

ANÁLISE DA FORMAÇÃO DE CAVACOS NO TORNEAMENTO DO AÇO INOXIDÁVEL AISI304 COM EMPREGO DE UM SISTEMA DE INTERRUPTÃO SÚBITA DE CORTE (QSD)

Jonathan Felipe Camargo, camargojonathan@hotmail.com¹

Janaina Geisler Corrêa, janainageisler@hotmail.com¹

Rolf Bertrand Schroeter, rolf.schroeter@ufsc.br¹

¹UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Mecânica de Precisão (LMP), Florianópolis/SC, Brasil

Resumo: Os aços inoxidáveis são conhecidos como de difícil usinabilidade, sendo necessários sempre estudos nesta área para facilitar o processamento durante a usinagem. Assim, o objetivo deste trabalho é investigar o processo de formação de cavaco de um aço inoxidável austenítico AISI304 durante o torneamento, através de uma metodologia baseada na interrupção súbita de corte, e na observação e análise de raízes de cavaco. Para isto, foi empregado um dispositivo conhecido como Quick-Stop Device (QSD), que possibilita a obtenção das raízes de cavaco dentro de uma grande variação de condições de corte. A máquina-ferramenta foi um torno Romi-I45, e a ferramenta de corte uma SNMG 120408-MF (1125) de metal-duro. Os parâmetros avaliados foram v_c (20, 120, 220m/min) e f (0,1 e 0,2mm) na condição a seco. Como resultado as amostras das raízes de cavaco mostraram a existência de gume postiço para a velocidade de corte de 20m/min. Para as velocidades de 120 e 220m/min, não foi verificada a formação de gume postiço. Através da análise das amostras de raízes de cavaco foi possível observar que a microdureza na região da raiz do cavaco diminuiu com o aumento da velocidade de corte. Verificou-se adicionalmente que com a diminuição da velocidade de corte ocorreu um aumento da zona de fluxo na região da face da ferramenta. Também foram avaliadas as formas dos cavacos formados, sendo que a forma predominante nas condições analisadas foi de arco conectado.

Palavras-chave: Aço inoxidável austenítico, formação de cavaco, QSD.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o desenvolvimento dos aços inoxidáveis significou um amplo avanço no desenvolvimento de materiais resistentes à corrosão em diversas áreas de engenharia, como na construção civil, automotiva, alimentícia, química e principalmente na área petrolífera, sendo esses aços de grande interesse para a engenharia.

Dentre os grupos de aços inoxidáveis disponíveis, os austeníticos se destacam por possuírem uma boa resistência à corrosão, boa soldabilidade e elevada resistência mecânica (Silva; Mei, 2010).

Tão importante quanto as propriedades de desempenho (resistência mecânica, resistência à corrosão etc.), são as propriedades de fabricação, como a usinabilidade e a soldabilidade, que devem ser consideradas na seleção dos materiais. A indústria responsável pela transformação do material bruto em peças acabadas tem mostrado interesse em informações que levam a uma usinagem mais econômica. Conforme Walker (1996) grande parte dos componentes da indústria é produzida através da usinagem. De acordo com Trent e Wright (2000), os processos de usinagem são responsáveis por transformar em cavaco cerca de 10% de toda a produção de metais, e representam aproximadamente 15% do valor dos produtos fabricados nos países industrializados, sendo o processo de torneamento uma das operações mais utilizadas.

A usinabilidade, independentemente do processo de usinagem, é considerada difícil para os aços inoxidáveis, principalmente para os austeníticos, quando comparados aos aços carbono e de baixa liga devido à sua alta resistência, alta tendência ao encruamento e baixa condutividade térmica (Trent; Wright, 2000). Além disso, os cavacos se unem fortemente à ferramenta de corte durante a usinagem e quando o cavaco é quebrado pode trazer consigo um fragmento da ferramenta (Korkut *et al.*, 2004). Sendo assim, entender como acontece a formação do cavaco e os impactos da usinagem na microdureza da subsuperfície destes materiais é de grande relevância, não só para o meio acadêmico, mas também para a indústria que processa este tipo de material. Isto decorre do fato de que a formação do cavaco está diretamente associada ao comportamento da força de usinagem, as vibrações durante o corte, o acabamento da superfície, o desgaste da ferramenta de corte e formação do gume postiço, entre outros aspectos.

Na usinagem, certas técnicas ajudam a entender os fenômenos que ocorrem na interface cavaco-ferramenta. Uma técnica importante nessa análise é o ensaio utilizando um dispositivo chamado *Quick-Stop Device* (QSD) ou interrupção súbita de corte, que permite analisar a raiz do cavaco. De acordo com Machado *et al.* (2011), a maioria das teorias modernas disponíveis que fazem referência à interface cavaco-ferramenta derivam de estudos que fizeram o uso deste tipo de ensaio.

O objetivo principal do trabalho é estudar o mecanismo de formação do cavaco no torneamento de um aço inoxidável austenítico AISI304, através do emprego de um método de interrupção súbita do processo de corte (QSD), avaliando a microestrutura; a microdureza do plano de cisalhamento; o fator de recalque; a dimensão da zona de fluxo e o ângulo de cisalhamento; além de classificar os cavacos provenientes dos ensaios quanto à sua classe e forma.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado nos ensaios foi um aço inoxidável austenítico AISI304 fornecido em barras cilíndricas. A Tabela (1) mostra a composição química do material, cuja dureza foi mensurada com um microdurômetro SHIMADZU modelo HMV 2000 aplicando uma carga nas amostras de 2,9N com um tempo de indentação de 10 segundos. Foram realizadas 10 indentações na amostra e a média da dureza obtida foi de 24,3 HRC.

