

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MATRIZ METÁLICA Ni-Sn E Co-Sn OBTIDAS PELA TÉCNICA DA METALURGIA DO PÓ ¹

Hellen Cristine Prata de Oliveira²
Stênio Cavalier Cabral³
Renan S. Guimarães⁴
Marcello Filgueira⁵

Resumo

No trabalho atual, as matrizes metálicas 82%Ni-18%Sn e 82%Co-18%Sn foram analisadas a fim de substituir o cobalto pelo níquel em matriz metálica para atuar como ligante em ferramentas diamantadas. Os pós metálicos foram misturados e então prensados a quente, onde a mistura foi depositada em orifícios em uma matriz de grafite e submetida a uma temperatura de 800°C, tempo de 3 minutos e pressão de 35 MPa, ocorrendo a sinterização. Realizaram-se nestes sinterizados ensaios de abrasão, dureza HRB a fim de avaliar as propriedades mecânicas das matrizes metálicas.

Palavras-chave: Metalurgia do pó; Sistemas Ni-Sn e Co-Sn; Prensagem a quente.

ANALYSIS OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE METALLIC MATRIX Ni-Sn AND Co-Sn OBTAINED BY THE TECHNIQUE OF THE POWDER METALLURGY

Abstract

In the current work, the metallic matrix 82%Ni-18%Sn and 82%Co-18%Sn were analyzed in order to substitute the cobalt for the nickel in metallic bond to act as bonding in diamond tools. The metallic powders were mixed and then hot-pressed, where the mixture was deposited in holes in a graphite matrix and submitted the a temperature at 800 °C, time at 3 minutes and pressure at 35 MPa, occurring the sintering. Accomplished in these sintering of the wear test, hardness HRB in order to evaluate the mechanical properties of the metallic matrix.

Key words: Powders metallurgy; Ni-Sn and Co-Sn systems; hot-pressing.

¹ Contribuição técnica ao 64 ° Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Doutoranda em Engenharia e Ciências dos Materiais - UENF, Campos dos Goytacazes, RJ.

³ Mestrando em Engenharia e Ciências dos Materiais - UENF, Campos dos Goytacazes, RJ.

⁴ Técnico do Laboratório de Materiais de Alta Dureza - UENF, Campos dos Goytacazes, RJ.

⁵ Eng. Mecânico, DSc. Engenharia e Ciências de Materiais – Professor Associado (PPGECM) Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências dos Materiais – UENF, Campos dos Goytacazes, RJ. <marcello@uenf.br>

1 INTRODUÇÃO

Algumas técnicas consideradas inovadoras de sinterização são capazes de sinterizar estruturas em curtíssimos intervalos de tempo. Por outro lado, é sabido que, quando se emprega altas taxas de aquecimento, obtêm-se igualmente altas taxas de sinterização. A sinterização com auxílio de pressão possui dois fatores promotores de sinterização e que são usados simultaneamente: temperatura e pressão. A temperatura promove o aumento de transporte de material enquanto que a pressão intensifica ainda mais este transporte, por deformação plástica e deslizamento de partículas inteiras. Este método é recomendado quando se deseja sinterizar materiais que são dificilmente sinterizados somente por aquecimento ou quando se quer garantir o fechamento completo da porosidade de estruturas usualmente sinterizadas apenas por aquecimento.⁽¹⁾

Por muitos anos o cobalto tem sido usado no processamento das ferramentas diamantadas, por isso, quase a totalidade das ferramentas diamantadas comerciais é feita utilizando como ligante o cobalto e em grandes quantidades. Apesar de promover elevada aderência para com o diamante, o mesmo é altamente tóxico, quando do seu beneficiamento, é pouco disponível no mercado nacional e é muito caro (R\$400,00/Kg) quando comparado com pós facilmente encontrados no mercado brasileiro.^(2,3)

Atualmente muitos pesquisadores têm buscado em criar ferramentas diamantadas com baixo teor de cobalto e até mesmo eliminá-lo das matrizes metálicas. As ligas que tem se destacado neste perfil é a Cobalite, Keen e Next.

