

AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE DE ATRITO NO ENSAIO PINO SOBRE DISCO DO PAR TRIBOLÓGICO ABNT 1020-ABNT 1020 PARA O PROCESSO DE SOLDAGEM POR FRICÇÃO CONVENCIONAL

Anderson Júnior Dos Santos, ndersonsantos@hotmail.com²
Diogo Azevedo De Oliveira, diogoazev@yahoo.com.br²
Marcelo Araújo Câmara, marcelocamara@demec.ufmg.br²
Klaus Higor Dos Santos Silva, klaushigor@yahoo.com.br¹
Natanael Geraldo E Silva Almeida, natanaelgsa@gmail.com²

¹ Pontifícia Universidade Católica De Minas Gerais, Rua Rio Comprido, 4.580, CEP 32010-025 Contagem/MG

² Universidade Federal De Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, CEP 31270-901 Belo Horizonte/ MG

Resumo: O processo de soldagem por fricção surge como uma alternativa tecnológica para unir materiais similares e dissimilares. Apresentando como principais vantagens uma junção de alta resistência mecânica e a não geração de gases poluentes prejudiciais para o meio ambiente. A determinação do coeficiente de atrito entre as junções a serem soldadas é um fator preponderante para obter o torque e potência do motor necessário para alcançar uma solda de alta resistência mecânica. O propósito deste trabalho é determinar, o coeficiente de atrito entre o contato do aço ABNT 1020 com aço ABNT 1020 para o processo de soldagem por fricção convencional. Foram feitos testes de pino sobre disco com carga constante de 15 N no tribômetro, para as distâncias de deslizamento de 18, 43, 85 e 172 metros mantendo constante a velocidade de deslizamento de 0,16 m/s, usando quatro pinos idênticos de aço ABNT 1020 e um disco de aço ABNT 1020.

Palavras-chave: solda por fricção convencional, coeficiente de atrito, aço ABNT 1020, pino sobre disco

1. INTRODUÇÃO

Soldagem por fricção é um processo de união no estado sólido, no qual a coalescência entre peças metálicas é obtida por aquecimento através de atrito entre as peças e pela aplicação de pressão “Modenesi P. ET al, (2009)”. Sendo que a soldagem por fricção surge como alternativa para a redução de custos e melhoramento do processo de soldagem, visando também à segurança na operação. Com a possibilidade de solda de materiais similares e dissimilares. A proposta deste trabalho é realizar o estudo do coeficiente de atrito para o par tribológico ABNT 1020 - ABNT 1020 para uma velocidade de deslizamento de 0,16 m/s e para uma carga constante de 15 N.

O ensaio de desgaste por deslizamento pino sobre disco é um entre vários métodos de medição de desgaste de deslizamento existentes “Hutchings I.,(1992)”. O ensaio consiste de um pino chamado de contra corpo e de um disco conhecido como corpo de prova. Uma força normal estática é aplicada com pesos de valores conhecidos. Um software acoplado no tribômetro é responsável pela aquisição de dados. O software controlar a rotação, distância percorrida e produz os gráficos e planilhas dos resultados. O ensaio é realizado no laboratório para obter dados confiáveis e essenciais para as aplicações práticas. Neste trabalho à aplicação de estudo é direcionado para o processo de soldagem por fricção, na junção de topo de aços similares ABNT 1020, com corpo de prova 6 mm de diâmetro. A solda foi realizada em uma máquina didática por solda a fricção construída pelos autores deste artigo, no laboratório da Pontifícia Universidade Católica De Minas Gerais unidade Contagem.

Deste modo, o presente trabalho de investigação procurar compreender as condições tribológicas na interface de contato, para as condições de carga e velocidade de deslizamento, baseado no processo de soldagem por fricção convencional. Para determinar o coeficiente de atrito para o par tribológico ABNT 1020 – ABNT 1020.

2. METODOLOGIA

Para avaliar o coeficiente de atrito para o par tribológico ABNT 1020 – ABNT 1020, foram realizados quatro ensaios com diferentes pinos, para quatro pistas distintas em um mesmo disco. Os ensaios foram realizados no laboratório de tribologia da Universidade Federal De Minas Gerais. O equipamento utilizado foi um tribômetro esfera sobre disco fabricado pela Micro Photonics Inc. modelo MT60 “Fig. 1”. O software Nanovea Tribometer V 1.5 foi utilizado para controlar e gerar os resultados de coeficiente de atrito e força de atrito em tempo real.



Figura 1. Tribômetro esfera sobre disco fabricado pela Micro Photonics INC.

