

ESTUDO DA CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E MAGNÉTICA DOS RESÍDUOS METÁLICOS PROVENIENTES DO PROCESSO DE RETIFICAÇÃO DOS ANÉIS DE PISTÃO.

A. Teixeira⁽¹⁾, J.C. Dias⁽¹⁾, E. M. da Silva⁽¹⁾ e M. R. da Silva⁽²⁾

¹ Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, BRASIL

² Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, BRASIL

E-mail: amauri_t@terra.com.br

RESUMO

Na fabricação dos anéis de pistão de ferros fundidos utilizados nos motores veiculares de combustão interna, geram durante as operações nas retíficas de desbaste e acabamento, uma série de subprodutos tais como: resíduos metálicos, particulados provenientes dos rebolos resinóides, terra diatomácea (material filtrante) e óleo solúvel em água para refrigerar as ferramentas de corte. Estes subprodutos são classificados de acordo com a NBR 10004 de 2004 da ABNT como resíduos tóxicos, não inertes, sendo que eles agridem o meio ambiente com poluição das águas e seus mananciais e contaminam o solo quando destinados incorretamente nos aterros públicos sanitários. Na maioria das vezes, o destino final adotado para este subproduto, é as companhias cimenteiras, para a sua incineração, sendo o subproduto incorporado ao cimento, quando da sua fabricação. Para os resultados qualitativos, usou microscopia eletrônica de varredura (MEV) acoplada com uma microsonda de energia dispersiva (EDS), assim dois experimentos foram feitos com objetivo de separar o material magnético do material não magnético, usando um imã permanente. Após esta etapa, foi feita a metalografia do material sinterizado e o levantamento das suas propriedades magnéticas através das curvas de histerese. Conclui-se que o material magnético pode ser usado pela metalurgia do pó ou ser pelletizado e novamente fundido. O material não metálico que foi separado vai para os aterros públicos sanitários, devido à mudança na sua classificação como resíduo tóxico e inerte.

Tópico 2: Materiais Metálicos

Palavras - Chave: Reciclagem de resíduos, retificação, propriedades magnéticas, micrografias.

T2_teixeira_a_n1

1. INTRODUÇÃO

A crescente atividade industrial mundial e a ausência de programas eficazes de gestão de resíduos fazem com que cada vez mais resíduos sejam gerados sem que haja uma correta utilização ou disposição destes, proporcionando um passivo ambiental que compromete a qualidade de vida das futuras gerações. Uma boa parte destes resíduos é perigosa e contém elementos que podem prejudicar a saúde humana, bem como contaminar o solo e lençóis freáticos. Enquanto em um passado não muito distante a produção de resíduos era de algumas dezenas de kg/hab.ano, países altamente industrializados, como os Estados Unidos, produzem atualmente mais de 700 kg/hab.ano. No Brasil, o valor médio verificado nas cidades mais populosas é da ordem de 180 kg/hab.ano [1].

A preocupação com a reciclagem industrial tem levado as indústrias a buscarem alternativas para disposição final de seus resíduos sendo uma saída plausível a utilização de processos adequados para sua recuperação. Dentre esses processos destaca-se a metalurgia do pó que é um processo metalúrgico de fabricação de peças metálicas, não metálicas e cerâmicas que vem se desenvolvendo numa taxa cada vez mais crescente. Distingue-se dos processos convencionais pela ausência de fase líquida ou presença apenas parcial de fase líquida durante o processamento [2 e 3]. Assim, trata-se de uma técnica de fabricação que permite a produção de peças com formas definitivas ou praticamente definitivas dentro de tolerâncias bastante apertadas, produção de componentes com certas características estruturais e físicas impossíveis de serem obtidas através de qualquer outro processo metalúrgico [4]. Vários aspectos associados ao estudo do reaproveitamento de resíduos sólidos indústrias têm sido publicados na literatura recente [5, 6 e 7] e muitos desses estudos destacam a importância da reciclagem na redução do impacto ambiental e também no aumento da produtividade industrial.

