

Análise dos fenômenos metalúrgicos ocorridos na raiz do cavaco do aço AISI 1045 aplicando a técnica Quick stop device (QSD)

Analysis of the metallurgical phenomena occurring at the chip root of AISI 1045 steel by applying the Quick stop device (QSD) technique

DOI:10.34117/bjdv8n5-075

Recebimento dos originais: 21/03/2022

Aceitação para publicação: 29/04/2022

Washington silva do Nascimento

Mestre em Engenharia mecânica

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

Endereço: Rua Projetada 02 Quadra C casa 23 conjunto Parque Guanabara - Aurora

E-mail: nasciws.engenharia@gmail.com

Adriana Silva do Nascimento

Mestre em Química Analítica

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão –Campus São Luís – Centro Histórico

Endereço: Rua Afonso Pena, 174 - Centro, São Luís - MA, CEP: 65010-030

E-mail: adriananascimento@ifma.edu.br

Hellen Cristina Pires Souza

Mestre Em Engenharia Mecânica

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão- Campus São Luís - Monte Castelo. São Luís - MA, 65030-005

Endereço: Alameda E, apto 505 Torre Marinha condomínio Brisas Altos do Calhau, Bairro quitandinha, São Luís - MA

E-mail: hellen_pires@hotmail.com

Ana Cristina Ammirati

Mestre em Engenharia Mecânica

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão- Campus São Luís - Monte Castelo. São Luís - MA, CEP: 65030-005

Endereço: Av. dos Holandeses, 215-Ponta da Areia , São Luís -MA

E-mail: cristinaammirati@gmail.com

Antônio Santos Araújo Júnior

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão- Campus São Luís - Monte Castelo. São Luís - MA, 65030-005

Endereço: Ruas Santo Adalberto 09, residencial Granada Forquilha , CEP: 65054-115 São Luís - Maranhão

E-mail: asaraujojr@ifma.edu.br

Mauro Medeiros

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão- Campus São Luís - Monte Castelo.

Endereço: Av. Getúlio Vargas, 04 - Monte Castelo, São Luís - MA, CEP: 65030-005

E-mail: mauro@ifma.edu

RESUMO

Muitos estudos buscam alguma forma de investigar, testar e melhorar as propriedades mecânicas do aço. Ensaio de tração, compressão, impacto, dureza, usinagem, etc., são métodos bastante utilizados para avaliação dessas propriedades. No entanto, a usinagem, um processo de remoção de material que faz uso de uma ferramenta cortante, se tornou o método de investigação de maior relevância a ser usado em comparação aos demais devido sua maior eficiência na coleta de amostras sob forma de cavaco. É importante lembrar que dentro da usinagem existem diversas operações, como: fresamento, aplainamento, furação, porém é o torneamento a principal operação capaz de manter fixo o cavaco junto à peça, uma vez que, este esteja auxiliado por um dispositivo de interrupção súbita de corte denominado, *Quick Stop Device* (QSD). Com intuito de analisar a superfície usinada por meio da rugosidade e investigar também a raiz do cavaco na obtenção de novas fases ou microconstituintes do aço AISI 1045 após a formação do cavaco, utilizando a técnica QSD. Vale lembrar que toda análise está relacionada aos fenômenos ocorridos na raiz do cavaco e na superfície usinada do aço. Para tanto, inicialmente foi desenvolvido um dispositivo de corte uma vez que este tipo de dispositivo não se encontra disponível no mercado. O dispositivo, assim como todos os testes foram realizados no laboratório do Instituto Federal do Maranhão, com o auxílio do torno mecânico convencional sob diferentes condições de corte durante a usinagem. Com intuito de estudar os efeitos de um conjunto de fatores sobre uma variável de resposta, um planejamento fatorial 2^3 foi realizado, tendo como variáveis de entrada, parâmetros de corte: velocidade de corte (VC - m/min), profundidade de corte (ap - mm) e avanço (f - mm/volta). Mediante a análise das amostras observou-se mudanças na superfície usinada e no grau de recalque em função da espessura do cavaco e, também da espessura de corte. Neste caso, utilizou-se o aço A36-SAE 1020 no pré-teste. Foi possível ainda mensurar o ângulo de cisalhamento primário e assim definir maior ou menor esforço que a ferramenta produz durante a usinagem. A rugosidade média (Ra) foi obtida por meio de um rugosímetro. Os resultados desta pesquisa revelaram o surgimento de uma APC – aresta postiça de corte na condição 2 (Vm - 55m/min, f - 0,21mm/volta, ap - 2mm) conforme o planejamento fatorial 2^3 , o grau de recalque que mostrou o menor valor calculado foi para condição 3 e para o maior ângulo de cisalhamento cujo valor é a condição 4 onde a ferramenta de corte obteve menor esforço ao usinar o aço AISI1045. Além disso, foi possível observar o ótimo desenvolvimentodo dispositivo criado para auxiliar este estudo.

