



MODELO DE TRABALHO PARA A 1ª MOSTRA DE IC

Reparo por Atrito Utilizando o Processo FHPP com Pinos e Blocos de Aço ASTM A36 com Desvios de Cilindricidade nas Geometrias das Cavidades dos Blocos e dos Pinos de Preenchimento

Ingrid Maíra Costa Almeida¹, Rafael Ariza Gonçalves².

RESUMO: A indústria petrolífera investe constantemente em avanços tecnológicos. Alguns equipamentos utilizados trabalham em ambientes hostis podendo ocasionar a nucleação de trincas e no rompimento da estrutura. A soldagem a arco elétrico é o processo utilizado para realizar os reparos, entretanto esse processo possui desvantagens como a formação de fases frágeis e poros no cordão de solda. Uma alternativa que vem sendo estudada é o reparo por atrito, realizado através da técnica FHPP (Friction Hydro Pillar Processing) que consiste em realizar um furo cego no local da trinca, o qual é preenchido com um pino consumível inserido em alta rotação de forma a soldar esta região. Esse trabalho objetiva analisar os efeitos térmicos da variação da geometria da cavidade do furo do metal base e do pino consumível, para isso foram ensaiadas duas geometrias diferentes usando três forças axiais distintas e mantendo os outros parâmetros do processo constantes.

PALAVRAS-CHAVE: Reparo por atrito, FHPP, soldagem.

Friction Repair Using the FHPP Process with Pins and Blocks of Steel ASTM A36 with Cylindricity Deviations in the Geometries of the Blocks Cavities and in the Filler Pins

ABSTRACT The oil industry constantly invests in technological advances. Some equipment used works in hostile environments, being able to cause it in the nucleation of cracks and in the rupture of the structure. Electric arc welding is the process used to perform the repairs, however this process has disadvantages such as the formation of fragile phases and pores in the weld bead. An alternative that has been studied is the friction repair performed by the Friction Hydro Pillar Processing (FHPP), which consists of making a blind hole at the crack site, which is filled with a consumable pin inserted in high rotation in order to weld this region. This work aims to analyze the thermal effects of the variation of the geometry of the cavity of the base metal hole and the consumable pin, for which two different geometries were tested using three different axial forces and keeping the other process parameters constant.

KEYWORD: Friction repair, FHPP, welding.

INTRODUÇÃO

A indústria petrolífera possui um vasto campo de investimentos em pesquisa e inovações tecnológicas visando reduzir o custo de manutenção de seus equipamentos, uma vez que são muito elevados principalmente quando a intervenção é realizada em águas profundas. Diante desse cenário foram desenvolvidas técnicas de reparo por atrito que são bastante vantajosas se comparadas as técnicas de soldagem convencionais, uma vez que não há influência do ambiente marinho sobre a qualidade do reparo e que há a possibilidade de automação do sistema. A técnica FHPP ("Friction Hydro Pillar Processing"), desenvolvida por Andrews (1990) consiste em fazer um furo cônico, não passante, no local da trinca e posteriormente preenche-lo com um pino consumível, o qual é submetido a altas rotações e forças axiais. O reparo por atrito é amplamente utilizado na indústria, visando obter melhorias no processo, é estudada a influência de variações na geometria do pino, do metal base e dos parâmetros do processo no resultado do reparo.

As características geométricas do pino e do orifício do metal base, são um fator de extrema importância para a obtenção de preenchimentos completos e sem falhas na região do reparo. Sabe-se que, a região de preenchimento, compreendida entre o fundo do furo e as paredes laterais inferiores, é considerada um ponto de concentração de defeitos, decorrentes da falta de união metalúrgica (PAULY, 1999 apud MEYER, 2002).

¹ Graduanda em engenharia aeronáutica, UFU, Uberlândia, MG.

² M.Sc., Professor, UFU, Uberlândia, MG

Neste trabalho será realizada a comparação entre os resultados do processo realizado em seis conjuntos pino-bloco constituídos de aço ASTM A36, sendo que três desses conjuntos possuem pino cônico com ângulo central igual a 15° e bloco de cavidade cônica com ângulo central de 20° e os outros três possuem pino cilíndrico com um desvio de cilíndricidade de 2° e bloco com cavidade cilíndrica com desvio de cilíndricidade de 5°, as geometrias utilizadas estão exemplificadas na Figura 01. Para cada geometria foram realizados ensaios com a aplicação de três forças axiais diferentes (40 kN, 60kN e 100kN) afim de possibilitar a comparação dos resultados deste trabalho com trabalhos internos do Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste (LTAD) realizados anteriormente.