O cobalite HDR, por exemplo, é uma liga à base de ferro com 66%pFe-7%pCu-27%pCo, dura, resistente à oxidação e, como ligante, apresenta excelente resistência à abrasão e, a qual combina excelente retenção do diamante com um ótimo comportamento de sinterização. Excelentes propriedades são desenvolvidas em temperaturas de sinterização entre 750 e 850 °C obtendo 98% de densidade, dureza de 108 HRB e resistência ao impacto em torno de 150 J/cm² [3]. Neste senso, Kamphuis e Serneels [4], desenvolveram uma liga especial a base de Fe-Cu-Sn-W (cobalite CNF) que tem propriedades e “papel” similares ao do cobalto na ferramenta, mas com a vantagem de uma temperatura de sinterização muito menor e, em adição, pode ser obtido um excelente desempenho sem a presença de alguns aditivos comuns, como o níquel e principalmente o cobalto.⁽⁴⁾

Para as ligas Keen 10 e 20 exibiram ótima resistência mecânica combinada com alta ductilidade, propriedades que os fazem ideais em certas aplicações. A Keen 10 é um produto de custo de grande efeito dando a ferramenta uma boa vida útil. Keen 20, por outro lado é um produto de mais alta tecnologia que tem propriedades mecânicas excepcionais que são satisfatórias para a fabricação de segmentos usados em aplicações mais extremas. Ambos os produtos permitem ser misturados facilmente com aditivo tradicionais e são protegidos contra oxidação.⁽⁵⁾

As ligas pré-ligadas Next 100 (49,5%Cu-25,2%Fe-24,1%Co) e Next 200 (61,7%Cu-14,7%Fe-22,6%Co) sinterizadas a temperaturas baixas como 720°C e 650°C, respectivamente, mostraram resultado de 97% de densidade teórica. A dureza destas ligas está entre 85 HRBBe 109 HRB e, a NEXT 200 tem dureza maior que a NEXT 100 para temperaturas de sinterização na faixa de 600°C-650°C, o que é meramente um efeito atribuído à diferença de densidade. Entretanto, acima desta faixa de temperatura, NEXT 100 sempre apresenta uma dureza maior que a NEXT 200.⁽⁶⁾

O presente trabalho tem como objetivo estudar as matrizes metálicas 82%Ni-18%Sn e 80%Co-18%Sn a fim de analisar a possibilidade da substituição do cobalto pelo níquel em matriz metálica para atuar como ligante em ferramentas diamantadas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho, serão estudadas as matrizes de liga para ferramentas diamantadas do sistema Ni-Sn e Co-Sn, de acordo com as seguintes composições:

- 82%Ni - 18%Sn
- 82% Co - 18% Sn

As sinterizações destes pós metálicos serão realizadas na prensa a quente industrial Pyramid, que se encontra no Setor de Materiais de Alta Dureza – SMAD/UENF, utilizando os parâmetros: temperatura de 800 °C, tempo de 3 minutos e pressão de 35 MPa.

Os pós misturados e homogeneizados serão prensados a quente em uma matriz de sinterização de eletrografite com quatro cavidades cilíndricas de diâmetro 10 mm. Posteriormente é colocada a matriz de sinterização sobre o apoio inferior de grafite de tal modo que fiquem alinhados e então em cada orifício, contendo os pistões maiores, adiciona-se os pós misturados e pesados de acordo com a estequiometria e dimensões desejadas. E por último, fecham-se os orifícios preenchidos por pó pelos pistões de grafite menores, conferindo se todos os pistões se encaixam perfeitamente na matriz de sinterização, e a cubra com o apoio superior de grafite verificando se o conjunto está alinhado e centralizado na prensa. Após este processo é colocado o termopar e a prensa é ligada, tendo como resultado final um corpo metálico sinterizado.

A dureza é uma propriedade mecânica cujo conceito se segue à resistência que um material, quando pressionado por outro, apresenta ao risco ou à formação de uma marca permanente. A escala Rockwell B (HRB) foi conduzida a avaliar quais são as composições mais duras obtidas neste trabalho.

