

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TRATAMENTOS TÉRMICOS NA USINABILIDADE DO AÇO SAE 10B22

Vania Eloisa Ongaratto, vania.ongaratto@sc.senai.br^{1,2}

Carlos Rogério Jahn, carlos.jahn@sc.senai.br¹

André Marcon Zanatta, andre.zanatta@sc.senai.br¹

Orlando Preti, preti@sociesc.org.br²

Pierre Pereira, pierre.pereira@zensa.com.br³

¹ Instituto SENAI de Inovação em Sistemas de Manufatura, Rua Arno Waldemar Döhler, 957 - Zona Industrial Norte. Joinville – SC

² Sociedade Educacional de Santa Catarina, Rua Albano Schmidt, 3333 – Boa Vista. Joinville - SC

³ ZEN S.A. Indústria Metalúrgica, Rua Guilherme Steffen, 65 - 88355-100. Brusque - SC

Resumo: A definição da usinabilidade de um material é uma característica difícil de ser determinada, porém de suma importância para a melhoria em processos de fabricação. Devido a sua alta ductibilidade, a usinagem de componentes em aços de baixo carbono apresenta formação de cavacos longos e acúmulo de material na superfície da ferramenta, fatores que podem ocasionar deterioração da qualidade superficial e desgastes excessivos na ferramenta de corte e, consequentemente, redução de produtividade. Nestas situações, algumas alternativas podem ser adotadas a fim de melhorar o desempenho do processo de fabricação, dentre elas tratamentos térmicos. Este trabalho tem por objetivo alterar a microestrutura do aço SAE 10B22 esferoidizado por meio de diferentes tratamentos térmicos, a fim de encontrar a microestrutura e propriedades mecânicas que melhor favoreçam as operações posteriores. O estudo foi realizado utilizando como base os processos de fabricação de componentes automotivos forjados e posteriormente usinados. O processo de conformação foi apenas um processo intermediário não sendo analisado as suas particularidades. Já a análise de usinabilidade do material foi realizada por meio de ensaios de torneamento analisando-se os critérios de força de corte, qualidade superficial e forma de cavaco. Com o emprego de tratamentos térmicos anteriores ao processo de forjamento a frio, foi obtida uma melhora de usinabilidade para o critério de formação de cavaco de aproximadamente 48% para o torneamento externo e 120% para o torneamento interno em relação a condição inicial do material.

Palavras-chave: Usinabilidade, Torneamento, Tratamento Térmico, aço SAE 10B22.

1. INTRODUÇÃO

A produção de alguns tipos de peças e componentes passa por várias etapas de fabricação até chegar ao produto final, podendo envolver processos que exigem propriedades mecânicas distintas para que sejam viabilizados. Para a obtenção das propriedades mecânicas desejadas os materiais frequentemente são submetidos a tratamentos térmicos. Estes tratamentos tem a função de alterar a microestrutura dos aços a fim de adequá-los as mais diversas aplicações, melhorando, por exemplo, a sua usinabilidade e conformabilidade.

A viabilidade de se usar um material é determinada pela sua usinabilidade, no entanto, esta não é uma propriedade específica de um material, trata-se de uma grandeza determinada através da comparação de um conjunto de propriedades particulares à usinagem do metal, representando uma característica difícil de ser determinada, pois, envolve vários fatores, como qualidade, tipo e forma da ferramenta de corte, máquina-ferramenta e velocidade de corte (REIS, SILVA e MACHADO, 1999).

A usinabilidade pode ser definida como uma grandeza que indica a facilidade ou a dificuldade de retirar cavacos de um material. Segundo Diniz, Marcondes e Coppini (1999), os fatores de maior influência para a determinação deste parâmetro são a dureza, a tendência ao empastamento do cavaco do material na superfície de saída da ferramenta (ductilidade), a condutividade térmica, o encruamento, a microestrutura, a quantidade de inclusões e a quantidade de partículas duras. Além destes, outros fatores que tem influência direta sobre a usinabilidade são as condições de corte, geometria da ferramenta e meio lubri-refrigerante. Em geral, quatro critérios são empregados para a análise da usinabilidade. São eles, vida da ferramenta, força de usinagem, acabamento superficial e características do cavaco (ZANATTA, 2013).

De acordo com Diniz, Marcondes e Coppini (1999), materiais submetidos a etapas de usinagem devem apresentar algumas características específicas que favoreçam esse processo. Entre elas, podem-se destacar a microestrutura composta por grãos refinados, alta condutividade térmica e durezas e resistências mecânicas intermediárias.

Valores excessivamente elevados para dureza e resistência mecânica dificultam a usinagem, pois exigem maiores esforços para que ocorra o cisalhamento do material. No entanto, valores demasiadamente baixos para estas propriedades fazem com que o material tenda a deformar muito antes de romper, aumentando a área de contato ferramenta-cavaco. Em contrapartida, a ductilidade é uma característica fundamental de materiais que precisam ser deformados a frio, dessa forma frequentemente, torna-se complexa a fabricação de componentes que aliem processos de usinagem e conformação sem a utilização de tratamentos térmicos intermediários.

Assim, este trabalho busca analisar a influência de diferentes tratamentos térmicos no processo de fabricação de uma polia amortecedora em aço SAE10B22.

