



UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE CORTE REVESTIDAS EM PROCESSOS DE USINAGEM

¹ Thaiane da Cruz Santos (SENAI CIMATEC) – thaianedacruzsanos@gmail.com; ² Antonio Fernando Teixeira da Silva, MsC (SENAI CIMATEC) – adm.fernandoteixeira@gmail.com; ³ Guilherme Oliveira de Souza, Dr. (SENAI CIMATEC) – guilhermeos@fieb.org.br; ⁴ Marina Reis Andrade (SENAI CIMATEC) – mareisandrade@gmail.com.

Resumo: Cada vez mais as indústrias da metal-mecânica têm evoluído com o avanço de pesquisas e estudos voltados para melhorias no ramo, que tenham impacto tanto na redução de custos quanto no aumento da produtividade. Um dos principais e crescentes avanços nas pesquisas desse ramo são os tipos de revestimentos utilizados em variadas ferramentas de corte para os diversos processos de usinagem existentes, com o objetivo principal de aumentar a vida útil da ferramenta, reduzindo custos e aumentando a produtividade (com os possíveis aumentos das velocidades de corte). Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica de alguns estudos voltados para revestimentos em ferramentas de corte e seus resultados.

Palavras-Chaves: ferramentas de corte; revestimento para ferramentas; processos de usinagem; revisão bibliográfica.

USE OF COATED CUTTING TOOLS IN MACHINING PROCESSES.

Abstract: Increasingly, the metal-mechanical industries have evolved with the advancement of research and studies aimed at improvements in the field, which have an impact on both cost reduction and increased productivity. One of the main and growing advances in research in this field are the types of coatings used in various cutting tools for the various existing machining processes, with the main objective of increasing tool life, reducing costs and increasing productivity (with possible increases in cutting speeds). This paper presents a bibliographic review of some studies focused on coatings on cutting tools and their results.

Keywords: cutting tools; tool coating; machining processes; bibliographic review.



1. INTRODUÇÃO

O processo de usinagem é a transformação da matéria-prima, de modo que haja a retirada de material o que, conseqüentemente, gera cavacos. Pode-se concluir que todo processo na qual é retirado uma parcela de material seja ela por cisalhamento ou na forma de cavaco é considerada usinagem [1].

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. Tem-se investigado 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 [2].

Na busca de melhor desempenho de ferramentas tem-se focado o emprego de revestimentos finos aplicados ao substrato (metal de base de ferramenta). A deposição de revestimentos tem como objetivo alterar as propriedades da superfície. Entre as características modificadas por meio de revestimentos podem-se destacar as propriedades ópticas, magnéticas, eletrônicas, químicas, resistência mecânica e de resistência ao desgaste [3].

Alguns estudos de caso utilizando o conceito principal de revestimento de ferramentas de corte serão resumidos a seguir para, principalmente, a compreensão da quão vasta é a aplicação e a diversidade de problemáticas na indústria que podem ser solucionadas com pesquisas e inovação na área.

Neste estudo, foi avaliada a eficiência do processo PVD (Physical Vapour Deposition) que é um processo de deposição de filmes metálicos finos sobre diversos tipos de substratos, ou seja, um método de revestimento, com o intuito de provar o seu rendimento na usinagem do alumínio 6351-T6 que foi revestido com diferentes ligas de titânio. De acordo com a literatura pesquisada, o alumínio reage quimicamente com os revestimentos depositados superficialmente, no entanto, após testes realizados foi possível concluir que as pastilhas com revestimento demonstraram menor aderência de material, provando que os revestimentos diminuem o coeficiente de atrito protegendo mais a ferramenta contra a adesão de material que está sendo usinado [1].

Foi realizada, neste estudo², a investigação e análise da influência de diferentes revestimentos de brocas de aços rápidos (TiN/TiCN, TiAlN, TiN/TiAlN e TiN/TiAlN/WCC) na usinagem da liga de alumínio-silício (ISO 3522 Al-Si12CuFe), utilizada pela indústria automobilística, comparando o desempenho entre os revestimentos, inclusive, da broca sem revestimento. Foram realizadas operações de furação na liga de alumínio-silício com as brocas de aço rápido revestidas com as diferentes ligas de titânio e sem revestimento. Os critérios de avaliação das ferramentas foram a vida da ferramenta expressa em número de furos usinados, força de avanço e ensaio de adesividade de revestimentos através de indentaçãRockwell C. Os resultados mostraram que as ferramentas revestidas produziram melhor desempenho em termos de vida da ferramenta, comparado à



ferramenta sem revestimento, e dentre todos os revestimentos, o TiN/TiCN foi o que apresentou melhor desempenho, mesmo que todos os revestimentos tenham aumentado a vida útil da ferramenta se comparada a sem revestimento [2].

