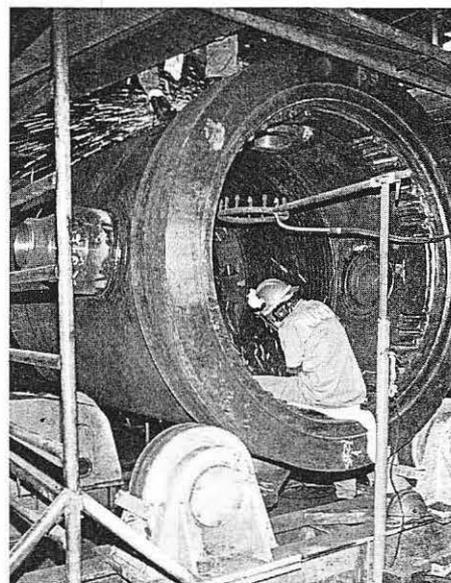


ÍNDICE

ANO 5 - Nº 05 - maio de 1999

EDITORIAL -----	3
LINHA DIRETA -----	5
ON LINE -----	6
NEWS LETTER -----	7
SPE - SOCIEDADE DOS ENGENHEIROS DE PETRÓLEO -----	11
CÂMARA HIPERBÁRICA DA PETROBRAS -----	13
AGENDA DE CURSOS E EVENTOS -----	18
TWI -----	21
SOLDAGEM E TECNOLOGIA -----	24
ENCONTRO INTERNACIONAL DE RADIOPROTEÇÃO -----	26
SENAI NOTÍCIAS -----	27
SEÇÃO ABENDE -----	29
SEÇÃO ABS -----	32



Capa: Nova câmara hiperbárica da Petrobras; obras realizadas na Nuclep. Foto: Angelo Antonio.

SUPLEMENTO TÉCNICO - FASCÍCULO 05 DE 1999

SOLDAGEM & INSPEÇÃO - Ano 5 - nº 05 - maio de 1999 - ISSN 0104-9224 EXPEDIENTE

ABS

Rua Antonio Comparato, 218
Campo Belo - São Paulo - SP - 04605-030
Tel.: (011) 535-1588/543-4771
E-mail: abs.soldagem@sti.com.br

DIRETORIA DA ABS

Cláudio Pareto - Presidente
Wanderley Nascimento de Oliveira - Vice Presidente
Sergio Duarte Brandi - Diretor Técnico
Mário Agostino Cenni - Diretor de Comunicações
Daniel Marques de Almeida - Diretor Financeiro
Yves Marcel Troadec - Diretor de Cursos

ABENDE

Rua Guapiaçu, 05 - Mirandópolis
CEP 04.024-020 - São Paulo - SP
Tel.: (011) 5071-0400 Fax: (011) 5581-1164
E-mail: abende@mandic.com.br
Home-Page: <http://www.abende.org.br>

DIRETORIA DA ABENDE

Maria Izabel Luczko Gebrael - Presidente
José Santuella Redorat Jr. - Vice-Presidente
Cláudio Soligo Camerini - Diretor
Siciliano Francisco - Diretor
Edson Vasques Moreira - Diretor
Pedro Feres Filho - Diretor

SENAI-RJ

CENTRO DE TECNOLOGIA DE SOLDA
R. São Francisco Xavier, 601 - Maracanã
20.550-011 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: (021) 587-1196 - Fax: (021) 569-4191

E-mail: ssolda@pontocom.com.br

Home-Page: <http://www.rj.senai.br> e <http://www.ciet.senai.br>

DIRETORIA DO SENAI-RJ

Augusto Franco Alencar - Dir. Operacional Corporativo
José Eduardo de Mattos Treiger - Dir. Regional
Ana Lúcia Thiry Cherques - Superintendente de Adm. e
Finanças Corporativa
Regina Maria de Fátima Torres - Dir. de Educação
Nilson Choeri - Dir. de Operações
Maria Helena Braule Pinto - Dir. de Desenvolvimento e
Relações com a Empresa

CONSELHO EDITORIAL

Cláudio Soligo Camerini, Ricardo Carneval, Ricardo Tadeu
Lopes, Annelise Zeemann, Ari Sauer Guimarães,
Carlos Camerini, Sérgio Duarte Brandi,
Ronaldo Paranhos, Ubirajara Pereira da Costa

COLABORADORES

Adriano Dias Tavares, Bill Lucas, Gene Mathis, Andrea
Úrsula Nogueira, Ricardo Momburu, Ivan Guerra Machado,
Ricardo de Oliveira Carneval, Marcus Vinicius Maciel
Martins, Francisco Carlos R. Marques.

