

FUNDAMENTOS EM REFRATÁRIOS PARA CONTATO COM ALUMÍNIO LÍQUIDO

C. S. Bitencourt⁽¹⁾, B. H. Teider⁽²⁾, J. B. Gallo⁽²⁾, V. C. Pandolfelli⁽¹⁾

**Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Departamento de Engenharia de
Materiais - DEMa, Caixa Postal 676, CEP 16565-905, São Carlos – SP**

celina_ufscar@yahoo.com.br

(1) Grupo de Engenharia de Microestrutura de Materiais (GEMM)

(2) Alcoa Alumínio S.A.

RESUMO

Evitar incidentes, minimizar custos, manter um processo industrial contínuo e reprodutível são objetivos que, na indústria do alumínio, são muito dependentes das características de durabilidade dos revestimentos refratários usados ao longo de toda a cadeia produtiva do metal. Assim, o desejo de prolongar a vida útil e reduzir a probabilidade de falha desses materiais implica na necessidade de compreender todos os aspectos que determinam a degradação de suas propriedades, desde suas características físico-químicas até as características do meio que o circunda. Neste trabalho, por meio da consulta à literatura disponível, é feita uma revisão sobre os principais mecanismos de degradação que atuam em refratários para contato com alumínio líquido, buscando discernir quais condições são necessárias para que ocorram, como identificá-los e quais características dos revestimentos refratários podem ajudar a preveni-los. Tal conhecimento propiciará uma visão mais objetiva do caminho para sua otimização, além de uma noção mais realista de durabilidade.

Palavras-chave: refratários, alumínio, degradação, termodinâmica, microestrutura

INTRODUÇÃO

Indispensáveis em inúmeros setores industriais, as cerâmicas refratárias foram sendo desenvolvidas ao longo dos séculos na busca pela maximização das suas propriedades de resistência mecânica e química, pela extensão da sua vida útil e pela redução da tolerância com relação a falhas e incidentes. Na produção do alumínio, um dos mais agressivos ambientes de trabalho para esses materiais é encontrado nas etapas do processo em que há o contato direto com o metal liquefeito (em cubas, calhas, fornos, etc.), onde as seguintes condições podem ser observadas:

- Temperaturas elevadas, entre 600 e 1500°C;
- Grandes gradientes de temperatura ao longo do revestimento cerâmico;
- Metal em movimento ou estático, e cujo nível pode variar com o tempo;
- Operações agressivas (escumagem, limpeza, carregamento de metal, etc.);
- Infiltração do meio externo (atmosfera, metal, fluxos, etc.) pelo revestimento;
- Condições de trabalho praticamente estacionárias ou muito oscilantes.

Em meio a ambientes tão complexos, diversos mecanismos de degradação atuam simultaneamente sobre o refratário, sendo possível agrupá-los da seguinte forma:

- Degradação mecânica: causada pelas tensões externas impostas ao revestimento e pela erosão devida à própria velocidade do metal líquido;
- Degradação química: resultante da reatividade entre o refratário, o metal, o banho, a atmosfera, aditivos e quaisquer outros agentes externos; e
- Degradação física: causada principalmente pelas variações volumétricas decorrentes de choques térmicos, transformações de fase e reações químicas.

Neste trabalho, alguns conceitos básicos da Termodinâmica e da Cinética Química, bem como da microestrutura cerâmica, serão revisados com o intuito de compreender mais a fundo as causas e a evolução dos mecanismos de degradação físico-químicos, bem como os métodos que objetivam evitá-los ou minimizá-los.

