

COMPARAÇÃO ENTRE A FIXAÇÃO CONVENCIONAL E A BUCHA EASY FIX PARA TORNEAMENTO INTERNO DE AÇO ENDURECIDO COM LONGOS BALANÇOS DA FERRAMENTA.

Wallyson Thomas Alves da Silva, wallyson.silva@sp.senai.br¹

Anselmo Eduardo Diniz, anselmo@fem.unicamp.br²

Daniel Iwao Suyama, disuyama@fem.unicamp.br²

Aristides Magri, arimagri@fem.unicamp.br²

¹ Faculdade SENAI Roberto Mange, Rua: Pastor Cícero Canuto de Lima 71 Campinas - SP

² Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Rua: Mendeleiev, 200 - Cidade Universitária, Campinas - SP

Resumo: A vibração da ferramenta no torneamento interno é uma situação crítica, pois ela trabalha em balanço removendo cavaco do interior de um furo. Isso impõe uma limitação à operação na usinagem de aços endurecidos, operação na qual se deseja sempre obter tolerâncias apertadas e baixas rugosidades na superfície usinada, visto que esses aços são geralmente empregados em bielas, engrenagens e eixos sujeitos a grandes esforços. A vibração da ferramenta é mais crítica na usinagem de furos profundos, nas quais o balanço da ferramenta (comprimento da ferramenta para fora da fixação) é grande e, portanto, a tendência à vibração é maior. Este trabalho visa contribuir para a ampliação do uso do torneamento interno de aço endurecido, utilizando para isto uma fixação melhorada da ferramenta na torre da máquina, do tipo Easy Fix. Essa fixação difere da fixação convencional por circundar todo o corpo da barra de torner, ao invés de prender a ferramenta à torre através de pontos de contato. Assim, neste trabalho foram analisados a rigidez estática de barras de torner no processo de torneamento interno de aço endurecido utilizando longos balanços entre dois tipos de fixação da barra na torre da máquina - Easy Fix e convencional. Tais análises foram realizadas por meio de ensaios de impacto com martelo instrumentado e ensaios de torneamento, respectivamente. As funções resposta em frequência das barras de torner foram obtidas por meio dos ensaios de impacto. Enquanto que nos ensaios de torneamento, foram utilizados os dois tipos de fixação da barra na máquina já citados e variou-se o balanço da ferramenta. Para cada condição, foram medidas a rugosidade da peça e a vibração da ferramenta. Os resultados mostraram que, nos diversos balanços, a fixação do tipo Easy Fix reduziu a vibração da ferramenta e a rugosidade da peça em relação à fixação convencional. Isso permite a utilização de maiores balanços da ferramenta, possibilitando a obtenção de baixas rugosidades na usinagem de furos profundos.

Palavras-chave: vibração da ferramenta; furos profundos; fixação convencional; Easy Fix; torneamento interno

1. INTRODUÇÃO

No torneamento interno de aço endurecido com furos profundos a fixação é tão crítica quanto o ajuste da barra de torner. A conexão entre a barra de torner e a máquina devem ser a mais rígida possível, permitindo que a torre funcione mais eficazmente (Kennametal, 2012).

A barra de torner deve estar adequadamente fixada no suporte da máquina a fim de que esta fixação não afete o acabamento superficial, tolerância e vida da ferramenta. Barras com alta relação comprimento em balanço/diâmetro (L/D) possuem baixa rigidez dinâmica, deixando o sistema suscetível a vibrações afetando diretamente a qualidade superficial da peça e a vida da ferramenta. Além da influência do balanço, também é necessário atentar para a precisão e o encaixe de fixação da ferramenta na torre. Esta fixação deve também ser a mais rígida possível, com comprimento de contato com a bucha de fixação da torre de no mínimo de 4 vezes o diâmetro da barra e torque de aperto dos parafusos entre 20 a 30 Nm (Dorian tool, 2015).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Tipos e características dos sistemas de fixação no torneamento interno

A ferramenta deve ser fixada em um porta ferramentas, ao qual é fixada na torre da máquina. O porta ferramentas pode ser sem troca rápida como o Standard ou japonês ou com troca rápida, tais como o sistema VDI (padrão Europeu), Capto (Padrão Sandvik) ou KM (Padrão Kennametal). Caso o acoplamento seja do tipo VDI (Verein Deutscher Ingenieure, da Associação de Engenheiros Alemães) como ilustrado na Fig. (1), é necessário utilizar uma bucha de redução (do tipo Easy fix ou convencional) entre a ferramenta e o porta ferramenta com o maior contato possível, para minimizar a vibração (360° de contato). Além disso, o porta ferramenta deve contar com tratamento térmico superficial (cimentação) para evitar o desgaste, conforme a norma DIN 69880/VDI 3525 e fabricado de material endurecido com dureza de 58 ± 2 HRC, já que é usado continuamente (Sandvik, 2016).