A dureza Rockwell B é medida a partir de uma marca deixada por um penetrador de aço esférico (1/16”). Os testes foram realizados em um durômetro Rockwell B da marca PANTEC, modelo RBS, disponível no laboratório de Metalurgia Física na UENF, aplicando-se uma carga de 62,5 kgf e 5 indentações por amostra.

Os corpos sinterizados estudados neste trabalho foram submetidos a ensaios de resistência a abrasão. O material para corte foi um granito cinza, com estrutura orientada, de granulometria grossa, variando de 4 mm a 20 mm. Foi então produzido um disco deste granito com diâmetro externo e interno de 70 cm e 40 cm respectivamente, com altura de 5 cm. Este disco foi instalado horizontalmente na mesa do Simulador Físico interfaceado com computador tipo AMSLER modificado, microprocessado modelo AB800-E fabricado pela Contenco, disponível no SMAD/UENF, e utiliza o software Pavitest Abrasímetro 2.31 para a obtenção de dados.

As amostras foram acopladas verticalmente ao disco de granito em um suporte com fixador. A rotação da mesa de granito foi de 20 rpm, com uma força vertical (peso solto) sobre as amostras de 2 kgf, o que representa as melhores condições de ensaios nesta máquina e para estes materiais segundo estudos realizados por Oliveira.⁽²⁾

Uma vez posicionada sobre o disco de granito, a amostra se mantém fixa em uma linha de corte. A profundidade de corte no disco de granito (desgaste da mesa) será medida por um LVDT (taxa de desgaste linear) acoplado ao eixo de fixação do

suporte das amostras. Mediu-se, além da perda de massa das amostras, a força de corte desenvolvida, *in situ*, durante o tempo de ensaio. Também são fornecidos dados de desgaste da ferramenta, volume de pedra arrancado e variação de rugosidade no disco de granito durante todo o decorrer dos testes. As amostras foram ensaiadas para um tempo de 2 minutos, 4 minutos e 6 minutos.

Cabe ressaltar que nestes ensaios as amostras são submetidas a condições bem mais severas que quando em operação de corte nas lavras de rochas ornamentais, pois há uma carga vertical aplicada e as irregularidades do disco de granito geram grandes impactos na zona de corte.

A cada novo ensaio, as amostras serão pesadas e então após o teste serão pesadas novamente em balança digital Scaltec de precisão 0,001g, para medir a variação de massa, Equação 1, e averiguar a resistência a abrasão, Equação 2:

$$\Delta M = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad (1)$$

onde: ΔM é a perda de massa (%); m_i é a massa inicial e m_f é a massa final.

$$RA = \frac{1}{\Delta M} \quad (2)$$

onde RA é a resistência à abrasão (%).

As amostras serão conduzidas ao teste de abrasão para determinar quais composições são mais resistentes ao desgaste. O maior propósito destes ensaios é verificar a influência do Ni na resistência ao desgaste dos compósitos diamantados, para que possa servir de opção de uso como matriz ligante em ferramentas diamantadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As ligas metálicas submetidas ao teste de Dureza Rockwell B (HRB) estão apresentadas na Tabela 1, onde se tem o valor da dureza HRB e o erro absoluto (ϵ) dos sinterizados sem adição de diamantes, enquanto a Figura 1 mostra o comportamento destas comparativamente.

Tabela 1 – Dureza HRB das ligas metálicas.

Ligas Metálicas	Dureza HRB	ϵ (kgf/cm ³)
82%Ni - 18%Sn	74,000	9,800
82% Co - 18% Sn	128,400	1,610

A dureza HRB para a matriz metálica Co-Sn foi a que apresentou um resultado melhor, com valor de $128,400 \pm 1,610$ kgf/cm³, que significa um valor superior a liga de Ni-Sn em 57,6%. Se comparada as ligas atuais para uso em fabricação de ferramenta de corte, esta se mostra superior a liga cobalite HDR com 108 HRB⁽³⁾ e a liga NEXT 100, cujo valor máximo é 109 HRB.⁽⁶⁾ Para estas ligas, obtidas a 800°C, segundo o

diagrama de fases de Ni-Sn e Co-Sn [7], possivelmente houve formação de solução sólida e fases intermetálicas como α Ni e β' (Ni_3Sn) as quais influenciam as propriedades mecânicas, aumentando a dureza do material.

