

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE PARADA SÚBITA SIMPLES PARA O ESTUDO DA FORMAÇÃO DO CAVACO NO TORNEAMENTO

Marlon Bogorni David, marlonbogorni@gmail.com

Gil Magno Portal Chagas, gilchagas@ifsc.edu.br

IFSC, Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Jaraguá do Sul – Rau, Rua dos Imigrantes, 445, Jaraguá do Sul, SC, Brasil

Resumo. Este trabalho apresenta o projeto, fabricação e teste de um dispositivo de parada súbita do processo de torneamento, denominado quick-stop device (QSD). O dispositivo utiliza uma chapa deslizante, acionado por uma alavanca, para liberar a retração da ferramenta de corte, ao invés do mais usual sistema de pino de cisalhamento com impacto. Foram apresentados o princípio de funcionamento do dispositivo, detalhes dos componentes e as principais considerações adotadas no projeto. Os resultados experimentais da aplicação do dispositivo no torneamento de tubos de aço ABNT 1020 e de aço inoxidável ABNT 304 também foram apresentados na forma de micrografias da raiz do cavaco. Os resultados mostraram que o QSD desenvolvido apresenta características como simplicidade de uso, baixo tempo de preparação, segurança e boa repetibilidade dos resultados.

Palavras chave: Formação do cavaco, Raiz do cavaco, Quick-stop device, QSD.

1. INTRODUÇÃO

O processo de usinagem de metais ocorre em velocidades muito elevadas, principalmente quando comparado a outros processos de fabricação. Durante o processo o material é submetido a taxas de deformação extremamente elevadas, da ordem de $10^6/s$, as deformações plásticas no processo de formação do cavaco são intensas, e ocorrem na região próxima ao contato da ferramenta com o material, em um processo contínuo, de difícil acesso à observação e análise experimental.

As deformações plásticas, que ocorrem no material durante a usinagem, geram calor e estão diretamente associadas ao consumo de energia do processo, ao desgaste da ferramenta, a formação de aresta postiça, ao acabamento da peça, ao processo de quebra de cavaco e a vibrações. Por este motivo é importante o estudo deste processo (Lucas, 2003).

Uma forma de estudar o processo de formação do cavaco é por meio da utilização de um dispositivo de parada súbita do corte, denominado de Quick-Stop Device (QSD). Este dispositivo permite obter a raiz do cavaco e possibilita a análise da fotografia do cavaco e a avaliação das regiões de deformação por meio de microscopia e ensaios de microdureza.

Diversas propostas de QSD foram realizadas. Uma forma muito usual desses dispositivos é a ferramenta de corte estar sustentada por dois pinos, um de articulação e um de cisalhamento. Quando o pino de cisalhamento se rompe, por meio de um impacto, a ferramenta gira em torno do pino articulado, promovendo a parada súbita do processo de corte. O pino de cisalhamento é fabricado em material frágil para facilitar o processo de ruptura.

Vorm (1976) utilizou um modelo de QSD no qual o pino de cisalhamento é rompido por meio de um impacto de uma massa de 75 kg em queda a uma altura de 600mm até atingir uma barra que atua cisalhando o pino. O autor apresentou um modelo analítico e ensaios experimentais para determinar a velocidade e o tempo de retração do dispositivo. Black e James (1981) desenvolveram um dispositivo denominado “QSD martelo” no qual o pino de cisalhamento é rompido por meio do impacto de um martelo fixo a uma placa giratória com a mesma velocidade da peça. Joshi et al. (2001) trabalharam com um modelo no qual o impacto no pino é realizado por um martelo manual.

Outros autores apresentaram soluções para romper o pino sem a atuação de um martelo. Ellis, Kirk e Barrow (1969) apresentaram um dispositivo no qual o impacto no pino é gerado pela ação de um sistema explosivo. Os autores apresentaram também uma análise do tempo e da velocidade de retração do dispositivo utilizando um modelo analítico e dados experimentais. Philip (1971) apresentou os resultados da utilização de um QSD em que o pino de cisalhamento é rompido com um impacto gerado pela explosão em um sistema com pistão e câmara de combustão com gás. Mais recentemente, Silva, Machado e da Silva (2011) também apresentaram um modelo de QSD com a utilização do princípio de explosão, utilizando uma arma de fogo. Lucas (2003) desenvolveu um sistema no qual o pino de cisalhamento é rompido por um sistema de punção acionado por uma mola helicoidal de compressão.