As variáveis utilizadas durante o ensaio pino sobre disco foram as mesmas do processo de soldagem por fricção convencional de aço similares ABNT 1020. Sendo que estas variáveis foram obtidas através de experimentos práticos no laboratório da Pontifícia Universidade Católica De Minas Gerais. Durante o processo de união de aços similares ABNT 1020 laminados a quente, foi aplicado a força de 15 N e rotação do eixo árvore da máquina de 500 rotações por minutos. Esses dados serão avaliados durante o ensaio pino sobre disco para analisar o coeficiente de atrito para o par tribológico ABNT 1020 – ABNT 1020.

Para realizar o ensaio foi necessário usinar no torno convencional Imor 650 “Fig. 2”, quatro pinos com topo esférico 6 mm de diâmetro com 15 mm de comprimento e um disco de $15 \pm 0,10\text{mm}$ de espessura com 80 mm d diâmetro ambos de aço ABNT 1020 com dureza de 149 Vickers.



Figura 2. Torno convencional

Após o processo de usinagem, os pinos e o disco foram lixados. Sendo controlada a rugosidade superficial do disco com o rugosímetro Mitutoyo Tr 210 “Fig. 3”. Foram realizadas sete medições na superfície do disco “Tab. 1”.

Tabela 1. Resultado da rugosidade média do disco

Medida da rugosidade superficial	Valor da rugosidade média (Ra) μm	Desvio padrão
1° medida da rugosidade	0,051	0,0034
2° medida da rugosidade	0,051	
3° medida da rugosidade	0,054	
4° medida da rugosidade	0,049	
5° medida da rugosidade	0,041	
6° medida da rugosidade	0,047	
7° medida da rugosidade	0,048	



Figura 3. Verificação da rugosidade superficial do disco.

Antes de se iniciar o ensaio foi realizado o procedimento de verificação do tribômetro “Fig. 4”.

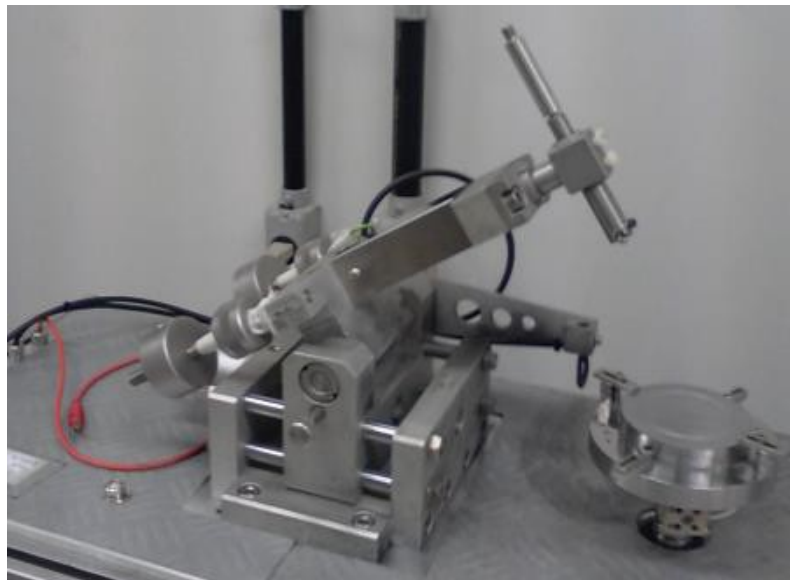


Figura 4. Braço de sustentação do tribômetro.

3 DESENVOLVIMENTO E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1- Ensaio 1

Após a calibração do tribômetro e fixação do pino e disco respectivamente. Iniciou-se o primeiro teste com os seguintes dados:

- Pino aço ABNT 1020
- Disco aço ABNT 1020
- Distância percorrida 172 m
- Diâmetro da pista de deslizamento 55mm
- Rotação 55 rotações por minuto (RPM)
- Carga de 15 N

“Figura 5” mostra a curva do coeficiente de atrito para o par tribológico ABNT 1020 - ABNT 1020 em função da distância de deslizamento para a carga de 15 N. Cada ponto da curva do gráfico foi obtida através da média dos valores dos 40 pontos mais próximos. O filtro é um recurso do software, foi utilizado para elaborar a curva do gráfico, sem perder os dados importantes de aquisição do ensaio.

