

ESTUDO DOS MATERIAIS QUE ENTRAM EM CONTATO COM O ALUMÍNIO DURANTE PROCESSO DE LAMINAÇÃO A FRIO¹

Camila Amaral Rizzi²

Resumo

Quando detectada uma falha no processo de fabricação de folha fina de alumínio, rompimento da folha durante a laminação a frio ou defeito no acabamento superficial (faixas brancas ou negras), amostras são retiradas e análises superficiais ou com amostras embutidas são realizadas. Conhecer e distinguir os materiais que podem contaminar o metal é um desafio que deve ser perseguido quando se almeja otimizar os recursos, focando em ações que atuam diretamente na causa raiz. Algumas dificuldades tornam o processo de investigação do defeito um tanto penoso, entre elas estão: A obtenção da amostra que dentro de um ambiente fabril nem sempre é possível estabelecer uma rotina de retirada de amostras; O espécime sofre deformações e rompimentos que podem desviar e confundir o pesquisador quanto à causa primária do defeito. As técnicas usuais para análises de metal incluem a microscopia eletrônica de varredura e EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). Neste trabalho mais de 11 materiais que entram em contato com o metal no estado líquido ou sólido são caracterizados. Foi possível estabelecer as principais diferenças, facilitando a identificação dos agentes motivadores dos defeitos quando da análise de amostras de folhas finas de alumínio.

Palavras-chave: Folha de alumínio; Caracterização de defeitos; Microscopia eletrônica; Laminação.

MATERIALS THAT COME INTO CONTACT WITH ALUMINUM DURING THE COLD ROLLING PROCESS

Abstract

When a failure is detected in the manufacturing process of thin aluminum foil, disruption of the foil during the cold rolling process or defect in the surface finishing (black or white stripes), samples are taken and surface tests or with embedded samples are made. To know and to distinguish the material that can contaminate the metal is a challenge that must be pursued when it aims to optimize resources, focusing on actions that act directly on the root cause. Some difficulties make the defect investigating process a little painful, among them are: Taking the sample, cause in a manufacturing environment is not always possible to establish a routine of samples withdrawal; The specimen suffers deformations and disruptions that can divert and confuse the researcher about the primary cause of the defect. The usual metal analysis techniques include electron microscopy of scanning and EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). In this work more than 11 materials coming into contact with solid or liquid metal are characterized. It was possible to establish the main differences, facilitating the identification of defects motivating agents when analyzing samples of aluminum thin foils.

Key words: Foil aluminum; Characterization of defects; Scan electron microscopy; Lamination.

¹ *Contribuição técnica ao 45º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 21 a 24 de outubro de 2008, Ipojuca - Porto de Galinhas - PE*

² *Física, Alcoa Alumínio S.A.*

1 INTRODUÇÃO

A fim de manter um melhoramento ativo de seus processos, investigações precisas são estabelecidas, inclusive algumas empresas já fazem uso de recursos com precisão nanométricas para garantir uma verificação exata.⁽¹⁾

Nas indústrias de alumínio que fabricam folha fina através do processo de laminação a frio, cuja espessura é em torno de 7 μ m, um cuidado especial é dedicado às máquinas, a todos os equipamentos e fluídos que entram em contato com o material em todas as etapas, principalmente quando este se destina a industria alimentícia.

Quando detectada uma falha no processo de fabricação de folha fina de alumínio, seja ela: rompimento da folha durante a laminação ou defeito no acabamento superficial (faixas brancas ou negras), amostras são retiradas e análises superficiais ou com amostras embutidas são realizadas. As técnicas usuais para análises de metal incluem a microscopia eletrônica de varredura e o EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). As análises demonstram a presença de vários materiais como cerâmicas, metais e terras. Exatas interpretações das origens dessas inclusões são de fundamental importância para uma atuação eficaz no processo, de forma a evitar a reincidência da falha. Dessa forma, o conhecimento dos materiais que entram em contato com o metal evita interpretações errôneas que venham a acarretar em mau direcionamento dos investimentos.