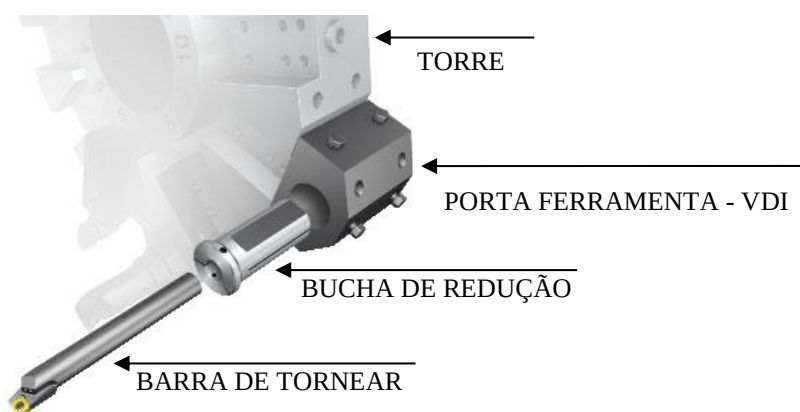


Figura 1. Esquema de acoplamento da ferramenta na torre da máquina (Sandvik, 2016).

É oportuno lembrar que os fatores de rigidez associados ao aperto dos dispositivos de fixação na barra de tornear e a centragem da ferramenta com a peça são importantes para classificar os sistemas de fixação e estabelecer o seu nível de desempenho, o que reflete em alcançar maiores profundidades de corte, por exemplo. A Fig. (2) plota a performance da ferramenta, a partir do seu índice de desempenho que não ultrapassa a 1, em relação ao torque de aperto do parafuso que pode chegar no máximo 30 Nm, o que corresponde 100% de aperto do parafuso imposto sobre a barra de tornear ou rigidez máxima do sistema de fixação. A partir do exposto, classificou-se 3 tipos de fixação como ilustrado na Fig. (3), como sendo os mais usuais na indústria, aqui apresentados como fixação *Press fit*, fixação *Easy Fix* e fixação por aperto de parafuso, caracterizados da seguinte maneira (Kennametal, 2012):

Tipo 1. Fixação *Press Fit* ou *Split Colar Holding System*: fixação de máxima rigidez estabelecido um aperto acima de 80% entre a interface da ferramenta com o porta ferramenta, bem como boa precisão de posicionamento. Não danifica a superfície da barra, enquanto que é presa direto na torre e possui uma excelente distribuição de forças em torno da ferramenta (Dorian tool, 2015);

Tipo 2. Fixação *Easy Fix* ou *Split Bushing Holding System*: fixação de boa rigidez, já que o recomendado está entre 50% - 80% de aperto da interface que a bucha faz entre a ferramenta e o porta ferramenta (Kennametal, 2010), não danifica a superfície da barra de tornear com o aperto do parafuso e possui boa distribuição da força de aperto da bucha ao redor da barra. Este modelo de bucha, do tipo *Easy Fix*, foi projetado para proporcionar carregamentos com precisão na centragem e estabilidade no acoplamento garantindo uma repetibilidade de 2 μ m quando for inserido barras de tornear no sistema (Sandvik, 2016);

Tipo 3. Fixação Convencional ou Fixação por aperto do parafuso: fixação de baixa rigidez, cujo aperto é menor que 50% na interface entre a ferramenta e o porta ferramenta, de forma a não garantir o correto posicionamento e alinhamento da ferramenta com um erro acima do permitido de 4% do diâmetro da ferramenta acima da linha de centro da peça. Além disso, a força de aperto em torno da barra de tornear é mal distribuída. Portanto recomenda-se evitar este tipo de fixação com contato direto entre barra e parafuso (Dorian tool, 2015).

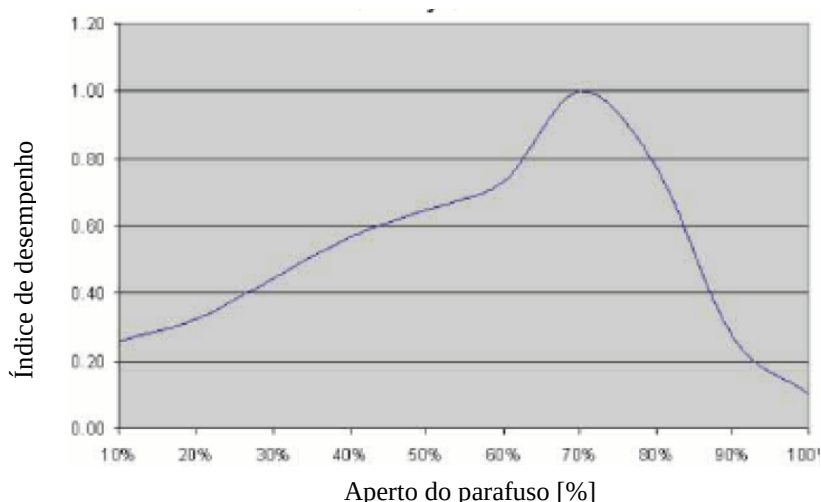


Figura 2. Influência do percentual de aperto na performance da barra de tornear ou Rigidez dinâmica do sistema de fixação (Kennametal, 2010).

