

EFEITO DO PROCESSAMENTO POR PLASMA NA REDUÇÃO DE UMIDADE DE MINÉRIO DE FERRO

EFFECT OF PLASMA PROCESSING ON THE REDUCTION OF IRON ORE MOISTURE

Caio Sérgio Brum de Paiva Lopes

Aluno de Graduação da Eng de Materiais, 9º período,
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Período PIBIC/CETEM: setembro de 2018 a junho de 2019
caiosergiolopes@cetem.gov.br

Marisa Bezerra de Mello Monte

Orientador, Eng^a. Químico, D.Sc.
mmonte@cetem.gov.br

RESUMO

O desenvolvimento de soluções para reduzir a umidade de minério de ferro é um constante desafio para a indústria de mineração. O presente trabalho apresenta um estudo do efeito do recobrimento por plasma de Hexametildissiloxano (HMDSO) na redução da umidade de minério de ferro. Experimentalmente, diferentes valores de potência foram testados, utilizando-se um reator indutivo, para obtenção de filmes hidrofóbicos adsorvidos nos particulados do minério. A potência do reator em 20W proporcionou uma hidrofobização dos particulados de concentrado de minério de ferro, apresentando um ângulo de contato de 89°. A amostra tratada com o plasma de HMDSO foi colocada em um dessecador na presença de um becker com água e após um período de 17 dias de exposição à umidade, apresentou um aumento no teor de umidade inferior a 0,5%. O tratamento por plasma a frio, além de repelir as moléculas de água, também proporciona uma cobertura hidrofóbica nos particulados que minimiza uma posterior absorção da umidade.

Palavras chave: minério de ferro, tratamento por plasma, ângulo de contato, diminuição da umidade.

ABSTRACT

The innovative solutions development in order to reduce the moisture of the iron ore concentrate in its whole production chain is a constant challenge in a mineral industry. The present work presents a study of the effect of plasma coating of hexamethyldisiloxane (HMDSO) on the reduction of iron ore moisture. Experimentally, different power values were tested using an inductive reactor to obtain hydrophobic particulates. The power of the inductive reactor in 20W provided a hydrophobic film of the ore concentrate particles, having a contact angle of 89°. It was observed that, after 17 exposition days to the humidity, the HMDSO's plasma treated sample that was placed in a desiccator in the presence of a becker with water, showed a moisture increase of less than 0.5%. Plasma treatment, besides repelling the water molecules at the surface, also has provided a hydrophobic coating on the particulates of iron ore concentrates which minimizes subsequent moisture absorption.

Keywords: iron ore, plasma treatment, contact angle, decrease of humidity.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem grande destaque no mercado internacional de commodities e o beneficiamento a úmido é um dos principais processos empregados pelas mineradoras a fim de concentrar minério de ferro (PINTO, et al., 2015). A umidade presente no concentrado é consequência deste beneficiamento, possuindo, em geral, uma umidade residual de aproximadamente 9% a 12,5%. O desenvolvimento de soluções para reduzir a umidade na cadeia de produção de minério de ferro hidratado é um constante desafio para a indústria. Portanto, este grau de umidade deve ser controlado a fim de garantir o limite máximo estabelecido pelo TML durante o carregamento dos navios.

Neste trabalho, uma alternativa inovadora foi estudar o tratamento por plasma a fim de se obter a formação de filmes hidrofóbicos na superfície dos particulados, minimizando assim, a alta afinidade do minério de ferro com as moléculas de água. Já que a hidrofobização é intimamente relacionada à interface sólido-líquido-gás, medidas de ângulos de contato podem ser obtidas pela velocidade de ascensão de um líquido (polar ou apolar) que atravessa um capilar preenchido com o sólido (CHAU, 2009)

2. OBJETIVO

Neste estudo objetivou-se avaliar os efeitos do recobrimento de Hexametildissiloxano (HMDSO), obtido por tratamento a plasma em reator indutivo, para diferentes condições de tempo de exposição e potência aplicada, na redução da umidade em minério de ferro. Para tal finalidade, foram realizados estudos de molhabilidade e medida de grau de umidade na hematita (Fe_2O_3).

3. METODOLOGIA

3.1. Preparação das Amostras

Neste estudo foi utilizada uma amostra de minério de ferro proveniente do Quadrilátero Ferrífero-MG. As amostras foram homogeneizadas e subamostras de 200g foram retiradas para as análises químicas e mineralógicas. As alíquotas foram então cominuídas e depois classificadas para se obter particulados na granulometria $<105 \mu\text{m}$.

3.2. Caracterização das Amostras

As alíquotas ($<105 \mu\text{m}$) foram caracterizadas por difração de Raios-X e por fluorescência de Raios-X, para determinação da composição química e mineralógica. A partir dos resultados de difratometria de Raios-X e os cálculos pelo Método de Rietveld, foi feita a determinação semiquantitativa e revelaram a seguinte composição mineralógica para a amostra: 75,5% de hematita; 16,9% de magnetita; 3,3% de quartzo; e impurezas. A partir do resultado de FRX apresentados, a amostra apresenta um teor de hematita de 94% e o teor da principal impureza (SiO_2) foi de 3,8% e o teor de P 2 O 5 obtido foi de 0,26%.

