

1. A metodologia proposta para medição dos desgastes apresenta como principal vantagem a redução significativa dos erros sistemáticos e aleatórios nesta operação, reduzindo também o caráter subjetivo desta operação.

2. Após a conclusão dos testes das ferramentas os registros dos desgastes são preservados, sendo possível resgatar qualquer uma das medições efetuadas ao longo do trabalho, permitindo desta forma avaliar os pontos de medição, sanar dúvidas, efetuar correções no levantamento dos dados e quantificar um outro parâmetro.

4. A avaliação dos desgastes através dos novos parâmetros (áreas das marcas de desgaste) torna possível um melhor ajuste da curva de desgaste ao real comportamento da ferramenta, já que estes parâmetros se mostram bastante sensíveis ao trabalho da ferramenta.

5. A eliminação das medições de desgaste simultaneamente aos ensaios agiliza de forma significativa a execução dos testes.

8. REFERÊNCIAS

- Teshima, T., Shibasaka, T., Takuma, M. and Yamamoto, A., 1993, “Estimation of Cutting Tool Life by Processing Tool Image Data with Neural Network”, Annals of the CIRP, vol 42-1, p. 59-62.
- Ferraresi, D., 1970, “Fundamentos da Usinagem dos Metais”, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, 751p.
- ISO 3685, 1993, “Tool-Life Testing with Single-Point Turning Tools”, 2ªEd., p. 11-15.
- König, W. und Klocke, F., 1997, “Fertigungsverfahren 1, Drehen, Fräsen, Bohren”, Ed. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 471p.
- Lanzetta, M., 1996, “Tool Condition Monitoring Using an Artificial Vision System: Application of Blob Analysis to End Mills”, 41º Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, Band 1 – Vortragsreihen, Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, Germany, p. 581-586.
- Sandvik, 1994, “Modern Metal Cutting”, AB Sandvik Coromant, Sweden, 898p.
- Stemmer, C.E., 1995, “Ferramentas de Corte I”, Ed. Da UFSC, Florianópolis, Brasil, 249p.
- Weckenmann, A. und Schmitz, S., 1999, “3D-Gestaltmessung von Wendeschneidplatten”, VDI-Z Special Werkzeuge, April 99, p. 60-63.

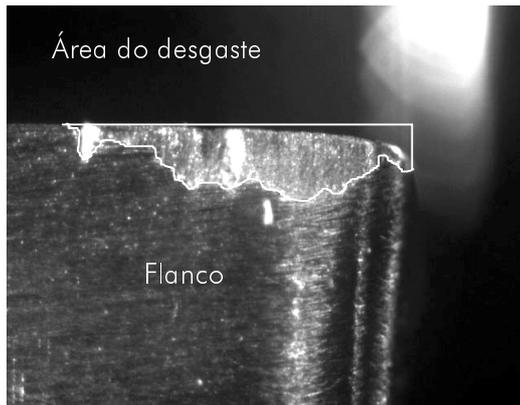


Figura 8. Imagens das medições de Ad_α e A_{RC}

6. ANÁLISE DA METODOLOGIA PROPOSTA

A sistemática tradicional adotada para o acompanhamento dos desgastes exige a realização de avaliações (medições) simultâneas ao desenvolvimento dos experimentos. Este procedimento leva a diversos problemas, acarretando erros significativos nas avaliações. Neste método também é fundamental a familiarização dos executores com este tipo procedimento (equipamentos, processo, tipos de desgaste, etc.). A medição simultânea impõe uma definição imediata dos pontos e regiões a serem quantificados, fato que pode gerar uma escolha incorreta dos pontos de medição. Após a medição a ferramenta entra novamente em trabalho por mais um período, até o próximo ponto de medição, eliminando a possibilidade de resgate de detalhes da medição realizada. O único ponto remanescente após o ensaio é o desgaste final atingido pela ferramenta no fim de vida (fim do ensaio).

