



Superior Clamping and Gripping



T | E | N | D | O[®] E compact
**300% maior vida útil
da ferramenta**

Resultados do estudo
do artigo técnico da VDI-Z

Fresando em velocidade máxima!

Mandril Hidráulico

TENDO E compact, para qualquer aplicação e qualquer ferramenta de corte



Até 300% maior vida útil da ferramenta*

* comprova o estudo do Instituto de Tecnologia de Produção WBK, no Instituto de Tecnologia de Karlsruhe (KIT). O estudo foi publicado na VDI-Z em agosto de 2014.

- Até 300% maior vida útil da ferramenta
- Maior Torque, agora até 2.000 Nm para haste Ø 32 mm em condições de fixação seca, 900 Nm para haste em condições de fixação da ferramenta oleada
- Superfícies perfeitas – sem marcas de vibrações
- Mínima emissão de ruído
- Redução de custos de ferramenta de corte
- Troca de ferramentas em segundos sem acessórios adicionais
- Concentricidade constante e precisão de repetibilidade < 0.003 mm

Dúvidas sobre a Tecnologia de Fixação por Expansão Hidráulica da SCHUNK ou do TENDO E compact?

SCHUNK Intec-BR

Av. Santos Dumont, 733
09015-330 Santo André – SP
Tel. +55-11-4468-6888
Fax +55-11-4468-6883
info@br.schunk.com
www.schunk.com



www.schunk.com/
tendo-e-compact

O mandril de expansão hidráulica aumenta a vida útil da ferramenta, a qualidade e a produtividade

Comparação de tecnologias de fixação na usinagem de alto desempenho

Jürgen Fleischer, Volker Schulze, Frederik Zanger,
Urs Leberle, Nikolay Boev e Andreas Spohrer, Karlsruhe

Em um estudo realizado no Instituto wbk de Tecnologias de Produção, foram comparados os sistemas de fixação de ferramenta usando a tecnologia de expansão hidráulica e a tecnologia de contração térmica. O estudo se concentrou nos critérios de produtividade e vida útil da ferramenta, ambos significativos para a usinagem de alto desempenho.

A qualidade de uma superfície usinada é influenciada principalmente pela vibração da máquina, relacionada ao processo de fabricação. Essa "Interação Processo-Máquina" já foi exaustivamente pesquisada [1], onde, na maioria dos casos, a influência das forças oriundas do processo na vibração da máquina foi analisada e demonstrada através de gráficos de estabilidade [2]. Isso deu origem a hipóteses simplificadoras no projeto da estrutura das máquinas, porque, nas análises realizadas até o momento, a influência do sistema de fixação da ferramenta foi negligenciada. Devido às diferenças técnicas entre os diferentes sistemas de fixação, deve-se esperar – principalmente na usinagem de alto desempenho – uma influência significativa na Interação Processo-Máquina e, em consequência, na qualidade da usinagem e na vida útil da ferramenta.

A tecnologia de fixação por expansão hidráulica (HDSS) utiliza o aumento da pressão do fluido dentro do mandril para a fixação da ferramenta e a resultante deformação elástica da área de fixação. Enquanto na tecnologia de contração térmica (WSS) é utilizada a dilatação térmica pelo aquecimento do mandril, de modo que, quando o sistema esfria, ocorre uma interferência de medidas.

O objetivo do estudo realizado foi a comparação sistemática das tecnologias HDSS e WSS tendo em vista a máxima produtividade alcançável e a possível vida útil da ferramenta na usinagem de alto desempenho. Além disso, foi pesquisado o comportamento vibratório de ambos os sistemas de fixação de ferramentas, visando a incorporação em condições comparáveis da influência do comportamento amortecedor de ambos os sistemas.

Comparação da produtividade e da vida útil da ferramenta

Para a análise da influência de ambos os sistemas de fixação de ferramentas na produtividade e na vida útil da ferramenta, foram realizadas pesquisas de fresamento com mandris da Empresa Schunk. Para o WSS foi utilizado um "Celsio SSF" (HSK-A63 ou respectivamente A100 Ø12) e para o HDSS foi utilizado um "Tendo SDF-E compact" (HSK-A63) ou respectivamente um "Tendo SDF" (HSK-A 100 Ø12). Em todas as experiências foi utilizada uma fresa Walter "H4138217-12-0,5" ou respectivamente -1. Para assegurar a qualidade dos resultados foram usados diferentes centros de usinagem (MAG "NBH630", Heller "MC16" e Chiron "FZ15 S"). Para a comparação de produtividade, foi comparado o máximo volume de usinagem possível obtido com qualidades superficiais equivalentes. Para isso foi definida inicialmente uma peça de referência em 16MnCr5, em fresamento discordante de meio rasgo e três rasgos completos com profundidades de corte de 6 mm, 12 mm e 18 mm.

