

XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica -13 a 17/08/2012–São Carlos-SP
Artigo CREEM2012

REPARO POR ATRITO DE PEÇAS DE AÇO ABNT 4140 – EFEITO DO PRÉ-AQUECIMENTO

Marina Maciel Borges
Símya Staell Rodrigues Campos
Fernando Pereira Nogueira
Rafael Ariza Gonçalves
Sinésio Domingues Franco
Raphael Rezende Pires

UFU, Universidade Federal de Uberlândia, Curso de Engenharia Mecânica.
Campus Santa Mônica - Bairro Santa Mônica - CEP 38.408-100 Uberlândia – Minas Gerais
marinamborges@gmail.com

Introdução

Um dos principais recursos minerais e energéticos do Brasil e do mundo é o petróleo. Este é definido como sendo uma fonte de energia primária não renovável, por isso vem sendo procurado a cada dia mais formas de aprimoramento na extração e prospecção do mesmo, sendo uma delas a exploração através de plataformas em alto mar.

Devido a várias condições operacionais, em alguns componentes dessas plataformas observamos a formação de trincas. Segundo Meyer (2002), em vários casos esses defeitos são reparados através de soldagem a arco elétrico, processo este que apresenta alguns problemas como o aparecimento de uma grande zona termicamente afetada (ZTA), o surgimento de tensões residuais e a contribuição para o aparecimento de trincas principalmente em ambientes submersos. Na soldagem submersa a arco são encontrados inconvenientes como: porosidade, porosidade crescente com a lâmina d'água e fragilização pelo hidrogênio.

Para minimizar esses inconvenientes durante o reparo dessas trincas é utilizado o processo de reparo por atrito. O processo de costura por atrito (Stitch Welding) é a sobreposição de eventos realizados através da técnica de processamento de pinos por atrito, ao longo do comprimento de uma falha a ser reparada, preenchendo uma cavidade previamente aberta com uma geometria característica, por intermédio da introdução coaxial de um pino (consumível), estando este submetido a uma velocidade de rotação, e a esforços de compressão contra a cavidade (Pires, 2007).

A aplicação da técnica de reparo por atrito em aços de média e alta temperabilidade pode causar a formação de martensita e trincas na ZTA em virtude das velocidades de resfriamento causadas pela condução térmica do material reparado.

Com intuito de diminuir ou até mesmo a eliminar tais efeitos foi feito uma análise do resultado do pré-aquecimento do substrato utilizado no reparo.

Materiais e Métodos experimentais

Nos ensaios de reparo por atrito, foram utilizados blocos de aço ABNT 4140, que é um dos materiais empregados em alguns componentes da indústria petrolífera, segundo Ferreira (2010). Os pinos processados são de aço ABNT 1010 os quais apresentam propriedades mecânicas que possibilitam boas qualidades de preenchimento. A Tabela 1 mostra a composição química dos pinos e blocos.

Tabela 1. Composição química dos blocos e dos pinos.

Elementos	C	Si	Mn	Cr	Mo	S	P	Cu	Ni
Bloco ABNT 4140	0,42	0,26	0,81	0,98	0,18	0,027	0,014	0,16	0,10
Pino ABNT 1010	0,12	1,16	0,69	0,03	0,00	0,027	0,044	-	0,01

A Figura 1 mostra esquematicamente o reparo por atrito e os desenhos dos pinos e dos blocos utilizados.

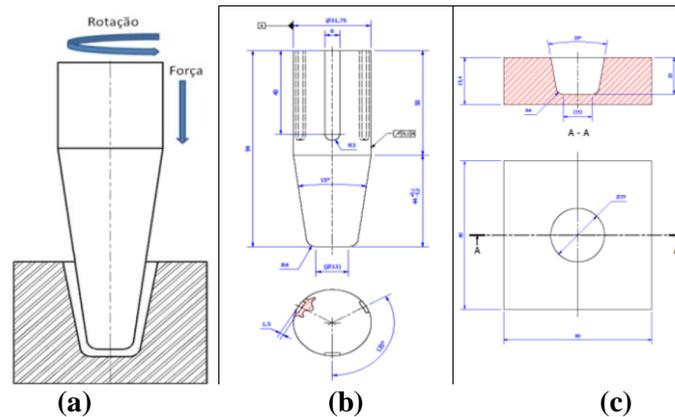


Figura 1. (a) Esquema do reparo por atrito, (b) geometria dos pinos e (c) geometria dos blocos.