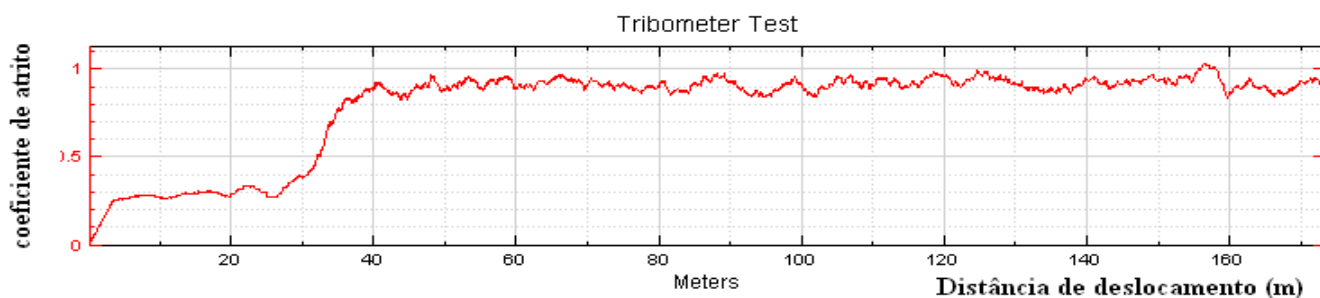


Figura 5. Curva do coeficiente de atrito par o par tribológico ABNT 1020 – ABNT 1020 em função da distância de deslocamento.

“Figura 6.a” mostra o pino durante o ensaio. “Fig. 6.b” mostra o pino antes e depois do teste.

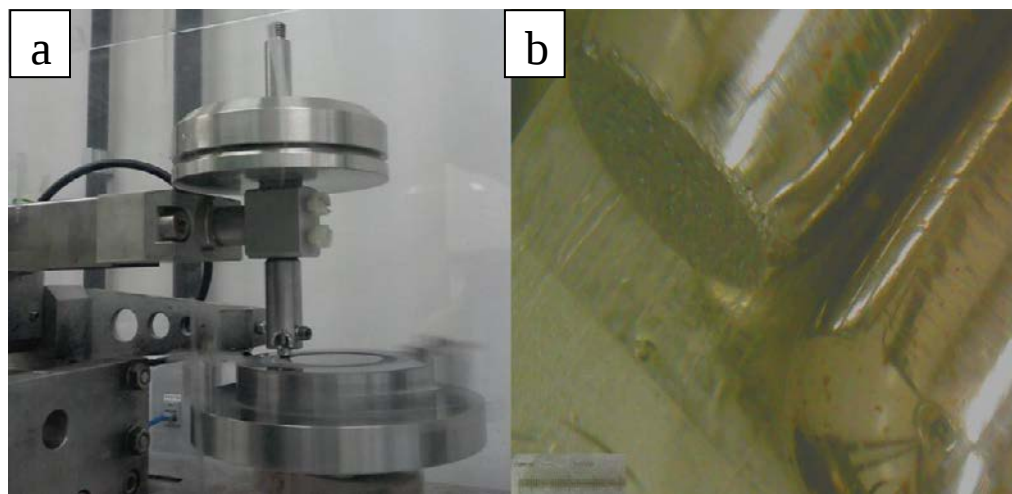


Figura 6.a. Pino durante o ensaio - Figura 6.b. Pino antes e após o ensaio.

“Figura 7.a” pista de desgaste no disco formada pelo atrito entre pino e disco, “Fig. 7.b” mostra o desgaste com ampliação da pista e “Fig. 7.c” apresenta os debris ampliados em torno da pista de desgaste.

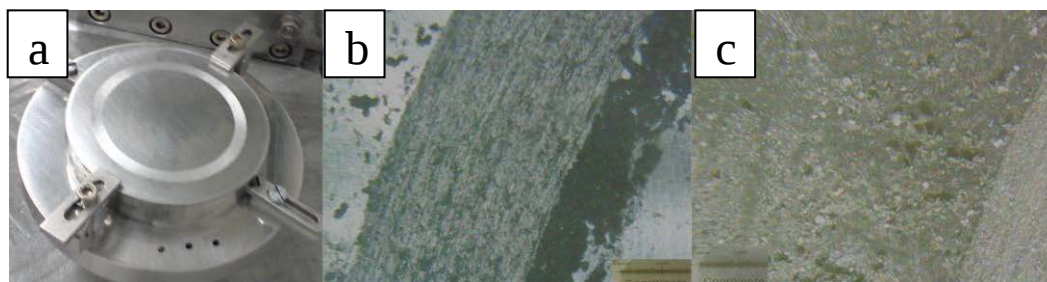


Figura 7.a Desgaste da pista do disco - **Figura 7.b** Desgaste ampliado da pista formada - **Figura 7.c.** Ampliação em torno da pista de desgaste, sendo possível observar os debrís.

3.2- Ensaio 2

- Pino aço ABNT 1020
- Disco aço ABNT 1020
- Distância percorrida 85 m
- Diâmetro da pista de deslizamento 43,5 mm
- Rotação 69,50 rotações por minuto (RPM)
- Carga de 15 N

“Figura 8” apresenta a curva do coeficiente de atrito para o par tribológico ABNT 1020 - ABNT 1020 em função da distância de deslizamento para a carga de 15 N utilizando filtro de 40.