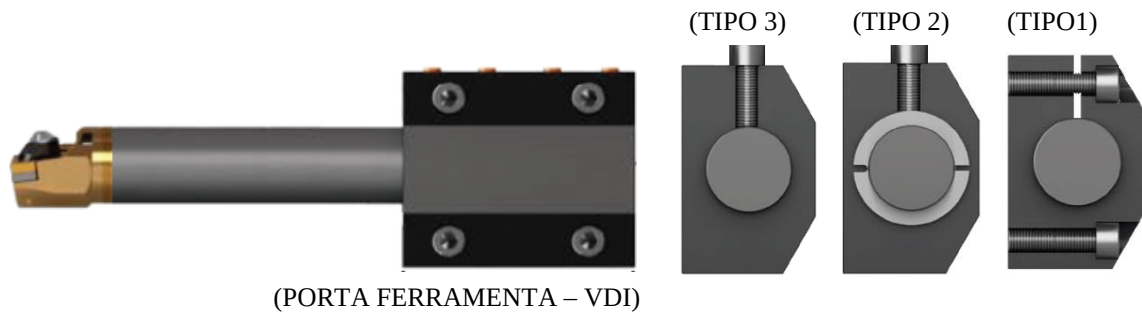


Figura 3. 3 tipos de fixação para um porta ferramentas VDI, sendo tipo 1 - Fixação *Press Fit*, tipo 2 - Fixação *Easy Fix* e tipo 3 - Fixação Convencional (Dorian tool, 2015).

2.2 Condição de fixação da bucha Easy Fix vs fixação convencional

A amplitude da vibração da ferramenta de torneamento interno é reduzida graças à uniformidade da fixação em torno da barra. A redução da vibração melhora a qualidade superficial da peça, aumenta a vida da ferramenta e permite aumentar o balanço da ferramenta, o que faz com que a produtividade aumente.

Tendo em vista que o objetivo deste trabalho é a comparação da fixação *Easy Fix* e convencional quando submetidas a longos balanços, pode-se dizer que a rigidez estática e dinâmica da barra aumenta com o uso do *Easy Fix* em quase 10 vezes, devido ao fato de que a área de contato entre a bucha de fixação e a barra de tornear representada na Fig. (4) é muito maior e, assim, dissipa energia de maneira mais eficiente e distribui a força de aperto pela superfície da barra de forma homogênea, o que não ocorre na fixação convencional que concentra o aperto apenas nos pontos de fixação dos parafusos. Pequenas diferenças como o tipo de parafuso, torque de aperto e área de aperto, geram grandes efeitos na fixação da ferramenta. Tais vantagens a favor da fixação *Easy Fix*, podem ser apresentados como menor massa, distribuição da força de aperto e geometria da bucha *Easy Fix* que permitem melhor desempenho dessa fixação (Daghini et al., 2012).

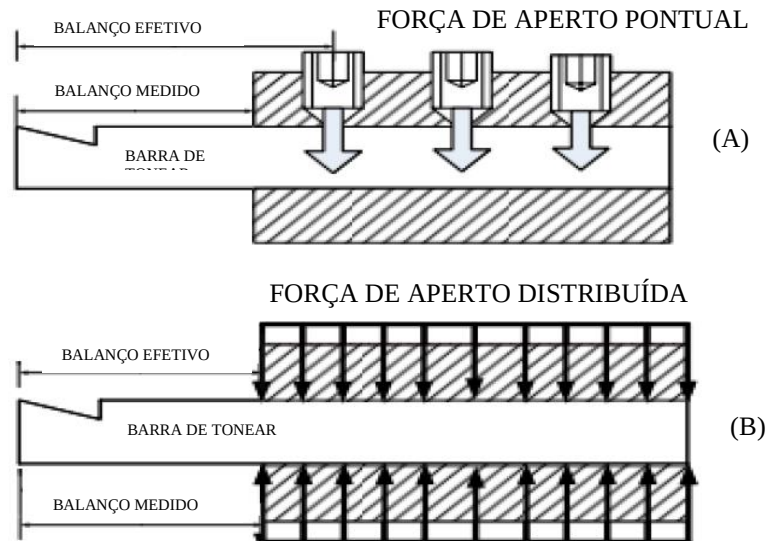


Figura 4. Influência do carregamento de aperto entre a fixação convencional (A) e Easy Fix (B) no balanço efetivo da ferramenta (Daghini, 2008).

