

PROJETO E AVALIAÇÃO DE UM PORTA-FERRAMENTAS ESPECIAL PARA FRESAMENTO

Edson Bruno Lara Rosa
Mateus Keniti Nakashima Sinzato
João Henrique Schiavon Mota
Armando Ítalo Sette Antonialli

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, km 235, São Carlos/SP
CEP 13565-905

edsonblr@estudante.ufscar.br, mateus.sinzato@estudante.ufscar.br, joaohsm@estudante.ufscar.br, antonialli@ufscar.br

Resumo: Ferramentas comerciais de fresamento geralmente se diferenciam em termos da classe do inserto de usinagem e suas diversas características geométricas, de forma que, raramente, encontra-se uma grande gama de produtos distintos por uma única variável. Adicionalmente, a forma do assento dificulta a intercambiabilidade entre porta-ferramentas e insertos de fabricantes diversos. Assim, o delineamento de experimentos envolvendo a investigação da influência da classe do inserto, do seu ângulo de saída, raio de ponta ou da geometria do quebra-cavaco é frequentemente limitada para poucos níveis dessas variáveis. Neste trabalho, um porta-ferramentas especial para fresamento foi projetado, manufaturado, validado e testado de forma a viabilizar a utilização de insertos customizados que venham a ser preparados com o objetivo de promover uma avaliação mais ampla das mesmas. O dimensionamento para carregamento estático foi realizado a partir do modelo de Kienzle para previsão da força de corte, considerando ainda um fator de concentração de tensão para o cálculo do momento torçor. Um modelo tentativo foi submetido a simulação numérica pelo método dos elementos finitos através do recurso computacional Ansys, considerando elementos tetraédricos e comportamento elástico linear para um aço endurecido. O projeto em questão foi fabricado em aço ferramenta para trabalho a quente tipo H13, temperado e revenido até uma dureza de 45 HRC. O cálculo do coeficiente de segurança resultou em um valor acima de 7, o que significa que a tensão admissível de projeto é significativamente superior àquela concernente às condições de contorno implementadas e, portanto, o porta-ferramentas pode ser utilizado tranquilamente sob parâmetros de usinagem mais agressivos. Os resultados da simulação numérica convergem nesse sentido; a análise modal simulada foi capaz, ainda, de indicar os harmônicos das frequências naturais e, portanto, faixas de rotação potencialmente associadas à vibração excessiva.

Palavras-chave: Usinagem; Modelagem; Elementos finitos; Análise modal.

1. INTRODUÇÃO

O entendimento e análise de ferramenta de corte é parte essencial para o processo de fresamento, além de outros métodos de usinagem. As ferramentas, independentemente da sua dureza e resistência mecânica, sofrem por processos de desgaste que demandam a substituição das mesmas. Analisar as ferramentas, buscando reduzir a frequência de substituições para evitar perdas de produtividade e de custos operacionais, permite desenvolver ações que aumentem a sua vida útil. Avarias, desgastes e deformação plástica são três aspectos que promovem mudanças nas arestas de corte, influenciando nas características geométricas das peças submetidas ao fresamento. A rugosidade da superfície de folga e de saída são fatores importantes para a determinação da vida útil das ferramentas, afetando a resistência aos mecanismos de desgaste, além dos fenômenos gerados por elevadas temperaturas de usinagem (Ferraresi, 1970).

Desta maneira, a preparação adequada da ferramenta é crucial para o processamento em fresamento. Dependendo do método de preparação, é possível promover a redução das forças de corte na usinagem e gerar o melhor acabamento superficial. As maneiras de preparação são aplicadas aos insertos, sendo que alguns métodos envolvem diferentes maneiras de retificação. A retificação dos insertos é um processo complexo, com necessidade de controle adequado. A relação entre o rebolo e a ferramenta é importante para a determinação das qualidades superficiais e práticas dos insertos. O estudo da retificação periférica envolve a análise das forças de retificação, uma vez que estes influenciam na precisão dos insertos de metal duro, por exemplo. O desafio neste processamento é a preparação da ferramenta sem que surjam danos (Machado et al., 2015).

