

USINABILIDADE DE FERROS FUNDIDOS AUSTEMPERADOS E NODULAR PERLÍTICO SEGUNDO ESFORÇOS DE USINAGEM

Patrícia Alves Barbosa, patricia026_eng@hotmail.com¹

Wilson Luiz Guesser, wguesser@tupy.com.br²

José R. Gamarra, jose.garmarra@sandvik.com³

Éder Silva Costa, eder@div.cefetmg.br¹

Álison Rocha Machado, alisonm@mecanica.ufu.br¹

¹ Faculdade de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica, CEP 38408-902

² Tupy S.A., Joinville/SC – Brasil, CEP: 89206-900 e FEJ/ UDESC, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campus Universitário Prof. Avelino Marcante, CEP 89223-100

³ Sandvik do Brasil S.A., São Paulo/SP – Brasil, CEP 04795-914

Resumo: O ferro fundido austemperado (ADI) é um ferro fundido nodular tratado termicamente e tem sido considerado recentemente como um importante material de engenharia, devido às suas propriedades mecânicas melhoradas. Entretanto, intensas pesquisas sobre a usinabilidade dos ADIs têm sido desenvolvidas, devido a uma maior dificuldade de usinagem destes materiais, quando comparado com o ferro fundido nodular convencional e aços de resistência similar. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi comparar a usinabilidade, no processo de furação, de três materiais: o ferro fundido nodular perlítico bruto-de-fundição (FE 70003) e duas classes de ferros fundidos austemperados com diferentes temperaturas e tempos de austenitização, o ISO 1.050-6 e o ISO 800-10. Foram utilizados como critérios de usinabilidade os esforços de usinagem referentes à força de avanço (F_z) e torque (M_z). Os testes de furação foram executados segundo um planejamento fatorial 2^4 , variando-se a as condições de corte (V_c e f), tipo de aplicação de fluido de corte (jorro e MQF) e o material. Os resultados mostraram que o ADI da classe ISO 800-10 (207 HB) apresentou melhor usinabilidade. O ferro fundido nodular FE 70003 (263 HB) e o ferro fundido austemperado da classe ISO 1.050-6 (288 HB) se mostraram materiais de difícil usinagem, apresentando resultados de F_z semelhantes, todavia, o ADI ISO 1.050-6 mostrou maiores valores de M_z , sendo considerado o material com a menor usinabilidade. Conclui-se que a dificuldade na usinagem dos ferros fundidos estudados estava diretamente relacionada com os diferentes tratamentos térmicos em que estes materiais foram submetidos, conferindo diferentes microestruturas, que por sua vez promoveram as alterações nos valores de dureza.

Palavras-chave: usinabilidade, esforços de usinagem, furação, ferro fundido austemperado, ferro fundido nodular perlítico.

1. INTRODUÇÃO

Na indústria, o aumento na demanda pela busca de novos materiais está relacionado com o custo e a eficiência, medida pela relação “resistência/peso”. No esforço de alcançar estas exigências empregam-se novos materiais com resistência similar, mas com baixa densidade ou aumenta-se a resistência de materiais tradicionais através da adição de elementos de liga ou por tratamento térmico. A escolha depende de parâmetros tais como carregamentos mecânico e térmico ou condições de contorno como custos de manufatura, reciclagem, aceitação do público e usinabilidade (Klocke et al, 2007). Nesta lista englobam-se os ferros fundidos que quase sempre oferecem boa usinabilidade e baixo custo de produção.

A história do ferro fundido dúctil, também conhecido como nodular, tem sido influenciada por um número de desenvolvimentos técnicos que tem resultado nas novas oportunidades de negócios para as indústrias de fundição (Weingaertner et al., 1997; Labrecque e Gagné, 1998). Estes possuem boa fundibilidade, capacidade de amortecimento e propriedades mecânicas (ductilidade, tenacidade e resistência) e usinabilidade apropriada. Devido a estas vantagens têm sido utilizados em muitas aplicações estruturais. Cames, virabrequins, carcaça de bombas, válvulas e articulações de direção são exemplos importantes da utilização de ferro fundido nodular em veículos (Toktas et al, 2006).

