

TINTA REFRAATÁRIA/ISOLANTE PARA FUNDIÇÃO DE FERRO E AÇO COMPONENTES E APLICAÇÕES

OSMIR ELIAS DA SILVA

Este trabalho têm por objetivo levar às fundições e seus técnicos, informações relacionadas à utilização e aplicação das tintas refratárias, um dos componentes mais importantes no processo de fundição de peças em ferro e aço.

A elaboração deste trabalho foi baseada nas experiências diárias em laboratório e nas fundições e através de pesquisa bibliográfica em livros e revistas.

Os resultados estão relacionados ao desempenho das tintas em evitar a penetração metálica, melhorar o acabamento superficial da peça, reduzir e/ou eliminar veiaamentos, reduzir tempo de jato e mão de obra de rebarbação e reduzir defeitos superficiais ligados à expansão dos grãos de sílica, proporcionando às fundições aumento na produtividade.

1. Tinta 2.Refratária 3.Isolante

V Seminário de Fundição
17,18 e 19 de Maio de 2004, em Salvador-BA

Diretor Técnico – Profusa Produtos para Fundição Ltda

São diversas as razões para o uso de tintas em moldes e machos. Duas propriedades afetam o acabamento superficial da peças.

1º) Permeabilidade da Mistura de Areia

Uma cobertura refratária de granulometria mais fina que a camada de areia, é aplicada sobre a superfície do molde ou macho, reduzindo assim a permeabilidade, oferecendo uma maior resistência à penetração do metal.

2º) Refratariedade

Em contato com o metal líquido o material utilizado nos machos e moldes, sendo de baixa refratariedade pode ter seu ponto de fusão ultrapassado, originando defeitos como inclusões não metálicas, bolhas de gás, acabamento superficial pobre, etc.

Deve-se aplicar uma tinta refratária com a finalidade de melhorar a refratariedade da superfície do molde e/ou macho.

OBJETIVOS DE UMA TINTA REFROTÁRIA DE FUNDIÇÃO

- 1) Evitar a penetração metálica;
- 2) Melhorar o acabamento superficial da peça;
- 3) Reduzir e/ou eliminar veiaamentos;
- 4) Reduzir tempo de jato e mão de obra de rebarbação;
- 5) Reduzir defeitos superficiais ligados à expansão dos grãos de sílica.

Os desenvolvimentos mais recentes tem como objetivo chegar a produtos com menor geração de gases. Seguindo os caminhos abaixo:

- A) Forte isolação térmica e com isto um retardamento da passagem de calor;
- B) Alto grau de deformação a elevadas temperaturas.

COMPOSIÇÃO BÁSICA

I) CARGAS MINERAIS REFROTÁRIAS

Classificação

- A) Materiais contendo carbono: grafite e coque moído.
- B) Silicatos: silicato de zircônio, silicato de magnésio e silicato de alumínio.
- C) Óxidos: óxido de magnésio, dióxido de silício e óxido de alumínio.

Refratário

- 1- Tipo de metal fundido
- 2- Temperatura de fusão (mínimo – máximo)
- 3- Geometria
- 4- Resistência do refratário
- 5- Característica de desprendimento
- 6- Condutividade térmica do refratário
- 7- Expansão e contração térmica
- 8- Característica de aplicação
- 9- Custo
- 10- Toxicidade do refratário
- 11- Uniformidade do refratário
- 12- Permeabilidade

As propriedades físicas e químicas do refratário determinarão a efetividade da tinta. Na seleção do material refratário, deve-se considerar os seguintes pontos:

- 1) Tamanho e forma das partículas;
- 2) Densidade;
- 3) Refratariedade;
- 4) Expansão térmica;
- 5) Reatividade química do refratário com o metal vazado ou a areia base;
- 6) Custo.

1) Tamanho e Forma das Partículas

Quanto mais finas, mais fácil será mantê-las em suspensão. Por outro lado, se houver excesso de material fino, a maior parte desaparecerá entre os grãos de areia, provocando uma cobertura pobre e em consequência prejuízo no acabamento superficial da peça.

A forma das partículas também influenciam na qualidade da tinta.