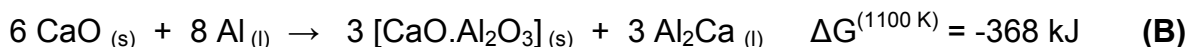
CONCEITOS TERMODINÂMICOS

Do ponto de vista da Química, a degradação do revestimento seria governada pela composição do refratário, dos agentes externos, como o metal e a atmosfera, e dos produtos das reações que ocorrem entre eles. Considerando a maioria dos

refratários como compostos por óxidos metálicos (MO_x), uma das possíveis reações entre esses e o alumínio líquido poderia ser descrita por meio da seguinte equação⁽¹⁾:



A probabilidade de que a reação acima se efetue, para uma dada temperatura, poderia ser avaliada pelo uso das difundidas séries eletroquímicas de elementos^(1,2), as quais mensuram o potencial de oxidação dos elementos pela variação da energia livre de Gibbs (ΔG). Porém, a utilidade de tais séries se mostra limitada. Primeiro, porque seus valores muitas vezes são calculados com base em sistemas sob condições ideais, o que pode levar a diferenças significativas entre a teoria e o que se observa na realidade. Segundo, porque a possibilidade da formação de espécies mais complexas nem sempre é prevista por tais séries. Um caso que se destaca é o do óxido de cálcio (CaO) que, de acordo com as séries eletroquímicas, não deveria ser reduzido pelo alumínio metálico por ser mais estável que a alumina (Al_2O_3). No entanto, vários estudos já atestaram a ocorrência da reação apresentada em (B), na qual o óxido de cálcio acaba sendo reduzido pelo alumínio a temperaturas relativamente baixas, da ordem de 800°C , formando a fase intermetálica Al_2Ca ^(1,2).

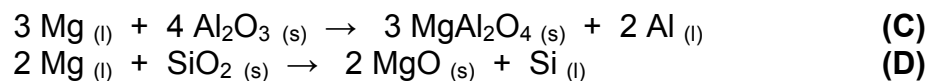


Com a evolução dos *softwares* de simulação termodinâmica nas últimas décadas, muitas das deficiências das séries eletroquímicas prometem ser sanadas, permitindo que a Termodinâmica venha a ser efetivamente uma ferramenta aplicada no dia a dia. Ainda assim, as séries eletroquímicas ao menos já se mostram suficientes para sinalizar as espécies susceptíveis à degradação pelas ligas de alumínio, como nos casos da sílica e da alumina.

O alumínio metálico reduz a sílica causando uma contração volumétrica da ordem de 26%⁽¹⁾ (alguns autores indicam valores de até 35%⁽²⁾). No entanto, ainda que gere contração ao invés de expansão, essa reação também resulta em termoclase estrutural, o que, segundo Siljan⁽¹⁾, seria uma consequência do acúmulo do coríndon produzido (alumina alfa) nos poros do refratário e da sua cristalização preferencial no sentido perpendicular ao gradiente térmico, ou mesmo devido à própria retração da peça

refratária. E não apenas a sílica livre, mas também todas as suas formas alotrópicas e compostos, como a mulita e a cordierita, são instáveis na presença do alumínio fundido, reagindo com o mesmo a taxas semelhantes^(1,2).

Tanto a sílica como a alumina, como se apresenta em (C) e (D)^(1,2), reagirão intensamente com o magnésio, um elemento que pode estar presente em teores de até 10% em peso em certas ligas de alumínio⁽⁴⁾. Porém, ao invés de MgO, a reação (C) indica a formação de um espinélio de magnésio e alumínio, o MgAl₂O₄.



Essa reação causa uma expansão volumétrica da ordem de 17%, provocando termoclase estrutural e, conseqüentemente, diminuindo a resistência mecânica e facilitando a infiltração de mais metal através das trincas formadas⁽¹⁾. Já na reação (D), estaria ocorrendo uma retração volumétrica de 57%⁽²⁾, aumentando a porosidade do revestimento e, novamente, incentivando a infiltração do metal.

No caso das reações que resultam na formação de silício metálico, outro agravante é que esse último, ao se solubilizar na liga metálica, causa a redução pontual da sua viscosidade, facilitando sua percolação pelo revestimento⁽⁵⁾. Além disso, esse enriquecimento em silício costuma ser indesejável para as propriedades da liga, e o refratário, em tese, nunca deve interferir na composição do metal.