No trabalho foi utilizada a Unidade de Processamento de Pinos por Atrito (UPPA3), mostrada na Figura 2, desenvolvida pelo Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste (LTAD) da Universidade Federal de Uberlândia.

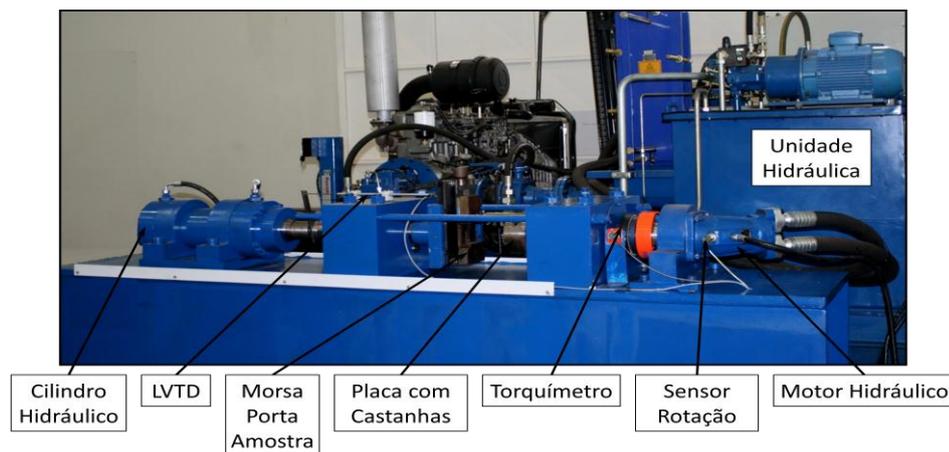


Figura 2. Unidade de Processamento de Pinos por Atrito (UPPA3) e seus componentes.

Na unidade UPPA3, o pino é fixado através de uma placa de castanha e o bloco através de uma morsa. A morsa é montada na extensão de um cilindro hidráulico alimentado por uma motobomba que permite aplicação de forças axiais de até 500 kN e a placa de castanha acionada por motor de pistão axial que permite rotações de até 1800 RPM. Todo o sistema é controlado sendo possível traçar gráficos e a aquisição em tempo real dos parâmetros: força, rotação, torque e deslocamento, conforme descrito por Borges (2011).

O comprimento de queima é a distância de avanço do pino contra o bloco a partir do momento em que ocorre o toque do pino no bloco. Completado o comprimento de queima, cessa a rotação e inicia-se a aplicação de carga de forjamento sendo este valor pré-fixado, podendo ser diferente da força axial inicial e aplicada por tempos variados ou ainda não aplicar nenhuma força.

Antecedendo os ensaios, os blocos foram limpos por ultrassom juntamente com os pinos para retirar quaisquer impurezas que pudessem interferir no processo e nas análises após os ensaios.

Os ensaios foram realizados de acordo com a Tabela 2, com comprimento de queima de 6 mm e tempo de forjamento de 10 segundos.

Para efeito de comparação e comprovação da formação de fases duras, foi realizado um ensaio sem temperatura de pré-aquecimento.

Tabela 2. Matriz de ensaios utilizada.

Amostra	Força Axial (kN)	Rotação (RPM)	Preaquecimento (°C)
31105	100	1400	0
31106	60	1.700	300
31107	60	1.400	200
31108	60	1.400	300
31111	60	1.700	200
31114	100	1.400	200
31115	100	1.400	300
31116	100	1.700	200
31119	100	1.700	300

Os pré-aquecimentos foram gerados através de um sistema de aquecimento por indução. Com a temperatura de pré-aquecimento atingida, medida com auxílio de um termômetro infravermelho, o sistema de indução é retirado e acionado a partida do ensaio de reparo por atrito.

A Figura 3 mostra o pré-aquecimento por indução de um bloco e a realização de um ensaio.