3.3. Tratamento por Plasma

O plasma é um gás constituído por espécies ionizadas e neutras, sendo utilizado para modificar as propriedades da superfície de diversos materiais pela formação de filmes finos. Os tratamentos por plasma de HMDSO no minério de ferro particulado foram realizados no reator indutivo localizado no Laboratório de Superfícies e Filmes Finos PEMM/COPPE/UFRJ.

A Figura 1 apresenta o reator utilizado para aplicação de plasma a frio nos particulados de minério de ferro. A Tabela 1 apresenta os parâmetros estudados durante o tratamento do plasma de HMDSO. A amostra tratada continha 10,8% de umidade.

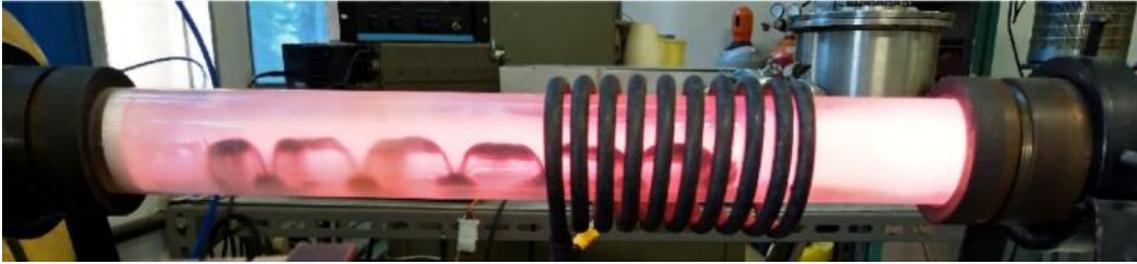


Figura 1: Imagens representativa do reator utilizado para aplicação de plasma no minério particulado.

Tabela 1: Parâmetros associados ao tratamento por plasma de HMDSO.

Amostra	Potência Aplicada (W)	Tempo de Exposição (min)
Não tratada	-	-
Tratada com Plasma de HMDSO	40 W	30 minutos
Tratada com Plasma de HMDSO	20 W	30 minutos

3.4. Medidas de Ângulo de Contato

As medidas de ascensão capilar foram realizadas no tensiômetro Krüss K100. A amostra em pó foi pesada e compactada em um tubo cilíndrico até se obter 2 cm de altura da coluna de sólido compactado. O tubo (SH0810, Krüss, Alemanha) possui 50 mm de altura, 10 mm de diâmetro interno e um filtro poroso adicionado à sua extremidade inferior. As medições foram realizadas utilizando n-hexano e água. Os líquidos usados neste experimento possuem os seguintes valores de tensão superficial, viscosidade e densidade respectivamente: para água, $68,7 \text{ mN.m}^{-1}$, $0,890 \text{ mN.m}^{-2}.\text{s}$ e $1,00 \text{ g.cm}^{-3}$ e para o n-hexano $18,4 \text{ mN.m}^{-1}$, $0,294 \text{ mN.m}^{-2}.\text{s}$ e $0,655 \text{ g.cm}^{-3}$.

As medidas de ângulo de contato foram feitas antes e depois do tratamento por plasma de HMDSO e limpeza com argônio no minério particulado, para avaliar o grau de hidrofobicidade das amostras. Foram analisadas duas potências aplicadas (20W e 40W) para os filmes de HMDSO e uma potência aplicada (70W) para a amostra apenas limpa com argônio. O tempo de exposição foi constante de 30 minutos.

3.5. Medidas de Umidade

A Figura 3 apresenta o esquema do método utilizado nos ensaios de umidade. A amostra tratada por plasma de HMDSO teve sua umidade aumentada para aproximadamente 10%, antes de sofrer o tratamento, e então, foi colocada dentro do dessecador e sua umidade foi monitorada através de sucessivas medidas de sua massa.

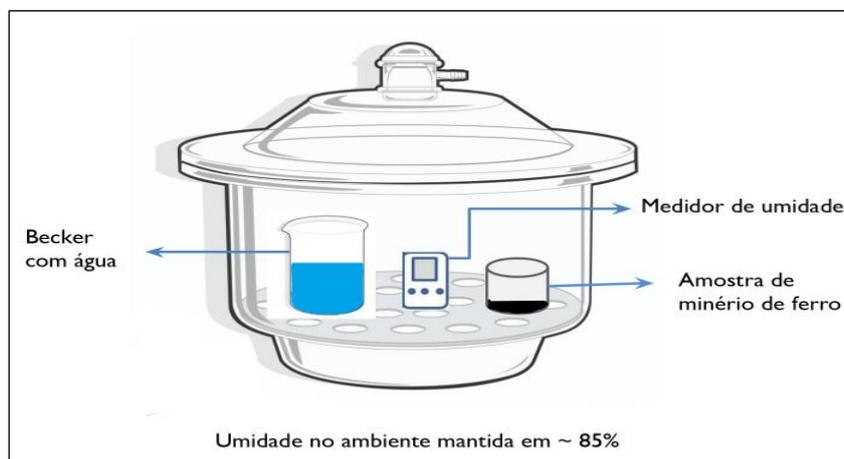


Figura 2: Esquema do método utilizado para a realização do teste de umidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ângulo de Contato