Satheesha, Jain e Kumar (1990) propuseram um sistema um pouco diferente. Ao invés de um pino de cisalhamento, utilizaram um pino com entalhe sob tração. O dispositivo produz um pré-carregamento no pino até atingir um limite próximo à ruptura. Entretanto, é necessário ainda um pequeno esforço adicional, promovido por um impacto com um martelo para promover a ruptura do pino. Os autores afirmam que a ruptura de um pino frágil sob tração é muito mais rápida do que em um pino sob cisalhamento.

A utilização de dispositivos que necessitem da atuação de uma massa de impacto pode causar alguns inconvenientes, como a possibilidade de deformação da estrutura do dispositivo e danos ao torno, risco ao operador, dificuldade de obter

uma boa repetibilidade dos resultados, complexidade do dispositivo e possibilidade de indução de vibração no processo de usinagem devido ao impacto no dispositivo. O tempo de preparação e o custo de operação também são elevados, devido à necessidade de montagem de novo pino de cisalhamento tipo fusível para ser utilizado em cada ensaio.

Para resolver ou minimizar esses problemas foram propostos alguns tipos diferentes de QSD. Chern (2005) apresentou um modelo que utiliza um sistema de trava da ferramenta liberado por um gatilho. Silva et al. (2013) apresentaram um QSD que não utiliza o pino de cisalhamento, mas um sistema de mola e atuador para promover o movimento de afastamento da ferramenta. Pereira et al. (2011) apresentaram um dispositivo com sistema mecânico de liberação da ferramenta, com gatilho e mola, também sem pino de cisalhamento. Azam e Ahmadloo (2015) apresentaram um modelo de QSD com um mecanismo com acionamento mecânico por mola liberada a partir de um gatilho. Amini et al. (2017) utilizaram, para a liberação da ferramenta, um pino de deslizamento com guias, acionado por um cilindro pneumático. Também foram propostos dispositivos mais complexos, como o apresentado por Wu, Wang e Tsai (2006) que propuseram um EQSD, ou seja, um dispositivo *quick-stop* eletromagnético.

Apesar da grande variedade de dispositivos desenvolvidos é comum problemas como dificuldades de manuseio e operação, complexidade de fabricação e custo elevado. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver e testar um novo modelo de QSD para ser utilizado no estudo do processo de formação do cavaco no torneamento. Este QSD deve possuir como características a simplicidade, segurança no uso, permitir uma boa reprodutibilidade dos resultados, eliminar os problemas gerados pelo impacto de uma massa no sistema, e permitir a utilização de diferentes ferramentas de corte.

2. DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO QUICK STOP

O QSD foi desenvolvido de acordo com o princípio de funcionamento do modelo apresentado por Chern (2005). Este modelo foi escolhido devido as suas características como simplicidade, segurança e por não utilizar pino de cisalhamento. Entretanto, algumas alterações foram realizadas, como: (a) permitir utilização de diferentes suportes comerciais para ferramentas de metal duro; (b) utilização de base para fixação diretamente no carro transversal do torno; (c) desenvolvimento de novo sistema de mola para acionamento; (d) redimensionamento para aumentar a rigidez do dispositivo.

Um torno mecânico do fabricante Nardini®, modelo Mascote, foi utilizado para a aplicação do *quick-stop*. Dessa forma, o modelamento do dispositivo em software CAD 3D foi realizado tendo como referência as medidas do porta ferramentas deste torno. Assim, o castelo porta ferramenta do torno foi removido para fixar o QSD diretamente no carro transversal e garantir uma maior rigidez na fixação.

