

INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE USINAGEM NA QUALIDADE SUPERFICIAL NO TORNEAMENTO DO FERRO FUNDIDO NODULAR GGG40

NARÚBIA MIRANDA MAGALHÃES^{1*}, RAFAEL VIEIRA NERES², LOURIVAL AUGUSTO JÚNOR. DA SILVA³,

¹ Engenheira mecânica, UNIEVANGÉLICA – Centro Universitário de Anápolis, *narubia.m@hotmail.com;

² Engenheiro mecânico, UNIEVANGÉLICA – Centro Universitário de Anápolis, rafaelvieiraneres@gmail.com;

³ Engenheiro mecânico, UNIEVANGÉLICA – Centro Universitário de Anápolis, ljuniortb@gmail.com.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

Resumo: O ferro fundido nodular é conhecido por suas propriedades mecânicas, como sua boa resistência à tração, ductilidade, elasticidade e resistência ao impacto. No experimento submeteu-se o ferro fundido nodular ao processo de usinagem denominado torneamento, buscando avaliar a melhor seleção dos parâmetros de usinagem, com o intuito de avaliar o acabamento superficial do material e a força de corte exercida durante esse processo. Os resultados mostraram que para um melhor acabamento é necessário o controle do avanço (f) e da velocidade de avanço, por terem se mostrado os parâmetros definitivos na influência da integridade superficial do ferro fundido nodular usinado em um torno mecânico.

PALAVRAS-CHAVE: Ferro fundido nodular GGG40, Torneamento, Integridade superficial, Força de corte.

INFLUENCE OF MACHINING PARAMETERS ON SURFACE QUALITY IN TURNING NODULAR CAST IRON GGG40

Abstract: Nodular cast iron is known for its mechanical properties, such as good tensile strength, ductility, elasticity and impact strength. In the experiment, the nodular cast iron was subject to the machining process called turning, in order to evaluate the best selection of the machining parameters, in order to evaluate the surface finish of the material and the shearing force exerted during this process. The results showed that for better finishing it is necessary to control the advancement (f) and advancement velocity, as the definitive parameters on influence the surface integrity of nodular cast iron machined in a lathe.

KEYWORDS: Nodular cast iron GGG40, Turning, Surface integrity, Shearing force.

1. INTRODUÇÃO

Os ferros fundidos são ligas de aço carbono que contém basicamente a composição de ferro, com o carbono variando entre 2 a 4,5%, com silício de 0,5 a 3%, e manganês variando até 1%. As características que fazem com que o ferro fundido seja tão difundido na indústria, apesar de possuírem qualidades mecânicas inferiores aos aços, são seu baixo ponto de fusão, alta fluidez e menor contração com relação aos aços, e também o seu baixo custo [1].

A usinabilidade do ferro fundido nodular está relacionada à sua microestrutura e aos elementos de liga, sendo a porcentagem de carbono agente determinante na usinabilidade dos ferros fundidos, uma vez que se ela for baixa haverá uma menor porcentagem de veios de grafite e menor indução à fratura dos cavacos produzidos [2, 3].

Este trabalho tem como objetivo avaliar a integridade superficial do ferro fundido nodular usinado no torno, máquina-ferramenta que possui uma gama de aplicações, se difere das demais máquinas-ferramentas pelo fato de trabalhar com a peça em movimento de rotação e com a ferramenta de corte parada se deslocando paralelamente ao eixo da peça, como em caso de um processo de torneamento, ou perpendicularmente como é o caso da operação de facear [6]. A avaliação da integridade superficial será de acordo com a variação de alguns parâmetros de usinagem, e também será analisada a potência consumida e a força de corte exercida durante esse processo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se para este experimento ferro fundido nodular trefilado de 75 mm de comprimento e 30,8 mm de diâmetro, do qual foram retiradas 8 corpos de prova de mesmo tamanho que foram usinados em um torno modelo MS.205 F8 DKU 642 de 7 kW de potência e 100A de corrente máxima, passando pela mesma operação de desbaste – rotação, velocidade de corte, profundidade de corte e avanço de corte – e por acabamentos com parâmetros diferentes, com o intuito de se avaliar a qualidade superficial em cada parâmetro de acabamento. As ferramentas utilizadas foram pastilhas comuns do tipo K TNMG 160404E-M TNMG 331-M Grade T9325 da PRAMET, próprias para usinagem de ferros fundidos.

