

Rosqueamento Interno Usando Macho de Corte com a Utilização da Mesa Compensadora e do Cabeçote Flutuante

Adriell Oliveira Diniz, Gustavo Vilela Oliveira, Márcio Bacci da Silva, Eder Silva Costa

Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem, adriell@ufu.com.br

Palavras-chave

Usinagem, Rosqueamento interno, erro de sincronismo, força axial, torque.

1. INTRODUÇÃO

A usinagem é um dos mais importantes processos de fabricação utilizados na indústria ainda hoje (Ferraresi, 1995), apesar de ser um antigo método de transformação de materiais conhecido pelo ser humano. Com a automatização e especialização de vários deles, como torneamento, fresamento e furação, os processos de remoção de materiais mais rápidos, como o rosqueamento, se tornaram tão importantes quanto qualquer outro.

O processo de rosqueamento interno é um dos processos mais complexos que existem na usinagem, apesar do seu curto tempo de operação, mesmo a baixas velocidades. Apesar da sua complexidade, ele é amplamente utilizado numa série de aplicações, sendo a junta rosqueada, uma das soluções de acoplamento mais utilizadas no mundo (Fromentin et al, 2005).

O rosqueamento interno por usinagem é um dos processos de usinagem que mais demandam do equipamento utilizado (Cao & Sutherland, 2002). Um dos maiores problemas enfrentados é a quebra do macho, por fatores como: saída do cavaco em furo cego, torque excessivo, erro de sincronismo do eixo árvore, dificuldade de lubrificação e refrigeração do processo, grandes profundidades rosqueadas e falta de rigidez da máquina utilizada (Pereira, 2014). Como o processo de rosqueamento é normalmente um dos últimos processos de fabricação impostos à peça de trabalho, uma falha nesse procedimento pode ser extremamente cara, podendo estragar a peça semiacabada ou gerando um tempo desnecessário, para, por exemplo, remover o macho que se quebrou de dentro do furo (Armarego & Chen, 2002).

A importância do processo, a grande aplicabilidade das juntas rosqueadas e o pouco estudo sobre o assunto, principalmente acerca do erro de sincronismo apresentado nas máquinas utilizadas no processo de rosqueamento interno com macho de corte, motivaram a criação de dois sistemas que visam atenuar esse erro: o cabeçote flutuante e a mesa compensadora.

O cabeçote flutuante, que pode ser visto na Figura 1, possui uma mola em seu interior, o que faz com que a rosca possa ser produzida com a compensação de um possível erro na velocidade de avanço aplicada pela máquina no macho de corte. A maior vantagem desse sistema é justamente no retorno da ferramenta, onde a mola do cabeçote ajusta a saída da mesma, de maneira que os “dentes” do macho não façam contato excessivo com a rosca recém-formada, evitando prejuízos desnecessários tanto no macho quanto na rosca (Da Mota, 2009). Porém, esse sistema possui limitações, tanto quanto ao uso de ferramentas de maiores diâmetros, quanto à indexação de sistemas medidores de torque, como os dinamômetros rotativos. Por isso, a mesa compensadora foi desenvolvida, como mostrado na Figura 1. Um sistema para compensação dos erros de sincronismo no processo de rosqueamento (Patente Nº BR10201501118, 2015), também conhecido como mesa flutuante, utilizado para prender o corpo de prova em si mesma, ao contrário do cabeçote flutuante, usado na fixação da ferramenta na máquina.

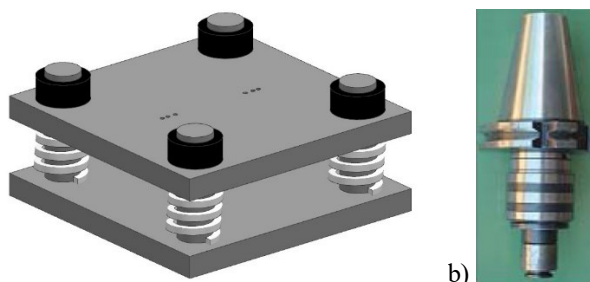


Figura 1.a) Modelo tridimensional da Mesa Compensadora; b) Cabeçote Flutuante

A mesa, inspirada no sistema compensador por molas do cabeçote flutuante, possui 4 delas, que se deslocam axialmente à medida em que a máquina aplica o avanço na ferramenta corte, buscando dessa maneira, atenuar o