Neste trabalho foram realizadas análises de caracterização em 11 materiais diferentes que entram em contato com o alumínio líquido ou sólido em algum ponto do processo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem

As amostras por sua variedade e heterogeneidade foram retiradas de acordo com suas individualidades.

Para os materiais refratários dos fornos de fundição foram obtidas amostras de produto virgem. As amostras de resíduo de filtragem e de materiais que flutuam no alumínio líquido (escórias) durante o vazamento foram retiradas de filtros e calhas utilizados para produção de ligas destinadas a fabricação de folhas finas.

2.2 Metodologia

As amostras foram preparadas de acordo com as normas técnicas E 3;⁽²⁾ E 407;⁽³⁾ E ABNT NBR 6834.⁽⁴⁾

As análises foram realizadas através de microscopia eletrônica de varredura (MEV), Com equipamento Carl Zeiss, no qual, também, foram realizadas análises de composição química, qualitativa e quantitativa, a partir dos raios-x característicos de cada elemento (EDS). Para as imagens optou-se pela captura dos elétrons secundários devido ao fato deste sinal permitir maior precisão especial ⁽⁵⁾. As amostras foram dispostas sobre fita de carbono a fim de permitir melhor condutividade e conseqüentemente garantir qualidade à análise. Os espectros e os resultados quantitativos das análises foram arquivados.

Os resultados foram dispostos em tabelas contemplando aspectos visuais e uma sugestão de como distinguir estes materiais no MEV.

3 RESULTADOS

Os materiais foram analisados e os resultados arquivados a fim de servirem como banco de dados para uma análise comparativa. O espectro resultante da análise de EDS é utilizado como uma impressão digital que identifica o material que lhe deu origem, sendo assim ao encontrar uma inclusão em amostras de folhas de alumínio é possível através de análises comparativas dos espectros identificar o agente causador do defeito (Figuras 1 a 10).

O Quadro 1, abaixo, exibe de forma simplificada os resultados das análises realizadas. Uma sugestão a partir da análise quantitativa, oriunda do EDS, de como distinguir os diversos materiais é alocada na terceira coluna.

Quadro 1. Resultados Simplificados – Materiais que entram em contato com o alumínio 14/05/2008.

Material analisado	Aspectos	Como distinguir estes materiais no MEV Análise quantitativa (EDS)
Argamassa	Massa Branca. Material de reparo filtros e calhas	Proporções equivalentes de Al e Si, entre 25% e 30%. Oxigênio acima de 30%. Presença de S.
Concreto Refratário	Massa Cinza. Componente dos fornos	Maior percentual de alumínio, cerca de 44%. Oxigênio acima de 30%. Presença de Ca.
Escória	Massa Cinza	A soma de Al + Si + O representa cerca de 80%. Potássio e sódio acima de 5%
Meio filtrante	Esfera de cor branca	Apenas Alumina
Sílica Gel - Peneira molecular	Pequenas esferas. Filtro do ar comprimido	Si+O
Tijolo refratário	Material de cor amarelada	Mesma proporção de Al e Si, cerca de 25%. Oxigênio em torno de 40%. Presença tímida mas constante de K.
Material flutuante no metal líquido do filtro	Pó cinza	Identificado através da presença em conjunto dos elementos S, Cl, K e Ca.
Sal virgem	Pó Branco	Alto percentual de Cl
Tintura de refratário virgem	Tintura de cor alaranjada	Identificada pela presença de Zr
Material de bico cerâmico	Material refratário amarelado	Identificado pela presença de P e K. Proporções aproximadas de Si e Al.
Cadinho do Filtro usado	Material de coloração escura	O + Al representa cerca de 80%. Presença de Ca em torno de 10%.