2.1. MEDIÇÃO DA RUGOSIDADE

A rugosidade de cada corpo de prova foi analisada com a finalidade de avaliar e definir quais dos parâmetros selecionados mais influenciaram nos picos de rugosidade. Para isso utilizou-se um rugosímetro Starresst SR 100, que mediu a rugosidade Ra das amostras em μm (micrometro), após a operação de acabamento dos corpos de prova.

2.2. MEDIÇÃO DA CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica no torno foi medida nas operações de acabamento de cada um dos corpos de prova através de um alicate amperímetro Minipo PEAK HOLD ET-3200A. A corrente elétrica medida foi utilizada para calcular a força de corte da máquina, e com ela, a potência gerada durante a operação em cada corpo de prova.

2.3. CÁLCULO DE POTÊNCIA E FORÇA DE CORTE

O cálculo da força de corte foi possível através da medida da corrente elétrica durante o acabamento de cada amostra, que por sua vez propiciou o cálculo da potência exercida durante o processo de cada amostra.

Com a Equação 1 [7] foi calculada a potência, como Fator de Potência (fp) ficou igual a 0,92, e o rendimento ficou igual a 85% da capacidade da máquina.

$$P_T = \sqrt{3} * V_L * I_L * \eta * fp \quad (1)$$

Onde:

P_T = Potência total, em W;

V_L = Tensão de linha, em V;

I_L = Corrente de linha, em A;

η = Rendimento da máquina, em %;

fp = $\cos\theta$ = Fator de potência.

Após calcular-se a potência total, calculou-se a força de corte em cada amostra, através da Equação 3, que foi desenvolvida através da Equação 2 [6]:

$$P_T = \frac{F_C * V_C}{60^3} \quad (2)$$

Portanto:

$$F_C = \frac{P_T * 60^3}{V_C} \quad (3)$$

Onde:

F_C = Força de corte, em N;

V_C = Velocidade de corte, em m/min.

2.4. OPERAÇÃO DE DESBASTE

Na operação de desbaste dos corpos de prova, foram utilizados os seguintes parâmetros:

Tabela 1: Parâmetros de usinagem utilizados.

Rotação (RPM)	Velocidade de Avanço (mm/min)	Velocidade de corte (m/min)	Profundidade de corte (mm)
800	0,223	170	1

Não foi utilizada refrigeração em nenhuma das amostras durante a operação de desbaste, e a profundidade de corte utilizada corresponde ao raio. Para a redução das vibrações que poderiam surgir durante a operação de desbaste, os corpos de prova foram desbastados individualmente após cortados.

2.5. OPERAÇÃO DE ACABAMENTO

Para a operação de acabamento foram utilizados parâmetros diferentes para cada um dos corpos de prova, para avaliar a variação da qualidade superficial. Os parâmetros utilizados estão indicados na tabela abaixo:

Tabela 2 - Parâmetros utilizados na operação de acabamento

Corpo de Prova	Vc (m/min)	f (mm)	Ap (mm)	n (rpm)	Vf (m/min)
1	170	0,17	0,8	630	107,1
2	170	0,17	1,6	630	107,1
3	170	0,24	0,8	630	151,2
4	170	0,24	1,6	630	151,2
5	200	0,17	0,8	1000	170
6	200	0,17	1,6	1000	170
7	200	0,24	0,8	1000	240
8	200	0,24	1,6	1000	240