O ferro nodular austemperado (ADI) é um ferro fundido nodular tratado termicamente, que surgiu recentemente como um importante material de engenharia, devido às suas propriedades atrativas tais como boa ductilidade,

tenacidade e alta resistência mecânica, ao desgaste e à fadiga. Por estas propriedades atrativas, o ADI é agora usado extensivamente em muitas aplicações estruturais na indústria automotiva, bélica, maquinários agrícolas entre outras (Lussoli, 2003).

Comparado com o ferro fundido nodular e com aços de resistência similar, o ADI apresenta uma maior dificuldade de usinagem que se relaciona, em parte, com a dureza da ausferrita, e esta dureza é influenciada pela temperatura de austêmpera em que o material é submetido, como mostram estudos desenvolvidos por Erdogan et al. (2006) e Da Silva et al. (2007). Uma alternativa de tratamento térmico é efetuar austenitização parcial, de modo que a microestrutura final consista em ausferrita e ferrita prévia, o que permite então mudar a usinabilidade destes materiais (Lussoli, 2003). Outro fator que reduz a usinabilidade desse material é atribuído à austenita retida que pode se transformar em martensita durante o processo (Seah e Sharma, 1994). Devido a estes motivos têm-se intensificado pesquisas sobre a usinabilidade do ADI.

Na indústria de manufatura a grande maioria das peças apresenta pelo menos um furo, podendo ser estimado que de todos os processos convencionais, cerca de 25% em tempo de usinagem e 33% em número de operações estão relacionados com o processo de furação (Santos, 2002), tornando-o um dos mais importantes no setor de usinagem. Sabendo-se que uma das aplicações dos ferros fundidos nodulares está voltada para a indústria automobilística na fabricação de virabrequins (Toktas et al, 2006), e estudos desenvolvidos por Neri e Carreño (2003) mostraram que a elevada microdureza e regiões de concentração de perlitas finas nestas peças automotivas dificultavam a usinagem dos canais de lubrificação, ocasionando a quebra das brocas em serviço. Deste modo, pesquisas sobre a usinabilidade destes materiais e principalmente dos ferros fundidos austemperados, os quais vêm em substituição aos nodulares, no processo de furação, são de fundamental importância para o setor.

Para a investigação sobre a usinabilidade no processo de furação o conhecimento das forças atuantes é de fundamental importância, pois estas afetam a potência de corte, a capacidade de obtenção de tolerâncias apertadas, além da temperatura de corte e o desgaste da ferramenta (Diniz et al., 2002). Uma broca, durante o corte, é basicamente submetida a esforços de torção, devido à rotação, e a esforços de compressão pelo movimento de avanço. Assim, o estudo da usinagem baseado apenas na força de avanço e no torque desenvolvidos durante a usinagem oferece informações importantes para todos os envolvidos com a furação deste material.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi comparar a usinabilidade, no processo de furação, de três materiais: o ferro fundido nodular perlítico bruto-de-fundição (FE 70003) e duas classes de ferros fundidos austemperados com diferentes temperaturas e tempos de austenitização, o ISO 1.050-6 e o ISO 800-10, sendo o primeiro constituído por matriz ausferrítica, enquanto o segundo apresenta ferrita e ausferrita. Foram utilizados como critérios de usinabilidade os esforços de usinagem referentes à força de avanço (F_z) e torque (M_z). Os testes de furação foram executados, variando-se a velocidade de corte (V_c), o avanço (f), o tipo de aplicação de fluido de corte (jorro e MQF) e o material.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os testes de furação foram realizados segundo um planejamento fatorial 2^4 , consistindo em duas variáveis quantitativas, velocidade de corte (V_c) e avanço (f), e duas variáveis qualitativas, material e tipo de aplicação de fluido. A Tabela (1) apresenta os fatores, que foram variados em dois níveis.

Tabela 1. Variáveis de entrada à dois níveis.