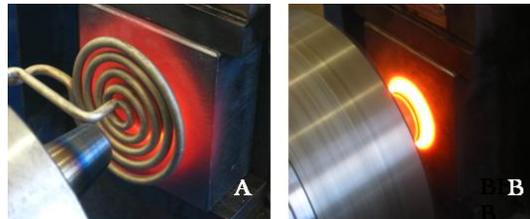


Figura 3. A – aquecimento por indução de um bloco e B – realização de um preenchimento.

Após a realização de cada ensaio, dois cortes foram realizados: 1 – retirada da parte excedente dos pinos e 2 – corte longitudinal aos pinos para obtenção de superfície para análise macrográfica e micrográfica.

As superfícies foram retificadas, lixadas até a lixa #600, limpas por ultrassom, secas com ar quente e atacadas com Nital 6%. Após a aquisição das macrografias, as peças foram cortadas para redução de superfície para facilitar o polimento.

Para a revelação micrográfica, primeiramente foi removido o macroataque através de operações de lixamento com lixas #220 e #320, posteriormente lixadas com lixas #400, #600 e #1200, polidas com pastas de diamante de granulometrias 6 μm , 3 μm e 1 μm , limpeza por ultrassom e ataque com Nital 2%. Os pontos analisados durante a micrografia estão mais bem destacados na Figura 4a.

Para confirmar se houve ou não alterações significativas de dureza em decorrência das altas temperaturas geradas, foram traçados perfis de dureza $HV_{1,0}$ em todos os cortes longitudinais dos conjuntos pino/bloco, nas regiões identificadas na Figura 4b.

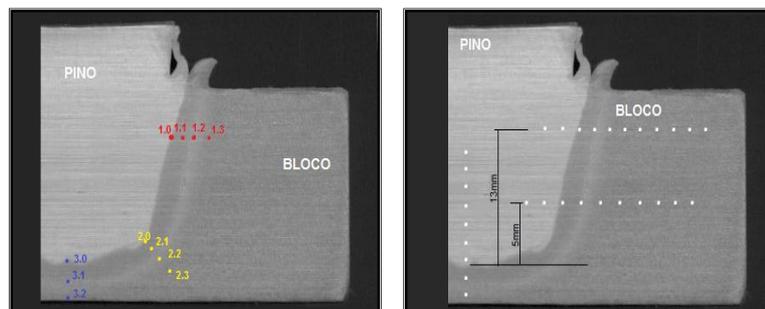


Figura 4. (a): Mapeamento para obtenção das micrografias e (b): Mapeamento para execução dos perfis de dureza vertical e horizontais.

Resultados e Discussões

Durante a realização dos ensaios, são registrados em tempo real os parâmetros pré-definidos e com os dados são calculados o torque e a potência e traçados gráficos como mostrado na Figura 5. Para os demais ensaios foram gerados gráficos similares.

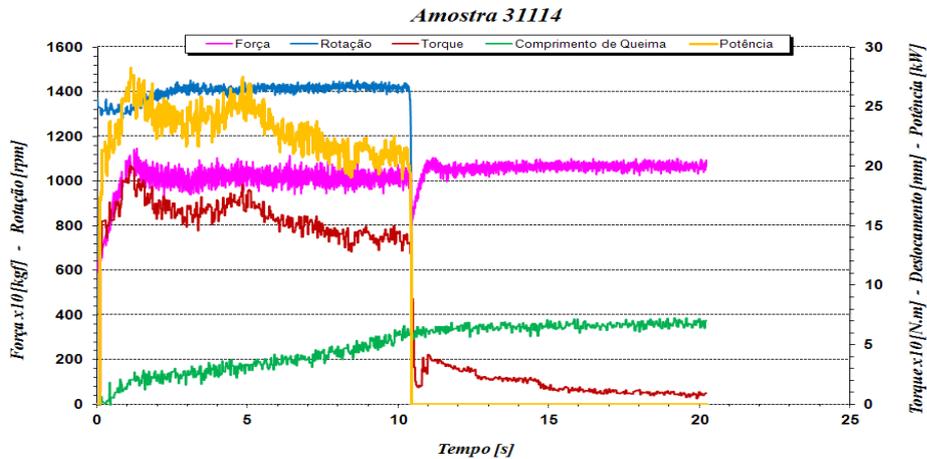


Figura 5. Parâmetros de ensaio da amostra 31114 com temperatura de pré-aquecimento de 200°C.