Foi investigada a utilização de diferentes revestimentos de ferramentas de corte na usinagem por fresamento do aço inoxidável AISI 420. As ferramentas foram de metal duro e tiveram 3 distintos revestimentos: triplo revestimento (CrN/AlTiCrN/gradiente de ligas de AlCrN com Si₃N₄); revestimento com base nanocomposta e nanoestruturada (gradiente é uma combinação de AlTiN e Si₃N₄); revestimento nano estruturado, composto por uma combinação de AlTiSiN. Os dois primeiros revestimentos não variaram seus resultados entre si, e o último teve um destaque em seus resultados, no entanto os autores não chegaram a uma conclusão precisa do real motivo da distinção de desgaste nas ferramentas de corte, a não ser a comparação entre os fornecedores e o processo de fabricação das ligas de revestimento, já que não foi levada em consideração a espessura e a microdureza da camada [3].

Neste estudo, o torneamento da liga ASTM F136 Ti6Al4V foi avaliada utilizando diferentes revestimentos (TiAl e TiN) na ferramenta, considerando as variáveis de rugosidade da peça, energia específica de corte e desgaste da ferramenta. Ambos revestimentos não apresentaram resultados positivos para todas as variáveis consideradas, o TiAl apresentou bom desempenho, porém alta solicitação de corte e a ferramenta sem revestimento mostrou resultados medianos, concluindo que se faz necessário pesquisas com diferentes condições e testes com outros revestimentos para avaliar melhor o comportamento do titânio e suas ligas quando usinado [4].

Foi estudada a influência da variação na geometria da ferramenta de alargamento utilizada no estudo, considerando também os parâmetros de corte e os tipos de revestimento utilizados (TiAlN, Alcrona® e Helica®) para avaliar o comportamento na operação de alargamento cilíndrico do ferro fundido cinzento e vermicular. Os resultados do seu estudo mostraram que o revestimento Helica® apresentou melhores resultados no processo de alargamento do ferro fundido cinzento e o Alcrona® apresentou ótimos resultados para o mesmo processo no ferro fundido vermicular [5].

Neste estudo foi utilizado um revestimento de corte comumente usado em ferros fundidos, na usinagem de aço inox AISI 304, sendo realizados testes com três ferramentas distintas, cada uma com um revestimento (TiC, TiAlN e AlCrN). O revestimento mais utilizado em aços inoxidáveis (TiC) apresentou melhores resultados de vida útil, porém o revestimento TiAlN (mais utilizado em ferros fundidos) apresentou um ótimo desempenho relativo a rugosidade superficial da peça usinada [8].

Foi investigada a dinâmica de desgaste de ferramentas de metal duro revestido com compostos nanoestruturados com multicamadas de diferentes composições, baseadas em nitretos metálicos (Ti, Zr, Cr, Nb e Al). O aço AISI 1045 foi torneado e avaliado pós usinagem com as ferramentas revestidas. Os estudos foram conduzidos à comparativos entre ferramentas revestidas com os nitretos,



ferramentas não revestidas e ferramentas revestida com TiN (comumente utilizada). As velocidades influenciaram nos resultados de desempenho de cada ferramenta, os revestimentos de nitreto permitiram o aumento da velocidade, enquanto que a composição ideal do revestimento depende diretamente da velocidade de corte aplicada [13].

Este último estudo apresenta uma metodologia para avaliar qual o melhor revestimento para determinada aplicação. O método know-how, ou seja, “saber como” é a melhor forma de se descobrir tecnologias e meios mais rápidos e eficientes para identificar o melhor tipo de revestimento disponível, contribuindo para melhorar a seleção e o desenvolvimento sistemático de revestimentos para operações de corte especializadas [14].

2. METODOLOGIA

Neste trabalho foi realizado um estudo de pesquisa bibliográfica com a finalidade de se buscar conhecimento e interpretação sobre a utilização da ferramenta revestida.