Tabela 1. Composição química do material.

% COMPOSIÇÃO QUÍMICA															
C	Cr	Ni	Mo	V	Ti	N	Si	Mn	P	S	Al	Nb	W	Cu	Mg
0,07	18,82	8,93	0,4	0,05	0,005	0,026	0,5	1,75	0,042	0,021	0,01	0,006	0,17	0,25	0,006

A máquina-ferramenta utilizada para os ensaios com o dispositivo QSD foi um torno universal modelo I-45, fabricado pela Indústrias ROMI S.A., com distância entre pontas de 2000 mm, com um diâmetro admissível sobre o barramento de 620 mm. O torno possui uma potência de 14,7 kW, uma gama de velocidades de rotação entre 20 e 2500 rpm, com avanços longitudinais entre 0,05 a 18 mm e avanços transversais entre 0,017 a 6 mm. A ferramenta de corte utilizada para usinagem foi um inserto de metal-duro com revestimento de AlTiCrN depositado por PVD. O inserto utilizado possui geometria SNMG120408-MF 1125, e o suporte DSBNR 2020K 12, ambos da fabricante Sandvik Coromant.

2.1. Ensaios com dispositivo QSD

O estudo do mecanismo de formação do cavaco foi realizado com o auxílio do dispositivo QSD desenvolvido no escopo do trabalho de doutorado de Lucas (2003), disponível no Laboratório de Mecânica de Precisão (LMP) da UFSC. O sistema de propulsão da massa de impacto do dispositivo QSD empregado é uma mola de compressão que tem a função de armazenar energia. Ao ser liberada esta energia promove a aceleração da massa de impacto. A massa de impacto, ao atingir a ferramenta transfere sua energia cinética para a ferramenta de corte, rompendo o pino de cisalhamento e acelerando a ferramenta em torno de um eixo articulado. Desta forma o gume da ferramenta sai da região de contato com uma velocidade maior que a velocidade de corte.

O dispositivo QSD possui uma inclinação de 7° para evitar o contato do gume da ferramenta na peça durante a interrupção do corte. Com a ferramenta montada no dispositivo QSD, tal inclinação modifica a geometria da ferramenta em relação ao ângulo de saída (γ_0), que passa de -6° para -13° .

Para a obtenção da raiz do cavaco os corpos de prova para os ensaios com o dispositivo QSD têm o formato de arruelas, com um diâmetro externo de 125 mm, interno de 30 mm e espessura de 5 mm. No diâmetro interno foi fabricado um rasgo de chaveta, para impedir a rotação da arruela sobre o mandril de suporte. O mandril de suporte é um eixo com diâmetro de 30 mm e um rebaixo com 10 mm para a montagem das arruelas. No rebaixo foi prevista uma chaveta e uma rosca para o aperto da arruela por intermédio de um parafuso, conforme mostra a Fig. (2). Para cada ensaio foi empregada uma arruela.

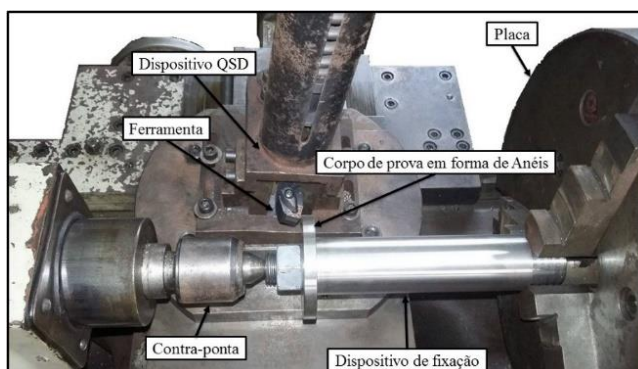


Figura 2. Montagem experimental do QSD.

As condições de corte utilizadas nos testes de QSD foram v_c (20, 120, 220 m/min) e f (0,1 e 0,2 mm) na condição a seco com um a_p de 2 mm. Com o auxílio de câmera de alta velocidade da marca FASTEC IMAGING modelo HiSpec 4, um conjunto de lentes com distância focal objetiva de 200 mm, análise de imagens com o software HiSpec Control Software e as medições de deslocamento do suporte da ferramentas realizadas com o auxílio do software SolidWorks,

foi possível calcular a velocidade de retração ($v_r = 422,3 \pm 118,1$ m/min) para a intensidade 2 do dispositivo, regulação na qual foram realizados todos os ensaios.

2.2. Análise da raiz do cavaco

Após separadas as raízes dos cavacos dos corpos de prova as amostras foram limpas em banho de ultrassom em álcool etílico para posterior análise em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) TM3030 - Hitachi Analytical TableTop Microscope. Após esse procedimento as amostras foram embutidas, polidas e atacadas com glicerina + água régia, para verificar a microestrutura da raiz do cavaco com um microscópio Óptico Leica DM4000M. Após a análise da microestrutura, foi medida a microdureza na região da zona de fluxo e em torno do plano de cisalhamento primário com o auxílio de um microdurômetro SHIMADZU modelo HMV 2000, carga estática de 2,942N, sendo a distância entre cada indentação 2,5 vezes a largura da marcação realizada em um tempo de 10 segundos. Foram feitas 10 indentações em cada amostra conforme mostra a Fig. (3).

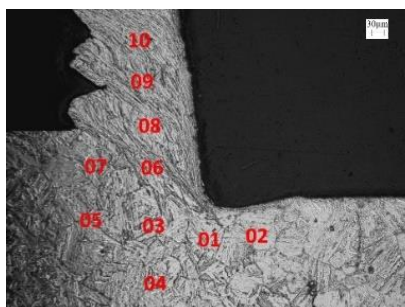


Figura 3. Localização das indentações realizadas na amostra da raiz do cavaco.

