

Na boca do forno, a nova siderurgia

Instrumento de precisão e nova geração de concretos refratários chegam para melhorar a eficiência das siderúrgicas e manter a competitividade do país no setor

Uma parceria da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) com a Alcoa Alumínio resultou na criação de um instrumento inédito: o reômetro para concretos. O equipamento destina-se a aferir o grau de qualidade e as reações entre matérias-primas usadas na formulação de concretos refratários, aplicados em revestimentos de fornos e equipamentos de produção de ferro e aço. Esses concretos são formulados com baixo teor de cimento e alto teor de alumina, subproduto da indústria do alumínio que é muito resistente a altas temperaturas.

O reômetro foi desenvolvido num projeto temático sobre concretos refratários avançados financiado pela FAPESP e coordenado por Victor Carlos Pandolfelli, do Departamento de Engenharia de Materiais (Dema) da UFSCar.

O projeto abriu uma linha de estudos que já produziu dez dissertações de mestrado e sete teses de doutorado, além de um livro que passou a ser fonte de consultas em cursos sobre materiais. E também possibilitou o registro de três patentes. Uma é do próprio reômetro, outra do *software* Particule Size Designer, que define e analisa os materiais particulados

utilizados nos concretos. Lançado a 23 de outubro pela Alcoa, o *software* custa R\$ 800,00 e sua renda reverterá toda para a UFSCar. Ele também contribuiu para o objeto da terceira patente: uma geração de concretos refratários com baixos teores de água na preparação e maior resistência mecânica a alta temperatura.

O reômetro e outros equipamentos e processos desenvolvidos surgem num momento oportuno. Em 2000, a produção mundial de aço foi de 847 milhões de toneladas. A demanda atual da siderurgia é por concretos refratários cada vez mais resistentes e duráveis. Portanto, o diferencial com-



Siderurgia: processo vem sendo aprimorado com o uso de novas tecnologias e concretos refratários

empregado no setor, que movimentou US\$ 350 milhões por ano.

A qualidade do refratário se revela na sua resistência às temperaturas da transformação do minério em ferro e aço, que chegam a 1.600° C. Há três décadas, o consumo de refratários pela siderurgia brasileira era de 30 quilogramas (kg) por tonelada de aço produzida. Hoje, essa relação é de 9 kg, perto da considerada excelente, que é 7 kg. Quanto mais eficiente e sob controle o processo siderúrgico, menos ele consome refratários.

Com isso, a siderurgia brasileira se tornou bem competitiva. Mas, para manter esse padrão, e até aprimorá-lo, reduziu-se o espaço para estudos e experimentações: é preciso dominar e aplicar logo formas de conhecimento cada vez mais específicas.

É nesse contexto, segundo Pandolfelli, que o reômetro deve fazer a diferença. Ele é parte fundamental na produção de concretos refratários bombeáveis, produzidos em misturadores no próprio local da obra e levados em mangueiras sob pressão para o revestimento do alto-forno.

Novos tempos - O reômetro mede o torque (esforço de torção) necessário para se misturar o concreto sob diferentes condições, simulando o bombeamento industrial. Também indica o pH (índice de acidez) e a temperatura, conforme as reações acontecem. Assim, o instrumento permite simular as solicitações a que os concretos serão submetidos, desde o momento em que seus componentes são misturados até o de sua aplicação.

O engenheiro Carlos Pagliosa, hoje funcionário da Magnesita, maior fabricante brasileira de refratários, foi um dos primeiros a trabalhar com Pandolfelli, como aluno de pós-graduação, no desenvolvimento de concretos bombeáveis. Para ele, os novos tempos impõem o uso de produtos

petitivo deverá ser o desempenho e o valor agregado do material, e não apenas a produtividade. Uma previsão é consenso: as siderúrgicas menos eficientes fecharão as portas, o que já começa a ocorrer nos EUA.

O desafio da indústria do aço é baixar custos e elevar rendimentos. Para isso, são decisivos os refratários, bem como as tecnologias que surgiram nos últimos anos para elevar a eficiência. “Os refratários utilizados hoje”, diz Pandolfelli, “são uma sofisticada classe de materiais, cuja concepção e projeto de microestrutura vão muito além da clássica combinação de matérias-primas para se obter

um melhor componente”. As indústrias estão certas ao trocar os velhos fornos de tijolos refratários por revestimentos de concreto refratário: “Com os tijolos gasta-se mais tempo e mão-de-obra, porque são assentados um a um. O concreto refratário utiliza maquinário rápido, não necessita de diferentes formatos de tijolos para compor o forno e não deixa juntas, por onde pode se iniciar um processo de corrosão.”