Através do método proposto alguns problemas são eliminados, como falta de registro das formas dos desgastes e regiões onde são realizadas as medições, necessidade de definição rápida do que medir e onde medir, etc. Ao mesmo tempo outros problemas são minimizados (influência do operador na medida, erros sistemáticos e aleatórios no levantamento das medidas, etc.). A aplicação deste método mostrou-se bastante eficiente em avaliações realizados nos processos de torneamento (bits de aço rápido) e furação (brocas helicoidais DIN338). Na comparação dos resultados obtidos nos valores do desgaste através dos dois métodos de medição é possível verificar a boa regularidade e a baixa dispersão mantida nas medições pelo método proposto, justificando plenamente sua utilização.

7. CONCLUSÕES

Apesar da medição de desgaste em ferramentas de corte ser bastante empregada em trabalhos de pesquisas ou otimização de processos de usinagem, melhoramentos tecnológicos são extremamente necessários. Este trabalho propõe uma forma alternativa e bastante eficiente de quantificar tais desgastes, forma esta que pode ser melhorada e aperfeiçoada em função das necessidades e exigências específicas de cada processo.

Os novos parâmetros sugeridos (áreas dos desgastes) para monitorar a evolução dos desgastes permitem aumentar as opções de comparação entre ferramentas, tornando possível refinar a evolução dos desgastes desenvolvidos nas ferramentas.

De forma geral o trabalho permite concluir que:

parâmetros SV_γ , KL , KM , KB , E_C e L_C . Com a camera nesta posição, o relógio comparador é zerado. Para se obter a profundidade da cratera KT a imagem é focada no fundo da cratera. O valor de KT corresponde ao deslocamento efetuado pela camera para a manutenção do foco das imagens nos planos da borda e do fundo da cratera, figura 6. Este parâmetro é necessariamente medido simultaneamente a cada tomada de imagem, visto ser necessária a varredura de foco da superfície para o fundo da cratera em medição.

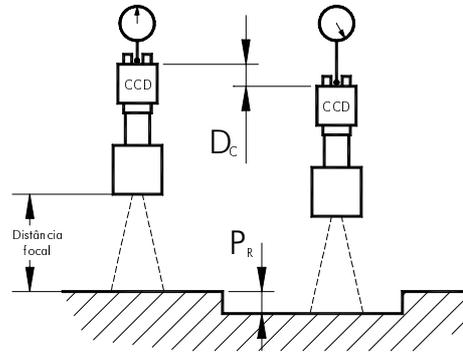


Figura 6. Princípio de medição da profundidade da cratera (KT)

5. NOVOS PARÂMETROS PARA AVALIAR O DESGASTE DA FERRAMENTA

A metodologia proposta permite a introdução de novos parâmetros para acompanhamento do desgaste nas ferramentas de geometria definida: a “*área da marca de desgaste no flanco - Ad_α* ”, a “*área da marca de desgaste na face - Ad_γ* ” (figura 7), “*área fictícia da cratera - A_{FC}* ” e a “*área real da cratera - A_{RC}* ” (figura 3). Como a análise do desgaste é realizada através das imagens coletadas durante os ensaios, torna-se possível quantificar as zonas (regiões) afetadas pelo trabalho de corte. As primeiras avaliações de ferramentas realizadas através destes parâmetros apresentaram resultados bastante positivos. A princípio este parâmetro se mostra bem mais sensível às variações de desgaste que os demais parâmetros tradicionalmente utilizados.

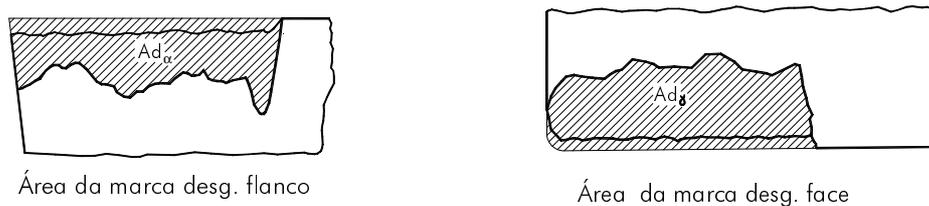


Figura 7. Áreas das marcas de desgaste no flanco e na face da ferramenta

A determinação destes parâmetros é mais onerosa, porém, de um modo geral, garante uma melhor representatividade das alterações sofridas pela ferramenta durante o corte. Através de um programa computacional torna-se bastante fácil realizar esta medição, já que a imagem de cada estágio do desgaste já foi registrada no momento oportuno durante os testes experimentais. Sem o registro das imagens de cada desgaste não é possível obter estes parâmetros.

