

DESENVOLVIMENTO E PROJETO DE MANDRIS E FERRAMENTAS PARA UM EQUIPAMENTO DE REPARO POR ATRITO PORTÁTIL A SER MONTADO EM UM ROBÔ MANIPULADOR

Fernando Buiatti Rodrigues, Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste, fernandobuiatti@yahoo.com.br
Sinésio D. Franco, Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste, sdfranco@ufu.br

Resumo. Este trabalho apresenta o desenvolvimento e projeto de mandris e ferramentas destinadas ao reparo de trincas por atrito. Essa técnica utiliza um cilindro de reparo portátil construído pelo Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste da Universidade Federal de Uberlândia, o qual será montado em um sistema robotizado equipado com visão computacional. Assim espera-se utilizar o equipamento para reparar estruturas com defeitos, principalmente trincas, que se estendem ao longo de toda, ou quase toda, espessura de chapas de aço. O equipamento terá capacidade de executar diferentes etapas operacionais do processo de reparo por atrito, sendo a primeira etapa a de furação, onde o equipamento realiza um furo de geometria específica na região da trinca, a segunda etapa, onde é realizado o preenchimento do furo por intermédio da introdução coaxial do pino consumível e por último a etapa de acabamento superficial, na qual é realizada a remoção do material sobressalente do pino consumível utilizando uma fresa de topo.

Palavras chave: Reparo por atrito, Cilindro de Reparo, Mandris e Ferramentas.

1. INTRODUÇÃO

Estruturas *offshore* e navios geralmente são projetados para suportar condições ambientes extremas durante seu tempo em serviço. Além disto, é prevista uma determinada vida à fadiga, que costuma ser um múltiplo deste tempo (MOAN; GAO; AYALA-URAGA, 2005). Os movimentos das ondas introduzem carregamentos e tensões significativas nas estruturas que induzem o surgimento de trincas de fadiga em conexões soldadas (LOTSBERG; LANDET, 2005).

Para evitar esses danos, reparos são realizados, na maioria das vezes, por processos convencionais de soldagem a arco voltaico, que podem apresentar problemas de natureza metalúrgica, como inclusão de escória, trincas de solidificação, porosidade, fragilização por hidrogênio e formação de regiões fragilizadas nas zonas termicamente afetadas.

Devido à importância do assunto, a técnica de reparo por atrito tem sido considerada um método alternativo para ser utilizada em ambientes hostis (áreas com risco de explosão e espaços confinados). Pelo fato de ocorrer em estado sólido, problemas como trincas, porosidades, adsorção de gases e contaminação são menos críticos ao processo (SALAMA; LOTSBERG, 2004).

Esta técnica consiste no preenchimento de um furo cego ou passante, previamente aberto, pela introdução coaxial de um pino ou consumível em rotação e, submetendo-o a um esforço de compressão contra a cavidade do furo (Thomas *et al.*, 1992; Meyer, 2002). Devido ao calor gerado pela interação entre as superfícies em contato (atrito), o material do pino é mantido em uma condição viscoplástica e um fluxo de material se desenvolve ao longo da direção axial do consumível, promovendo-se, assim, o completo preenchimento do furo, como pode ser visto na Figura 1. Deste modo, longos defeitos podem ser reparados pelo emprego consecutivo deste procedimento (PIRES, 2007).

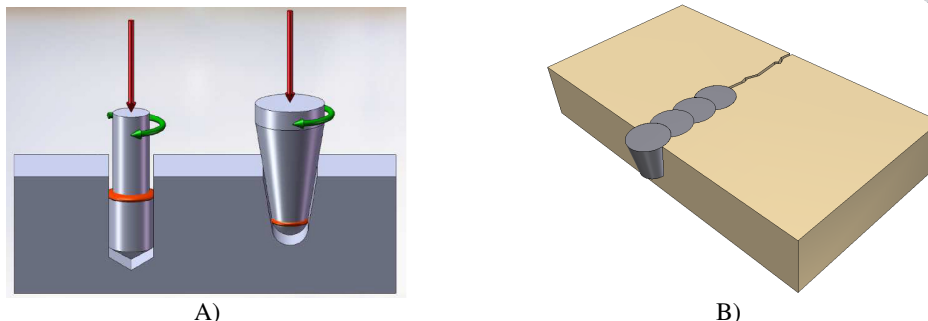


Figura 1: A) Ilustração das diferentes geometrias do processo de reparo por atrito, geometrias cilíndricas e cônicas (PIRES, 2007), B) Princípio do processo de costura por atrito (HWANG, 2010).

No Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste foi construído e patentado (Nº PI0704190-0 A2) um cilindro de reparo portátil (Figura 2), capaz de processar pinos por atrito para operações com cargas de compressão ou tração sobre o pino consumível. O equipamento possui capacidade de força axial de 40 kN e rotação de até 5.000 rpm,

projetado para operar em ambiente submerso (água do mar) até 3 bar. O equipamento é acionado hidráulicamente e possui uma massa de 15 kg, mostrando-se apto a realizar operações em campo (HWANG, 2010).

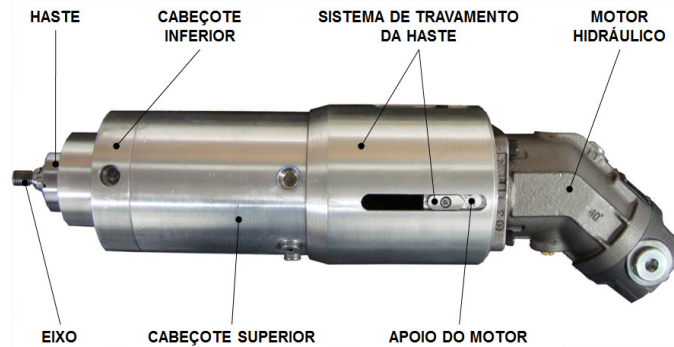


Figura 2: Unidade de Processamento de Pinos por Atrito IV.

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento e o projeto dos mandris e das ferramentas do cilindro de reparo portátil, que será montado em um robô manipulador equipado com um sistema de visão computacional. O equipamento deverá ter capacidade de usinar os furos na região da trinca, além da usinagem para remoção do material sobressalente do pino consumível após o preenchimento da cavidade.

Este projeto está sendo desenvolvido através de uma rede denominada REIPETRO (Rede de Engenharia Industrial Avançada para o Petróleo e Gás), composta por instituições com competências reconhecidas e complementares, buscando soluções para a indústria de petróleo e gás.

2. MONTAGEM DA CABEÇA DE REPARO NO SISTEMA HEXAFLEX®

Para o suporte e fixação do cilindro de reparo, esta sendo projetado um mecanismo manipulador com seis graus de liberdade de cadeia cinemática híbrida com um grau de liberdade longo denominado HEXAFLEX® (Figura 3). O robô é equipado com quatro pernas, o que torna o mecanismo mais rígido, porém redundante do ponto de vista do controle. No momento está sendo construído o protótipo do robô que será 100% funcional do ponto de vista cinemático, com dinâmica próxima da requerida e com capacidade de força estática de até 500 kgf.

O robô será equipado com um cabeçote ótico, composto por um sistema de visão computacional, capaz de dotar o sistema robotizado de:

- Inspeccionar a região de reparo, identificando a presença, o tamanho e localização de trincas na superfície de reparo;
- Identificar e quantificar a presença de chanfros, rebaixos e rebaiços e anomalias na superfície de reparo;
- Determinar a distância e orientação angular do sistema em relação à superfície a ser soldada;
- Adquirir densa nuvem de pontos contendo a topografia das regiões de interesse em vários momentos: antes do reparo de forma intermitente e após o reparo.