Variável	Nível (-1)	Nível(+1)
V_c [m/min]	110	140
f [mm/volta]	0,15	0,25
Material	ADI II/DI	ADI I/DI
Fluido de Corte	Jorro (982 l/h)	MQF (50 ml/h)

Foram usinados furos passantes com um percurso de avanço (comprimento de penetração) (L_f) de 35 mm, realizados no Centro de Usinagem CNC Discovery 760 Romi, com 15 KVA de potência total instalada e rotação máxima no eixo-árvore de 10000 rpm.

O monitoramento da força de avanço (F_z) e do torque (M_z) foi executado simultaneamente durante a execução dos furos passantes, por meio de um dinamômetro rotativo modelo 9123C e condicionador de sinais 5223B da marca Kistler e software processador sinais Labview[®] da National Instrument. A Figura (1) mostra o esquema de montagem do equipamento utilizado para as medições das variáveis de saída.

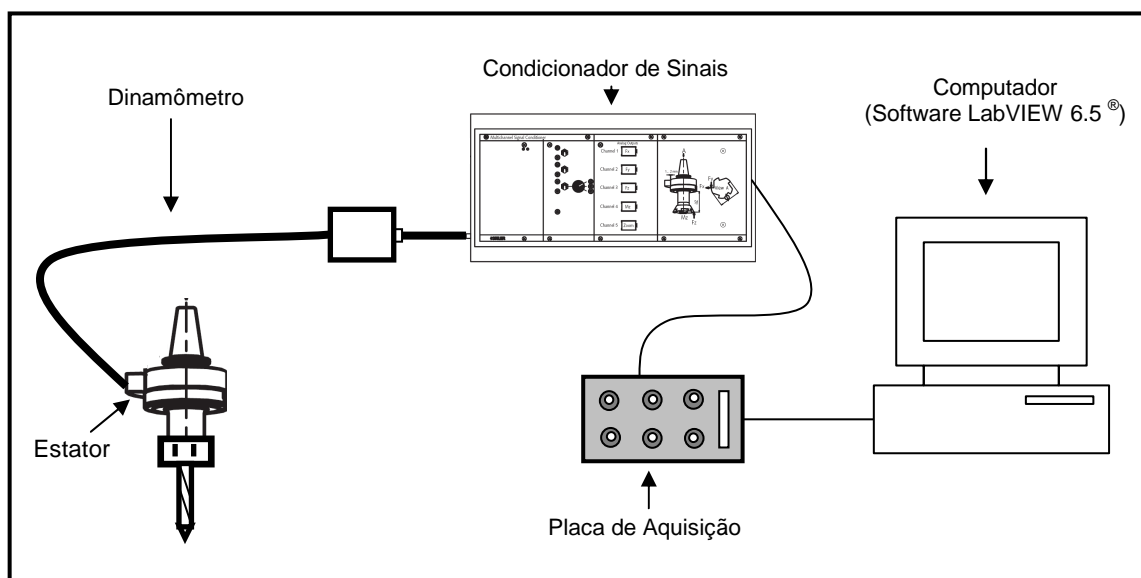


Figura 1. Diagrama esquemático para monitoramento dos sinais de força de avanço e torque.

2.1. Material de Trabalho e Ferramenta

Os ferros fundidos, ligados ao Cu e ao Mo, utilizados no trabalho receberam a seguinte denominação:

- DI (FE 70003): Ferro Fundido Nodular Perlítico bruto-de-fundição;
- ADI I (ISO 1.050-6): Ferro Fundido Nodular Perlítico austenitizado a 900°C por 2h e austemperado a 360°C por 2h. Austenitização plena, seguida de austêmpera;
- ADI II (ISO 800-10): Ferro Fundido Nodular Perlítico austenitizado dentro da zona crítica (austenitizado a 780°C por 5h e austemperado a 360°C por 2h). Austenitização parcial, seguida de austêmpera.

Empregou-se a mesma temperatura de austêmpera (360°C), de modo que a ausferrita presente nos nodulares austemperados apresentasse propriedades similares.