A figura 1 mostra uma vista explodida do dispositivo desenvolvido com a descrição dos componentes. O material utilizado nas chapas e no eixo foi o aço ABNT 1045. A base (Item 1), construída em chapa com 35 mm de espessura, possui um furo vertical com diâmetro de 45 mm para fixação no carro transversal do torno. Uma chapa de encosto (Item 9) foi utilizada para garantir o posicionamento correto do dispositivo e evitar o deslocamento em relação ao carro transversal. A porca sextavada M12 (Item 14) permite ajustar a pressão da mola (Item 13) que promove o tombamento da ferramenta. Uma alavanca é utilizada para acionamento do dispositivo (Item 6) e a chapa deslizante (Item 3) atua para fixar ou liberar a ferramenta de corte (Item 2).

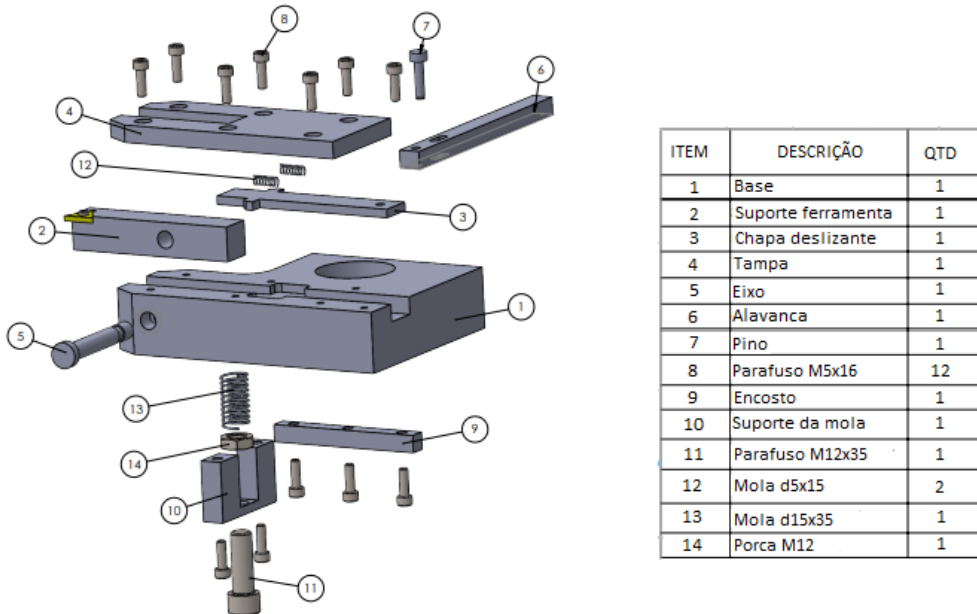


Figura 1. Vista explodida do QSD desenvolvido.

Na figura 2(a) é possível observar o dispositivo montado com a ferramenta e armado, pronto para a usinagem. A figura 2(b) mostra o dispositivo acionado, com a ferramenta retraída.

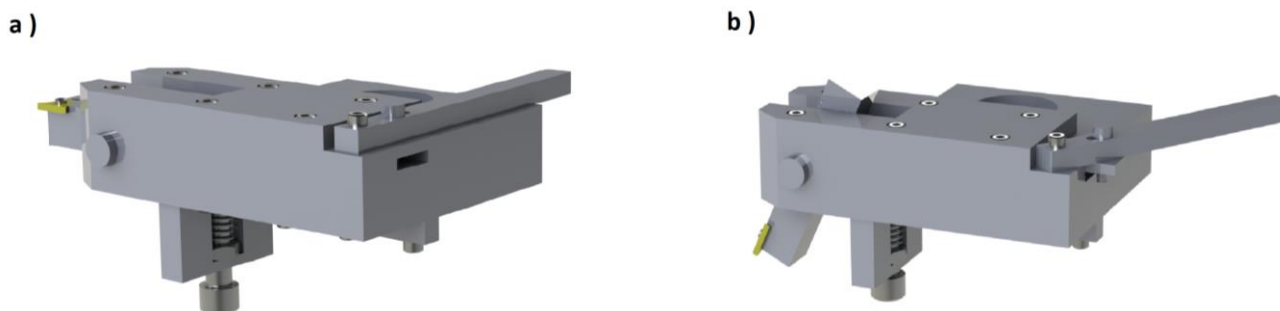


Figura 2. Dispositivo QSD. (a) Armado para o trabalho. (b) dispositivo acionado.