A zona de fluxo foi avaliada e medida nas imagens metalográficas das raízes de cavaco. Para medir a zona de fluxo foram adotadas como critério as linhas de deformação dos contornos de grãos, ou seja, a partir do momento em que fosse possível identificar as linhas de deformação, este ponto foi adotado como final da zona de fluxo. Isto se deve ao fato de que na zona de fluxo ocorrem deformações em níveis tão altos que não é possível observar a presença de segunda fase do material, contornos de grãos ou outros detalhes metalográficos. Foi utilizado o microscópio óptico Leica DM4000M acoplado com software de medição para verificar a espessura da zona de fluxo.

2.3. Análise do cavaco

Os cavacos foram coletados durante a realização dos ensaios e fotografados com uma máquina fotográfica SONY Cyber Shot com 12.1 megapixels e um paquímetro marca Mitutoyo. Com as fotos os cavacos foram classificados quanto à forma e foi montada uma tabela comparativa entre os parâmetros de corte utilizados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Análise da raiz do cavaco na interface cavaco-ferramenta

A Figura (4) mostra as imagens da raiz do cavaco obtidas com $v_c = 20$ m/min, sendo que a Fig (4a) e (4b) mostram o MEV da raiz do cavaco com $f = 0,1$ mm; a Fig. (4c) e (4d) mostram a imagem obtida em MEV da raiz do cavaco com $f = 0,2$ mm; a Fig. (4e) mostra a micrografia da seção longitudinal com $f = 0,1$ mm; e a Fig. (4f) mostra a micrografia da seção longitudinal com $f = 0,2$ mm.

Na Figura (4a) e (4c), ou seja, as amostras ensaiadas a 20 m/min, é possível observar que se formou gume postiço na raiz do cavaco durante a usinagem independentemente do avanço utilizado. Isso foi confirmado pela análise química local qualitativa do EDS 1 na Fig. (4b) e EDS 2 na Fig. (4d), de que se trata do material da peça devido aos elementos químicos encontrados. A formação do gume postiço confirma a afirmação de Machado *et al.* (2011) que na usinagem destes materiais em uma faixa de velocidade de corte menor que 40 m/min ocorre a formação de gume postiço. O EDS 1 da Fig. (4b) mostra também a presença de MnS. A inclusão de manganês exerce a tripla função de evitar a formação de sulfeto de ferro, facilitar a fratura do cavaco e lubrificar a região de contato cavaco-ferramenta, além de melhorar a qualidade da superfície usinada (Chagas; Machado, 2015).

O EDS 2 na Fig. (4d) mostra que além dos elementos químicos do próprio material usinado, há presença de alumínio (Al) e titânio (Ti) aderidos no gume postiço, elementos que provavelmente são provenientes do revestimento da ferramenta utilizada nos ensaios. A presença dos elementos do revestimento da ferramenta sugere que houve aderência na zona de cisalhamento secundário.

O gume postiço mostrado na Fig. (4c) apresenta uma dimensão variada ao longo da largura de usinagem. Na lateral esquerda da figura verifica-se que em decorrência das pressões hidrostáticas elevadas na raiz do cavaco, parte do gume postiço é extrudada lateralmente levando a uma largura do cavaco maior que a largura de usinagem. Na região central do gume postiço a sua largura é uniforme, diminuindo na região do raio de quina. A menor magnitude do gume postiço na região do raio de quina é decorrente da menor espessura de usinagem nesta região e consequentemente maior energia específica na formação do cavaco, o que dificulta a formação do gume postiço.