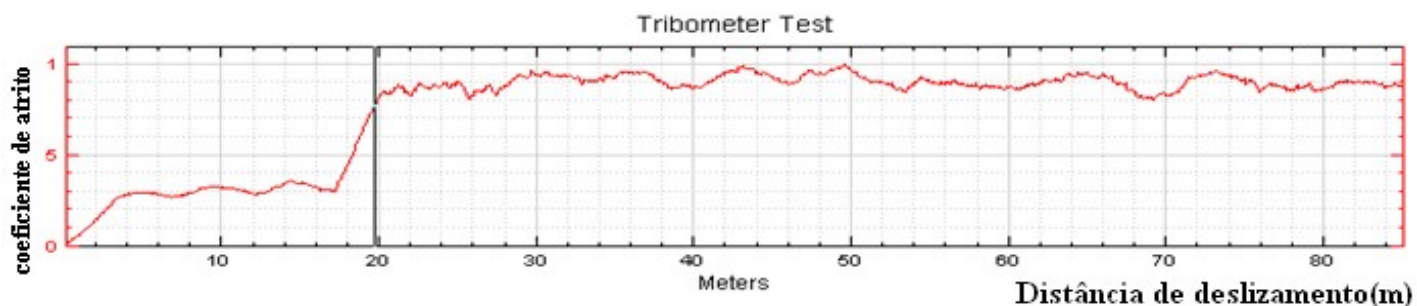


Figura 8. Curva do coeficiente de atrito para o par tribológico ABNT 1020 – ABNT 1020 em função da distância de deslizamento.

“Figura 9.a” pista de desgaste formada após o atrito do pino com o disco visualizada, com ampliação. “Fig. 9.b” pino desgastado após o segundo ensaio.

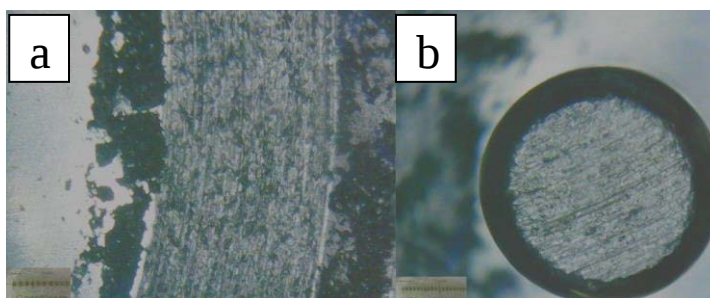


Figura 9.a. Pista formada pelo desgaste entre pino e disco - **Figura 9.b.** Imagem ampliada do desgaste do pino.

3.3- Ensaio 3

- Pino aço ABNT 1020
- Disco aço ABNT 1020
- Distância percorrida 43 m
- Diâmetro da pista de deslizamento 31,5 mm
- Rotação 95,20 rotações por minuto (RPM)
- Carga de 15 N

“Figura 10” mostra a curva do coeficiente de atrito para o par tribológico ABNT 1020 - ABNT 1020 em função da distância de deslizamento para a carga de 15 N utilizando filtro de 40.

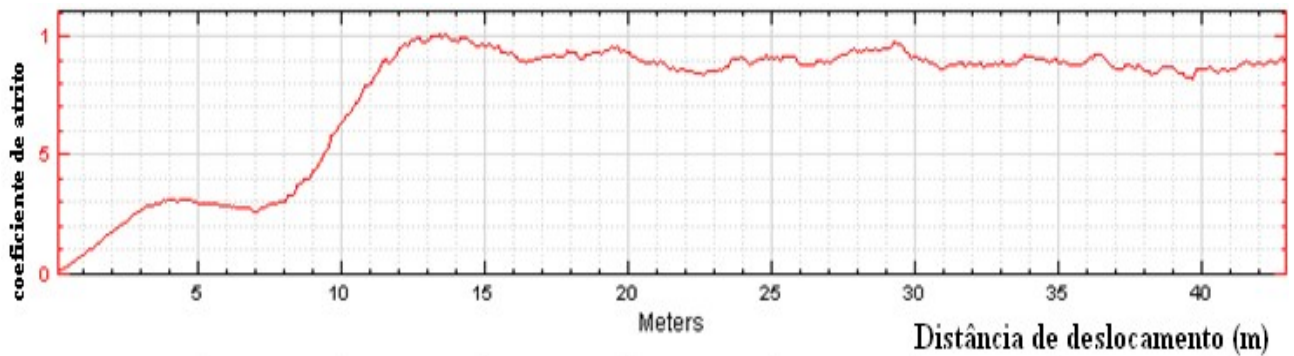


Figura 10. Curva do coeficiente de atrito para o par tribológico ABNT 1020 – ABNT 1020 em função da distância de deslizamento para a carga de 15 N utilizando filtro de 40.

