

EFEITO DE TRATAMENTOS E REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS NO DESGASTE ABRASIVO DE CORPOS DE PROVA DE VF 800AT

Cássio Aurélio Suski¹
Carlos Augusto Silva de Oliveira²

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo estudar o efeito do tratamento de nitretação por plasma e do revestimento de carbonitreto de titânio na resistência ao desgaste abrasivo de corpos de prova de aço VF 800AT, através da norma ASTM G65. O enfoque principal está centrado na taxa de desgaste por abrasão, caracterizado pelo atrito de elementos interfaciais entre as superfícies do corpo de prova e do disco de borracha.

Foram utilizados três corpos de prova diferentes de aço VF 800AT, dos quais um não possuía nenhum tratamento ou revestimento superficial, um com tratado através de nitretação a plasma e outro revestido com carbonitreto de titânio.

As técnicas utilizadas na avaliação foram: controle dimensional dos corpos de prova através da perda de massa e caracterização microestrutural.

Os corpos de prova tratados superficialmente apresentaram melhor comportamento do que sem tratamento. Os corpos de prova nitretados a plasma (com camada branca bastante reduzida) apresentaram menor resistência ao desgaste (maior taxa de desgaste) quando comparados com os revestidos por carbonitreto de titânio. Isto foi atribuído a excelente dureza do carbonitreto de titânio, juntamente com seu poder de aderência, em contraste com a fragilidade da camada branca formada pela nitretação a plasma e menor resistência da mesma.

Palavras-chave: nitretação a plasma, carbonitreto de titânio, VF 800AT, camada branca.

2º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes – 21 a 23 de Setembro de 2004 – São Paulo, SP

¹Mestrando em Engenharia – Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Santa Catarina

²Professor Adjunto - Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Santa Catarina

INTRODUÇÃO

O desgaste do ferramental de conformação mecânica influencia diretamente a eficiência, acabamento e qualidade do produto. Portanto, este é o ponto crítico com relação a reparos dos componentes da ferramenta, falhas e paradas indesejadas nas linhas de produção. Além disso, a tendência do mercado é o crescimento da velocidade de produção e a utilização de processos mais eficientes para a fabricação de produtos.

Um dos principais meios de desgaste para estas ferramentas é o atrito de superfícies de contato por escorregamento relativo. Em geral, com algumas exceções como para frenagem, o coeficiente de atrito e pressão devem ser tão baixo quanto possíveis para reduzir o desgaste do material da ferramenta.

A indústria de conformação mecânica tem trabalhado muito no desenvolvimento de materiais resistentes ao desgaste. Este fato ocasionou um relativo avanço na melhoria das propriedades dos materiais já existentes e desenvolvimento de novos materiais com melhor performance. Muitos destes novos materiais resistentes ao desgaste tem sido desenvolvidos e melhorados para diferentes aplicações, porém a pesquisa e desenvolvimento de novos materiais têm um custo bastante elevado, além do risco envolvido no processo (Bressan et al, 1999; Edwards, 2002).

A melhoria da performance dos materiais pode ser obtida utilizando-se processos especiais de refusão e processamento. Via de regra, entretanto, elevam o custo do material e, em muitos casos, piora a relação custo/benefício. Por outro lado, a engenharia de superfície tem sido utilizada como um método econômico alternativo para melhorar as propriedades tribológicas de materiais convencionais e especificamente elevar o desempenho de ferramentas de conformação mecânica (Oliveira et al, 2002).

Tratamentos superficiais como nitretação e revestimentos P.V.D. estão em uso ou em desenvolvimento. Estes processos são extensivamente empregados na modificação da resistência superficial de ferramentas.

Os tratamentos e revestimentos superficiais elevam a dureza da superfície, a resistência à fadiga, ao desgaste e a corrosão dos aços, melhorando a eficiência do processo de conformação, garantindo uma vida útil da ferramenta bastante superior e adquirindo um produto final de melhor qualidade e acabamento.