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. RUGOSIDADE

Os melhores valores de rugosidade obtidos foram dos corpos de prova 1, 2, 5 e 6, que foram usinados com baixo avanço e baixa velocidade de avanço, parâmetros que se mostraram mais determinantes em sua integridade superficial, mostrado no gráfico da Figura 3. Com avanço e velocidade de avanço mais altos, o acabamento se elevou muito (Tabela 2). Para SOARES et al (2015), que utilizou em seus experimentos o avanço e a velocidade de corte como parâmetros principais, à medida que a velocidade de corte aumenta e o avanço diminui, o acabamento superficial demonstra melhores resultados [8]. Segundo FRANCKLIN (2009), o ferro fundido nodular possui baixa de absorver vibrações, o que pode afetar a superfície do material durante a usinagem [9]. O avanço e a velocidade de avanço elevados podem ter ocasionado vibrações, a ponto de elevar excessivamente a rugosidade dos corpos de prova 3, 4, 7 e 8.

Tabela 3 - Valores de rugosidade obtidos das amostras

Corpo de Prova	Rugosidade (Ra em μm)					Média	Desvio Padrão
1	4,33	3,89	3,75	3,67	3,62	3,85	0,286
2	4,31	4,12	4,01	3,93	4,22	4,12	0,153
3	9,61	9,91	9,81	9,21	9,76	9,66	0,273
4	9,71	9,73	10,06	9,95	9,84	9,86	0,148
5	3,83	3,74	3,41	3,76	3,67	3,68	0,162
6	4,12	4,06	3,93	3,94	3,98	4,01	0,081
7	10,15	10,29	10,27	10,42	10,39	10,30	0,107
8	12,92	13,16	12,81	12,61	12,77	12,85	0,204

3.2. CORRENTE OBTIDA E CÁLCULOS DE POTÊNCIA E FORÇA DE CORTE

3.2.1. CORRENTE OBTIDA

No desbaste, a corrente obtida foi de 6A sem carga, e de 6,4A durante a operação. No acabamento com 630 RPM a corrente sem carga ficou igual a 3,2A e 3,9A em 1000 RPM. Durante os processos dos 8 corpos de prova, as correntes obtidas foram:

Tabela 4 - Valores de corrente obtidos para cada amostra

Corpo de Prova	1	2	3	4	5	6	7	8
Corrente (A)	3,5	3,9	3,6	4,1	3,8	4,5	4,2	5,2

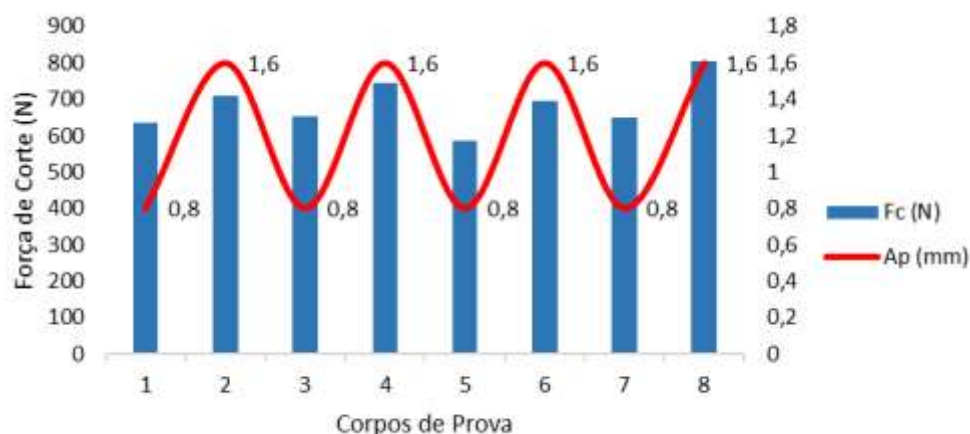
3.2.2. POTÊNCIA E FORÇA DE CORTE

Os menores valores de potência foram obtidos nos corpos de prova 1, 3 e 5, devido à baixa profundidade de corte e velocidade de avanço. O maior valor de potência obtida foi a potência do corpo de prova 8, que possui os valores mais altos em todos os parâmetros.