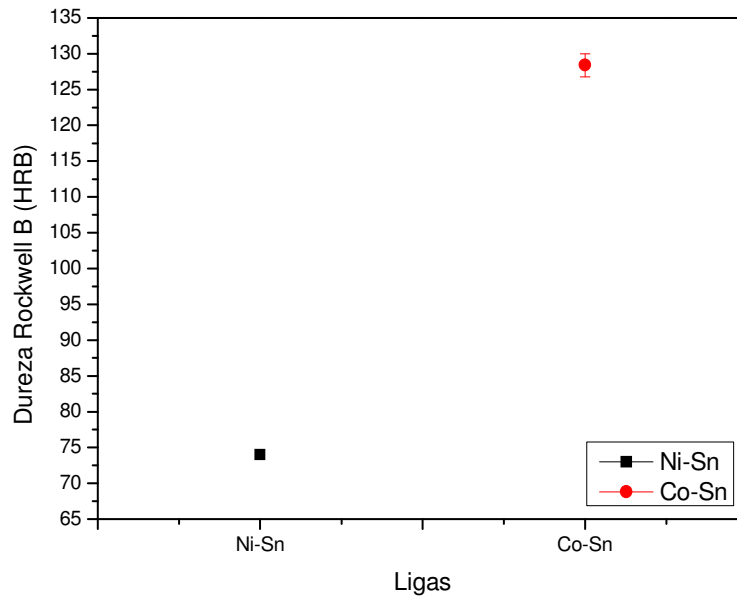


Figura 1 – Dureza HRB dos sinterizados.

Uma amostra sinterizada de cada liga metálica foi ensaiada a fim de verificar o desgaste da amostra para um tempo de 2 minutos, 4 minutos e 6 minutos. Na Tabela 2 é apresentado o valor obtido da Resistência à Abrasão (RA) para cada liga metálica e, posteriormente (Figura 2), o gráfico RA *versus* Tempo mostrando o comportamento de cada amostra em intervalos de tempo diferentes após ter sofrido perda de massa durante o ensaio.

Tabela 2 - Resistência à Abrasão das ligas metálicas sem adição de diamantes.

Tempo (min)	Resistência à Abrasão (%)	
	82%Ni - 18%Sn	82%Co - 18%Sn
2	2,703	1,835
4	0,683	0,863
6	0,519	0,660

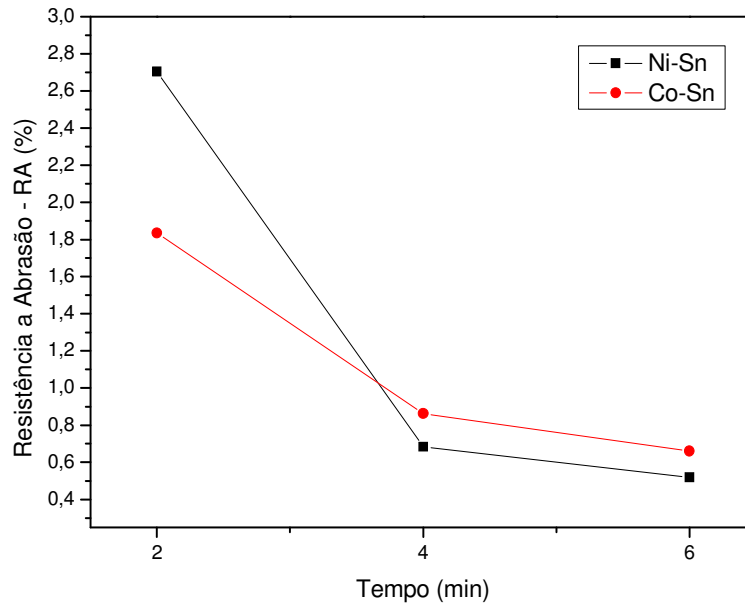


Figura 2– Gráfico da Resistência à Abrasão *versus* Tempo das amostras sinterizadas

Pode-se observar que as amostras de Ni-Sn e Co-Sn, tiveram um bom resultado para o tempo de 2 minutos, 2,703 e 1,835% respectivamente. Entretanto, quando aplicado um maior tempo, ambas as amostras sofreram um desgaste maior, apresentado um gráfico decrescente, o que era de se esperar.