Estes processos têm se mostrado um dos recursos mais promissores, tanto do ponto de vista tecnológico, quanto econômico. Em comparação com os materiais temperados e revenidos, sem revestimento ou tratamento superficial, por exemplo, os tratamentos superficiais de nitretação e revestimentos de carbonitreto de titânio podem fornecer melhores resultados, por conferirem alta dureza à superfície e introduzir tensões residuais compressivas, capazes inclusive de compensar a sensibilidade ao entalhe do material tratado termicamente (Michel, 1987; Esper et al, 1981).

Assim, embora a utilização destes processos também eleve os custos de produção dos componentes, as vantagens deles advindas podem aumentar muito a relação custo – benefício dos produtos, uma vez que ampliam consideravelmente a sua vida útil.

Este trabalho é parte do estudo do efeito dos tratamentos e revestimentos no desgaste abrasivo de ferramentas de aço VF 800AT para conformação mecânica a frio de elementos especiais de fixação, a fim de aumentar a vida útil destas ferramentas e reduzir o tempo ocioso de produção. Este trabalho realizou-se na Universidade Federal de Santa Catarina, em conjunto com a Blufix Ind. & Com. Ltda, empresa esta que se situa na região de Blumenau e atua no ramo de fabricação de elementos especiais de fixação voltados, em geral, para a indústria automotiva. Especificamente neste trabalho são mostrados os efeitos das camadas obtidas por nitretação à plasma e carbonitreto de titânio (Deposição física de vapor).

Para fins comparativos foram realizados ensaios de abrasão segundo a norma ASTM G65 em corpos de prova de aço VF800AT nas seguintes condições superficiais, uma temperada e revenida, sem tratamento ou revestimento superficial, uma com tratamento de nitretação à plasma e a última com revestimento de carbonitreto de titânio – P.V.D. (Physical Vapour Deposition), sendo aplicadas em três ferramentas diferentes.

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

No intuito de analisar a vida útil de corpos de prova de aço VF 800AT sob condições de abrasão e aplicações de tratamentos e revestimentos superficiais procurou-se estabelecer um procedimento experimental adequado para definir-se um comparativo dos mesmos (Oliveira, Pinedo & Tschiptschin, 2002).

Neste estudo foram utilizados três conjuntos diferentes de quatro corpos de prova, onde todos os conjuntos foram temperados e revenidos. Em um destes conjuntos, além da têmpera e revenido foi realizada nitretação por plasma e, em outro, se empregou revestimento de carbonitreto de titânio.

Optou-se por realizar testes de desgaste conforme norma ASTM G65, a qual apresenta a perda de massa do material da ferramenta apenas por abrasão. Este teste baseia-se na medição da perda de massa dos corpos de prova, permitindo análise anterior e posteriormente a fim de verificar o desgaste do substrato e das camadas de tratamento e revestimento superficial.

O princípio de funcionamento deste teste baseia-se no contato de um disco, com uma rotação específica para cada tipo de material, com um corpo de prova de 1" de largura, 3" de comprimento e 0,12-0,5" de espessura, através de um disco metálico revestido em sua superfície com uma borracha de dureza determinada, como mostram as figuras 1 a 3.

Entre o disco e o corpo de prova existe um fluxo de areia (abrasivo) que irá produzir o desgaste abrasivo (DIN50320, 1979).

Após realização do teste, limpa-se o corpo de prova com ultra-som e pesa-se o mesmo para verificação da perda de massa, com uma precisão de 0,001g.

O procedimento inicialmente utilizado foi o procedimento 'B', o qual enquadra-se nos aços ferramenta.

Para realização deste procedimento necessitou-se aferir a máquina de desgaste com material 4340, normalizado, com uma dureza de 31-33 HRC e uma perda de volume de $91 \pm 5 \text{ mm}^3$, conforme norma ASTM G65.

A partir de então pode-se prosseguir os testes com os corpos de prova de VF 800 AT (Tabela 1) temperado e revenido, nitretado e com carbonitreto de titânio.

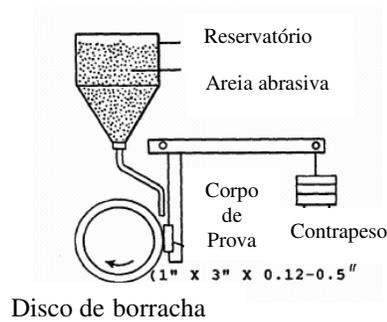


Figura 1 – Diagrama esquemático do ensaio de abrasão (ASTM G65, 1991).

