

## **DESEMPENHO DE REVESTIMENTOS DE BROCAS NA USINAGEM DE UMA LIGA Al-Si**

### **Rhander Viana**

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia – (UFU); Av. João Naves de Ávila, 2160 – Campus Santa Mônica, CEP: 38400-902 – Uberlândia – MG, Brasil.

[rviana@mecanica.ufu.br](mailto:rviana@mecanica.ufu.br)

### **Álison Rocha Machado**

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia – (UFU); Av. João Naves de Ávila, 2160 – Campus Santa Mônica, CEP: 38400-902 – Uberlândia – MG, Brasil.

[alissonm@mecanica.ufu.br](mailto:alissonm@mecanica.ufu.br)

**Resumo:** *No intuito de melhorar o desempenho dos processos de usinagem, tanto em economia quanto em tecnologia, diversas operações são atualmente realizadas com o uso de ferramentas revestidas. Os revestimentos melhoram as condições de corte na interface cavaco-ferramenta e aumentam a resistência das ferramentas ao desgaste permitindo um aumento em sua vida útil.*

*O objetivo deste trabalho visa investigar e analisar a influência de diferentes revestimentos de brocas de aço-rápido (TiN, TiAlN e TiAlN+WC/C) na usinagem da liga de alumínio-silício (ISO 3522 Al-Si12CuFe) utilizada pela indústria automobilística. Fornecendo, futuramente, suporte técnico aos atuais processos produtivos da indústria e também o desenvolvimento de novas tecnologias que possam preencher uma lacuna existente nessa área, suprimindo as necessidades dos processos de fabricação, cada vez mais exigentes.*

**Palavras-chave:** *revestimentos, brocas, aço-rápido, liga alumínio-silício.*

## **1. INTRODUÇÃO**

As novas tendências nos processos de usinagem, principalmente nos convencionais, determinam sensivelmente a produtividade da indústria metal-mecânica atual. Tendências estas que disponibilizam máquinas-ferramenta de alta tecnologia com maior rigidez, potência e capacidade de rotação, permitindo a elevação das condições de corte, mais efetivamente da velocidade de corte e por conseguinte o aumento da produtividade.

O aumento da produtividade da indústria metal-mecânica exige constantemente a pesquisa e o desenvolvimento de novas máquinas-ferramenta e, em especial, do ferramental associado a estes equipamentos.

Mais do que nunca se tem investigado cautelosamente o desempenho da ferramenta de corte com o intuito de estender potencialmente sua vida e melhorar a qualidade da peça usinada. Além disso, espera-se obter um determinado grau de confiabilidade no seu desempenho em serviço.

Atualmente as investigações nesta área estão focadas para as seguintes abordagens: usinagem a altas velocidades de corte (*HSM – High Speed Machining*) que aumenta a flexibilidade das linhas de produção, usinagem de materiais endurecidos na faixa de 54 a 63 HRc e usinagem com mínima quantidade de fluido de corte (*MQF*) ou mesmo usinagem a seco. Satisfazendo assim os atuais requisitos de produtividade, competitividade e qualidade, e mínima intrusão dos processos no meio ambiente, amplamente requeridos pelas normas ISO 9000 e 14000, respectivamente (Valle, 1995).

A usinagem a altas velocidades e a usinagem a seco apresentam um aspecto contraditório no que diz respeito à utilização dos fluidos de corte. As altíssimas velocidades utilizadas no *HSM* geram muito calor, o que requer utilização de grande quantidade de fluido de corte, tendência

contrária à da usinagem a seco. Apesar disso, essas duas tendências de pesquisa apresentam aspectos em comum, que diz respeito a grande quantidade de calor transmitida à ferramenta, seja pelo aumento da velocidade de corte, ou pela não aplicação de fluidos de corte durante o processo de usinagem. Essas duas tendências exigem a utilização de materiais para ferramentas de corte e de revestimentos que apresentem boa resistência ao desgaste em temperaturas elevadas.