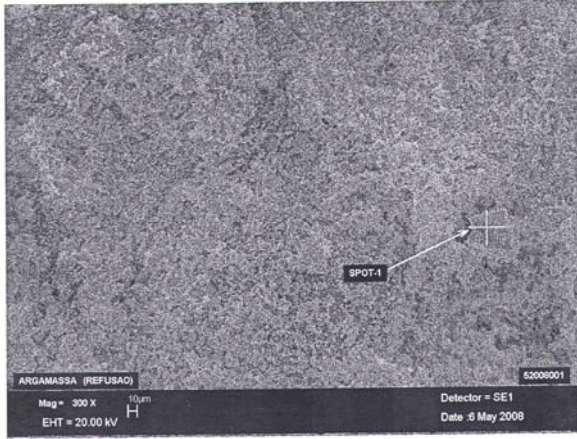


Figura 1. Argamassa. Imagem Microscopia eletrônica de varredura 300X, 06/05/2008

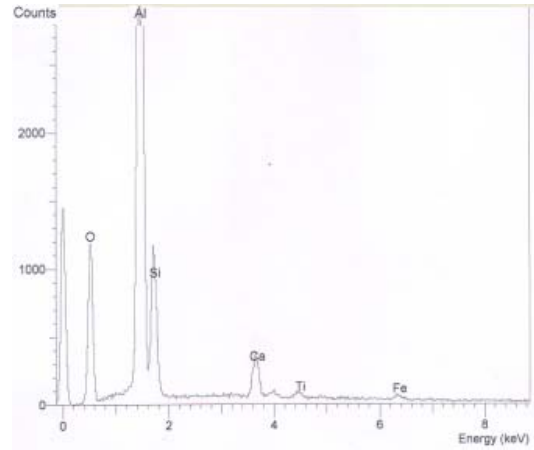


Figura 4. Concreto Refratário. EDS no Ponto destacado da Figura 3

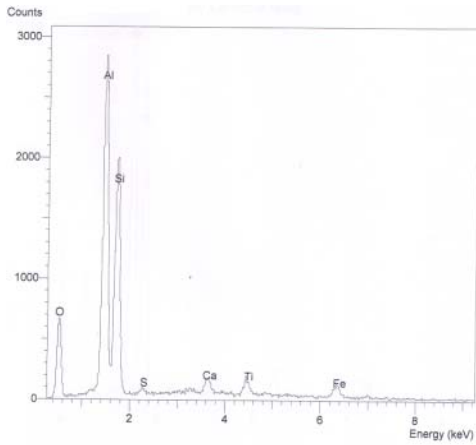


Figura 2. Argamassa. EDS no Ponto destacado da Figura 1.

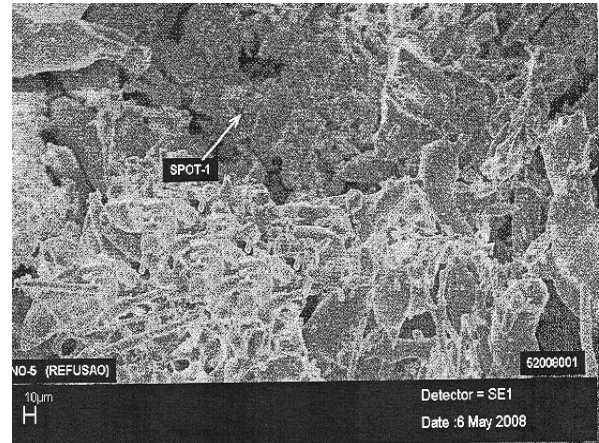


Figura 4. Escória. Imagem Microscopia eletrônica de varredura 300X, 06/05/2008



Figura 3. Concreto Refratário. Imagem Microscopia eletrônica de varredura 300X, 06/05/2008