Os aportes térmicos foram calculados (área abaixo da curva de potência) e são mostrados na Figura 6.

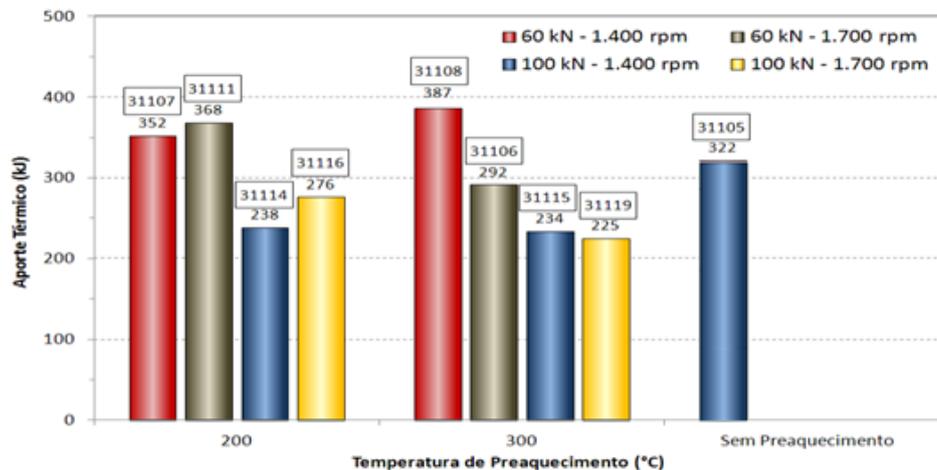


Figura 6. Energia Total de Soldagem em cada ensaio realizado.

Nota-se na Figura 6 que o aporte térmico depende diretamente da força axial. Os maiores e menores aportes térmicos correspondem respectivamente às menores e às maiores forças axiais. Nota-se também que o efeito da velocidade de rotação, para os valores utilizados, não apresentaram correlação com os valores calculados dos aportes térmicos.

Algumas macrografias obtidas são mostradas na Figura 7.

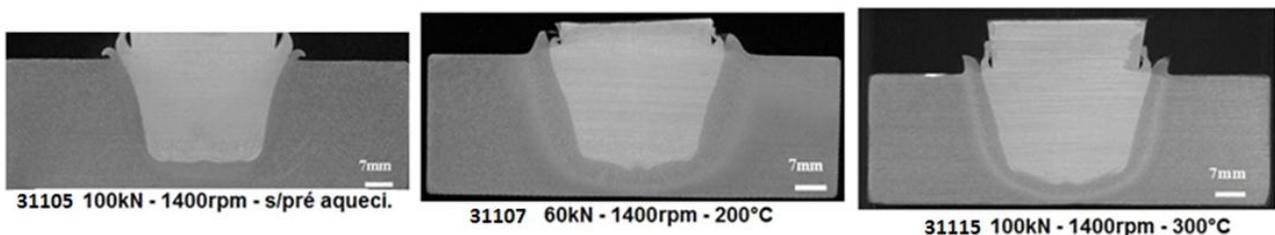


Figura 7. Macrografias das amostras 31105, 31107 e 31115 ensaiados de acordo com a Tabela 2.

A análise das macrografias comprova que não houve falhas de preenchimento atestando que os parâmetros de ensaio escolhidos foram acertados. A comparação visual mostra que a maior ZTA, ilustrada na Figura 7, corresponde ao ensaio 31107 que por sua vez é semelhante às observadas nos ensaios 31108 e 31111 enquanto que as menores ZTA's estão nos ensaios 31114, 31115 e 31119 o que revela a relação direta das ZTA's com os aportes térmicos impostos.

As micrografias da amostra submetida ao reparo por atrito sem pré-aquecimento revelaram a presença de martensita na ZTA, o mesmo não aconteceu nas amostras submetidas ao reparo por atrito com pré-aquecimento de 200 °C e 300 °C cujas micrografias são similares às micrografias da amostra 31114 e estão mostradas na Figura 8.

