

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA CARGA NORMAL APLICADA SOBRE O COMPORTAMENTO TRIBOLÓGICO DO WC

Sylvia Katherine de Medeiros Moura, sylviakatherine1995@gmail.com¹

Dyego Monteiro de Sousa, dyego_ms@hotmail.com¹

João Telésforo Nobrega de Medeiros, jtelesforo@yahoo.com¹

Marcello Filgueira², marcello@uenf.br²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Avenida Hermes Fonseca - s/n Museu Camara CA, RN, 59084-100,

²Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque California, Campos dos Goitacazes - RJ, 28013-602,

Resumo: O Carbetto de Tungstênio é um material já amplamente utilizado pela indústria metal mecânica principalmente como ferramenta de corte; em virtude de sua dureza e resistência ao desgaste elevada. Este material consiste basicamente de WC e pequenas quantidades de ligante metálico, sendo Co o principal ligante utilizado atualmente. Visando a nacionalização do processo de fabricação de insertos, O grupo GEMa da UENF vem desenvolvendo um ligante alternativo a base de Nióbio e Níquel. Em vista disto, é de grande importância o estudo das propriedades tribológicas (atrito e desgaste) deste novo composto devido a necessidade industrial de se conhecer os fatores que influenciam a redução da vida útil desse material. Neste trabalho foram realizados ensaios tribológicos em um equipamento com a configuração pino sobre disco, como corpo de prova foi utilizado um pino de WC (90% de WC + 10% de ligante sendo este ligante composto por 90% Nb + 10% Ni) como contra corpo foi utilizado discos de aço AISI 4140, como forma de quantificar o desgaste foi medida a perda mássica do par tribológico. Antes do ensaio tribológico foi realizada a caracterização da superfície das amostras através de medidas de rugosidade através dos parâmetros Ra, Rq e Rz. Após os ensaios as superfícies foram analisadas em MEV/EDS. Os resultados desses ensaios mostraram como esperado que a variação da carga aplicada influencia diretamente no desempenho tribológico do par estudado.

Palavras-chave: WC, Desgaste, Atrito, Pino sobre disco.

1. INTRODUÇÃO

Devido à crise energética, problemas ambientais, econômicos, de segurança, o controle e a minimização do atrito e do desgaste são questões cruciais em aplicações tribológicas e, portanto, há uma crescente demanda industrial por materiais resistentes ao desgaste e que apresentem um alto desempenho quando aplicados em condições tribológicas severas (Yaman, 2014).

O progresso técnico e a efetividade da produção industrial atual estão intimamente ligados à aplicação de novos materiais ferramentais, principalmente materiais com elevada dureza e resistência ao desgaste. Dentre estes materiais destaca-se o WC, já são amplamente utilizados em várias aplicações, por exemplo, como ferramentas para corte de metais e perfuração de rocha, devido à sua alta dureza e excelente resistência ao desgaste (L. Prakash, 2014).

Normalmente, o metal duro consiste basicamente de WC e pequenas quantidades de ligante metálico, como Co, Ni, Fe, etc. O Cobalto é o ligante mais comum, devido à sua boa molhabilidade para WC (PengFan, 2013). No entanto, o cobalto é um metal relativamente escasso, caro e prejudicial à saúde humana em várias aplicações de engenharia onde há a formação de seu pó ou vapor (por exemplo, em operações de usinagem). Assim, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas buscando a substituição desse ligante, mantendo, porém, as propriedades mecânicas (Liu, 2017 e Santos, 2017).

Dentre os metais investigados, o níquel tem se mostrado o mais adequado para substituir o cobalto como fase ligante. No entanto, apresenta as propriedades de dureza e resistência inferiores às aquelas verificadas no metal duro WC-Co. Para melhorar essas propriedades, adiciona-se ao níquel outros elementos de liga. Os diagramas de equilíbrio de fases binários indicam que vários elementos podem causar o efeito de endurecimento, por solução sólida necessário na fase ligante a base de níquel, destacando-se Si, Al, Mn, Cr, Nb e Fe (Santos, 2017).

Oliveira (2016) visando nacionalização do processo de fabricação de insertos para uso em usinagem de metais realizou um estudo no qual produziu pastilhas de WC, cBN e multicamadas (cBN/WC) utilizando como ligante o Nb-Ni.