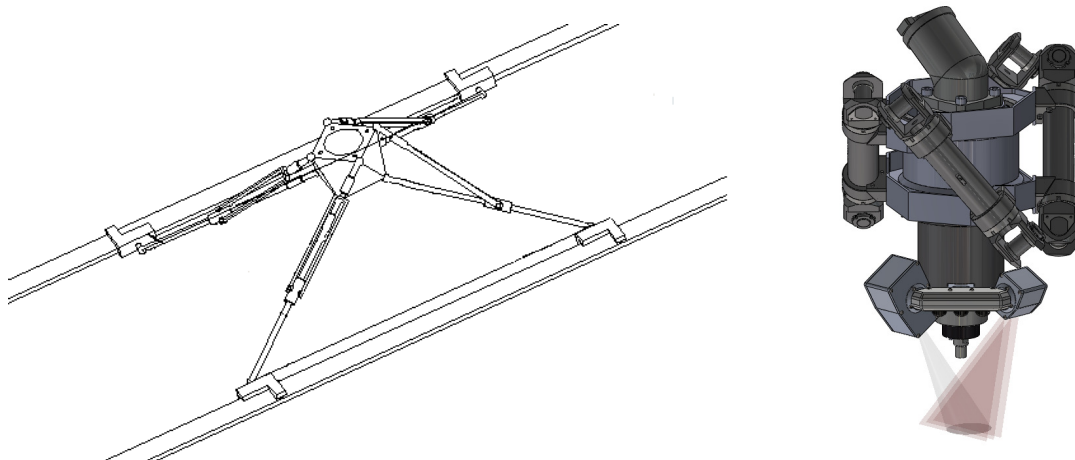


Figura 3: Ilustração da concepção do robô HEXAFLEX® com sistema de visão computacional.

3. DESENVOLVIMENTO E PROJETO DE MANDRIS E FERRAMENTAS

No trabalho realizado por Hwang (2010), a montagem dos mandris no eixo do cilindro de reparo era realizada através de uma rosca métrica M16 x 2. Este tipo de conexão apresentou problemas, uma vez que após a realização de uma sequência de ensaios ocorre o aperto excessivo do mandril no eixo, causando o travamento do mesmo, dificultando assim a desmontagem do mandril.

Com o objetivo de melhorar a fixação dos componentes e acessórios do cilindro de reparo, foi utilizada uma nova concepção de rosca que garanta rigidez na montagem dos componentes e que facilite o manuseio durante a troca dos mandris e ferramentas. Assim, foi selecionada uma rosca desenvolvida pela SANDVIK COROMANT. A conexão sugerida consiste de uma rosca cilíndrica (MSSC) utilizada na linha de ferramentas intercambiáveis.

Para atender as diferentes etapas operacionais do processo de reparo de trincas por atrito, foram concebidas e projetadas componentes e acessórios para o cilindro de reparo. Inicialmente, será realizada na região da trinca a usinagem de um furo de geometria específica (Figura 4). Para a abertura do furo será utilizada uma broca cônica escalonada. Para o acabamento final do furo será utilizada uma fresa cônica, para a correção da geometria final do furo. A geometria do furo é um fator que afeta diretamente na qualidade final do reparo, sendo assim, de suma importância para o processo de reparo de trincas por atrito (PIRES, 2007).

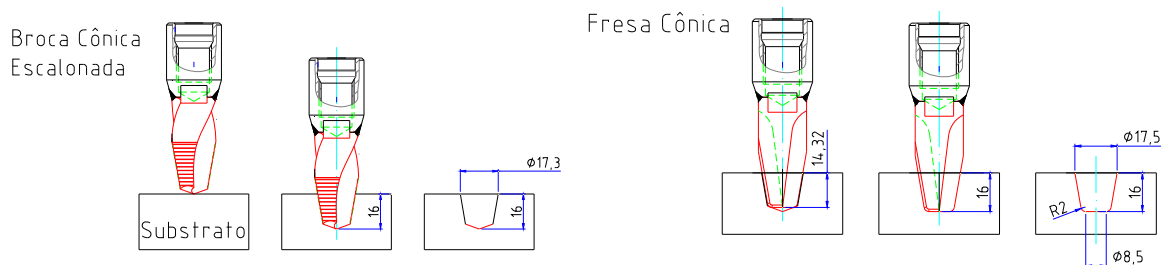


Figura 4: Esquema ilustrativo da etapa de furação.

No trabalho realizado por Hwang (2010) foi desenvolvido um mandril com um sistema compacto para fixação do pino consumível. A concepção do mandril, denominado de Mandril Magnético, viabilizava a possibilidade de automação do processo de reparo por atrito. Sendo assim, o mandril utilizado atualmente para o reparo de trincas por atrito pelo método de compressão do pino consumível (FTPW - Friction Tapered Plug Welding) é funcional e apto para a troca automática do consumível (Figura 5).