A Tabela (2) informa a composição química do ferro fundido nodular utilizado. Mo e Cu são empregados como elementos de liga para fornecer temperabilidade.

Tabela 2. Composição Química do Ferro Fundido Nodular Perlítico (FE 70003).

C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Cu %	Mo %	Mg %
3,6	2,5	0,25	0,05	0,015	0,06	0,46	0,23	0,04-0,05

Estes materiais foram fornecidos pela Tupy S.A., em barras cilíndricas com 104 mm de diâmetro. Foi necessária uma preparação dos corpos de prova, sendo estes cortados e faceados de forma a manter uma espessura padronizada de 30 mm e um menor erro de paralelismo para se adequarem ao suporte confeccionado para a realização dos testes permitindo a execução de furos passantes, e evitar efeitos de escorregamento da broca durante o início da furação. A Tabela (3) apresenta a composição microestrutural e a dureza dos três materiais estudados e a Fig. (2) mostra respectivas suas micrografias.

Tabela 3. Microestrutura e dureza Brinell.

Material	Microestrutura	Dureza Brinell (HB 5/750)
DI – FE 70003	Perlita com ~ 4% de ferrita	263
ADI I – ISO 1.050-6	Ausferrita	288
ADI II – ISO 800-10	Ausferrita com ferrita e resíduos de perlita esferoidizada	207

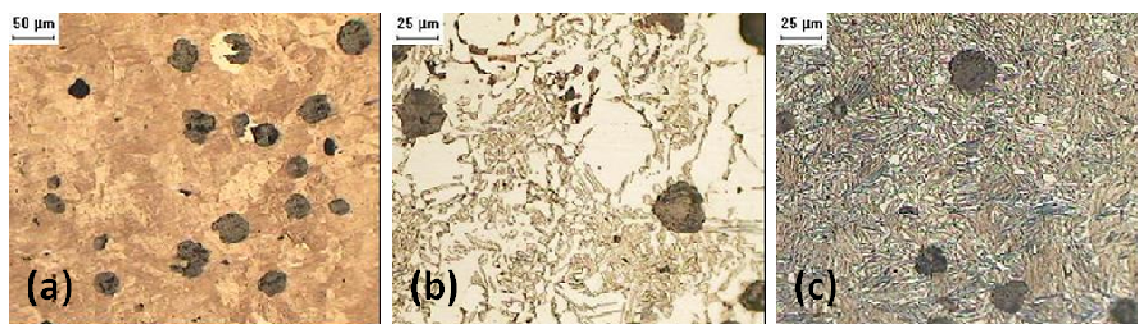


Figura 2. Microestruturas dos materiais testados: (a) ferro nodular perlítico bruto-de-fundição (FE 70003), com matriz perlítica; (b) ADI classe 800-10, com ausferrita e ferrita; (c) ADI classe 1050-6, com matriz ausferrítica.

A ferramenta de corte utilizada, mantida como uma constante, foi uma broca helicoidal CoroDrill® Delta C-840, de metal duro da classe K20, com revestimento multicamadas TiN/TiAlN e com diâmetro de 10 mm, fabricada pela Sandvik Coromant.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos serão apresentados e discutidos a seguir com base em tabelas e gráficos comparativos, além de métodos estatísticos utilizados com o intuito de demonstrar a comparação da usinabilidade entre os materiais e quais os efeitos das variáveis significativas nas respostas dos testes avaliados.

A Tabela (4) apresenta os resultados médios de F_z e M_z monitorados durante o ciclo de furação dos corpos de prova.

Tabela 4. Resultados médios de F_z e M_z .