O aço SAE 10B22 pode ser classificado como um aço de baixo carbono ligado ao Boro. Essa classe de aços caracteriza-se por possuir alta temperabilidade e ductilidade aliada a uma boa conformabilidade, propriedades estas responsáveis por sua vasta aplicação em processos de conformação a frio.

Segundo Chiaverini (2008), o boro é adicionado às ligas de ferro carbono com a função principal de aumentar a sua temperabilidade. Além disso, afeta algumas características dos aços, uma vez que desloca para a direita as curvas de início e fim de transformação do diagrama TTT, além de ter efeito imediato na sua temperabilidade.

A fabricação da polia amortecedora mencionada passa pelos processos de forjamento a frio e torneamento, utilizando um aço de alta ductilidade o que dificulta a usinagem da peça, pois gera cavacos contínuos e pouco quebradiços, provocando instabilidade superficial e desgaste excessivo na ferramenta de corte. Estes problemas, também observados por Maity e Das (1998), afetam diretamente no custo de produção, uma vez que cavacos longos exigem maior número de paradas durante o processo de torneamento além de danificar a máquina-ferramenta e oferecer riscos ao operador.

Considerando os efeitos causados devido à incidência de cavaco contínuo longo nos processos de usinagem, provocado por materiais de elevada ductibilidade, tornam-se necessárias alternativas que possibilitem a neutralização e redução de tais malefícios. Assim, esta pesquisa se justifica devido a importância de estudos que busquem entender a influência de tratamentos térmicos na usinabilidade destes materiais.

Neste contexto, apresenta-se a influência de três ciclos de tratamentos térmicos (dois ciclos de recozimento e um de normalização) na usinabilidade de polias fabricadas em aço SAE 10B22. As polias foram tratadas com os ciclos térmicos, processadas por forjamento a frio e usinadas por torneamento. Durante a usinagem, foram coletados os cavacos gerados, os dados de força de corte e a rugosidade superficial a fim de classificar a usinabilidade do material.

2. METODOLOGIA DA PESQUISA

A Tabela (1) e a Tab. (2) apresentam, respectivamente, as principais propriedades mecânicas e a composição química do SAE 10B22 utilizado nos testes.

Tabela 1. Propriedades mecânicas para o aço SAE 10B22.

Material	Dureza [HB]	Resistência a tração [MPa]	Limite de escoamento [MPa]	Alongamento [%]
10B22	141	496	302	33

Fonte: Adaptado de Costa (2010)

Tabela 2. Composição química nominal (% peso).

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Ti	B	Fe
SAE 10B22	0,18 - 0,23	NR	0,7 - 1,0	0,03*	0,035*	0,15*	0,06*	0,20*	0,20 - 0,4**	NR	0,0005 - 0,003	Balanço
Obtido	0,193	0,204	0,733	0,015	0,0095	0,147	0,033	0,073	0,239	0,047	0,0018	

* Valores máximo. **Quando requerido. NR: Não referenciado.

Fonte: Adaptado SAE J403 (2014) e *O Autor (2016).

Foram realizados três ciclos de tratamentos térmicos distintos nas polias, as quais subsequentemente passaram pelo processo de forjamento a frio e torneamento.

Para cada ciclo térmico foram tratadas 12 polias sendo utilizadas 10 para usinagem e 2 para análises microestruturais e de dureza.

A Figura (1) apresenta um fluxograma do procedimento experimental desenvolvido.

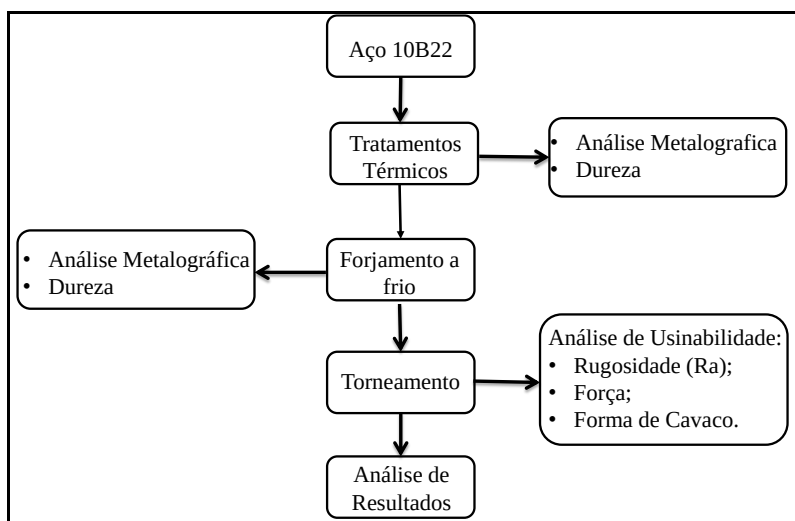


Figura 1. Fluxograma de metodologia.

Fonte: O Autor (2016)

Os tratamentos térmicos foram realizados em um forno mufla laboratorial do fabricante Jung modelo J300, com temperatura máxima de operação de 1200 °C, sem atmosfera controlada.

Para o tratamento térmico de recozimento (C1) Fig. (2.a), as amostras foram aquecidas até temperatura de 750±5 °C, região bifásica do ferro alfa (ferrita) e austenita, mantidas por 30 minutos e resfriadas no interior do forno até temperatura de 720±5 °C, ligeiramente inferior a temperatura eutetóide e mantidas por 240 minutos, seguida de resfriamento dentro do forno até temperatura ambiente.