EQUIPE DE PRODUÇÃO

Editor

Antonio Luiz de Souza Mello
Jornalista/Revisora
Cintia Borges A. da Fonseca
Projeto Gráfico e Diagramação
Diego Souza Mello

EDITORA

Brandi Comunicação & Marketing
Telefax: (021) 233-2767 e 524-3961
Email: brandi@brandi-mkt.com.br

EDITADA POR

ABS/Abende/Brandi/Senai

COORDENAÇÃO GERAL

Mário Agostino Cenni - ABS
Wladimir Gonçalves Junior - Senai-Cetec de Solda
Carlos Soligo Camerini - Abende
Antonio Luiz de Souza Mello Netto - Brandi

SELEÇÃO DE MATÉRIAS

Wanderley Nascimento de Oliveira, Max Vieira - ABS
Aline Guimarães de Oliveira, César Escobar Neto - Senai
João Marcos Alcoforado Rebelo, Eliane Bastos - Abende

IMPRESSÃO

Gráfica JB

FOTOLITO

BRANDI Comunicação e Marketing

SOLDAGEM & INSPEÇÃO é uma publicação mensal de responsabilidade da ABS - Associação Brasileira de Soldagem, da ABENDE - Associação Brasileira de Ensaios Não-Destrutivos e do SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - Cetec de Solda Orlando Barbosa, distribuída aos associados e clientes.

NOTA: Os artigos assinados são de responsabilidade dos autores, não sendo a ABS, a Abende e o Senai-RJ responsáveis pelas opiniões neles expressas.

Soldagem Subaquática Molhada por Contato com Eletrodo Revestido

01/2000
Ricardo G. Mombro ✓

Engº Mec.; M. Sc.. Quando da realização deste trabalho, Mestrando no LS&TC

E-mail: mombro@vortex.ufrgs.br

Ivan Guerra Machado ✓

Engº Met.; Ph.D.; Coordenador do LS&TC - e-mail: welder@vortex.ufrgs.br

Laboratório de Soldagem & Técnicas Conexas (LS&TC)

Centro de Tecnologia - UFRGS

Resumo

O Laboratório de Soldagem & Técnicas Conexas (LS&TC) tem como uma de suas linhas de pesquisa o desenvolvimento de tecnologia nacional na área de soldagem subaquática molhada (SSM). O processo que foi estudado é uma variação do eletrodo revestido, definido como soldagem por contato (em inglês, "firecracker welding"), o qual é relativamente pouco empregado. O mesmo foi utilizado em ambiente hiperbárico molhado, sendo denominado Soldagem Subaquática Molhada por Contato com Eletrodo Revestido (SSMCER).

O objetivo desse trabalho foi mostrar que é operacional a solda de filete em tubulações (luvas), com o uso SSMCER. Para isso, utilizaram-se consumíveis curvos, com as composições do revestimento especialmente elaboradas no LS&TC.

As soldagens foram realizadas em três profundidades distintas, i. e.: 6,0; 12,5 e 20,0 m. Sobre as soldas produzidas investigou-se porosidade; tipo de chanfro; método de fixação e influência do pó de ferro. Desta forma, avaliou-se a aparência da solda, presença de mordedura; inclusão de escória; penetração na raiz da junta e a relação entre porosidade e posição de soldagem.

Abstract

The Welding & Related Techniques Laboratory (W&RTL) has as one of its main research lines, the development of national technology for underwater wet welding (UWW). The process presently studied is similar to the shielded metal arc welding, defined as *firecracker welding*, which is not worldwide widely used.