“Figura 11.a” pista de desgaste formada após o atrito do pino com o disco. “Fig. 11.b” pino desgastado após o terceiro ensaio.

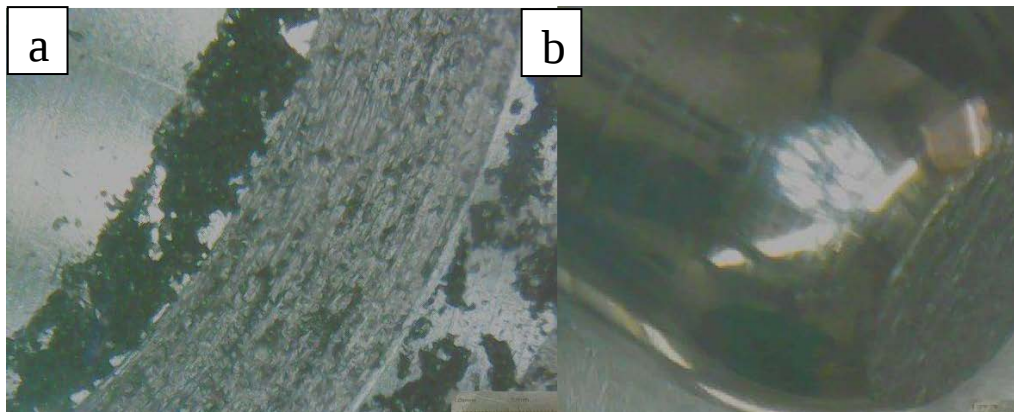


Figura 11.a. Pista de desgaste formada após o atrito do pino com o disco visualizada com ampliação. Figura 11.b. Pino desgastado após o terceiro ensaio.

3.4 - Ensaio 4

- Pino aço ABNT 1020
- Disco aço ABNT 1020
- Distância percorrida 18 m
- Diâmetro da pista de deslizamento 22 mm
- Rotação 136,6 rotações por minuto (RPM)
- Carga de 15 N

“Figura 12” mostra a curva do coeficiente de atrito para o par tribológico ABNT 1020 – ABNT 1020 em função da distância de deslizamento para a carga de 15 N utilizando filtro de 40.

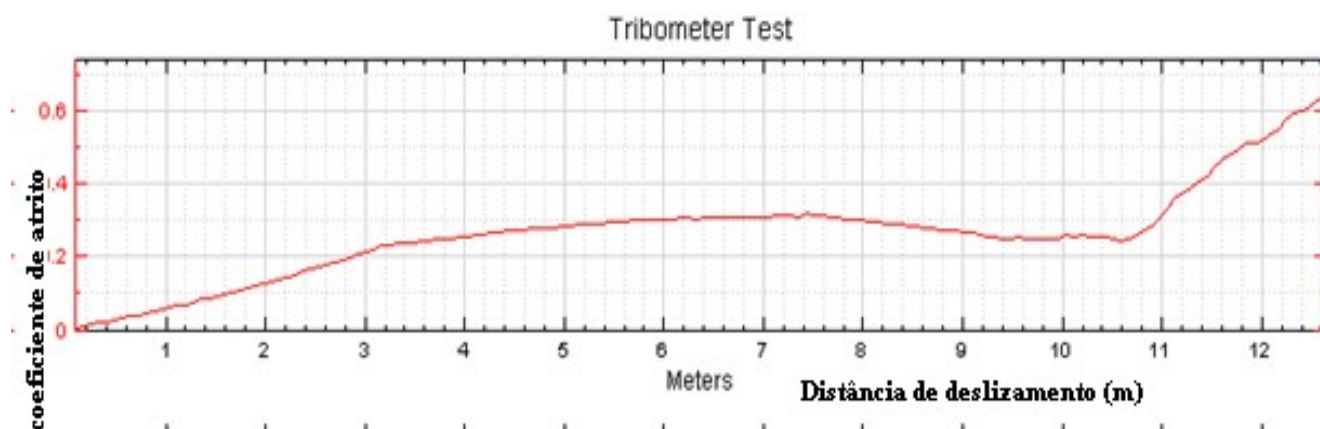


Figura 12. Mostra a curva do coeficiente de atrito para o par tribológico ABNT 1020 – ABNT 1020 em função da distância de deslizamento para a carga de 15 N utilizando filtro de 40.

O ensaio nº4 foi encerrado antes de completar a distância percorrida de 18 m. Devido a ruídos e vibração do tribômetro o ensaio foi finalizado na distância de deslizamento de 12 m. Para não correr o risco de danificar o equipamento. Mesmo sendo de conhecimento que o sistema de segurança do tribômetro desliga o equipamento automaticamente quando se atinge o coeficiente de atrito no valor de 3.