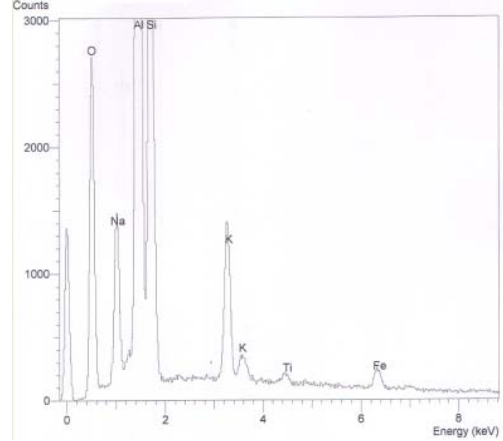


Figura 5. Escória. EDS no Ponto destacado da Figura 4



Figura 6. Cadinho do filtro usado. Imagem Microscopia eletrônica de varredura 300X, 06/05/2008

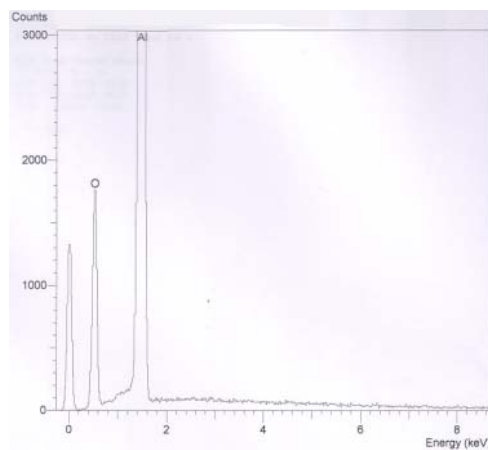


Figura 9. Meio filtrante. EDS no Ponto destacado da Figura 8

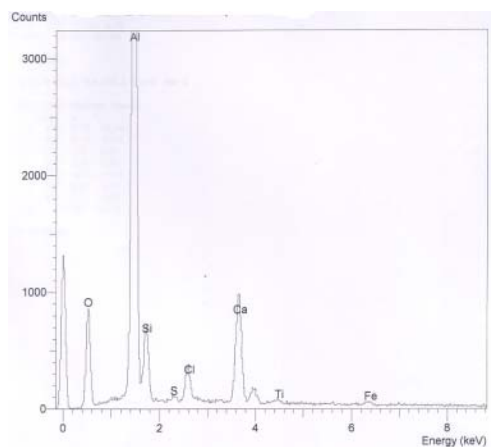


Figura 7. Cadinho do filtro usado. EDS no Ponto destacado da Figura 6.

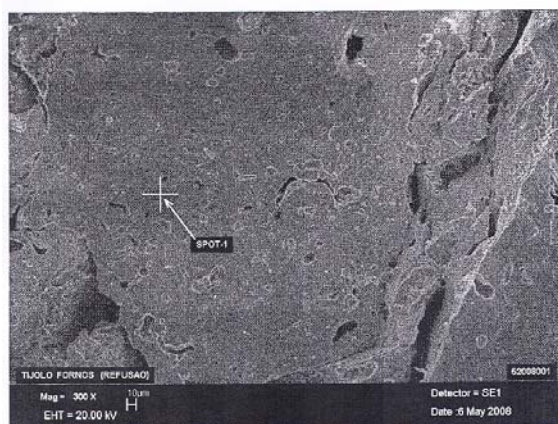


Figura 10. Tijolo refratário. Imagem Microscopia eletrônica de varredura 300X, 06/05/2008

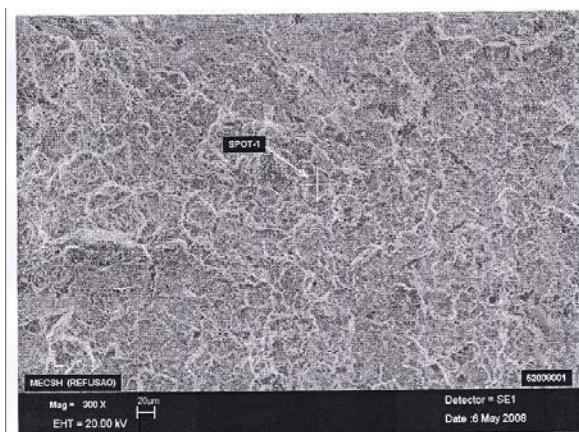


Figura 8. Meio filtrante. Imagem Microscopia eletrônica de varredura 300X, 06/05/2008