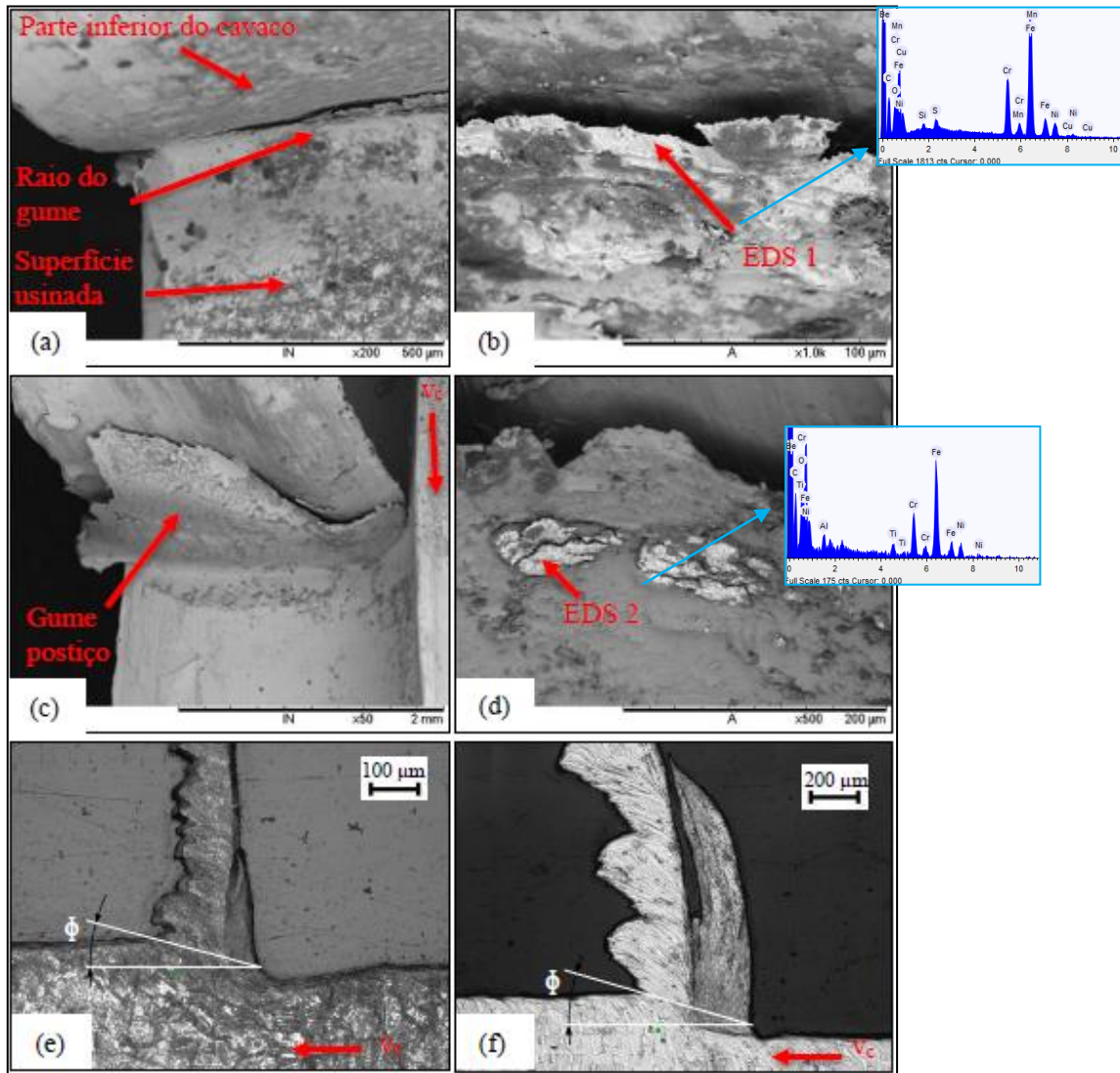


Figura 4. Imagem da raiz do cavaco obtida com $v_c = 20$ m/min, $a_p = 2$ mm; (a) e (b) MEV da raiz do cavaco com $f = 0,1$ mm; (c) e (d) MEV da raiz do cavaco com $f = 0,2$ mm; (e) micrografia da seção longitudinal com $f = 0,1$ mm; (f) micrografia da seção longitudinal com $f = 0,2$ mm.

A altura do gume postiço na Fig. (4e) é de aproximadamente 200 μ m sobre a superfície de saída da ferramenta e atinge uma extensão de aproximadamente 50 μ m sobre o flanco da ferramenta. A micrografia da Fig. (4f) mostra que a altura do gume postiço é de aproximadamente 1000 μ m sobre a superfície de saída da ferramenta e atinge uma extensão de aproximadamente 200 μ m sobre o flanco da ferramenta. Conclui-se que com o aumento do avanço, houve um aumento no gume postiço.

Segundo Metals Handbook (1989) o gume postiço é um problema para a ferramenta pois, quando cisalha e fratura, pequenas partículas de material da ferramenta são removidas com o material anteriormente aderido ou podem aderir à superfície usinada piorando a qualidade da superfície. As partículas cisalhadas do gume postiço que são removidas pela interface gume-flanco influem consideravelmente no desgaste de flanco. Além disso, o gume postiço muda o ângulo de saída, trazendo instabilidades ao processo de formação do cavaco.

A Figura (5) mostra as imagens da raiz do cavaco obtidas com $v_c = 120$ m/min, sendo que as Fig. (5a) e (5b) mostram o MEV da raiz do cavaco com $f = 0,1$ mm; as Fig. (5c) e (5d) mostram o MEV da raiz do cavaco com $f = 0,2$ mm.

mm; a Fig. (5e) mostra a micrografia da seção longitudinal com $f = 0,1$ mm; e a Fig. (5f) mostra a micrografia da seção longitudinal com $f = 0,2$ mm.

De acordo com a Fig. (5), nos ensaios com velocidade de corte de 120 m/min não é mais possível observar a presença do gume postiço na interface cavaco-ferramenta.

Na Figura (5a) e (5b) é possível notar que ocorreu uma deformação na raiz do cavaco na posição da quina da ferramenta proveniente da dinâmica do ensaio com o QSD que não está presente quando o avanço foi maior, Fig. (5d). Foi realizada uma análise química local EDS 3, verificando-se que os elementos foram similares ao EDS 1. Evidenciou-se após a análise que não há substrato da ferramenta de corte exposto, como também não foi encontrada a presença de elementos químicos dos revestimentos dos inserts.