De acordo com o estágio atual de desenvolvimento dos processos de usinagem, verifica-se que a utilização de revestimentos na cobertura de ferramentas destaca-se significativamente na pesquisa científica. E essas evoluções nos processos de usinagem, tanto a usinagem a altas velocidades quanto a usinagem a seco abrangem os materiais ferrosos e também os não-ferrosos.

Os revestimentos de maneira geral destacam-se por modificar as propriedades óticas, magnéticas, eletrônicas, químicas, aumentar a resistência mecânica e principalmente à resistência ao desgaste da superfície revestida (Hogmark *et al.*, 2000).

As primeiras ferramentas de corte revestidas para usinagem surgiram na década de 1960 associando propriedades de resistência ao desgaste e tenacidade, grandezas que na maioria dos casos são incompatíveis em se tratando de um mesmo material. A comercialização destas ferramentas iniciou-se em 1969 com o desenvolvimento de ferramentas de torneamento revestidas de TiC pela Sandvik (Suh, 1976 and Hatschek, 1983). Tais ferramentas apresentaram alta resistência aos desgastes abrasivo e adesivo, a oxidação e à deformação plástica (Lee *et al.*, 1974).

De acordo com dados do mercado, mais de 40% de todas as ferramentas de corte utilizadas na indústria moderna são revestidas, e, além disso, elas executam acima de 80% de todas as operações de usinagem. Pode-se também afirmar que cerca de 80% de todos os insertos indexáveis usados no torneamento são revestidos e que o processo de deposição química de vapor (CVD – *Chemical Vapour Deposition*) é o processo de revestimento dominante (Grzesik, 1999).

O avanço nesta área se deu com o desenvolvimento de novos materiais para revestimento, novas estruturas e também novas técnicas de deposição como a deposição física de vapor (PVD – *Physical Vapour Deposition*) que impulsionou a utilização de revestimentos em substratos de aço-rápido, pois até então a temperatura de deposição pelo processo CVD, na faixa entre 850°-1050°C, era o fator limitante para a utilização neste tipo de ferramenta, já que a essa temperatura o aço-rápido sofre transformações metalúrgicas. Já pelo processo PVD as temperaturas de deposição estão na faixa de 400-600°C, podendo ser então utilizado no revestimento de substratos de aço-rápido sem maiores problemas (Trent and Wright, 2000).

O desempenho dos revestimentos em ferramentas de corte já foi analisado em vários processos de usinagem, tais como no torneamento (Prengel *et al.*, 1997; Gu *et al.*, 1999), fresamento (König and Fritsch, 1994; Bouzakis *et al.*, 1998), furação (Santos, 2002; Quadro and Branco, 1997) e alargamento (Kerkhofs *et al.*, 1994).

As pesquisas realizadas com ferramentas revestidas nestes vários processos, avançaram significativamente devido à aplicação do TiN (Nitreto de Titânio), que apresenta um contínuo sucesso pelo seu ótimo desempenho em diversos trabalhos científicos. O TiN tem uma grande gama de aplicação devido ao fato de possuir um bom balanço entre propriedades como: dureza, tenacidade, aderência (sobre o aço-rápido e o metal duro), estabilidade química, estabilidade térmica e reduzido coeficiente de atrito. Este conjunto de propriedades, porém, não são ideais para todas as aplicações, o que abre o campo para a implementação de outros revestimentos. Assim, as várias pesquisas realizadas com o TiN desde a década de 1970, propiciaram o desenvolvimento da segunda e terceira gerações de revestimentos, conhecidos até então como “revestimentos duros”. Dentre estes os mais destacados, além do TiN, são os ternários TiCN (Carbonitreto de Titânio) e TiAlN (Nitreto de Titânio Alumínio) que podem ser utilizados como mono ou multicamadas. São indicados para aplicações onde a abrasão é predominante ou onde materiais tenazes têm que ser usinados e utilizados em situações em que a melhor resistência à oxidação se faz necessária (Stappen *et al.*, 1995).