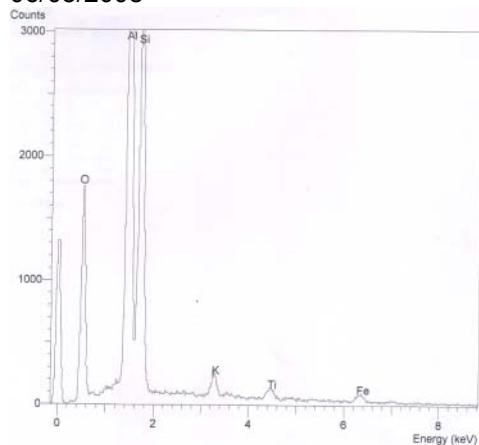


Figura 11. Tijolo refratário. EDS no Ponto destacado da Figura 10

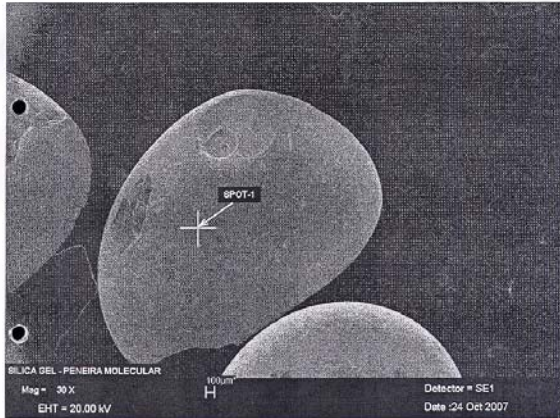


Figura 12. Peneira Molecular. Imagem Microscopia eletrônica de varredura 300X, 06/05/2008

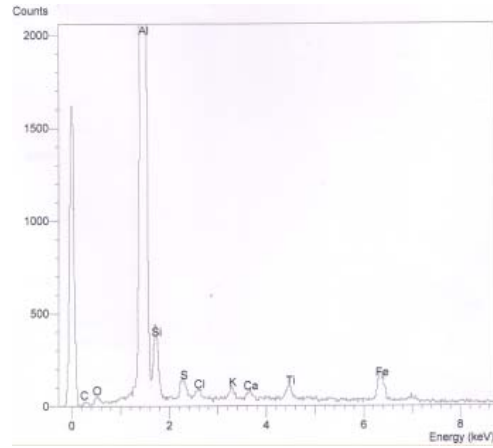


Figura 15. Material flutuante no filtro. EDS no Ponto destacado da Figura 14

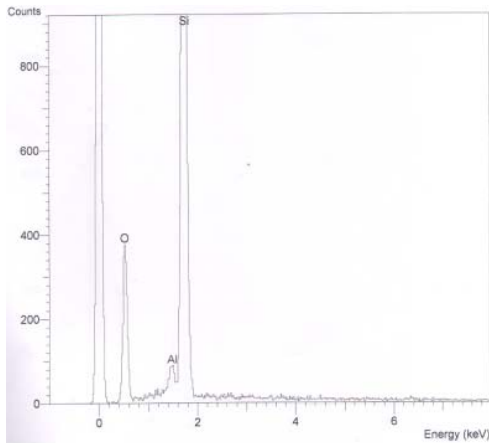


Figura 13. Peneira Molecular. EDS no Ponto destacado da Figura 12.