A figura 8 mostra uma imagem da medição da área de desgaste de flanco e da área real da cratera.

inicial da escala de medição do programa. Na figura 5 pode ser vista a imagem da medição de um desgaste de flanco $VB_{máx}$ e um desgaste de face $KB_{máx}$.

Um importante ponto a ser destacado neste método é a manutenção do registro detalhado dos pontos de medição, viabilizando a qualquer momento uma reavaliação dos valores obtidos nas medições ou a realização de uma nova medição utilizando um outro parâmetro, o que através do método tradicional seria impossível.

O procedimento para realizar as medições consiste em durante os ensaios somente efetuar os registros das imagens das superfícies a cada ponto determinado ao longo da vida da ferramenta. Após o desenvolvimento experimental, procede-se a análise da seqüência de imagens de cada superfície (cada desgaste), efetuando-se as medições dos parâmetros convenientes através do programa selecionado e devidamente ajustado para esta tarefa. Uma imagem resultante após a medição pode ser vista na figura 5. Esta sistemática apresenta uma maior segurança que o método tradicional de medição dos desgastes.

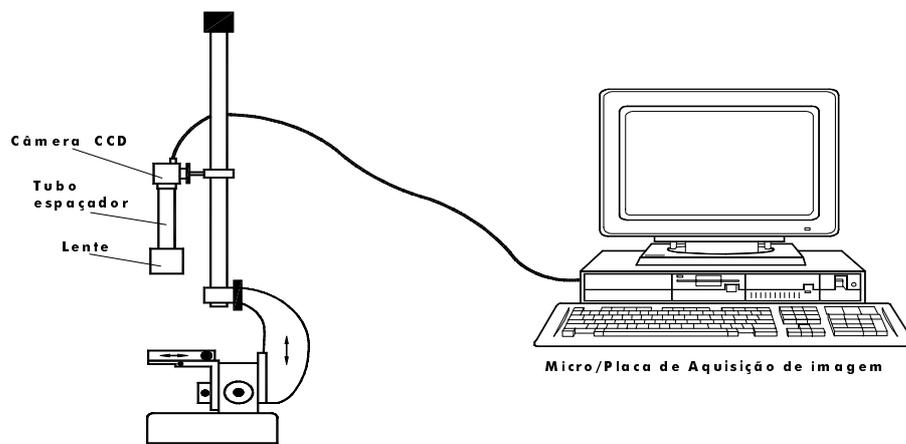


Figura 4. Sistema de aquisição de imagem dos desgastes

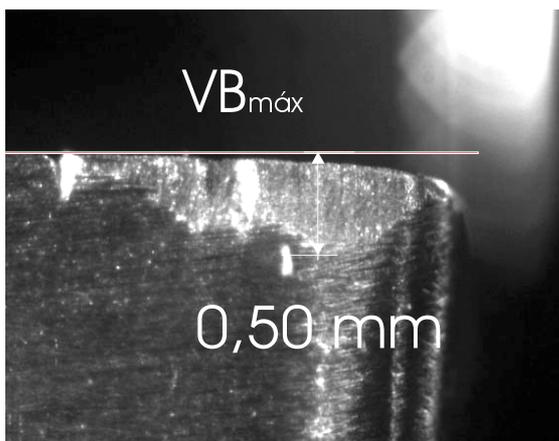


Figura 5. Exemplo de medição dos desgastes de flanco ($VB_{máx}$) e de face ($KB_{máx}$)

Para a caracterização dos parâmetros da cratera é utilizada uma montagem especial no sistema de aquisição de imagem. Esta montagem consiste em acoplar um relógio comparador para monitorar o deslocamento da camera CCD, de forma que o deslocamento da camera seja reproduzido no relógio. O procedimento consiste em fazer um registro da imagem com o foco na superfície (face), onde serão medidos os