movimento assíncrono que ocorre entre o passo programado pela máquina e o passo real que é exercido pelo macho de corte.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Os ensaios foram realizados nas dependências do Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem da Faculdade de Engenharia Mecânica de Universidade Federal de Uberlândia. Foi utilizado o centro de usinagem CNC de 3 eixos móveis da ROMI, modelo Discovery 760 em todos os testes. O corpo de prova de ferro fundido cinzento da classe FC-250 possuía as seguintes dimensões: 180x90x35 milímetros, com dureza de 187 HB e limite de resistência igual a 259 Mpa. A ferramenta utilizada foi o macho de corte em aço rápido (HSS) com tratamento superficial de nitretação, próprio para a usinagem de ferros fundidos em furos cegos, de acordo com o catálogo do fabricante (OSG, 2012). Os sistemas de indexação de ferramentas de corte utilizados foram: o cabeçote fixo para quando usada a mesa compensadora e o cabeçote flutuante para o restante dos testes. Os parâmetros de corte adotados foram: 750 rpm de rotação, o que representa uma velocidade de corte de aproximadamente 14 m/min, e avanço de 1 mm conforme passo do macho de corte. Esses parâmetros de corte foram mantidos constantes em todos os testes realizados.

As variáveis de saída, força axial (F_z) e torque (M_z), foram medidas por meio da utilização de um dinamômetro rotativo Kistler modelo 9123 C1211, quando a mesa compensadora foi utilizada, e um dinamômetro estacionário Kistler modelo 9265B, quando o cabeçote flutuante estava indexado à máquina. Os dinamômetros foram acoplados a um condicionador de sinais multicanais da Kistler modelo 5223131, que por sua vez estava ligado a uma placa de aquisição de sinais DAK 6202 da National Instruments.

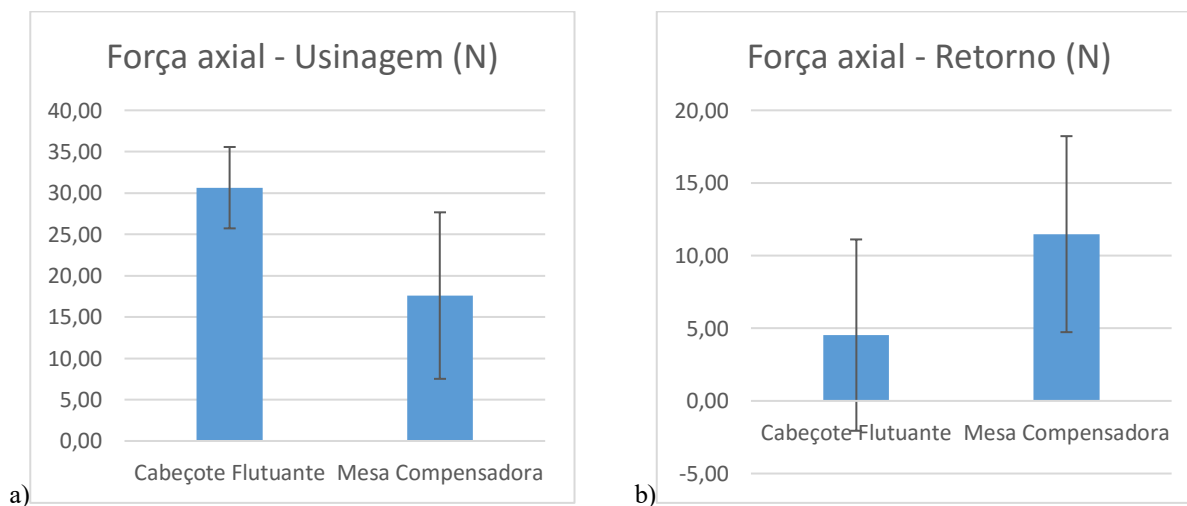
Os testes de rosqueamento foram realizados após o processo de furação dos pré-furos nos corpos de prova. Foram realizados furos no material do corpo de prova respeitando um espaçamento entre furos de 11 mm com as seguintes dimensões: diâmetro de 5 mm e profundidade de 15 mm, já incluso neste valor o chanfro. Os furos foram usinados com uma broca escalonada de metal duro com haste 1885 HE 7, revestida com TiN e dimensões: $\varnothing 5.0 \times \varnothing 7.0 \times 76 \times 38$ mm. Com os furos confeccionados deu-se início ao processo de rosqueamento interno, onde realizou-se um teste, uma réplica e uma tréplica. Sendo assim, ao final de todos os testes, o material do corpo de prova possuía 6 furos roscados: sendo 3 furos obtidos com o uso do cabeçote flutuante e os outros 3 com o corpo de prova fixado a mesa compensadora e utilizando o cabeçote fixo da máquina. Todos os furos roscados produzidos foram inspecionados quanto a qualidade da rosca fabricada, tanto por meio visual após corte transversal do corpo de prova, quanto através da utilização de um calibre Ferriplax 19264 passa não passa M6x1,0 6H.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de força axial e torque foram avaliados em função das duas principais etapas do processo de rosqueamento interno com macho de corte: usinagem e saída da ferramenta. Dessa maneira, os dados puderam ser melhor visualizados e analisados. Como foram feitos três testes para cada sistema atenuador do erro de sincronismo (mesa compensadora e cabeçote flutuante), os resultados apresentados de força axial e torque são provenientes do cálculo de média e desvio padrão, do conjunto desses três testes, para cada etapa do processo de rosqueamento interno avaliado.