Palavras-chave: usinagem, quick – stop, raiz do cavaco, aço aisi1045, planejamento fatorial.

ABSTRACT

Many studies seek some way to investigate, test, and improve the mechanical properties of steel. Tensile, compression, impact, hardness, machining, etc. tests are widely used methods to evaluate these properties. However, machining, a material removal process that makes use of a cutting tool, has become the most relevant investigation method to be

used compared to the others due to its greater efficiency in collecting samples in chip form. It is important to remember that within machining there are several operations, such as milling, planing, and drilling, but turning is the main operation capable of keeping the chip attached to the workpiece, since it is assisted by a sudden cutter stop device called Quick Stop Device (DSD). In order to analyze the machined surface through roughness and also investigate the chip root in obtaining new phases or micro-constituents of AISI 1045 steel after chip formation, using the DSF technique. It is worth remembering that every analysis is related to the phenomena occurring in the chip root and on the machined surface of the steel. For this, a cutting device was initially developed, since this type of device is not available on the market. The device, as well as all the tests were performed in the laboratory of the Federal Institute of Maranhão, with the aid of a conventional lathe under different cutting conditions during machining. In order to study the effects of a set of factors on a response variable, a factorial design 2³ was performed, having as input variables, cutting parameters: cutting speed (V_c - m/min), depth of cut (a_p - mm) and feed (f - mm/turn). Through the analysis of the samples it was observed changes in the machined surface and in the degree of indentation as a function of the chip thickness and also the cutting thickness. In this case, A36-SAE 1020 steel was used in the pre-test. It was also possible to measure the primary shear angle and thus define the greater or lesser effort that the tool produces during machining. The average roughness (R_a) was obtained using a roughness meter. The results of this research revealed the emergence of an APC - positive cutting edge in condition 2 (V_m - 55m/min, f - 0.21mm/turn, a_p - 2mm) according to the factorial planning 2³, the degree of indentation that showed the lowest calculated value was for condition 3 and for the highest shear angle whose value is condition 4 where the cutting tool obtained less effort when machining the AISI1045 steel. Moreover, it was possible to observe the optimal development of the device created to assist this study.

Keywords: machining, quick-stop, chip root, aisi1045 steel, factorial planning.

1 INTRODUÇÃO

Diversos estudos relacionados ao aço permitem investigar fenômenos ocorridos na raiz do cavaco, tais como: mudança de fase, surgimento de APC, presença de martensita ou até mesmo encruamento de grãos que ocorrem na interface cavaco-ferramenta. O cavaco é obtido através da operação de torneamento auxiliado por um dispositivo de corte, o *Quick-Stop Device (QSD)*, um dispositivo que interrompe o corte e preserva a raiz do cavaco presa no eixo de uma peça em rotação no torno mecânico convencional, possibilitando a coleta do material.

Inúmeras pesquisas relacionadas à interface cavaco-ferramenta são realizadas após a interrupção do corte, dentre elas destacam-se: as medições das deformações e monitoramento das temperaturas (ORABY & ALASKARI, 2011), além da investigação do surgimento de martensita.

A melhor forma de investigar o surgimento da martensita é coletando o cavaco durante a usinagem aplicando a técnica de *quick stop device*. Segundo Trent & Wright, (2000), a usinagem é responsável por transformar em cavaco cerca de 10% de toda a produção de metais, representando, aproximadamente 15% do valor dos produtos fabricados nos países industrializados. A presença de um microconstituente, martensita, formado durante o aquecimento do aço, evidencia irregularidades na superfície da peça, e a superfície formada na usinagem torna-se rugosa. Do contrário, ou seja, a não formação da martensita no aço forma uma superfície polida.

