

Capítulo 4

Procedimento Experimental

4.1. Apresentação

O intuito deste trabalho é de efetuar 25 cortes (passadas) em corpos de prova de ferro fundido, através do fresamento de topo com altíssima velocidade de corte. Nestes 25 ensaios será variada a profundidade de corte do fresamento, conforme apresentado na Tabela 6, de maneira a simular condições de desbaste e acabamento no fresamento:

Tabela 6: Configuração da profundidade de corte conforme o ensaio.

Ensaio	Profundidade de corte (mm)	Tipo da operação simulada
1	0,1	Acabamento
2	0,25	Acabamento
3	0,4	Acabamento
4	0,5	Acabamento
5	0,5	Acabamento
6	0,5	Acabamento
7	0,5	Acabamento
8	0,5	Acabamento

9	0,5	Acabamento
10	0,5	Acabamento
11	0,5	Acabamento
12	0,6	Intermediário
13	0,7	Intermediário
14	0,8	Intermediário
15	0,9	Intermediário
16	1	Desbaste
17	1	Desbaste
18	1	Desbaste
19	1	Desbaste
20	1	Desbaste
21	1	Desbaste
22	2	Desbaste
23	2	Desbaste
24	3	Desbaste
25	3	Desbaste

As repetições de valores de profundidade são estipuladas para acompanhar valores típicos utilizados industrialmente: ensaios com profundidades de corte mais utilizados, tais como 0,5mm, 1 e 2mm podem então ser comparados entre si, e um valor médio pode ser obtido. Idealmente todos as profundidades de corte ensaiadas deveriam ter o mesmo número de repetições, porém devido ao custo elevado destes ensaios, buscou-se uma distribuição de valores estatisticamente mais adequada aos recursos desta pesquisa.

4.2 Corpos de prova

Para realizar os ensaios, foram selecionados três corpos de prova de ferro fundido. Estes corpos de prova foram extraídos de moldes em estado bruto, que posteriormente seriam trabalhados para utilização como moldes para estampagem de carrocerias. A distribuição dos ensaios nos corpos de prova, assim como a estrutura metalográfica e a dureza encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7: Configuração da distribuição dos ensaios nos corpos de prova, característica de sua estrutura metalográfica e sua distribuição de dureza conforme a profundidade (obs.: para a medição da dureza foram utilizados uma esfera HB 2,5 e carga de 187,5kgf).

Número da amostra	Microestrutura	Dureza na superfície (HB)	Dureza abaixo da superfície (HB)	Dureza no núcleo (HB)	Ensaio realizados na amostra
1	Ferro fundido cinzento, com matriz perlítica-ferrítica e formação de grafita tipo D (formação de veios curtos e agrupados), tamanho 6 e 7	150	148	148	1 a 9
2	Ferro fundido cinzento, com matriz predominantemente perlítica com presença de ferrita e formação de grafita tipo 1, disposição A e tamanho 5 e 6	191	164	180	10 a 14
3	Ferro fundido nodular (grafita tipo 6, tamanho 6 e 7), com matriz predominantemente perlítica, presença de ferrita e carbonetos dispersos	211	211	215	15 a 25

Os corpos de prova, para garantir um remoção uniforme de material, um corte plano e um assentamento uniforme sobre o dispositivo de fixação, tiveram sua superfície previamente usinada.

Na Figura 30 pode-se observar a configuração utilizada para fixação dos corpos de prova no dispositivo de fixação. Espera-se desta maneira reduzir vibrações, além de aumentar a rigidez do conjunto dispositivo de fixação/peça durante os cortes de ensaio.

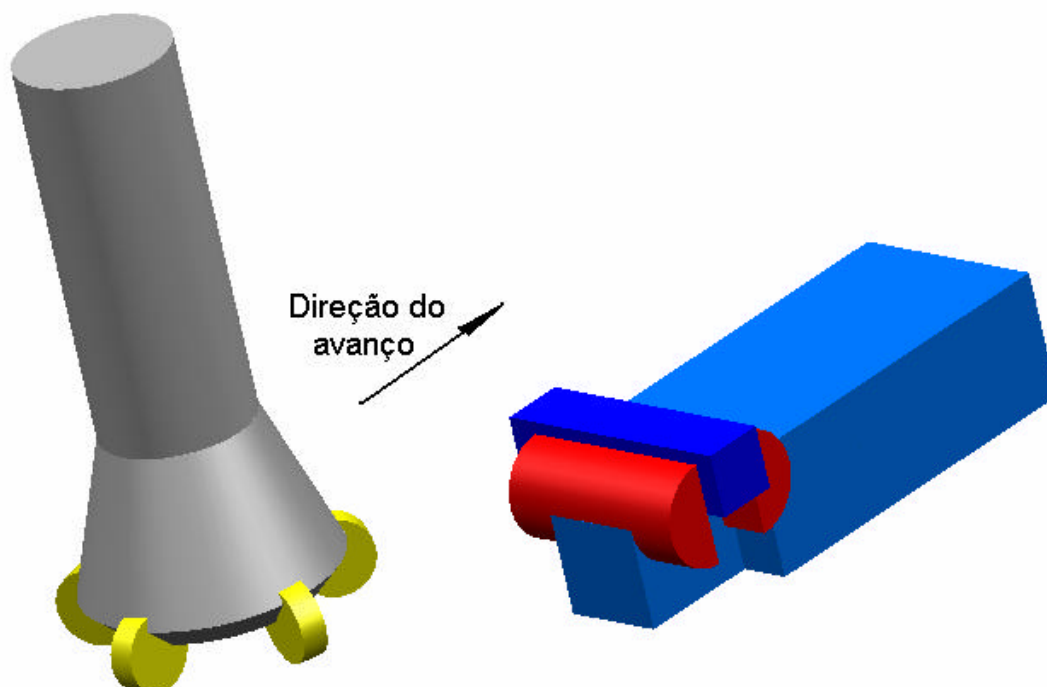


Figura 30: Arranjo da fixação dos corpos de prova.