“Figura 13.a” pista de desgaste formada após o atrito do pino com o disco, visualizada com ampliação. “Fig. 13.b” pino desgastado após o ensaio.

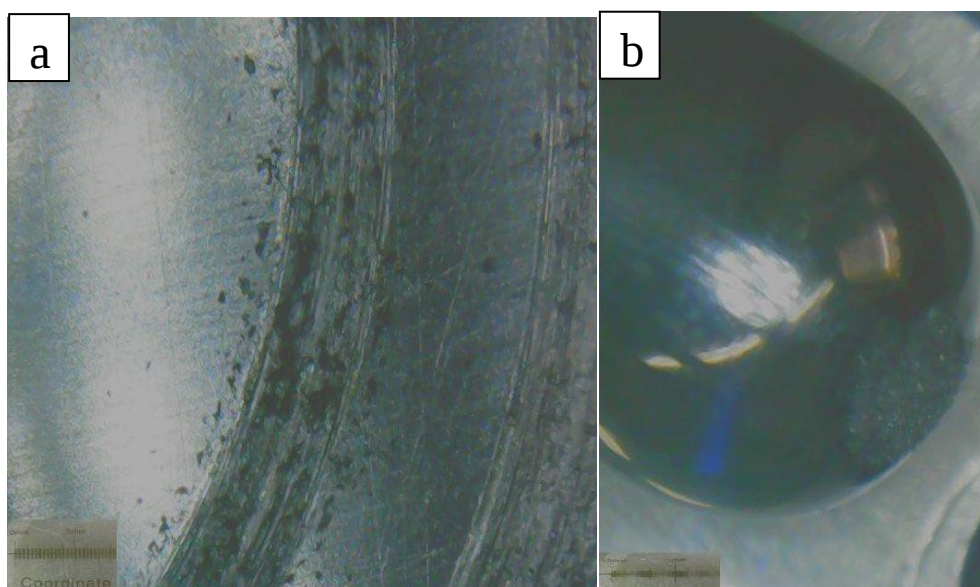


Figura 13.a. Pista de desgaste formada após o atrito do pino com o disco, visualizada com ampliação. Figura 13.b. Pino desgastado após o ensaio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para os ensaios realizados, pode-se observar que o mecanismo de desgaste abrasivo é predominante. Com ampliação das imagens dos pinos dos ensaios, conclui-se que houve um desgaste severo do topo esférico do pino. “Figura 14” apresenta o desgaste dos pinos, sendo que o pino do primeiro ensaio houve um maior desgaste seguido dos pinos 2,3 e 4.