Material	V_c [m/min]	f [mm/volta]	Fluido de Corte	F_z [N]	M_z [N x m]
DI	110	0,15	Jorro	1734	4,83
DI	140	0,15	Jorro	1896	5,69
DI	110	0,25	Jorro	2573	7,17
DI	140	0,25	Jorro	2498	7,60
DI	110	0,15	MQF	1920	5,13
DI	140	0,15	MQF	2083	5,47
DI	110	0,25	MQF	2617	7,16
DI	140	0,25	MQF	2550	7,42
ADI I	110	0,15	Jorro	1932	6,95
ADI I	140	0,15	Jorro	2088	6,00
ADI I	110	0,25	Jorro	2475	7,73
ADI I	140	0,25	Jorro	2650	11,14
ADI I	110	0,15	MQF	1848	6,14
ADI I	140	0,15	MQF	2019	6,34
ADI I	110	0,25	MQF	2618	9,18
ADI I	140	0,25	MQF	2451	8,66
ADI II	110	0,15	Jorro	1079	3,42
ADI II	140	0,15	Jorro	1163	3,39
ADI II	110	0,25	Jorro	1666	5,36
ADI II	140	0,25	Jorro	1760	5,37
ADI II	110	0,15	MQF	1109	3,43
ADI II	140	0,15	MQF	1125	3,51
ADI II	110	0,25	MQF	1812	5,48
ADI II	140	0,25	MQF	1688	4,81

As Figuras (3) e (4) apresentam os resultados comparativos de F_z e M_z dos materiais estudados, nos diferentes métodos de aplicação de fluido de corte e para as várias condições de corte utilizadas.

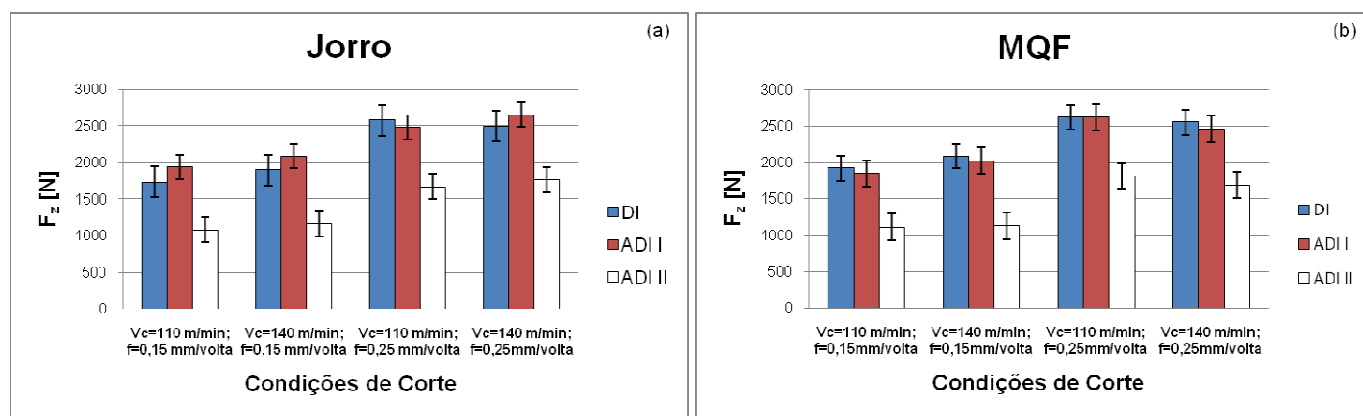


Figura 3. Comparativo de F_z nas condições de corte estudadas, (a) para aplicação de fluido de corte com jorro em abundância e (b) para aplicação de fluido de corte por MQF.