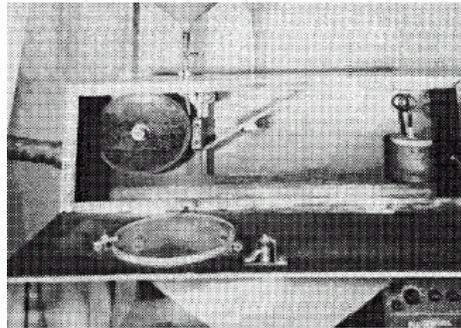


Figura 2 – Foto da máquina de ensaio de desgaste (ASTM G65, 1991)

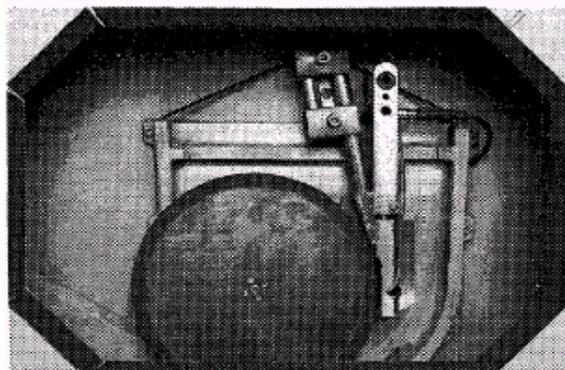


Figura 3 – Detalhe do fluxo de areia, disco e corpo de prova (ASTM G65, 1991).

Tabela 1 – Composição química média do aço VF 800AT.

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,85 %	0,90 %	0,40 %	8,00 %	2,00 %	0,50 %

Para realização do teste através do procedimento 'B', utilizou-se areia de granulação 50 (0,3 mm), com um fluxo aproximado de 350 g/minuto e tempo de teste de 10 minutos a 200 r.p.m. para cada corpo de prova.

No entanto, para verificação de desgaste de camadas tratadas e revestidas, o procedimento mais adequado seria o procedimento 'C', o qual utiliza um tempo de apenas 30 segundos.

Desta forma o mesmo corpo de prova foi ensaiado durante 30 segundos (procedimento 'C'), realizada a pesagem para verificação da perda de massa e novamente ensaiado por 9 minutos e 30 segundos, tendo um tempo total de 10 minutos de testes (procedimento 'B').

Para obtenção de uma confiabilidade do teste de 95%, calculou-se o número de corpos de prova (n) necessários para um coeficiente de variação (v) de 8% e um erro permitido de amostras (e) de 8% é dado por:

$$n = (1,96.v/e)^2 = (1,96.8/8)^2 = 4 \text{ corpos de prova}$$

Análise Metalográfica

Amostras dos corpos de prova de desgaste foram preparadas convencionalmente através de embutimento, lixamento e polimento em alumina de 1µm para observação microestrutural das camadas superficiais e do material base. As amostras foram atacadas com nital 2% e as microestruturas foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos através da análise laboratorial por meio de ensaios de desgaste abrasivo apresentam uma classificação de resistência a abrasividade dos tratamentos e revestimentos aplicados. Estes resultados podem ser utilizados como um indicativo do comportamento de ferramentas em serviço. No caso específico deste trabalho foi utilizado como indicativo do desgaste abrasivo que ferramentas de conformação mecânica a frio tem em serviço.

Todos os ensaios foram realizados com um período de 30 segundos para desgaste da camada de tratamento ou revestimento superficial, como mostrado na figura 4 e, logo após, adicionais 9 minutos e 30 segundos para desgaste do substrato.

Os resultados são mostrados na tabela 2 e figura 5, onde se pode observar um acréscimo de vida de 17,27 % para os corpos de prova revestidos com carbonitreto de titânio quando comparados com os corpos de prova somente tratados termicamente. Nestes mesmos corpos de prova verifica-se também que, a variação mais significativa da vida da ferramenta foi no desgaste da mesma quando esta ainda apresenta a camada revestida (97,97 %) e, logo após desgaste da camada, o desgaste do substrato permanece constante dentro de uma faixa de variação de 9,28 %.