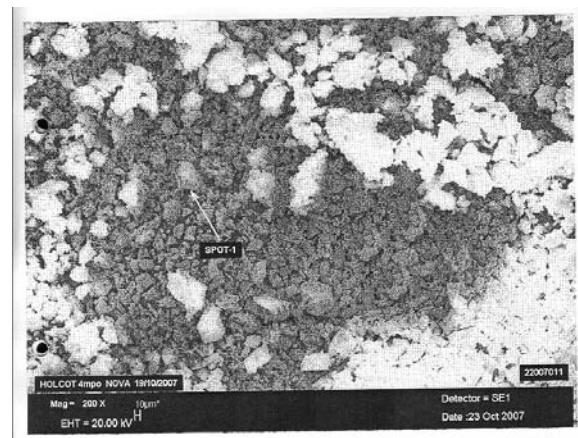


Figura 16. Tintura de refratário virgem. Imagem Microscopia eletrônica de varredura 300X, 06/05/2008

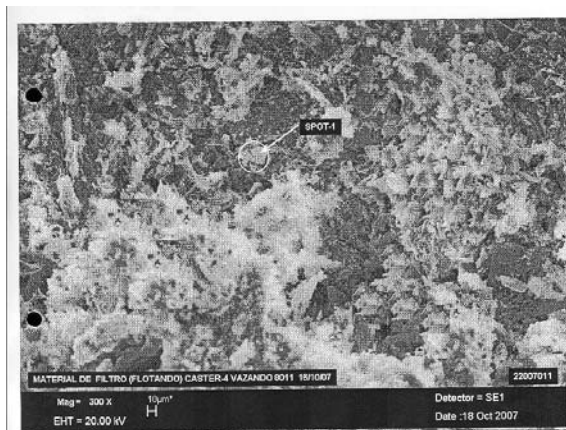


Figura 14. Material flutuante no filtro. Imagem Microscopia eletrônica de varredura 300X, 06/05/2008

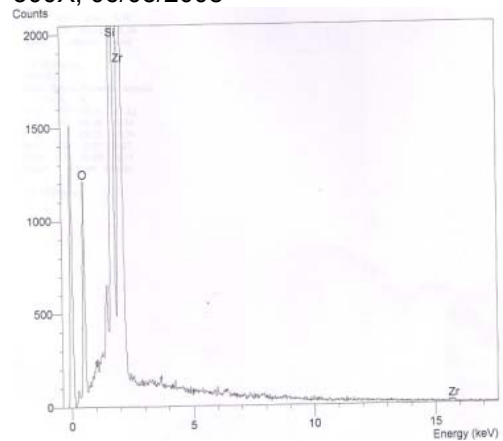


Figura 17. Tintura de refratário virgem. EDS no Ponto destacado da Figura 16

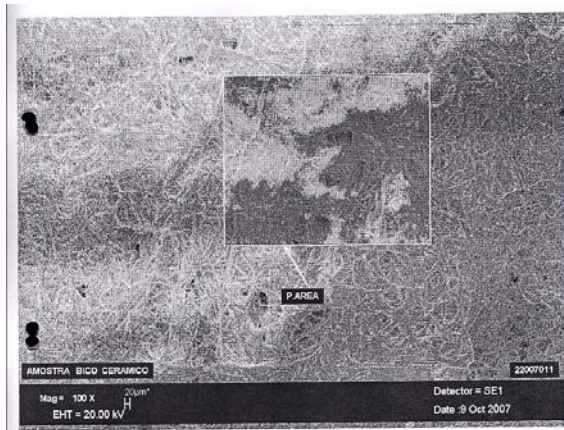


Figura 18. Bico cerâmico. Imagem Microscopia eletrônica de varredura 300X, 06/05/2008