3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Foram realizados ensaios de torneamento para avaliar o funcionamento do QSD desenvolvido. O dispositivo foi montado em um torno Nardini Mascote MS 205 x 1000. A ferramenta de metal duro utilizada nos testes foi a TPUN 160304, montada em um suporte porta ferramenta tipo CTGPR 2020 K16. Essa ferramenta foi escolhida devido a sua geometria, que possibilita trabalhar com o corte ortogonal.

Os materiais utilizados nos ensaios foram tubos de aço inoxidável ABNT 304 com 50 mm de diâmetro e 2 mm de espessura e tubo de aço ABNT 1020 com 40 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Os ensaios foram realizados nas velocidades de corte $v_c = 60$ m/min e $v_c = 120$ m/min, com avanços de $f = 0,1$ mm/rot, $f = 0,2$ mm/rot. A profundidade de corte foi constante com $a_p = 2$ mm.

A figura 3(a) apresenta o QSD montado no carro transversal do torno. É possível verificar que foi necessário a utilização de uma bucha auxiliar (Pos.1) para fixar o dispositivo. Na figura 3(b) tem-se a ferramenta de corte retraída e o cavaco fixo no tubo usinado.

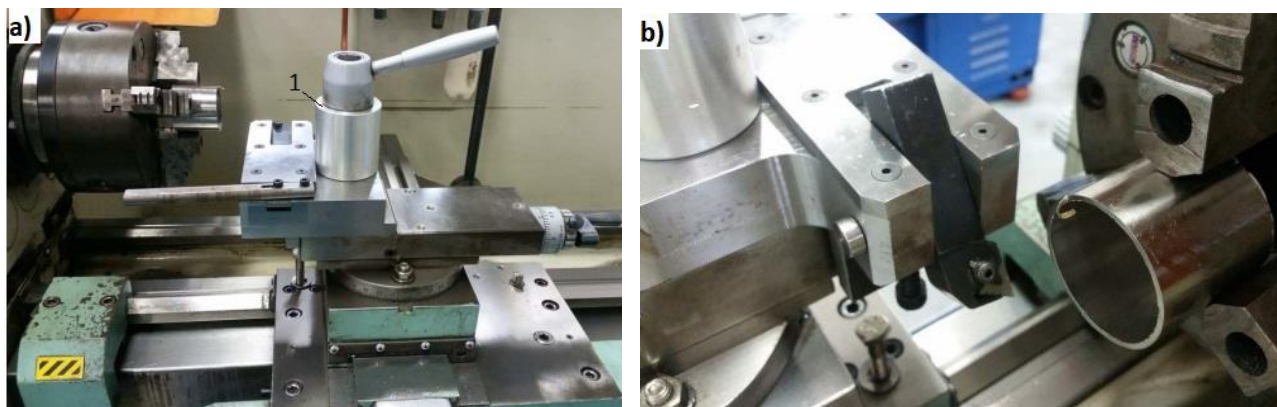


Figura 3. Dispositivo QSD montado no torno e acionado, com cavaco fixo à peça.

A ferramenta de corte se mostrou estável durante o uso, sendo fixa por meio do pino articulado (Figura 1, item 5) e da chapa deslizante (Figura 1, item 3) e pressionada por meio da mola (Figura 1, item 13). A ferramenta gira, quando liberada, conforme figura 3(b), e causa um pequeno impacto na estrutura do dispositivo, porém sem causar problemas.

Após os ensaios algumas amostras do cavaco fixos às peças foram cortadas, embutidas, polidas e atacadas para observação no microscópio óptico. A figura 4 mostra duas imagens da raiz do cavaco formado do aço inoxidável ABNT 304. É possível observar o cavaco do tipo segmentado, característico deste tipo de aço e a grande deformação plástica, representado por grãos alongados, existente entre dois segmentos do cavaco.