Assim, as operações de retificação de desbaste nas operações de usinagem geram uma série de subprodutos tais como: resíduos metálicos, particulados provenientes dos rebolos resinóides Al_2O_3 , terra diatomácea (material filtrante) e óleo solúvel, na proporção de 5% dissolvido em água, para refrigerar as ferramentas de corte. Estes subprodutos são classificados de acordo com a [8] como: resíduos tóxicos, não inertes, sendo que eles agridem o meio ambiente com poluição das águas e seus mananciais e contaminam o solo quando destinados incorretamente nos aterros públicos sanitários. Na maioria das vezes, os destinos finais adotados para este subproduto, são as companhias cimenteiras, para a sua incineração, sendo o subproduto incorporado ao cimento, quando da sua fabricação. A geração deste resíduo sólido é de 200T/mês e o custo total para enviar às companhias cimenteiras é de US\$100/T. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo, o redirecionamento do subproduto de uma forma mais eficiente e produtiva, pois o que hoje é um dejetto, cujo destino final tem um ônus financeiro para as indústrias, com a reciclagem passam a ter um destino útil, ou seja, torna-se matéria-prima para a fabricação de peças, agregando valor ao produto.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Inicialmente, coletou-se manualmente oito amostras dos resíduos do processo de retificação de desbaste das operações de usinagem, os ferros fundidos alta e baixa liga, e nodular. Fez-se a caracterização dos mesmos através de microscopia eletrônica de varredura (MEV), no microscópio modelo JSM-6510LV, fabricante JEOL, com microsonda de energia dispersiva (EDS), utilizando a radiação de tungstênio. De posse das informações qualitativas do subproduto, através do (MEV) e do (EDS) foram realizados dois experimentos. No primeiro experimento, foi coletado 100g do subproduto sendo levado a um forno elétrico e aquecido a uma temperatura de 600°C, permanecendo durante 10 minutos nesta temperatura, seguido de um lento resfriamento. No segundo experimento, como temos a presença de materiais graxos no subproduto, optou-se por uma

lavagem seguida por uma calcinação. Foram coletados 100g do subproduto e depositados em um béquer de Berzéliu, contendo 30g de NaOH (hidróxido de sódio), avolumou-se para 500ml com água destilada, onde o conjunto foi agitado por 10 minutos e aguardando uma decantação por 24h. Em seguida, a solução do béquer foi filtrada em papel de filtro, em seguida foi calcinado por 2h a 1000°C, e nenhum particulado aderiu ao ímã permanente. O material decantado foi secado em uma estufa elétrica a 120°C por duas horas. Em seguida, foi passado um ímã permanente com o intuito de separar os materiais que aderiram ao ímã e os que não aderiram ao ímã permanente. O material que aderiu ao ímã permanente passou por um processo de classificação granulométrica através de peneiras vibratórias, marca Granutest de 60, 65 e 74µm. Em seguida este pó foi compactado utilizando-se a prensa hidráulica manual de marca Marconi, cuja pressão de compactação foi de 432MPa. Após a compactação, iniciou-se a sinterização dos corpos de provas num forno elétrico, a uma temperatura de 800°C, sendo que os mesmos permaneceram nesta temperatura por 8h, em seguida o forno foi desligado, ficando com a porta fechada, resfriando lentamente até a temperatura ambiente, sem nenhuma insuflação de gases inertes, na atmosfera do forno, durante a sinterização. Figuras 1, 2 e 3 atacadas com a solução de Nital a 4%.



Figura 1: Corpo de prova sinterizado.



Figura 2: Aumento de 160x.



Figura 3: Aumento de 800x.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

É fundamental um estudo das características físico-químicas e das propriedades dos resíduos, através de ensaios e métodos apropriados. Tais informações darão subsídios para a seleção das possíveis aplicações dos resíduos. A compreensão do processo que leva a geração do resíduo fornece informações imprescindíveis à concepção de uma estratégia de reciclagem com viabilidade no mercado. Diante das considerações apresentadas, as amostras do subproduto foram coletadas, identificadas e posteriormente analisadas no centro tecnológico das indústrias da Mahle, Figura 4.

Os resultados da constituição dos subprodutos foram obtidos através da microscopia eletrônica de varredura (MEV) acoplada com uma microsonda de energia dispersiva (EDS), para os seguintes elementos químicos: C, O, Fe, Cr, Mo, K, Si, Na, Mg, Ca, Al, Ti, e Mn.