No entanto para os corpos de prova com tratamento superficial de nitretação a plasma ocorre um decréscimo de 1,43 %, que pode ser justificado,

pois a camada de nitreto obtida não apresenta uma camada branca (camada dura) significativa, resultando em nitretos com baixa resistência a abrasão e logo após os primeiros segundos de ensaio a camada já estava quase que completamente desgastada. Nos corpos de prova nitretados para os primeiros 30 segundos de ensaio houve um aumento de vida de 30,77 % quando comparado com os corpos de prova somente temperados e revenidos. Como neste tipo de ensaio, conforme norma ASTM G65, pode-se ter um coeficiente de variação de até 7 %, a variação para 10 minutos de ensaio se encontra dentro do erro experimental.

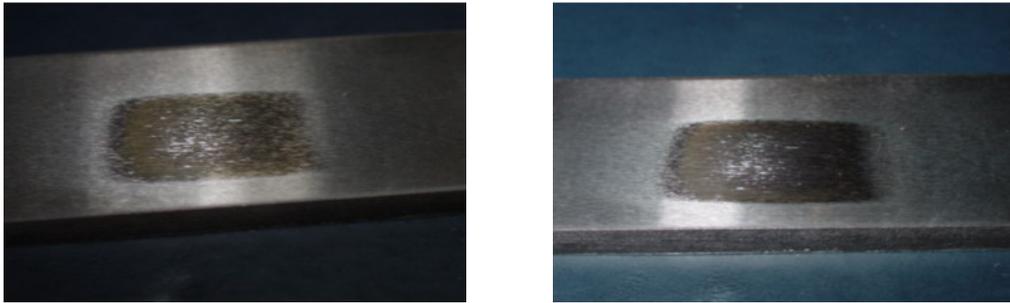


Figura 4 - Fotos dos corpos de prova após 30 segundos de ensaio.

Tabela 2 – Perda de volume médio no ensaio de desgaste abrasivo.

	<i>Perda de vol (30 seg)</i>	<i>Perda de vol (9,5 min)</i>	<i>Perda de vol total (10 min)</i>
<i>VF800AT – s/ TS ou Revest.</i>	6,5 mm ³	65,7 mm ³	72,2 mm ³
<i>Nitretação</i>	4,5 mm ³	68,73 mm ³	73,23 mm ³
<i>Acréscimo de vida</i>	30,77 %	- 4,61 %	- 1,43 %
<i>Carbonitreto de Titânio</i>	0,132 mm ³	59,6 mm ³	59,73 mm ³
<i>Acréscimo de vida</i>	97,97 %	9,28 %	17,27 %

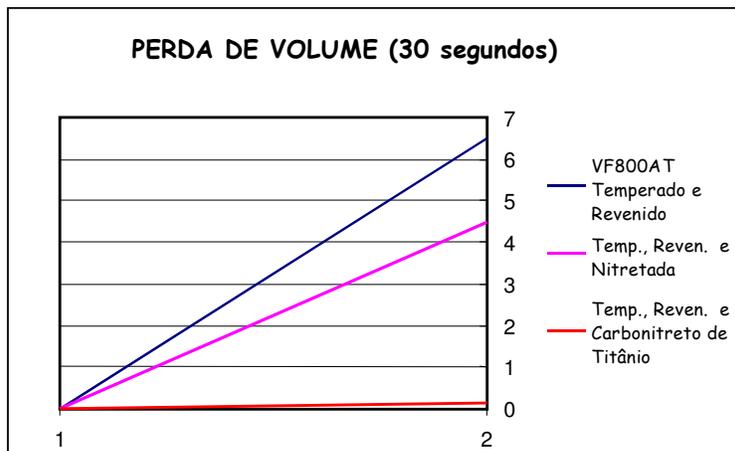


Figura 5 – Comparativo da perda de volume no ensaio de desgaste abrasivo.