A figura 2 apresenta os valores de força axial e torque obtidos, sempre comparando o desempenho dessas variáveis entre os sistemas flutuantes utilizados.

A força axial na usinagem apresentou uma importante diminuição com a utilização da mesa flutuante. Isso pode ter ocorrido devido ao fato da utilização de 4 molas para a compensação do erro de sincronismo, além da utilização de uma mesa, com uma base, que possibilitou um movimento mais regular da peça a ser usinada. O fato de que o cabeçote flutuante usa uma velocidade constante de avanço na entrada do furo, com maior agressividade, também contribuiu para as maiores forças axiais de usinagem encontradas utilizando-o.



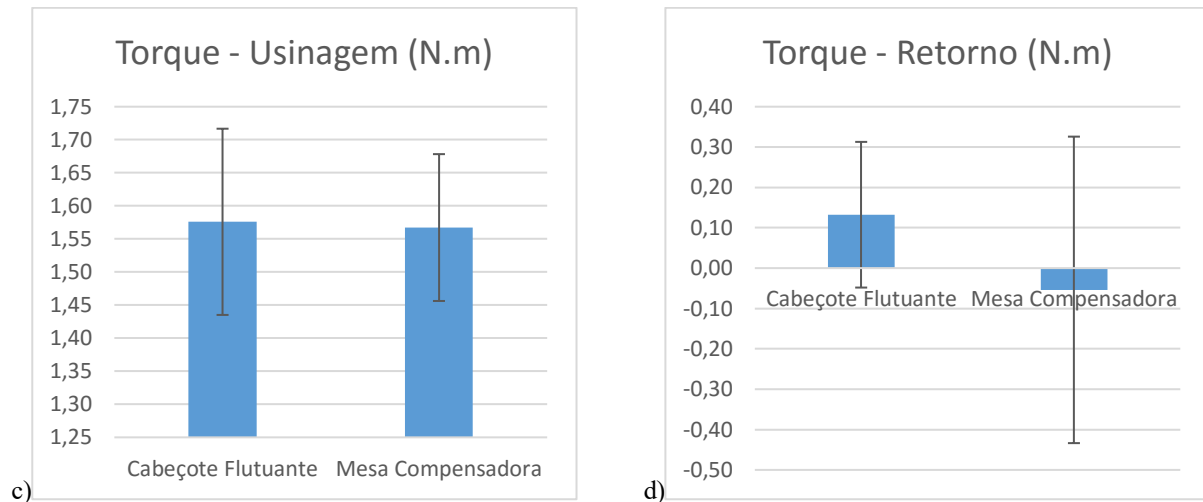


Figura 2. Variáveis de saída, Força axial (a) e (b), e torque (c) e (d), nas etapas de usinagem e saída do macho de corte, com a utilização cabeçote flutuante e mesa flutuante

