

# DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE ELEMENTOS FINITOS PARA SIMULAR O PROCESSO DE CORTE

Erik da Rosa Rodriguez  
Orientador: Rodrigo Rossi

## Introdução

Diante da vasta utilização do processo de usinagem como forma de fabricação de inúmeros dispositivos, a modelagem deste processo demonstra-se com potencial para sua descrição, visto que é de difícil tratamento analítico perante aos diversos fenômenos físicos não lineares na qual este processo engloba. Devido a busca de maior precisão neste processo, procurar por modelos que descrevam uma melhor aproximação com a realidade mostra-se como uma boa estratégia para engrandecer o fator tecnológico do dispositivo.

Este trabalho trata do estudo da modelagem do processo de corte, um processo multifísico, que tem como objetivo representar os campos de tensão e deformação, assim como, as forças na qual a ferramenta de corte trabalha. Como em tal processo o material está sujeito a altas taxas de deformação foram considerados aspectos fenomenológicos da viscoplasticidade e de dano mecânico. Com isso, foi proposto um modelo em elementos finitos para representar o modelo mais simples possível de corte, com uma ferramenta 2D rígida e um objeto 2D deformável, conforme mostrado na Figura 1, juntamente com os modelos viscoplásticos e de dano mecânico de Johnson-Cook. A análise foi realizada através da simulação computacional pelo software *Abaqus/Explicit*, o qual usa o método de elementos finitos como estratégia de solução do problema.

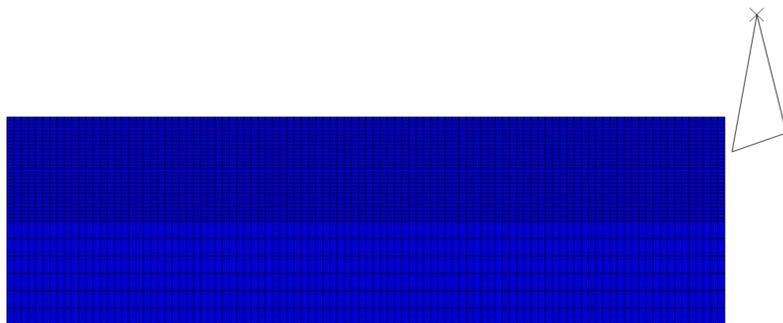


Figura 1 - Modelo construído no Abaqus

## Metodologia

Para a modelagem do corpo foram feitas premissas e idealizações sobre o processo de forma a tornar possível uma simplificação para o estado plano de deformação, podendo então abordar o caso como um objeto 2D deformável e uma ferramenta 2D rígida. Para garantir este tipo especial de condição de deformação, presume-se que a largura do cavaco é muito maior do que de sua espessura não deformada (> 10 vezes). Além disso, a aresta da ferramenta tem de ser mais larga do que a camada removida, a fim de garantir as condições de corte livre.

O comportamento constitutivo para a maioria dos metais muda quando submetidos a altas taxas de deformação. É proposta a utilização do modelo de *Johnson-Cook*. O Abaqus, levando em consideração os efeitos estáticos e da taxa de deformação, para a regra de Johnson-Cook, apresenta este modelo da seguinte forma:

$$\bar{\sigma} = \underbrace{\left[ A + B \left( \bar{\epsilon}^{pl} \right)^n \right]}_{\sigma^0(\bar{\epsilon}^{pl}, \theta)} (1 - \hat{\theta}^m) \underbrace{\left[ 1 + C \ln \left( \frac{\dot{\bar{\epsilon}}^{pl}}{\dot{\epsilon}_0} \right) \right]}_{R(\dot{\bar{\epsilon}}^{pl})} \quad (1)$$

O primeiro termo,  $\sigma^0(\bar{\epsilon}^{pl}, \theta)$ , desta equação representa a parte que não é dependente da taxa, representando a tensão dependendo da temperatura e deformação plástica acumulada. Já o segundo termo,  $R(\dot{\bar{\epsilon}}^{pl})$ , tem a função de acrescentar a informação de taxa à equação.

Da mesma forma que os metais são submetidos a altas taxas de deformação, acontece a degradação interna do mesmo, ou seja, a presença e evolução de microvazios e microfissuras que influem nas propriedades constitutivas, mas sem perder as características contínuas. Desta forma o modelo de Johnson-Cook para dano mecânico, de caráter fenomenológico, absorve a influência dos parâmetros de degradação interna exercem nas propriedades macroscópicas, como mostra a Figura 2. Este modelo propõe que a deformação de fratura é dependente da tensão, da taxa de deformação e também da temperatura, apresentando a seguinte forma:

$$\bar{\epsilon}_D^{pl} = [d_1 + d_2 \exp(-d_3 \eta)] \left[ 1 + d_4 \ln \left( \frac{\dot{\bar{\epsilon}}^{pl}}{\dot{\epsilon}_0} \right) \right] (1 - \hat{\theta}^m) \quad (2)$$

Aonde  $d_1$  a  $d_4$  são as constantes do material,  $\eta = -\frac{p}{q}$  é uma medida da triaxialidade das tensões,  $p$  é a pressão e  $q$  é a tensão de von Mises.