The objective of this work was to show that this process is helpful in pipe fillet weldings and, in a way to achieve this objective, were used curved consumables, with coverings specially developed and produced at the W&RTL.

The welds were performed at three different depths (pressures), i. e.: 6; 12.5 and 20 m. The effect of weld position on porosity; joint types; methods to hold the electrode and effect of iron powder were investigated. So, the appearance of these welds were evaluated, as well as undercut; slag inclusion; penetration and the relationship between porosity and weld position.

■ O comprimento do arco não pode ser alterado durante a soldagem ^[4].

Experimentos Realizados

Desenvolveram-se dois tipos de revestimento para os consumíveis empregados nos experimentos, cujas composições encontram-se na **Tab. 1**. Os parâmetros empregados para as soldagens podem ser observados na **Tab. 2**. Os corpos de prova utilizados foram confeccionados a partir de um tubo de aço baixo carbono (similar ao aço SAE 1010), cujas dimensões estão na **Fig. 2**.

Para ignição do eletrodo, trabalhos realizados no **LS&TC** demonstraram que o uso de finos e longos cavacos de aço ("palha" de aço) posicionados aproximadamente a 2 mm da

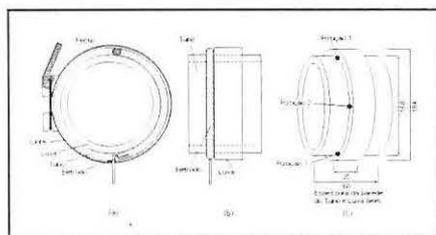


Figura 2 - Corpo de prova e cinta metálica para fixação do eletrodo

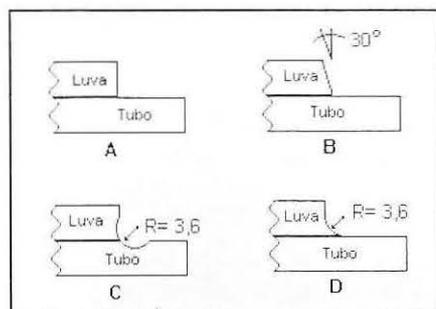


Figura 3 - Tipos de juntas que foram testadas

extremidade do eletrodo é muito eficiente, juntamente com algum elemento estabilizador.

Optou-se por um novo método, entre os existentes para fixação do eletrodo i. e.: bloco de cobre; fita adesiva; fixador magnético; grampo mecânico. De acordo com a geometria do corpo de prova, foi possível a utilização de uma cinta metálica com fecho ajustável, conforme mostrado na **Fig. 2(a)**. A **Fig. 2(b)** ilustra o eletrodo posicionado no corpo de prova e a **Fig. 2(c)** apresenta o corpo de prova onde pode ser observado o tubo e a luva. As posições 1, 2 e 3 são as regiões onde foram realizadas as medições de porosidade e exames visuais.

É de fundamental importância que a junta se adapte à forma do eletrodo, ou vice-versa. Foram confeccionados corpos de prova com quatro tipos de juntas, de acordo com a **Fig. 3**. O objetivo foi selecionar uma conveniente geometria de junta, a qual proporcionasse melhor penetração para um eletrodo com seção circular. Nas juntas do tipo C e D o raio representado corresponde àquele do revestimento do ele-

trodo. Os quatro tipos de juntas, A, B, C e D, nesta ordem e de forma decrescente, apresentaram tendência à inclusão de escória ou falta de fusão na raiz da junta. A decisão foi utilizar a junta D, a qual, além de ter uma menor tendência à inclusão de escória, ou falta de fusão na raiz da junta, necessita usinagem somente na luva. A **Fig. 4** apresenta a macrofotografia dos quatro tipos de juntas.

O consumível encontra-se estacionário, e desta forma é necessário que o mesmo apresente elevado rendimento de deposição. O eletrodo desenvolvido no **LS&TC** foi do tipo rutilico com alto teor de pó de ferro (eletrodo M1 com 35% e M3 com 45% de pó de ferro).