Outro aspecto problemático nesta forma de medição é a comparação entre valores de desgastes medidos por operadores diferentes. Por mais que se tente padronizar o método de medição, este fato representa uma grande fonte de erro, devido a cada operador ter um modo particular de efetuar as medições. A influência do operador nas medições de desgastes tem sido um problema nas comparações de trabalhos desenvolvidos por diferentes pesquisadores. Geralmente buscaram-se explicações técnicas em outros aspectos do processo para justificar tais diferenças (material da peça, material da ferramenta, máquina-ferramenta, metodologia empregada no teste, etc.), mas certamente uma importante fonte destas diferenças está justamente na influência do operador na obtenção das medidas.

A medição do desgaste na face segue os mesmos procedimentos da medição do desgaste de flanco, isto é, as marcas de desgaste são quantificadas em um microscópio durante os testes da ferramentas através dos parâmetros KB e $KB_{m\acute{a}x}$, figura 2.

Ainda na face da ferramenta pode ocorrer um tipo característico de desgaste, o desgaste de cratera. A medição tradicional deste tipo de desgaste é bastante trabalhosa, exigindo equipamentos específicos (perfilômetros) que fazem uma varredura por apalpação na zona danificada segundo uma malha apropriada. Desta forma é possível definir sua forma e suas dimensões. Outra forma mais simples de avaliar a cratera é através dos parâmetros SV_{γ} , KL, KM e KB, que podem ser obtidos através de um microscópio de ferramentaria. Em alguns casos também pode ser simplificada a sua medição através de parâmetros mais genéricos, como a extensão (E_C) e o largura (L_C) máxima da cratera (figura 3).

4. METODOLOGIA PROPOSTA

O método proposto para o acompanhamento do desgaste de flanco e de face consiste em apenas coletar convenientemente as imagens do desgaste durante a realização do trabalho da ferramenta, para que após os testes sejam realizadas as medições de forma mais adequada. Este procedimento permite executar uma análise bastante detalhada em todos as marcas de desgaste ocorridas ao longo da vida da ferramenta. A realização desta análise permite estudar antecipadamente as marcas de desgastes antes de efetuar as medições de cada parâmetro, o que proporciona uma condição bastante favorável para a quantificação de cada desgaste. O método consiste em utilizar um sistema de aquisição de imagem composto por um conjunto de lentes, camera CCD e um microcomputador com placa de aquisição de imagem, figura 4. A camera e as lentes são montadas em uma estrutura de modo que a ferramenta a ser avaliada possa ser convenientemente posicionada no campo focal do sistema, isto é, de modo que as superfícies com as respectivas marcas de desgaste fiquem perpendiculares ao eixo das lentes. Para a obtenção de uma boa qualidade nas imagens são necessários ajustes no posicionamento da superfície, na iluminação (direção e intensidade) e na distância focal. A qualidade da imagem armazenada se reflete diretamente na qualidade dos resultados obtidos nas medições, razão pela qual deve-se dar uma atenção especial ao ajuste do sistema. A ampliação é escolhida em função das dimensões da ferramenta e dos parâmetros de corte empregados no processo (dimensões esperada para a marca de desgaste), normalmente variando entre 25 e 100 vezes.

Uma vez registrada a imagem digitalizada do desgaste, o procedimento de medição é bastante simples, bastando para isto utilizar um programa gráfico comercial conveniente para obter as dimensões desejadas. Para efetuar o ajuste da escala das imagens e do programa, no início do trabalho deve-se fazer o registro de uma imagem padrão (dimensão padrão), isto é, armazenar a imagem de uma medida padrão para o acerto

motivo dificilmente durante os testes de ferramentas são realizadas tais medições. Em casos especiais estas medições são realizadas ao final dos testes, quando a ferramenta atinge o fim de vida.