Outro fator importante é o balanço efetivo, definido como sendo a distância da ponta da ferramenta até o primeiro ponto de aperto, enquanto que o balanço medido corresponde a distância entre a ponta da ferramenta e a face do porta ferramenta após o acoplamento desses componentes. Considerando que o balanço da ferramenta é uma grandeza diretamente proporcional à sua deflexão, é possível expressar também as deflexões efetivas de cada fixação, a fim de estimar a sua influência à medida que o balanço varia, na qual a diferença entre as deflexões efetivas da fixação convencional pela fixação *Easy Fix*, são maiores ao passo que o balanço da ferramenta é pequeno. Com isso na fixação *Easy Fix*, pode-se considerar que o apoio da ferramenta na torre é realmente rígido, isto é, não existe deflexão no apoio. Assim, a deflexão da barra é otimizada, permitindo uma diminuição de até 25% para um $L/D = 6$ de uma barra de tornear

de aço de Ø20 mm, com maiores performances em balanços menores (55% para um $L/D = 2$). A Fig. (5), mostra este melhor desempenho da ferramenta presa com *Easy fix* à medida que o balanço varia (Daghini et al., 2012).

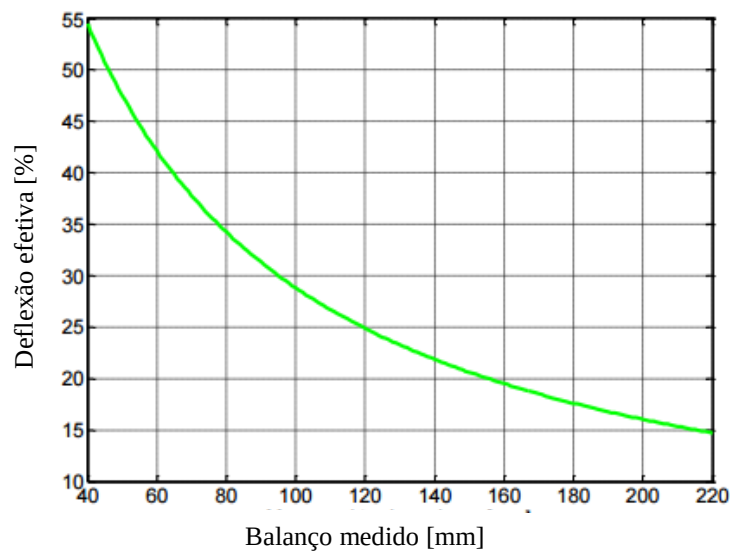


Figura 5. Diferença da deflexão efetiva da ferramenta em função do balanço da ferramenta (Daghini, 2012).

3. METODOLOGIA

Para a realização dos ensaios deste trabalho, o suporte foi fixado em torno CNC Romi Galaxy 20, comando Fanuc 21iT, que é uma máquina-ferramenta de 2 eixos de programação, com 10 CV de potência no eixo-árvore e rotação máxima de 4.500 rpm.

O cerne deste trabalho consiste na análise da vibração de ferramenta durante a operação de torneamento interno. Para medição da vibração da ferramenta foram utilizados acelerômetros piezelétricos em conjunto com uma placa de aquisição de dados desenvolvido pela Bruel&Kjaer o software RT Pro Dynamic Signal Analysis. As FRF's (Função Resposta em Frequência) foram obtidas por meio de ensaios de impacto (tap test). Para tanto, foram usados um martelo de impacto e acelerômetro. A faixa de frequência dos sinais de vibração monitorada foi de 0 a 10000 Hz, com intervalo de 1Hz, a menor resolução possível no sistema utilizado. Para tanto, foram necessárias 5 medições (marteladas) para que o programa fizesse uma média e disponibilizasse os resultados. Avaliou-se experimentalmente balanços acima de $(L/D) = 3$, enquanto que relações menores não se obtém resultados relevantes para esta pesquisa, como também já foi afirmado por Hoshi (1990). Para a medição da rugosidade da superfície usinada durante os ensaios com diferentes balanços foi utilizado um rugosímetro portátil Mitutoyo, modelo SJ-21P conectado a um computador contendo o software SurfTest para a obtenção dos dados e do perfil de rugosidade.

O material utilizado como corpo de prova nos ensaios foi o aço 4340 temperado e revenido com dureza de 55 HRC.