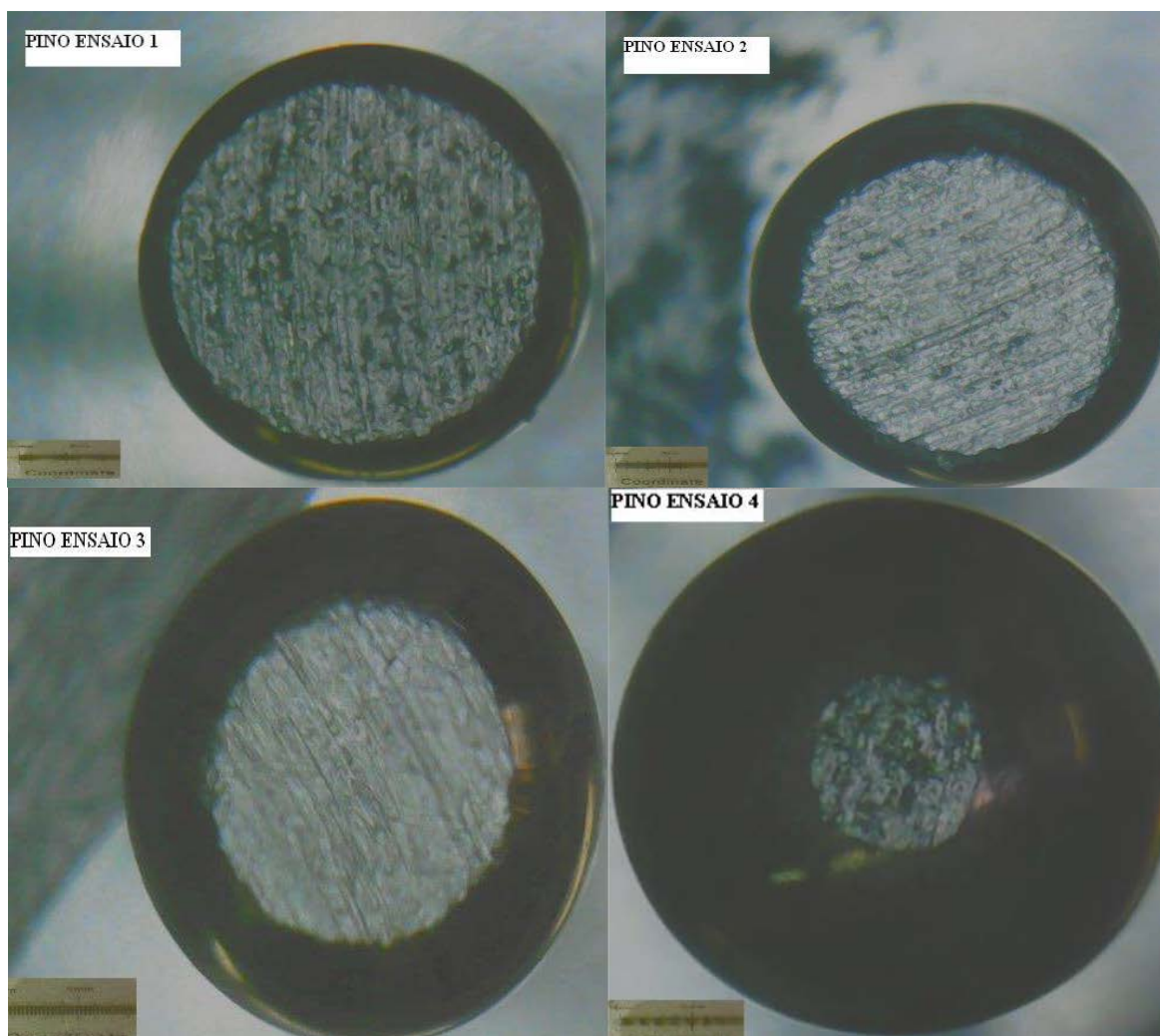


Figura 14. Desgaste dos pinos utilizados durante os ensaios.

O coeficiente de atrito em função da distância de deslocamento apresentados nas “Figs. 5, 8, 10 e 12” tem um comportamento característico. Sendo que em ambos os ensaios foi observado que o coeficiente de atrito para carga de 15 N. Inicialmente passa por um período de acomodação devido a camada de óxidos ou filmes presentes na superfície do disco e pino. Posteriormente com o aumento do desgaste do pino, o coeficiente de atrito aumenta até atingir o valor de aproximadamente 1, mantendo se próximo deste valor até o final do ensaio. Foi observado durante os ensaios que com a diminuição do diâmetro da pista de deslizamento, o tempo até se atingir o valor do coeficiente de atrito aproximado de 1 diminuía. Com menor desgaste do topo esférico dos pinos.

A junção do aço ABNT 1020 durante o processo de soldagem por fricção convencional será considerado para o cálculo do torque Eq. (1) e potência Eq. (2) o coeficiente de atrito igual a 1. Sendo considerado o maior torque, que o motor necessita para realizar a solda.

$$T = 2.\pi.\mu.P.(r^3) \quad (1)$$

Aonde:

μ = Coeficiente de atrito

P=Pressão aplicada

R=Raio da superfície

$$W = 2,7.\pi.\omega.T \quad (2)$$

Aonde:

W= Potência

ω = Rotação

T= Torque

Com o torque e potência é possível prever se a capacidade da máquina didática por solda a fricção é capaz de realizar uma solda por atrito de alta resistência mecânica “Fig. 15.a”. Após o processo de soldagem por fricção foi realizado o teste de tração para verificar a resistência mecânica da junta soldada “Fig. 15.b”.

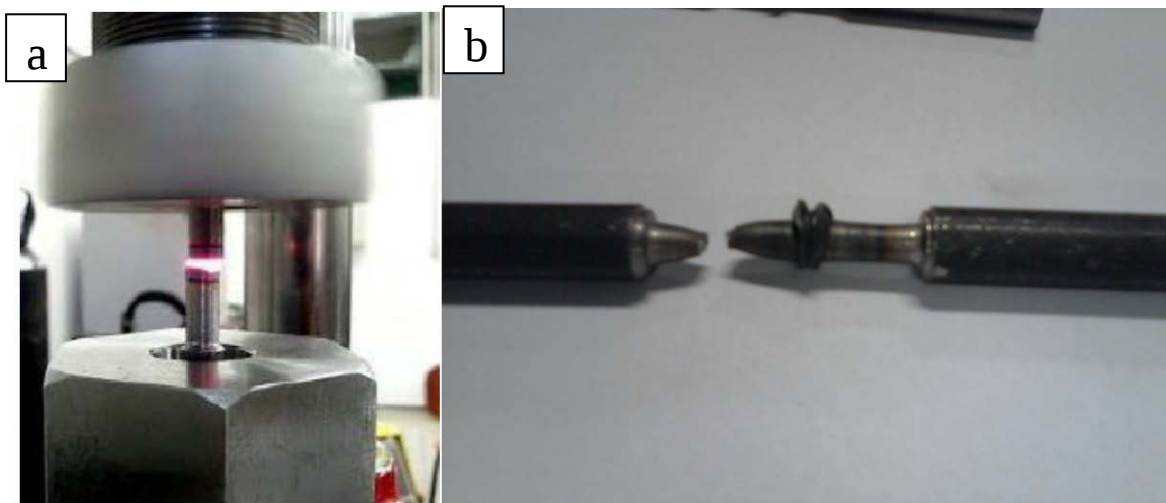


Figura 15.a. Solda realizada na máquina didática por solda a fricção - Figura 15.b. Corpo de prova rompido após uma carga de tração.

