



DESENVOLVIMENTO DE CONCRETO REFRAATÁRIO DE ALTA RESISTÊNCIA MECÂNICA ¹

Vinicius Franco Nascimento ²
Sidiney Nascimento Silva ³
Elton Neves ⁴
Augusto Celso Amoedo ⁵
Eduardo José Togni Cardillo ⁶
Fernando Vernilli ⁷

Resumo

Para construção de edificações e pisos industriais com alta solicitação mecânica e sob alta temperatura, como plataforma de conversor, escudo de temperatura, túnel de carro torpedo, a CSN possuía apenas um fornecedor de concreto refratário de alta resistência mecânica. Em parceria com a EEL/USP e a Togni S/A Materiais Refratários, foi proposto o desafio de se desenvolver um material genuinamente nacional com as mesmas características do material de referência, importado. O material foi desenvolvido pela Togni em parceria com a EEL/USP e foram realizados ensaios mecânicos comparativos onde o novo material apresentou-se com desempenho superior ao material de referência. A CSN realizou a aplicação em testes industriais comprovando a qualidade do novo concreto.

Palavras-chave: Aluminato de cálcio; Concreto; Alta resistência mecânica.

DEVELOPMENT OF HIGH MECHANICAL STRENGTH CASTABLE

Abstract

For construction of buildings and industrial floors with high mechanical stress and high temperature, as a platform for BOF converter, shell against temperature, tunnel torpedo car, CSN had only one supplier of refractory castable with high mechanical strength. In partnership with the EEL / USP and Togni S/A Materiais Refratários S/A, proposed the challenge to develop a genuinely national material with the same characteristics of the reference material. The material was developed by Togni in partnership with the EEL / USP, and mechanical tests were performed comparing where the new material presented with superior performance to the reference castable. CSN made the application in industrials tests proving the quality of new concrete.

Keywords: Calcium aluminate; Castable; High mechanical strength.

¹ Contribuição técnica ao 41º Seminário de Aciaria – Internacional, 23 a 26 de maio de 2010, Resende, RJ, Brasil.

² Eng. Materiais, Engenheiro Refratarista – GGMA/CSN

³ PhD em Engenharia de Materiais, Gerente – GGPS/CSN

⁴ Eng. Materiais, Engenheiro – GEF/CSN

⁵ Químico – Gerente de Desenvolvimento – TOGNI

⁶ Eng. Químico – Gerente Técnico – TOGNI

⁷ Ph.D em Química dos Materiais – Docente – EEL/USP



1 INTRODUÇÃO

Os concretos à base de aluminato de cálcio são aplicados em diversas áreas por possuírem alta resistência mecânica a verde e também resistirem a ambientes corrosivos.⁽¹⁾ Eles passaram a ser utilizados na indústria de refratários a partir da década de 50, com produção de aluminatos de cálcio com alta pureza.⁽²⁻⁴⁾

Algumas aplicações civis na siderurgia estão sujeitas à solicitação mecânica pesada, com: suportar Painelas de aço, carros torpedo, potes de escória ou então sujeitas à alta temperatura como a sala de corridas de um alto forno como mostrado na Figura 1.

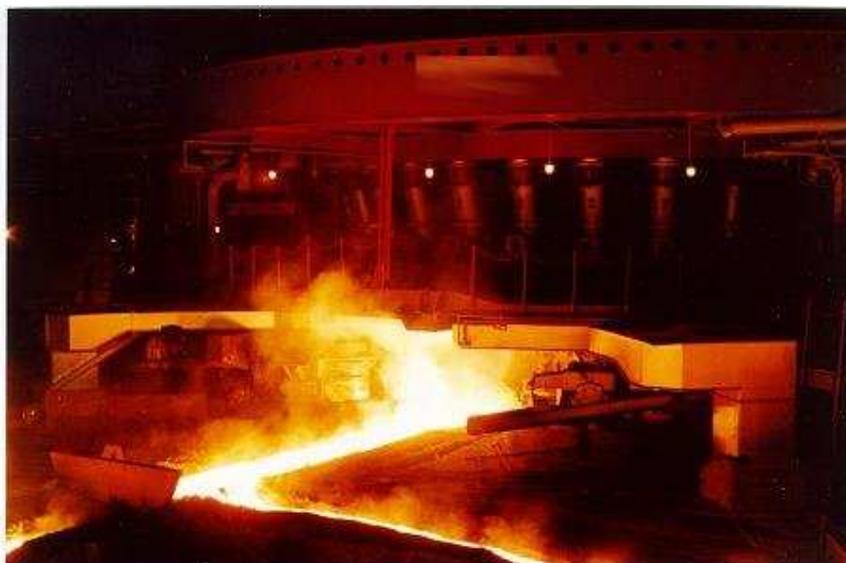


Figura 1. Sala de corridas de um alto forno.

Para estas aplicações a Companhia Siderúrgica Nacional - CSN - possuía apenas um fornecedor de concreto refratário de alta resistência. Para suprir esta necessidade foi firmado um convênio entre CSN, Escola de Engenharia de Lorena (USP) e a Togni Refratários para desenvolver um novo produto, nacional, com características semelhantes ao produto utilizado na CSN.