O torneamento da peça durante os ensaios era realizado num furo de diâmetro inicial 30 mm. Esta região foi usinada em várias passadas de tal forma que este diâmetro crescia ao longo do ensaio. O maior diâmetro do furo ainda utilizado nos ensaios foi 38 mm, a fim de que não houvesse variação substancial de dureza da região usinada.

O suporte da ferramenta tinha diâmetro de 16 mm cujo código é A16R SCLCR 09-R – Sandvik, e era feito de aço AISI 4140. O código ISO do suporte é: 132L-4016105-B - Sandvik. Enquanto que a pastilha de CBN utilizada nos testes tem a designação ISO CCGW09T0308S01020F 7015 - Sandvik.

Os ensaios foram feitos com diferentes balanços da ferramenta e utilizando as fixações da barra na torre dos tipos convencional e *Easy Fix* A fim de não comprometer a rigidez fixação, o comprimento da parte da barra torner que ficava para dentro da torre da máquina foi igual ou maior que 4 vezes o diâmetro da barra (aperto de fixação $L/D > 4$) especificado pelo fabricante (Sandvik, 2016).

Para cada ensaio utilizava-se o seguinte procedimento: prendia-se a barra de torner à torre utilizando-se um dado tipo de fixação (*Easy Fix* ou convencional) e um dado balanço. Em seguida, fazia-se o ensaio de impacto para levantar a função resposta em frequência daquela configuração da barra. Após isto, torneava-se o furo por um comprimento de 15 mm. Durante esta usinagem, um acelerômetro estava preso à barra de torner a fim de medir a aceleração da ferramenta na direção radial. Após isto, a rugosidade da superfície usinada era medida com a peça ainda presa à máquina.

Os balanços utilizados nestes ensaios foram L/D 3; 3,25; 3,4; 3,5; 3,75; 4; 4,25; 4,4; 4,5; 4,75 e 5. Além do balanço, outra variável de entrada no ensaio era o tipo de fixação da barra na torre, como já citado. As condições de usinagem foram constantes e eram: avanço $f = 0,08$ mm/volta, velocidade de corte $v_c = 360$ m/min e profundidade de usinagem $a_p = 0,1$ mm.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura (6) mostra uma comparação entre as frequências naturais obtidas no ensaio de impacto da barra de tornear presa à torre com fixação convencional e com fixação *Easy Fix* em diferentes balanços.

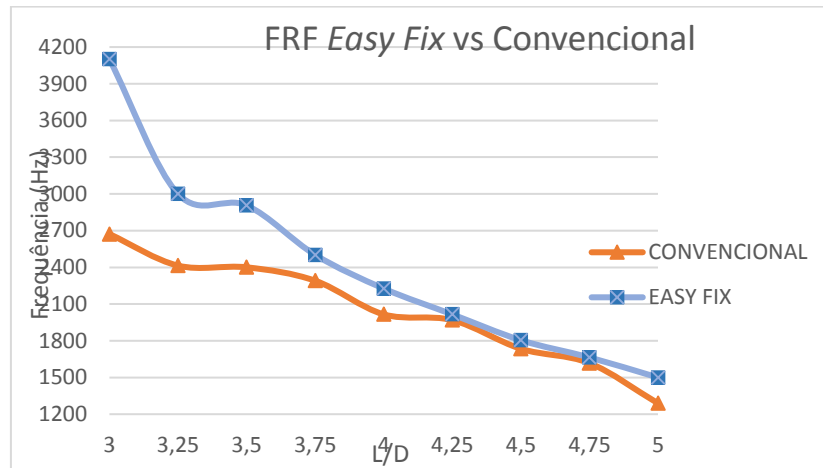


Figura 6. Comparação das frequências naturais da barra de torneamento com fixação *Easy Fix* e convencional.

A bucha *Easy Fix* possui menor massa que a convencional. As formulações de Tewani et al. (1988) afirmam que a menor massa do sistema faz com que ele tenha maior frequência natural e menor rigidez, seguido por um aumento de deflexão. Na fixação *Easy Fix*, no entanto, esse efeito é compensado pelo mecanismo de aperto adotado no sistema, que permite maior área de contato com a ferramenta e assim maiores tensões de trabalho (relação da força de usinagem pela seção transversal da barra), permitindo menores deflexões na ferramenta. Em outras palavras, esta fixação faz com que o apoio da ferramenta na torre possa ser considerado rígido (não há deflexão da barra no apoio). Além disso, a maior frequência natural da ferramenta possibilita a utilização de maiores frequências de excitação do corte do material feito por esta ferramenta, o que dificulta a ocorrência do fenômeno de ressonância.