2) Densidade do Refratário

Esta característica é a que rege a quantidade de agente de suspensão.

3) Refratariedade

O ponto de fusão do refratário deve ser maior que a temperatura de fusão do metal; caso contrário, a fusão superficial conduzirá à graves defeitos de penetração e sinterização.

4) Expansão Térmica

Para se reduzir a possibilidade da tinta se destacar ou ser lavada durante o vazamento, a diferença de expansão entre a tinta e o material do molde ou macho deve ser contornada utilizando-se tintas com estrutura lamelar, combinada com isolamento térmica e minerais com baixa condutividade térmica. Com isto a transmissão de calor é retardada para dentro do material do molde/macho e não ocorre pressão da expansão da sílica sobre uma casca de tinta externa enfraquecida.

Desvantagens: elevada evolução de gases e em temperaturas elevadas forma-se sinterização.

5) Reatividade Química do Refratário com o Metal Vazado ou a Areia Base

Para eliminar a reação metal-molde, o material refratário deve ser quimicamente inerte ao material base do molde e ao metal.

No caso de aço manganês, se tira proveito da reação entre a tinta de magnesita e a areia base.

6) Custos

A escolha dos componentes de uma tinta, tem que se suportar na possibilidade de aquisição em caráter contínuo e a um preço conveniente.

Características dos Refratários

Refratário	Densidade	Ponto Fusão °C	Formato Grão	Composição
Grafite	2,2	1600 – 3000	Irregular/Angular Lamelar	70% C
Coque	1,9 – 2,0	> 1700	Irregular	90% C
Caulim	2,65	1700	Lamelar	Al ₂ [(OH) ₄ / Si ₂ O ₅]
Pirofilita	2,8	1700	Lamelar/Angular	Al ₂ [(OH) ₂ / Si ₂ O ₅]
Talco	2,8	1000	Lamelar	Mg ₃ [(OH) ₄ / Si ₂ O ₅]
Mica	2,85	900	Lamelar	KAl ₂ [(OH) ₂ / AlSi ₃ O ₁₀]
Zirconita	4,6	2200	Irregular/Angular	ZrSiO ₄
Olivina	3,2	1750	Irregular/Angular	Mg ₂ SiO ₄
Mulita	3,16	1600	Irregular/Angular	3Al ₂ O ₃ 2SiO ₂
Chamote	2,6	1700	Irregular	Al ₂ O ₃ SiO ₂
Quartzo	2,6	1700	Angular	SiO ₂
Magnesita	3,6	2800	Angular	MgO
Corundum	3,9	2050	Irregular	Al ₂ O ₃
Cromita	4,0	> 1600	Irregular	Al ₂ O ₃ .CrO ₃ .FeO

Propriedades dos Refratários

Refratário	Resistência a Penetração Metálica	Características de Desprendimento	Condutibilidade Térmica
Mica	Discreta	Excelente	Muito Baixa
Talco	Discreta	Boa	Baixa - Moderada
Coque	Discreta	Boa	Alta
Grafite	Discreta - Boa	Excelente	Alta
Sílica	Discreta - Boa	Discreta	Boa - Moderada
Olivina	Discreta - Boa	Escasso	Moderada
Pirofilita	Discreta - Boa	Boa	Baixa
Mulita	Boa	Discreta	Moderada
Alumina	Boa - Excelente	Boa - Discreta	Moderada - Alta
Zirconita	Boa - Excelente	Muito Boa	Alta
Magnesita	Boa - Excelente	Discreta - Escasso	Moderada - Alta

Componentes Refratários em Tintas para Fundição

Talco – é um silicato estratificado, com alto teor de magnésio.

Composição Química: MgO – 31,9%, SiO₂ – 63,3%, H₂O – 4,8%

Os talcos estratificados possuem textura lamelar e são utilizados em tintas pela sua ação isolante, mas devido ao seu baixo ponto de sinterização é acompanhado de outros materiais refratários.

Pirofilita – é um silicato de alumínio estratificado de textura lamelar.

Composição Química: Al₂O₃ – 28,3%, SiO₂ – 66,7%, H₂O – 5%

As pirofilitas com qualidade refratária devem possuir baixo teor de metais alcalinos.