De maneira geral, o comportamento de desgaste dos dois sistemas é bastante similar, e as diferenças são muito pequenas, indicando que o níquel pode substituir o cobalto em algumas aplicações de corte de rochas ornamentais.

Na Figura 3 está apresentada a taxa de desgaste linear (LVDT) das duas amostras para um tempo de ensaio de 2 minutos. Verificou-se que a taxa de desgaste da matriz Ni-Sn foi superior à matriz Co-Sn, a qual possui valores para o LVDT inferiores a zero o que representa uma excelente resistência ao desgaste quando solicitado o trabalho, desgastando a pedra. Provavelmente, nesta liga, houve formação de uma casca de óxido dificultando o desgaste da amostra. Para a outra amostra, houve mais perda de massa por parte dela do que pela pedra, o que pode ser verificado através do gráfico representado pelos valores positivos. A variação de rugosidade no disco de granito durante todo o decorrer do ensaio foi praticamente o mesmo para duas amostras.

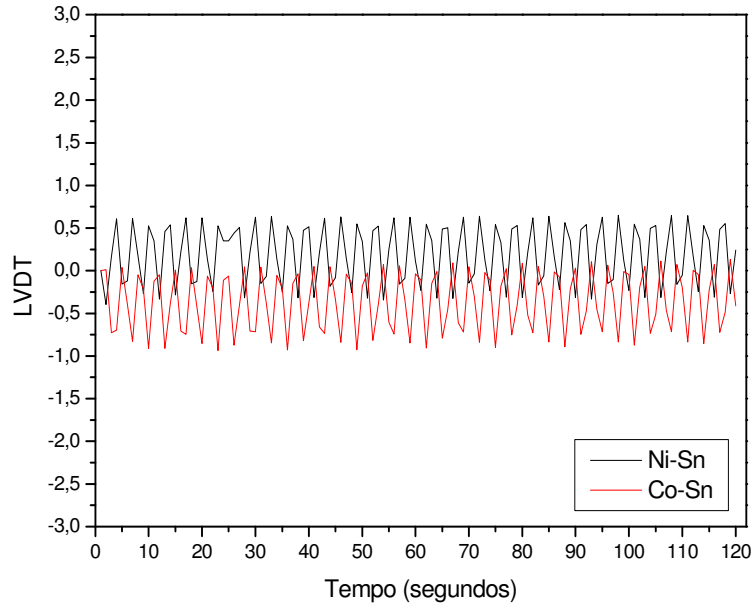


Figura 3 – Representação gráfica de LVDT das amostras no ensaio de 2 minutos.

Foi obtida também durante o ensaio de RA a força tangencial (Figura 4), que é a força de corte desenvolvida durante o tempo de ensaio de 2 minutos. A força aplicada para a liga Ni-Sn foi mais baixa em relação à liga Co-Sn, entretanto foi a que apresentou, para este tempo, o melhor resultado de RA indicando uma menor perda de massa e maior eficiência durante o trabalho. Isto indica que, apesar da liga Co-Sn ter apresentado valores de dureza mais elevada que a da liga Ni-Sn, esta última apresentou, nas mesmas condições de ensaio, desgaste similar à Co-Sn.