Ramesh et al. (2005) realizaram testes também com este tipo de dispositivo, onde diferentes velocidades de corte foram analisadas com o intuito de verificar a influência da temperatura durante o processamento do aço SAE52100 em estudo. Segundo os autores, a temperatura exibe forte influência na velocidade de corte e, durante a utilização das menores velocidades obteve-se, prevalência de deformação plástica. Já a altas velocidades teve predominância da temperatura e o aumento da retenção da austenita, fato que não foi observado a velocidades menores. Ainda, o avanço de corte e a profundidade de corte também influenciam na formação do cavaco, variando a profundidade de corte e o avanço permanecendo constante, o valor do raio de curvatura do cavaco tende a aumentar e dificultar a sua quebra. No entanto, para avanços maiores, a espessura do cavaco aumenta, resultando em um menor raio de curvatura e isso simplifica a quebra. (KARINO, 1998).

Outra pesquisa afirma que na usinagem, as condições de aderência são consideradas inevitáveis devido às altas tensões de compressão e as altas temperaturas entre o cavaco e a ferramenta do material usinado (TRENT & WRIGHT, 2000). Segundo os autores, na usinagem dos metais o contato deve ser analisado de maneira diferente.

Kishawy, et al., (2018) afirmam que fatores como desgaste da ferramenta, alta rugosidade de face e difícil formação de cavacos são extremamente influenciados pela alta temperatura. A rugosidade em uma superfície equipara-se a erros microgeométricos caracterizados como irregularidades inerentes ao processo de corte. Essas ranhuras podem atuar como acúmulo de tensão, facilitando a propagação de trincas e fissuras (MACHADO et al., 2015). Isto mostra que a rugosidade está diretamente ligada aos parâmetros de corte, ao raio de ponta da ferramenta (r_ϵ), ao desgaste da ferramenta, à rigidez do equipamento e à técnica de lubrificação utilizada (DAVIM et al., 2010). Entretanto, a ausência de um dispositivo de corte que permita a regulação de parâmetros de corte dificulta o desenvolvimento de várias pesquisas relacionadas à usinagem do aço.

Esta pesquisa teve por objetivo analisar mudanças de fases que podem ser geradas na interface cavaco ferramenta e a qualidade superficial do aço AISI 1045, utilizando o QSD como técnica de interrupção do corte durante o torneamento. O QSD utilizado para remoção do cavaco foi desenvolvido pelo mestrando Washington Nascimento, aluno do Mestrado em Engenharia Mecânica, no Laboratório de Mecânica do Departamento de Materiais e Mecânica do Instituto Federal do Maranhão - IFMA, cuja finalidade era preservar a raiz do cavaco do aço AISI 1045 junto à peça durante o torneamento.

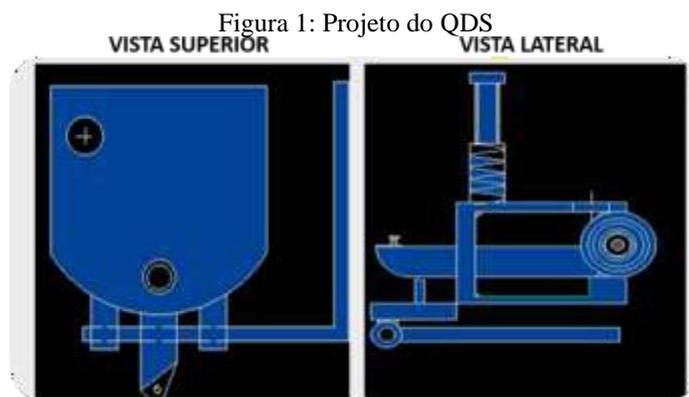
Um planejamento experimental do tipo fatorial 2^3 foi realizado, tendo como variáveis de entrada: a velocidade de corte (V_c -m/min), o avanço de corte (f -mm/volta) e a profundidade de corte (a_p -mm), tanto no aço A36-SAE 1020 quanto no AISI1045. Os cavacos obtidos no processo de torneamento foram levados para o embutimento e em seguida foi revelado por meio da microscopia óptica.