Existem três formas de construção de fresas: fresas inteiriças, fresas com dentes postiços e as com pastilhas soldadas ou fixadas. Esta última é constituída por um corpo de aço (também chamado de cabeçote) com dentes que são fixados ou soldados os insertos de corte; a vantagem deste porta-ferramenta com relação às outras formas de fresa encontram-se no fato do corpo ser produzido por um material de menor custo e que pode ser reaproveitado após desgaste dos dentes

de corte. Para um cabeçote de aço duro, o material utilizado é de aço com dureza 42 a 48 HR_c tratado termicamente. Os insertos são geralmente de aço-rápido, metal duro ou cerâmicas, possuindo arestas apropriadas ao corte em seus diversos lados. Desta maneira, ocorre o reaproveitamento da ferramenta, sendo que, quando um dos gumes fica sem linha de corte, o inserto é reposicionado para que um novo gume atue, evitando a necessidade de reafiação. Este modelo de fresa com porta-ferramenta permite o baixo custo por aresta de corte e possibilita o uso de ampla gama de insertos, com variações nas geometrias e nos materiais utilizados (Stemmer, 1995).

Diversos fatores influenciam na viabilidade de utilização do porta-ferramentas. As características da peça (propriedades da peça trabalhada), condições de trabalho (variáveis de usinagem ou cinética, tais como as forças de usinagem, tensões aplicadas e velocidade de corte) e dados construtivos da fresa são importantes para o fresamento. Outro fator determinante é o tempo de vida da ferramenta e do porta-ferramentas, sendo necessário considerá-los para melhores acabamentos superficiais e redução de custos; ademais, as condições de segurança devem ser consideradas para viabilizar e analisar a resistência mecânica suportada para uso prático (Stemmer, 1995; Correia et al., 2022). A análise modal torna-se uma ferramenta adicional de validação da fresa utilizada. Segundo Kukreja e Singhal (2021), a vibração existente na fresa é inevitável que ocorra no fresamento, o que afeta no corte quanto à qualidade superficial e a aceleração no desgaste da ferramenta e, conseqüentemente, do porta-ferramenta.

Desta maneira, torna-se importante a determinação das frequências naturais presentes na peça de corte, além de se observar possíveis ressonâncias vibracionais, sendo a ferramenta Ansys vital para esse processo. O objetivo deste estudo é desenvolver um porta-ferramenta para a aplicação de insertos customizados, produzidos por retificação com diferentes raios de ponta, além de analisar por simulação numérica pelo método de elementos finitos, a fim de aferir as frequências naturais do porta ferramentas para assim determinar suas faixas de operação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção se destina ao detalhamento de toda a construção do porta-ferramentas, bem como a avaliação do projeto em termos de carregamento estático ao qual a haste estaria submetida em serviço, bem como simulação de seu comportamento dinâmico.

2.1 Projeto

É de suma importância a determinação da força de usinagem caso queira prever algumas condições de usinagem específicas, como por exemplo a potência de corte, os esforços estruturais e elementos que estão presentes na interação entre máquina e ferramenta (MACHADO *et al*, 2015). Para a determinação da força de corte, pode-se utilizar a Eq. (1).

$$F_c = k_s \cdot A_{max} \quad (1)$$

Em que k_s é a pressão específica de corte e A_{max} se refere a área da seção de corte que pode ser obtida pela Eq (2). Para este caso em específico, optou-se pela utilização de um valor relativamente grande para f_z (0,30 mm), pois acarretará em um A_{max} suficientemente elevado para a modelagem resultar em uma condição severa. Considera-se, aqui, um ângulo de posição de ferramenta $\kappa_r = 90^\circ$.

$$A_{max} = b \cdot h \Rightarrow a_p \cdot f_z, \text{ em que } b \text{ se refere a largura e } h \text{ a altura da seção de corte} \quad (2)$$