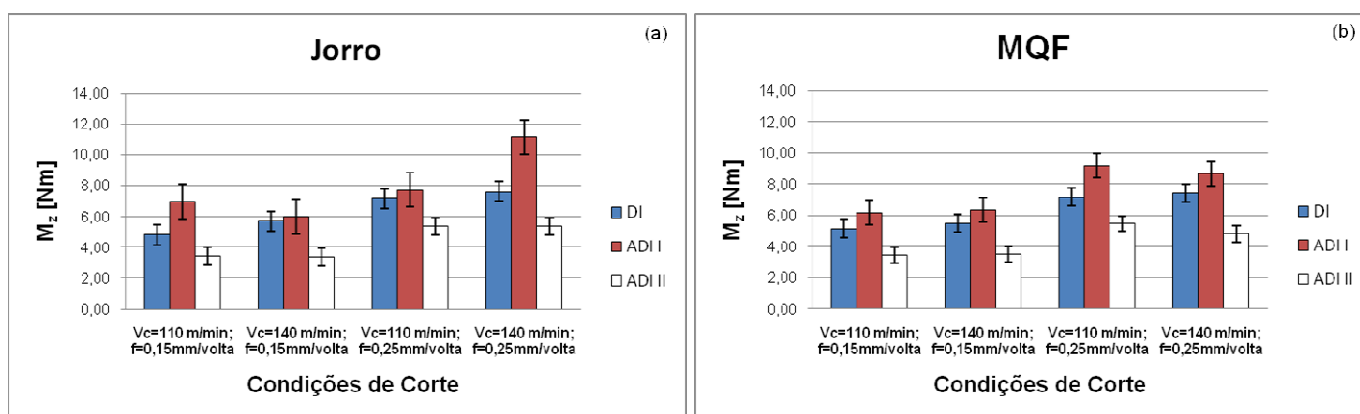


Figura 4. Comparativo de M_z nas condições de corte estudadas, (a) para aplicação de fluido de corte com jorro em abundância e (b) para aplicação de fluido de corte por MQF.

Pode-se observar nas Figs. (3) e (4), que o material que apresentou os menores valores de F_z e M_z e, portanto os melhores resultados de usinabilidade segundo os critérios analisados foi o ADI II. Os resultados de M_z mostraram que o ADI I foi o material com a pior usinabilidade, apresentando os maiores torques durante a usinagem, ficando o DI com valores intermediários entre os ferros fundidos austemperados. Contudo podem ser observados resultados de força de avanço bem próximas para o ADI I e DI, para os dois métodos de aplicação de fluido de corte (Fig. (3)).

As Tabelas (5) a (8) apresentam a análise de significância dos resultados de força de avanço (F_z) e torque (M_z), para uma confiabilidade de 95% e 5% de nível de significância.

Tabela 5. Análise de significância do planejamento 2^4 realizado entre ADI I e ADI II com referência à F_z .

	Efeito	Desvio Padrão	p
Média	1842,688	16,23858	0,000000
V_c [m/min]	50,625	32,47716	0,179787
f [mm/volta]	594,625	32,47716	0,000009
Método de Aplicação de Fluido	-17,875	32,47716	0,605739
Material	834,875	32,47716	0,000002
$V_c \times f$	-56,125	32,47716	0,144538
$V_c \times$ Método de Aplicação de Fluido	-76,625	32,47716	0,064803

Tabela 6. Análise de significância do planejamento 2⁴ realizado entre DI e ADI II com referência à F_Z.

	Efeito	Desvio Padrão	p
Média	1829,563	17,10658	0,000000
Vc [m/min]	31,625	34,21316	0,397721
f [mm/volta]	631,875	34,21316	0,000009
Método de Aplicação de Fluido	66,875	34,21316	0,108024
Material	808,625	34,21316	0,000003

Tabela 7. Análise de significância do planejamento 2⁴ realizado entre DI e ADI I com referência à F_Z.

	Efeito	Desvio Padrão	p
Média	2247,000	20,34223	0,000000
Vc [m/min]	64,750	40,68446	0,172369
f [mm/volta]	614,000	40,68446	0,000023
Método de Aplicação de Fluido	32,500	40,68446	0,460633
Material	-26,250	40,68446	0,547226

Tabela 8. Análise de significância do planejamento 2⁴ realizado entre DI e ADI I com referência à M_Z.