Contudo, foi possível correlacionar o surgimento de APC, a superfície que obteve melhor acabamento superficial na usinagem, a condição que proporcionou o menor esforço da ferramenta de corte por meio do grau de recalque e o ângulo de cisalhamento primário em uma análise qualitativa. Por fim, os resultados do planejamento fatorial foram tratados estatisticamente para provar quais as variáveis de entrada melhor interagiram para que surgisse um melhor acabamento superficial da peça usinada e o não aparecimento de uma APC de forma quantitativa do aço AISI 1045.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa consistiu de 3 etapas fundamentais: a primeira trata-se da fabricação do dispositivo *Quick Stop Device* - QSD; seguido da realização de testes do QSD usando o aço ASTM 1020 como pré-teste e, por fim, a realização dos teste utilizando o aço AISI 1045, objetivo desta pesquisa, com subsequente caracterização e análise superficial da superfície usinada do aço.

Para a fabricação do QSD, primeiramente, desenvolveu-se um projeto por meio de um desenho com auxílio pelo *software* AUTOCAD versão 2020. O resultado está disponível na figura 1, onde é possível observar as vistas superior e lateral do dispositivo de corte.



A etapa seguinte representa a fabricação do QDS. Utilizou-se duas chapas de aço A36-SAE 1020 paralelas, separadas por dois rolamentos 6302ZZ; um eixo de diâmetro 5/8"; dois pedaços de barra quadrada 3/8"x 3/8"; um suporte de vidia (um sistema de mola); uma alavanca de barra redonda de diâmetro 3/8" e uma chapa 3/16. Todas as partes foram montadas, soldadas e pintadas na cor azul. Testes preliminares foram necessários para averiguar de eficiência do dispositivo.

Pré-testes utilizando o aço ASTM 1020

Devido à grande quantidade de peças do aço A36-SAE 1020, disponíveis no laboratório do Departamento de Mecânica e Materiais, do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA, este foi utilizado como material-teste para definição dos parâmetros de corte e eficiência do dispositivo de corte fabricado. O torno foi parametrizado conforme as condições: rotação: 400 - 630rpm; avanço (f): 0,21 - 0,3mm/volta; profundidade: 2-4mm. Entre essas faixas, utilizou-se o planejamento experimental fatorial, 2³, para melhor observar as condições mais adequadas de formação do cavaco. De esta forma, obter o cavaco para análises de caracterização superficial do aço.

Análise de investigação dos fenômenos na raiz do cavaco do aço AISI1045

A análise foi feita desde a obtenção do cavaco utilizando o aço AISI1045, seguida do embutimento em um baquelite. A parte embutida é lixada com lixa de carbeto de silício (grão: 80,100,120,220,400,600,800 e 1200) e atacada por uma reação química a base de nital a 3% e. É feita a secagem com auxílio de secador motor 2.000W e, por fim, analisada com auxílio de um microscópio óptico resolução de 100x onde se pretende verificar na

raiz o surgimento e uma aresta postiça de corte e um microconstituente chamado martensita.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Fabricação do dispositivo Quick Stop Device QSD e princípio de funcionamento

O funcionamento do QSD (figura2) consiste no acionamento de uma alavanca, regulado por uma mola e um espaçador que nivela a altura da ferramenta com o carro ponta de eixo do torno em teste.

Figura 2: Dispositivo *Quick stop device* produzido como dispositivo de corte



Todo processo iniciou-se usinando os aços A36-SAE 1020 (pré-testes) e AISI1045 na forma de tarugo. O tarugo é preso na placa universal do torno, em seguida o torno é parametrizado para as condições de corte, sendo elas: avanço corte a velocidade de corte e profundidade de corte, baseado nos ensaios pré-definidos no planejamento fatorial. Na etapa seguinte é feita a instalação do QSD e o alinhamento do mesmo com o carro ponta de eixo de forma que ao iniciar o corte seja realizado no centro do tarugo. Após o início do corte tomando como espaço percorrido a ser usinado toma-se por medida a metade do espaço como referência e aciona-se o QSD que, por sua vez, manterá preservado o cavaco à peça.

Em se tratado da usinagem do aço A36-SAE 1020, os resultados do pré-testes serão mostrados a seguir.

Pré-testes usando o aço A36-SAE 1020

O pré-teste foi condicionado ao planejamento fatorial experimental 2^3 , para obtenção da rugosidade (variável de resposta) e a fixação do cavaco, conforme pode ser

visto na figura 3. O aço utilizado foi o SAE 1020 que permite avaliar as situações conforme planeamento que define melhor acabamento superficial. Dessa forma, com valores baixos de rugosidade pode-se observar que os testes 1 (vm-35m/min; f-0,2mm/volta; ap - 2mm); 3 condição (vm - 35m/min;f-0,3mm/volta; ap - 2mm) e condição 5 (vm-50m/min; f-0,2mm/volta; ap - 2mm),ou seja, apresenta melhor acabamento superficial.