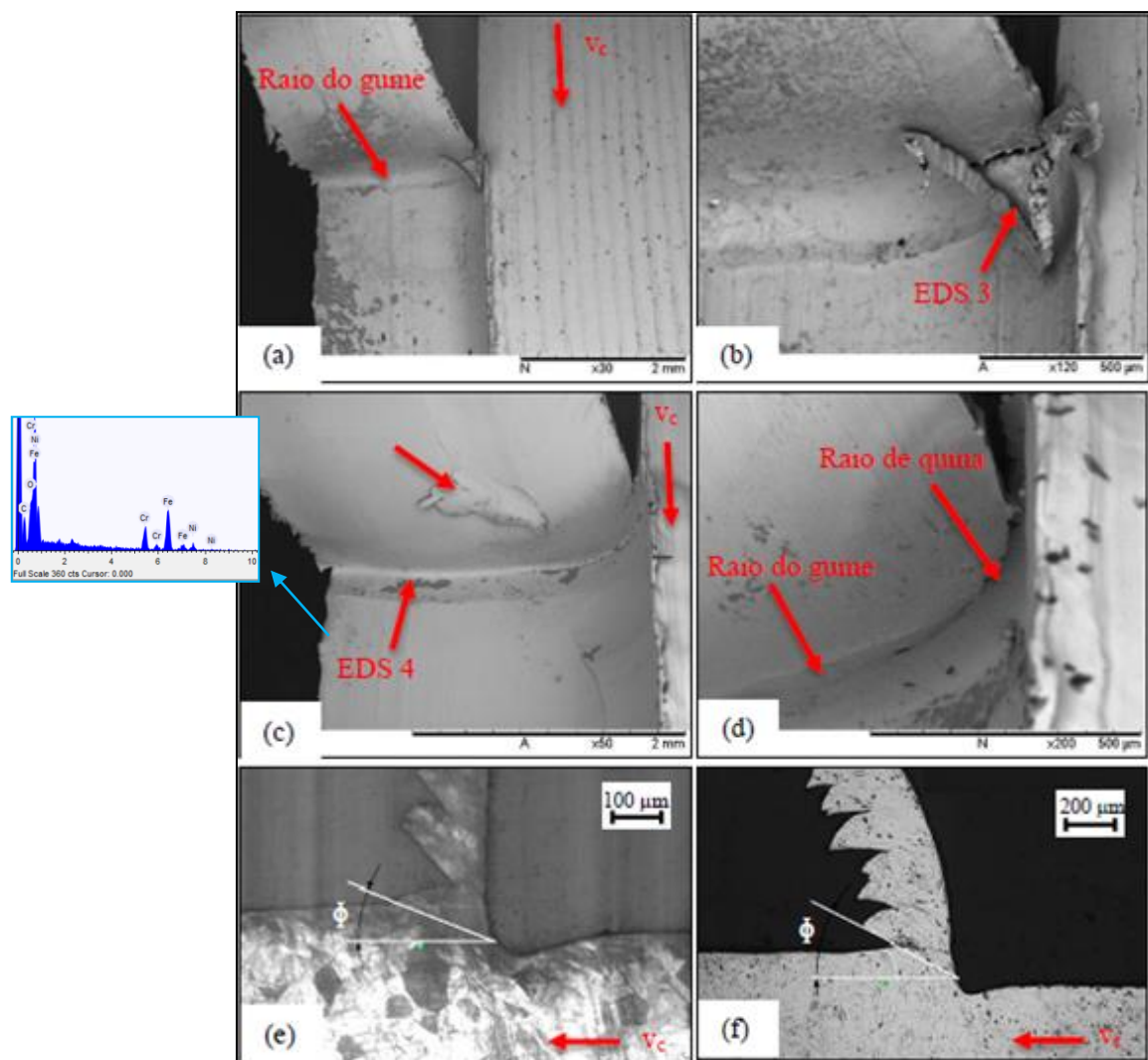


Figura 5. Imagem da raiz do cavaco obtida com $v_c = 120$ m/min, $a_p = 2$ mm; (a) e (b) MEV da raiz do cavaco com $f = 0,1$ mm; (c) e (d) MEV da raiz do cavaco com $f = 0,2$ mm; (e) micrografia da seção longitudinal com $f = 0,1$ mm; (f) micrografia da seção longitudinal com $f = 0,2$ mm.

Na Figura (5c) de acordo com a análise química local EDS 4 realizada na raiz do cavaco na posição do raio de gume, em virtude da alta presença de cromo (elemento presente no revestimento da ferramenta) conclui-se que provavelmente houve aderência do revestimento na peça. Segundo Lucas (2003) essa aderência do revestimento é explicada pela forma de interrupção de corte nos ensaios com QSD, visto que neste procedimento enfrenta-se uma condição de corte transitória, na qual a espessura do cavaco varia do valor máximo (correspondente ao avanço), para um valor mínimo (correspondente à espessura mínima de usinagem). Assim, à medida que a espessura de usinagem diminui o ângulo de saída efetivo diminui também, até se tornar negativo, quando então o material para de escoar e ocorre aderência do material da peça no gume. Ainda na Fig. (5c) verifica-se um pequeno volume de material na parte inferior do cavaco (indicado pela flecha vermelha) sugerindo que foi causada uma deformação proveniente da superfície de saída da ferramenta.

A Figura (6) mostra as imagens da raiz do cavaco obtidas com $v_c = 220$ m/min, sendo que a Fig. (6a) e (6b) mostram o MEV da raiz do cavaco com $f = 0,1$ mm; a Fig. (6c) e (6d) mostram o MEV da raiz do cavaco com $f = 0,2$ mm; a Fig. (6e) mostra a micrografia da seção longitudinal com $f = 0,1$ mm; e a Fig. (6f) mostra a micrografia da seção longitudinal com $f = 0,2$ mm. Pode se ver que as imagens são bem parecidas com as obtidas na velocidade de corte de 120 m/min.

Na Figura 6(d) pode se ver uma aspereza diferente na região do gume de corte, além disso uma análise química local EDS 6 nas partículas aderidas na posição da quina da ferramenta mostra a presença, além dos elementos químicos do próprio material usinado, alumínio (Al), titânio (Ti) e nitrogênio (N), provenientes do revestimento da ferramenta.