Já se sabia de pesquisas anteriores que, usando os parâmetros máximos admissíveis de corte fornecidos pelo fabricante da ferramenta, o HDSS apresenta melhor qualidade superficial do que o WSS. Isso permite que se defina como superfície de referência aquela obtida com o uso do HDSS e que, com o uso do WSS, deve-se reduzir as velocidades de corte e de avanço até se obter uma qualidade superficial comparável com a do HDSS. Pela comparação dos volumes de usinagem obtidos em cada caso, é possível deduzir a diferença de produtividade. Todas as pesquisas foram asseguradas

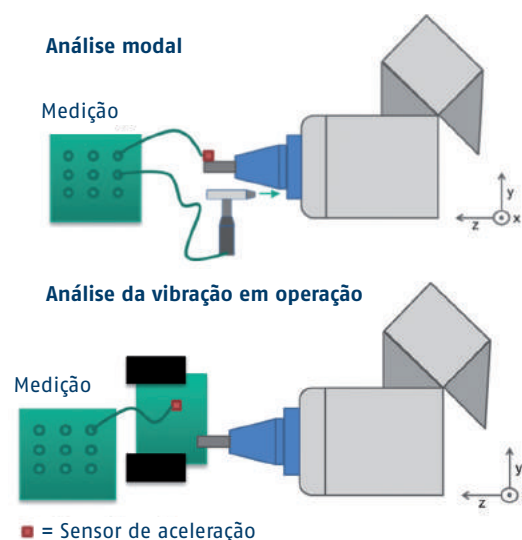


Figura 1
Análise modal e análise da vibração em operação.

estatisticamente pela repetição por três vezes em todos os centros de usinagem. Na próxima etapa do trabalho foi feita a comparação dos dois sistemas de fixação tendo em vista a vida útil da ferramenta (alcançável na usinagem de alta capacidade). Para isso foram fresados até o momento, em cada caso, rasgos completos com uma profundidade de 12 mm, até a largura da marca de desgaste na superfície livre adjacente da fresa atingir um valor de 50 µm. A largura da marca de desgaste foi avaliada e medida com o auxílio de um microscópio com iluminação. Com esses resultados foi possível calcular o volume total usinado e compará-lo para ambos os tipos de fixação de ferramenta.

Análise do comportamento de amortecimento característico

O comportamento de amortecimento de ambos os sistemas de fixação de ferramenta foi avaliado e comparado através de análise modal e de vibração em operação, **Figura 1**. Na análise modal foram avaliadas as acele-



Figura 2

Resultados obtidos após a usinagem de alto desempenho com um mandril de contração térmica (WSS) e um mandril de expansão hidráulica (HDSS).

rações no ponto de fixação da ferramenta em todas as três direções espaciais, que depois foram convertidas em um gráfico de aceleração em função da frequência. Na análise da vibração em operação, a vibração atuante na usinagem de alto desempenho foi avaliada através de um sensor e depois foi calculada pela Transformação Rápida de Fourier (FFT).

Resultados dos trabalhos experimentais

Nas pesquisas de fresamento foram detectadas diferenças significativas no processo de usinagem e nos resultados de usinagem obtidos. Foi especialmente notado um som alto de assobio com alta frequência durante a utilização do WSS ($f = 3300 - 3700$ Hz) e, em contraste, a emissão sonora significativamente menor com a utilização do HDSS. Um ponto que chamou a atenção nos resultados de usinagem foi a pior qualidade superficial predominante na utilização do WSS, que no caso de rasgos profundos surgiu com mais intensidade na forma de marcas de vibração. A Figura 2 mostra um exemplo dos resultados obtidos após uma usinagem de alta capacidade com WSS e com HDSS. Um resultado que serve como exemplo da pesquisa de determinação da produtividade, no qual foram utilizados os parâmetros máximos permitidos recomendados pelo fabricante da ferramenta para a fresamento de rasgos com profundidade de 12 mm, está mostrado na Figura 3. O WSS, em comparação com o HDSS, produziu uma rugosidade superficial nitidamente pior. A utilização do