Em termos estruturais a adição de carbono para a formação de filmes do tipo  $Ti(C_xN_{1-x})$  não modifica a estrutura cristalina do TiN (CFC), mas expande o parâmetro de rede de 4,240 Å para 4,332 Å, valor este que equivale a estrutura do TiC (Carboneto de Titânio), (Chen *et al.*, 1987). O

resultado principal desta adição de carbono é o aumento na dureza do revestimento (Bull *et al*, 2003). Uma característica importante do revestimento com TiCN é a sua estrutura multicamadas que evita que uma trinca formada na superfície se propague até o substrato (Cselle, 1998). Um fator negativo do revestimento de TiCN é o fato de que a aplicação de um novo revestimento após a reafiação da ferramenta ainda não é possível em escala comercial, normalmente deposita-se o TiN após a reafiação (Santos, 2002).

Por outro lado, a adição de Al, como elemento substitucional no TiN resulta em filmes do tipo  $(\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x)\text{N}$ . À medida que o teor de alumínio cresce o parâmetro de rede diminui visto que o átomo de alumínio é menor que o do titânio (Paldey, 2003). Ikeda *et al*, (1991), estudaram a modificação estrutural de filmes de TiN com adição de Al e concluíram que a dureza do filme  $(\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x)\text{N}$  é dependente das quantidades relativas de Ti e Al. Um acréscimo de dureza de 19,6 GPa (cerca de 2000 Hv) para um máximo de 31,4 GPa (cerca de 3200 Hv) até um teor de 60% de alumínio. Adição acima de 60% conduz a uma diminuição da dureza para um valor de 13,7 GPa (cerca de 1400 Hv). A adição de alumínio acima de 70% resulta em um aparecimento de uma estrutura cristalina do tipo hexagonal. Outra característica relevante dos filmes de  $(\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x)\text{N}$  é quanto a sua dureza a quente durante a usinagem, pois segundo alguns pesquisadores ocorre uma reação de oxidação na superfície do revestimento, dando origem à alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) mantendo a dureza do revestimento mesmo a altas temperaturas e por conseguinte aumentando a resistência ao desgaste (Paldey *et al*, 2003).

Em relação ao TiN os filmes  $(\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x)\text{N}$  apresentam melhor resistência a oxidação. A temperatura de oxidação do TiN inicia-se a aproximadamente 550°C, que é considerada mais baixa que a temperatura de trabalho típica para ferramentas de corte em altas velocidades, que está acima de 800°C, na interface cavaco-ferramenta (Hong and Chou, 1994). Filmes de  $(\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x)\text{N}$  possuem maior estabilidade térmica que filmes de TiN.

Um aspecto negativo da utilização de revestimentos de estrutura cristalina CFC apresentada pelo TiN,  $\text{Ti}(\text{C}_x\text{N}_{1-x})$  e revestimentos de  $(\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x)\text{N}$  com baixo teor de alumínio, segundo Stappen *et al*, (1995), é a impossibilidade do uso destes revestimentos para operações em aços inoxidáveis austeníticos, de estrutura cristalina também CFC, pois ligações químicas de adesão poderiam ser formadas resultando em desgaste adesivo.

Outros revestimentos que estão possibilitando e favorecendo a evolução nos processos de usinagem são o CrN (Nitreto de Cromo) e os chamados lubrificantes sólidos cujo principal representante é o WC/C (Carboneto de Tungstênio ao Carbono). O CrN apresenta uma baixa afinidade química com diversos materiais o que o torna apropriado para o trabalho de ligas não-ferrosas como as do alumínio, cobre e titânio em operações de torneamento, fresamento, furação, rosqueamento e alargamento. Na furação apresenta um ótimo efeito de lubricidade na superfície de saída da ferramenta, favorecendo o escoamento dos cavacos de materiais não-ferrosos e evitando possível adesividade dos mesmos. O WC/C é um revestimento com características lubrificantes, especialmente indicado para a furação e o rosqueamento de materiais que formam cavacos longos. Geralmente é aplicado sobre uma camada de TiAlN. Segundo os fabricantes, uma broca revestida com WC/C aplicado sobre o TiAlN permite quase triplicar o número de furos em relação ao obtido com uma ferramenta revestida com uma camada simples de TiAlN. O WC/C permite ainda a redução do torque na furação.