Como o valor da pressão específica de corte (em MPa) é equivalente à força de corte (em N), para a remoção de uma área de corte de 1 mm², torna-se necessário o uso da Eq (3) que considerando o modelo de Kienzle, retorna uma pressão específica de corte em N/mm². Essa, por sua vez, é sensível ao que diz respeito ao material da peça a ser usinada, material e geometria da ferramenta de corte, área da seção de corte, bem como as condições de lubrificação e refrigeração e desgaste da ferramenta.

$$k_s = k_{s1} \cdot h_m^{-z} \quad (3)$$

As variáveis k_{s1} e z são obtidas da Tab. 1, que mostra somente os valores para a liga de titânio Ti-6Al-4V ELI (do inglês *Extra Low Interstitial* ou intersticiais extra baixos), utilizada como material de referência a ser usinado. Essa liga é amplamente utilizada no setor médico e odontológico, sendo uma das mais vantajosas para essas aplicações, devido às suas propriedades únicas. Já h_m faz referência a espessura média do cavaco, obtida em função da Eq. (4), em que a_e é a penetração de trabalho em mm, f_z diz respeito ao avanço por dente em mm e D_c é o diâmetro de corte em mm. Para implicar em um valor que corresponda a uma usinagem mais severa, optou-se por utilizar na Eq. (4) o valor de f_z de 0,10 mm, pois um valor baixo, implicará em um valor para k_s maior. A Fig. 1 ilustra essa condição.

$$h_m = (\sin \kappa_r \cdot 180 \cdot a_e \cdot f_z) / (\pi \cdot D_c \cdot \arcsin(a_e/D_c)) \quad (4)$$

Tabela 1: Valores de k_{sl} e z para Ti-6Al-4V ELI (adaptada de MACHADO *et al*, 2015).

Material	k_{sl} [N/mm ²]	z
Ti-6Al-4V ELI	1400	0,23

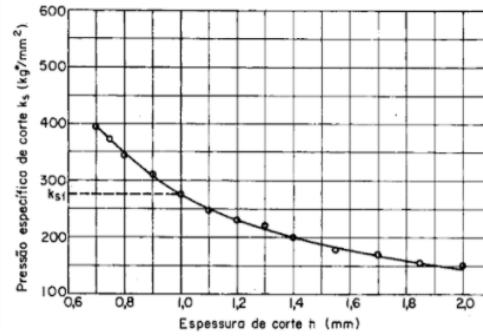


Figura 1: Influência do h_m no valor de k_s para um material específico (FERRARESI, 1970).

De acordo com Popov (1978), a torção pode ser definida como a tensão que ocorre em um elemento quando esse é submetido a um momento sobre seu eixo longitudinal. É de extrema importância prever a torção de um eixo, pois não é suficiente projetá-lo apenas para a resistência à flexão.

Para começar, quando se discute sobre concentração de tensões, quando há eixos escalonados cujo diâmetro varia repentinamente (caso do porta-ferramentas deste artigo), gera perturbações nas tensões de cisalhamento. Popov (1978), pontuou que, próximo à junção dos dois diâmetros, as tensões permanecem próximas, entretanto quanto mais distante o ponto estiver dessa junção, maior a diferença dessas tensões. A Fig. 2 ilustra os fatores de concentração de tensões para algumas proporções de eixos (semelhantes ao porta-ferramentas).

Para obter-se a concentração de tensão (K), para um eixo escalonado, seleciona-se a curva da Fig. 2, para um determinado valor da relação entre os diâmetros D/d , considerando um dado valor de razão entre raio de concordância e raio da seção menor $r/(d/2)$. A máxima tensão de cisalhamento efetiva (MPa), é obtida pela Eq. 5.

$$t_{max} = k \cdot [(T \cdot c)/J] \quad (5)$$

Onde $(T \cdot c)/J$ é a tensão de cisalhamento determinada para o diâmetro menor. Sendo T o momento torçor resultante em N.m (Eq. 6), c o raio externo do eixo em m, e J o momento polar de inércia em m⁴ (Eq. 7).