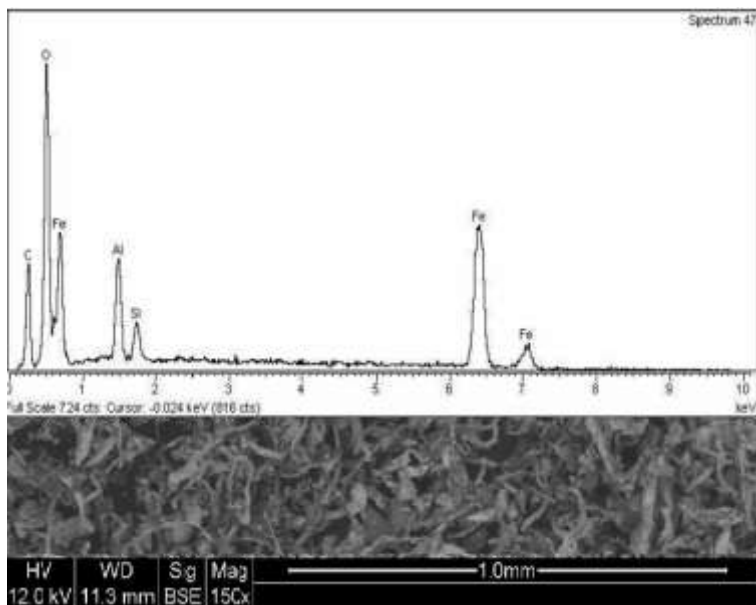


Figura 4: EDS Amostra 1

Na Figura 4, observa-se um alto teor de oxigênio, provavelmente este elemento químico é proveniente da oxidação do material através do óleo solúvel em água, nota-se também a presença de outros elementos químicos como ferro e alumínio sendo este, proveniente dos rebolos de óxidos de alumínio.

A fim de se obter os valores quantitativos dos materiais que aderiram ao ímã permanente, foram realizadas as análises químicas por via úmida, utilizando os seguintes métodos: o de combustão no equipamento de marca Leco para os elementos químicos carbonos e enxofre. Para o elemento químico silício, utilizou-se o método gravimétrico e para o elemento químico manganês, utilizou-se o método de colorimetria. Obtiveram-se os seguintes resultados das análises químicas, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 : Material que aderiu ao ímã permanente.

Elementos químicos (%)	Experimentos		Métodos Utilizados
	(1)	(2)	
C	2,73	2,65	Combustão Leco
S	0,023	0,006	Combustão Leco
Si	2,65	2,72	Gravimetria
Mn	0,43	0,52	Colorimetria
Fe e outros	94,51	94,73	

Na Tabela 1, nota-se uma diferença marcante para o elemento químico enxofre, este resíduo provavelmente foi gerado de um ferro fundido cinzento ao passo que para o experimento dois, o resultado obtido é típico dos ferros fundidos nodulares devido ao baixo teor de enxofre. Para os demais elementos químicos (C, Si e Mn) nos indicam tratar-se de um ferro fundido hipoeutético. Com relação à separação magnética para os dois experimentos observa-se que para o experimento 1 que 92,8g de material aderiram ao ímã permanente e 7,2g que não aderiu ao ímã permanente. Porém para o experimento 2 nota-se que ao passar um ímã permanente tivemos como resultado que 93,5g de material aderiram ao ímã permanente e 6,5g que não aderiu ao ímã permanente

3.2 Caracterização Magnética.

Segundo [9], os parâmetros magnéticos tais como, campo coercivo H_c , magnetização remanente M_R , e saturação magnética M_S são determinados através da curva de histereses $M \times H$. A susceptibilidade magnética é determinada pela derivada da curva $M \times H$ na região onde ocorre o deslocamento irreversível. O produto da energia máxima pode ser calculado pela curva indutiva de desmagnetização $(M \times H)_{\text{máx}}$ do material, sendo que este produto da energia máxima representa a energia gasta para magnetizar e desmagnetizar um material ferromagnético [10]. As dependências da magnetização (B) ao campo magnético aplicado (H) para as amostras dos sistemas foram analisadas através das histereses magnéticas que está representada na Figura (5). Por intermédio das áreas das curvas de histereses apresentadas observa-se que o material ainda apresenta características de um material magnético mole ou permeável, uma vez que apresentam laços de histereses bastante estreitos [11,12 e 13]. Observa-se nas curvas que existe uma dependência da magnetização (B) e o campo aplicado (G) para as amostras analisadas. Como as propriedades magnéticas de magnetização e permeabilidade são dependentes do movimento da parede de seu domínio.