A partir do mostrado na Fig. (1), pode-se tecer os seguintes comentários:

- Devido à menor massa do dispositivo, a frequência natural da fixação *Easy Fix* é maior que a frequência natural da barra com fixação convencional o que, supostamente, indicaria menor rigidez;
- A frequência natural da fixação *Easy Fix* é maior que a da fixação convencional, principalmente para baixos valores de balanço. Consequentemente, as frequências de corte que causam a ressonância e a vibração auto excitada são maiores neste tipo de fixação.

A Figura (7) mostra os valores de rugosidade obtidos nos ensaios de torneamento interno para os diversos valores de balanço da ferramenta e para os dois tipos de fixação utilizados.

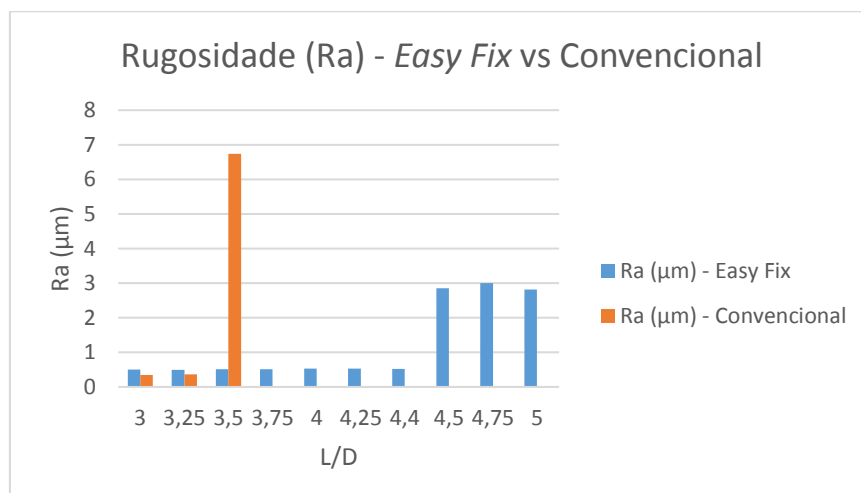


Figura 7. Comparação das rugosidades (Ra) utilizando fixação *Easy Fix* e convencional

Pode-se ver nesta figura que, para ambas as fixações, a rugosidade da peça é independente do valor do balanço da ferramenta até um determinado valor de balanço, a partir do qual a rugosidade cresce abruptamente. Vê-se também que, na faixa de balanços inferiores a este balanço limite, as rugosidades obtidas na usinagem com os dois tipos de fixação são bem próximas. Porém, este balanço limite é bem diferente para os dois tipos de fixação. Enquanto na fixação convencional, o balanço limite está em torno de $L/D = 3,25$, na fixação *Easy Fix* este limite se dá com $L/D = 4,4$. Em outras palavras, utilizando-se a fixação *Easy Fix* é possível se tornear furos mais profundos com boa qualidade superficial da peça.

Para se tentar explicar este comportamento da rugosidade, mediu-se a vibração da ferramenta, pois somente ela pode explicar esta variação, uma vez que o avanço e o raio de ponta da ferramenta que formam a rugosidade teórica da peça (contribuição geométrica do avanço e do raio de ponta para a rugosidade) foram os mesmos nos ensaios com as duas fixações da ferramenta. A Fig. (8) mostra os valores de vibração (RMS dos sinais extraídos do acelerômetro) para todos os ensaios realizados.

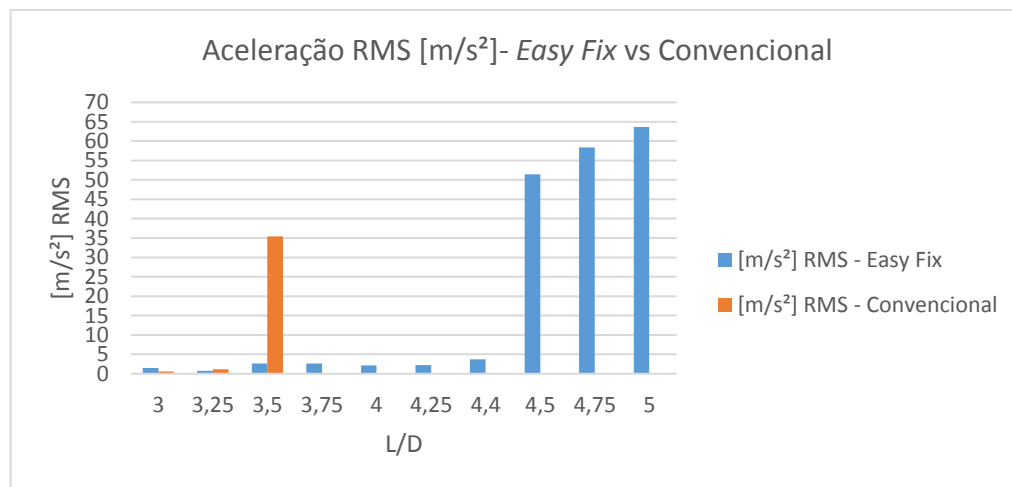


Figura 8. Comparação dos valores de aceleração utilizando fixação *Easy Fix* e convencional.

