

**SOLDAGEM SUBAQUÁTICA MOLHADA PELO PROCESSO SMAW*****Alecsander Texeira dos Santos***

Graduando em Engenharia Mecânica/ISECENSA  
alexemilu@yahoo.com.br

***Hugo Freitas Carvalho Ribeiro***

Graduando em Engenharia Mecânica/ISECENSA  
hfreitascarvalho@gmail.com

***Laura Batista Vasconcelos***

Graduando em Engenharia Mecânica/ISECENSA  
laurabatista@hotmail.com

***Rafael Gomes de Castro***

Graduando em Engenharia Mecânica/ISECENSA  
rafaelgd\_castro@yahoo.com.br

***Rosana Cristina Dias Sardinha***

Graduando em Engenharia Mecânica/ISECENSA  
rosanadgl@yahoo.com.br

***Mário Lucas Santana Silva***

Mestre em Engenharia e Ciências dos Materiais / UENF  
mariolucas@ymail.com

**RESUMO**

Trata-se de um estudo baseado em análise documental de monografias, artigos técnicos e revistas especializadas sobre o processo de soldagem subaquática molhada conhecida como soldagem subaquática úmida muito utilizada na área *offshore*. O objetivo desse estudo é ter uma visão geral do processo de soldagem subaquática úmida com a utilização da técnica com eletrodos revestidos. Várias abordagens são descritas nesse trabalho uma vez que o processo de soldagem subaquática tem como elemento principal o profissional qualificado para a utilização da técnica. Nesse trabalho são citadas as variáveis do processo, limitações de profundidade, que é um caso de preocupação constante, os efeitos ambientais sobre o processo, soldas e técnicas de inspeção subaquáticas para garantir a qualidade da solda, ou seja, que o resultado final seja soldas isentas de defeitos.

Palavras-chaves: soldagem; processo; eletrodo.

## ABSTRACT

This is a study based on documentary analysis of monographs, technical articles and trade journals on wet Underwater welding process known as wet underwater welding widely used in the offshore area. The aim of this study is to have an overview of underwater wet welding process using the technique with coated electrodes. Several approaches are described in this work since the process of underwater welding has as main element qualified professional for the use of the technique. In this work are mentioned process variables, depth limitations, it is a case of constant concern, the environmental effects on the process and techniques of underwater welding and inspection to ensure weld quality, ie, the end result is welds defect free.

Keywords: welding; process; electrode.

## INTRODUÇÃO

Até o surgimento de extração de petróleo no mar, a soldagem subaquática era somente usada em reparos de caráter emergencial em cascos de navio e estruturas portuárias submersas. O drástico aumento no preço do barril de petróleo, ocorrido em 1973, fez com que a extração do petróleo, que se concentrava quase que totalmente em terra, se expandisse rapidamente para a costa marítima. Conseqüentemente, a necessidade de reparos de solda nessas estruturas estimulou a realização de muitos trabalhos de pesquisa nessa área. (FILHO *et al.*, 2004)

A soldagem subaquática a cada dia vem se tornando mais utilizada no meio *offshore*. Segundo Bracarense (2003) a soldagem e corte subaquático são processos únicos por serem realizados em ambientes submersos. Recentemente, há um crescente interesse nos processos de soldagem subaquática devido aos requerimentos de construção e reparos associados com a exploração, perfuração e recuperação de óleo e gás natural. A máxima profundidade em que os procedimentos de soldagem molhada foram qualificados de acordo com os requerimentos da especificação AWS D3. 6-93 (*Specification for Underwater Welding*) para as soldas classe B é de 100m.

Pesquisas recentes mostram que existem vários tipos de soldagem subaquática realizadas, denominadas: soldagem úmida, soldagem seca localizada, soldagem em caixa seca, câmara de soldagem e soldagem em habitat.

Segundo Silva (2013) a soldagem molhada é um processo bastante complexo, pois é realizada diretamente em contato com o meio aquoso. Devido a esse fato surgem problemas que afetam as propriedades mecânicas do metal de solda tais como a elevada taxa de resfriamento e a dissociação da água (em  $H^+$  e  $OH^-$ ) devido ao calor gerado pelo arco elétrico.

Várias técnicas são utilizadas na soldagem subaquática e são adaptadas de acordo com o tipo de processo de soldagem utilizado. As mais usuais são: GTAW (*Gás Tungsten Arc Welding*), FCAW (*Flux Cored Arc Welding*), PAW (*Plasm Arc Welding*), GMAW (*Gás Metal Inert Welding*) e SMAW (*Shield Metal Arc Welding*).

Na soldagem subaquática molhada utiliza-se o processo SMAW com eletrodos revestidos especiais com recobrimento a prova d'água. Segundo Bracarense (2003) a simplicidade do processo torna possível o soldador se deslocar rapidamente para o local de trabalho para um reparo de emergência levando apenas os eletrodos de soldagem, porta eletrodos e o conjunto/suporte de lentes para soldagem.