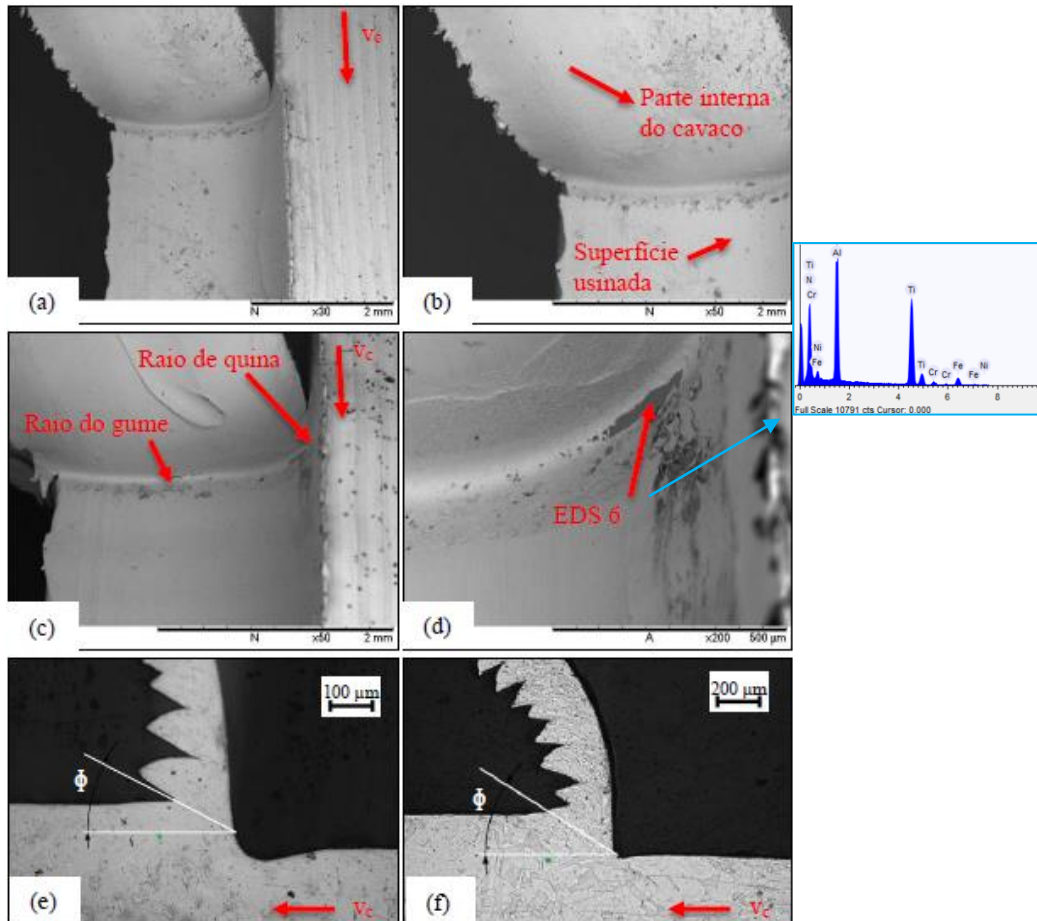


Figura 6. Imagem da raiz do cavaco obtida com $v_c = 220$ m/min, $a_p = 2$ mm; (a) e (b) MEV da raiz do cavaco com $f = 0,1$ mm; (c) e (d) MEV da raiz do cavaco com $f = 0,2$ mm; (e) micrografia da seção longitudinal com $f = 0,1$ mm; (f) micrografia da seção longitudinal com $f = 0,2$ mm.

3.2. Microdureza das raízes de cavaco

A Figura (7) ilustra os resultados obtidos na medição da microdureza com seus respectivos desvios padrões. Os maiores valores encontrados nas medições estão nos pontos próximos da zona de fluxo, o que se deve à grande deformação plástica existente nesta região durante o corte, acarretando no encruamento do material. Quanto maior a velocidade de corte, menor foi a microdureza medida, o que de acordo com Klocke (2011) pode ser atribuído à maior temperatura durante o corte, o que gera uma menor resistência da liga e consequentemente uma menor deformação. Segundo Trent e Wright (2000), quando submetidos a elevadas temperaturas todos os materiais sofrem redução na dureza. De acordo com os resultados obtidos é possível observar que o aumento de dureza ocorre próximo ao plano de cisalhamento e atinge os maiores valores nas regiões próximas a zona de fluxo.

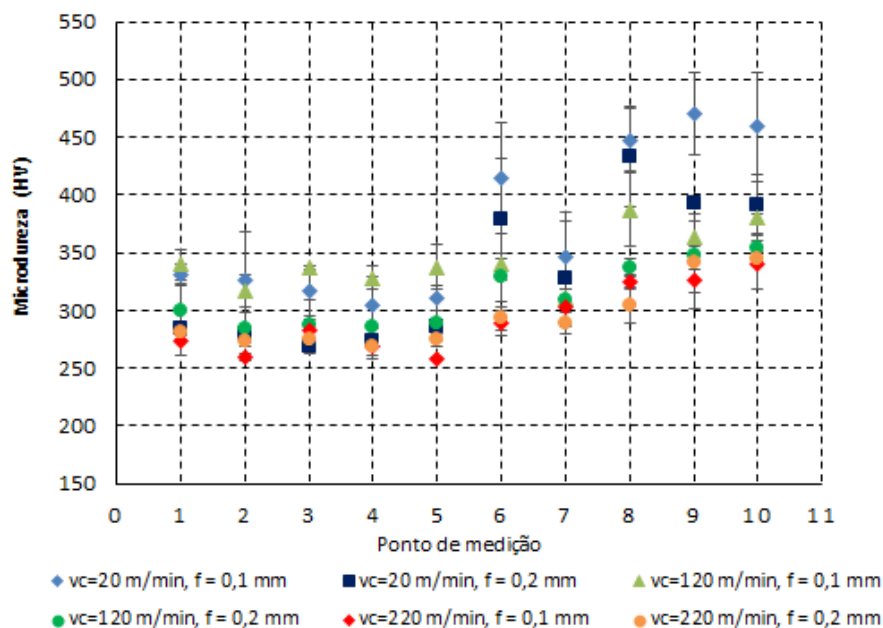
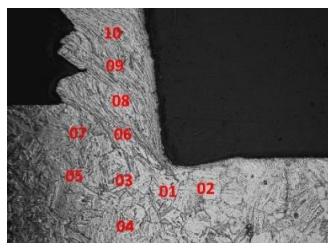


Figura 7. Microdureza em diferentes condições de corte.