Assim, em vista dessas reações, pode-se concluir que os refratários silico-aluminosos e de alta-alumina, os mais usados pela indústria do alumínio na atualidade, já serão termodinamicamente instáveis frente às ligas liquefeitas desse metal^(1,2), as quais se tornam ainda mais agressivas quando enriquecidas em elementos de natureza redutora, como o magnésio⁽¹⁾. Apesar disso, esses refratários continuam a ser preferidos em razão do seu baixo custo, da sua grande oferta no mercado e das suas boas propriedades térmicas e mecânicas^(1,2). Óxidos refratários como a ítria (Y₂O₃), a badeleita (ZrO₂) e o periclásio (MgO) poderiam atingir excelentes desempenhos para a indústria do alumínio, mas, atualmente, seus custos os inviabilizam e, no caso do periclásio, ainda há o problema da hidratação^(6,7).

Porém, outra alternativa que apresentaria superior resistência à reação com as ligas de alumínio seriam os refratários ditos espinelizados, que são compostos pelo

espinélio MgAl_2O_4 , formado em (C). Em estudo realizado por Gebhardt e Boymanns⁽⁶⁾, além da resistência ao ataque do metal, tijolos desse material apresentaram resistência ao ataque pelo banho de criolita, o que o torna uma opção interessante para o revestimento de cubas eletrolíticas. Porém, deve-se mencionar que outras características também contribuíram para alcançar tal desempenho, como redução do teor de sílica na composição ($< 0,2\%$ em massa) e do tamanho de poros ($< 2 \mu\text{m}$).

Formação do Coríndon

Os subprodutos da degradação do refratário e da oxidação do metal podem dar origem ao chamado cogumelo de coríndon, estrutura constituída basicamente por uma matriz de alumina encharcada pelo metal^(1,4,7). Esse cogumelo cresce com a evolução da degradação, podendo esse crescimento ser externo ou interno ao refratário.



Figura 1. Ilustração da região de um forno de fusão denominada *belly band*⁽³⁾, indicada pela seta, e um caso real da formação de coríndon externo⁽²⁾.

O crescimento externo do coríndon ocorre na interface entre o refratário, o metal e a atmosfera ambiente, a chamada *belly band* (Figura 1)^(1,8), que costuma ser a região mais atacada em todo o revestimento cerâmico^(1,2). Sendo poroso, o cogumelo acaba agindo como uma esponja⁽¹⁾, absorvendo mais metal e criando uma maior área de contato entre esse, a atmosfera e o refratário, acelerando a degradação do último. Porém, o efeito esponja também pode ser causado pelas reações entre o metal e o refratário que geram contração de volume, permitindo que o metal liquefeito seja sugado até pontos bem acima da linha da *belly band* ⁽¹⁾.

A formação do coríndon externo é favorecida por temperaturas altas, pressões parciais de oxigênio elevadas, pela presença de sílica e criolita no metal e também por um conjunto de reações conhecido como processo DIMOX (*Direct Metal Oxidation Process*)^(1,8,9). Tal processo é decorrente da presença do magnésio como elemento de

liga e resulta num cogumelo composto por camadas de óxidos e espinélio de magnésio e alumínio^(1,5,9). Na ausência do magnésio, a oxidação superficial do metal formaria uma camada de óxido praticamente impermeável aos gases, reduzindo sensivelmente a taxa de oxidação e, assim, dificultando a formação do cogumelo⁽⁵⁾.

A presença do córindon externo leva à perda da capacidade volumétrica dos fornos⁽⁵⁾, sendo necessário retirá-lo periodicamente por meios mecânicos (que podem danificar o refratário) ou pelo uso de agentes fluxantes⁽⁴⁾. Além disso, ele reduz a eficiência térmica dos fornos e, devido ao seu peso, instabiliza a estrutura do refratário na região sobre a qual se forma⁽⁹⁾.