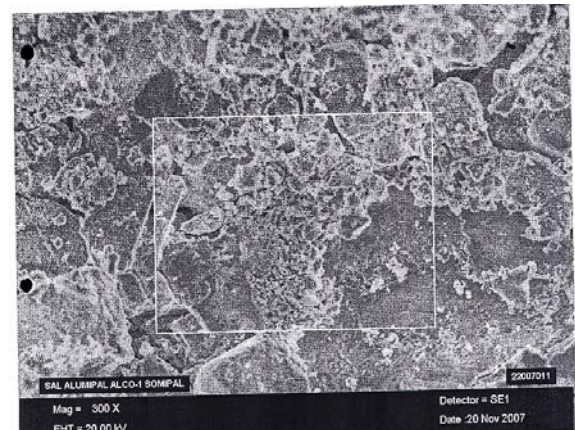


Figura 20. Sal. Imagem Microscopia eletrônica de varredura 300X, 06/05/2008

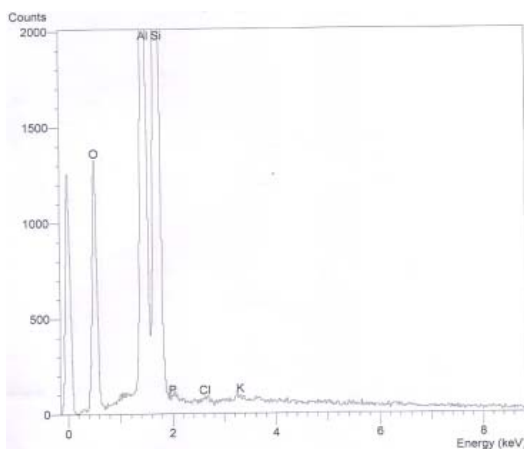


Figura 19. Bico Cerâmico. EDS no Ponto destacado da Figura 18.

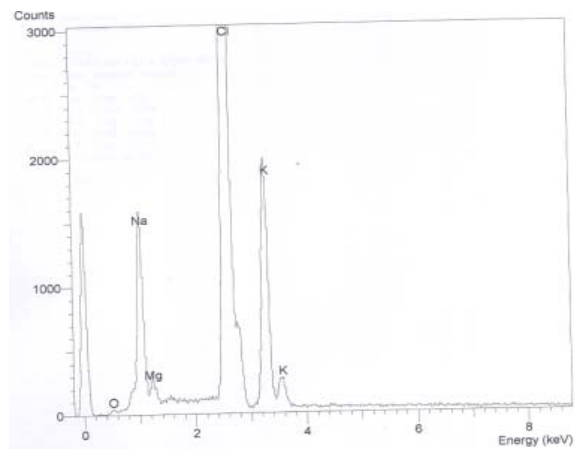


Figura 21. Sal. EDS no Ponto destacado da Figura 20

4 DISCUSSÃO

O conjunto de dados tem sua importância melhor demonstrada quando uma verificação prática é apreciada, dessa forma, um estudo de caso que demonstra a utilização dessas informações é apresentado.

4.1 Estudo de Caso

Neste tópico um exemplo prático de aplicação é discutido.

Uma bobina de folha de alumínio laminada a frio para a espessura final de aproximadamente 6.0 μ m sofreu rompimento durante o processo. Na região da quebra foi detectado na superfície da folha faixas de coloração branca. A Figura 22 corresponde a uma amostra que caracteriza o defeito.



Figura 22. Folha de alumínio de espessura 6,3 μ m, apresentando defeito superficial caracterizado por uma faixa branca que se estende ao longo do sentido de laminação e cuja largura é de 2,66mm, 13/04/2008.

Análises de microscopia eletrônica e EDS foram realizadas, as Figuras 23 e 24 exibem os resultados obtidos. A Figura 19 é repetida ao lado da 24 a fim de facilitar a análise comparativa.

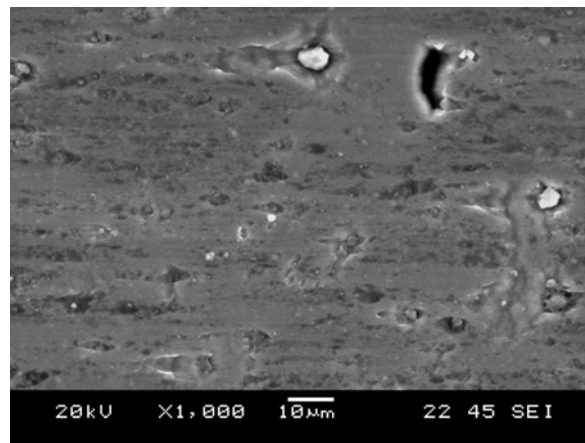


Figura 23. Folha de alumínio de 6,3 μ m. Imagem Microscopia eletrônica de varredura, 1000X sobre a região afetada, 10/04/2008.

