

ENSAIO PINO SOBRE DISCO DO PAR TRIBOLÓGICO METAL DURO REVESTIDO COM (TiAl)N E AÇO ABNT H13 NORMALIZADO

Anderson Júnior Dos Santos

Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
ndersonsantos@hotmail.com.br

Natália Fernanda Santos Pereira

Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
natsantos23@gmail.com

Bárbara Cristina Mendanha Reis

Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
babi_mreis@hotmail.com

Juan Carlos Campos Rúbio

Universidade Federal De Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
juan@demec.ufmg.br

Marcelo Araújo Câmara

Universidade Federal De Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
marcelocamara@demec.ufmg.br

Resumo. O aço ABNT H13 apresenta boa resistência ao choque térmico e a fratura sendo aplicado em matrizes de conformação a quente. O principal objetivo do trabalho foi analisar a influência da geometria dos pinos com topo reto e esférico sobre a perda de massa entre o par tribológico metal duro revestido com nitreto de alumínio titânio (TiAl)N contra o aço ABNT H13 normalizado (219 ± 3 HV) por meio do ensaio pino sobre disco (PSD) e perfilometria de contato. Sendo assim, os revestimentos dos pinos foram depositados em metal duro pelo processo de deposição física de vapor (PVD). Já para os ensaios PSD foram utilizadas velocidade de deslizamento de 62.80 m/min, diâmetro da pista de 41.50 mm e distância total percorrida de 8300 metros. Dessa forma, foi observado após o ensaio PSD que houve influência da geometria do pino sobre a força de atrito e perda de massa total do sistema tribológico. Desta forma, os pinos com o topo reto apresentaram maiores forças de atrito com valor médio de 3.5 ± 0.14 N contra 2.46 ± 0.17 N dos pinos de topo esférico. Já os pinos de topo esférico apresentaram maiores perdas de massa com valor médio de 0.090 g contra 0.013 g dos pinos com topo reto.

Palavras chave: Aço ABNT H13. Ensaio pino sobre disco. (TiAl)N. Metal duro.

1. INTRODUÇÃO

O aço ABNT H13 é um aço equivalente ao AISI H13 e tem sido largamente utilizado em matrizes para forjamento a quente devido a sua boa resistência ao choque térmico e a fadiga térmica (LI *et al.*, 2018). O desgaste por deslizamento, caracterizado pela ação das tensões de contato que geralmente ocasionam um dano à superfície e perda de massa devido a remoção de material na forma de *debris*, geralmente é observado nas aplicações do aço ABNT H13 devido suas aplicações estarem sujeitas ao contato entre duas superfícies rugosas (ZUM-GAHR, 1987).

Três mecanismos de desgaste, abrasivo, adesivo e oxidativo, predominam quando o desgaste por deslizamento ocorre entre aços (ARCHARD *et al.*, 1956). Holmberg (2001) acrescenta que estes três mecanismos atuam de forma dominante durante o regime de amaciamento (*running*) e permanente para o sistema tribológico estabelecido. Além disso, o conhecimento do mecanismo de desgaste atuante permite obter a predição do tempo de utilização de um determinado componente (HOLMBERG, 2001).

Quando se fala em tribologia existe uma lacuna relacionada a escolha do experimento que possa reproduzir de maneira fidedigna as condições reais de atrito do cotidiano sendo um problema de comum discussão entre pesquisadores. Os métodos de desgaste de laboratório não são projetados para reproduzir exatamente as condições de trabalho atuais da parte analisada em si, mas serve para engenheiros e pesquisadores extrapolar os resultados para a aplicações reais. Sendo assim, um ensaio comum utilizado para avaliar a resistência ao desgaste de um determinado par tribológico é denominado ensaio pino sobre disco (PSD). Por meio desse ensaio, um pino é comprimido sobre a superfície de um disco, em rotação

uniforme, devido a uma carga normal aplicada. Logo, pode ocorrer diversos mecanismos de desgaste durante o ensaio PSD, a saber: adesão, abrasão, oxidação e deformação plástica (HOLMBERG, 1994).

O presente trabalho teve como objetivo realizar o estudo da perda de massa do sistema tribológico constituídos de pinos de metal duro com topo reto e esférico revestidos com (TiN)Al contra o aço ABNT H13 normalizado durante o ensaio PSD a seco. Todas as análises foram realizadas no regime permanente do sistema tribológico variando apenas a geometria dos pinos com o propósito de verificar a influência da geometria do pino sobre a perda de massa do sistema tribológico.

1. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os discos utilizados para realização do ensaio PSD com dimensões de 55 x 55 x 6 mm de aço ABNT H13 normalizado (Tab. 1), com dureza de 219 ± 3 HV. Os pinos de metal duro com 6 mm de diâmetro foram retificados e revestidos com o filme de (TiAl)N pelo processo PVD pela empresa Oerlikon Balzers.

Tabela 1. Composição química do aço ABNT H13 (% peso) (Gerdau, 2017)

Al	C	Cr	Mn	Mo	Ni	P	Pb	S	Si	Sn	V	W
0,018	0,390	5,050	0,360	1,210	0,080	0,016	0,001	0,002	0,980	0,006	0,851	0,030

Os discos utilizados neste trabalho, foram inicialmente fresados com velocidade de corte de 100 m/min, avanço por de dente de 0.12 μm em um centro de usinagem Romi modelo Discovery 560 com potência de 9,0 kW e rotação máxima de 7500 rpm, com comando numérico Siemens 810D e em seguida submetidos ao lixamento manual das superfícies com lixas d'água com granulometria entre 80 a 600 até atingir rugosidade média (R_a) de 0.10 ± 0.05 μm . Os pinos e discos foram limpos em uma solução de acetona no ultrassom Branson modelo 1800 por 10 minutos, antes e depois de cada ensaio PSD, sendo posteriormente secadas em ar quente. Este procedimento minimizou a presença de um terceiro corpo durante a pesagem inicial e final dos ensaios. Os ensaios PSD foram realizados a seco com carga normal de 4 N, tanto os pinos de metal duro de topo reto quanto para os pinos esférico foi utilizada uma velocidade de deslizamento de 62.80 m/min, diâmetro da pista de 41.50 mm e distância total percorrida de 8300 metros. Os equipamentos utilizados foram uma balança de precisão Shimadzu modelo AX200, tribômetro fabricado pela Micro Photonics Modelo MT60 (Fig.1), perfilômetro de contato, Hommelwerk modelo T8000 e durômetro universal, marca Wolpert modelo D6700.

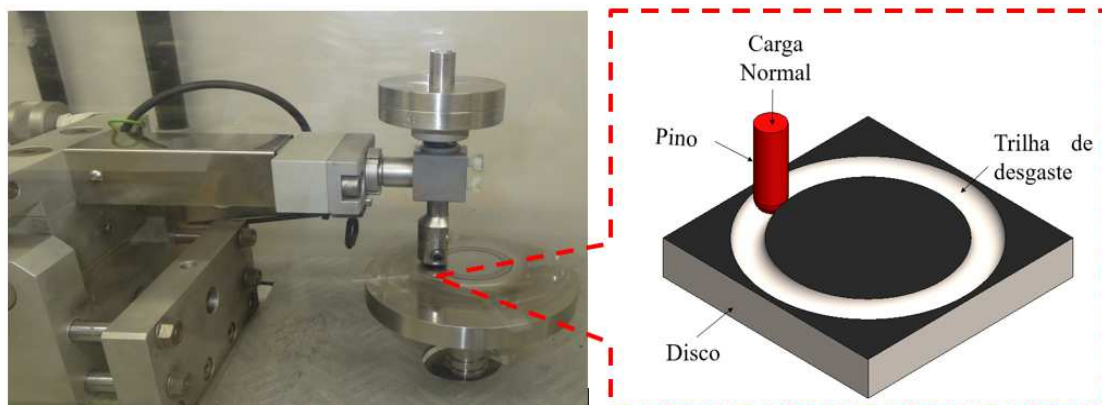


Figura 1. Tribômetro Micro Photonics Modelo MT60 (Autores, 2019)

Foram realizados quatro ensaios dos quais, dois são réplicas, sendo os ensaios 1 e 2 correspondentes aos pinos de topo reto e os ensaios 3 e 4 são referentes aos pinos de topo esférico. Em relação a perda de massa, foi considerado a perda de massa total, ou seja, a perda de massa referente aos pinos somada com a perda de massa dos discos.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio pino sobre disco

Os resultados de força de atrito em relação à distância de deslizamento estão representados por meio das curvas da Fig. 2.