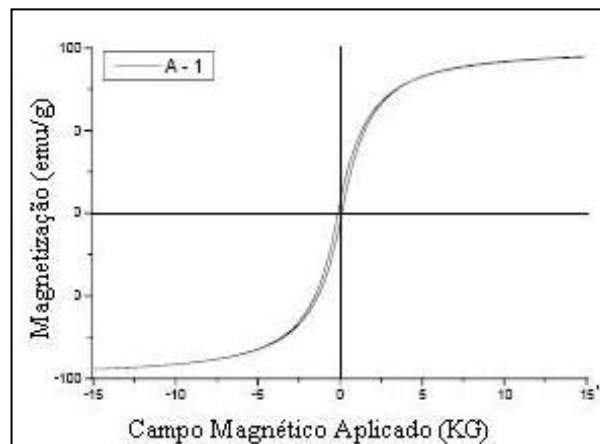


Figura 5: Curva de histerese, pó com 60 μm .

4. CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que a caracterização dos resíduos através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS), utilizando a radiação de tungstênio, mostrou ser uma boa opção para fazer uma análise qualitativa das amostras em estudo. Porém os particulados que não aderiram ao ímã permanente poderão ser misturados na argamassa de cimento, na fabricação de blocos de concreto e podem ser utilizados pela construção civil, nas edificações, ou terão como destino final os aterros sanitários, pois passaram a não mais agredir o meio ambiente, uma vez que eles atendem os quesitos da ABNT-NBR 10.004 de 2004, como resíduos Classe I e Classe III, ou seja, tóxicos e inertes. As curvas de histereses obtidas, para as três diferentes granulometrias, apresentaram pequenas variações, portanto, podemos concluir de se tratar de materiais ferromagnéticos moles, sendo assim, poderemos direcionar para aplicações específicas, tais como, núcleos de transformadores ou máquinas elétricas rotativas.

REFERENCIAS

- 1 Ribeiro, D.V., Tachard, A.L.R., Morelli, M.D., Influência da Adição do Pó de Retífica em uma Matriz de Fosfato de Magnésio -Parte II, - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais- 17º CBECIMat, pp.1-12, (2006)
- 2 Ghadiri M., Farhadpour, F.A., Clift R., and Seville J.P.K., " Particle Characterization Size and Morphology", *The Institute of Metals Series on Powder Metallurgy an Overview*, London, pp.56-75, (1991).
- 3 Chiaverini, V., "Aços e Ferros Fundidos", ABM, 7ª Ed., São Paulo, Brasil, 583p., (2005).
- 4 Stadtler W.A., *Production of Metallurgy Part*, ASTM, Powder Metallurgy, Ohio pp.449-463, (1989).
- 5 Szekely, J., "A research program for the minimization and effective utilization of steel plant wastes", *Iron and Steelmaker*, v. 22, n. 1, p. 25-29, (1995).
- 6 Das, B., Prakash, S., Reddy, P.S.R., Misra, V.N. "An overview of utilization of slag and sludge from steel industries", *Resources Conservation & Recycling*, pp.40-57, (2006).
- 7 Fundação Estadual do Meio Ambiente-FEAM, *Resultado do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Industriais e Minerários do Estado de Minas Gerais*, Ano Base 2008, (2009).
- 8 ABNT NBR10004. *Resíduos sólidos – Classificação*, 2ª ed., 71p., (2004).
- 9 Gontijo, F. R. M., *Investigação das Propriedades Elétricas e Magnéticas no Composto BaNbXFe₂XO₄*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá-UNIFEI, 104 p., (2007)
- 10 Silva, M.R., *Materiais Magnéticos e Ferroelétricos Modificados*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 104p., (1998).
- 11 Pennander, L., Jack, A., *Soft Magnetic Iron Powder Material AC Properties and Their Application in Electrical Machines*, (2003),
- 12 Cullity, B.D., C.D. Graham., *Introduction to Magnetic Material*, John Wiley & Sons, 2ª ed., 487p., (2009).
- 13 Hubert, A., Schäfer, R., *Magnetic Domains: The Analysis of Magnetic Microstructure*, Springer, (2009).