O pó de ferro atua de várias maneiras. O seu incremento provoca uma progressiva queda na tensão e na força do arco em altas correntes, além de aumentar a fluidez da escória, o tempo de fusão por unidade de deposição do consumível. Além disto, a condutividade elétrica e a estabilidade do arco são geralmente melhoradas ^[6].

As vantagens do consu-

Tabela 1- Composição do revestimento (% Massa Seca)

Composto	M1	M3
(1) TiO ₂ , CaCO ₃	31	29
(2) Fe-Mn, Fe-Si, Pó de Ferro	53	60
(3) Caolin, Mica, CMC	16	11

Tabela 3 - Dados gerais (*)

Eletrodo	Profundidade	Tensão		Taxa de Deposição	Porosidade	Eficiência de Deposição	Velocidade de Soldagem	Energia de Soldagem
		Média	Desvio Padrão					
	(m)	(V)	(V)	(kg/h)	(%)	(%)	(mm/s)	(J/mm)
M1-135 A	6,0	37,0	4,6	1,2	3,0	49,3	4,1	1136,2
	12,5	38,8	5,0	1,3	3,7	48,2	4,4	1293,2
	20,0	38,3	4,8	1,4	3,4	47,2	5,0	1049,3
M1-150 A	6,0	44,6	4,3	1,5	3,7	51,5	4,7	1332,0
	12,5	49,6	5,2	1,6	2,8	54,0	4,8	1470,0
	20,0	39,8	5,0	1,7	2,6	54,1	5,0	1222,3
M3-135 A	6,0	39,8	4,6	1,3	3,8	45,9	4,2	1346,2
	12,5	32,7	6,2	1,1	2,8	40,0	4,4	1042,9
	20,0	33,1	4,5	1,5	3,6	57,4	4,6	996,7
M3-150 A	6,0	40,1	4,1	1,6	3,4	51,8	4,3	1246,2
	12,5	39,0	5,3	1,2	3,8	40,7	4,5	1308,6
	20,0	33,4	6,1	1,6	2,9	50,0	5,0	1056,3

(*) Os dados de tensão média e desvio padrão foram obtidos através do programa "ESTAB". Os valores de porosidade foram medidos em cada posição de soldagem por contagem sistemática de pontos.

mita os parâmetros e, além disso, são de fundamental importância na análise dos resultados. A **Tab. 3** apresenta os resultados obtidos nos experimentos.

Tanto o metal de solda como a escória na Solda Subaquática Molhada (SSM) sofrem taxa de resfriamento muito elevada e, desta forma, a superfície do cordão é mais irregular do que aquela equivalente realizada na superfície, sendo que apresentaram estas irregularidades 39% das amostras analisadas.

Observou-se que as soldas realizadas com eletrodo M1 mostraram aumento na in-

cidência de mordeduras, com o incremento da corrente, sendo 150 A um valor muito elevado para esta composição de eletrodo. Entretanto, ocorreu uma redução deste defeito em relação àquelas produzidas com o eletrodo M3, causado pelo efeito do pó de ferro. No caso do eletrodo M3, houve redução deste defeito com incremento da corrente. A **Fig. 6** apresenta uma solda apresentando o referido defeito, a qual foi realizada com o eletrodo M3, a 6 m de profundidade e corrente de 135 A.

Por sua vez, inclusão de escória ocorreu em alguns ca-

sos, mesmo com maior energia de soldagem, como pode ser visto na **Fig. 7**. Para ambos os eletrodos, observou-se que o aumento da corrente reduziu a incidência de inclusão de escória, ou falta de fusão na raiz da junta, devido ao aumento da energia de soldagem.

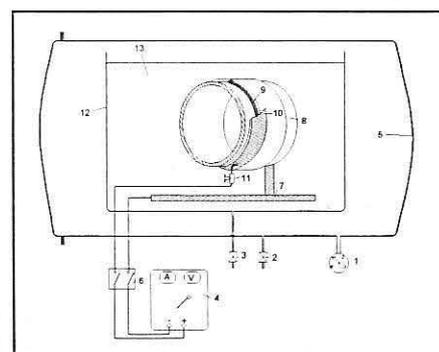


Figura 5 - Esquema da câmara e outros equipamentos utilizados nos experimentos.