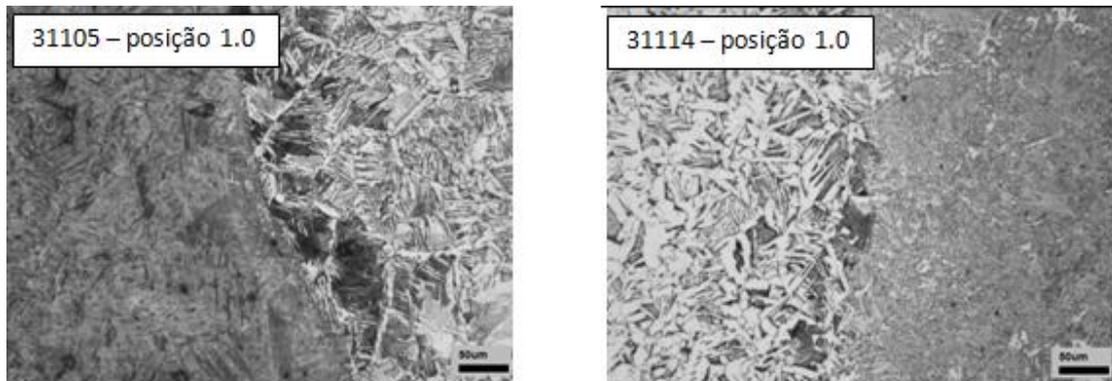
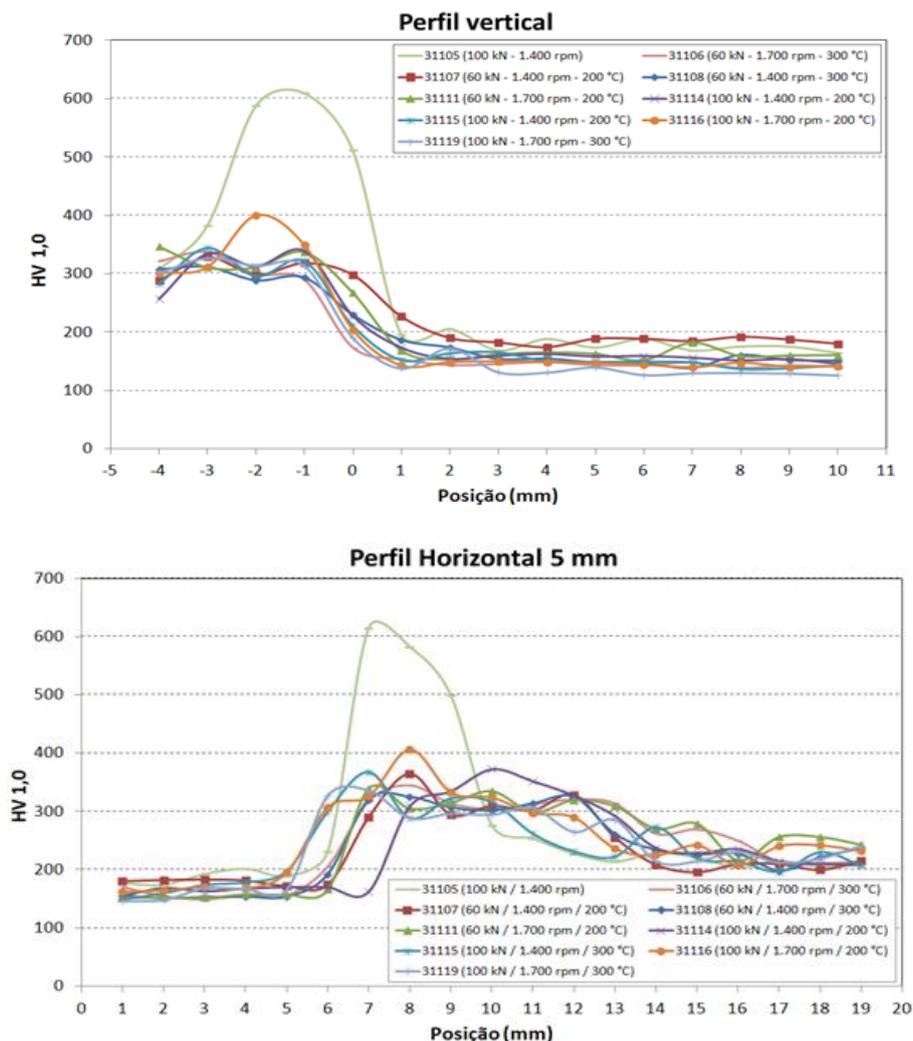


Figura 8. Micrografias das amostras 31105 e 31114 ensaiados de acordo com a Tabela 2.