Figura 3: Ensaios de ajustes com o aço A36-SAE 1020



Desta forma, o pré-teste foi uma etapa importante, pois, por meio dele foi possível identificar possíveis situações ao longo do processo de formação do cavaco em outros tipos de aço.

Análise dos fenômenos metalúrgicos ocorridos na raiz do cavaco do aço AISI 1045 aplicando a técnica quick stop device (QSD)

Planejamento Experimental

O experimento foi realizado com o aço AISI 1045 obedecendo ao planejamento fatorial 2^3 , como pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1: Resultados do planejamento fatorial

ENSAIOS	VARIÁVEIS DE ENTRADA			VARIÁVEL DE RESPOSTA
	Vc (m/min)	f (mm/volta)	ap (mm)	Ra (microns)
1	35	0,2	2	0,448
2	35	0,2	4	1,178
3	35	0,3	2	0,709
4	35	0,3	4	1,895
5	50	0,2	2	0,771
6	50	0,2	4	2,732
7	50	0,3	2	2,472
8	50	0,3	4	1,552

Legenda: Vc - velocidade de corte; f-avanço; ap - profundidade de corte.

A pesquisa com o aço AISI 1045, inicialmente, consistiu na obtenção do cavaco utilizando também o QSD. Durante o torneamento recolheu-se 10g dos fragmentos resultantes da usinagem deste aço (figura 5). A amostra apresentou aspecto granular fino que posteriormente foi acondicionada em fita carbono para análise do MEV (microscopia eletrônica de varredura) com intuito de observar as características peculiares destes fragmentos. O equipamento utilizado foi TM 1000 HITACHI, localizado no laboratório de Análises da Escola de Química/UFRJ, as análises foram realizadas em duplicata. Morfológicamente percebeu-se formação de sulcos e porosidade (figura 4).

Santos, et al., (2015) afirmam que a descrição microestrutural de aços é feita geralmente por meio das técnicas de microscopia óptica e eletrônica de varredura, justamente porque permitem identificar as principais fases e constituintes presentes na amostra

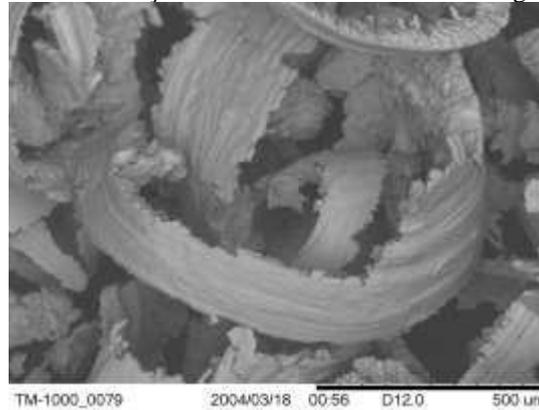
Figura 4: Fragmento do aço AISI 1045



Por meio da imagem de microscopia, na figura 5, observou-se que os fragmentos apresentaram as mesmas características de um cavaco onde apresenta duas superfícies ao qual sofreu alteração devido ao corte, ou seja, a interna, e a externa que não sofreu.

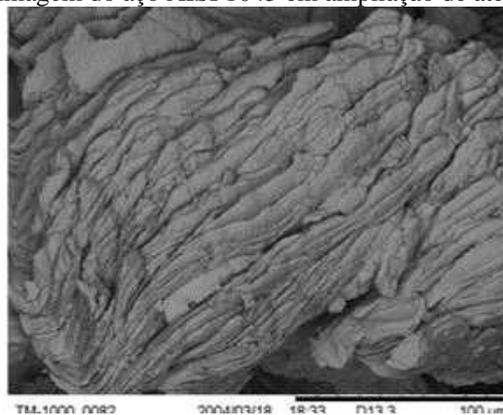
Não foi possível observar na superfície presença de porosidade. A imagem corresponde a um aumento de 500 vezes.

Figura 5: Cavaco do aço AISI 1045 em análise de micrografia -500X



Diante das amostras do cavaco extraído do aço AISI1045 e ao usar técnicas que viabilizam a caracterização do mesmo nos aspectos visuais tem-se como resposta a certeza de obter elementos químicos que compõe o material em estudo. A figura 6 mostra a parte que ficou em contato com o equipamento, ou seja, a parte interna do cavaco. Percebe-se que é característica de aço hipoeutetoide onde apresenta nas suas fases a presença de perlita e ferrita.