	Efeito	Desvio Padrão	p
Média	7,03813	0,239682	0,000001
Vc [m/min]	0,50375	0,479363	0,341431
f [mm/volta]	2,43875	0,479363	0,003810
Método de Aplicação de Fluido	-0,20125	0,479363	0,692041
Material	1,45875	0,479363	0,028649

As Tabelas (5) e (6) mostram que existe diferença significativa entre os materiais analisados, tanto entre os ADIs, Tab. (5), quanto entre o DI e o ADI II, Tab.(6), e que para ambos os casos o **material** e o **avanço** foram as variáveis que influenciaram significativamente os resultados de F_Z. Com relação ao material, a mudança da microestrutura e, conseqüentemente, o aumento na dureza conduziu a uma maior resistência durante a usinagem, ou seja, quanto maior a resistência ao cisalhamento nos planos de cisalhamento, maior a força de usinagem (Machado et al., 2009), de forma que ao se utilizar o ADI I (288 HB) no lugar do ADI II (207 HB) tem-se uma elevação na força de avanço de aproximadamente 835 N, do mesmo modo quando se utiliza o DI (263 HB) ao invés do ADI II, F_Z se eleva em aproximadamente 809 N. O aumento do avanço (f) aumenta as áreas dos planos de cisalhamento primário e secundário, o qual é responsável pelo aumento de F_Z numa proporção direta. Com a mudança deste parâmetro de corte de 0,15 mm/volta para 0,25 mm/volta a resposta da força de avanço se elevou em torno de 595 N na análise realizada entre os ADIs e em torno de 632 N na comparação feita entre o DI e ADI II.

Como observado na Fig. (3) e confirmado estatisticamente pela análise de significância apresentada na Tab. (7), não existe diferença significativa entre o DI e o ADI I com relação à comparação da usinabilidade com referência à F_Z, e apenas o avanço influenciou significativamente os resultados, como esperado, mostrando uma elevação na resposta da força de avanço em, aproximadamente, 614 N.

Os resultados encontrados na análise de significância realizada para a comparação da usinabilidade dos materiais com relação ao torque mostraram a mesma tendência dos resultados apresentados nas análises de significância de F_Z, realizadas para a comparação dos ADIs e do DI com o ADI II. Na comparação entre o ferro fundido nodular e o ADI I, o sinal de M_Z se mostrou mais sensível que a força de avanço acusando estatisticamente a diferença significativa entre os materiais como pode ser observado na Tab. (8). De forma que, o aumento na dureza acarretou em uma elevação na resposta do torque em média de 1,46 Nm, e de 2,44 Nm para o aumento de f.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados dos testes planejados que foram analisados e discutidos com emprego de ferramentas estatísticas, que proporcionaram alta confiabilidade nas respostas, conclui-se que a usinabilidade, avaliada através dos esforços de corte, cresce na seguinte ordem dos materiais examinados: nodular austemperado classe ISO 1050-6 (ADI I), nodular perlítico classe FE 70003 (DI) e nodular austemperado classe ISO 800-10 (ADI II). Esta sequência respeita a ordem de dureza dos materiais (288, 263 e 207 HB). Destaca-se o nodular austemperado a partir da zona crítica (classe ISO 800-10), que apresenta matriz de ausferrita e ferrita prévia. Este material combina propriedades mecânicas superiores aos nodulares perlíticos, e comprova-se aqui o seu bom desempenho com relação à usinabilidade.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências de fomento: CAPES, FAPEMIG, CNPq e IFM, à Tupy S.A. pelo fornecimento dos corpos de prova, à Sandvik do Brasil S.A. pelo fornecimento das ferramentas e ao LEPU pela infra-estrutura e apoio técnico no desenvolvimento do trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Da Silva, D.; Hupalo, M. F.; Ferrer, M. H.; De Lima, N. B. Efeito das Condições de Austêmpera sobre a Microestrutura de um Ferro Nodular de Classe Ferrítica-Perlítica. In: 8º CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECANICA, 8, Cusco, Peru, Outubro 2007.
- Diniz, A. E., Marcondes, F. C.; Coppini, N. L. Tecnologia Da Usinagem Dos Materiais. 6. ed., São Paulo, Artliber Editora, 2008, 262p.
- Erdogan, M.; Kilidi, V.; Demir, B. Transformation characteristics of ductile iron austempered from intercritical austenitizing temperature ranges. J Mater Sci. February 2006.
- Klocke, F.; Klöppe, C.; Lung, D.; Essig, C. Fundamental Wear Mechanisms when Machining Austempered Ductile Iron (ADI), Annals of the CIRP, v. 56, 73-76, 2007.
- Labrecque, C.; Gagné, M. Review Ductile Iron: Fifty Years of Continuous Development. Canadian Metallurgical Quarterly. v. 37, n. 5. p. 343 – 378, June 1998.
- Lussoli, R.J. Efeito da Adição de Cobre e da Seção da Peça Sobre as Características Microestruturais e Mecânicas de Ferro Fundido Nodular Austemperado. 2003. 85 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Machado, Á. R.; Abrão, A. M.; Coelho, R. T.; da Silva, M. B. Teoria da Usinagem dos Materiais. 1. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2009, V.1, 371 p., ISBN 978-85-212-0452-7.
- Néri, M. A.; Carreño, C. Effect of copper content on the microstructure and mechanical properties of a modified nodular iron, Materials Characterization, v. 51. p. 219-224, September 2003.
- Santos, S.C. Estudo da Influência de Revestimentos e da Aplicação de Fluido de Corte no Desempenho de Brocas de Aço-Rápido e de Metal Duro Integral na Usinagem de Ferro Fundido Cinzento. 2002. 200 f. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Seah, K. H. W.; Sharma, S.C. Machinability of alloyed austempered ductile iron. Int. J. Mach. Tools Manufact. v. 35. n. 10., p. 1475-1479, March 1994.
- Toktas, G.; Tayanç, M. and Toktas, A. Effect of matrix structure on the impact properties of an alloyed ductile iron. Materials Characterization. v. 57, p. 290-299, February 2006.
- Weingaertner, W. L., Tikal, F., Da Silva, H. R. Rosqueamento por usinagem em ferro fundido nodular. In: XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica (COBEM), 14, 1997, Bauru - SP.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.