O incremento de pó de ferro reduziu a tensão do arco para ambos os eletrodos, com exceção a 6 m de profundidade, e corrente de 135 A. Os valores de tensão do arco obtidos no processo em estudo, foram elevados se comparados com o processo tradicional; entretanto, os valores do desvio padrão foram semelhantes. Os maiores valores de desvio padrão da tensão do arco foram obtidos a 12,5 m de profundidade, exceto o eletrodo M1-150 A, que apresentou a 20,0 m. A Fig. 9 mostra o oscilograma de tensão do eletrodo M3-135 A, 12,5 m de profundidade com o maior desvio padrão (6,6 V) e a Fig. 10 o oscilograma de tensão do eletrodo M3-150 A, 6,0 m de profundidade com o menor desvio padrão (4,1 V).

Conclusão

■ É possível a utilização do processo de soldagem subaquática

molhada por contato com eletrodo revestido (SSMCER) na situação proposta inicialmente, a qual permite testar três posições de soldagem: plana, vertical e sobrecabeça.

■ O processo SSMCER é capaz de produzir soldas livres de mordedura e de falta de fusão. O aumento no teor de pó de ferro não reduziu a incidência de mordeduras.

■ Somente as soldas realizadas com o eletrodo M3 a 150 A apresentaram aumento da quantidade de poros, em função da posição de soldagem, ou seja, da plana para a vertical e sobrecabeça, nesta ordem. A quantidade de poros foi proporcional à tensão do arco. Na maioria dos casos, o aumento da porosidade acompanhou o aumento da tensão do arco.

■ A velocidade de soldagem aumentou a maiores profundidades, mas não é possível afirmar que o pó de ferro tenha influenciado este parâmetro.

■ O processo apresentou eficiência de deposição máxima de 57,4 %. O aumento da corrente provocou incremento na eficiência de deposição de ambos os eletrodos. Entretanto, o eletrodo M1 apresentou eficiência de deposição com menor variação do que aquela encontrada para o eletrodo M3.

■ Ocorreu aumento na taxa de deposição do eletrodo M1, conforme elevou-se a corrente e a profundidade (pressão) na qual a soldagem era realizada.

■ A tensão do arco, para ambos os eletrodos, aumentou com o incremento da corrente e sofreu redução em função do aumento do pó de ferro.

■ O processo em estudo apresentou tensão de arco com valores mais elevados do que o processo tradicional (SSMER), mas manteve a estabilidade do arco.

■ A utilização de eletrodo revestido com relação volumétrica de valor elevado (3,9) não inviabilizou o processo.

B i b l i o g r a f i a

[1] - DELAUNE JR, P.T. Offshore Structural Repair Using Specification for Underwater Welding, AWS D3.6. Welding Journal, 66(2):32-43, Feb. 1987.

[2] - SILVA, E.A. & HAZLETT, T.H. Shielded Metal-Arc Welding Underwater with Iron Powder Electrodes. Welding Journal, 50(6):406-415, Jun. 1971.

[3] - NADKARNI, S. V. Modern Arc Welding Technology, pp. 80-82. Oxford & IBH Publishing Co. PVT. Ltd., 1988.

[4] - EVANS, R.M., MEISTER, R.P. AND BRAYTON, W.C. Firecracker Welding for Shipyard Application. Welding Journal, 55(7): 555-565, Jul. 1976.

[5] - TAKEMASU, M., YAMASAKI, N. E FUKUI, S. Underwater Application Gives New Life to Firecracker Welding.

Welding and Metal Fabrication, 50(6): 287-292, Jul./Aug., 1982.

[6] - SUBRAMANIAN, V.R. Metal Powders in MMA Welding Electrode Coatings. Indian Welding Journal: 53-59, Apr. 1981.

[7] - SZELAGOWSKI, P ET AL. Developments in Manual Wet SMA-Welding. pp. 143-150, 22nd Annual OTC in Houston, Texas, May 1990.