$$T = F_c \cdot (D/2) \quad (6)$$

$$J = (\pi / 2) \cdot c^4 \quad (7)$$

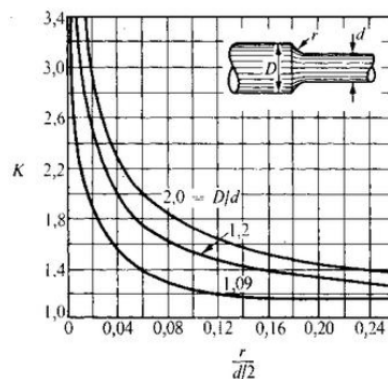


Figura 2: Fatores de concentração de tensão torcional nos eixos de seção variável (POPOV, 1978).

Para validar o porta-ferramentas, é necessário realizar o cálculo do coeficiente de segurança n_{seg} por meio da Eq. 8, onde $\sigma_{admissivel}$ pode ser considerado o limite de resistência à tração do material do porta-ferramentas, e t_{max} é aquele dado pela Eq. 5.

$$n_{seg} = \sigma_{admissivel} / t_{max} \quad (8)$$

O valor do limite de resistência à tração pode ser aproximado por meio de um cálculo baseado na dureza do material, conforme a Eq. 9, em que a constante se refere a aços tratados termicamente (veja Souza, 1982) e HBS é o valor da dureza Brinell obtido conforme norma (ASTM, 2018).

$$\sigma_{admissivel} = 0,33 \cdot HBS \quad (9)$$

2.2 Análise modal

Para completar o desenvolvimento do porta-ferramentas, uma análise modal por meio do método dos elementos finitos foi realizada no modelo projetado a fim de validar o projeto. A análise modal tem como objetivo determinar os modos de vibrar e as frequências naturais do porta-ferramentas. Para a realização da análise o *software* Ansys 2021R2 foi utilizado.

Para a realização da simulação, o porta-ferramentas foi modelado considerando o mesmo uma viga engastada, uma vez que quando acoplado a máquina-operatriz sua rigidez na direção axial é muito maior que sua rigidez na direção radial. Desta forma, a condição de contorno aplicada ao modelo foi a restrição de todos os graus de liberdade da interface de conexão do porta-ferramentas com a máquina operatriz. O módulo de elasticidade utilizado para simulação foi de 210 GPa e o coeficiente de Poisson de 0,3.

Com a modelagem em mãos, a malha gerada para a simulação foi do tipo tetraédrica (devido a geometria cilíndrica do porta ferramentas) com elementos de 0,5 mm, totalizando 1.551.254 elementos e 2.131.263 nós.

2.3 Fabricação

Com relação à sua manufatura, partiu-se de uma barra cilíndrica de aço tipo H13 recozido (como recebido), sendo realizado o processo de torneamento em desbaste para que o porta-ferramentas alcançasse valores próximos das dimensões finais, fazendo uso de um suporte DDJNR 2525M 15 com o inserto DNMG 150608 XM GC30, velocidade de corte de 200 m/min, avanço de 0,15 mm e profundidade de usinagem de 0,5 mm. Após isso, realizou-se o fresamento do assento para o inserto, com uma ferramenta de metal duro de quatro dentes e 4 mm de diâmetro, velocidade de corte 63 m/min, avanço por dente 0,05 mm e profundidade de usinagem de 0,5 mm.

Em seguida, realizou-se o tratamento térmico do porta-ferramentas no Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos (DEMa/UFSCar). Realizaram-se dois processos, a têmpera e o revenimento. O processo da têmpera foi realizado em temperatura de 1000°C, durante aproximadamente 1 hora e 30 minutos no forno do modelo FL-1300. Após esse tempo a peça foi resfriada rapidamente em óleo ARTEMP 40 pré aquecido a aproximadamente 60°C. A fim de proteger contra possíveis tensões residuais e tornar o porta-ferramentas menos quebradiço, foi realizado o procedimento de revenimento duplo, ou seja, foram realizados 2 processos de revenimento a 400°C. Após o tratamento térmico, o porta-ferramentas atingiu uma dureza média de 45 HRC. Vale destacar que, para o porta-ferramentas não sofrer com um efeito chamado descarbonetação, durante a têmpera o mesmo foi depositado em uma “cama” de grafite em pó, para minimizar esse efeito.