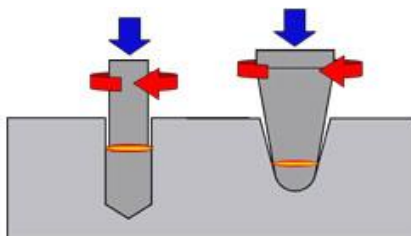


Figura 1 Croqui do processo FHPP, geometrias cilíndrica e cônica

(http://www.twi.co.uk/j32k/unprotected/band_1/friction_index.html)

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do trabalho foram projetados os modelos de pinos e blocos de geometrias cônicas e cilíndricas utilizando o software Inventor. Esses modelos foram confeccionados em aço ASTM A36. Para a realização dos ensaios através da técnica FHPP foi utilizado o equipamento disponível no LTAD, a Unidade de Processamento por Atrito 3 – UPPA 3, a qual é equipada com um sistema de controle e aquisição de dados que permite a prefixação dos parâmetros em função do tempo de ensaio. Os parâmetros de ensaio utilizados neste trabalho foram: rotação de 1700 RPM, comprimento de queima igual a 7 mm, tempo de forjamento de 10 s, e força de forjamento igual a força axial aplicada.

Após a realização dos ensaios, cada conjunto foi cortado na área de interesse (no centro do conjunto, axial ao pino), foi fresado, retificado e passou por preparação macrográfica, sendo lixados até a lixa de granulometria 600 e atacados com ácido nítrico com concentração de 6%.

RESULTADOS PARCIAIS/FINAIS

Durante o processamento dos conjuntos pino-bloco são adquiridos sinais de força axial, velocidade de rotação do pino, comprimento de queima, torque e tempo de processamento. A partir desses dados foram construídos os gráficos de cada processo como exemplifica a Figura 02 (pino de geometria cilíndrica com aplicação de força axial de 40 kN) .

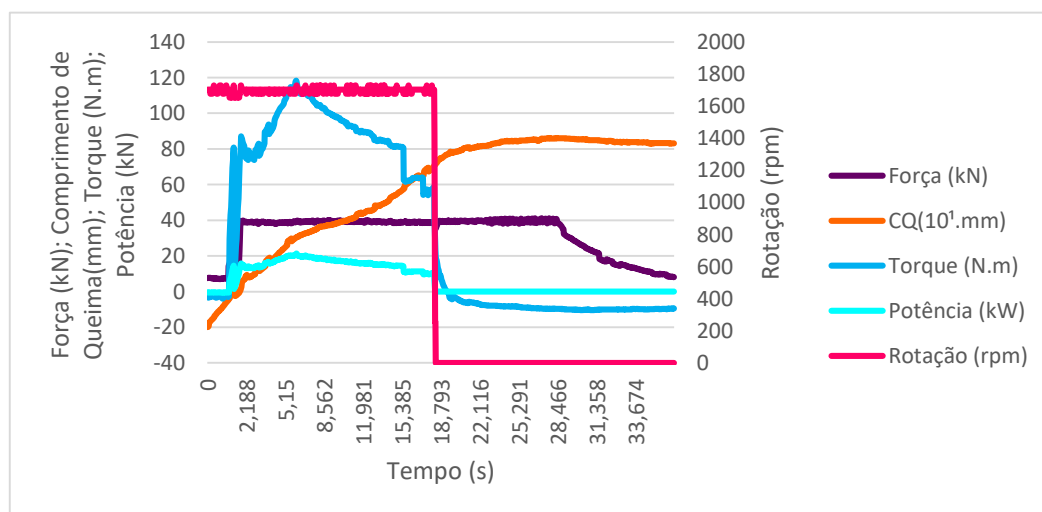


Figura 2 Gráfico do processo de um conjunto de geometria cilíndrica

Através da comparação dos seis gráficos de processo obtidos, é possível constatar que para ensaios realizados a uma mesma velocidade de rotação e com a aplicação de forças axiais distintas a queda inicial da rotação tende a ser mais proeminente para forças axiais mais elevadas. Essas promovem um aumento na força de atrito, e, como resposta do sistema, surge um pico na curva do torque, desta forma, a curva referente ao torque oferece um indicativo aproximado da variação do coeficiente de atrito médio ao longo do processo.

Essa observação vem de encontro ao constatado por Lebedev e Chernenki (1992, apud Pires,

2007), segundo os autores, nos processos de soldagem por atrito, o coeficiente de atrito médio entre duas superfícies em contato varia no processo do mesmo modo que o torque resistivo.

Considerando os ensaios realizados em conjuntos de mesma geometria e com forças axiais diferentes, é possível constatar que quanto maior a força axial do processo menor é o tempo de processamento como mostrado na Figura 03. Segundo Vill (1962, apud Pires, 2007) o aumento no tempo de processamento pode ter sua causa decorrente de uma maior ação de alisamento das superfícies em atrito.