3.3. Dimensões da zona de fluxo

A Figura (8) ilustra os resultados obtidos da espessura da zona de fluxo. Fazendo uma análise é possível perceber que há uma grande zona de fluxo na velocidade de corte mais baixa ensaiada (20 m/min), possivelmente devido à presença do gume postiço que modifica as condições da interface cavaco-ferramenta. Com relação à velocidade de corte, à medida que este fator é aumentado, menor é o tempo de contato entre a ferramenta e o material, portanto, menor é o tempo que o cavaco tem para se deformar. Por outro lado, gera-se mais calor, aumentando a temperatura, o que garante maior plasticidade ao material. Essa diminuição da zona de fluxo com o aumento da velocidade de corte está de acordo com os resultados obtidos por Souza (2013), que verificou uma diminuição na zona de fluxo com o aumento da velocidade de corte. O aumento do avanço acarreta um aumento da dimensão da zona de fluxo, resultado que possivelmente ocorre devido ao aumento da força de usinagem e temperatura, que por sua vez acarreta uma maior deformação do cavaco. Esta influência do avanço sobre a zona de fluxo também foi verificada por Ribeiro *et al.* (2011) e Souza (2013).

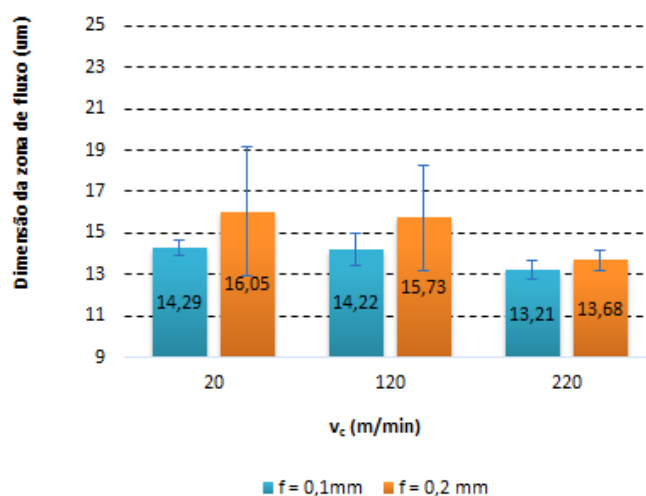


Figura 8. Dimensão da zona de fluxo em relação a velocidade de corte e avanço.

3.4. Análise dos cavacos

De acordo com a Fig. (9) a uma velocidade de 20 m/min o avanço não alterou a forma do cavaco, que se apresentou como cavaco helicoidal tipo arruela longo para ambos os avanços. Para as velocidades de corte de 120 e 220 m/min e avanço de 0,1 mm os cavacos se apresentaram na forma de arco conectado, e para o avanço de 0,2 mm os cavacos se apresentaram na forma de cavaco em arco solto. Essa fragmentação do cavaco com o aumento do avanço está de acordo com os resultados apresentados na literatura (Diniz *et al.*, 2011; Corrêa, 2014). Geralmente, maiores velocidades de corte, menores avanços e menores profundidades de corte favorecem a formação dos cavacos longos (Machado *et al.*, 2011). Tais resultados também são corroborados por Noordin *et al.* (2007), que realizaram o torneamento a seco de um aço inoxidável martensítico variando o avanço e a velocidade de corte e concluíram que a taxa de avanço influencia fortemente a forma do cavaco.

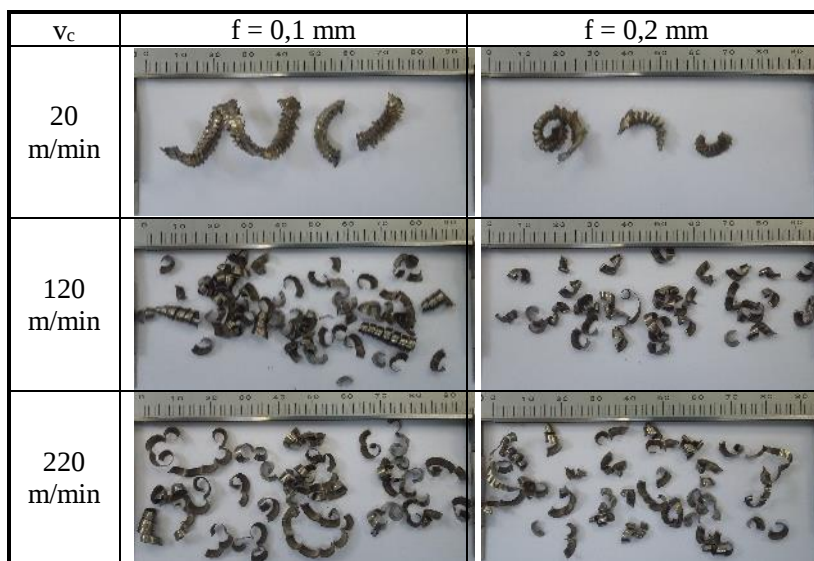


Figura 9. Imagens dos cavacos de acordo com variação da velocidade de corte e do avanço.