4.3 Valores analisados e equipamento utilizado

Valores analisados: Após os cortes serem realizados, cada um deles terá os seguintes parâmetros de rugosidade medidos:

- R_a (Rugosidade média)
- R_z
- R_y
- S_m (espaçamento médio entre picos)
- m_4 (momento espectral de quarta ordem)

Os valores acima serão em seguida inseridos em gráficos relacionando o valor médio do índice de rugosidade e a profundidade de corte.

Máquina: Para esta experiência será utilizado um centro de usinagem vertical de três eixo cujos dados encontram-se abaixo:

- Fabricante: Deckel Maho
- Modelo: DMC 63V
- Modelo de CNC: Siemens Sinumerik 840D
- Potência consumida: 12,5 kW
- Faixa de rotação do fuso principal: 0 - 9600 rpm
- Faixa de avanços dos três eixos: 0 - 30000 mm/min
- Tolerância de posicionamento (conforme VDI 3441): 0,015
- Precisão de trabalho: 0,001
- Máximo deslocamento (respectivamente eixos X, Y e Z): 630, 500, 500
- Alojamento para ferramentas no fuso (cone mestre): DIN 40 (DIN 69871)
- Quantidade de ferramentas no magazine: 24

Ferramenta: O conjunto de ferramentas a ser utilizado relaciona-se abaixo:

- Tipo: Fresa de cinco facas
- Cone mestre: DIN 40
- Fabricante do suporte das pastilhas: Depo Frästechnik
- Fixação das pastilhas no suporte: Mecânica, através de parafuso
- Fabricante das pastilhas: Depo Frästechnik
- Material das pastilhas: Metal duro (Carbeto de tungstênio)
- Formato das pastilhas: Redondo, diâmetro 8mm (ISO K)

Parâmetros de corte: Para todos os ensaios, os seguintes parâmetros de corte serão utilizados:

- Rotação da ferramenta: 9600 rpm
- Diâmetro de corte da ferramenta (De): 33,5mm
- Velocidade de corte (Vc): 1000 m/min
- Avanço da ferramenta (f): 30000 mm/min
- Avanço por faca (fd): 6000mm/min

Idealmente, valores maiores deveriam ser utilizados, e com variações entre eles. Entretanto, com o centro de usinagem utilizado, somente utilizando os valores máximos permitidos é que se aproxima da condição de usinagem desejada, ou seja, altíssima velocidade de corte para ferro fundido.

Dispositivo de fixação: Para fixar os corpos de prova à mesa do centro de usinagem será utilizada uma morsa da marca Röhme, de abertura máxima de 300 mm. A fixação da morsa à mesa será através de parafusos e pinos de encaixe no rasgo “T” da mesa da máquina.

Dispositivo de medição: Para medir o perfil de rugosidade da superfície acabada será utilizado um rugosímetro com as seguintes especificações:

- Fabricante: Surfscorder
- Modelo: SE1700 α
- Raio da esfera apalpadora: 2 μ m
- Velocidade de varredura: 0,5 mm/s
- Extensão do filtro λ_c (nível de *cut-off*): 2,5 mm (de acordo com a norma DIN 4768)
- Norma aplicada para registro de dados: JIS94

Meios de pós-análise: Uma vez que o rugosímetro utilizado só é capaz de analisar os valores de R_a , R_z , R_y e S_m , a interpretação do momento espectral de quarta ordem será feita através de uma ferramenta matemática (MatLab versão 5.3 release 11). Para obter os perfis fornecidos pelo rugosímetro e operação da ferramenta matemática será utilizado um PC modelo Pentium III com placa para aquisição de dados. A expressão utilizada para cálculo dos momentos espectrais é a seguinte, conforme o modelo aceito pelo programa:

$$\text{Momento} = \text{mean}(\text{diff}(\text{diff}(\text{tn}/200)))^2 \quad (12)$$

Sendo tn uma matriz dos pontos do perfil de rugosidade fornecido pelo rugosímetro. A razão da divisão por 200 dos elementos da matriz é devido ao ajuste de escala para obtenção das leituras correspondentes às rugosidades fornecidas pelo rugosímetro.

Após a análise dos níveis de rugosidade, os corpos de prova serão seccionados no local do corte para análise de uma possível variação da estrutura metalográfica do ferro fundido.

Para tanto, os corpos de prova terão sua superfície reagida com Nital (10% de concentração) para leitura microscópica de sua metalografia.

O microscópio a ser utilizado tem as seguintes características:

- Fabricante: Olympus
- Modelo: BX60
- Aquisição de imagens via IBM PC
- Software de registro e análise de micrografias: Cool SnapPro
- Fabricante do software: Media Cybernetics