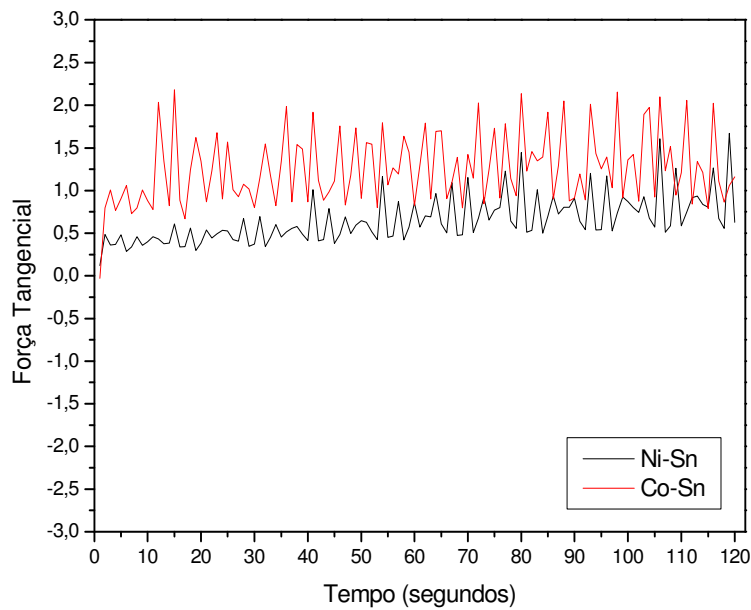


Figura 4 – Gráfico da força tangencial aplicada às amostras durante 2 minutos.

Para este tempo de 2 minutos, a liga Co-Sn, apesar de apresentar uma excelente dureza, não teve um bom resultado na RA como era de esperar. Devido a força tangencial aplicada na amostra ter sido maior em relação à liga Ni-Sn, a amostra perdeu uma quantidade de massa que influenciou no resultado de RA como sendo o impróprio para ferramentas de corte. Entretanto, a análise da taxa de desgaste revelou que houve uma maior perda de massa da pedra, mesmo a matriz perdendo sua massa.

Na Figura 5 a variação de rugosidade no disco de granito durante todo o decorrer do ensaio foi praticamente o mesmo para duas amostras. Cerca de 40% a 50% do resultado de LVDT corresponde aos cristais de quartzo (SiO_2) contidos no granito, o que revela a influência do mesmo na amostra, desgastando-a. Mas com isso, ambas as amostras mostraram excelentes resultados por haverem desgastado a pedra.

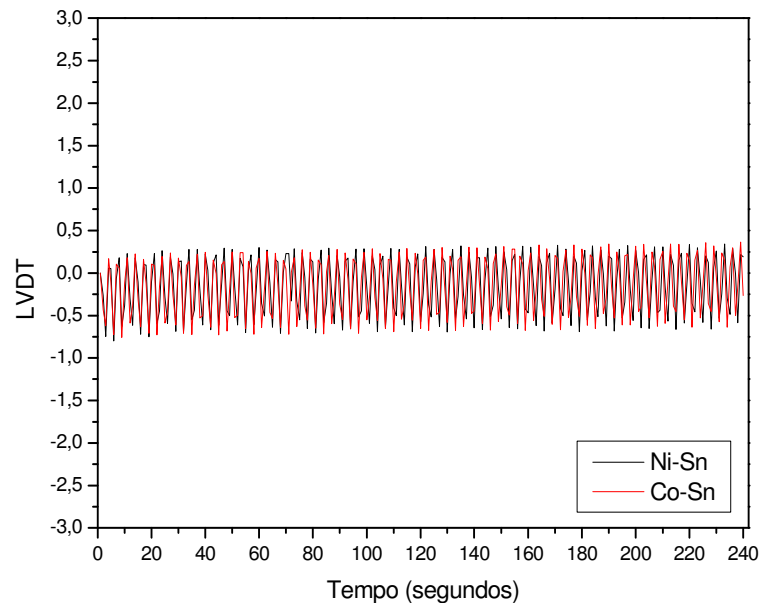


Figura 5 – Representação gráfica de LVDT das amostras no ensaio de 4 minutos.

Durante o ensaio de RA foi obtida a força tangencial conforme a Figura 6. A força de corte desenvolvida durante o tempo de ensaio de 4 minutos para a liga Ni-Sn foi mais alta em relação à liga Co-Sn, entretanto foi a que apresentou, para este tempo, um resultado pior de RA indicando uma maior perda de massa.