Já o córindon interno é identificado como uma camada escura no interior do revestimento⁽⁵⁾. Seu crescimento pode ocorrer como resultado da redução dos óxidos refratários pela liga de alumínio infiltrada nos poros e falhas do revestimento, ou devido à oxidação direta da liga pelo ar que também permeia o refratário^(1,5). Essas reações promoveriam a formação de microtrincas na estrutura, levando a mais infiltrações⁽⁵⁾. Contribuem para o desenvolvimento do córindon interno os seguintes fatores:

- Redução da pressão parcial de oxigênio na atmosfera^(1,9);
- Temperaturas elevadas⁽¹⁾;
- Aumento da temperatura de pré-queima do refratário⁽¹⁾, pois isso leva ao aumento do tamanho dos poros, facilitando a infiltração do metal;
- Presença de sais como criolita (Na_3AlF_6)⁽¹⁾;
- Presença de magnésio na liga, pois ele reduz a tensão superficial do metal líquido, aumentando a molhabilidade entre esse e o refratário⁽⁵⁾; e
- Presença de elementos de liga que reduzem a viscosidade do metal, como o silício⁽⁵⁾.

CONCEITOS CINÉTICOS

A cinética de degradação dos refratários é afetada por três fatores principais: temperatura, concentração dos reagentes e superfície de contato. O aumento da temperatura sempre favorecerá a aceleração da degradação^(1,2), visto que outras reações (com energia de ativação superior) passarão a ocorrer, e que as mesmas se tornam mais freqüentes à medida que aumenta o grau de agitação do meio

(principalmente caso alguma fase venha a se fundir). Quanto à concentração dos reagentes, os mais preocupantes são os que apresentam maior reatividade, como as fases amorfas presentes no refratário^(1,5,8,10), os elementos redutores presentes no metal, e as impurezas provenientes de ambos (as quais podem formar fases amorfas, ou até dificultar o estabelecimento da camada de óxido protetora sobre o refratário⁽¹⁾).

O aumento da superfície de contato entre os reagentes também acelera a degradação e, por esse motivo, a matriz do refratário, constituída por partículas finas e pela porosidade, é a região do revestimento que se deteriora mais rapidamente⁽¹⁾. Porém, a efetiva influência da área superficial dependerá diretamente da condição de molhabilidade na interface sólido-líquido, sendo que a molhabilidade ocorre quando o ângulo de contato metal-refratário (θ) torna-se inferior a 90° , como ilustra a Figura 2. Como fatores que favorecem a redução desse ângulo destacam-se o aumento da temperatura do metal e o aumento do tempo de exposição do refratário ao metal (denominada molhabilidade reativa)⁽¹⁰⁾. Já a oxidação da superfície do metal líquido (ao redor da gota na Figura 2, por exemplo) levará à redução da molhabilidade quanto mais espessa for essa camada oxidada⁽¹⁰⁾.

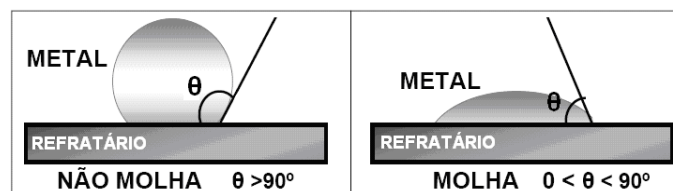


Figura 2. Comportamento do ângulo de contato entre metal e refratário⁽³⁾.

Assim, mesmo que as reações químicas sejam favoráveis e mesmo que exista um contato direto entre refratário e metal, ainda é necessário que o último efetivamente molhe a superfície do revestimento para que o processo degradativo se desenvolva (embora a molhabilidade, como fator isolado, não cause qualquer degradação)^(1,7,10). Portanto, reduzir a molhabilidade seria um método eficaz para minimizar a degradação.