Mica – é um silicato de alumínio estratificado de textura lamelar.

Composição Química: SiO₂ – 50%, Al₂O₃ – 32%, Fe₂O₃ – 2%, K₂O – 9%, Na₂O – 2%
Perda ao Fogo – 5%

As micas são muito resistentes à temperatura e pode ser submetida a choques térmicos sem sofrer alterações físicas ou químicas. Sua estrutura em forma de lamelas, mesmo quando em camadas finas, permite que ela atue como uma barreira na interface com o metal fundido.

Silicato de Zircônio – material de alta refratariedade, com ponto de fusão em torno de 2.200°C. Possui baixa reatividade com o metal fundido e boa resistência à molhabilidade.

Composição Química: ZrO₂ – 65,6%, SiO₂ – 32,1%, Al₂O₃ – 0,9%, TiO₂ – 0,5%, Fe₂O₃ – 0,2%, Outros – 0,7%

Olivina – é um silicato de magnésio, de fórmula química Mg₂SiO₄, na qual parte do magnésio pode ser substituída por ferro.

Quando o teor de magnésio está no máximo atinge-se a fusão a 1890°C.

As olivinas para aplicação em tintas são especificadas com um máximo de 8% de ferro, o que leva o ponto de fusão a aproximadamente 1760°C.

Composição Química: SiO₂ – 41,7%, Al₂O₃ – 0,5%, MgO – 48%, Fe₂O₃ – 7,0%
Outros – 2,8%

Magnesita – a magnesita usada em tintas é previamente calcinada, é produzida a partir do carbonato de magnésio (MgCO₃), formando óxido de magnésio (MgO), cujo ponto de fusão é em torno de 2800°C. Utilizada especialmente do aço ligado ao manganês. Para não diminuir a refratariedade, deve-se evitar ao máximo a entrada de SiO₂.

O único solvente usado no caso de tintas a base de magnesita é o álcool, pois o MgO forma hidratos. Em meio aquoso, ocasiona a formação de precipitado que inviabiliza a suspensão.

Composição Química: MgO – 95% máximo

Quartzo – dióxido de silício (SiO₂), temperatura de fusão em torno de 1700°C. Seu ponto de fusão varia pouco com a quantidade de alumina (Al₂O₃), mas cai fortemente com a presença de metais alcalinos.

Chamote – silicato de alumínio produzido pela calcinação da alumina ou do caulim nas temperaturas de 1300°C a 1500°C. Conforme a composição química do produto calcinado obtêm-se a mulita e vidro com SiO₂.

Composição Química: SiO₂ – 53%, Al₂O₃ – 43%, Fe₂O₃ – 1%, K₂O – 1,8%, Outros – 1,2%

Cromita – para uso como refratário em tintas de fundição, os teores de MgO e de Al₂O₃ devem ser altos e o de FeO deve ser baixo. Ponto de fusão em torno de 2180°C.

Elas sinterizam a temperaturas muito abaixo do seu ponto de fusão.

Composição Química: SiO₂ – 1,99%, Al₂O₃ – 13,57%, Fe₂O₃ – 25,41%, MgO – 11,96%, Cr₂O₃ – 45,53%, Outros – 1,54%

Alumina – na forma calcinada Al₂O₃ é possível aplicar na produção de peças em aço. O corundum (Al₂O₃) na forma alfa, tem o ponto de fusão em torno de 2050°C. Só pode ter como solvente o álcool, pois ela se hidrata quando em contato com suspensões aquosas.

Óxido de Ferro – atua no sentido de reprimir os defeitos do tipo “pinhole”.

Grafite – teores de carbono acima de 70%. Possuem formato do grão irregular/angular e lamelar. Muito utilizado em tintas de fundição pelo seu alto ponto de fusão e sua grande capacidade de distribuição de calor, provoca resfriamento rápido.

Materiais refratários de função dupla (enchimento e reatividade), que alteram a camada superficial da peça fundida durante o contato tinta-peça.

Um efeito muito conhecido é a obtenção de uma camada coquilhada via tinta de fundição. Devido à formação de carbonatos, a superfície das peças fundidas fica endurecida e passa a ser resistente ao desgaste. Este efeito é alcançado com o uso de telúrio, bismuto ou cromo.