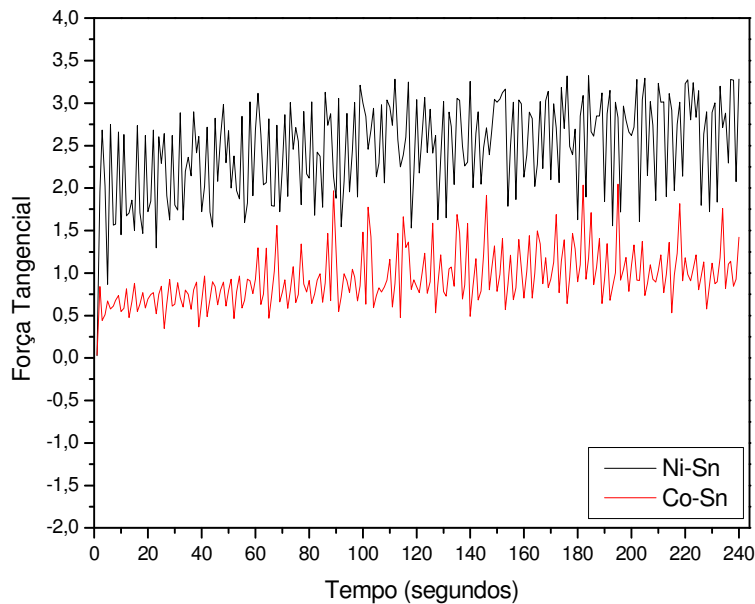


Figura 6 – Gráfico da força tangencial aplicada às amostras durante 4 minutos.

Na Figura 7 está apresentada a LVDT das duas amostras para um tempo de ensaio de 6 minutos. Verificou-se que a taxa de desgaste da matriz Ni-Sn pareceu muito similar, até um determinado tempo (120 s), com a matriz Co-Sn. Entretanto, percebeu-se que à medida que o tempo aumentava, os valores de LVDT tornam praticamente inferiores a zero para a liga Ni-Sn, indicando um maior desgaste da pedra.

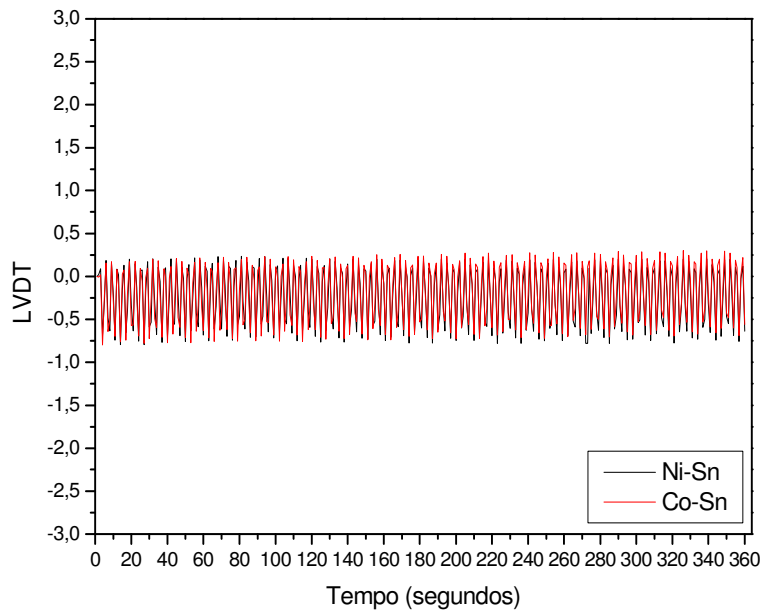


Figura 7 – Representação gráfica de LVDT das amostras no ensaio de 6 minutos.