No entanto, em um primeiro momento, tal solução não pareceria viável em razão do alumínio líquido molhar quase todos os óxidos refratários conhecidos, inclusive seu próprio óxido, o espinélio de alumina-magnésio, além da maioria dos nitretos, boretos e carbetos⁽¹⁰⁾. Com isso, a alternativa encontrada é a de incrementar a composição do

refratário com os chamados agentes *anti-wetting* (anti-molhantes)^(1,5,7,8,10,11), que seriam capazes de reduzir o ângulo de contato entre o metal líquido e o refratário. Como exemplos dessas substâncias, podem ser citados o fluoreto de cálcio (CaF_2), o sulfato de bário (BaSO_4), o fluoreto de alumínio (AlF_3) e a zircônia (ZrSiO_4), sendo os dois primeiros alguns dos mais aplicados e estudados^(5,8,11).

Como consequência da menor molhabilidade, os agentes *anti-wetting* reduzem a infiltração e a aderência do metal, assim como a formação e o crescimento do coríndon (interno ou externo) na estrutura do revestimento^(5,8). No entanto, os mecanismos de ação dessas substâncias ainda não estão muito bem esclarecidos^(5,11).

Em estudo realizado por Afshar e Allaire⁽¹¹⁾, cogita-se que o BaSO_4 reagiria com as partículas finas de sílica e alumina para formar aluminossilicatos de bário entre 900 e 1200°C, reduzindo o teor de sílica disponível para reagir com o metal. Já com o CaF_2 , a sílica seria consumida para formar anortita. Porém, a eficácia desses aditivos mostrou-se muito dependente da temperatura de queima e de uso do refratário, pois o BaSO_4 se decompõe a 1100°C, e o CaF_2 , a 1250°C, temperaturas já muito inferiores aos mais de 1400°C que os fornos de fusão da atualidade podem atingir^(1,5,8,9,12).

Ainda assim, em um trabalho desenvolvido por Lecointe⁽⁵⁾, avaliou-se por meio de *cup tests* a atuação do BaSO_4 e do CaF_2 em concretos de baixo cimento a 900 e 1200°C, e pode-se verificar que, para ambas as temperaturas, o desempenho das amostras aditivadas foi muito superior ao das isentas desses agentes, mesmo quando se acrescentava microsílica à composição do refratário. Já na comparação entre os aditivos, a eficiência do fluoreto de cálcio foi superior à do sulfato de bário para as duas temperaturas e, portanto, como já havia concluído Meunier e Pagnier⁽⁸⁾, o CaF_2 seria mais eficiente para prevenir a formação e o crescimento do coríndon.

A MICROESTRUTURA DO REFRAATÁRIO E A INFILTRAÇÃO DO METAL

Pelos mecanismos de degradação revisados até o momento, já é possível concluir que apenas o uso de espécies refratárias estáveis frente ao alumínio e suas ligas não é o bastante para evitar que a degradação do revestimento se processe. Para o desenvolvimento do cogumelo de coríndon, por exemplo, é suficiente que o metal molhe e se infiltre pelo revestimento, e no caso do metal percolá-lo por completo,

atingindo a camada isolante, toda a resistência química do refratário denso não terá qualquer valia.

A infiltração do metal é controlada principalmente pelas características da microestrutura do refratário, que já começam a ser definidas em sua etapa de formulação. Nessa etapa, em geral, é desejável que ocorra um empacotamento ótimo entre as matérias-primas particuladas, de modo a reduzir a porosidade total e o tamanho dos poros. Ao longo da queima, a formação de fase líquida também promove a redução da porosidade ao incentivar as reações de sinterização e ao preencher os poros. Contudo, se presente em excesso e não estiver solidificada na temperatura de trabalho, a resistência do refratário à penetração e à reação com o metal será reduzida. É o que geralmente ocorre quando da presença de fases de baixo ponto de fusão, como as compostas por sílica e por óxidos de metais alcalinos (como sódio e potássio)

Por outro lado, se seu teor for adequado e sua viscosidade elevada, a fase líquida poderá funcionar como um impermeabilizante, fechando os poros superficiais e dificultando a penetração de agentes degradantes externos, método de ação dos aditivos bloqueantes de poro⁽¹²⁾. Porém, independentemente da sua viscosidade, a fase líquida pode diluir certas substâncias provenientes do meio externo, como sais utilizados como agentes fluxantes e, portanto, não poderia impedir o ataque químico causado pelo uso dos mesmos⁽¹²⁾.

