

高耐用軽量 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんが CALEAD

“CALEAD”, High Performance Lightweight $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ Brick

吉 田 昌 弘^{*1}
Masahiro YOSHIDA

富 谷 尚 士^{*2}
Hisashi TOMIYA

Abstract

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick has been widely used for the metal line of steel ladle linings. We developed “CALEAD”, a high performance lightweight $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick. CALEAD has about 10% lower thermal conductivity and bulk density than ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ bricks in spite of having almost the same characteristics.

1. はじめに

従来、溶鋼取鍋やLF鍋といった製鋼用容器や精錬設備の内張り材には不焼成 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがが広く活用されている。この $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがは受熱時の MgO と Al_2O_3 による二次スピネル生成反応を利用することにより、残存膨張性を付与し、目地損傷を軽減することを目的としたれんがである。

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがを軽量化することにより、1炉あたりに必要なれんが重量が少なくなるため、その分溶鋼量を増やすことができる。また、耐用が同等であれば、れんが原単位の低減にもつながる。

今回、著者らは溶鋼装入量の増大やれんが原単位の低減を目的とし、製鋼用れんがの軽量化に取り組む、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがの各種特性を損なうことなく軽量化することに成功した。本報ではその高耐用軽量 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんが「CALEAD」について紹介する。

2. 軽量化の手法

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがを軽量化する場合には、比重の高い高純度の電融アルミナ骨材に代えて礬土頁岩のような比較的比重の低い天然アルミナ骨材や気孔率の高い断熱アルミナ骨材が用いられる

1. Introduction

Unburned $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick has been widely used for steel ladle linings. This brick is characterized by residual expansion derived from a secondary spinel forming reaction between Al_2O_3 and MgO . Residual expansion is effective in reducing joint wear.

We have developed high performance lightweight $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick that has the same characteristics as ordinary brick with the aim of increasing charging volume and improving specific refractory consumption. This report introduces “CALEAD”, a series of high performance lightweight $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ bricks.

2. Method of Reducing Weight

Usually, fused alumina which has high density is mainly used for $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick. When a lightweight $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick was required, we had often used high porosity alumina aggregate and low density natural alumina such as chinese bauxite in place of fused alumina. However, they showed insufficient performance because these alumina materials have low corrosion resistance. “CALEAD”, our newly developed

*1 岡山工場 日生製造部 Hinase Manufacturing Dept., Okayama Works

*2 技術研究所 第1研究グループ Shaped Refractories R&D Group, Research Center

ことがある。しかし、この場合、骨材自体の耐食性が充分でないために、満足のいく耐用を得ることが難しかった。今回開発した高耐用軽量 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがCALEADは従来使用されている電融アルミナ骨材に代えて軽量な特殊アルミナ骨材を適用したれんがであり、従来の $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがと同様に使用可能である。

3. CALEADの特性

Table 1に示すように、このCALEADに使用されている特殊アルミナ骨材は一般的な電融アルミナ原料と同程度の見掛け孔率を持ちながら、かさ比重が大幅に低いことを特徴としている。一般的な電融アルミナ骨材を使用した $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがと特殊アルミナ骨材を適用したCALEADの品質をTable 2に示す。いずれもカーボン量は10%であり、同程度の見掛け孔率であるが、CALEADは従来の $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがと比較して約1割軽量であることがわかる。

また、Fig. 1にこれらの熱膨張曲線を示す。いずれもほぼ同じような膨張挙動を示しており、 1400°C 付近で顕著となる二次スピネル生成反応に伴う膨張も確認される。この膨張により、CALEADは、従来の $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがと同様に、適度な残存膨張性を有している。

これらのれんがの耐食性を比較するため、アーク加熱式回転ドラム侵食試験装置を用いて侵食試

lightweight $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick is equivalent to ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick because it uses a special alumina aggregate as a substitute for ordinary fused alumina.

3. Characteristics of CALEAD

Table 1 shows the properties of the special alumina aggregate. This special alumina aggregate is characterized by extremely low bulk density despite having the same apparent porosity as ordinary fused alumina. The typical qualities of CALEAD and ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ are shown in Table 2. CALEAD is about 10% lighter than ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ bricks in spite of having the same carbon content and apparent porosity.

Fig. 1 shows the thermal expansion curves. Each sample shows almost the same thermal expansion behavior and these samples expand due to a secondary spinel forming reaction at about 1400°C . CALEAD has sufficient permanent linear change because of this expansion.

A slag corrosion test was performed using the rotary drum slag test with the fore mentioned materials. An electric arc was used as the heat source. The test was run for 5 hours at 1700°C and slag basicity was 1.7. The cross sections of the specimens after slag test are shown in Fig. 2. Fig. 3 shows the result of the test. The wear ratio of ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick is figured as 100. CALEAD was almost equal in corrosion resistance compared with ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick, and slag penetration did not occur.