Muitas dessas informações sobre a aplicação dos revestimentos para dado material são apresentadas pelos fabricantes, o que pode implicar em certos casos em informações contraditórias e conflitantes. Como é o caso dos materiais não ferrosos, pois como há uma carência de literatura especializada que trata da usinagem destes materiais com ferramentas revestidas, a especificação do revestimento correto fica restrito a catálogos, faltando assim informações mais científicas a respeito deste assunto. E estas informações são ainda mais escassas ao se considerar o material da ferramenta de corte onde será depositado o revestimento. Segundo Stappen *et al* (1995) mesmo que a adoção do uso de revestimentos esteja crescendo a cada ano na indústria, associado principalmente ao processo de deposição PVD em ferramentas de metal duro, é notória a carência de informações científicas acerca do assunto. E em se tratando do uso destes revestimentos em

ferramentas de aço-rápido, que apesar de serem muito utilizadas e ganharem um “novo fôlego” com a utilização destes, ainda dependem muito de novas pesquisas no intuito de melhorar seu desempenho em serviço, o que justifica inicialmente a realização deste trabalho.

Associando-se o uso de revestimentos em ferramentas de aço-rápido na usinagem de ligas eutéticas de alumínio-silício com 11-12,5% de silício, essa carência de informações se torna ainda maior.

As pesquisas na usinagem de alumínio estão restritas principalmente a ligas fundidas de alumínio-silício, entre 17 e 23% de silício, utilizadas hoje na indústria automobilística e aeronáutica, onde o percentual de silício está acima da composição eutética, contendo em suas estruturas grandes grãos de silício, além do silício espalhado finamente da estrutura eutética. Os cristais grandes de silício aumentam demasiadamente o desgaste, até quando se usa ferramentas de metal duro. Assim, a usinagem das ligas de alumínio-silício hipereutéticas é uma das mais importantes aplicações para as ferramentas de diamante policristalino (*PCD*) (Trent and Wright, 2000), e só podem ser usinadas satisfatoriamente com estas ferramentas, sendo que a velocidade deverá ser diminuída com o aumento do teor de silício (Weingaertner and Schroeter, 1991).

Ao se salientar então os processos de usinagem a serem utilizados neste trabalho, verifica-se que apesar do processo de furação ser considerado um dos mais comuns e que cerca de 75% de todo o material de corte removido durante uma operação de usinagem é oriundo deste processo, o uso de revestimentos em brocas de aço-rápido ainda é restrito na usinagem de materiais ferrosos e deixa uma lacuna a respeito da usinagem de materiais não ferrosos. Como o processo de furação tem grande aplicabilidade na indústria automobilística, onde há uma tendência no desenvolvimento e produção de veículos cada vez mais eficientes como consequência do uso de materiais mais leves, tais como as ligas de alumínio-silício usadas na fabricação de cabeçotes de motores, caixas de câmbio e coletores de admissão, a FIAT-GM Powertrain por meio dos senhores Antônio Maria Souza Jr. e João André Bastos Ornelas dos Santos, despertou o interesse em investigar e analisar o desempenho de revestimentos TiN, TiAlN e TiAlN+WC/C sobre brocas de aço-rápido na usinagem de ligas de alumínio-silício ISO 3522 Al-Si12CuFe, utilizadas na fabricação de caixas de câmbio. Com o intuito principal de analisar a viabilidade econômica da utilização destas ferramentas na linha de produção em comparação as ferramentas de aço-rápido sem revestimento atualmente utilizadas.