No retorno da ferramenta, no entanto, o cabeçote flutuante apresentou forças axiais menores. Por estar prendendo a ferramenta de corte, em seu retorno, a compensação feita com o cabeçote é mais eficaz, de modo que mesmo a uma velocidade constante em sua saída, a mola do cabeçote consegue evitar que as arestas cortantes do macho máquina raspem desnecessariamente nos filetes de rosca recém-formados, o que diminui o esforço que esse contato apresentaria.

O torque, na etapa de usinagem do processo de rosqueamento não apresentou diferenças significativas entre os resultados dos dois sistemas de atenuação do erro de sincronismo. No entanto na etapa de retorno observa-se um menor valor em módulo do resultado apresentado pela mesa compensadora. Apesar do menor resultado em módulo, percebe-se que o desvio padrão gerado é muito maior do que o apresentado pelo cabeçote flutuante, além do resultado médio do torque ser negativo neste caso. Estes dois fatos resultantes da utilização da mesa compensadora podem contribuir de forma negativa a integridade do macho de corte.

4. CONCLUSÃO

A utilização dos sistemas flutuantes ajuda na conservação das ferramentas de corte, prolongando suas vidas, além de ajudar na qualidade da rosca formada pelo processo de rosqueamento interno. O cabeçote flutuante, por ser uma alternativa mais antiga para a atenuação do erro de sincronismo, ainda apresenta bons resultados para o seu propósito e seu uso é justificável.

A mesa compensadora também se mostrou muito eficaz no cumprimento de sua proposta. Além disso, ela possui vantagens se comparada ao cabeçote flutuante. Ela é capaz de possibilitar a utilização de um dinamômetro rotativo para monitorar os valores da Força axial e de torque, grandezas de extremo interesse na usinagem, e que seriam coletadas com maior dificuldade utilizando o cabeçote flutuante. Em adição, pode-se apontar a versatilidade da mesa compensadora, que pode ser utilizada em vários tipos de centros de usinagem, incluindo os mais antigos, que normalmente não possuem ciclos de programação apropriados ao processo de rosqueamento interno.

5. BIBLIOGRAFIA

- Armarego, E. J., & Chen, M. N. (2002). Predictive cutting models for the forces and torque in machine tapping with straight flute taps. (CIRP, Ed.) CIRP Annals - Manufacturing Technology, 51, pp. 75-78.
- Cao, T., & Sutherland, J. W. (Novembro de 2002). Investigation of thread tapping load characteristics through mechanistics modeling and experimentation. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 42, pp. 1527-1538.
- Da Mota, P. R. (2009). Estudo do processo de rosqueamento com macho de corte de metal duro em ferro fundido vermicular. Dissertação de Doutorado - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Ferraresi, D. (1995). Fundamentos da Usinagem dos Metais (3ª ed., Vol. 1). Editora Edgard Blücher Ltda.
- Fromentin, G., Poulachon, G., Moisan, A., Julien, B., & Giessler, J. (2005). Precision and surface integrity of threads obtained by form tapping. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 54(1), pp. 519-522.
- OSG. (2012). Catálogo de Produtos 2012-2013. OSG Sulamericana de Ferramentas Ltda, São Paulo.
- Pereira, I. C. (2014). Comparação entre os processos de rosqueamento interno por usinagem e laminação. Dissertação de Doutorado - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Pereira, I. C., & Da Silva, M. B. (2015). Patente Nº BR10201501118.

6. DIREITOS AUTORAIS

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