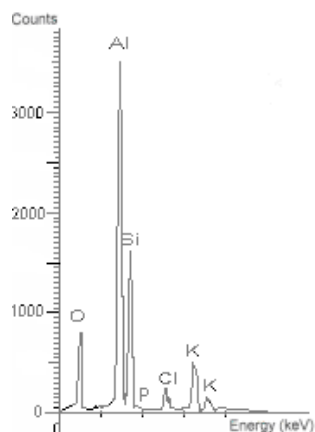


Figura 24. Espectro da Folha de alumínio de 6,3 sobre as inclusões na amostra (EDS).

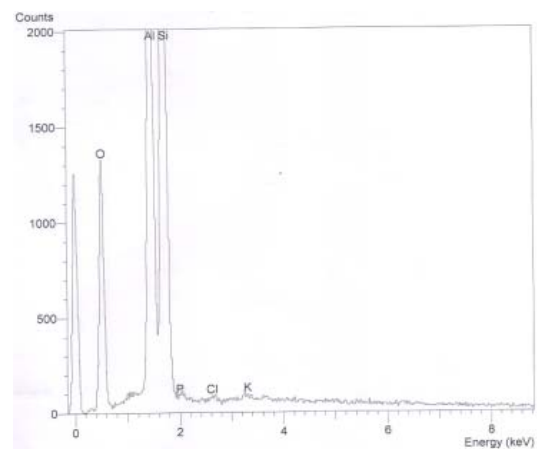


Figura 19. Bico Cerâmico. EDS no Ponto destacado da Figura 18

É fácil concluir que as inclusões encontradas na amostra são compostas de material cerâmico oriundo do bico cerâmico, permitindo atuação eficaz a fim de evitar a reincidência do problema.

5 CONCLUSÃO

A identificação exata das inclusões encontradas em amostras de folhas de alumínio só se torna fidedigna quando existe, por parte do analista, profundo conhecimento dos tipos de materiais que permeiam o universo em que as amostras estão inseridas.

Os resultados deste trabalho, tabelas e figuras, podem desempenhar um papel importante, no sentido de auxiliar o pesquisador a emitir um diagnóstico com precisão. Em alguns casos, a identificação da inclusão presente na amostra pode não ser tão direta devido ao fato de tratar-se de mais de um material ou apresentar determinado material contaminado com escória. Nestes casos, o espectro resultante será a soma dos espectros dos materiais envolvidos. Porém o analista experiente consegue interpretar quando há uma superposição de espectros com facilidade.

Os dados apresentados podem ser utilizados para estimar a causa do defeito em outras fábricas que empregam o mesmo processo de fabricação de folha fina, porém recomenda-se a criação de um banco de dados próprio, o qual irá apresentar as contaminações características do ambiente.

As expectativas para os próximos trabalhos incluem a ampliação do banco de dados contemplando outros materiais que entram em contato com o alumínio, bem como adicionar a esses dados uma descrição a nível de microscopia óptica de como cada um desses materiais se apresenta inserido no alumínio, de forma a permitir a identificação incipiente do defeito.

Agradecimentos

A Alcoa Alumínio S.A.

Em particular a Getulio Sena e;

Em especial a Eider Simielli, Eugênio Liborio e Paulo Nakamichi pelo apoio e por acreditarem no trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 TOMA, HENRIQUE. O mundo Nanométrico, Editora S.A., 2002.
- 2 ASTM E 3 – 01 Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens, 2007
- 3 ASTM E 407 – 07 Standard Practice for Microetching Metals and Alloys
- 4 ABNT NBR 6834:2006 Alumínio e suas ligas – Classificação da composição química.
- 5 GOLDSTEIN, JOSEPH. I.; NEWBURY, DALE. E.; ECHLIN, PATRICK. Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis. 2^o Ed. Plenum Press, New York, 1992