De acordo com Hogmark et al., 2000, o revestimento é considerado uma camada superficial na ferramenta que é capaz de alterar a resistência mecânica ao desgaste da ferramenta aumentar a sua vida útil dependendo do material a ser usinado e o tipo de deposição de revestimento a ser feito, mas não só é alterada a resistência, mas outras propriedades como as magnéticas, eletrônicas e químicas.[6]

Ainda, sobre as propriedades dos revestimentos, alguns autores destacam a importância de características que influenciam melhor desempenho de ferramentas, focando o emprego de revestimentos finos aplicados para uma maior vida útil das ferramentas de corte. [7]

A aplicação de revestimentos para ferramentas de corte surgiu, na década de 1960, com o processo de deposição CVD (Chemical Vapor Deposition) e tomou grande impulso com o desenvolvimento do PVD (Physical Vapor Deposition), o qual possibilitou a utilização de temperaturas mais baixas de deposição de filmes, e consequentemente o uso de revestimentos numa gama maior de substratos, como o aço-rápido. Atualmente, o desenvolvimento e a implementação de novos revestimentos estão focados numa combinação de novos materiais e microestruturas, passando pelas estruturas binárias (Ex: TiN), ternárias (Ex: TiAlN) e as quaternárias (Ex: TiAlCrN), além dos revestimentos multicamadas graduais que oferecem elevada dureza e uma boa tenacidade, com cada revestimento podendo ter até 1000 camadas, cada uma com espessura de 1-2 nm [9]. O desenvolvimento dos chamados lubrificantes sólidos como o WCC, MoS₂ e DLC (Diamond LikeCarbon), também é outro campo de pesquisa bastante explorado, pois há sempre a preocupação de uma usinagem que não agrida o meio ambiente, ou seja, sem o uso de fluido de corte. Pode-se afirmar categoricamente que essas novas tecnologias conduzem a obtenção de revestimentos melhorados que são



especialmente apropriados para condições de trabalho muito exigentes e para ambientes altamente agressivos.

2.1. Desgaste de Ferramenta de Corte - Processos de Usinagem

Desgaste de uma ferramenta de corte é uma perda contínua e microscópica de partículas devido ao uso, o que prejudica a produção, diminui a qualidade final do produto e interfere negativamente no processo de usinagem, diminuindo a vida útil da ferramenta.

A vida útil de uma ferramenta de corte “é o tempo em que a mesma trabalha efetivamente, sem perder o corte ou até que se atinja um critério de fim de vida previamente estabelecido” [10], levando em conta o grau de desgaste. O desgaste dependerá, dentre outros fatores: (a) da quebra da cunha cortante; (b) das altas temperaturas observadas na interface cavaco-ferramenta; e (c) do aumento nas dimensões de rebarba. A vida útil das ferramentas poderá ser expressa por [11]:

- Número de peças produzidas;
- Percurso de avanço (mm);
- Percurso efetivo de corte (km);
- Velocidade de corte para determinado tempo de vida.

As avarias ou falhas acidentais poderão ocorrer em processos de corte interrompido (no fresamento, por exemplo), em função de choques térmicos e mecânicos, ou em processos de corte contínuo (como o torneamento). Entretanto, nesse último caso, a sua ocorrência é muito rara, excetuando-se a utilização em condições que excedam as recomendadas, ou que a ferramenta possua algum defeito de fabricação.

2.2. Tipos de Desgaste da Ferramenta de Corte

Entende-se por desgaste a degradação gradativa da cunha de corte, provocadas por solicitações mecânicas/térmica excessivas; fadiga; e abrasão. Os principais tipos de desgaste e avarias que ocorrem em ferramentas de corte são desgaste e avarias:

- 1) Desgaste de flanco ou frontal
- 2) Desgaste por entalhe
- 3) Desgaste de cratera
- 4) Deformação plástica da aresta de corte



- 5) Lascamentos
- 6) Trincas ou fissuras
- 7) Quebra

2.3. Mecanismos de Desgaste

A usinagem a seco, sem utilização de fluido, tem despertado a atenção de pesquisadores e técnicos, apresentando vantagens econômicas e ecológicas. Analisando-se tecnicamente o corte a seco, ele só é viável quando o tempo de usinagem, o tempo de vida da ferramenta e qualidade superficial da peça forem pelo menos semelhantes às conseguidas com a usinagem usando-se fluidos de corte tradicionais.

O material da ferramenta selecionado para uma operação de corte de metal a seco é tão importante quanto a geometria da ferramenta escolhida. Os materiais que apresentam um melhor desempenho nas operações a seco, tendo em vista as altas temperaturas e resistência ao desgaste são: metal duro, cermets, cerâmica, CBN e PCD [12].

É indispensável que o processo de usinagem proporcione uma boa qualidade da superfície das peças, preservando a vida da ferramenta. A usinagem a seco ou com uma quantidade mínima de fluido de corte, proporciona resultados superiores.

Como alternativa econômico-ecológica, busca-se desenvolver revestimentos para se aplicar ao substrato (metal da base da ferramenta), alterando as propriedades da superfície, proporcionando uma maior resistência mecânica e da resistência ao desgaste [6].

Algumas características influenciam uma maior vida útil das ferramentas de corte revestida. A microdureza é uma propriedade mecânica que influencia a vida de uma superfície da ferramenta.