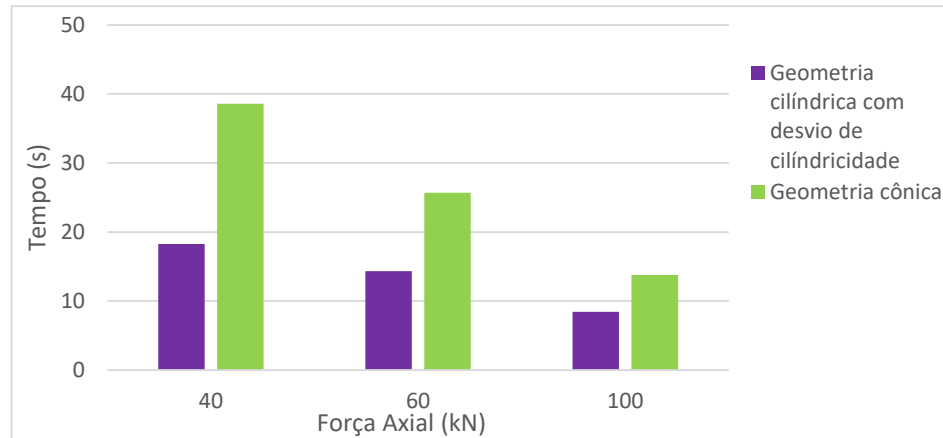


Figura 3 Gráfico de comparação dos tempos de processamento

Quanto maior o tempo de processamento, maior é a energia do processo (Figura 04) e consequentemente, o aquecimento gerado na região da solda é maior, desta forma há o crescimento da zona termicamente afetada (ZTA).

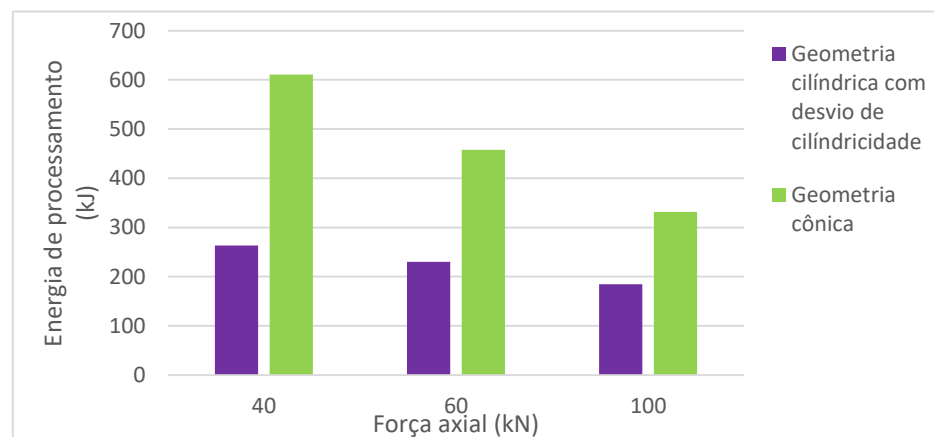


Figura 4 Gráfico de comparação das energias de processamento

Através da análise macrográfica realizada ao longo da seção longitudinal do pino de preenchimento, foram obtidas as medidas médias das zonas afetadas termicamente (ZTA's) com auxílio do software Image J. Os resultados obtidos se mostraram coerentes com o esperado, como pode ser observado na Figura 05, uma vez que quanto maior a força axial aplicada menor foi a área da ZTA, comportamento semelhante ao que ocorreu com o tempo de processamento e com a energia do processo.

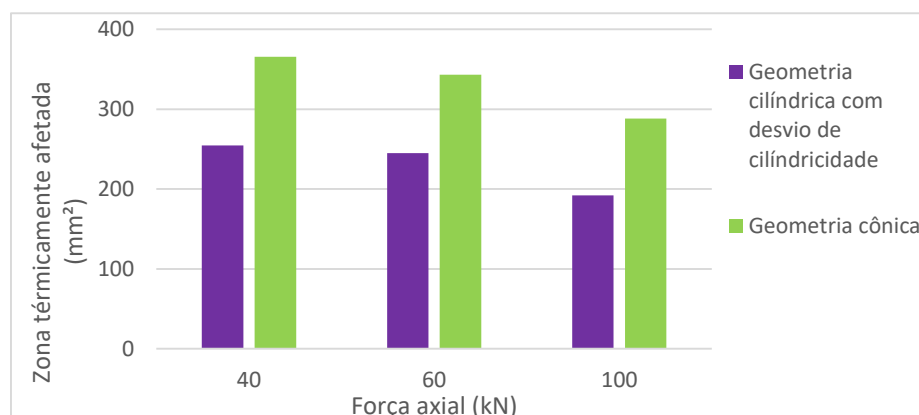


Figura 5 Gráfico de comparação das ZTA's

Na análise macrográfica, também foi observado que nos conjuntos de geometria cilíndrica com desvio de cilíndricidade, a ZTA, o tempo de processamento e a energia do processo, para cada força axial aplicada foram menores que nos conjuntos de geometria cônica. Na Figura 06 estão dispostas as macrografias de um conjunto de geometria cilíndrica e de um conjunto de geometria cônica, ambos foram processados com uma força axial de 60 kN.