A técnica de soldagem por eletrodos revestidos traz o inconveniente de introduzir defeitos e/ou descontinuidades no metal base. Segundo Andrade (2010) a porosidade é um defeito comum em soldagem subaquática molhada. Pesquisas realizadas em soldas atmosféricas e molhadas comprovam que a elevada taxa de resfriamento leva a formação de trincas na zona termicamente afetada (ZTA) e no metal de solda (BRACARENSE *et al.*, 2010).

Portanto, é importante conhecer o processo como um todo, bem como as variáveis presentes para se produzir soldas com qualidade e buscar a competitividade no mercado.

## METODOLOGIA

Como metodologia utilizada para este estudo, utilizou-se análise documental de monografias, artigos científicos e revistas especializadas que permitiram a coleta de dados para a realização desse trabalho.

Pode-se observar que a maior demanda do uso da soldagem subaquática é em reparo de cascos de navios e substituição de anodos de sacrifício para o controle da taxa de corrosão em navios, plataformas e *manifolds* que se encontram submersos em ambientes marinhos.

Conseqüentemente, o desenvolvimento de novos consumíveis de soldagem procura evitar os possíveis danos inerentes às técnicas de soldagem aplicadas para minimizar a introdução de defeitos, objetivando assim uma solda de melhor qualidade, principalmente devido as grandes intempéries: água e baixa temperatura do meio submarino.

## DESENVOLVIMENTO

A soldagem úmida conhecida como soldagem subaquática molhada, é realizada por um soldador, treinado e qualificado para realização de soldas submarinas, onde não existe nenhuma barreira entre a água e a região a ser soldada.

Segundo Bracarense (2003) o soldador utiliza um traje de mergulho adequado com fornecimento de ar autônomo ou fornecimento da superfície. O traje pode ainda incluir dispositivos de aquecimento ou refrigeração, em função das condições de temperatura existentes no local de trabalho. O capacete utilizado incorpora lentes para soldagem e o soldador/mergulhador utiliza luvas de borracha para evitar choques. Abaixo a figura 1 mostra a soldagem subaquática.

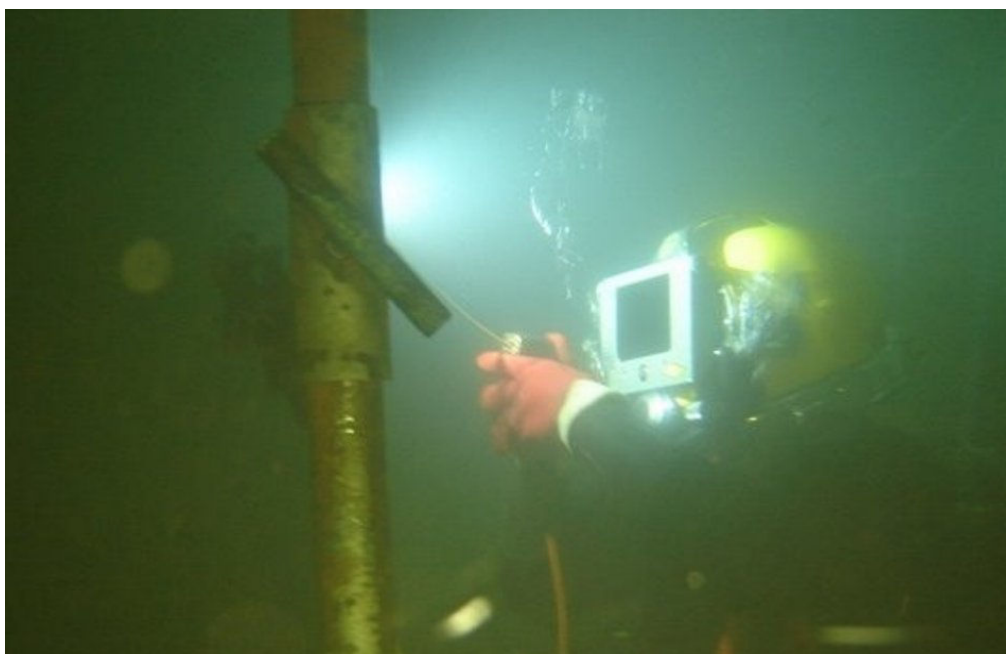


Figura 1: Reparo em estruturas *offshore* utilizando a soldagem subaquática molhada (Fonte própria)

A execução de reparos de soldagem subaquática molhada em estruturas de plataformas de petróleo que operam em profundidade elevada é ainda bastante restrita, visto que esses materiais possuem alta resistência mecânica ( $\sigma_e > 350 \text{MPa}$ ) e, conseqüentemente elevado carbono equivalente, o que contribui significativamente para a ocorrência de fissuração pelo hidrogênio (FILHO *et al.*, 2004).