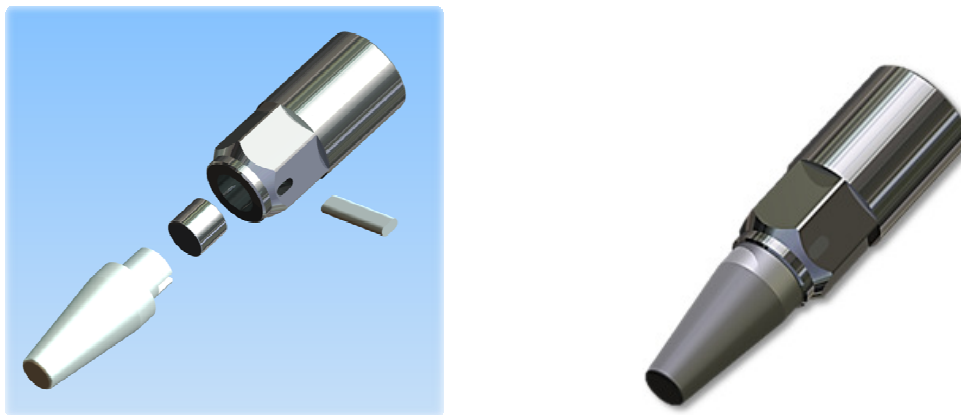


Figura 5: Mandril para reparos FTPW.

Após a etapa de preenchimento é necessário remover o material sobressalente do pino consumível (Figura 6-a). Nesta etapa, foi projetada uma fresa de topo (Figura 6-b) com pastilhas de metal duro intercambiáveis, devido à praticidade de substituição. As pastilhas de metal duro proporcionam elevada dureza e resistência ao desgaste, além de possibilitar a usinagem em altas velocidades, proporcionando grande remoção de cavaco. A fresa utilizada é um item comercializado pela SANDVIK da linha COROMIL R390® que será fornecido e adaptado com rosca fêmea MSSC.

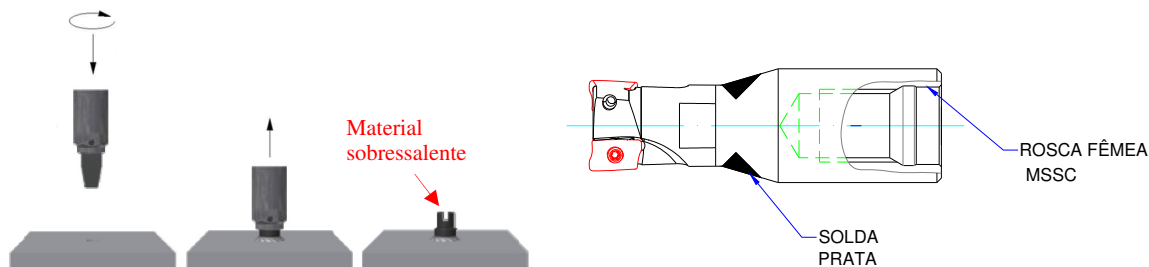


Figura 6: A) Representação do material sobressalente do pino consumível após preenchimento do furo, B) Fresa para acabamento superficial.

4. ETAPAS FUTURAS

A seguir listam-se as atividades futuras a serem desenvolvidas no escopo desse projeto:

- Montagem do cilindro de reparo no sistema Hexaflex;
- Montagem e avaliação preliminar de desempenho dos mandris e das ferramentas fabricadas;
- Realização de ensaios de furação, preenchimento e fresamento.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica-UFU, à Petrobras à Finep pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- Moan, T.; Gao, Z.; Ayala-Uraga, E., Uncertainty of Wave-Induced Response of Marine Structures Due to Long-Term Variation of Extratropical Wave Conditions. *Marine Structures*, 18, 2005, p. 359-382.
- Lotsberg, I.; Landet, E., Fatigue Capacity of Side Longitudinals in Floating Structures. *Marine Structures*, 18, 2005, p. 25-42.
- Thomas, W., Nicholas, E.D., Jones, S.B., Lilly, R.H., Dawes, C.J.; Dolby, R.E., 1992 "Friction Forming", TWI, Cambridge, Patent N°.: EP 0 602 072 B1.
- Salama, M. M.; Lotsberg, I., Omae-Fpso'04-0054 Fatigue Performance of Repaired Fpso Details Using Stitch Friction Welding Process. *Omae Speciality Symposium on FPSO Integrity*, 2004, Houston, USA, Proceedings of Omae-FPSO, P. 1-9.
- Pires, R. R. Efeitos da Geometria, da Força Axial e da Rotação no Reparo por Atrito. 2007. 136 F. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.
- Hwang, H.F., "Desenvolvimento, Projeto, Construção e Teste de Um Cilindro de Reparo por Atrito Portátil". 2010. 89 F. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-Mg.
- Meyer, A., 2002, "Friction Hydro Pillar Processing". Dissertation an Der Technischen Universität Braunschweig, Hamburg, Germany.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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