Foi obtida também a força tangencial (Figura 8), durante o tempo de ensaio de 6 minutos. A força aplicada para a liga Ni-Sn foi mais baixa em relação a liga Co-Sn, para tempo superior a 120 segundos, aproximadamente. Vale lembrar que o níquel se comporta como um material antifricção, tal como o cobre. Entretanto a liga Co-Sn foi a que apresentou, para este tempo, o melhor resultado de RA indicando uma menor perda de massa e maior eficiência durante o trabalho.

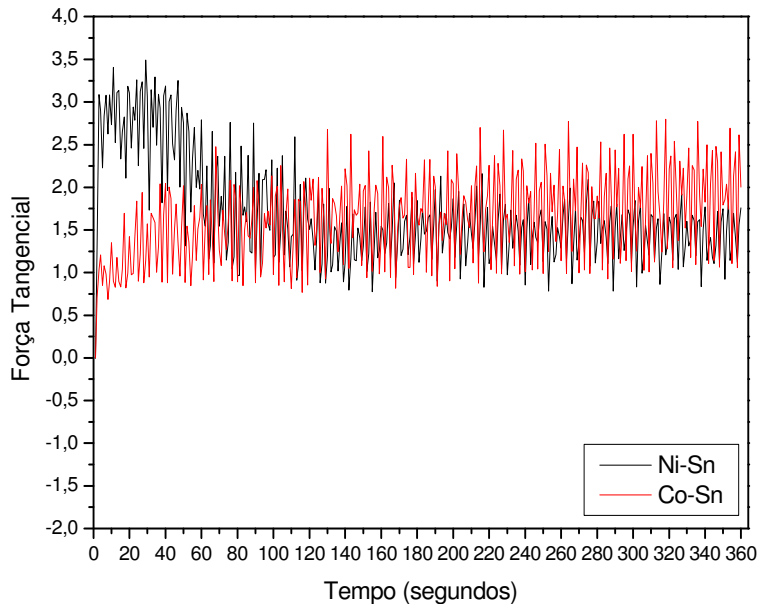


Figura 8 – Gráfico da força tangencial aplicada às amostras durante 6 minutos.

Nestas análises observou-se que a dureza não é indicativo direto de resistência a abrasão.

4 CONCLUSÕES

- 1 – A dureza HRB para a matriz metálica Co-Sn, $128,4 \pm 1,61 \text{ kgf/cm}^3$, foi a que apresentou um melhor resultado, superando em 57,6% a de Ni-Sn.
- 2 – Segundo a análise de RA, a matriz Ni-Sn foi a que teve melhor comportamento para um tempo de 2 minutos.
- 3 – Para os tempos de 4 e 6 minutos, a liga à base de Ni se torna compatível com a de Co.

REFERÊNCIAS

- 1 SILVA, A. G. P.; ALVES JÚNIOR, C.. A sinterização rápida: sua aplicação, análise e relação com as técnicas inovadoras de sinterização. **Cerâmica**, n.290, v.44, São Paulo, 1998.
- 2 OLIVEIRA, L.J. Processamento e Caracterização do Sistema Fe-Cu-Diamante Para Uso em Pérolas de Fios Diamantados. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 122p, 2005.

- 3 CLARK, I.E.; KAMPHUIS, B. Cobalite HDR – A New Prealloyed Matrix Powder for Diamond Construction Tools. **Industrial Diamond Review**. n.3. p.177-182, 2002.
- 4 KAMPHUIS, B.; SERNEELS, B. Cobalt and nickel free bond powder for diamond tools: Cobalite CNF. **Industrial Diamond Review**. n.1. p. 26-32, 2004.
- 5 EUROTUNGSTENE. Keen – a new concept in prealloyed powders. **Industrial Diamond Review**. v.3, p. 45-47, 2005.
- 6 DEL VILLAR, M.; MURO, P.; SÁNCHEZ, J.M.; ITURRIZA, I.; CASTRO, F. Consolidation of diamond tools using Cu-Co-Fe based alloys as metallic binders. **Powder Metallurgy**. n.1. v.44. p. 82-90, 2001.
- 7 INFOMET. **Diagramas de Fases** [on line]. Metals Handbook. ASM International. Disponível em: <http://www.infomet.com.br> [capturado em 13 de fevereiro de 2009].