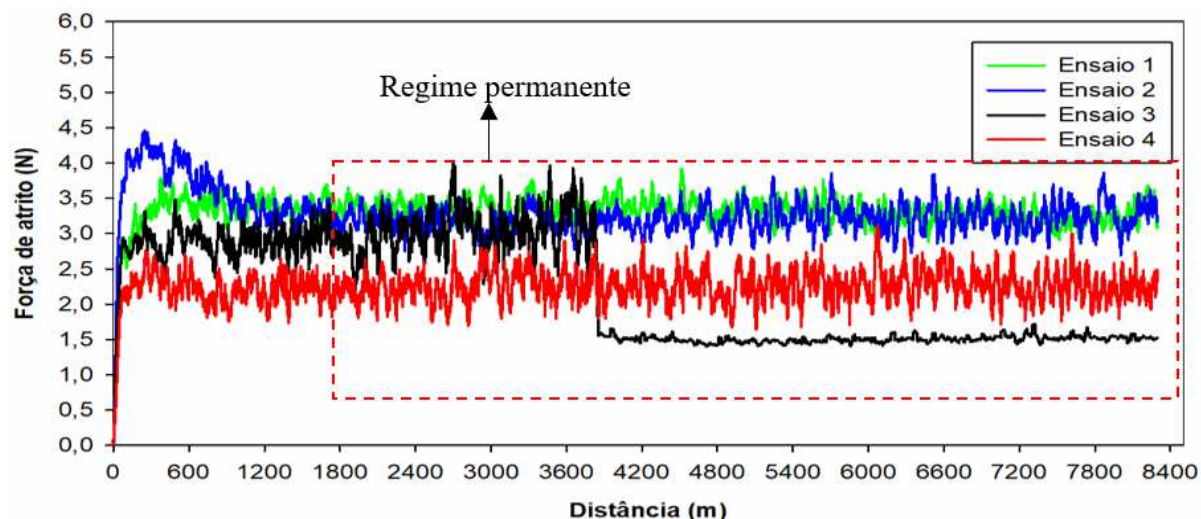


Figura 2. Força de atrito x distância de deslizamento para a velocidade de deslizamento de 62.80 m/min (Autores, 2019)

As curvas de força de atrito em relação a distância de deslizamento (Fig.2) apresentam duas regiões correspondentes ao período de amaciamento (*running*) no intervalo aproximado de 0 a 1800 metros e ao regime permanente de atrito entre 1800 a 8300 metros. A partir do ponto de 1800 metros, verificou-se que os pinos de topo reto (ensaios 1 e 2) apresentaram maior força de atrito em relação aos pinos de topo esférico (ensaios 3 e 4) com valores médios de 3.50 ± 0.14 N e 2.46 ± 0.17 N. A maior força de atrito para os pinos de topo reto pode ser um indicativo da maior interação entre as asperezas das superfícies durante o regime permanente de desgaste. Esta hipótese, sugere uma maior área real de contato e uma menor tensão de contato entre o pino e o disco na interface, que consequentemente ocasionou a maior resistência ao deslizamento entre as superfícies.

Ademais, verifica-se no ensaio 3 (pino de topo esférico) uma queda na força de atrito de 3.50 N para 1.50 N no intervalo de 3600 a 4200 metros. Adicionalmente, pode ser observado que para o ensaio 4 (réplica do ensaio 3) a força de atrito manteve-se constante em aproximadamente 2.20 ± 0.22 N no regime permanente.

Sobre a perda de massa total do sistema, o ensaio 3 foi o que apresentou a maior perda de massa. A Figura 3 mostra a perda de massa total relativo aos pinos e discos utilizados em função da média e desvio padrão referente as 10 medições realizadas na balança.

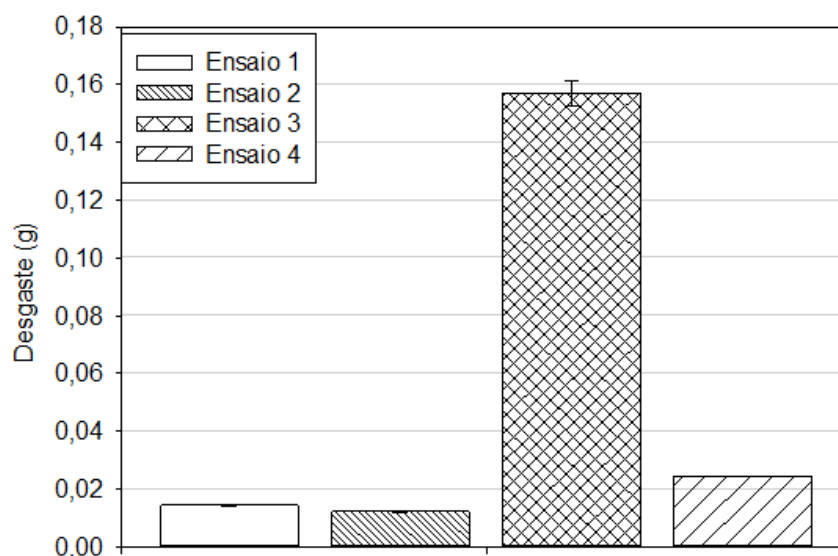


Figura 3. Gráfico da perda de massa após o ensaio PSD (Autores,2019)

