



19 Congresso de Iniciação Científica

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA INTEGRIDADE SUPERFICIAL EM PEÇAS
SUBMETIDAS A PROCESSOS DE USINAGEM EM CONDIÇÕES OTIMIZADAS**

Autor(es)

GUILHERME GORGULHO

Orientador(es)

ANDRÉ DE LIMA

Apoio Financeiro

FAPIC/UNIMEP

1. Introdução

Segundo Lima (2008), a exigência de mercado cria um cenário facilitador para a ocorrência de danos à Integridade Superficial das peças que foram submetidas a processos de usinagem. Devido a este fato, torna-se uma preocupação em modo geral sobre os diversos segmentos do mercado que utiliza o processo de usinagem para confeccionar seus produtos, devido que alguns dos danos causados não são detectados por inspeções e análises.

Na usinagem o momento do corte pode ser definido como momento crítico, refere-se a este momento às variações de temperatura e força que atuam no momento do corte, que resultam em danos nas superfícies das peças, podendo comprometer o desempenho da peça futuramente. Com a necessidade iminente de procurar alternativas que visassem explicar as ocorrências de falhas, surgiu a Integridade Superficial.

Segundo Shaw (1994) em meados dos anos 60, surgiu o termo Integridade Superficial que incluem todos os aspectos de superfície, incluindo acabamento de superfícies, danos metalúrgicos e tensões residuais. A importância da integridade superficial depende sobre seu impacto no desempenho do produto. Características de desempenho são geralmente sensíveis à integridade superficial, incluindo: resistência à fratura, resistência à fadiga, taxa de corrosão, comportamento tribológico, propriedades magnéticas e a estabilidade dimensional.

Dentre as alterações de superfície e sub-superfície pode se citar a Camada Afetada pelo Calor (CAC) chamada por alguns autores de Heat-Affected Zone (HAZ) e por outros de capa branca, como também pode-se citar rugosidade superficial e tensão residual (SHAW, 1994, DAVIM, 2010).

Na maior parte das empresas, só é vistoriado a parte de Rugosidade Superficial ou as características dimensionais da peça, mas somente essa inspeção não demonstra as condições reais da integridade superficial das peças superficial ou de sub-superfície (LIMA, 2008).

Com o acontecimento de mudanças de qualquer aspecto na integridade superficial da peça pode ocasionar a aceleração do processo de fadiga, alterando a resistência a abrasão e a corrosão e também a propagação e surgimento de trincas (VIEIRA, et al, 1998).

2. Objetivos

Este projeto tem como objetivo identificar qual ou quais parâmetros, utilizados no processo de usinagem, como variáveis de entrada, pode causar maiores alterações à integridade superficial de peças usinadas. Com o propósito de análise da Integridade Superficial das peças obtidas com o processo de torneamento.

- Desenvolver uma série de análises da CAC por meio de análise metalográfica destas peças;
- Um acompanhamento detalhado em cada corpo de prova visando levantar as condições da rugosidade superficiais obtidas e correlacioná-las outras variáveis analisadas;
- Buscar a identificação de possíveis ocorrências de fenômenos ligados à integridade superficial e sub-superficial das peças.

3. Desenvolvimento

O início dos ensaios se deu com a definição do material a ser usinado, assim, escolheu-se o aço ABNT 4340, devido a sua utilização em larga escala no setor industrial e também por causa de suas propriedades mecânicas, como, por exemplo, de usinabilidade e temperabilidade.

Inicialmente os corpos de prova estavam com uma dureza em uma faixa entre 15 – 20 HRC, e posteriormente, tratados termicamente para aumento de dureza. Os corpos de prova passaram por tratamento térmico de têmpera e revenimento. Após o tratamento térmico, os corpos de prova passaram a ter dureza entre 54 – 56 HRC.

No processo de torneamento, o formato dos corpos de prova tem como diâmetro 48 mm e comprimento de 164 mm, sendo que deste comprimento 20 mm foram direcionados à fixação do corpo de prova na placa do torno. Os 144 mm de comprimento restantes foram divididos em 3 (três) pistas (amostras), sendo que cada uma delas têm 48 mm aproximadamente.

Cada um dos corpos de prova que foram utilizados, no desenvolvimento deste projeto, foram divididos em 3 pistas ao longo da extensão de sua superfície, assim, em cada um dos corpos de prova terá 3 amostras a serem analisadas.

Nos ensaios realizados foram adotados 3 (três) valores diferentes para o avanço ($f_n1 = 0,15$; $f_n2 = 0,25$; $f_n3 = 0,35$) sendo que cada avanço era direcionado a uma pista. Os ensaios foram divididos em 2 (dois) grupos ($V_c = 170$ m/min Grupo A e $V_c = 212$ m/min Grupo B). O parâmetro denominado profundidade de corte ($A_p = 0,25$ mm) permaneceu constante para os dois grupos.