Embora a porosidade total diminua com a sinterização, hoje já é de conhecimento geral que não é ela, mas sim a distribuição de tamanhos de poros que definirá a facilidade de infiltração do metal pelo corpo cerâmico^(1,8,10). Sendo os poros menores mais benéficos para atrasar esse processo, a sinterização pode ser prejudicial caso não reduza a permeabilidade do corpo, pois ela incentiva o crescimento dos poros, assim como dos grãos da estrutura (prejudicando também a resistência mecânica). Portanto, temperaturas e tempos de queima excessivos precisam ser evitados, mas deve-se observar que a sinterização pode prosseguir dependendo de quão elevada for temperatura de trabalho do refratário, conduzindo, conseqüentemente, à perda da sua microestrutura otimizada com o tempo de serviço.

A porosidade aberta e interconectada é a principal via de infiltração do metal pelo revestimento, já que ela permeia toda a sua espessura⁽¹⁰⁾. A extensão da infiltração (I)

com o tempo (t) pode ser expressa pela equação (E) como função da tensão superficial do metal fundido (γ), do ângulo de contato entre o metal e o refratário (θ), da viscosidade do metal (η) e do diâmetro de poro (d) ⁽¹⁰⁾. As variáveis γ , η e θ dependerão principalmente da composição do metal e da temperatura do sistema e, no caso de θ , também da composição do refratário.

$$l = \sqrt{(d\gamma \cos\theta) t / 4\eta} \quad (E)$$

A relevância de alguns desses parâmetros foi avaliada comparativamente por Siljan⁽¹⁰⁾ que, usando valores de γ , η e θ reportados pela literatura e montando gráficos da infiltração em função tempo, conclui que o diâmetro de poro é o fator mais influente sobre a taxa de infiltração do metal pelo refratário, ficando o ângulo de contato em segundo lugar e, em terceiro, a temperatura do metal. Ainda assim, essa equação ainda se encontra aqui em uma forma muito simplificada por não levar em consideração fatos do cotidiano do processo de produção do alumínio, como a mudança da composição do metal com o tempo, a influência dos gradientes de temperatura pelo revestimento, a influência da precipitação de sólidos na viscosidade da liga, entre outros^(9,10). O uso de um único valor de diâmetro de poro já é inconsistente, visto que nos refratários é comum uma ampla distribuição de tamanhos. Em trabalho realizado por Kaptay⁽¹³⁾, partindo-se da teoria clássica de capilaridade, faz-se um interessante desenvolvimento de um modelo matemático semi-empírico, capaz de prever a penetração de um metal líquido (porém inerte) pela porosidade de um refratário.

Assim, o controle da microestrutura se mostra como uma peça indispensável para promover a durabilidade dos refratários, sendo o diâmetro de poro sua característica mais relevante. Pela consulta aos trabalhos de vários autores, o diâmetro de poro máximo apontado como ideal para retardar a degradação dos refratários para contato com alumínio líquido estaria sempre abaixo dos 2 a 3 μm ^(2,5,6,10), devendo ser tão menor quanto menor for a viscosidade da liga de alumínio.

CONCLUSÕES

Pelos conceitos revisados neste trabalho, a compreensão da teoria por trás dos mecanismos de degradação das cerâmicas refratárias, apesar da quantidade e da

complexidade das variáveis envolvidas, mostra-se essencial para nortear e acelerar o desenvolvimento desses materiais. Aliás, a existência de tantas variáveis demonstra suas vantagens ao proporcionar os mais diversos caminhos para se elaborar revestimentos refratários com superior resistência à degradação, permitindo, inclusive, que se encontre o equilíbrio entre custo e benefício mais adequado para cada caso.