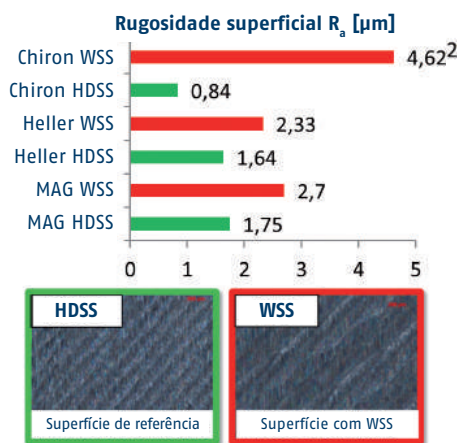


Figura 3

Valores de R_a e fotografia microscópica do rasgo de 12 mm com fresamento discordante.

WSS também produziu nos demais rasgos, em todas as três máquinas de usinagem, rugosidades superficiais nitidamente piores. Ocorreu uma exceção em um único caso no rasgo de 12 mm de profundidade usinada na fresadora Chiron, na qual a tecnologia de contração térmica produziu um resultado melhor.

Além disso, a Figura 3 mostra as fotografias das superfícies após as pesquisas de referência, onde pode ser vista a melhor qualidade da superfície obtida com o HDSS.

Influências na rugosidade da superfície

Com os resultados experimentais foi possível descrever a influência das velocidades de avanço e de corte na rugosidade da superfície por meio de funções de regressão apropriadas. Essas funções foram utilizadas na determinação da combinação ótima dos parâmetros de velocidade de avanço e de corte, em cada caso, para o WSS na produção de

uma qualidade superficial comparável com o HDSS, assim como para assegurar a qualidade da consequente pesquisa de validação.

Na Figura 4 são mostrados como exemplo os resultados obtidos no centro de usinagem Heller MC16 pelo gráfico dos valores comparáveis de R_a com o volume de usinagem. Assim como na Heller MC16, também foi possível na MAG NBH630 um aumento médio de produtividade de 10 % com a aplicação do sistema de expansão hidráulica.

Vida útil da ferramenta

No prosseguimento do estudo foi pesquisada a máxima vida útil da ferramenta alcançável com a utilização de ambos os sistemas de fixação de ferramentas.

A Figura 5 mostra a comparação da vida útil obtida em cada caso. É possível notar claramente que, pela aplicação do HDSS, pode-se obter um aumento da vida útil de 300 % em relação ao WSS.

Análise da vibração

A Figura 6 mostra como exemplo os resultados da análise da vibração em operação na produção de rasgos completos com 18 mm de profundidade no centro de usinagem Heller MC16. Enquanto a aplicação do HDSS mostra uma excitação muito fraca ao longo de todo o intervalo de frequências, na aplicação do WSS, especialmente na faixa de frequências acima de 2800 Hz, ocorre uma excitação muito forte. Nessa faixa de frequência também ocorre, durante o processo de usinagem, um som de assobio muito frequente.

Considerando-se o comportamento das fre-



Figura 4

Comparação de produtividade de usinagem na "Heller MC16" na produção de rasgos completos de 12 mm.

quências de aceleração mostradas na **Figura 7**, nota-se que a partir das frequências acima de 1700 Hz com a aplicação do HDSS ocorrem amplitudes de aceleração muito baixas. Acima de aprox. 2500 Hz também foi possível constatar um amortecimento até quatro vezes superior com o HDSS. No intervalo de frequências inferior, ambos os sistemas de fixação de ferramentas mostraram um comportamento de amortecimento similar, com uma leve vantagem para o WSS. Por meio dos resultados obtidos pelas pesquisas experimentais é possível mostrar que o HDSS, em comparação com o WSS, oferece melhores propriedades de amortecimento. Isto leva à conclusão de que as superfícies usinadas das peças são melhores e que a vida útil da ferramenta é aumentada. As propriedades de amortecimento foram claramente melhores com o HDSS na usinagem de alto desempenho, principalmente no intervalo de frequências mais alto, na forma de uma menor emissão de ruído.