O acabamento do porta-ferramentas foi realizado pois, antes do processo de tratamento térmico, o mesmo foi confeccionado com sobremetal para possíveis correções futuras caso houvesse algum tipo de empenamento durante o tratamento térmico. Para essa usinagem, como o sobremetal foi da ordem de alguns décimos de milímetros, não foi necessária nenhuma condição especial, sendo utilizados os mesmos parâmetros de torneamento e fresamento descritos anteriormente. Após o acabamento, as dimensões finais ficaram conforme descritas no começo desta seção.

O foco deste trabalho está no porta-ferramentas, porém é importante deixar estabelecido que, para os fins do estudo, os inserts utilizados e produzidos foram preparados a partir de inserts de metal duro retificados sem revestimento, da classe ISO K10. As ferramentas foram produzidas com a variação em três níveis do raio de ponta, baseado em produtos comumente encontrados no mercado: 0,8 mm; 1,2 mm e 1,6 mm (em todos os casos foi mantido o ângulo de folga em 20°).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentados os resultados referentes ao projeto, análise modal e fabricação do porta-ferramentas. Para validação do porta ferramentas, foram realizados os cálculos referentes à modelagem. A espessura média do cavaco h_m [mm] resultante foi de 0,091 [mm], conforme a Eq. 10.

$$hm = (\sin 90 \cdot 180 \cdot 16,8 \cdot 0,10) / (\pi \cdot 25 \cdot \arcsin(16,8/25)) = 0,091 \quad (10)$$

Com o valor da espessura média do cavaco, é possível deduzir a pressão específica de corte k_s , calculada como 2428 [N/mm²] (Eq. 11).

$$k_s = 1400 \cdot 0,0911^{-0,23} \simeq 2428 \quad (11)$$

A próxima etapa para se chegar à dedução da força de corte é o cálculo da área da seção de corte máxima, $A_{max} = 0,3$ [mm²], conforme apresentado na Eq. 12.

$$A_{max} = b \cdot h \Rightarrow a_p \cdot f_z = 0,3 \quad (12)$$

Finalmente, é possível deduzir a força de corte, igual a 728 [N] (Eq. 13).

$$F_c = 2428 \cdot 0,3 \simeq 728 \quad (13)$$

Determinou-se, na Eq. 14, o valor de k e $\frac{D}{d}$ presentes nas equações de momento torçor T e de tensão de cisalhamento t_{max} . O momento torçor calculado é de, aproximadamente, 5,8 [N.m] (Eq. 15) e a tensão de cisalhamento ficou próxima a 18 [MPa] (Eq. 16).

$$\frac{D}{d} = \frac{23,9}{16} \simeq 1,5 \leftrightarrow k = 1,25 \leftrightarrow \frac{D}{2} = 0,008 \quad (14)$$

$$T = 728 \cdot 0,008 \simeq 5,8 \quad (15)$$

$$t_{max} = 1,25 \cdot [(5,8 \cdot 0,016) / ((\pi/2) \cdot (0,008)^4)] \simeq 18 \cdot 10^6 \quad (16)$$

Com o valor para tensão de cisalhamento máxima calculado, é possível deduzir o coeficiente de segurança (n_{seg}) do porta-ferramentas. Para este cálculo, utilizará o menor valor de dureza obtido após o tratamento térmico (relembrando 45 HRC). Para esse cálculo, é necessário converter o valor de dureza HRC para HBS, e para isso, utilizou-se a norma ASTM E140 (2019), o valor convertido então ficou em 421 HBS. O cálculo do coeficiente de segurança, apresentado na Eq. 17, resulta em um valor superior a 7; ou seja, para o que se propõe, o porta-ferramentas é quase oito vezes mais resistente do que seria necessário. Em comparação com outros trabalhos, esse valor é bastante satisfatório. No caso de Correia et al. (2022), que também fabricaram um porta-ferramentas, por exemplo, foi obtido um coeficiente de segurança entre 8 e 14. Vale a ressalva de que esses autores chegaram a esses números por meio de simulação numérica, ao passo que, neste trabalho, o coeficiente de segurança foi calculado de forma analítica.