No tratamento térmico de recozimento considerado de esferoidização intermitente (C2) Fig. (2.b), as amostras foram aquecidas até temperatura de 880±5 °C, mantidas por 30 minutos e resfriadas até temperatura de 450±5 °C mantidas por 30 minutos, seguida de aquecimento até temperatura de 680 °C e mantidas por 480 minutos, sendo o resfriamento final dentro do forno até temperatura ambiente.

No tratamento térmico de normalização (C3) Fig. (2.c), as amostras foram aquecidas até temperatura de 900±5 °C, mantidas por 60 minutos e resfriadas ao ar até temperatura ambiente.

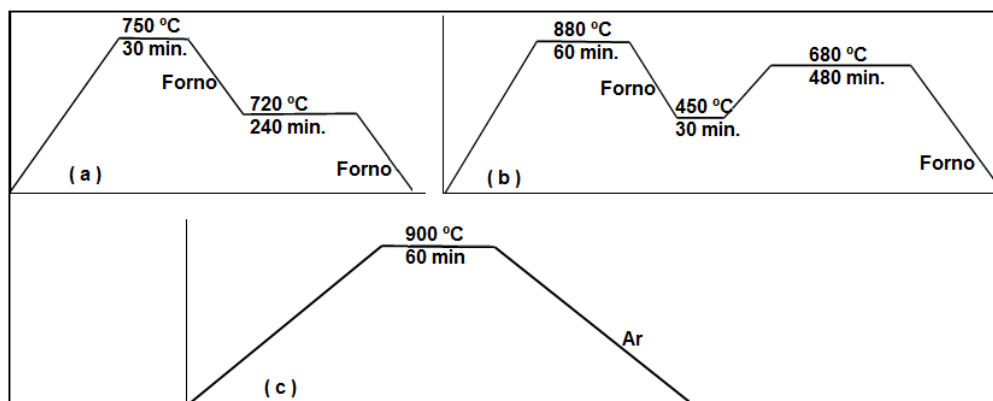


Figura 2. Ciclos de tratamento térmicos.

Fonte: O Autor (2016)

Após tratadas termicamente, as peças foram submetidas ao processo de forjamento a frio. Esse processo foi realizado em uma prensa horizontal do fabricante Nedschroef de capacidade de 500 toneladas, nas dependências de uma empresa fabricante de componentes automotivos. Após o processo de forjamento, as polias apresentaram diâmetro externo de 60,9mm, diâmetro interno de 31,7 mm e altura de 41,5 mm. O critério de classificação das peças foi realizado por análise visual onde se considerou somente o aspecto superficial. A sequência do processo de fabricação ocorre com a usinagem das peças por torneamento, foco desse estudo.

Após cada tratamento térmico e também após o processo de forjamento, foi realizada a análise microestrutural e a dureza das peças. A microestrutura foi analisada por meio de um microscópio modelo Axio Imager M2m AxioCam MRc do fabricante Carl Zeiss, as peças foram preparadas seguindo as normas ASTM E3 e ASTM E7 e depois

submetidas a um ataque químico com Nital 3,5%. Já a dureza das amostras foi medida com um durômetro modelo HP250 do fabricante Heckert, a escala utilizada foi a Rockwell B. Foi analisado também o tamanho de grão após cada tratamento térmico por meio de uma análise comparativa de acordo com a norma ASTM E 112.

O processo de usinagem foi dividido em torneamento externo e interno. A máquina-ferramenta utilizada foi um centro de torneamento CNC E320, fabricado pela empresa Romi, com potência de 18.5 kW, velocidade máxima da placa de 4.500 rpm e 30 m/min de velocidade máxima de avanço.

Para o torneamento externo, as pastilhas de corte utilizadas foram: TNMG 160408 – MF2 TP2500, da empresa SECO montadas em um suporte PTJNL 2020K 16 – P.1. Estas pastilhas possuem cobertura de nitreto de titânio e raio de ponta de 0,8 mm.

Para o torneamento interno foi utilizado um suporte S12M – STCL09 – P, com pastilhas TCMT 090204 - UM – P, classe 1525 da empresa SECO. A pastilha possui cobertura de nitreto de titânio, ângulo de folga de 7,0° e raio de ponta de 0,4 mm.

Os parâmetros de corte utilizados são apresentados na Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros de corte.

	Torneamento Externo				Torneamento Interno			
v_c (mm/min)	250				250			
a_p (mm)	0,5				0,2			
f (mm/rev)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,10	0,15	0,20	0,25

Fonte: O Autor (2016)

Simultaneamente, foi realizada a avaliação de usinabilidade do material através da análise de cavaco, força de corte e rugosidade superficial.

Os cavacos gerados no início e no fim de cada ensaio de usinabilidade foram analisados quanto ao seu tipo e forma.

Durante o processo de torneamento, a mensuração das componentes da força de usinagem foi realizada através de uma plataforma piezelétrica Kistler, modelo 9257BA. Para o condicionamento do sinal, foi utilizada uma unidade de controle 5233A1 e um módulo de aquisição DAQ-System Type5697A.

A análise da qualidade superficial das peças foi realizada através da mensuração da rugosidade média R_a , nas superfícies externa e interna de cada amostra. Para obtenção dos valores de rugosidade utilizou-se um Perfilômetro e Rugosímetro de bancada da fabricante Taylor Hobson, modelo Form Talysurf.