4. CONCLUSÕES

Verificou-se durante os ensaios a formação de gume postiço ao usinar o material AISI304 com uma velocidade de corte de 20 m/min.

Com relação à zona de fluxo verificou-se que com o aumento da velocidade de corte ocorre uma diminuição da zona de fluxo, devido ao menor tempo de contato na interface cavaco-ferramenta. Verifica-se uma grande zona de fluxo na velocidade de corte mais baixa ensaiada (20 m/min), possivelmente devido à presença do gume postiço que modifica as condições da interface cavaco-ferramenta. O aumento do avanço acarreta um aumento da dimensão da zona de fluxo, resultado que possivelmente ocorre devido ao aumento da força de usinagem e temperatura.

O aumento da velocidade de corte resultou na diminuição da microdureza na raiz do cavaco. Ocorreu um aumento na microdureza próximo à zona de cisalhamento e foram atingidos os maiores valores nas regiões próximas à zona de fluxo.

Em relação à forma do cavaco, o aumento do avanço se mostrou influente nas velocidades de corte 120 e 220 m/min no qual os cavacos passaram de arco conectado com avanço de 0,1 mm para arco solto com avanço de 0,2mm.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as seguintes instituições: FAPESC, CAPES, LMP – UFSC, pelo suporte técnico e financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- Chagas, G. M. P., Machado, I. F., 2015, “Design Numerical model of machining considering the effect of MnS inclusions in an austenitic stainless steel”, *Procedia CIRP*, Vol. 31, pp. 533 – 538.
- Corrêa, J. G., 2014, “Usinabilidade de aços inoxidáveis martensíticos aplicados na indústria de petróleo”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Diniz, A. E., Marcondes, F. C., Coppini, N. L., 2001, “Tecnologia da Usinagem dos Materiais”, 3 ed., Artliber, São Paulo, pp. 255.

- Klocke, F., 2011, "Manufacturing Processes 1: Cutting", Editora Springer, Londres, pp. 517.
- Korkut, I., Kasap, M., Ciftci, I., Seker, U., 2004, "Determination of optimum cutting parameters during machining of AISI 304 austenitic stainless steel", Journal of Materials and Design, n. 25, pp. 303–305.
- Lucas, E., 2003, "Desenvolvimento de um dispositivo Quick-Stop e sua aplicação no estudo da formação do cavaco na usinagem do ferro fundido nodular ferrítico", Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Machado, Á. R., Abrão, A. M., Coelho, R. T., Silva, M. B., 2011, "Teoria da Usinagem dos Materiais", 2 ed., Editora Edgar Blucher, São Paulo.
- Metals Handbook, 1989, "Machining", Vol. 16, 9 ed., ASM International, USA, pp. 1989.
- Noordin, M. Y., Venkatesh, V. C., Sharif, S., 2007, "Dry turning of tempered martensitic stainless tool steel using coated cermet and coated carbide tools", Journal of Materials Processing Technology, n. 185, pp. 83–90.
- Ribeiro, R. A. M., Gonçalves, R. A.; Machado, Á. R., 2011, "Investigação das Propriedades e Dimensões da Zona de Fluxo na Usinagem de Metais", In: VI COBEF, 2011, Caxias do Sul/RS, Anais do VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, pp. 1-10.
- Silva, A., Mei, P., 2006, "Aços e ligas especiais", 2 ed., Editora Edgar Blucher, São Paulo, pp. 646.
- Souza, M. N., 2013, "Influência das Propriedades Mecânicas das Ligas de Alumínio Usinabilidade – Foco no Grau de Recalque, na Dimensão da Zona de Fluxo e na Microdureza dos cavacos", Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia.
- Trent, E. M., Wright, P. K., 2000, "Metal Cutting", 4 ed., Editora Butterworth-Heinemann, Londres, pp. 464.
- Walker, J. M., 1996, "Handbook of Manufacturing Engineering", Editora Marcel Dekker, New York, pp. 1.133.

7. DIREITOS AUTORAIS

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

ANALYSIS OF THE CHIP FORMATION IN TURNING OF STAINLESS STEEL AISI304 WITH QUICK-STOP DEVICE (QSD)

Jonathan Felipe Camargo, camargojonathan@hotmail.com¹

Janaina Geisler Corrêa, janainageisler@hotmail.com¹

Rolf Bertrand Schroeter, rolf.schroeter@ufsc.br¹

¹UFSC, Federal University of Santa Catarina, Laboratory of Precision Mechanics (LMP), Florianópolis/SC, Brazil

Abstract: *Stainless steels are known to be difficult to machinability, and studies in this area are always required to facilitate processing during machining. Thus, the aim of this study is to investigate the process of chip formation of an austenitic stainless steel AISI304 during turning, through a methodology based on the sudden interruption of cutting, and the observation and analysis of the root of chip. For this, it was employed a device known as Quick-Stop Device (QSD), which allows obtaining the roots of chips within a wide range of cutting conditions. The machine lathe is a Romi-I45 and the cutting carbide tool a 120408 SNMG-MF (1125). The parameters evaluated were v_c (20, 120, 220 m/min) and f (0.1 and 0.2 mm) in dry condition. As a result of the roots of chip samples showed the existence of built edge for cutting speed of 20 m/min. For the speeds of 120 and 220 m/min, has not been verified the formation of built edge. Through the analysis of samples of roots of chips was possible to observe that the microhardness of root of chip has decreased with the increase cutting speed. It was found in addition to the decrease of cutting speed there was an increasing flow area in the face of the tool. Were also evaluated the chip shapes formed, being the predominant form in the conditions tested was connected arc.*

Keywords: *Austenitic Stainless Steel, Chip Formation, QSD.*