Table 1 Properties of raw materials

	White Alumina	Brown Alumina	Chinese bauxite	Special Alumina
Apparent porosity /%	5.3	2.9	9.8	3.2
Bulk density	3.74	3.84	3.18	3.36

Table 2 Properties of $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ bricks

	Ordinary product	CALEAD
Chemical composition /mass%		
Al_2O_3	65	61
MgO	18	18
C	10	10
Apparent porosity /%	6.4	7.1
Bulk density	3.27	3.00
Cold crushing strength /MPa	34	30

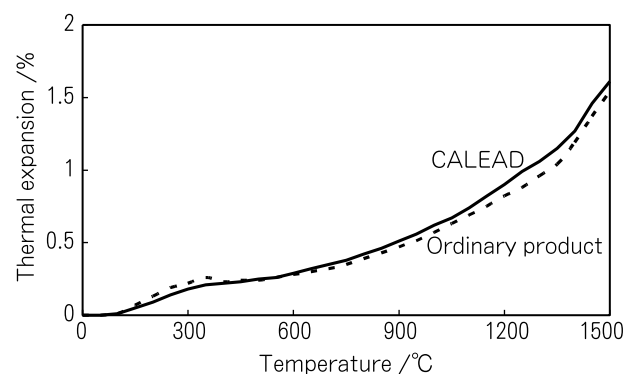


Fig. 1 Thermal expansion of $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ bricks.

験を行った。侵食試験条件は下記の通りであり、高熱負荷を想定した1700℃にて試験を実施した。

- ・ 試験条件：1700℃，5時間キープ
- ・ 侵食剤：合成スラグ（スラグ塩基度1.7）

試験後試料の切断面をFig. 2に示す。また、各材質の損傷量を指数化した結果をFig. 3に示す。特殊アルミナ骨材を用いたCALEADは電融アルミナ骨材を使用した $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがとほぼ同等の耐食性であり、浸潤も認められなかった。

さらに特殊アルミナ原料を適用したCALEADは電融アルミナ骨材を適用した $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがと比較して低い熱伝導率を示す。Fig. 4に300℃から600℃までの各温度におけるCALEADと従来の $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがの熱伝導率を示す。CALEADは従来品と比較して約1割熱伝導率が低い特性を有している。当社の独自技術である環境対応技術 (ECONOS)¹⁾との併用も可能で、Fig. 4に併せて示しているようにさらなる低熱伝導率化ができる。また、CALEADは従来の $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがと同等の比熱であるため、軽量の分少ない

Furthermore, CALEAD has considerably lower thermal conductivity than ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick. Fig. 4 shows thermal conductivities of 300℃ to 600℃. CALEAD has about 10% lower thermal conductivity than the ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick. Shinagawa also has an ECONOS line of bricks and its technology of lowering thermal conductivity¹⁾. We can combine two technologies. The two technologies are combinable, as shown Fig. 4, to lower the thermal conductivity further. CALEAD is consider to attain a steady-state temperature with a lower amount of heat because CALEAD is lightweight and has the same specific heat as ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick. As a result, the CALEAD lining is expected to suppress high heat loss compared with the ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ lining because the CALEAD lining can lower heat dissipation from the shell and the wear lining does not easily deprive the heat from the molten steel.

4. Result of Field Trial

We carried out a panel test of CALEAD and ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick in the slag line of an actual ladle. There was neither marked joint wear, cracking nor flaking off in use. Fig. 5 shows a cross sections of used bricks. CALEAD has almost the same residual thickness as ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick. The properties of used brick are shown in Fig. 6. CALEAD has maintained its lightweight characteristic

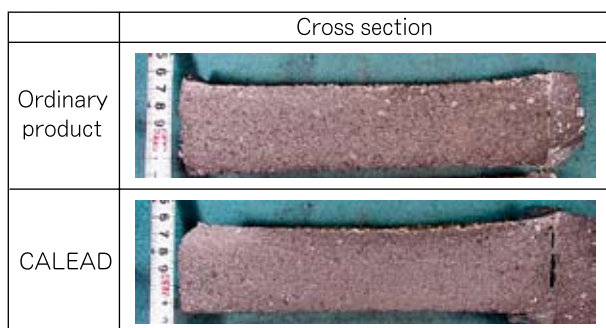


Fig. 2 Cross section after corrosion test.

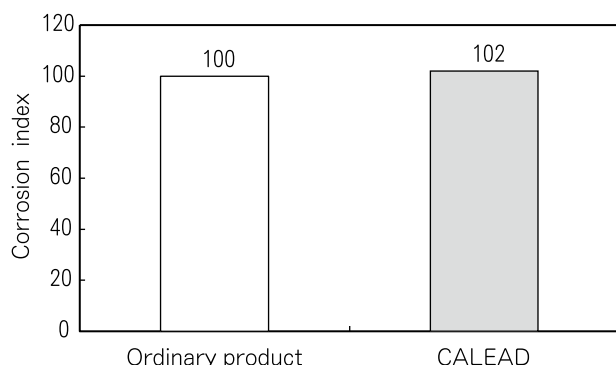


Fig. 3 Corrosion resistance of $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ bricks.