Para o desenvolvimento das descrições das análises será utilizada uma nomenclatura específica para cada ensaio, sendo que cada um dos 4 (quatro) ensaios são mencionados em casos conforme a seguir:

- 1 – ensaio com fluído de corte e parâmetros de usinagem estabelecidos do Grupo A;
- 2 – ensaio com fluído de corte e parâmetros de usinagem estabelecidos do Grupo B;
- 3 – ensaio sem fluído de corte e parâmetros de usinagem estabelecidos do Grupo A;
- 4 – ensaio sem fluído de corte e parâmetros de usinagem estabelecidos do Grupo B.

O conjunto de corpos de prova utilizados para o ensaio foi formado por um número de 4 (quatro), sendo que cada um destes foi dividido em 3 (três) pistas, ou seja, 3 (três) amostras a serem analisadas, totalizando assim, 12 (doze) amostras a serem extraídas dos ensaios. Todos os corpos de prova utilizados para o desenvolvimento dos ensaios foram uniformes, ou seja, mesmo formato e dimensões.

Devido ao desgaste da aresta efetiva de corte da ferramenta, os ensaios foram conduzidos focando em uma análise constante tem como objetivo principal, preservar as características geométricas de cortes destas ferramentas, com o propósito de evitar a inclusão de outras variáveis no processo. Para evitar o desgaste da aresta no momento do corte, definiu-se que a cada dois ensaios, ou seja, usinagem de duas pistas ocorre à suspensão do programa com o propósito de realizar a troca de aresta de corte.

A análise de rugosidade superficial teve como objetivo procurar uma única condição de medição, que aceitasse atender as amostras em geral, ou seja, processo de torneamento com e sem fluído de corte. O equipamento utilizado foi configurado para executar as medições no padrão ISO com Cut-off de 0,8 adequado para o processo de torneamento, e para o tamanho da pista analisada.

Os 4 (quatro) corpos de prova cada um com 3 (três) pistas foram submetidos a análise de rugosidade superficial, onde para cada pista foram realizadas 15 (quinze) leituras de rugosidade em pontos diferentes.

Na análise da microdureza, inicia-se com a verificação da distância necessária a ser percorrida pelo penetrador ao longo da superfície e subsuperfície das amostras, pois, esta distância representa a camada que pode ter sofrido alterações durante o processo de usinagem. Esta distância se torna imprescindível para análise e após sua identificação, podem ser dimensionados os parâmetros – distância entre as impressões, quantidades de impressões a serem avaliadas, definir a carga (HV0,1) a ser aplicada, assimilação da dureza da base da amostra, entre outras – de medições para o andamento da análise.

Para a concretização das análises de microdureza, adotou-se um percurso de medição curvilíneo. Este tipo de percurso permite identificar, um maior número de pontos de análise ao longo da camada de interesse. Os valores alcançados na análise de microdureza Vickers e Rockers foram obtidos por meio de uma análise executada a cada 0,01 mm de profundidade da superfície em direção ao centro das amostras.

A análise metalográfica é baseada na identificação de alterações na micro-estrutura do material (transformação de fases), como, por exemplo, alterações aparentes na superfície analisada, variação na coloração ao longo da amostra. E a análise da CAC direciona a quantificação das alterações, ocorrendo a medição da profundidade das camadas.

4. Resultado e Discussão

Neste item são apresentados os resultados das análises que foram desenvolvidos nos corpos de prova, com o intuito de desenvolver um levantamento das condições superficiais e subsuperficiais dos materiais que foram submetidas a ensaios de usinagem.

Os resultados da análise da rugosidade superficial podem ser visualizados na Figura 1, referente ao Caso 1, Caso 2, Caso 3 e Caso 4 onde cada curva do gráfico representa uma pista, que contém os valores de rugosidades referentes às 15 (quinze) repetições. Nota-se que C1 e P1 significam Caso 1 e Pista 1 respectivamente e assim respectivamente.

Com os resultados finais destas análises atingiu-se a algumas respostas no que se refere à identificação dos parâmetros que mais contribuíram para o alcance das oscilações no comportamento da rugosidade superficial das amostras.

Quanto maior o valor do avanço utilizado no momento de corte, maior será o valor da rugosidade superficial encontrada na superfície das amostras realizadas. Ficando evidente que a não utilização do fluido de corte aumentou consideravelmente a rugosidade superficial.

Em relação à velocidade de corte de 170 m/min que é a mesma no Grupo A (Caso 1 e Caso 3), nota-se que a rugosidade superficial aumentou em todas as pistas. Já no Grupo B, onde a velocidade de corte é de 212 m/min (Caso 2 e Caso 4), a rugosidade superficial também aumentou em todas as pistas, mas apresentou pouca variação. Nos ensaios que foram feitos sem fluido de corte, houve uma elevação nas rugosidades superficiais.

A finalidade do ensaio de microdureza é apresentar como se comportou a microestrutura da superfície e subsuperfície das amostras ao longo dos ensaios realizados. Com o intuito de facilitar o entendimento as análises foram realizadas em HV0,1 (100g) e convertido para HRC.