3. ANÁLISE DE RESULTADOS

O material utilizado para a fabricação das polias apresenta uma microestrutura ferrítica equiaxial com presença de perlita esferoidal na forma de ilhas com distribuição aleatória. Essa microestrutura deve-se ao fato de o material ser recebido no estado beneficiado.

A Figura (2) apresenta as metalografias referentes as peças tratadas pelos ciclos térmicos de recozimento e normalização

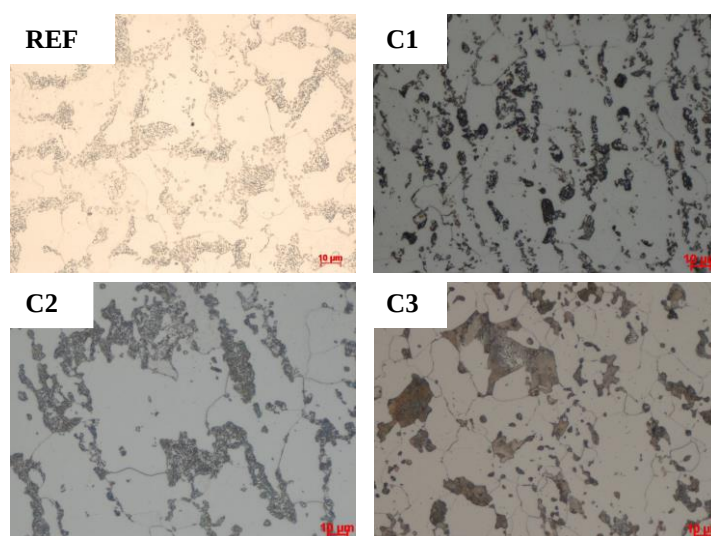


Figura 3. Microestruturas pós-tratamentos térmicos (Ataque: Nital 3,5%).

Fonte: O Autor (2016)

A Figura (2.REF), apresenta a microestrutura com grãos ferríticos e perlíticos (com cementita globular). Na Fig. (2.C1), a microestrutura é ferrítica perlítica com aspecto mais refinado do que o material da polia de referência e com a cementita da perlita menos globular, esta tendência da perlita formar lamelas ocorre em virtude de o tratamento térmico não ser suficientemente longo para que o mecanismo de esferoidização seja completado.

Na Figura (2.C2), a microestrutura apresenta-se similar ao material da polia da Fig. (2.C1), com tendência da cementita da perlita ser mais esferoidal. Nesse caso, a polia C2 ficou mais tempo exposta a temperatura de esferoidização, o que permitiu uma tendência maior de esferoidização dos carbonetos da perlita.

A Figura (2.C3), mostra a microestrutura das polias submetidas ao tratamento térmico de normalização, indicando presença de grãos ferríticos e perlíticos, sendo que a cementita da perlita apresenta-se na forma de lamelas.

A Figura (3) apresenta as durezas obtidas pelas polias após os tratamentos térmicos.

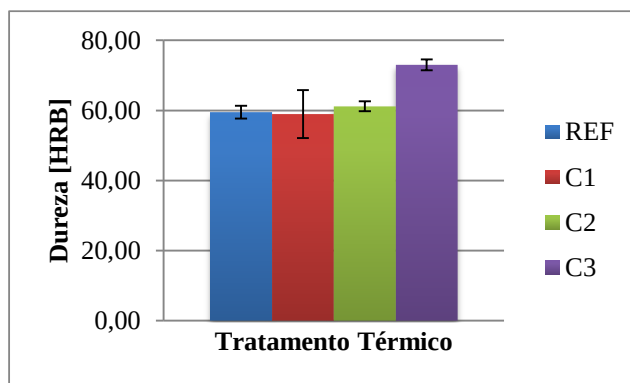


Figura 4. Durezas (HRB) pós-tratamento térmico.

Fonte: O Autor (2016)

É possível observar na Fig. (3) que os valores de dureza (HRB) das polias de referência e tratadas por recozimento, ficaram menores do que as polias tratadas por normalização, o que era de se esperar, uma vez que tratamentos térmicos de recozimento de esferoidização tendem a diminuir a dureza dos aços, proporcionando propriedades mecânicas que facilitam o processo de forjamento.

Foram avaliados os percentuais de ferrita e perlita apresentado após cada tratamento térmico, bem como o seu tamanho de grão. A Tab. (4) apresenta esses valores.

Tabela 4. Tamanho de grão e percentual de perlita por tratamento térmico.

Tratamento Térmico	Percentual de Carbono	Tamanho de grão	Percentual de perlita
C1	0,213%	6,0 a 8,0	15,80 %
C2	0,198%	6,0 a 7,0	16,74 %
C3	0,256%	6,0 a 7,5	26,57 %

Fonte: O Autor (2016)

Após os tratamentos térmicos todas as polias foram submetidas ao mesmo processo de forjamento a frio em uma prensa horizontal de 500 toneladas. A Tabela (5) apresenta os valores obtidos para as durezas (HRB) após o processo de forjamento a frio das polias.

Tabela 5. Durezas pós tratamento-térmico e pós conformação.