Figura 6: Imagem do aço AISI 1045 em ampliação de até 1000 vezes.



A usinagem, realizada com o suporte em eixo de aço com diâmetro de 5/8” e comprimento de 120mm para segurar o corpo de prova a ser cilíndrico de diâmetro interno de 15mm e diâmetro externo de 46mm e comprimento de 50mm em aço AISI 1045, pode ser verificado nas imagens (figura 7):

Figura 7: Ensaio e formação de cavaco em diversas condições utilizando o aço AISI 1045



Vc: 36m/min; f:0,6mm/volta; ap:2mm



Vc: 36m/min; f:0,4mm/volta; ap:4mm



Vc: 36m/min; f:0,6mm/volta; ap:4mm



Vc: 45m/min; f:0,6mm/volta; ap:2mm

Nota-se que o dispositivo tem eficiência na preservação do cavaco e facilidade de extração, após a coleta dos melhores cavacos, estes foram removidos com o auxílio de umarco de serra para posterior embutimento. Esse procedimento é o mais comum entre as amostras coletadas em aços para obtenção de resultados por meio da raiz do cavaco. A figura 8 é possível observar o cavaco após o torneamento.

Figura 8: Cavaco retirado do corpo de prova



Diniz et al., (2008) afirmam que a formação do cavaco nas condições normais de usinagem com a ferramenta de metal duro se processa em uma pequena porção do

material recalçado contra superfície de saída da ferramenta. Em seguida é feito o embutimento, seguido do processo de lixamento, conforme observada na figura 9.

Figura 9: Disposição das amostras embutidas e lixadas



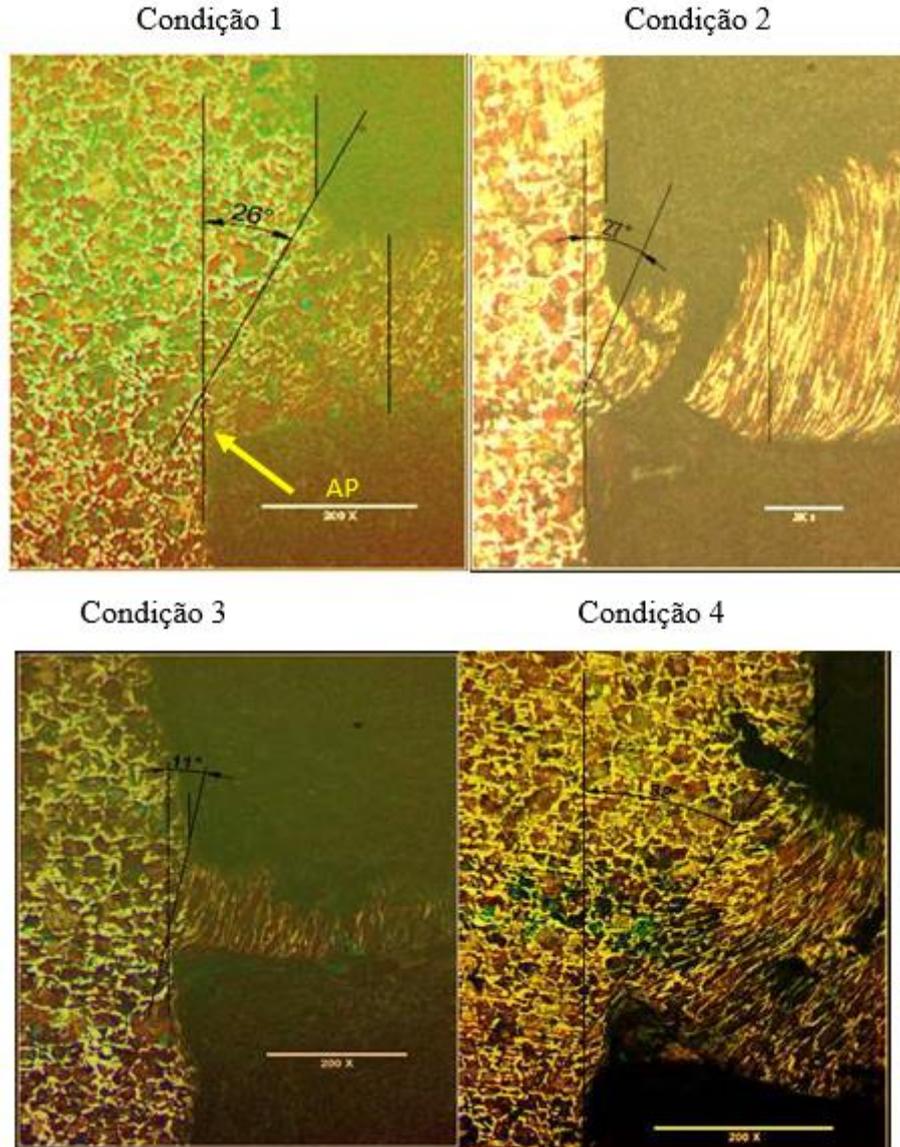
As amostras usinadas, embutimento e polidas foram atacadas com nital a 3%. A solução de nital (90% etanol P.A. + HNO₃ 40%(v/v) permite uma melhor passivação do aço. Trata-se de um tratamento de decapagem química, com melhorias na superfície do metal livrando-o de impurezas (SANTOS, 2002). Em seguida, a amostra é analisada em microscópio para a revelação das fases e fenômenos metalúrgicos do aço AISI 1045, até mesmo o surgimento de APC.