4 CONCLUSÕES

Os resultados dos testes pino sobre disco contribuíram para determinar o coeficiente de atrito necessário para realizar a solda por fricção entre uma junta similar de aço ABNT 1020. O mecanismo de desgaste predominante durante o ensaio pino sobre disco é o desgaste abrasivo. Sendo que os pinos de topo esférico houve um maior desgaste em relação ao disco.

O gráfico do coeficiente de atrito em função da distância de deslizamento é possível observar as mudanças do coeficiente de atrito no decorrer do ensaio. Sendo que inicialmente o coeficiente de atrito permanece em um período de acomodação com remoção da camada de óxido da superfície do disco. Após o período de acomodação o pino passa a ter um desgaste abrasivo severo, aumentado bruscamente o coeficiente de atrito. Para confirmar que o desgaste e predominante abrasivo é necessário observar os debris formados, próximo a pista de deslizamento do disco. E analisar o desgaste do topo esférico do pino.

Portanto a determinação do coeficiente de atrito para o par tribológico ABNT 1020 – ABNT 1020, no ensaio pino sobre disco. É fundamental para determinar o coeficiente de atrito necessário para realizar uma união de alta resistência mecânica. E determinar se é possível realizar a união na máquina didática por solda a fricção.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Pontifícia Universidade Católica De Minas Gerais campus Contagem e a Universidade Federal De Minas Gerais por liberar o uso dos laboratórios e os equipamentos necessários para a execução deste trabalho. Agradecimentos a FAPEMIG pelo financiamento da pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

- Brandi, Sérgio Duarte; WAINER, Emílio; MELLO, Fábio Décourt Homem de., 1992“**Soldagem: Processos e Metalurgia**”.
- Lopez, Facundo Sebastián., 2010 “**Montagem e avaliação de uma máquina de solda por fricção**” Rio Grande do Sul, Brasil.
- Norma AWS D1.1/D1.1. 1M:2010.
- Modenesi, P.J., Marques, P.V. e Bracarense, A.Q., 2009, “**Soldagem Fundamentos E Tecnologia**”. Hutchings, I.M, 1992 “**Tribology: Friction and wear of engineering materials**”
- Rezende, J.L.T.L, “**Análise tribológica de conjugados (CrAl)N depositados por PAPVD sobre ferramenta de metal duro com diferentes rugosidades superficiais**”
<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-8XTQ4L>, acessado em 26 de dezembro 2015.

7 DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

EVALUATION OF FRICTION COEFFICIENT IN TEST PIN ON DISC PAIR TRIBOLOGICAL ABNT 1020 – ABNT 1020 FOR CONVENTIONAL FRICTION WELDING PROCESS

Anderson Júnior Dos Santos, ndersonsantos@hotmail.com²

Diogo Azevedo De Oliveira, diogoazev@yahoo.com.br²

Marcelo Araújo Câmara, marcelocamara@demec.ufmg.br²

Klaus Higor Dos Santos Silva, klaushigor@yahoo.com.br¹

Natanael Geraldo E Silva Almeida, natanaelgsa@gmail.com²

¹ Pontifícia Universidade Católica De Minas Gerais, Rua Rio Comprido, 4.580, CEP 32010-025 Contagem/MG

² Universidade Federal De Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, CEP 31270-901 Belo Horizonte/ MG

Abstract. *The friction welding process emerges as an alternative technology to join similar and dissimilar materials. The main advantages are the fact of having a high mechanical strength junction and the non – generation of harmful pollutants gases to the environment. The determination of the coefficient of friction between the joins to be welded is an important factor for the turning moment and power necessary for the engine to achieve a high strength weld. The purpose of this study is to determine the coefficient of friction between the contact of ABNT 1020 steel with ABNT 1020 steel for the welding process by conventional friction. Pin on disk tests were done with constant load of 15 N in tribometer for the sliding distances of 18, 43, 85 and 172 meters while keeping constant sliding speed of 0,16 m/s using four identical steel pins ABNT 1020 and ABNT 1020 steel disc.*

Keywords: *Conventional friction welding, coefficient of friction, steel ABNT 1020, pin on disc*