Vê-se nesta figura que o comportamento da vibração com o balanço da ferramenta é similar ao da rugosidade, isto é, a vibração permanece em valores baixos até um determinado limite, a partir do qual ocorre um aumento bastante abrupto. Outro ponto a se notar é que, como para a rugosidade, este valor limite de balanço que gera um aumento abrupto da vibração é muito maior para a fixação *Easy Fix* que para a fixação convencional. Por último, os limites de balanço que provocam aumento súbito da vibração são os mesmos que provocam aumento súbito de rugosidade ($L/D = 3,25$ para a fixação convencional e $4,4$ para a fixação *Easy Fix*), provando que é a vibração da ferramenta que causa o aumento súbito da rugosidade, inviabilizando o uso de balanços mais longos.

Pode-se também verificar nestas figuras que, enquanto o corte era estável, isto é, enquanto se utilizou balanços inferiores ao limite, o valor da vibração variava levemente com o balanço da ferramenta (ver Fig. 9 que mostra os valores de vibração somente para os cortes estáveis) porém isto não influenciava a rugosidade da peça, enquanto que esta praticamente não variou com o balanço da ferramenta no regime estável. Assim, comprova-se que, valores pequenos de deslocamento cíclico da ponta da ferramenta não são capazes de influenciar significativamente a rugosidade da peça. Somente quando a ferramenta se tornou instável e, conseqüentemente a vibração cresceu bastante, é que a rugosidade da peça foi influenciada.

Estes resultados mostram que, a melhor fixação da ferramenta na torre da máquina causada pelo *Easy Fix* é capaz de diminuir a instabilidade da ferramenta quando esta é submetida aos esforços de corte e, com isso, possibilitar que ela seja usada no torneamento de furos mais profundos. Isto se dá pelo fato de que o *Easy Fix* permite que o apoio da barra de torneamento na máquina seja mais rígido, isto, é propicia que a ferramenta não tenha deslocamentos (ou tenha deslocamentos menores) na parte dela que está fixada na torre, o que faz com que sua ponta, que está submetida aos esforços de corte, torne-se instável em valores de balanço bem mais altos que na fixação convencional.

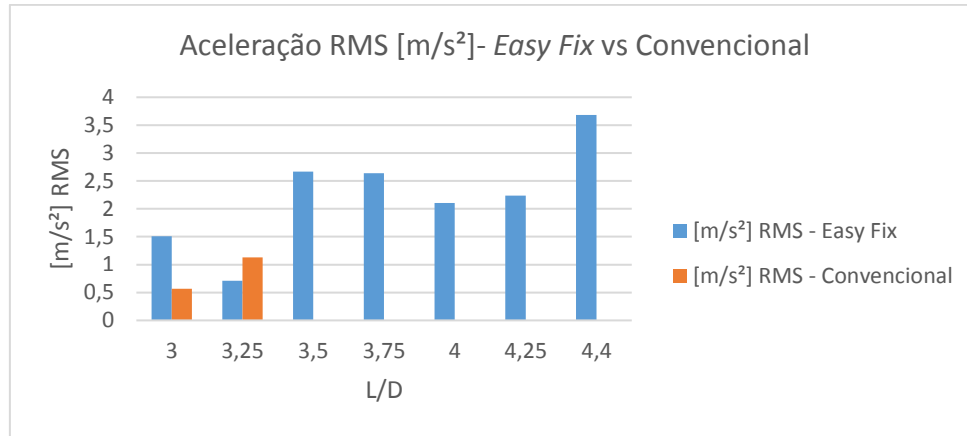


Figura 9. Comparação dos valores de aceleração utilizando fixação *Easy Fix* e convencional no regime estável.

5. CONCLUSÃO

Baseado nos resultados expostos e discutidos neste trabalho, pode-se concluir que para o torneamento interno de aço endurecido em condições similares às utilizadas neste trabalho que:

- Quando se utilizou a fixação da ferramenta na torre da máquina do tipo *Easy Fix* a frequência natural da ferramenta aumentou em relação à ferramenta com fixação convencional, principalmente para valores baixos de balanço da ferramenta;
- Enquanto se tem um corte estável, os valores de rugosidade da peça obtidos tanto para a fixação convencional quanto para a *Easy Fix* são similares;
- Em valores de balanço da ferramenta em que o corte é estável, a vibração varia com a balanço, mas a rugosidade se mantém praticamente constante;
- A fixação da ferramenta na torre da máquina do tipo *Easy Fix* propiciou maior rigidez desta fixação e, com isto, possibilitou estabilidade da ferramenta em maiores balanços, fazendo com que ela possa ser usada para furos mais profundos que a fixação convencional.