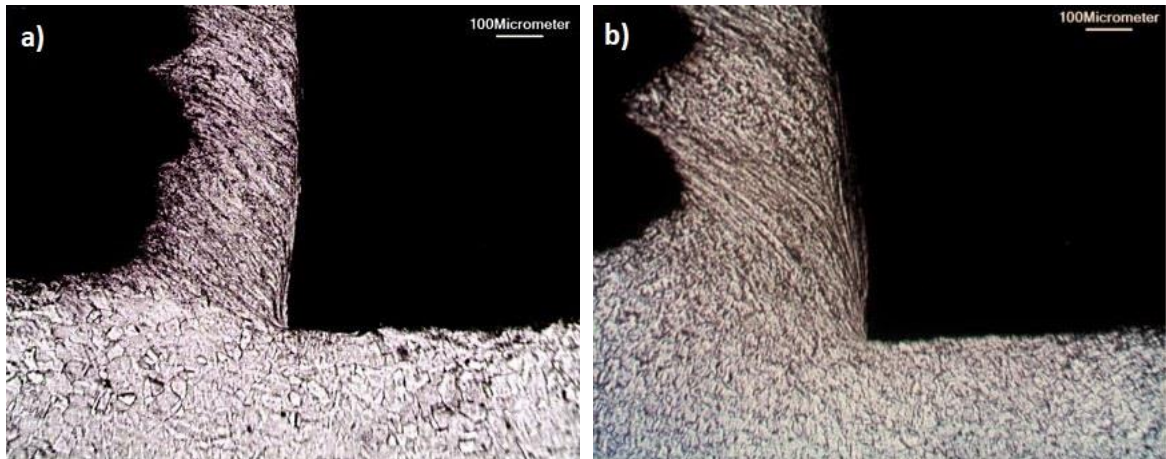


Figura 4. Micrografia da raiz do cavaco do aço inoxidável ABNT 304. (a) $v_c=120$ m/min, $f=0,1$ mm/rot; (b) $v_c=60$ m/min; $f=0,2$ mm/rot.

A figura 5 mostra a raiz do cavaco obtida para um aço ABNT 1020 em uma velocidade de corte $v_c = 60$ m/min e um avanço $f = 0,1$ mm/rot. É possível observar a grande deformação plástica que ocorre na formação do cavaco, com os grãos alongados a partir da zona de cisalhamento primária.



Figura 5. Micrografia da raiz do cavaco do Aço ABNT 1020, $v_c = 60$ m/min, $f = 0,1$ mm/rot.

O dispositivo QSD foi testado diversas vezes e mostrou uma boa repetibilidade dos resultados, com os cavacos aderidos na peça, para ensaios com diferentes velocidades de corte e avanços da ferramenta. Entretanto, não foram realizadas medições da velocidade e do tempo de retração da ferramenta devido à complexidade destas medições e análises. Dessa forma, estes estudos poderão ser desenvolvidos em trabalhos futuros.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no desenvolvimento e teste do dispositivo QSD é possível concluir que:

- O dispositivo apresenta características desejadas de um QSD, como simplicidade e facilidade de uso, devido ao seu princípio de funcionamento com trava de deslizamento mecânico.
- A ausência de pino de cisalhamento aumenta a segurança do dispositivo ao não utilizar impactos.
- O tempo de preparação do dispositivo é baixo, pela sua simplicidade e por não conter pino de cisalhamento que precisa ser substituído em cada ensaio.
- Os resultados dos ensaios mostraram a sua boa repetibilidade, com facilidade de obtenção das amostras de cavaco aderidas à peça.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Santa Catarina por apoiar o desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- AMINI, S., LOTFI, M., PAKTINAT, H., & KAZEMIYOUN, M., 2017. "Characterization of vibratory turning in cutting zone using a pneumatic quick-stop device". *Engineering Science and Technology, an International Journal*, Vol.20, p. 403-410.
- AZAM, S.H.M.; AHMADLOO, E., 2015. "Analysis of Chip Removal Operations via New Quick-Stop Device." *Materials and Manufacturing Processes* . Vol. 31, n.13, p. 1782-1791.
- BLACK, J.T.; JAMES, C.R., 1981. "The hammer QSD-quick-stop device for high speed machining and rubbing". *Journal of Engineering for Industry*. Vol. 103, p.13-21.
- CHERN, G.L., 2005. "Development of a new and simple quick-stop device for the study on chip formation". *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 45, p.789-794.
- ELLIS, J., KIRK, R., BARROW, G., 1969. "The development of a quick-stop device for metal cutting research". *Int J. Mach. Tool Des. Res.* Vol. 9 , p. 321-339.
- JOSHI, S. S., RAMAKRISHNAN, N., RAMAKRISHNAN, P., 2001. "Micro-structural analysis of chip formation during orthogonal machining of Al/SiCp composites". *ASME Transactions Journal of Engineering Materials and Technology*. Vol. 123, p.315-321.
- LUCAS, E. O., 2003. "Desenvolvimento de um dispositivo Quick-Stop e sua aplicação no estudo da formação do cavaco na usinagem do ferro fundido nodular ferrítico". 152 f. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- PEREIRA, R. B. D., BRAGA, D. U., SANTOS, C. L., RIBEIRO, S. Y., NEVEZ, F. O., 2011. "Design of quick-stop device easy and safe to operate for chip formation study on turning". *Proceedings of COBEM 2011*, Natal, RN, Brasil.
- PHILIP, P.K., 1971. "Study of the performance characteristics of an explosive quick-stop device for freezing cutting action". *Int. J. Mach. Tool Des. Res.* Vol. 11, p. 133-144.
- SATHEESHA, M., JAIN, V.K., KUMAR, P., 1990. "Design and development of a quick-stop device (QSD)". *Precision engineering*, Vol.12, n. 4, p. 205-212.
- SILVA, R.H.L., OTSUKA, M.S., SOUZA, J.F., FRANCISCO, J.C.S., 2013. "Desenvolvimento de novo mecanismo quick-stop genérico para estudo da formação de cavacos no torneamento ". *Em 7º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação – COBEF2013*, Penedo, Itatiaia, Brasil.
- SILVA, M.A., PAIPA, M., MACHADO, A.R., SILVA, M.B., 2011. "Adaptação de arma de fogo a um dispositivo de quick-stop". *Em 21º POSMEC – Simpósio do Programa de Pós-graduação, Universidade Federal de Uberlândia*.
- VORM, T., 1976. "Development of a Quick Stop Device and an analysis of the frozen chip technique". *International Journal of Machine Tool Design and Research*, Vol. 16, n. 4, p. 241-250.
- WU, C. L.; WANG, K. S.; TSAI, L. C., 2006. "A new electromagnetic quick stop device for metal cutting studies". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 29, n. 9-10, p. 853-859.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

DEVELOPMENT OF A SIMPLE QUICK-STOP DEVICE FOR THE STUDY OF CHIP FORMATION IN TURNING OPERATION

Marlon Bogorni David, marlonbogorni@gmail.com

Gil Magno Portal Chagas, gilchagas@ifsc.edu.br

IFSC, Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Jaraguá do Sul – Rau, Rua dos Imigrantes, 445, Jaraguá do Sul, SC, Brasil

Abstract. This paper presents the design, fabrication and testing of a quick-stop device (QSD) for the study of chip formation in turning process. The device utilizes a lever-operated sliding plate to release the retraction of the cutting tool, rather than the common impact shear pin system. The principle of operation of the device, details of the components and the main considerations adopted in the project were presented. The experimental results of the application of the device in the turning of AISI 1020 steel tubes and AISI 304 stainless steel were presented in the form of micrographs of the chip root . The results showed that the QSD developed presents simplicity of use, low preparation time, safety and good repeatability.

Keywords: chip formation, chip root, QSD, quick-stop device

RESPONSIBILITY NOTICE

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