II) SOLVENTES

O desenvolvimento atual caminha para o emprego de água, principalmente na produção em série na indústria automobilística.

No Brasil, a utilização do álcool etílico desempenha um papel importante.

Por algum tempo foram empregados os solventes de cloro-carbono e flúor-cloro-carbono. Não são utilizados atualmente, pois são prejudiciais à saúde e ao meio ambiente.

- **Água**

Os problemas que podem surgir com as tintas à base de água são quanto à dureza da mesma, devido aos sais contidos que podem afetar negativamente nas propriedades químicas dos agentes de suspensão. Na pintura por imersão o problema é acentuado.

- **Solventes Inflamáveis**

Em tintas secadas por queima ateando fogo, a escolha do solvente é de grande importância quanto a sua toxicidade e ponto de fulgor.

O álcool isopropílico e o álcool etílico são os solventes mais seguros, pois apresentam uma queima lenta e quente.

A possibilidade de uma queima excessiva da superfície do macho ou molde provocando friabilidade, é então reduzida. A queima lenta também assegura que o aglomerado usado se cure ou polimerize corretamente.

- **Solventes Autosecativos**

Incluem o tetracloreto de carbono, cloreto de metileno, cloro-etano, entre outros, cujas eficiências são baseadas na sua rápida evaporação, fazendo com que, conseqüentemente sejam mais perigosos que o isopropanol e o etanol.

III) AGENTES DE SUSPENSÃO

Tem como finalidade de eliminar ou retardar a sedimentação das partículas minerais dentro do solvente. São materiais que através de inchamento ou formação de colóides dentro do solvente, montam uma estrutura que sustenta as partículas minerais. Ao mesmo tempo pelo mecanismo de inchamento eles evitam uma forte penetração do solvente na base sobre a qual a tinta é aplicada. Estes materiais devem também, propiciar a formação de uma camada uniforme. Assim, uma camada a ser obtida por imersão do macho requer uma tinta com baixa viscosidade para possibilitar uma alta molhabilidade, de forma a garantir que todos os poros sejam preenchidos. As tintas utilizadas por imersão mostram normalmente um comportamento viscoso (pseudoplástico) na sua estrutura. Uma tinta com comportamento tixotrópico é própria para aplicação com pincel, pois a viscosidade diminui durante o tempo em que se está pintando.

A bentonita e a alumina, são utilizadas há muito tempo como aditivos reológicos em tintas.

Celuloses, como a carboximetilcelulose de sódio, são agentes de engrossamento que podem ser introduzidas em altos teores, mas não possuem boas propriedades tixotrópicas, tendendo a formação de grumos e fortes variações na viscosidade.

Os polissacarídeos, como o alginato ou as gomas, são também utilizados como engrossadores, formam um gel pseudoplástico evitando as desvantagens das celuloses.

IV) FIXADORES (AGLOMERANTES)

A fixação das partículas de carga mineral sobre moldes e machos ocorre com a ajuda de aglomerantes. Eles podem ser de origem orgânica e inorgânica. O importante é que na fixação que normalmente ocorre com a eliminação do solvente, não ocorra a migração do aglomerante para a superfície da tinta. Neste caso a resistência da tinta na sua base de aplicação ficaria enfraquecida, o que poderia facilitar e aumentar o lascamento da camada em aquecimento brusco com o contato com o metal. Os aglomerantes tem também a função de promover a adesão da tinta à sua base de aplicação.

Superfícies de tinta muito dura, que não soltam quando atritadas, podem ser indícios de forte migração de aglomerante.

Deve-se formar um filme rígido que possibilite o manuseio e a colocação de machos sem causar danos. A camada de tinta também deve resistir a erosão que o fluxo de metal a alta temperatura pode provocar no molde ou macho. Estas funções distintas, normalmente não são preenchidas por um só aglomerante. Por isso nas formulações de tintas são utilizados ligantes para alta e baixa temperatura.