Caracterização microestrutural

Pode-se observar através das microestruturas que a camada nitretada a plasma tem uma espessura de até 15 μm (nitretos + camada de difusão), conforme figura 6(a). A camada branca, com a qual apresenta uma camada branca (nitretos) tem aproximadamente 300nm, figura 6(b). Esta camada foi propositadamente bastante reduzida pois ela confere uma fragilidade maior ao revestimento durante a utilização de ferramentas em serviço. Esta camada branca reduzida acelera o desgaste conforme mostrado anteriormente quando do ensaio de desgaste laboratorial, onde a camada nitretada é desgastada logo no início do ensaio de desgaste abrasivo.

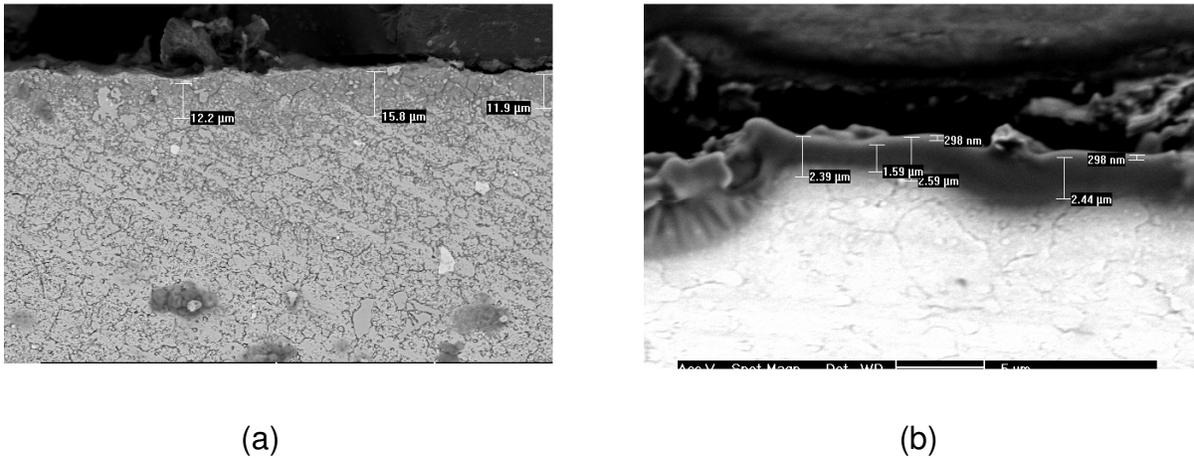


Figura 6 - Micrografia dos corpos de prova de aço VF 800AT com tratamento de nitretação por plasma.

No caso do carbonitreto de titânio, a espessura da camada aplicada ao metal é bastante inferior à ferramenta nitretada, apresentando uma faixa de 2 a 3 μm , conforme figura 7.

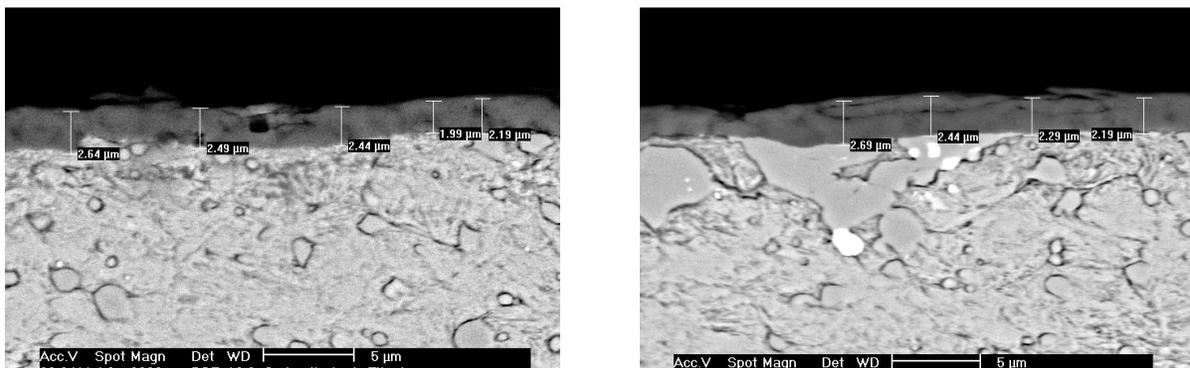


Figura 7 - Micrografia dos corpos de prova de aço VF 800AT com revestimento de carbonitreto de titânio.