As constantes a serem definidas foram obtidas na literatura, conforme mostrada na Tabela 1, já que para sua determinação se faz necessária uma série de ensaios experimentais.

Tabela 1 – Parâmetros do modelo de *Johnson-Cook* para *Armco Iron*

A (MPa)	B (MPa)	n	C	d1	d2	d3	d4	$\dot{\epsilon}_0$
175	380	0.32	0.060	-2.2	5.43	-0.47	0.016	1

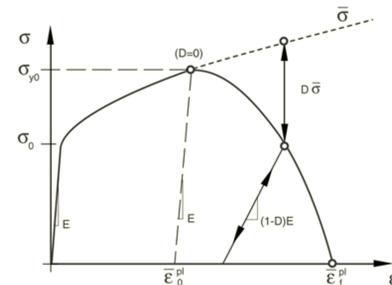


Figura 2 – Relação Tensão x Deformação para um modelo com dano mecânico

## Resultados

A Figura 3 representa o início da formação do cavaco, em uma região não estável pois está próxima da fronteira. Já a Figura 4 representa o cavaco já bem definido, o que garante que as forças na ferramenta sejam mais estáveis do que na Figura 3. Assim foi traçado um gráfico das forças de reação na ferramenta enquanto a mesma avança, conforme mostrado na Figura 5.

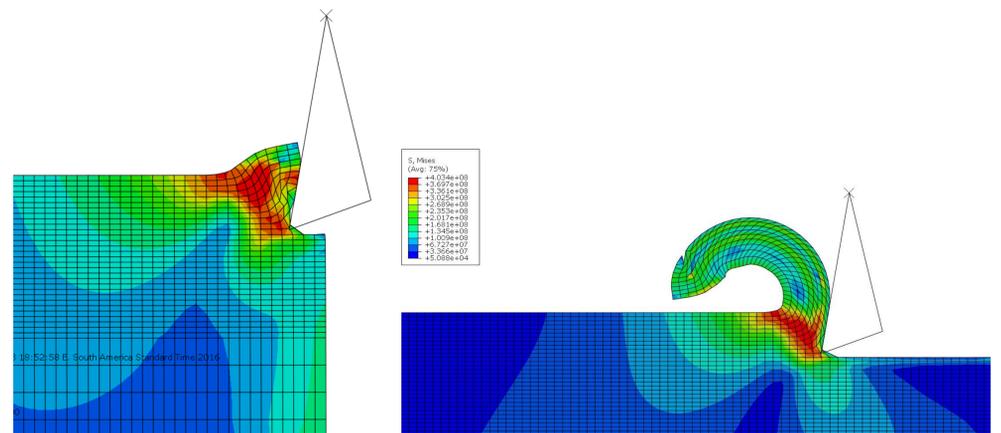


Figura 3 – Início do cavaco

Figura 4 – Cavaco apresentando forma mais estável

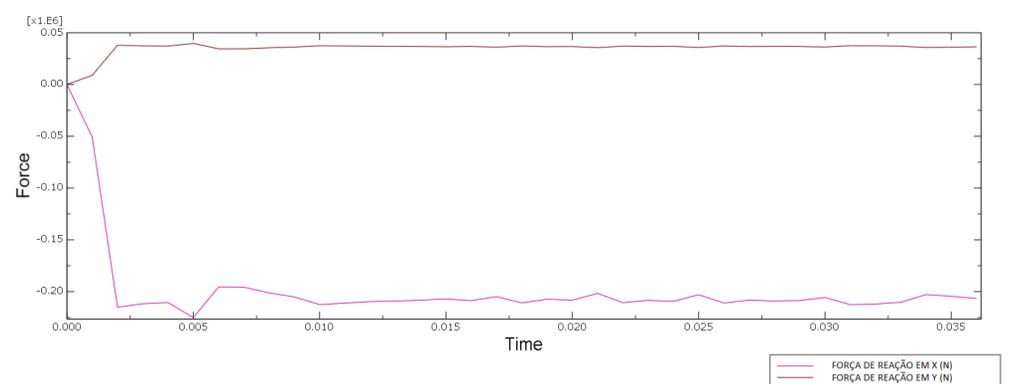


Figura 5 – Forças de reação enquanto a ferramenta avança pelo bloco

Os resultados apresentaram significância de forma qualitativa, seria necessário diversos experimentos para determinar a sua validação de forma quantitativa e assim uma melhor validação deste modelo.

## Bibliografia

- JOHNSON, G.; COOK, J.. Fracture characteristics of three metals subjected to various strains, strain rates, temperatures and pressures, United States, p. 32-39, 1985.
- LEMAITRE, J.; DESMORAT, R.. Engineering Damage Mechanics: Ductile, Creep, Fatigue and Brittle Failures, France, p. 1-3, 2005.
- Abaqus online documentation, version 6.14, 2014.