Assim este trabalho se propõe ao estudo tribológico do WC tendo como ligante Ni-Nb, visando verificar a influência da carga aplicada sobre o par tribológico estudado.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado como corpo de prova (C.P.) um pino de WC, tendo como ligante 90% Nb + 10% Ni, com $3,9 \pm 0,2$ mm de altura e $4,8 \pm 0,1$ de diâmetro; como contra corpo (C.C.) foram utilizados discos de aço AISI 4140 (30 ± 2 HRC) com 30 mm de diâmetro e 10 mm de altura, “Fig. 1”.



Figura 1.A) Pino de WC, B) Discos de AISI 4140

Foi necessário submeter o pino de WC a um processo que tornasse a sua superfície o mais regular possível para garantir que o contato entre o par tribológico fosse conforme. Para isso, o pino de WC foi embutido em resina ortoftálica, e logo em seguida foi desbastado em uma lixa com granulometria de #100, por o WC apresentar uma dureza superior a lixa, foi adicionado na região do contato pasta de diamante com $50 \pm 10 \mu\text{m}$, o processo de lixamento foi realizado em Politriz/ lixadeira metalográfica. Por fim, o pino foi retirado da resina. Os discos de aço passaram pelo processo de usinagem através do torneamento mecânico seguido do processo de retificação, assegurando assim um nível de acabamento superficial similar para todos os corpos de prova.

A quantificação do desgaste do par tribológico foi realizado através da medida da massa do pino e dos discos antes e após o ensaio tribológico.

A rugosidade superficial do C.C., foi realizada com o intuito de garantir que todos os discos tenham uma rugosidade semelhante após serem retificados. Foram feitas 12 medidas nas posições 1, 2, 3 e 4, sendo feitas 3 medidas em cada ponto. O corte da retificação foi feito no sentido como é apresentado na “Figura 2”. As medidas foram obtidas através de um perfilômetro da marca Taylor Hobson, modelo Surtronic 25. O aparelho foi conectado ao computador e os dados obtidos através do software Taly profile Silver Edition da Taylor Hobson. Sendo captados os valores de R_a , R_q e R_z .

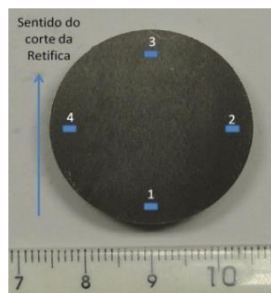


Figura 1. Esquema para análise de rugosidade.

Os ensaios tribológicos foram realizados em um equipamento com a configuração pino contra disco da empresa Magnum Engineer, “Fig. 3”. Através deste equipamento foi possível medir o atrito dinâmico e a taxa de desgaste do par tribológico estudado que são monitorados através de uma célula de carga e um sensor LVDT, respectivamente. Após os ensaios tribológicos foi feita análise da trilha de desgaste através MEV/EDS, visando a caracterização dos mecanismos de desgaste presentes bem como a adesão de um filme tanto no pino quanto nos discos. Os pontos selecionados para análise seguem a mesma metodologia utilizada nas medidas de rugosidade.

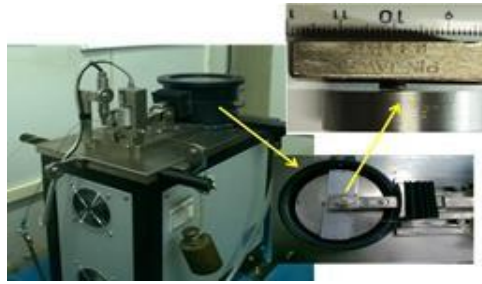


Figura 2. Bancada de Ensaio Pino sobre Disco.

Os parâmetros utilizados nos ensaios estão descritos na “Tabela 1”.

Tabela 1. Parâmetros dos ensaios.

	Rotação do Disco (RPM)	Velocidade de deslizamento (m/s)	Distância de deslizamento (m)	Carga (N)	Duração do ensaio (min)
Ensaio 1	1000	1,047	1885	150	60
Ensaio 2	1000	1,047	1885	100	60

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os discos utilizados em ambos os ensaios, como esperado, apresentaram um valor de rugosidade similar o que indica a eficiência do processo de retificação “Tab. 2”.