2.4. Custo-benefício

A relação custo-benefício é um item importante a ser considerado na indústria moderna. Apesar de alguns novos materiais apresentarem vida útil de ferramenta ou produtividade superiores a materiais mais comuns, seu uso deve estar condicionado a uma análise da relação custo-benefício.

Cada vez mais as indústrias da metal-mecânica têm evoluído com o avanço de pesquisas e estudos voltados para melhorias no ramo que tenham impacto tanto na redução de custos quanto no aumento da produtividade. Um dos principais e crescentes avanços nas pesquisas desse ramo são os tipos de revestimentos utilizados em variadas ferramentas de corte para os diversos processos de usinagem existentes, como objetivo principal de aumentar a vida útil da ferramenta,



reduzindo custos e aumentando a produtividade (com os possíveis aumentos das velocidades de corte).

O fato de as ferramentas revestidas reduzirem ou eliminarem o uso de fluido de corte significará enormes benefícios, ponto de vista do meio ambiente, em função de se evitar o descarte de lançamento de efluentes líquidos ou substâncias poluentes que lançadas na natureza sem o devido tratamento, causam sérios danos ao ecossistema dos rios, lagos, córregos e oceanos

3. CONCLUSÃO

Neste trabalho realizou-se uma revisão bibliográfica de alguns estudos voltados para revestimentos em ferramentas de corte e seus resultados. Foram pesquisados diversos desenvolvimentos tecnológicos de geometrias e a utilização de diversos revestimentos, em função da necessidade de se reduzir o desgaste das ferramentas utilizadas na usinagem.

Conclui-se pela positividade da utilização das ferramentas revestidas, levando em conta a relação custo-benefício e os aspectos técnicos, econômicos e financeiros.

Recomenda-se que novos e permanentes estudos continuem a ser realizados, considerando-se a importância do desenvolvimento desta tecnologia.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e ao SENAI CIMATEC, pela concessão das bolsas de Doutorado e Mestrado, aos autores Antonio Fernando Teixeira da Silva e Marina Reis Andrade, respectivamente.

4. REFERÊNCIAS

- [1] MACEDO, R. S. et al. **Estudo do comportamento das ferramentas revestidas com pvd na usinagem do alumínio 6351-T6**. XXXVII ENEGEP, Joinville – SC, 2017.
- [2] VIANA, R. MACHADO, A. R. **Furação de uma liga Al-Si com brocas de aço rápido revestidas**. 15° POSMEC. FEMEC/UFU, Uberlândia - MG, 2005.
- [3] ROHLOFF, R. C. et al. **Análise do desgaste de ferramentas de corte com diferentes revestimentos no fresamento do aço inoxidável AISI 420**. 6° COBEF, Caxias do Sul – RS, 2011.



- [4] MANERA, R. S. et al. **Avaliação do desempenho do revestimento da ferramenta de corte na usinagem da liga Ti6Al4V**. 6º COBEF, Caxias do Sul – RS, 2011.
- [5] ALMEIDA, D. O. **Investigação de desvios geométricos no alargamento de ferro fundido com ferramentas revestidas**. 2008. 103p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG.
- [6] HOGMARK, S., JACOBSON, S. and LARSSON, M., “**Design and evaluation of tribological coatings**”, Wear, V. 246, Uppsala, Sweden, 2000, pp. 20–33.
- [7] MUSIL, J., “**Hard and superhard nanocomposite coatings**”, Surface and Coatings Technology, V. 125, Plzen, Czech Republic, 2000, pp. 322–330.
- [8] UGIONI, F. M. et al. **Estudo do desgaste de insertos revestidos durante a usinabilidade do aço inoxidável AISI 304**. 23º CBECiMat, Foz do Iguaçu - PR, 2018.
- [9] PFLÜGER, E., SCHÖER, A., VOUMARD, P., DONOHUE, L. and MÜNZ, W., **Influence of Incorporation of Cr and Y on the Wear Performance of TiAlN Coatings at Elevated Temperatures**, Surface and Coatings Technology, vol. 115, 1999, pp. 17-23.
- [10] FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais, Vol. 1**. EdgardBlücher, 1970.
- [11] ISO Standard 3685, 2nd Edition, 1993, “Tool-life testing with single-point turning tools”.
- [12] SCANDIFFIO, L. **Uma contribuição ao estudo do corte a seco e o corte com Mínima Quantidade de Lubrificante (MQL) em torneamento de aço**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Campinas, Campinas, 2000.
- [13] VERESCHAKA, A. et al. **Science Direct**. Vol. 420-421, p 17-37. 2019.
- [14] KLOCKE, F. et al. **Annals of the CIRP**. Vol 48, p. 2, 1999.