MACHINABILITY OF AUSTEMPERED DUCTILE IRONS AND PEARLITIC DUCTILE IRON CONSIDERING THE THRUST FORCE AND TORQUE

Patrícia Alves Barbosa, patricia026_eng@hotmail.com¹

Wilson Luiz Guesser, wguesser@tupy.com.br²

José R. Gamarra, jose.gamarra@sandvik.com³

Éder Silva Costa, eder@div.cefetmg.br¹

Álison Rocha Machado, alisonm@mecanica.ufu.br¹

¹ Department of Mechanical Engineering – Federal University of Uberlândia, Campus Santa Mônica, CEP 38408-902

² Tupy S.A., Joinville/SC – Brazil, CEP: 89206-900 and FEJ/ UDESC, Faculty of Mechanical Engineering, University Campus Prof. Avelino Marcante, CEP 89223-100

³ Sandvik do Brasil S.A., São Paulo/SP – Brazil, CEP 04795-914

Abstract. *Austempered ductile cast iron (ADI) is an alloyed and heat treated nodular cast iron that has emerged as a major engineering material in recent years because of its attractive properties. However, intensive research about machining of ADI has been developed, due its poor machinability when compared with conventional ductile cast iron and steel of similar strength. In this sense, the aim of the present work is to compare the machinability, in drilling process, of three materials: pearlitic ductile iron as-cast (FE 70003) and two grades of austempered ductile iron having different austenitizing routes, the ISO 1.050-6 and the ISO 800-10. The machinability was expressed by the thrust force (F_z) and the torque (M_z). Drilling tests were carried out, following a factorial planning 2^4 , varying the cutting conditions (V_c e f), cutting fluid application technique (flood and MQF) and work material. The results showed that the ADI grade ISO 800-10 (207 HB) was the material with higher machinability. The ductile iron grade FE70003 (263 HB) and the ADI grade ISO 1.050-6 (288 HB) showed to be materials difficult to machine, presenting similar thrust forces F_z , with the ADI grade ISO 1.050-6 showing higher values of torque M_z , being considered, therefore, the material with the poorest machinability. It was concluded that the machinability of the materials studied are thereafter closely related to the heat treatments that they were submitted, producing different microstructures and hardness.*

Keywords: *machinability, Thrust force and torque, drilling process, austempered ductile iron, pearlitic ductile iron.*