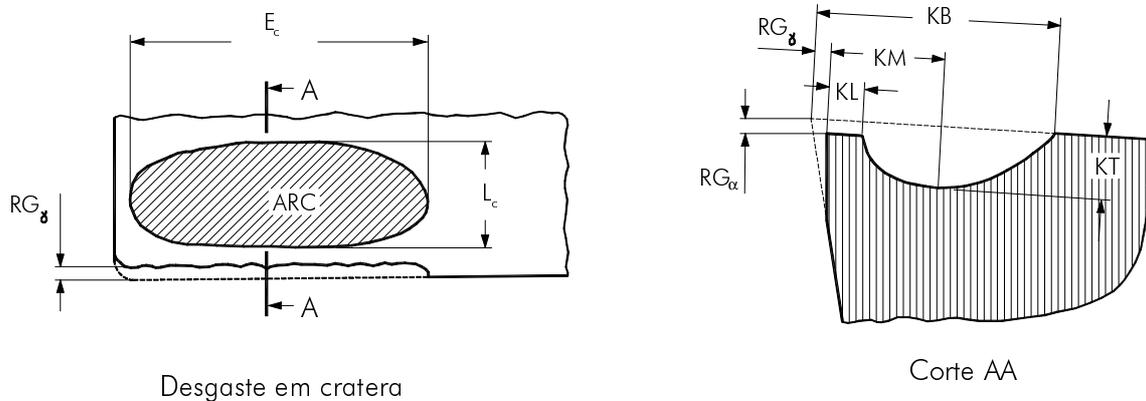


Figura 3. Forma típica de um desgaste de cratera (König,1997, ISO 3685,1993)

3. METODOLOGIA TRADICIONAL DE MEDIÇÃO

O estado funcional das ferramentas é monitorado através das marcas características e das alterações geométricas que ocorrem nas ferramentas devido ao uso. No caso do flanco (principal ou secundário) estas marcas de desgaste normalmente apresentam uma forma característica como mostra a figura 1. A medição tradicional dos parâmetros que definem o estado de desgaste da ferramenta ocorre simultaneamente durante o uso da ferramenta em trabalho. A ferramenta nova é colocada para executar um determinado trabalho, em intervalos pré-estabelecidos, o trabalho é interrompido e a ferramenta é analisada em um microscópio de ferramentaria (específico para tais medições), onde o operador identifica e quantifica o valor dos parâmetros de desgaste. Estes valores dependem de dois fatores, dos pontos escolhidos para realizar tais medidas e também da interpretação do operador do que seja a marca do desgaste ou zona afetada pelo calor, aderência de material da peça, resíduos carbonizados de fluido de corte, etc. Estes dois importantes fatores influem diretamente nos resultados obtidos. Como a ferramenta continua o trabalho após a medição, a posição e os pontos de medição ficam somente registrados na memória do operador e no número em uma planilha referente à marca de desgaste no tempo de vida da medição. Mesmo que uma imagem da marca de desgaste seja armazenada, não é possível resgatar-se em quais pontos o operador realizou tais medições, perdendo-se assim os detalhes da medição.

Os parâmetros escolhidos para medição são dependentes das características do processo avaliado e também dos interesses específicos dos ensaios. A quantificação dos parâmetros é feita através de um conveniente posicionamento da ferramenta no microscópio, onde através de uma visualização ampliada do desgaste pode ser medido o parâmetro desejado por meio do deslocamento de uma mesa micrométrica. Esta medição exige um posicionamento adequado da ferramenta na mesa de medição e de um critério bastante regular para quantificar as dimensões desejadas. Normalmente estas medições carecem de consistência técnica, pois os pontos das medições e demais detalhes não ficam registrados e são dependentes exclusivamente da experiência do operador. Este fato muitas vezes leva à ocorrência de erros bastante significativos.

- Largura da marca de desgaste na quina – VB_Q : corresponde à largura da marca na quina da ferramenta, isto é, na região de interseção entre os gumes principal e secundário, normalmente curva (raio de quina);
 - Largura máxima da marca de desgaste – $VB_{máx}$: largura máxima da marca de desgaste na parte ativa do gume;
 - Largura média da marca de desgaste – VB : valor médio obtido para a largura da marca de desgaste ao longo do gume ativo;
 - Recuo do gume - RG_α e RG_γ : correspondem ao deslocamento sofrido pelo gume nas direções do flanco e face respectivamente, ocasionado pelo desgaste da cunha de corte;
- Os parâmetros $VB_{máx}$ e VB são medidos ao longo do trecho ativo do gume. O VB_{Zi} e VB_Q são medidos nos extremos da região de trabalho da ferramenta, figura 1.
- A quantificação destes parâmetros é feita através de métodos específicos .