A Figura 3 mostra que as perdas de massas foram maiores para os pinos de topo esférico (ensaios 3 e 4) com valores de 0.16 g e 0.03 g contra 0.014 g e 0.012 g para os ensaio 1 e 2. Apesar de não ter realizado a caracterização dos pinos com o MEV ou difração de raio-x a Figura 3 sugere a hipótese, que o revestimento do pino de topo esférico do ensaio 3

desplacou durante o regime permanente ocasionando uma maior perda de massa do sistema devido ao contato do substrato de metal duro com o disco na interface. Por último, vale ressaltar que o material removido durante os ensaios inclusive o possível revestimento que deslocou do pino do ensaio 3 formou - se os *debris* que não foram analisados neste trabalho.

Textura da superfície de desgaste

A Figura 4 apresenta as imagens obtidas na perfilometria de contato das superfícies desgastadas dos discos. Nas superfícies dos ensaios 1 e 2 foi possível observar evidências que as trilhas formadas são mais largas e apresentam profundidades menores em relação aos ensaios 3 e 4. Além disso, para o ensaio 3 foi observado a maior profundidade da trilha.

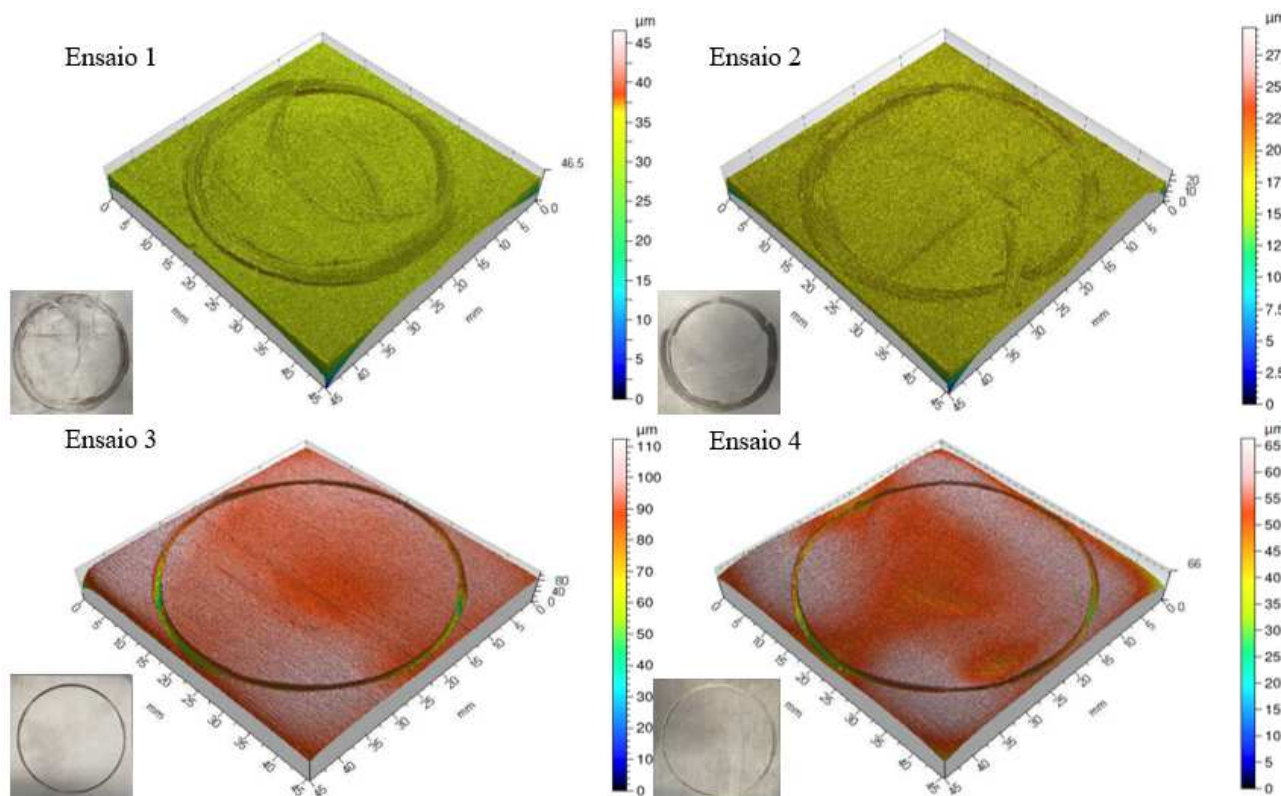


Figura 4. Textura da superfície de desgaste dos discos após o ensaio PSD (Autores, 2019)