T.T	Pós T.T. (HRB)	Pós Conformação (HRB)
REF	59,40	96,72
C1	58,94	103,50
C2	61,16	85,15
C3	73,02	107,10

Fonte: O Autor (2016).

Pela análise da Tabela (5) percebe-se que todas as amostras tiveram um acréscimo nos valores de dureza, o que é justificável devido ao encruamento sofrido pelo material em decorrência do processo de forjamento a frio.

A Figura (4) apresenta as microestruturas das polias após passarem pelos tratamentos térmicos e pelo forjamento a frio.

A Figura (4. REF), (4.C1), (4.C2) e (4.C3) apresenta microestruturas similares a aquelas apresentadas após os tratamentos térmicos e exibidas anteriormente na Fig (2), porém, os grãos estão ligeiramente deformados (alongados), fato este característico de materiais submetidos ao forjamento a frio.

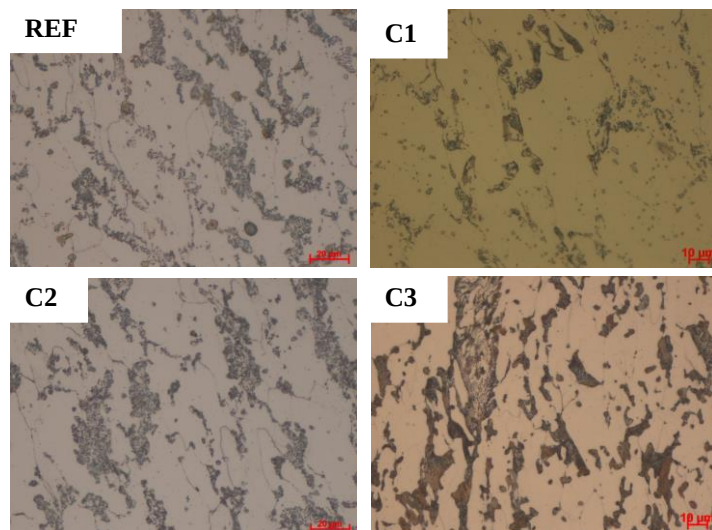


Figura 5. Microestruturas pós-processo de forjamento (Ataque: Nital 3,5%).

Fonte: O Autor (2016)

Depois de realizados os tratamentos térmicos e o processo de conformação, as peças foram submetidas à usinagem por torneamento. As etapas de remoção de material ocorreram tanto na face interna quanto na externa das polias. Os parâmetros de corte utilizados para as duas situações foram apresentados na Tab. (3).

Durante o torneamento das polias foram realizadas as análises de usinabilidade, considerando os critérios de força de corte, rugosidade e análise de cavaco. O critério de desgaste de ferramenta não foi considerado nessas análises devido às pastilhas de corte não apresentarem desgastes relevantes após os ensaios, isso ocorreu, pois, o comprimento usinado foi insuficiente para esta análise.

A Figura (5) apresenta os resultados obtidos para a força resultante, calculada a partir força ativa, passiva e de corte, para a peça referência e o material submetido aos três tratamentos térmicos.

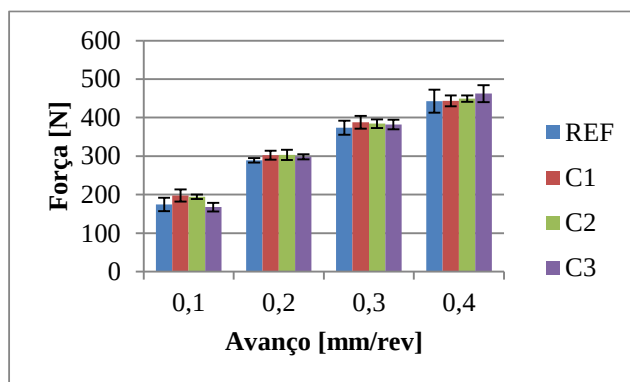


Figura 6. Força de corte.

Fonte: O autor (2016).

Avaliando-se os resultados obtidos pelos dados de força de corte é possível observar uma tendência marcante de crescimento da força de corte de acordo com o aumento do avanço da ferramenta de corte. Porém, não houve diferenças significativas para as forças entre os tratamentos térmicos o que torna o ensaio inconclusivo para este critério, uma vez que a magnitude das forças para um tratamento térmico mante-se dentro do desvio-padrão apresentado pelas demais.

A Figura (6) e a Fig. (7) apresentam, respectivamente, as fotos para os cavacos gerados durante o processo de torneamento externo e interno.