6. AGRADECIMENTOS

À Escola e Faculdade SENAI “Roberto Mange” pela parceria com o laboratório de Usinagem da UNICAMP.

7. REFERÊNCIAS

- Daghini, Lorenzo, 2012 “Improving Machining System Performance through Designed-in Damping” KTH Royal Institute of Technology Department of Production Engineering Machine and Process Technology Stockholm, Tese de doutorado, Estocolmo, Suécia.
- Daghini, Lorenzo, 2008 “Theoretical and Experimental Study of Tooling Systems”, Stockholm: Royal Institute of Technology, KTH Production Engineering.
- Dorian Tool, Catálogo Solution tool, 2015, “The anti-vibration tunable boring bars & high performance carbide boring bar”. Disponível em < <http://www.doriantool.com/wp-content/uploads/Sec-D-DEEP-HOLE-BORING-2015.c2.pdf>>. Acessado em: 12/02/2017.
- Hoshi, T., 1990 “Vibration analisys of mechanical cutting”, Kogyo Chasakai Publishing Co. Ltd. Japão.
- Kennametal, Catálogo, 2010, “Metalworking Solution& Services Group”. Disponível em <http://www.maximtools.ro/images/produse/kennametal/prelucraregauci/catalogue/A-09-02148EN_tunable_boring_bars.pdf>. Acessado em: 12/02/2017.
- Kennametal, Catálogo, 2012, “WIDIA tooling Systems”. Disponível em: <https://www.widia.com/content/dam/kennametal/widia/common/resources/downloads/literature/WIDIA%20Catalogs/WIDIA%20Tooling%20Systems%202012%20Catalog/A-09-02122_Widia_ToolingSystems_complete_EN.pdf>. Acessado em: 12/02/2017.
- E. I. Rivin et al., 2000, “Tooling Structure: Interface between Cutting Edge and Machine Tool.,” in CIRP Annals - Manufacturing Technology
- Sandvik, 2016 “Modern Metal Cutting: a Practical Handbook”, Sandviken, Suécia.
- Tewani, S.G., Rouch, K.E. and Walcott, B.L., 1988, “Control of machining chatter by use of active elements” In: Proc. Symp. on Advanced Manufacturing, Univ. of Kentucky, Lexington, EUA. pp. 31–36.

COMPARISON BETWEEN THE CONVENTIONAL FIXATION AND THE EASY FIX SLEEVE IN THE INTERNAL TURNING WITH LONG TOOL OVERHANGS OF HARDENED STEEL.

Wallyson Thomas Alves da Silva, wallyson.silva@sp.senai.br¹

Anselmo Eduardo Diniz, anselmo@fem.unicamp.br²

Daniel Iwao Suyama, disuyama@fem.unicamp.br²

Aristides Magri, arimagri@fem.unicamp.br²

¹ Faculdade SENAI Roberto Mange, Rua: Pastor Cícero Canuto de Lima 71 Campinas - SP

² Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Rua: Mendeleyev, 200 - Cidade Universitária, Campinas - SP

Abstract: Internal turning is an operation where tool vibration is capital, as the tool works with an overhang while removing material from the internal surface of a hole. That limits the use of internal turning in the machining of hardened steels, as tight tolerances and low surface roughness are always desired, once those steels are generally used in connecting rods, gears and shafts subjected to great efforts. The tool vibration is more decisive in the machining of long holes, where the tool overhang (the tool length that protrudes from the turret) is great, and, therefore, so is the tendency to vibration. This work aims to contribute to expand the use of internal turning of hardened steels, using to that end an improved fixation of the tool to the turret, of the Easy Fix type. That type of fixation differs from the conventional fixation as it wraps the tool holder, instead of securing the tool to the tower by a few contact points. Therefore, in this work, the static stiffness of the tool holders in the internal turning of hardened steel using long overhangs and two types of tool holder fixation to the turret – Easy Fix and conventional – were analysed. Such analyses were done by means of impact tests with an instrumented hammer and turning tests, respectively. The frequency response functions of the bars were obtained from the impact tests. As for the turning tests, the two mentioned types of tool holder fixation were used and the tool overhang was varied. At each condition, the surface roughness of the specimen and the tool vibration were measured. The results show that, in diverse overhangs, the fixation of the Easy Fix type reduced the tool vibration when compared to the conventional fixation and, consequently, the workpiece surface roughness. That allows the use of longer tool overhangs, permitting the attainment of low surface roughness values in the machining of long holes.

Keywords: tool vibration; long holes; conventional fixation; Easy Fix