Verifica-se nas Figuras 3 e 4 que para as mesmas condições de ensaio a geometria do pino representou uma influência na perda de massa do sistema tribológico. Desta maneira, os pinos retos (ensaios 1 e 2) apresentaram maiores força de atrito e menores perdas de massas em comparação com os pinos de topo esférico, isso pode ser justificável pela maior área de contato na interface do pino com o disco, ocasionando maior adesão entre as asperezas e maior resistência ao deslizamento e melhor distribuição das tensões na interface do pino com o disco.

3. CONCLUSÕES

Nesta seção são apresentadas as principais conclusões extraídas desta pesquisa, que teve como objetivo analisar a influência da geometria dos pinos sobre a perda de massa durante o ensaio PSD, concluiu-se que:

- O sistema tribológico constituído pelos pinos de topo reto e aço ABNT H13 apresentaram menor perda de massa total em comparação aos pinos com topo esférico. A partir de tal resultado, inferiu-se que ocorreu maior área de contato real e maior força de atrito e, conseqüentemente, uma menor tensão de contato entre o pino e o disco.
- Os pinos de topo esférico apresentaram um aumento na perda de massa total e uma redução da força de atrito devido a menor área real de contato e maior tensão de contato.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores dessa pesquisa agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, CNPq, FAPEMIG, pelo apoio à realização desta pesquisa. A empresa Oerlikon Balzers pelo revestimento dos pinos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

5. REFERÊNCIAS

- Archard, J.F., e Hirst, W., 1956. “*The wear of metals under unlubricated conditions*”. Proceedings of the Royal Society of London, Vol. 236, p. 397-410
- Holmberg, K., 2001. “*Realiability aspects on tribology*”. Tribology International, Vol. 34, p. 801-808
- Holmberg, K., e Matthews, A., 2009. *Coating Tribology*. Elsevier, London, 2ª edição.
- Li, B., Zhang, S., Zhang, Q., Chen, J., e Zhang, J., 2018. “*Modelling of phase transformations induced by thermos-mechanical loads considering stress-strain effects in hard milling of AISI H13 steel*”. International Journal of Mechanical Sciences, Vol. 149, p. 241-243
- Zum-Gahr, K., 1987. *Microstructure and Wear of Materials*. Elsevier, North-Holland, 10ª edição.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

PIN ON DISC TEST TRIBOLIC PAIR TUNGSTEN CARBIDE PIN COATED WITH (TiAl)N AND ABNT H13 NORMALIZED

Anderson Júnior Dos Santos

Universidade Federal De Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
ndersonsantos@hotmail.com.br

Natália Fernanda Santos Pereira

Universidade Federal De Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
natsantos23@gmail.com

Bárbara Cristina Mendanha Reis

Universidade Federal De Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
babi_mreis@hotmail.com

Juan Carlos Campos Rúbio

Universidade Federal De Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
juan@demec.ufmg.br

Marcelo Araújo Câmara

Universidade Federal De Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901
marcelocamara@demec.ufmg.br

Abstract. ABNT H13 steel presents good resistance to thermal shock and the fracture being applied to hot forming dies. The main objective of this work was to analyze the influence of the geometry of the pins with straight and spherical top on the loss of mass between the tribological pair of carbide coated with titanium aluminum nitride (TiAl)N against normalized ABNT H13 steel (219 ± 3 HV) through the pin-to-disk (PSD) test and contact profilometry. Thus, the coatings of the pins were deposited in hard metal by the process of physical vapor deposition (PVD). For the PSD tests, a sliding speed of 62.80 m / min, a runway diameter of 41.50 mm and a total distance of 8300 m were used. Thus, it was observed after the PSD test that there was influence of the pin geometry on the friction force and mass loss of the tribological system. In this way, the pins with the straight top presented higher friction forces with an average value of 3.5 ± 0.14 N versus 2.46 ± 0.17 N of the spherical top pins. The spherical top pins presented larger mass losses with a mean value of 0.090 g versus 0.013 g of the straight top pins.

Keywords: Steel ABNT H13, pin on disk test, (TiAl)N, tungsten carbide.

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.