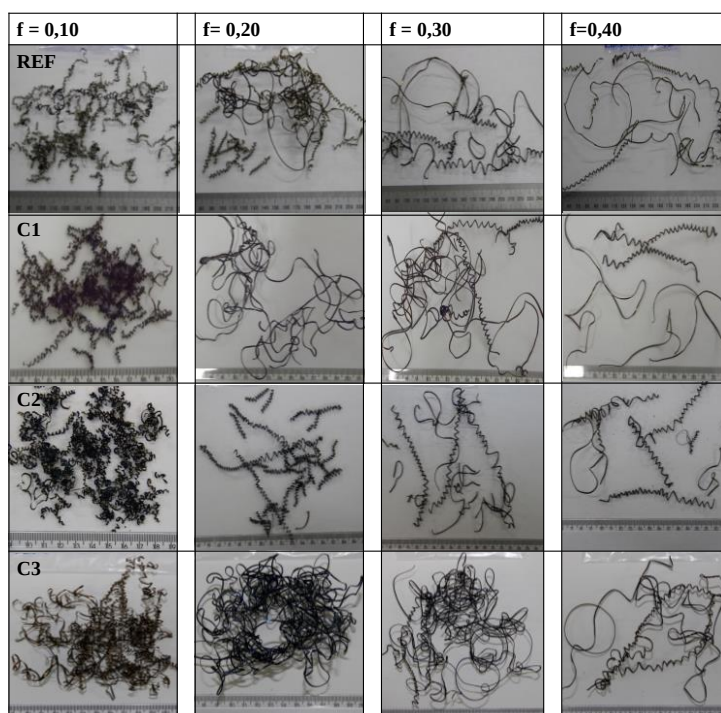


Figura 7. Mapa de Cavacos para o torneamento externo.

Fonte: O autor (2016).

Na Figura (6) é possível observar a maior tendência à formação de cavacos segmentados no torneamento externo para o ciclo térmico C2 em relação aos demais. Este tratamento térmico gerou cavacos menores para todos os avanços exceto para avanço de 0,1 mm/rev.

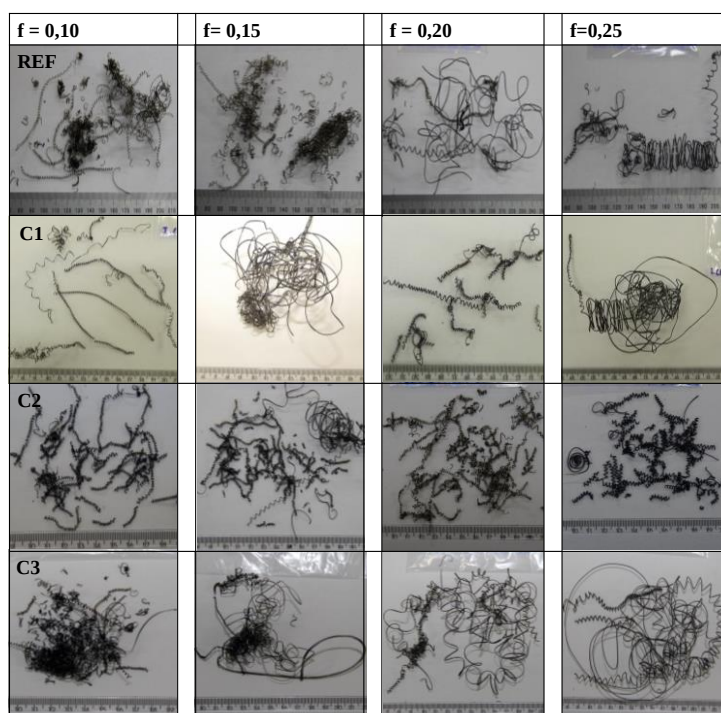


Figura 8. Mapa de Cavacos para o torneamento interno.

Fonte: O autor (2016).

Na Figura (7) onde são apresentadas as fotos para os cavacos gerados no torneamento interno observa-se que para todos os avanços o ciclo térmico C2 gerou cavacos consideravelmente menores e mais segmentados.

A Figura (8) apresenta a classificação dos cavacos para o torneamento externo e interno. A classificação/pontuação dos cavacos gerados durante o torneamento foi realizada a partir da análise da sua forma e tamanho em uma escala de 1 até 10, onde 1 refere-se a pior condição para a usinagem e 10 a melhor.

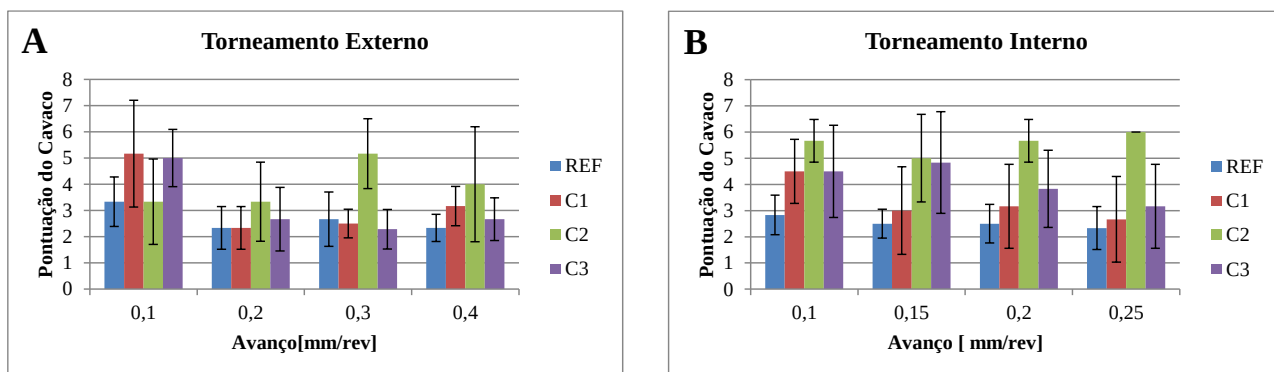


Figura 9. Pontuação de cavacos para torneamento externo e interno.