Tabela 2. Valores de Rugosidade.

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Ra (μm)				
Ensaio 1	0,09	0,17	0,05	0,17
Ensaio 2	0,15	0,15	0,09	0,15
Rq (μm)				
Ensaio 1	0,21	0,21	0,46	0,21
Ensaio 2	0,19	0,19	0,12	0,19
Rz (μm)				
Ensaio 1	0,86	0,86	0,25	0,85
Ensaio 2	0,81	0,81	0,43	0,79

O coeficiente de atrito dinâmico medido ao longo do ensaio tribológico “Fig. 4”, apresentaram valores similares em ambas as cargas utilizadas neste trabalho, tendo o ensaio 1 apresentado valores de coeficiente de atrito superior ao ensaio 2. Com exceção ao início do ensaio 1, onde o COF atingiu o valor de 1,6 este valor elevado pode ter sido devido a acomodação do contato entre o par tribológico, uma vez que o sistema entrou em regime, os valores do coeficiente de atrito permaneceram na mesma faixa.

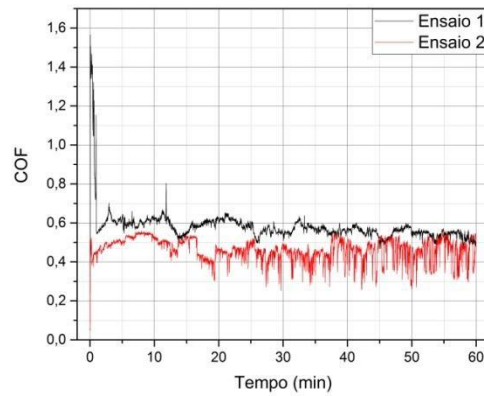


Figura 3. Coeficiente de atrito.

Como esperado a variação da carga aplicada, gerou uma diferença significativa no desgaste dos discos, tendo o ensaio 1 apresentado um desgaste mais severo “Fig. 5”. Este fato é melhor quantificado através dos dados da profundidade de desgaste “Fig. 6”. Onde em ambos os casos as curvas apresentam uma elevação brusca referente a fase de running-in, mantendo uma tendência de elevação do desgaste "mais suave" quando o sistema entra em regime.

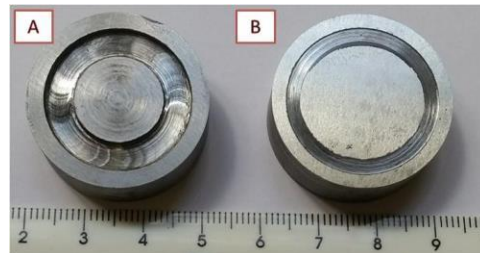


Figura 4. Discos de AISI 4140 após ensaio pino sobre disco. A) Ensaio 1, B) Ensaio 2

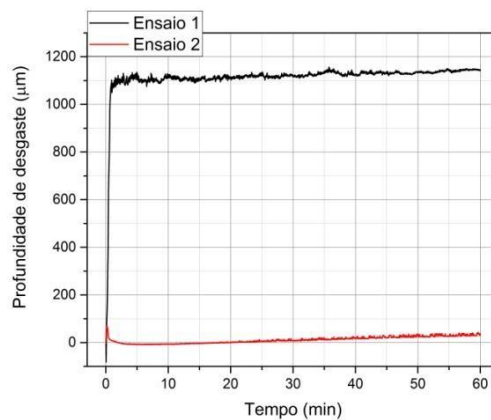


Figura 5. Gráfico Profundidade de desgaste x Tempo.

Analisando mais detalhadamente os dados obtidos no ensaio 2 “Fig. 7”, a curva de profundidade de desgaste apresentou um valor negativo entre aproximadamente 2,5 a 20 min de ensaio, isto indica que houve alguma adesão no pino ou no disco. A partir de 20 min a curva apresenta valores positivos o que coincide com o aumento na variação das curvas de COF e temperatura isto pode ser devido, por exemplo, a uma partícula de terceiro corpo presente na região do contato tornando o desgaste mais severo.