$$n_{seg} = (421 \cdot 0,33) / 18 = 7,72 \quad (17)$$

A simulação feita por meio dos métodos dos elementos finitos encontrou os modos de vibrar e as frequências naturais do porta-ferramentas aproximando o mesmo para uma viga engastada. Os resultados obtidos para os seis primeiros modos são mostrados na Tab. 2.

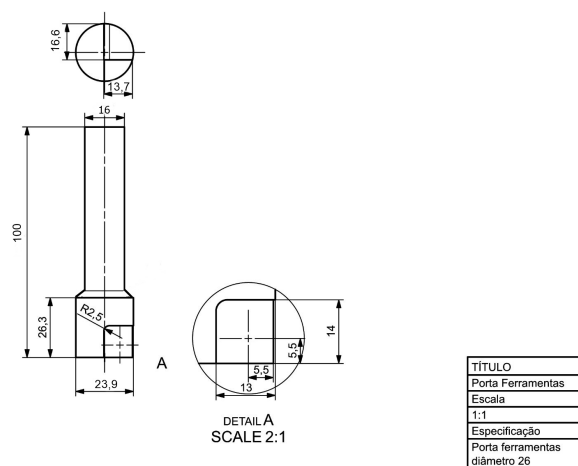
Tabela 2: Modos de vibração e frequências naturais do porta-ferramentas projetado.

Frequência Natural [Hz]	Modo	Deslocamento máximo [mm]
1032	Flexão	138,94
1033,2	Flexão	139,06
5819,5	Torção	169,5
6624,4	Flexão	145,58
6746,5	Flexão	195,02
11946	Tração	102,68

A análise modal feita mostra que a primeira frequência natural do porta-ferramentas é de 1032 Hz, equivalente a 61920 RPM, valor muito superior da faixa de operação de CNCs usuais (até 10000 RPM). Desta forma, a performance do porta-ferramentas não deve ser afetada pela rotação utilizada no eixo-árvore da máquina em que deve operar. Não foi simulada a distribuição de tensões no porta-ferramentas na medida que isso não agregaria mais informação do que o tratamento analítico de projeto já apresentou.

O porta-ferramentas foi fabricado em aço ferramenta para trabalho a quente, do tipo H13 endurecido, considerando assento individual para apenas uma pastilha de metal duro, sendo a Fig. 3, o desenho técnico com as dimensões finais. Para mais detalhes, consulte Rosa (2022). A opção por um assento único visa a evitar o risco de que uma pequena diferença de altura entre dois ou mais insertos montados no corpo da fresa viesse a alterar significativamente a dinâmica do processo. Isso se justifica pelo fato do porta-ferramentas ter sido projetado para uma dissertação de mestrado em que foram retificados insertos com raios de pontas distintos, cuja preparação, naturalmente, envolve um número limitado de réplicas; e assim, a expectativa de uma diferença dimensional não desprezível. Este projeto permite a intercambialidade dos insertos de fabricantes diversos devido às suas características, promovendo dinamismo para empregar diferentes insertos de corte que podem vir a ser preparados. Naturalmente, a extrapolação do conceito de projeto para porta-ferramentas com insertos múltiplos demandaria modelagem e validação adicional.

Figura 3 - Desenho técnico do porta-ferramenta (ROSA, 2022).



4. CONCLUSÕES

Em relação ao porta-ferramentas, o projeto se mostrou suficientemente robusto para o que foi proposto, comprovado por simulação numérica em métodos finitos. O modelo estático analítico, considerando o fresamento da liga Ti-6Al-4V ELI, resultou em um coeficiente de segurança superior a sete. Isto implica que o mesmo poderá ser utilizado em condições de operação significativamente mais severas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à FAPESP (Processos nº 2015/15622-2, 2017/12309-7 e 2017/12304-5) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEMec) e à Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Federal de São Carlos (ProPG/UFSCar) pelo apoio institucional.