Fonte: O autor (2016)

Pela análise da Fig. (8) pode-se verificar a influência positiva do tratamento térmico C2 para a melhora da quebra de cavaco em relação à peça referência. Com exceção do avanço de 0,1 mm/rev todas as demais condições de corte apresentaram melhora na quebra de cavaco, reforçando o mencionado em relação aos mapas de cavaco.

A Figura (9) mostra os resultados obtidos para a rugosidade média nas peças torneadas.

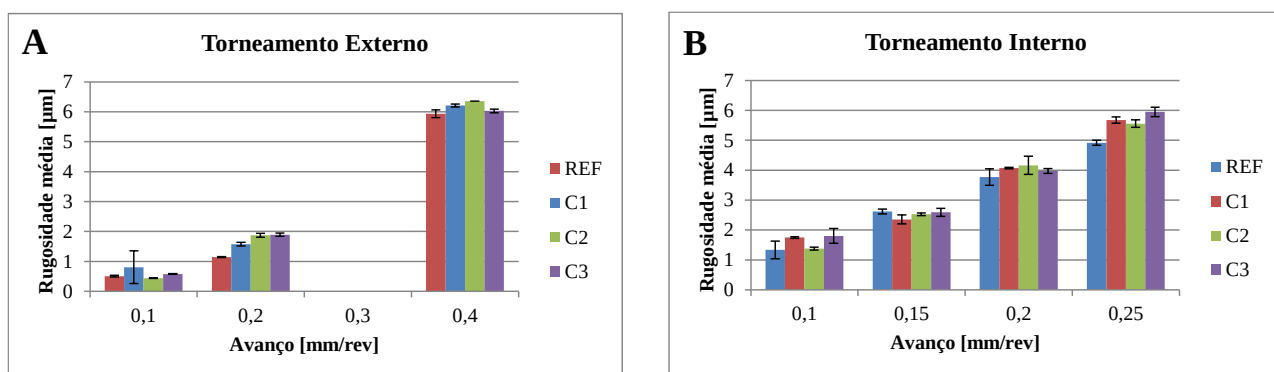


Figura 10. Rugosidade média para as peças tratadas e usinadas.

Fonte: O autor (2016)

Na Figura (9.A) são apresentados os valores obtidos para a rugosidade média no torneamento externo. A rugosidade superficial para o avanço de 0,3 mm/rev não é apresentada, pois como as medidas foram executadas ao fim do processo de corte de cada amostra e foram utilizadas apenas três peças para o torneamento externo, não foi possível coletar os dados para esta condição.

Observando-se a a Fig. (9.A) e a Fig. (9.B) fica evidente a influência do avanço sobre a rugosidade superficial, isso pode ser verificado por meio da fórmula da rugosidade teórica para superfícies acabadas, onde estima-se que a rugosidade é igual ao quadrado do avanço dividido por oito vezes o raio de ponta da ferramenta.

A Figura (10) apresenta os resultados gerais obtidos pelo processo de torneamento. A Figura (10.A) e a Fig. (10B) apresentam os valores obtidos para a classificação de cavacos e a rugosidade superficial. Foram considerados apenas os critérios de formação de cavaco e qualidade superficial para a análise final da usinabilidade do aço SAE 10B22, pois estes são os parâmetros mais relevantes para o processo de fabricação do componente estudado e também devido aos dados obtidos para os esforços de corte apresentarem valores inconclusivos.

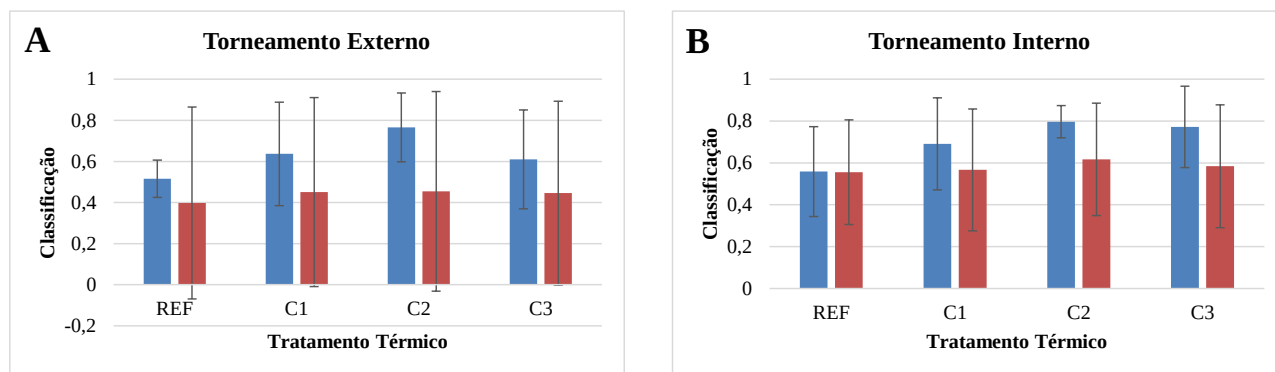


Figura 11. Comparação de usinabilidade para os tratamentos térmicos.

Fonte: O autor (2016)

A Figura (10.A) e a Fig. (10.B) foram geradas dividindo-se todos os valores de pontuação para o cavaco pelo maior valor obtido, a fim de obter-se uma classificação em uma escala de zero a um. O mesmo método foi tomado como base para os dados de rugosidade superficial.