## 2. METODOLOGIA DE TRABALHO

O trabalho seguinte terá como metodologia à realização de operação de furação numa liga de alumínio-silício ISO 3522 Al-Si12CuFe que corresponde as seguintes ligas: SAE 303, UNI EM 1706 AC-AlSi11 Cu2(Fe), ASTM B 85 SC114A, A.A. A384.0 e DIN EN 1706 AC-AlSi11 Cu2(Fe). A liga ISO 3522 Al-Si12CuFe é uma liga de alumínio eutética fundida sob pressão, contendo de 11-12,5% de silício, 1,75-2,5% Cu e 0,7-1,1% de Fe.

Serão usadas brocas de aço-rápido sem revestimento e revestidas de TiN (revestimento Brasimet), TiAlN (revestimento Brasimet), TiAlN (revestimento Balzers) e TiAlN+WC/C (revestimento Balzers). As brocas apresentam diâmetro de 10,0 mm (cone Morse) 1 e comprimento de 230 mm.

Segundo contatos já realizados com a FIAT-GM Powertrain Betim-MG, os ensaios de usinagem serão realizados numa máquina *Transferta* (Operação 20) em peças da própria linha de produção nos furos de fixação do parafuso tampão das hastes de seleção na caixa de câmbio, somando-se alguns testes no LEPU.

O trabalho será executado nas seguintes etapas:

## 2.1 Etapa 0: Definição das Condições de Corte

Será definido juntamente com a FIAT-GM Powertrain as condições de corte a serem utilizadas no trabalho. Possivelmente será marcada uma visita a FIAT-GM Powertrain, Betim-MG, para estabelecer esses dados. Esta etapa já foi executada com a definição de todos os detalhes da pesquisa, reportados na sequência.

## 2.2 Etapa 1: Revisão Bibliográfica

Será realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto, permitindo assim, uma melhor compreensão e discussão dos resultados obtidos durante o trabalho. Serão feitas consultas em livros e nos principais periódicos nacionais e internacionais disponíveis na biblioteca do Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, além de consultas à internet e portal da Capes na busca por artigos sobre o tema em questão.

## 2.3 Etapa 2: Revestimento das Ferramentas

Além de brocas sem revestimento, um conjunto dessas brocas serão enviadas para a BALZERS e BRASIMET que aplicarão os revestimentos, conforme esquema a seguir:

| Revestimentos BRASIMET |            |
|------------------------|------------|
| TiN                    | TiAlN      |
| Revestimentos BALZERS  |            |
| TiAlN                  | TiAlN+WC/C |

## 2.4 Etapa 3: Ensaios de Usinagem

Para atender o objetivo principal deste projeto, que é a comparação entre os diversos revestimentos e ferramentas sem revestimentos, na furação. Esta etapa será dividida em três sub-etapas.

### 2.4.1 Sub-etapa 1:

#### a) – Testes de Vida de Brocas Revestidas e Não Revestidas Novas

Os testes de vida serão realizados diretamente na linha de produção com as seguintes condições de corte fixadas para a ferramenta: rotação ( $n$ )= 1355 rpm, velocidade de corte ( $v_c$ )= 43 m/min, velocidade de avanço ( $v_f$ )= 500 mm/min, avanço ( $f$ )= 0,37 mm/rot e percurso de avanço ( $l_f$ ) ou profundidade do furo= 24 mm. As ferramentas sem revestimento e revestidas de TiN e TiAlN serão testadas somente com fluido de corte, ao passo que as ferramentas revestidas de TiAlN+WC/C serão testadas com e sem fluido de corte. Como as condições são fixas se repetirá os ensaios em 3 vezes para se ter confiabilidade estatística no resultado, dando um total de 18 ferramentas a serem testadas. Fica estabelecido como critério de fim de vida das ferramentas aquele utilizado pela linha de produção, ou seja, 3000 furos. Durante os testes serão medidos os desgastes de flanco ( $VB_B$  e  $VB_{Bmáx}$ ) a cada 500 furos.