Em algumas macrografias, é possível perceber a formação de bandas de cisalhamento a quente, (linha horizontal escura que atravessa todo o material do bloco). Esse efeito teve origem na laminação a quente das chapas utilizadas como material base para os blocos deste trabalho.

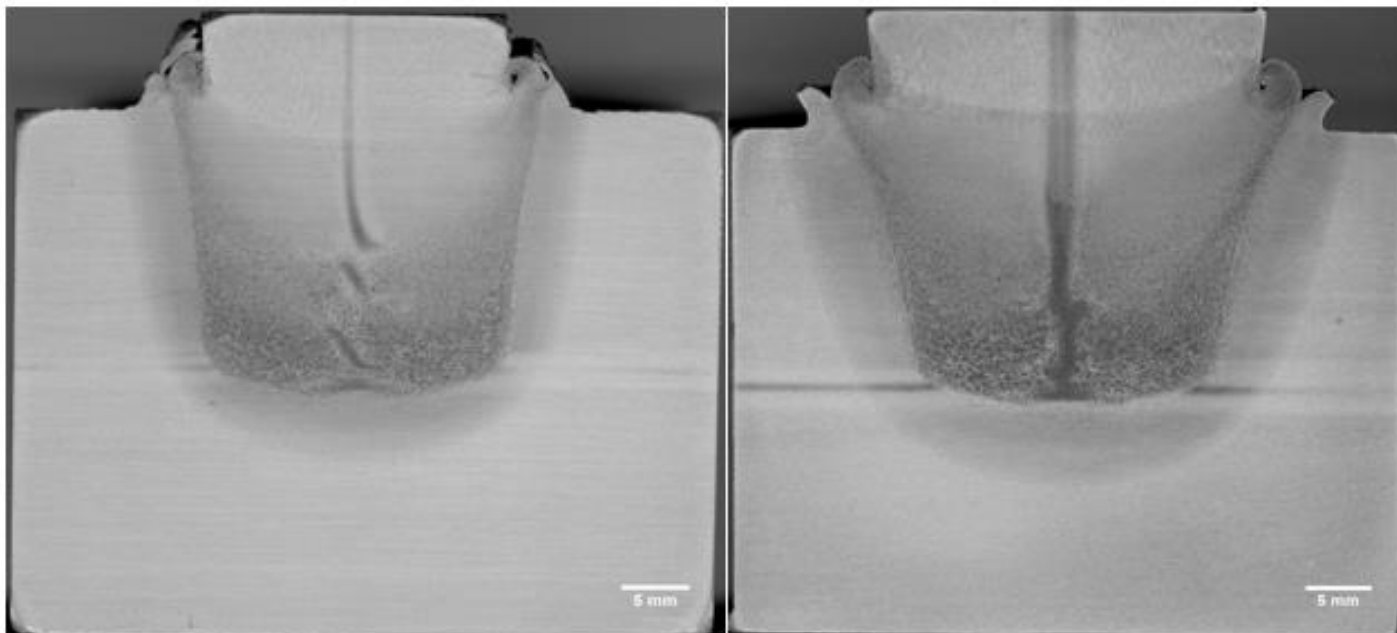


Figura 6 Macrografias de um conjunto pino-bloco de geometria cilíndrica e um de geometria cônica, ambos processados com força axial de 60 kN

CONCLUSÕES

A força axial atua de maneira preponderante nos tempos de preenchimento. Quanto maior for esse parâmetro, tanto menor será o tempo de processamento.

Apesar das altas forças axiais aplicadas contribuírem para o aumento da potência requerida no processo, as mesmas propiciam a diminuição na energia total de soldagem, em decorrência dos curtos tempos de processamento. Quanto menor a energia de processo, menor é o aporte térmico no conjunto pino-bloco dessa forma, menor é a zona termicamente afetada.

A geometria dos conjuntos pino-bloco é outro fator que tem grande influência sobre os resultados obtidos. Em conjuntos de geometria cônica, o tempo de processamento, a energia de processo e a ZTA foram maiores do que em conjuntos de geometria cilíndrica com desvio de cilíndricidade.

REFERÊNCIAS

PIRES, R. R., **Efeitos da Geometria, da Força Axial e da Rotação no Reparo por Atrito**. 2007.131 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.

MEYER, A., **Friction Hydro Pillar Processing**, 2002, 123 S. Dissertation an der Technischen Universität Braunschweig, Hamburg, Germany, 2002.