Além da observação da espessura de camada de tratamento ou revestimento superficial, pode-se visualizar uma microestrutura temperada e revenida, mostrando uma região martensítica, com carbonetos relativamente grandes dispersos na matriz. Esta microestrutura apresenta-se homogênea para todas os corpos de prova.

CONCLUSÕES

Pode-se perceber que há um acréscimo considerável de vida útil dos corpos de prova com carbonitreto de titânio, comprovando a alta resistência ao desgaste abrasivo do titânio, elemento utilizado como revestimento neste caso.

Já para a nitretação a plasma percebe-se uma variação pouco significativa para o caso deste tipo de ensaio de desgaste, o qual apresenta uma ação bastante intensa com relação a abrasividade.

Portanto conclui-se que as aplicações de camadas de tratamentos ou revestimentos superficiais para exigências de abrasividade estão muito relacionadas à formação dos compostos e a sua camada de difusão no substrato, onde para o caso específico de camadas nitretadas a plasma há uma influência com relação à espessura da camada branca, pois camadas brancas muito espessas podem fragilizar a ação da mesma, no entanto, camadas brancas extremamente finas deixam a camada nitretada com uma resistência a abrasão bastante prejudicada.

Para tanto, verifica-se a importância e eficácia da aplicação de camadas de tratamentos e revestimentos superficiais a fim de aumentar a vida útil de ferramentas sujeitas ao mecanismo de desgaste por abrasão.

REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS

BRESSAN, J.D.; HESSE, R.; SILVA, E.M. – Wear Mechanisms of Electrical Steel Sheets, High Speed Steel and Hard Metal Pins Coated with TiAlN and TiCN, 1999.

DIN 50320: Verschleiß - Begriffe, Analyse von Verschleißvorgängen, Gliederung des Verschleißgebietes. Beuth Verlag, Berlin 1979.

EDWARDS, K. L.; Linking materials and design: An assessment of purpose and progress. Elsevier Science Ltda. Materials and design v.23, p. 255-264, 2002.

ESPER, F. J.; LEUZE, G.; SONSINO, C. M. - Characteristic properties of powder-metallurgical materials relevant to fatigue design. *Powder Metallurgy International*, vol. 13, n. 4, p. 203-208, 1981.

MICHEL, H. – Nitration de surfaces métalliques. In: *Intéractions Plasmas Froids – Matériaux Journées d'Etudes "Oleron 87"*, 21-25 Septembre 1987. Les Ulis Cedex, France: Les Editions de Physique, 1987, p. 465-486.

OLIVEIRA, S.D., PINEDO, C.E., TSCHIPTSCHIN, A.P.- "Plasma", *Revista Metal Mecânica*, N.42, pp.: 78-80, 2002.

THE EFFECT OF COATING OF ABRASIVE WEAR OF SPECIMEN OF VF 800AT

Cássio Aurélio Suski¹
Carlos Augusto Silva de Oliveira²

ABSTRACT

The research had the purpose of study the effect of plasma-nitriding and titanium carbonitriding mixtures under the aspect of wearing resistance of specimen of VF 800AT based on the ASTM G65. The main focus is to reproducibly rank materials in their resistance to scratching abrasion under specified set of conditions. It was used three different specimens of VF 800AT, where one did not have coating, one with plasma-nitriding and another with titanium carbonitriding.

It was used dimensional control of the specimens by the volume loss and microstructure.

The coated specimens had better results in contrast with the others. The plasma-nitriding specimens (with a small white layer) had the smaller wear resistance (bigger wear rate) when compared with the titanium carbonitriding. That was because of the excellent hardness of the titanium carbonitriding and the good adherence, in opposition of the fragility of the white layer of the plasma-nitriding.

Key-words: Nitriding, carbonitriding, VF 800AT, white layer.

2^o Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes – 21 a 23 de Setembro de 2004 – São Paulo, SP

¹Mestrando em Engenharia – Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Santa Catarina

²Professor Adjunto - Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Santa Catarina