2 METODOLOGIA

A partir das características do material de referência, a EEL/USP propôs uma formulação base para a criação de um novo material que atendesse as necessidades da CSN.

A Togni laborou um novo material, o Hard Cast, que seria o concorrente ao material utilizado na CSN. Seriam então realizados testes de laboratório do novo material comparado-se com o material de referência, para então testes se realizar testes industriais na CSN.

Foi realizada a análise química quantitativa, e os ensaios de porosidade aparente e massa específica aparente, ensaio de flexão e compressão à temperatura ambiente e ensaios de erosão à temperatura ambiente. Também foi comparada a resistência dos agregados através do ensaio de microdureza Vickers. Após estes ensaios foi realizado um teste industrial dentro da CSN.



3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados de Análise Química apresentados na Tabela 1 mostram que o material nacional (Hard Cast) apresenta uma maior refratariedade. Este resultado está também ligado ao fato do concreto Hardcast ter seus agregados constituídos de argila refratária, com maior teor de alumina.

Tabela 1. Análise química dos óxidos constituintes no concreto

Óxidos	Referência [%]	Hardcast [%]	Diferença [%]
Al ₂ O ₃	34,67	59,78	25,11
SiO ₂	5,42	4,48	- 0,94
Fe ₂ O ₃	14,37	16,66	2,29
TiO ₂	2,12	3,13	1,01
CaO	39,93	14,43	- 25,5
MgO	2,63	0,61	-2,02

A base de resistência de um concreto são seus agregados. Para que se pudesse conhecer a resistência dos agregados dos dois concretos, foi realizado o ensaio de microdureza Vickers. A Tabela 2 mostra o resultado comparativo entre o agregado do HARD CAST e o material de referência. Como pode ser observado, o agregado nacional possui praticamente o dobro de resistência mecânica do agregado de referência, o que irá conferir ao concreto uma maior resistência mecânica.

Tabela 2. Resultados de Microdureza dos Agregados [HV]

	Microdureza	Desvio Padrão
Referência	921,52	52,94
Nacional	1884,15	171,98

Segundo Mutsunovic et al.,⁽¹⁾ a porosidade possui uma relação direta com as propriedades mecânicas do material. Na Figura 2 podem-se observar os resultados do ensaio de Arquimedes para os dois concretos. Possui uma maior massa específica aparente e menor porosidade. Essas propriedades conferem a ele uma maior resistência, resultados que serão observados nos ensaios mecânicos.

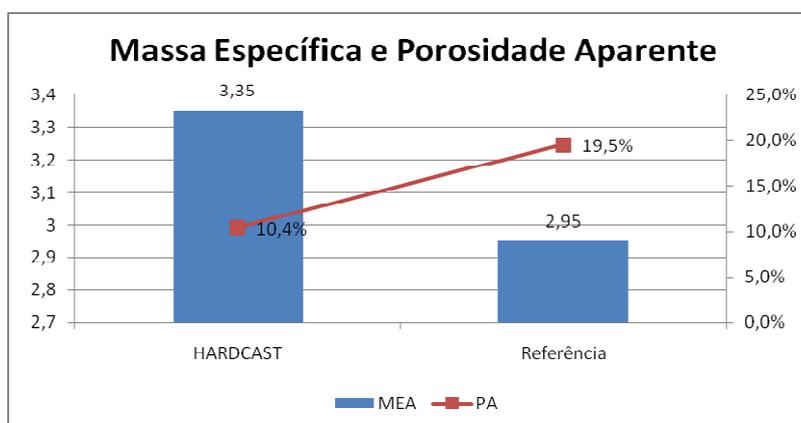


Figura 2. Resultados de porosidade e massa específica aparente.

Para verificar o comportamento mecânico foram realizados os ensaios após o tratamento dos concretos em diversas temperaturas segundo o estudo da variação



do módulo de Young realizado por Soro et al.⁽⁵⁾ Na Figura 3 o comportamento sob compressão dos concretos é mostrado de 25°C até 1.000°C. Os concretos foram tratados nesta temperatura e depois ensaiados mecânicamente. Observa-se que em todos os casos o material nacional apresenta uma resistência mecânica superior ao material de referência.

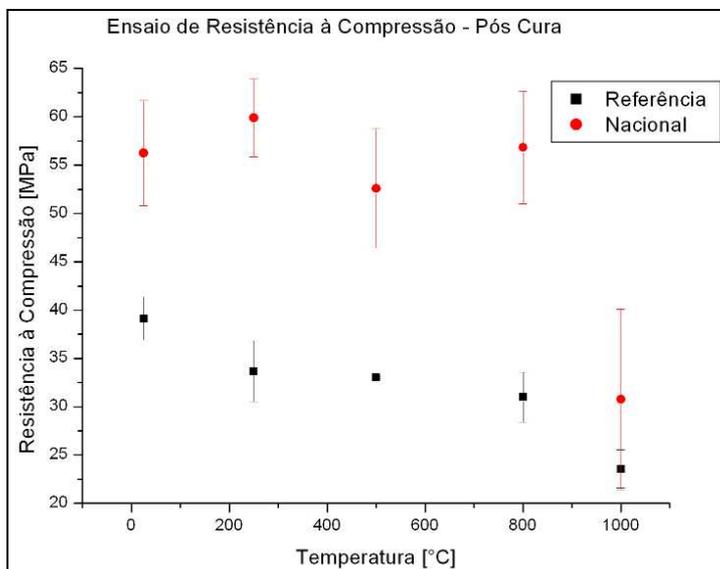


Figura 3. Ensaio de compressão dos concretos após tratamento térmico.