A Tabela 2 mostra os resultados de ângulo de contato para diferentes condições de tratamento por plasma em dois diferentes valores de potências e tempo de exposição igual a 30 minutos. A limpeza preliminar com uma solução de KOH (1M) seguida de sucessivas lavagens com água Milli-Q resultou em um ângulo de contato igual a zero, corroborando a hidrofiliabilidade dos particulados, característico da composição química dos minerais de ferro.

A utilização de plasma de HMDSO para as duas potências utilizadas, proporcionou um aumento significativo do ângulo de contato. Com o aumento da potência, 20 para 40W, observou-se uma diminuição desse ângulo que passou de 89,0° para 73,9°, respectivamente.

Tabela 2: Sistema com dessecador para controle da umidade.

Tratamento	Potência (W)	Tempo de Exposição (min)	Ângulo de contato (°)
Limpeza com KOH	-	-	0
Plasma de HMDSO	20	30	89,0
Plasma de HMDSO	40	30	73,9

4.2. Medida de Umidade

A aplicação de HMDSO na amostra contendo 10% de umidade resultou em uma umidade entre 0-1%, o que significa uma redução de 90% da umidade do minério. A Figura 3 apresenta o efeito do tempo de exposição em ambiente com umidade em ~85% no percentual de umidade da amostra tratada com plasma de HMDSO. Conforme pode ser observado, após 17 dias a umidade da amostra apresentou um aumento inferior a 0,5%, constatando que o tratamento, além de repelir as moléculas de água, também proporciona uma cobertura hidrofóbica nos particulados que minimiza uma posterior absorção da umidade.

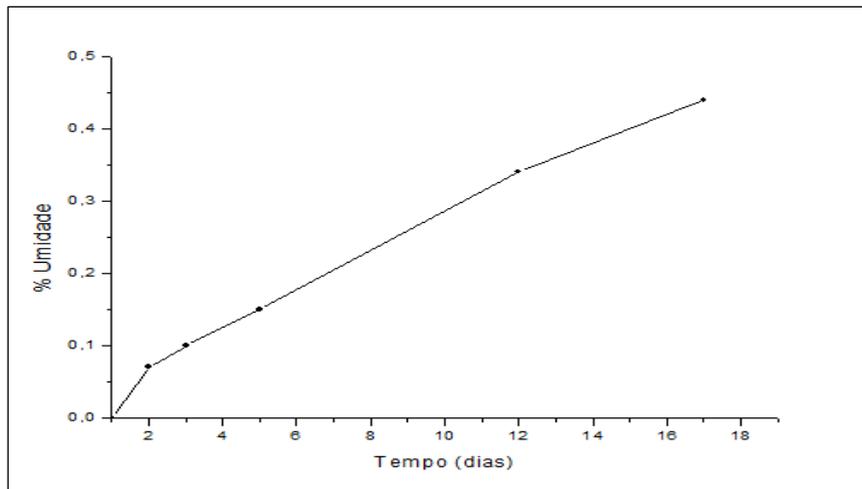


Figura 3: Gráfico para evolução da umidade da amostra tratada e colocada no dessecador.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para ângulo de contato demonstraram que o tratamento com plasma de HMDSO, utilizando potência de 20W, obteve a maior hidrofobização da superfície com um ângulo de 89°.

O tratamento por plasma a frio, além de repelir as moléculas de água, também proporciona uma cobertura hidrofóbica nos particulados que minimiza uma posterior absorção da umidade.

6. AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao PIBIC/CNPq pelo apoio financeiro, à sua orientadora Dr^a. Marisa Bezerra de Mello Monte pela orientação, à Msc. Maira Rievers Nogueira e à Dr^a Marta Albuquerque pelo auxílio nos experimentos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAU, T.T. A review of techniques for measurement of contact angles and their applicability on mineral surfaces. *Minerals Engineering*, v. 22, p. 213-219, 2009.

PINTO, T.C.S.; MORAES, D.; LIA, L.R.B.; LEAL FILHO, L.S. Mecanismos de secagem visando a redução de umidade em sinter feed de minério de ferro. In: 45° IRONMAKING/16° IRON ORE/3° AGGLOMERATION. Proceedings of Rio de Janeiro, Brazil, 2015. p. 1016-1024.

ALVARES, M.R.N.; MONTE, M.B.M.; SIMÃO, R.A. Estudo da Redução da Umidade do Minério de Ferro pela Aplicação do Tratamento por Plasma de Hexametildissiloxano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS. Proceedings of Foz do Iguaçu, Brasil, 2018.