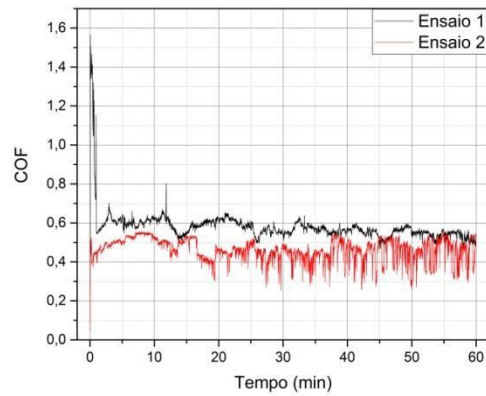


Figura 6. Ensaio 2.

A análise em MEV “fig. 8 e 9” indica que o mecanismo de desgaste predominante no discos em ambas as condições ensaiadas é o desgaste abrasivo, uma vez que os C.C apresentam sulcos em toda trilha de desgaste. Também é possível constatar o mecanismo de fadiga de contato, conforme ilustrado pela formação de trincas e perda de material, este mecanismo está mais presente no ensaio 1, porém também ocorreu no ensaio 2.

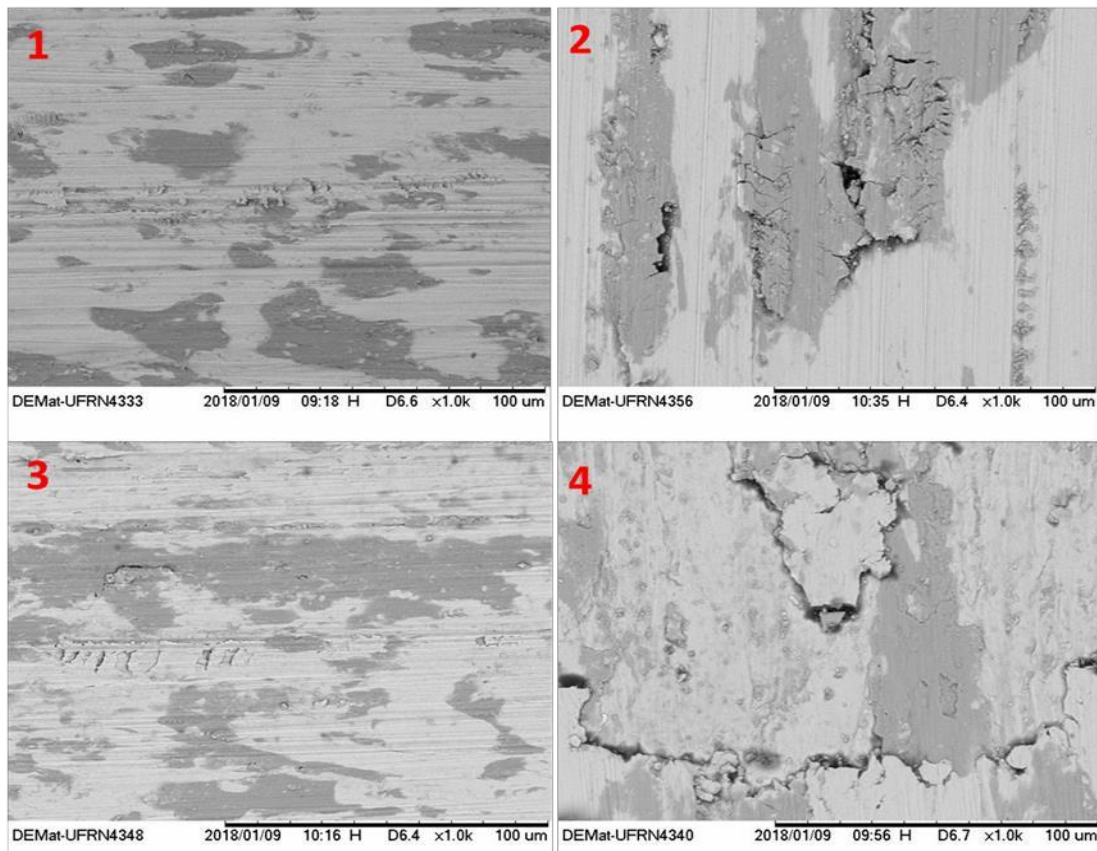


Figura 7. Análise em MEV das regiões 1,2,3,4 para o ensaio 1.