Os perfis de dureza Vickers com carga de 1 kg, obtidos conforme mapeamento mostrado na Figura 5b, são mostrados na Figura 9.



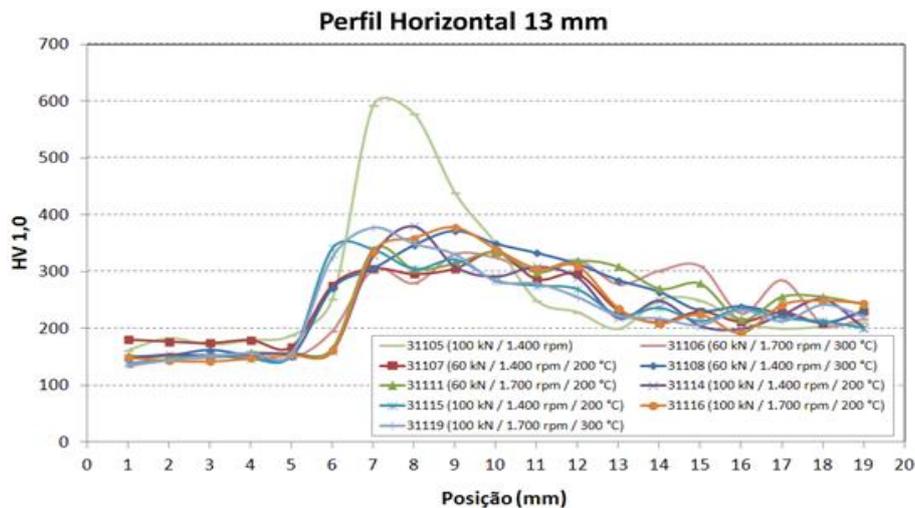


Figura 9. Perfis de dureza dos conjuntos pinos/blocos ensaiados conforme a Tabela 2, obtidos de acordo com o mapeamento da Figura 5b.

A Figura 9 mostra picos de dureza na ZTA tanto para os perfis vertical e horizontais para a amostra não pré-aquecida e a ausência dos mesmos nas amostras com pré-aquecimento de 200 °C e 300 °C revelando que os pré-aquecimentos foram eficazes para evitar a formação de fases duras durante o resfriamento.

Considerações Finais

Com base nos resultados apresentados é possível afirmar que em nenhum dos ensaios foi observado falta de preenchimento, mostrando que os processamentos de pinos por atrito realizados na unidade UPPA 3, nas condições escolhidas, foram eficientes. Nota-se que o pré-aquecimento atuou significativamente nos resultados, indicando que inibiram a formação de martensita na ZTA, como mostram os valores de dureza. De acordo com os dados obtidos, pode-se dizer que os aportes térmicos influenciaram diretamente nos tamanhos das ZTA's.

Agradecimentos

À PETROBRAS pelo apoio financeiro e à equipe técnica do Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste.

Referências Bibliográficas

1. MEYER, A., **Friction Hydro Pillar Processing**. 2002. 123 S. Dissertation an der Technischen Universität Braunschweig, Hamburg, Germany, 2002.
2. 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.
3. FERREIRA, V. J. A. **Influência da Força Axial e da Rotação no Processamento de Pinos por Atrito no Aço ASTM A148 Gr 115-95**. 2010. 49f. Monografia de Projeto de Fim de Curso, Universidade Federal de Uberlândia-MG.
4. BORGES, B, M, **Instrumentação, controle e Operacionalização de uma Unidade de Reparo por Atrito com Capacidade de Carga Axial de 500kN**, 2011,97p, dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.