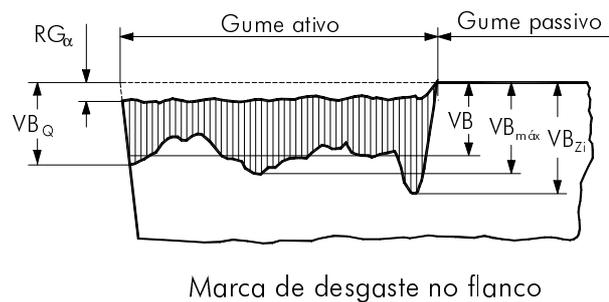


Figura 1. Parâmetros de desgaste no flanco da ferramenta (König, 1997)

2.3 Face da Ferramenta

Os desgastes ocorridos na face da ferramenta são usualmente quantificados através da marca de desgaste ou da cratera produzida nesta superfície pela ação do cavaco formado durante trabalho da ferramenta. Esta região, por normalmente apresentar uma forma irregular (quebra-cavacos), dificulta as medições, não sendo muito empregada para monitorar o desgaste. Normalmente os parâmetros da face são utilizados para complementar os resultados medidos no flanco.

A marca de desgaste na face é normalmente avaliada através dos parâmetros mostrados na figura 2.

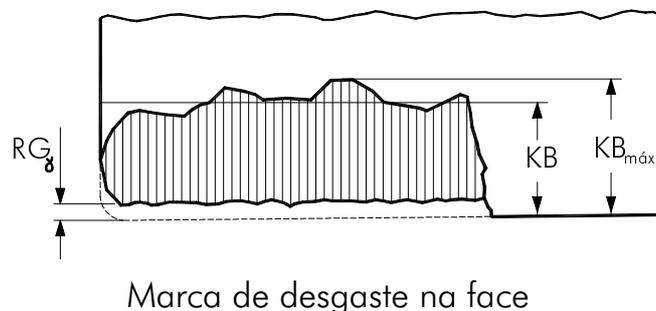


Figura 2. Parâmetros da marca de desgaste face da ferramenta

A cratera é caracterizada por suas dimensões e sua posição relativa de ocorrência na face, figura 3. A medição deste tipo de desgaste é um problema, pois exige equipamentos específicos e um tempo bastante significativo para obtenção de suas medidas. Por este

Nas ferramentas de geometria definida é comprovado que as regiões mais solicitadas durante o corte são o gume (aresta de corte), o flanco (superfície de incidência), a face (superfície de saída) e a quina (ponta) da ferramenta (König,1997, Stemmer,1995, Ferraresi, 1970). Cada uma destas regiões sofre vários tipos de solicitações (mecânicas, térmicas e abrasivas), que durante seu trabalho na peça sofrem marcas características. Através da medição apropriada destas marcas é possível avaliar as alterações sofridas pela ferramenta durante o seu trabalho, isto é, determina-se o grau de deterioração sofrido pela ferramenta.

Os métodos tradicionais de medição (quantificação dos desgastes) são bastante dependentes do operador, agregando um caráter subjetivo a tais medições. Este fato pode levar ao surgimento de erros sistemáticos bastante significativos que compromete os resultados finais da avaliação ou do trabalho como um todo. Alguns trabalhos (Teshima,1993, Lanzetta,1996, e Weckenmann,1999) sugerem metodologias e procedimentos para melhorar e agilizar o levantamento dos desgastes nas ferramentas, porém com aplicações bastante específicas.

Visando reduzir a subjetividade e a grande influência do operador na medição de desgastes da ferramenta de corte, este trabalho sugere um método simples e de aplicação geral, que proporciona uma maior regularidade nas medições reduzindo de forma significativa os erros na quantificação dos desgastes.