#### b) – Análise dos Desgastes e Mecanismos de Desgastes

Análise da ponta da ferramenta, guias cilíndricas e da superfície de folga das brocas realizada em microscópio óptico no Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem (LEPU) e no microscópio eletrônico de varredura (MEV) do Laboratório de Materiais (LTM). A análise do desgaste das ferramentas será realizada de 500 em 500 furos até atingir um total de 3000 furos, por isso as ferramentas serão enviadas de volta para a linha de produção da FIAT-GM Powertrain após

uma etapa de análise de desgaste feita no LEPU. O microscópio eletrônico de varredura (MEV) será utilizado somente após a realização dos 3000 furos. O objetivo desta análise é de identificar os tipos e as formas de desgastes predominantes, assim como os possíveis mecanismos de desgastes operantes no processo durante os ensaios de usinagem.

#### **2.4.2 Sub-etapa 2:**

##### **a) – Testes de Vida de Brocas Revestidas e Não Revestidas Após Reafiamento**

Esta sub-etapa 2 segue a mesma metodologia da sub-etapa 1 letra a). O objetivo é verificar o desempenho de corte da ferramenta após a reafiação quando há uma perda do revestimento na superfície principal de folga.

##### **b) – Análise dos Desgastes e Mecanismos de Desgastes das Ferramentas Reafiadas**

Segue a mesma metodologia utilizada na sub-etapa 1 letra b).

#### **2.4.3 Sub-etapa 3: Testes de Potência**

Serão realizados testes específicos para se determinar a potência de furação, com ferramentas revestidas e sem revestimento, inclusive as reafiadas. À medida que as ferramentas forem sendo enviadas da FIAT-GM Powertrain para o LEPU, para análise de desgaste, faz-se posteriormente estes testes de potência no LEPU, a ser feito de 500 em 500 furos. Os corpos de prova serão confeccionados no LEPU antes da realização da primeira análise de desgaste, os primeiros 500 furos. Está previsto para cada ferramenta a realização de 10 furos, os dados de potência serão coletados por um sistema de aquisição de dados pertencente ao LEPU. Os ensaios de potência serão realizados com a utilização do centro de usinagem da Romi Bridgeport (Discovery 760) pertencente ao LEPU, as condições de corte serão as mesmas utilizadas na linha de produção da FIAT-GM Powertrain. O objetivo é investigar a potência de corte resultante do processo de usinagem comparando-se as ferramentas não-revestidas e revestidas, além dos revestimentos entre si.

#### **2.5 Etapa 4: Análise e Interpretação dos Resultados**

Análise dos resultados obtidos através da realização das etapas 3 e sub-etapas comparando-se os revestimentos utilizados e também a ferramenta sem revestimento.

#### **2.6 Etapa 5: Atividades Finais**

Redação da dissertação através dos resultados obtidos e divulgação destes através de publicações nos principais meios científicos.

#### **2.7 Etapa 6: Defesa da Dissertação**

### **3. AGRADECIMENTOS**

A Capes pela concessão da bolsa de mestrado e a FIAT-GM Powertrain pela possibilidade de realização deste trabalho.