Análise superficial do aço AISI 1045 mediante planejamento fatorial.

Através das análises realizadas em microscópio obteve-se por meio de um *Rugosímetro* valores de rugosidade médias (Ra) das amostras. Estatisticamente, comparou-se as variáveis que influenciaram nas melhores condições de corte. Os resultados seguem uma sequência conforme o planejamento experimental sugerido, assim, vale ressaltar que as análises dispostas assumem valores qualitativos e quantitativos. Dessa maneira, as condições revelam o comportamento do material quando interrompido o corte.

Para a primeira condição, dispõe-se do seguinte planejamento: A velocidade de corte (V_c) = 36 m/min; Rotação (η)= 250RPM; Avanço de corte (f): 0,4mm/volta; Profundidade de corte(a_p): 2mm; Recalque: 2,5; $\Phi = \arctg(\cos x / (R_c - \text{Sen} x)) = 27^\circ$, havendo o surgimento de uma APC aresta postíça de corte, conforme observado na figura 10.

Figura 10 Condições de usinagem



Diante disto, para essa condição 1 entende-se que com o aparecimento de uma APC na superfície usinada não apresentará um bom acabamento superficial e o ângulo de cisalhamento primário ao analisar amostra observa-se que não houve muito esforço da ferramenta durante a usinagem, pois a rotação foi a menor e com o aparecimento da APC foi suficiente para obter o escoamento do cavaco.

Na condição 02 (figura10) - Velocidade de corte (V_c) = 57 m/min; Rotação (η)= 400RPM; Avanço de corte (f): 0,4mm/volta; Profundidade de corte (ap):4mm, Recalque: 4,7; $\Phi = \arctg(\cos\alpha / ((R_c - S \sin\alpha))) = 26^\circ$. Ao comparar as condições 1 e 2, observa-se o grau de recalque foi menor na condição 1, isto por motivo de gerar o maior ângulo de cisalhamento primário e conseqüentemente maior facilidade de escoamento de material durante usinagem e menor esforço da ferramenta.

Analisando as condições 3 e 4 ao observar os valores medidos dos ângulos de cisalhamento primário nota-se que na condição 4 com valor de ângulo 32° nesse momento o grau de recalque foi menor, ou seja, a ferramenta ao realizar o corte gerou maior quantidade de material a ser removido e com maior dificuldade, pois o recalque foi menor. Assim, para condição 3 que obteve menor ângulo de cisalhamento primário realizou maior grau de recalque garantindo menor esforço da ferramenta durante o corte e melhor acabamento superficial.

4 CONCLUSÃO

A avaliação dos fenômenos metalúrgicos ocorridos na raiz do cavaco e a análise superficial da rugosidade após o processo de torneamento, tornou-se relevante na busca de futuros resultados. No entanto, esta avaliação fica condicionada a outras formas de se obter informações sobre alterações microestruturais de um aço através de um dispositivo de interrupção súbita (QSD) quando usinado.