Prevê-se que, até 2007, 100% dos alto-fornos e outras instalações das siderúrgicas brasileiras utilizem concretos refratários. Hoje, eles correspondem a 60% do material refratário

JUCA MARTINS/PULSAR

multifuncionais e adequados a um processo de instalação mais rápida, como é o sistema de bombeamento. “Foi necessário tratar os concretos refratários como produtos de alta tecnologia. Nesse contexto, os novos produtos não puderam mais ser gerados por concepções empíricas e partiu-se para o modelamento computacional e o desenvolvimento de equipamentos específicos”, afirma Pagliosa.

A parceria da UFSCar com a Alcoa – que detém 25% da produção de alumínio no país – nasceu há dez anos, período em que a empresa investiu US\$ 650 mil em vários projetos conjuntos. “Com o reômetro, a empresa espera diferenciar-se por ter dado ao mercado um instrumento de avaliação da qualidade de suas próprias matérias-primas”, diz o químico Jorge Gallo, que chefia a pesquisa na empresa e faz a ligação com a UFSCar, desenvolvendo seu doutorado dentro do projeto temático.

Menos esforço - Os recursos investidos pela Alcoa na UFSCar apóiam necessidades que o financiamento da FAPESP não pode atender, como a ampliação de espaços físicos da universidade. Assim, com recursos da empresa, foi construída uma unidade de 900 metros quadrados onde ficam os equipamentos e trabalha o grupo envolvido nesse projeto.

Um exemplo dos benefícios da Alcoa na parceria aconteceu no primeiro semestre, quando reformou um dos seus fornos de calcinação (queima) de alumina. “Foi uma operação rotineira, que ocorre uma vez a cada dois anos. Mas desta vez foi diferente”, explica Jorge Gallo. “Formamos um grupo com integrantes da empresa, do Dema-UFSCar e do fornecedor do refratário, a Magnesita. E juntos, sob a orientação do professor Pandolfelli, pudemos direcionar os serviços de modo muito mais funda-



Refratários: corpos de prova feitos no laboratório da UFSCar

mentado. Estimamos que isso nos permitirá aumentar o intervalo de tempo entre paradas de equipamentos para manutenção, o que, se confirmado, representará uma redução considerável nos custos.”

O projeto também contribuiu para que a Cerâmica Saffran, de Betim (MG), fosse pioneira no uso de tecnologia nacional para desenvolver concretos refratários bombeáveis, inclusive para reparar equipamentos siderúrgicos. Com a equipe da UFSCar, a empresa conseguiu melhorar o desempenho dos canais em que o metal fundido escoava para os altos-fornos. O uso do reômetro levou ao desenvolvimento do concreto refratário usado nesses canais.

A empresa também economizou tempo de desenvolvimento e gastos com testes industriais, que são caros porque envolvem uma quantidade mínima de até 2 toneladas de material. Assim, a experiência da Saffran, fundada em 1954, foi importante para comprovar a eficiência do reô-

metro. Enquanto o mercado brasileiro de concretos refratários apostava firme em máquinas e tecnologias importadas, a Saffran encontrou um caminho próprio junto com a UFSCar.

Marcelo Guerra, engenheiro de pesquisa da empresa, explica: “Nosso novo concreto é bombeado com mais eficiência, permitindo que o produto aplicado tenha melhor qualidade e desempenho. Como não precisamos aplicar nenhuma vibração – necessária pelo antigo sistema de bombeamento, para o concreto fluir com mais facilidade –, reduzimos em dois terços o tempo de operação. Um forno de 200 toneladas, por exemplo, consumia 72 horas de aplicação com vibração. Para o mesmo volume, fazemos agora toda a operação em 20 horas”.

Concepção caseira - Pagliosa, cuja tese de doutorado enfoca os concretos bombeáveis, acrescenta: “O desenvolvimento da tecnologia de concretos bombeáveis da Saffran se realizou dentro da própria empresa, com o apoio da equipe do projeto temático da FAPESP. Não foi algo desenvolvido dentro da empresa que migrou para a universidade. A concepção do produto foi feita conjuntamente pela empresa e a UFSCar, sendo que os testes de avaliação do produto pelo reômetro e as discussões técnicas foram fundamentais para o sucesso do desenvolvimento”.

Entre outros resultados do projeto temático, Pandolfelli destaca mais cinco equipamentos que foram construídos ao longo destes últimos quatro anos – alguns deles em teste, para possíveis pedidos de patente. A equipe envolvida recebeu nove prêmios e publicou 71 artigos em revistas especializadas daqui e do exterior. “São resultados que exemplificam bem a geração de ciência e suas aplicações”, completa o coordenador Pandolfelli.

O PROJETO

*Estudo Sistêmico
para o Desenvolvimento
de Concretos Refratários Avançados*

MODALIDADE
Projeto Temático

COORDENADOR
VICTOR CARLOS PANDOLFELLI – UFSCar

INVESTIMENTO
R\$ 525.877,47 e US\$ 456.438,54