Os resultados de flexão, também refletem os resultados do ensaio de compressão, mostrando que o material também apresentou um bom resultado sob tração, como pode ser observado na Figura 4. Observa-se também um pequeno aumento de resistência quando a temperatura é alterada de 500°C para 800°C, explicado pelo início da Pega Cerâmica.

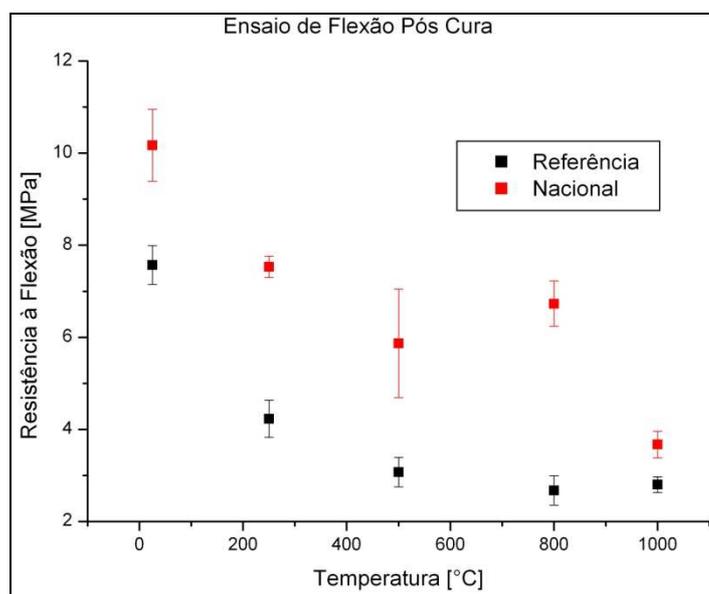


Figura 4. Resultado do ensaio de flexão do concreto nacional.



4 TESTE INDUSTRIAL

Após os resultados obtidos no laboratório foi realizado um teste em escala industrial. A Figura 5 ilustra o local escolhido para a realização do teste a Rampa do Kish Pit (poço de emergência para gusa). Nesta rampa os carros torpedo são cambados, derramando escória e um pouco de gusa sobre a rampa de concreto.



Figura 5. Rampa do Kish Pit dos carros torpedo da CSN.

Para a aplicação do material foi preparada uma área específica, dividida entre o material de referência e o material nacional, aplicados lado a lado para que pudesse ser feita a comparação, como é mostrado na Figura 6.



Figura 6. Local de Aplicação dos concretos refratários.

Foram então aplicados os concretos lado a lado, e após 65 dias, eles apresentavam desgaste semelhante como é mostrado na Figura 7. Portanto o material HARDCAST mostrou-se superior ao material de referência.



Figura 7. Superfície da Rampa do Kish Pit após 65 dias de uso.

5 CONCLUSÕES

O HARDCAST, desenvolvido pela Togni S/A Materiais Refratários, atendeu as especificações da CSN para substituir o material de referência.

Nos testes de laboratório ele se mostrou com desempenho superior, e nos testes industriais, preliminares ele mostrou desempenho semelhante.

Outras aplicações deste material estão sendo feitas dentro da CSN para que se possa comparar seus resultados em diversas áreas e solicitações.

Agradecimentos

A Togni S/A Materiais Refratários, por encarar o desafio e desenvolver um produto com a qualidade necessária à CSN.

A EEL-USP pelo apoio técnico no desenvolvimento dos produtos.

REFERÊNCIAS

- 1 MATUSINOVIC, T.; SIPUSIC, J.; VRBOS, N. Porosity–strength relation in calcium aluminate cement pastes. Cement and Concrete Research, v. 33, p. 1801–06, 2003.
- 2 SORRENTINO D.; SORRENTINO F.; GEORGE M. Mechanisms of Hydration of Calcium Aluminate Cements. In: SKALNY, J.; MINDESS, S. , Eds. Material Science of Concrete IV, Westerville: ACS, 1995, v. 41.
- 3 PENA, P.; AZA, A. H. Cemento de Aluminatos Cálcicos: Constitución, Características y Aplicaciones, In: BAUDIN, C. Refractarios Monolithics. Sociedad Española de Ceramica y Vidrio, 1999.
- 4 NISHIKAMA, A. Technology of monolithic refractories, Plibrico Japan Company. 1984, 598p.
- 5 SORO, J.; SMITH, A.; GAUT, C. Thermomechanical characteristics of calcium aluminate cement and sand tapes prepared by tape casting. Journal of the European Ceramic Society, v. 26, p. 3799–07, 2006.