Vale lembrar que esse dispositivo é raro de ser encontrado e desta forma teve-se a necessidade de desenvolvê-lo para que possa preservar o cavaco junto a peça, criando possibilidade de extrair esse material preso no tarugo para futuras análises importantes da raiz do cavaco. Ressalta-se que esse QSD fabricado mostrou eficiência na sua função que é preservar o cavaco na peça. Os resultados esperados mostraram a presença de ferrita e perlita na fase disposta na raiz do cavaco, além disso, em velocidade baixa houve o aparecimento de uma APC aresta postiça de corte.

Contudo observou-se que nas condições de corte que apresentou menor valor de ângulo de cisalhamento e maior grau de recalque produziu maior acabamento superficial e garantiu maior vida útil da ferramenta.

REFERÊNCIAS

ASME B46.1 -2009: Surface texture (surface roughness, waviness, and lay). Disponível em: <https://asme.org/products/codes-standards/b461-2009-surface-texture-surface-roughness> Acessado em: 25/07/2020.

BOGORNI, D. M. Desenvolvimento e validação de dispositivo de parada rápida da usinagem do tipo quick stop. Jaraguá do Sul, SC, 2018. 49p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, CâmpusJaraguá do Sul - Rau. Tecnologia em Fabricação Mecânica.

CHERN, Gwo-lianq. Development of a new and simple quick-stop device for the study on chip formation. *International Journal of Machine Tools and Manufacturing*, [s.l.], v. 45, n. 7-8, p.789-794, jun. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2004.11.013>

DAVIM, J. P. *Machining of Hard Materials*. Springer Science e Business Media, 2011.

DINIZ, A. E.; COPPINI, N. L., MARCONDES, F. C. *Tecnologia da usinagem dos materiais*. 6. ed.. São Paulo: Editora MM, 2008. 262p.

GIANACCINI, T. *O Surgimento do AutoCAD e sua Importância para a Indústria*. 2012. Disponível em: . Acesso em: 18 jan. 2018.

KARINO, K., 1998, "Trouble Shooting for Cutting - Prediction Information to Improve Production Techniques", Mitsubishi Materials, 335 pág.

MACHADO, N. T. B.; DOS PASSOS, M. L. M.; RECCO, A. A. C.; RIANI, J. C. Análise das propriedades mecânicas do aço 1045 nitretado a plasma: com e sem tratamento de revenimento. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, p. 5426-5433, 2014.

NOVAES, F. B.; DE SOUZA, R. A. Análise da formação do cavaco no torneamento do alumínio utilizando câmera de alta velocidade. 2009. Disponível em: <http://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/projeto_de_graduacao_biazi_agrizzi_versao_final_210909.pdf>.

ORABY, S. E. & ALASKARI, A. M., "Atomic Force Microscopy (AFM) Topographical Surface Characterization of Multilayer-Coated and Uncoated Carbide Inserts," *Mech. Mechatronics Eng.*, vol. 4, no. 10, pp. 977–988, 2010

RAMESH, A et al, Analyses of white layers formed in hard turning of AISI 52100 steel. *Materials Science and Engineering A*, n. 390, p. 88-97, 2005.

SANTOS, T. F. A.; TORRES, E.; VILELA, J. M.C.; ANDRADE, M.S.; COTA, A. B. Caracterização microestrutural de aços baixo carbono por microscopia de força atômica. *Rev. Latin Am. Metal. Mat.* 2015; 35 (1): 118-133. pISSN: 0255-6952 | eISSN: 2244-7113

SUYAMA, D. I. Efeito do fresamento com alta velocidade de corte na integridade superficial de aços ferríticos com grãos ultrafinos. [s.l.] Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2010.

TRENT, E. M., WRIGHT, P.K. Metal Cutting. 4 ed. Woburn: Butterworth-Heinemann, 2000, 464 p.

VILELA, Larissa de Barros Machado et al. Efeito da taxa de resfriamento sobre a formação de martensita em um aço inoxidável ferrítico com 11 %Cr e baixos teores de intersticiais. *Matéria* (Rio de Janeiro) [online]. 2019, v. 24, n. 1 [Acessado 11 Abril 2022], e-12280. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1517-707620190001.0617>>. Epub 20 Maio 2019. ISSN 1517-7076. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620190001.0617>.

ZANATTA, A.; O GOMES, J; BARBOSA, C; SOKOLOWSKI, A. INFLUENCE OF CALCIUM TREATMENT ON CHIP FORMATION OF AUSTENITIC STAINLESS STEEL SAE303. Conference Paper · September 2010.