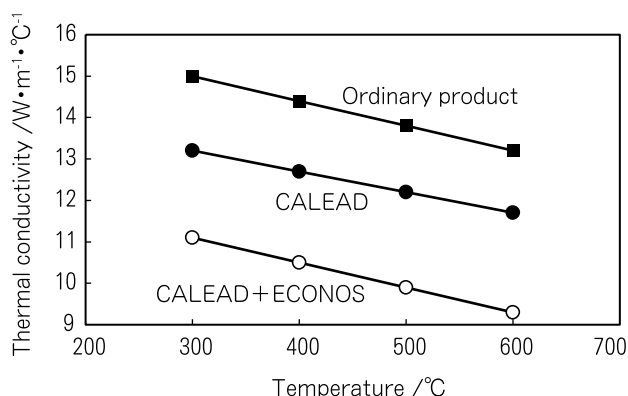


Fig. 4 Thermal conductivity of $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ bricks.

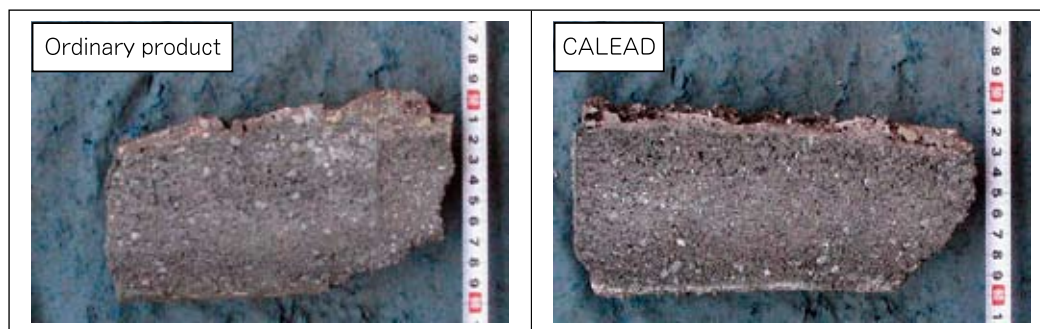


Fig. 5 Cut surface of used $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ bricks.

熱量で定常状態に到達すると考えられる。その結果として、CALEADを用いたライニングは従来品を用いたライニングと比べて、溶鋼の熱が内張り耐火物に奪われにくく、鉄皮を経由した放熱も低減できるため、高い熱ロス抑制効果が期待される。

4. 実炉使用結果

実炉にて従来の $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがとCALEADの張り分けテストを実施した。熱間観察および解体時炉内点検では目地損傷や、稼働面の亀裂や剥離は認められなかった。Fig. 5に使用後れんがの写真を示す。CALEADは従来品とはほぼ同等の残厚であり、割れや剥離の傾向は認められなかった。Fig. 6に使用後れんがの物性を示す。CALEADは従来品と同等の見掛け気孔率を示している。その一方でかさ比重については従来品よりも低いことから、CALEADの特徴の一つである軽量性については使用中においても失われていないと考えられる。

5 おわりに

今回開発した高耐用軽量 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがCALEADは従来の $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ れんがと比較して同様の熱間膨張性と耐食性を示し、かつ約1割軽量であり、熱伝導率も低いという特徴を有している。また、実炉においても使用状況にも問題はなく従来品と同等の耐用を示した。

現在CALEADは国内各所で好評に使用いただいております。使用量が拡大しています。当社では今後もこれらの環境に配慮した商品の販売を通じて社会への貢献を深めていく所存である。

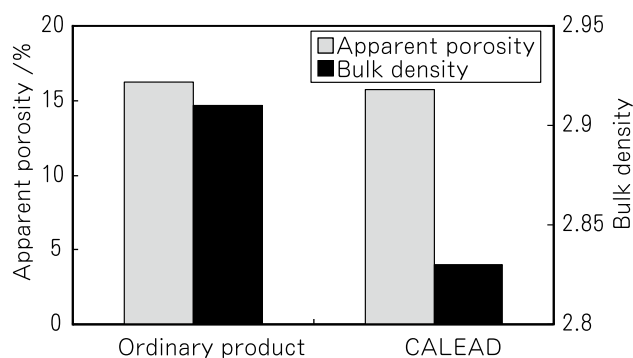


Fig. 6 Properties of $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ bricks after use.

because CALEAD has lower bulk density than ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick despite having almost the same apparent porosity.

5. Conclusion

“CALEAD”, a newly developed high performance lightweight $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick has about 10% lighter weight and lower thermal conductivity than ordinary $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-C}$ brick in spite of having almost the same thermal expansion and corrosion resistance. CALEAD showed good potential in actual furnaces.

CALEAD has come to be widely used in steel ladles. We will contribute to the conservation of the global environment as much as possible through production and sales of environment friendly refractories such as CALEAD.

Reference

- 1) Atsushi Torigoe, Yasuhiro Hoshiyama, Osamu Nomura : Shinagawa Technical Report, 42, 59-64 (1999).