Um dos processos de soldagem mais utilizados na união de metais por fusão é o processo de soldagem a arco com eletrodos revestidos (*Shielded Metal Arc Welding*- SMAW). É um processo que produz coalescência entre metais pelo aquecimento destes com um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico revestido e a peça que será soldada. O eletrodo revestido consiste em uma vareta metálica, chamada “alma”, trefilada ou fundida, que conduz a corrente elétrica e fornece metal de adição para enchimento da junta. A alma é recoberta por uma mistura de diferentes materiais, numa camada que forma o “revestimento” do eletrodo. Este revestimento tem diversas funções na soldagem, como citado por Marques (2005), principalmente:

- Estabilizar o arco elétrico;
- Ajustar a composição química do cordão, pela adição de elementos de liga e eliminação de impurezas;
- Proteger a poça de fusão e o metal de solda contra contaminação pela atmosfera, através da geração de gases e uma camada de escória;
- Conferir características operacionais, mecânicas e metalúrgicas ao eletrodo e à solda.

Segundo Bracarense (2003) alguns itens tem de ser levados em conta, como a amperagem, velocidade de soldagem e o ângulo do eletrodo que dependem da posição de soldagem, se o cordão está sendo depositado na raiz, para enchimento ou cobertura. Normalmente é utilizada corrente contínua com polaridade direta (eletrodo negativo). Entretanto observa-se que polaridade reversa produz melhores resultados (menos porosidade) em determinadas situações, como em locais específicos. Existem regiões, como o mar do norte, onde o uso da polaridade reversa (eletrodo positivo) apresenta resultados significativamente melhores do que com a utilização de polaridade direta.

Em um estudo recente Bracarense (2003) relata as variáveis do processo da soldagem subaquática molhada com a utilização dos eletrodos revestidos, nos quais os fatores que afetam adversamente a soldagem subaquática úmida incluem:

- A pressão hiperbárica acentua a instabilidade do arco pela constrição do arco e aumento na densidade de energia;
- A possibilidade de sopro magnético é aumentada;
- O aumento na pressão provoca perda de manganês e silício e um aumento nas quantidades de carbono e oxigênio no metal de solda;
- A dissociação da água promove a absorção de hidrogênio pelo metal de solda;
- O ambiente, ou seja, o grande volume de água ao redor da região de solda promove uma elevada taxa de resfriamento no material.

De acordo com Bracarense (2003) os métodos e técnicas de ensaios não destrutivos, com adaptações necessárias, são:

- Radiografia
- Partículas magnéticas
- Ultra-som

- Líquidos Penetrantes
- Correntes parasitas
- Fuga
- Emissão Acústica
- Visual

## DISCUSSÃO

Quando foi iniciada a necessidade de reparos de estruturas marítimas, em águas rasas e profundas, o tema soldagem subaquática, apesar de ser muito realizada no meio *offshore*, não era muito difundido para estudos. Devido a pesquisas recentes sobre novas técnicas de soldagem e aperfeiçoamento de consumíveis, bem como inspeções subaquáticas verifica-se hoje que a soldagem subaquática teve um grande avanço na finalidade à qual se destina.

## CONCLUSÃO

Diante ao cenário atual em relação ao crescimento da indústria *offshore*, a necessidade da utilização do processo de soldagem molhada vem crescendo a cada dia. Sendo utilizada em locais onde seria fisicamente impossível de se retirar a água da região a ser soldada. Quanto aos projetos utilizando a soldagem subaquática molhada pode-se observar que são realizados em um tempo menor e a um custo menor do que se fossem realizados a seco. Por isso, é muito realizada mundialmente tanto em águas profundas, rasas, doces e salgadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L.G.D.; DIAS, W.C.; RIBEIRO, L.F.; BRACARENSE, A.Q.; PESSOA, E.C.P.; LIU, S. **Efeito do teor de carbono de carbono do metal de base e da alma do eletrodo revestido sobre a porosidade em soldas molhadas.** Soldag. Insp. Vol.15. Nº2. p.156. 2010.

BRACARENSE, A.Q.; PESSOA, E.C.; SANTOS, V.R.; MONTEIRO, M.J.; RIZZO, F.C.; PACIORNICK, S.; REPPOLD, R.; DOMINGUES, J.R.; VIEIRA, L.A. **Estudo comparativo de eletrodos comerciais para a soldagem subaquática molhada.** Soldag. Insp. Vol.15. P.325-335.2010

FILHO, J.C.P.; MELLO, R.T.; MEDEIROS, R.C.; PARANHOS, R. **História recente da soldagem subaquática molhada.** [www.infosolda.com.br](http://www.infosolda.com.br). P.2. 2004.

MARQUES, P.V. MODESI, P.J. BRACARENSE, A.Q. **Soldagem fundamento e tecnologia.** 3ª edição. Belo Horizonte. Editora UFMG. p.182. 2011.

SILVA, L.F.; SANTOS, V.R.; PARCIORNICK, S.; RIZZO, F.A.; MONTEIRO, M.J.; BRACARENSE, A.Q.; PESSOA, E.C.; VIEIRA, L.A.; MARINHO, R.R. **Influência do molibdênio em propriedades do metal de solda na soldagem molhada com eletrodos oxi-rútílicos.** Soldag. Insp. Vol.18. Nº02. p.102.2013.