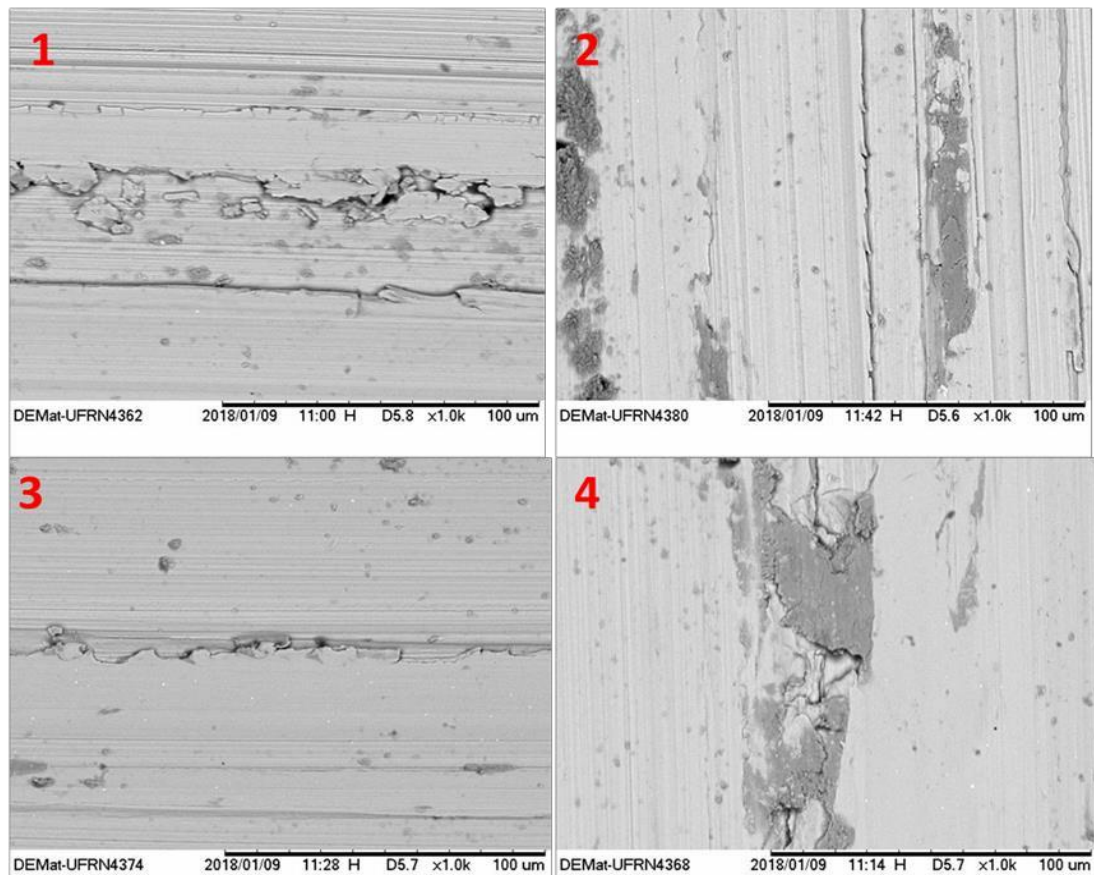


Figura 8. Análise em MEV das regiões 1,2,3,4 para o ensaio 2.

A “Figura 10” apresenta os valores de perda mássica para ambos os ensaios, analisando as colunas, pode-se comprovar os dados apresentados anteriormente onde o ensaio 1 apresentou um desgaste mais severo, tendo os discos uma perda mássica de 4,3%, já os discos do ensaio 2 0,1%. Os pinos utilizados nos ensaios 1 e 2 tiveram uma perda de 0,29 e 0,24%, respectivamente.