Conclusão final

No estudo foram comparados sistemas de fixação de ferramentas usando as tecnologias HDSS e WSS. Na análise da operação de fresamento foi possível observar que a aplicação da tecnologia HDSS, mantendo-se a mesma qualidade superficial, permitiu maiores velocidades de corte e de avanço e, portanto, um aumento da produtividade em comparação com a tecnologia WSS. Além disso, com a aplicação da tecnologia HDSS, mantendo-se as mesmas condições de corte, foi possível um aumento da vida útil da ferramenta. Os resultados obtidos foram finalmente complementados com uma análise modal e da vibração em operação. Por meio deste estudo, as propriedades de amortecimento de ambos sistemas de fixação de ferramenta foram comparadas quantitativamente, e pode ser claramente constatado um melhor comportamento de amortecimento da tecnologia HDSS.

Vida útil da ferramenta em ranhura completa de 12 mm

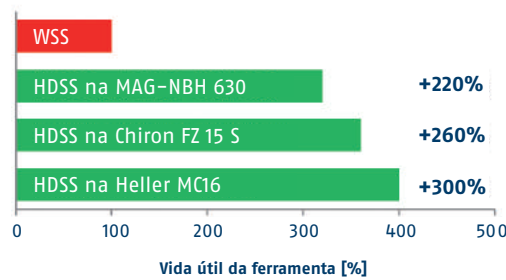


Figura 5

Comparação da máxima vida útil da ferramenta alcançável (resultados para rasgos completos de 12 mm).

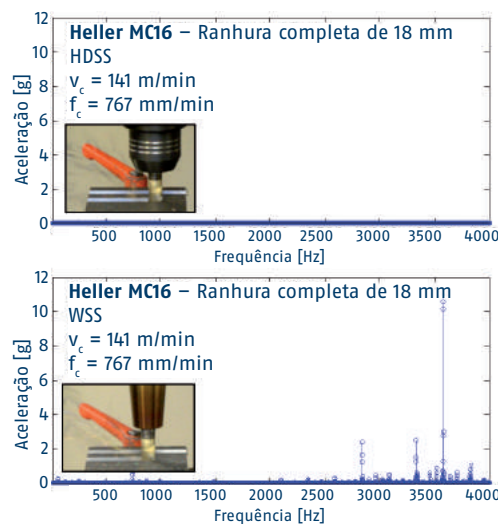


Figura 6

Vibrações em operação induzidas com HDSS (acima) e WSS (abaixo).

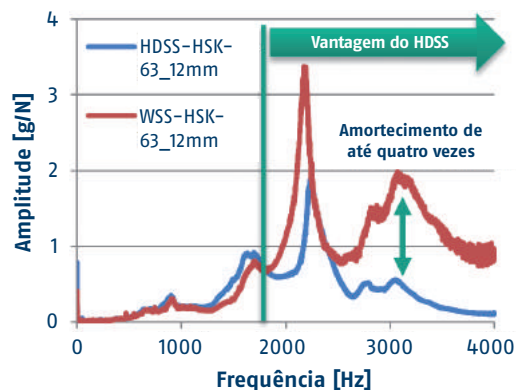


Figura 7

Traçado da frequência de aceleração no ponto de fixação da ferramenta na Heller MC16.

Autores

Prof. Dr. Eng. **Jürgen Fleischer**, 1961, estudou Construção de Máquinas na Universidade de Karlsruhe (TH). Desde 2003 é Diretor de Instituto no Instituto wbk de Tecnologias de Produção em Karlsruhe.

Prof. Dr. Eng. **Volker Schulze**, 1965, estudou Construção de Máquinas na Universidade do Karlsruhe (TH). Desde 2010 é Diretor de Instituto wbk.

Dr. Eng. **Frederik Zanger**, 1982, estudou Engenharia Pedagógica em Construção de Máquinas e Matemática na Universidade de Karlsruhe (TH). Desde 2012 é Engenheiro Chefe do Departamento de Pesquisa de Fabricação e Tecnologia de Materiais no wbk.

Eng. **Urs Leberle**, 1982, Eng. **Nikolay Boev**, 1978 e Eng. **Andreas Spohrer**, 1987, estudaram Construção de Máquinas no Instituto de Tecnologia de Karlsruhe (KIT) e atuam como funcionários científicos no wbk.

Literatura

1] Brecher, C.; Esser, M.; Witt, S.: Inter-action of manufacturing process and machine tool, CIRP Annals – Manufacturing Technology 58 (2009), S. 588–607.

[2] Uhlmann, E.; Rasper, P.: Influences on specific cutting forces and their impact on the stability behavior of milling processes. Production Engineering – Research and Development 5 (2011), S. 175–181.