2. PARÂMETROS EMPREGADOS NA MEDIÇÃO DO DESGATE

2.1 Gumes e Quina da Ferramenta

Estas duas regiões da ferramenta são monitoradas através de uma inspeção visual, onde pode-se com relativa segurança avaliar o estado físico de cada uma destas partes. Na realidade não se quantifica desgaste nestas duas partes, mas sim são feitas avaliações da integridade física, onde pode ser detectadas avarias na ferramenta que podem definir o seu fim de vida. Entre estas avarias estão as trincas, lascamentos, deformações plásticas, fraturas e alterações geométricas.

2.2 Flanco da Ferramenta

O desgaste ocorrido no flanco é quantificado através de medições da marca de desgaste, que aparecem nesta superfície por ocasião da perda de material da ferramenta ao longo de seu uso, figura 1. Esta região da ferramenta é normalmente a zona utilizada para monitorar o desgaste, visto que apresenta uma superfície regular (lisa), facilitando a medição.

Esta perda de material não é constante ao longo de toda a extensão do gume, o que provoca uma alteração desigual na geometria da ferramenta. O gume principal deixa de ser reto (ou com curvatura uniforme) e passa a ter ondulações. A perda desuniforme no flanco também ocasiona uma alteração nos ângulos de trabalho em cada ponto da parte ativa do gume. Com o uso progressivo, este processo é acentuado até que o gume perca sua capacidade para o trabalho e a ferramenta é dita “gasta”, isto é, atinge o fim de vida.

O acompanhamento deste desgaste normalmente é feito pelos seguintes parâmetros:

- Largura da marca de desgaste na zona de interface – VB_{Zi} : este valor corresponde à largura da marca de desgaste no flanco na zona de interface entre a parte do gume ativa e a parte do gume passiva, também chamado de marca de entalhe;

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DO DESGASTE EM FERRAMENTAS DE CORTE DE GEOMETRIA DEFINIDA

Rolf Bertrand Schroeter

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Eng. Mecânica, Laboratório de Mecânica de Precisão, 88010-970, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: rolf@emc.ufsc.br

Cleiton Rodrigues Teixeira

Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Departamento de Materiais e Construção, 96200-900, Rio Grande, RS, Brasil. E-mail: dmcrt@super.furg.br

Resumo:

A medição do desgaste em ferramentas de corte é uma prática usual em processos de fabricação ou em pesquisas para otimização dos processos de usinagem. Embora bastante utilizada, a medição das diferentes formas de desgaste, nos moldes tradicionais, agrega uma incerteza na medição que pode comprometer significativamente os resultados finais do trabalho. Com o objetivo de minimizar as influências e reduzir os erros sistemáticos e aleatórios na medição do desgaste das ferramentas de geometria definida, este trabalho propõe uma metodologia e um procedimento para quantificar os desgastes na superfície de incidência (flanco) e na superfície de saída (face). Ao mesmo tempo propõe também a utilização de um novo parâmetro para acompanhamento do desgaste. Neste processo de medição são utilizados: microscópio, sistema de aquisição de imagem e alguns programas comerciais para garantir a qualidade nas medições. A grande vantagem deste método sobre os métodos tradicionais é a pouca influência do operador (baixa subjetividade), grande repetibilidade das medições e a manutenção (registro) de todos os detalhes das medições.

Palavras-chave: Medição de desgaste, Ferramentas de corte, Usinagem

1. INTRODUÇÃO

A medição dos desgastes nas ferramentas de corte é a forma mais utilizada para avaliar o estado funcional da ferramenta, isto é, avaliar as reais condições de trabalho desta ferramenta. Na literatura especializada encontram-se inúmeros trabalhos totalmente baseados na quantificação dos desgastes em ferramentas para obter conclusões referentes ao processo, ao material usinado e à própria ferramenta. Do mesmo modo, o conhecimento dos desgastes é fundamental para a otimização dos processos de usinagem.

Basicamente os mecanismos de desgaste que atuam nas ferramentas de corte de geometria definida são os mesmos em todos os processos de usinagem (König,1997). Cada processo tem suas características particulares, tanto na geometria da ferramenta como na sua forma de atuação na peça. Este fato proporciona particularidades também nas formas de desgaste e nas regiões onde eles surgem.