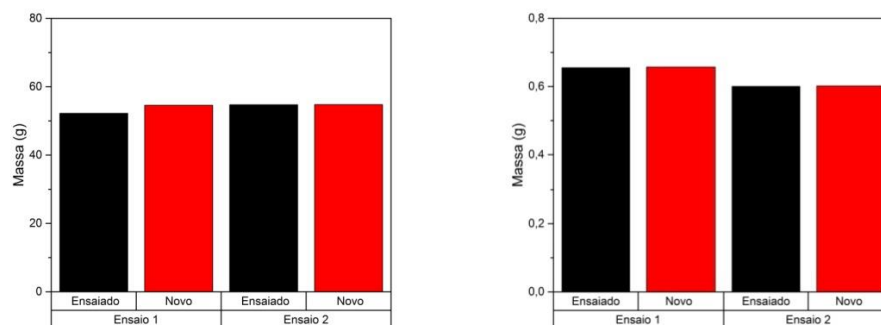


Figura 9. Perda mássica, A) Disco, B) Pino

4. CONCLUSÃO

O aumento da carga aplicada em 50% provocou um significativo aumento na profundidade de desgaste obtido através do ensaio pino sobre disco, o que se pode comprovar através da perda mássica, onde o ensaio 1 apresentou uma perda de 4,3 % e o ensaio 2 de 0,1%

Para ambas as condições de ensaios testadas os pinos de WC apresentaram um comportamento tribológico satisfatório, o ensaio 1 apresentou uma perda de 0,29 % e o ensaio 2 de 0,24%.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado por CAPES, Grupo de Estudos de Tribologia e Integridade Estrutural da UFRN (GET), PPGEM-UFRN.

6. REFERÊNCIAS

- Yaman, B. Mandal, H. "Wear performance of spark plasma sintered Co/WC and cBN/Co/WC composites". Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials. Vol. 42, pp. 9–16, 2014.
- L. Prakash, Fundamentals and general applications of hardmetals, Ref Modul Mater Sci Mater Eng, Compr Hard Mater 1 (2014) 29–90.
- Peng Fan, Z. Zak Fang, Jun Guo, A review of liquid phase migration and methods for fabrication of functionally graded cemented tungsten carbide, Int J Refract Met Hard Mater 36 (2013) 2–9.
- Liu, Y., Cheng, J., Yin, B., Zhu, S., Qiao, Z., Yang, J. "Study of the tribological behaviors and wear mechanisms of WC-Co and WC-Fe3Al hard materials under dry sliding condition". Tribology International, vol. 109 p. 19–25, 2017
- Santos, J. N., Klein, A. N., Correa, E. O. " Desenvolvimento de metais duros wc-ni-si para aplicações de engenharia" Tecnol. Metal. Mater. Miner., vol. 6, p. 162-166, 2010.
- Oliveira, J. M. "Desenvolvimento da tecnologia de obtenção de pastilhas duplas superduras à base de cbn-wc empregando um ligante sinterizante inovador". Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2016.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE NORMAL LOAD APPLIED ON THE TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF WC

Sylvia Katherine de Medeiros Moura, sylviakatherine1995@gmail.com¹

Dyego Monteiro de Sousa, dyego_ms@hotmail.com²

João Telésforo Nobrega de Medeiros, jtelesforo@yahoo.com²

Marcello Filgueira^{2,3}, marcello@uenf.br^{2,3}

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Avenida Hermes Fonseca - s/n Museu Camara CA, RN, 59084-100,

²Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque California, Campos dos Goitacazes - RJ, 28013-602,

Abstract. Tungsten carbide is a material already widely used by the metal mechanic industry primarily as a cutting tool; by virtue of your hardness and high wear resistance. This material consists basically of WC and small amounts of metal ligand, being the main binder used currently. Targeting the nationalization of manufacturing process of inserts, the GEMa group of UENF is developing a Niobium-based alternative ligand and nickel. In view of this, is of great importance to the study of friction and wear of this new compound due to industrial needs to know the factors that influence the reduction of the lifetime of this material. Tribológicos tests were performed in this work in an outfit with pin configuration on disc, as the body of evidence was used a WC (90% de WC + 10% binder and binder composed of 90% Nb + 10% Ni) as against body was used steel AISI 4140 discs, as a way to quantify the wear was measured mass loss of tribological pair. Before the tribological test was held the samples surface characterization through measures of roughness parameters Ra, Rq through and Rz. After rehearsals the surfaces were analyzed in SEM/EDS. The results of these trials have shown as expected that the variation of the applied load influences directly on the tribological performance of the pair studied.

Keywords: WC, wear, Friction, PIN on disc.