6. REFERÊNCIAS

- ASTM. Standard Hardness Conversion Tables for Metals Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Superficial Hardness, Knoop Hardness, Scleroscope Hardness, and Leeb Hardness ASTM E140 - 12b. E140 - 12b. West Conshohocken, PA, USA: American Society for Testing and Materials, 2019.
- ASTM. Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials - ASTM E10-18. ICS Code 77.040.10. West Conshohocken, PA, USA: American Society for Testing and Materials, 2018.
- CORREIA, D. et al. Numerical optimisation of bonded joints for the manufacture of edge milling tools. Engineering Failure Analysis, Elsevier, v. 134, p. 106012, 2022.
- FERRARESI, D. Usinagem dos metais: Fundamentos da usinagem dos metais. [S.l.]: Editora Edgard Blücher, 1970. v. 1.

- KUKREJA, N., PIYUSH, S. Design and verify a natural frequency using ANSYS software, Materials Today: Proceedings, v. 45, p. 3255-3258, parte 2, 2021.
- MACHADO, A. R. et al. Teoria da usinagem dos materiais. [S.l.]: Editora Blucher, 2015.
- POPOV, E. P. Introdução à mecânica dos sólidos. [S.l.]: Editora Blucher, 1978.
- ROSA, E. B. L. Influência da geometria do inserto de fresamento sobre a integridade superficial de uma liga de titânio. Universidade Federal de São Carlos, 2022.
- SOUZA, S. A. D. Ensaios mecânicos de materiais metálicos: Fundamentos teóricos e práticos. [S.l.]: Editora Blucher, 1982.
- STEMMER, C. E. Ferramentas de corte II: brocas, alargadores, ferramentas de roscar, fresas, brochas, rebolos e abrasivos. Editora da UFSC, 2ª ed, 1995.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

DESIGN AND EVALUATION OF A SPECIAL TOOL HOLDER FOR MILLING

Edson Bruno Lara Rosa

Mateus Keniti Nakashima Sinzato

João Henrique Schiavon Mota

Armando Ítalo Sette Antonialli

Department of Mechanical Engineering - DEMec, Federal University of São Carlos - UFSCar, Rod. Washington Luís (SP-310), Km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brazil
edsonblr@estudante.ufscar.br, joaohsm@estudante.ufscar.br, mateus.sinzato@estudante.ufscar.br, bruce@ufscar.br, ventura@ufscar.br, antonialli@ufscar.br

Abstract. Commercial milling tools often differ in terms of the class of the machining insert and its various geometric characteristics, so that you rarely find a wide range of products distinguished by a single variable. Additionally, the shape of the seat makes interchangeability between tool holders and inserts from different manufacturers difficult. Thus, the design of experiments involving the investigation of the influence of the insert grade, its rake angle, nose radius or chipbreaker geometry is often limited to a few levels of these variables. In this work, a special tool holder for milling was designed, manufactured, validated and tested in order to enable the use of customized inserts that may be prepared with the objective of promoting a broader evaluation of them. The design for static loading was performed using the Kienzle model to predict the cutting force, also considering a stress concentration factor for the torsional moment calculation. A tentative model was submitted to numerical simulation by the finite element method using the Ansys computational resource, considering tetrahedral elements and linear elastic behavior for a hardened steel. The project in question was made from hot work tool steel type H13, quenched and tempered to a hardness of 45 HRC. The calculation of the factor of safety resulted in a value above 7, which means that the allowable design stress is significantly higher than that concerning the implemented boundary conditions and, therefore, the tool holder can be safely used under higher machining parameters. The results of the numerical simulation converge in this direction. The modal analysis was also able to indicate the harmonics of natural frequencies and, therefore, rotation ranges potentially associated with excessive vibration.

Keywords: Machining; Modeling; Finite elements; Modal analysis.

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.