Fixadores à Baixa Temperatura

Devem garantir à camada de tinta uma boa resistência e uma boa aderência com o material do molde ou macho depois da secagem a temperatura ambiente ou em estufas. No caso de tintas a base de álcool, ele assegura estas características também depois da flambagem.

Estes aglomerantes permanecem na tinta depois da secagem e em virtude da sua composição química, são decompostas depois do enchimento do molde. Esta decomposição aumenta a quantidade total de gases formados, razão pela qual as formulações de tintas devem possuir um teor mínimo deste tipo de aglomerante, que deve ainda ser balanceado para ter resistência suficiente. Dosagens altas levam à formação de uma camada frágil e com tendências à trincas.

Aglomerante bem conhecido é a dextrina, que deve ser utilizado nas formulações em torno de 1%. Possibilita a obtenção de uma boa resistência na secagem, tanto ao ar como em estufa (não suporta chama direta).

As celuloses e os polissacarídeos, assim como as dispersões de acrilatos, copolímeros de acrilatos, emulsões de resinas alquídicas, aglomerantes de lixívia de sulfetos e os lignossulfonatos, também são utilizados.

Para o sistema a base de álcool utilizam-se normalmente resinas fenólicas, que formam filmes muito fracos ou as acrílicas e vinílicas, que originam camadas resistentes de tinta. As resinas butiralpolivinílicas, são próprias para aglomerar cromita e silicato de zircônio.

Fixadores à Altas Temperaturas

Tem a função de ligar o material refratário, durante o enchimento do molde e a solidificação do metal. Para isso eles devem estabelecer ligações, tanto entre as partículas do material refratário de enchimento, como entre a camada de tinta e o material do molde ou macho.

A introdução de aglomerantes refratários na formulação das tintas é necessária; pois os aglomerantes de baixa temperatura normalmente são de origem orgânica e são consumidos pelo fogo à temperatura acima de 400°C. Deste modo, a altas temperaturas eles não contribuem para a resistência.

A bentonita e a alumina são bastante usadas como aglomerantes de alta temperatura em tintas a base de água. O ácido bórico, as resinas de silicone e outros polímeros orgânicos a base de silício, também são ligantes de alta temperatura.

Aglomerantes orgânicos, são deterioráveis pela ação de bactérias, o que obriga a adição de conservantes.

Bibliografia

- ABREU, Sylvio F. *Recursos Minerais do Brasil*. 5º ed. Edgard Blucher. s.l. s.d.
- BORGES, Josalfredo. *Relação Atualizada dos Minerais do Brasil*. s.ed. Belo Horizonte. 1992.
- BROWNIN, James S. *Mica Beneficiation*. U.S. Bureau of Mines. 1973. 21p. illus. Bulletin 662.
- HURLBUT, Dana. *Manual de Mineralogia*. 9º Ed. Livros Técnicos e Científicos. s.l. s.d.
- INTRODUZIONE Ai Rivestimenti Refrattari Per Fonderia*. Corefon International SRL. 1º Ed.
- RUDOLPH, S. Os Componentes Refratários em Tintas de Machos e Moldes. *Revista Fundição e Serviço*, São Paulo, 36: 26-49, out/nov. 1995.
- SANTOS, Pêrsio S. *Ciência e Tecnologia de Argilas*. 2º Ed. Edgard Blucher. Santos. 1989. v. 1,2 e 3.

REFRACTORY / INSULATING COATING FOR IRON AND STEEL FOUNDRIES – COMPONENTS AND APPLICATIONS

OSMIR ELIAS DA SILVA

This paper aims take to foundries and its technicians information related to the use and application of refractory coatings, one of the most important components in the foundry process of iron and steel casting.

The elaboration of this paper was based on daily experiences in the laboratory and foundry and through bibliographic research in books and journals.

The results are related to the coatings performance in avoiding mettalic penetration, to improve the as-cast surface finishing, to reduce and/or to eliminate veining, to reduce the blast time and the deburring labor and to reduce the superficial defects related to the silica grains expansion, providing to the foundries increase in the productivity.

1. Coating 2. Refractory 3. Insulating

**V Foundry Seminary
May 17th, 18th and 19th, 2004 in Salvador-BA**

Technical Director – Profusa Produtos para Fundição Ltda