Na Figura 2, tem-se comparativo entre a microdureza do material da amostra medida em regiões afastadas da superfície (núcleo) das amostras com as medidas extraídas das superfícies e subsuperfícies, onde a medida é denominada como medida do núcleo. Estes gráficos apresentam os comportamentos assumidos pela análise de microdureza dos ensaios de torneamento com velocidade de corte igual a 170 m/min que contém o Caso 1, com fluido de corte, e o Caso 3 sem fluido de corte. Já com velocidade de corte igual a 212 m/min o Caso 2, com fluido de corte, e o Caso 4 sem fluido.

Conforme os gráficos relatados na Figura 2, nota-se que a forma dos dois gráficos são de grande similaridade, fato que permite analisar os resultados ao mesmo tempo.

Vale ressaltar a elevação dos valores de dureza encontrados nas subsuperfícies, fato que se repete em ambos os gráficos. Com isso, conclui-se que o parâmetro fluido de corte, não promove grandes alterações na microdureza.

As outras duas variáveis analisadas são o avanço e a velocidade de corte, que são responsáveis pelas oscilações presentes na análise de microdureza desenvolvida, estas oscilações que foram apresentadas, apontam variações entre os picos de valores de máximo e mínimo, na ordem de 15 HRC.

Os valores da análise de microdureza apresentado por este ensaio mostram medidas em média 5 HRC superiores a medida encontrada na região do núcleo da amostra, os valores de microdureza encontrados tendem a firmar em regiões a partir a profundidade de 0,06 mm, se estabilizando enfim a 0,1 mm de profundidade.

Os resultados da CAC e da análise metalográfica ocorrem ao mesmo tempo, entre estas análises pode-se citar a determinação da profundidade da CAC e a interpretação dos fenômenos que ocorreram nas microestruturas das superfícies e subsuperfícies das amostras.

Na Figura 3 são apresentadas imagens realizadas de análises metalográficas obtidas através nas superfícies das amostras que passaram pelo processo de torneamento. Pode-se observar a existência da formação da CAC e vestígios de alterações metalográficas, gerada pela reorganização da microestrutura do material.

O parâmetro de usinagem denominado avanço de corte, causa alterações nos valores da CAC alterando assim, os valores obtidos ao longo da análise.

Conforme citado no item 3, o Grupo A (Caso 1 e 3) com velocidade de corte igual a 170 m/min causa mais impacto que o Grupo B de 212 m/min (Caso 2 e 4), portanto CAC e V_c são inversamente proporcionais, enquanto aumenta a velocidade de corte, a CAC tende a diminuir.

O parâmetro de usinagem denominado avanço de corte, causa alterações nos valores da CAC alterando assim, os valores obtidos ao longo da análise.

Nota-se nos gráficos da Figura 3 que a pista 2 em todos os casos sofreu uma pouca minimização.

5. Considerações Finais

Uma importante ferramenta para a confecção de peças é a identificação das influências dos parâmetros de corte sobre a integridade superficial das peças a serem submetidas a processos de usinagem, sendo assim, possível conferir as características esperadas na peça em relação às requisições a que são expostas em campo.

Dentre os parâmetros de usinagem de entrada utilizados, o avanço (f_n) foi o parâmetro que mais influenciou nos resultados das análises. Em alguns casos essa influência se destaca de forma clara, mas em outros os casos se apresenta de maneira sutil, apesar disso essa variância causado pelo avanço é presente em todas as análises.

A correta definição dos parâmetros de corte no processo de usinagem está atrelada, aos resultados e as características esperadas, ou seja, parâmetros de corte são os grandes determinantes na integridade superficial deparada na superfície e subsuperfície de peças usinadas.

A influência da utilização ou não do fluido de corte nos ensaios de torneamento evidenciou que a usinagem a seco, a ferramenta é mais susceptível a desgastar mais depressa, enquanto com refrigeração tem um desgaste lento. Muito embora neste projeto a utilização de fluido de corte não tenha influenciado muito no resultado final, já na rugosidade superficial (R_a) a não utilização de refrigeração provocou resultados piores na análise.

O processo de torneamento mostrou que deve direcionar uma atenção redobrada na definição dos parâmetros de corte a serem utilizados na execução das peças. Em situações onde não existe flexibilidade da escolha dos parâmetros de corte, necessita utilizar critérios após a usinagem (alívio de tensões).

Referências Bibliográficas

DAVIM, J. P. Surface Integrity in Machining. London: Springer, 2010. 215p.

LIMA, A. Análise dos efeitos gerados pelos parâmetros de corte em processos de usinagem, sobre a integridade superficial das peças em aço ABNT 4340. Tese em Engenharia de Produção (Doutorado). Departamento de Fabricação, Universidade Metodista de Piracicaba. Santa Bárbara d'Oeste, 2008.

SHAW, M. Heat-Affected Zones in Grinding Steel. Annals of the CIRP, v43/1. 1994. p.279-282.

VIEIRA, M.; LIMA, A.; LIBARDI, R.; CANCELIERI, H. A. Análise da Camada Afetada pelo Calor na Superfície de Peças Retificadas. In: IV Seminário do Desgaste . Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, São Paulo: Édile, jul 1998. 183-206p.

Anexos