#### 4. REFERÊNCIAS

- BULL, S. J., BHAT D. G. and STAIA, M. H., 2003, “Properties and Performance of Commercial TiCN coatings Part 1: Coating Architecture and Hardness Modeling”, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 163-164, pp 499-506.
- CHEN, D. J., SUN, W. P. and HON, M. H., 1987, “The Morphology and Structure of Chemical Vapour-Deposited Ti(C,N) Coatings”, *Thin Solid Films*, Vol. 146, pp 45-53.
- CSELLE, T., “Carbide Drills: at the Peak of Development?”, Ghuring Company, pp 85.
- GRZESIK, W., 1999, “Experimental Investigation of the Cutting Temperature when Turning with Coated Indexable Inserts”, *International Journal of Machine Tools & Manufacturing*, Vol. 39, pp 355-369.
- HATSCHEK, R. L., 1983, “Coatings: Revolution in HSS Tools” *American Machinist*, March, pp 129-143.
- HOGMARK, S., JACOBSON, S. and LARSON, M., 2000, “Design and Evaluation in Tribological Coatings”, *Wear*, Vol. 246, pp 20-33.
- HONG, H. T. and CHOU, T. L., 1993, “Modeling of Tool/Chip Interface Temperature Distribution in Metal Cutting”, *International Journal Mechanical Science*, Vol. 36, pp 931-943.
- IKEDA, T. and SATOH, H., 1991, “Phase Formation and Characterization of Hard Coatings in the Ti-Al-N System Prepared by the Cathodic Arc Ion Plating Method”, *Thin Solid Films*, Vol. 195, pp 99-110.
- KERKHOF, M., STAPPEN, M. V., D’OLIGSLAEGHER, M., QUAEYHAEGENS, C., and SARWAR, M., 1998, “Application of Advanced Surface Engineering Treatments to Multi-point Cutting Edges”, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 108-109, pp 612-619.
- LEE, M. and RICHMAN, M. H., 1974, “Some Properties of TiC-Coated Cemented Tungsten Carbides”, *Metals Technology* – December.
- PALDEY, S. and DEEVI, S. C., 2003, “Single Layer and Multilayer Wear Resistant Coatings of (Ti,Al)N: a Review”, *Materials Science and Engineering* pp 01-22.
- SANTOS, S. C., 2002, “Estudo da Influência de Revestimentos e da Aplicação de Fluido de Corte no Desempenho de Brocas de Aço-Rápido e de Metal Duro Integral na Usinagem de Ferro Fundido Cinzento”, Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal de Uberlândia.
- STAPPEN, V. M., STALS L. M., KERKHOF, M., and QUAEYHAEGENS, C., 1995, “State of the Art for the Industrial Use of Ceramic PVD Coatings”, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 74-75 pp 629-633.
- SUH, N. P., 1976, “Coated Carbides – Past, Present and Future”, *International Conference on Hard Materials Tool Technology*, Carnegie –Melon University, Pitsburg, Pensilvânia, 22-24 June pp 118-143.
- TRENT, E. M. and WRIGHT, P. K., 2000, “Metal Cutting”, 4<sup>th</sup> Edition, Butterworth Heinemann.
- VALLE, C. E., 1995, “Como se Preparar Para as Normas ISO 14000 – Qualidade Ambiental” –SP– Editora Pioneira.
- WEINGAERTNER, W. L. and SCHROETER, R. B., “Tecnologia de Usinagem do Alumínio e suas Ligas”, Segunda Edição, Alcan Alumínio do Brasil, São Paulo.

## 5. DIREITOS AUTORAIS

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

### PERFORMANCE OF COATING DRILLS IN MACHINING OF ALLOY Al-Si

#### **Rhander Viana**

Federal University of Uberlândia – (UFU); Av. João Naves de Ávila, 2160 – Campus Santa Mônica, CEP: 38400-902 – Uberlândia – MG, Brazil.

[rviana@mecanica.ufu.br](mailto:rviana@mecanica.ufu.br)

#### **Álisson Rocha Machado**

Federal University of Uberlândia – (UFU); Av. João Naves de Ávila, 2160 – Campus Santa Mônica, CEP: 38400-902 – Uberlândia – MG, Brasil.

[alissonm@mecanica.ufu.br](mailto:alissonm@mecanica.ufu.br)

**Abstract:** *Several operations are now accomplished using coating tools to improve the performance of the machining processes. The coatings improve the cutting conditions of chip-tool interface increasing the tool life. This work studies the influence of different coatings of high-speed steel drills (TiN, TiAlN and TiAlN+WC/C) in the machining of aluminum-silicon (ISO 3522 Al-Si12CuFe) alloy, used by the automotive industry. The results can be used to offer technical support to the current productive processes of the industry. Also these results will help in the development of new technologies that can fill out an existent gap in that area, attending the needs of the production processes.*

**Keywords:** *coatings, drills, high-speed steel, alloy aluminum-silicon.*