Tabela 5 - Valores de potência calculados

Corpo de Prova	1	2	3	4	5	6	7	8
Potência (KW)	1,801	2,007	1,852	2,110	1,955	2,316	2,161	2,676

O maior valor da força de corte foi o valor calculado do corpo de prova 8, devido a possuir os maiores valores em todos os parâmetros (Tabela 4). O menor valor de força de corte foi observado no corpo de prova 5, com alta rotação e velocidade de corte, e baixo avanço e profundidade de corte, conforme mostra o gráfico da Figura 4. Nos resultados obtidos por SOARES et al (2015), a força de corte diminuiu à medida que a velocidade de corte aumentava [8]. Para TELES (2007), a força de corte é altamente afetada por vibrações durante a usinagem. O presente trabalho observou que, não só a velocidade de corte tem influência no aumento da força de corte, mas também a profundidade de corte elevada, combinada a um elevado avanço e uma elevada velocidade de avanço também elevam as forças de usinagem [10].

Figura 1 - Gráfico Força de Corte (Fc) x Profundidade de Corte (Ap) (Microsoft Excel 2013)**Tabela 6 - Valores calculados de força de corte para cada amostra**

Corpo de Prova	1	2	3	4	5	6	7	8
Força de Corte (N)	635,8	708,4	653,9	744,7	585,7	694,8	648,8	802,9

4. CONCLUSÃO

Concluiu-se com os experimentos que, quanto ao acabamento superficial da peça, os parâmetros de avanço e velocidade de avanço devem ser reduzidos, pois com altos valores a rugosidade se mostrou elevada. No caso da potência consumida pela máquina, a profundidade de corte e velocidade de avanço nos corpos de prova usinados com esses parâmetros mais elevados, elevaram a potência.

No cálculo das forças de corte observou-se que a combinação do aumento da profundidade de corte, o aumento da velocidade de avanço e o aumento da velocidade de corte foram determinantes no aumento das forças de corte.

Como o principal objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade superficial das amostras de ferro fundido nodular GGG40, e então definir quais os melhores parâmetros para uma boa qualidade superficial, sugere-se que ao se usinar esse tipo de material, utilize-se um avanço e velocidade de avanço menores. Para o controle da potência e da força de corte, também é importante o controle da profundidade de corte, e em ambos os resultados, a escolha dos parâmetros sendo feita a fim de reduzir as vibrações no material demonstrou-se de suma importância no processo.

7. REFERÊNCIAS

- [1] DE PARIS, A. Tecnologia da soldagem de ferros fundidos. – Santa Maria: Ed. UFSM, 2003. 142 p.: il.
- [2] SANTOS, S. C. Aspectos tribológicos da usinagem dos materiais. – São Paulo: Artliber
- [3] MACHADO, A. R. ... [et al.]. Teoria da usinagem dos materiais. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2011.
- [4] CHIAVERINI, V. Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos. 7.ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2008.
- [5] COLPAERT, H. Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns; revisão técnica André Luiz V. da Costa e Silva. 4 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.
- [6] CURSO DE TORNO MECÂNICO. Curso de torno mecânico. Disponível em: <http://www.cursosonline.sp.com.br/product_downloads/m/curso_torno_mec_nico__93498.pdf>. Acesso em: 9 de Junho de 2016.
- [7] KOSOW, I. L. 1919 – Máquinas elétricas e transformadores. Porto Alegre: Globo, 1982.
- [8] SOARES, C. L.; RUBIO, J. C. C. Torneamento do ferro fundido nodular GGG40: estudo sobre a influência de variáveis essenciais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 5. 2015, Ponta Grossa. *Anais...* Ponta Grossa: Associação Paranaense de Engenharia de Produção, 2015. p. 12.
- [9] FRANCKLIN, A. R. Um breve estudo sobre ferro fundido nodular. Rio de Janeiro: 2009. 30 p.
- [10] TELES, J. M. Torneamento de ferro fundido nodular ferritizado com nióbio utilizando ferramentas de metal duro. Itajubá, (MG): [s.n.], 2007. 106 p.: il.
- [11] TREVELIN, R. Influência dos parâmetros do processo de fresamento sobre a integridade superficial e forças de corte do aço AISI H13 endurecido. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado) Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo. 2011.