Ao longo do andamento da pesquisa, também ficou latente em todas as fontes consultadas o interesse por aprimorar não apenas um, mas todo o conjunto de aspectos relacionados à eficácia do refratário, desde suas características como um material de engenharia, até aspectos como custo, facilidade de aplicação e facilidade para reparos, no que se destaca o crescente interesse pelo uso de concretos em substituição aos tijolos.

REFERÊNCIAS

- ⁽¹⁾SILJAN, O. J. et al. Refractories for molten aluminum contact, Part I: thermodynamics and kinetics. In: UNITECR'01, Cancun, México, 2001, **Anais**, v.1, p.531-550;
- ⁽²⁾TASSOT, P. et al. Refractory concepts and solutions for the aluminum industry. In: 45° International Colloquium on Refractories, Aachen, Alemanha, 2002, **Anais**, p.105-112.
- ⁽³⁾DUARTE, A. et al, Curso de Refratários para a Indústria do Alumínio, 2007;
- ⁽⁴⁾UTIGARD, T. A.; FRIESEN, K.; ROY, R. R.; LIM, J.; SILNY, A.; DUPUIS, C. The properties and uses of fluxes in molten aluminium processing. **Journal of the Minerals, Metals and Materials Society**, v.50, n.11, p.38-43, 1998;
- ⁽⁵⁾LECOINTE, S. et al. New monolithic matrix for modern aluminium furnace linings and new alloy generation. In: UNITECR'01, Cancun, México, 2001, **Anais**, v.3, p.1621-1627.
- ⁽⁶⁾GEBHARDT, F.; BOYMANNS, G. Experiences with the use of magnesia-alumina-spinel bricks in aluminium melting furnaces. **Ceramic News**, v.7, n.2, p.80-81, 2000;
- ⁽⁷⁾REETZ, T., New ceramic materials for the non-ferrous industry. **Ceramic News**, v.7, n.2, p.76-79, 2000;
- ⁽⁸⁾MEUNIER, P.; PAGNIER, S. Testing anti-wetting additives for aluminium contact. In: UNITECR'07, Dresden, Alemanha, 2007;
- ⁽⁹⁾SHUKLA, D. Test methods for modern refractories in contact with aluminium. **Refractories Applications and News**, v.12, n.6, p.23-26, 2007;

⁽¹⁰⁾SILJAN, O. J.; SCHØNING, C. Refractories for molten aluminium contact, Part II: influence of pore size on aluminium penetration. In: UNITECR'01, Cancun, México, 2001, **Anais**, v.1, p.551-571;

⁽¹¹⁾AFSHAR, S.; ALLAIRE, C. Furnaces: Improving low cement castables by non-wetting additives. **J. Miner. Met. Mater. Soc.**, v.53, n.8, p.24-27, 2001.

⁽¹²⁾WYNN, A. M. Testing of castables refractories for resistance to molten aluminium alloys. **Br. Ceram. Trans. J.**, v.91, n.5, p.153-158, 1992;

⁽¹³⁾KAPTAY, G. et al. On different modifications of the capillary model of penetration of inert liquid metals into porous refractories and their connection to the pore size distribution of the refractories. **Metall. Mater. Trans. B**, v.35, n.3, p.471-486, 2004.

FUNDAMENTS IN REFRACTORIES FOR MOLTEN ALUMINUM CONTACT

ABSTRACT

Avoiding incidents, minimizing costs, keeping a continuous and reliable industrial process are objectives which, in the aluminum industry, are dependent of the refractories linings properties used throughout all metal productivity chain. However, the objective to extend the lifetime and reduce the likelihood of the materials failure implies in the need of understanding all the aspects that determine the degradation of its properties, from its physical-chemical characteristics up to the characteristics of the surrounding environment. In this work, consulting the available literature, it will be carried out a review concerning the main degradation mechanisms that act on refractories for molten aluminum contact, attempts to understand which conditions are determinant for these mechanism to occur, how to identify and how the refractories linings features could help to prevent them. This knowledge would provide a more objective view regarding how these materials could be optimized and a more realistic working life.

Key-words: refractories, aluminum, degradation, thermodynamics, microstructure