A partir da análise da Figura (10.A) e Fig. (10.B) é possível observar o melhor desempenho das amostras submetidas ao tratamento térmico C2, uma vez que as peças submetidas a esse ciclo apresentaram melhor quebra de cavaco - valores mais próximos a 1 - tanto no torneamento interno quanto no externo, além de apresentarem rugosidade intermediária e desvios menores quando comparado aos demais ciclos.

Os resultados obtidos de melhora percentual para cada avanço são apresentados na Tab. (6) e na Tab. (7).

Tabela 6. Percentual de melhora na formação de cavaco em função do avanço para o torneamento externo.

Avanço, f (mm/rev)	Peça Referência	Peça C2	Percentual de melhora
0,1	0,64	0,64	0%
0,2	0,45	0,64	43%
0,3	0,52	1,00	94%
0,4	0,45	0,77	71%

Fonte: O autor (2016)

Tabela 7. Percentual de melhora na formação de cavaco em função do avanço para o torneamento interno.

Avanço, f (mm/rev)	Peça Referência	Peça C2	Percentual de melhora
0,10	0,47	0,94	100%
0,15	0,42	0,83	100%
0,20	0,42	0,94	127%
0,25	0,39	1,00	157%

Fonte: O autor (2016)

Comparando-se os valores obtidos para a formação de cavaco para o tratamento térmico C2 e a peça referência obteve-se uma melhora geral de aproximadamente 48% para o torneamento externo e 120% para o torneamento interno.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nas análises efetuadas conclui-se que:

- A microestrutura das amostras adquiridas comercialmente, recozidas pelos dois ciclos (intermitente e não intermitente) apresentam ferrita e perlita sendo que o ciclo com resfriamento intermitente apresentou maior esferoidicidade da cementita e a perlita da amostra tratada por normalização apresentou cementita lamelar.
- A dureza HRB das polias obtidas comercialmente e recozidas (resfriamento intermitente e não intermitente) apresentaram valores similares (~60 HRB), enquanto, as polias submetidas ao tratamento térmico de normalização apresentaram durezas maiores (~73 HRB).
- De acordo com o fornecido as amostras apresentaram valores de teor de carbono similares para as polias dos tratamentos C1 (~0,213) e C2 (~0,198) e levemente superior nas amostras normalizadas (~0,256).
- Observou-se que a força de corte aumenta com o aumento do avanço. Porém, sem alterações significativas para os diferentes ciclos de tratamentos térmicos.

- Das análises de cavaco observou-se que o tratamento térmico C2 apresentou cavacos menores em comparação com os demais ciclos térmicos e a polia de referência, portanto possibilita melhor usinabilidade e quebra de cavaco.
- O acabamento superficial externo e interno apresentou maior rugosidade em função do aumento do avanço de corte.
- De acordo com os dados e análises levantadas neste trabalho o melhor tratamento térmico para a usinabilidade da polia em aço SAE 10B22 é o ciclo de recozimento com resfriamento intermitente (C2).

5. AGRADECIMENTOS

A empresa Zen S.A. pela oportunidade de realizar este trabalho e aos Institutos SENAI de Inovação em Sistemas de Manufatura e Laser pela infraestrutura disponibilizada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHIAVERINI, Vicente. **Aços e Ferros Fundidos**. 7.ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, 2008.

COSTA, Ana Lígia Souza da. **Avaliação microestrutural e de propriedades mecânicas do aço SAE 10B22 – Fio máquina visando a otimização do processo de fabricação**. Trabalho de diplomação. Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. São Paulo, mm:1999.

MAITY, K. P. e DAS, N. S. **A slip-line solution to metal machining using a cutting tool with a step-type chip-breaker**. Journal of Materials Processing Technology. v. 79, p. 217 - 223, 1998.

REIS, Alexandre M.; SILVA, Márcio B. da; MACHADO, Álisson R. **Estudo da usinabilidade dos aços microligados**. XV Congresso brasileiro de engenharia mecânica. São Paulo, 1999.

ZANATTA, André Marcon. **Influência de partículas de segunda fase na usinabilidade e polibilidade**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica. Instituto tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, 2013.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF DIFFERENT THERMAL TREATMENTS IN THE USINABILITY OF STEEL SAE 10B22

Abstract: The definition of the machinability of a material is a difficult characteristic to determine, but it is of great importance for the improvement of the manufacturing processes. Due to its high ductility, machining of low carbon steel components presents the formation of long chips and accumulation of material on the surface of the tool, factors that can cause surface's instability and excessive wear of the cutting tool and, consequently, decreasing productivity. In these situations, some alternatives can be determined to improve the performance of the manufacturing process, among them thermal treatments. This paper aims to modify the microstructure of SAE 10B22 steel received in a coalesced condition by means of different thermal treatments to find out the microstructure and mechanical properties that best favor the subsequent operations. The study was carried out based on the manufacturing processes of automotive components that were forged and later were machined. The conformation process was only an intermediate process and its peculiarities were not analyzed. The machinability analysis of the material was performed by turning tests, analyzing the criteria of cut of force, surface quality and shape of a chip. With the use of thermal treatments prior to the cold forging process, An improvement in machinability was obtained for the chip formation criterion of approximately 48% for the external turning and 120% for the internal turning in relation to the initial condition of the material.

Keywords: Machinability, Turning, Heat Treatment, SAE 10B22 steel.