

地球温暖化防止のための耐火物

Refractories and Global Warming

前 田 榮 造*

Eizo MAEDA

Abstract

Insulating and lightening refractories used in furnaces is an effective way to decrease heat loss in order to reduce CO₂ emissions. In this paper, our company's CO₂ emission reducing technology is introduced. There were some problems with the former technology such as the life of the working lining decreased by the insulation of the back lining. We are proposing new technology for increasing the insulation qualities and reducing the weight of the working lining so as to reduce heat loss and the maintenance, and also increased service life. We recommend ECONOS, CALEAD and ALTIMA for shaped bricks. They improve heat loss in actual use, for instance, the shell temperature is decreased several 10°C while maintaining the same service life. In addition, we propose the insulation castable LN-150 for unshaped requirements, because it doubles the service life of steel ladle covers. Moreover, as a conventional technology, insulation materials and furnace heat loss diagnosis are introduced.

1. はじめに

現在、多量のエネルギーを消費する産業界では、地球温暖化防止対策に対し温室効果ガスであるCO₂排出量の削減が大きな課題となっている。例えば、日本鉄鋼業でのエネルギー消費量は約 2.2×10^{18} J/年であり、そのうち耐火物や断熱材が関連する炉体放散熱は3%ある¹⁾。CO₂排出量に換算すると、それぞれ約1.5億t/年、および約4.5百万t/年となる。仮に炉体放散熱ロスを3%抑制することのできれば、約10万t/年のCO₂排出を削減できることになる。

当社グループでは鉄鋼、セメント、焼却炉、ガス、化学、その他各種窯炉のワーク耐火物から断熱材まで多岐にわたる製品を製造販売しており、また、窯炉の設計から施工まで一貫して行っている。その総合力によってCO₂排出量削減に貢献できると考えており、関連技術を紹介する。

1. Introduction

The reduction of greenhouse gases such as CO₂ emissions is a one of the most important subjects in the industry. For instance, the total amount of energy expenditure in the Japanese steel industry is about 2.2×10^{18} J·y⁻¹, and the heat radiation from furnaces which is related to refractories is 3% of that value¹⁾. The values converted to the CO₂ emissions are 150Mt·y⁻¹ and 4.5Mt·y⁻¹, respectively. If the heat radiation from the furnace is decreased by 3%, the emissions are reduced by 100kt·y⁻¹.

Our company group makes and sells working lining refractories and insulations, which are used in many different fields, such as, steel, cement, gas, chemical industry and other furnaces. In addition, we integrate furnace design and construction. We wish to contribute to reducing the CO₂ emissions by all means. Hence, the related technologies are introduced in this paper.

* 技術部 技術管理室長 Manager, Technical Administration Sec., Technical Dept.

2. 熱ロス低減の新提案

2.1 窯炉操業中の熱ロス

耐火物や断熱材が使用される窯炉の操業では、熱ロス抑制がCO₂排出量削減に繋がる。

鉄鋼プロセスのようにバッチ処理する窯炉の熱ロスの原因を、溶鋼取鍋耐火物内の温度変化を例に説明する。Fig. 1に、溶鋼取鍋の受鋼時から再受鋼時まで1サイクルでのライニング内温度変化の非定常伝熱解析結果を示す。受鋼直前のワークライニングの表面温度は約800℃であるが、溶鋼受鋼後急速に上昇して6分後では1500℃以上に達する。その後次第に内部温度も上昇し、95分後の casting 完了時にはほぼ定常状態になる。一方、空鍋になると表面温度は急速に低下し、その後内部温度も次第に低下する。バックアップと鉄皮の温度はあまり変化せず、鉄皮温度は約400℃の温度に保たれる。このサイクルでの熱ロスの原因は二つあり、「放熱」と「蓄熱」である。

「放熱」は、耐火物を通じて熱が鉄皮に伝わり、外気へ熱が逃げることで起こる。放熱による熱ロスを低減させるためには、ライニング全体の耐火物の熱抵抗を大きくし、鉄皮温度を低下させることが有効である。取鍋では、バックアップライニ

2. Propositions for Reducing Heat Loss

2.1 Heat loss from an operating furnace

Decreasing heat loss during operation from furnaces which use refractories and insulation is connected with reducing CO₂ emissions.

The cause of heat loss from a batch processing furnace such as those in the steel making industry is explained as follows: Fig. 1 shows the temperature distribution changes by a non-steady heat transfer analysis in a steel ladle during one cycle from tapping start to the next tapping. The surface temperature of the working lining is about 800℃ just before tapping, and increases rapidly to above 1500℃ at 6min. The interior temperature increases with time, and at the teeming end becomes nearly the same as the steady state temperature distribution. In contrast, if the ladle is empty, the surface temperature decreases quickly and the interior temperature decreases gradually. The temperature of the backup lining and the shell do not change much and the shell temperature is maintained at about 400℃. The causes of heat loss in this cycle are “heat radiation” and “heat storage”.

The “heat radiation” is caused by heat

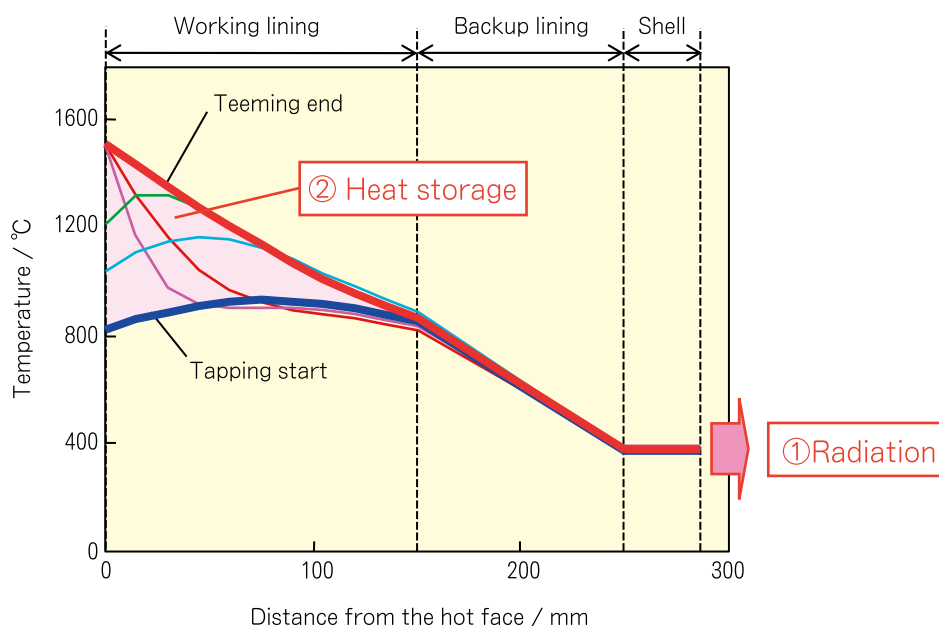


Fig. 1 Temperature change in the refractory lining of a steel ladle.
Cycle time 210 min, teeming for 95 min and emptying for 115 min.

ングと鉄皮との間に断熱材を入れるなどの例^{2,3)}がある。

「蓄熱」は耐火物の温度上昇のために起こる。Fig. 1の網かけ部分は受鋼開始から casting 完了までの間の温度上昇を示しており、耐火物に蓄熱されたことを示す。蓄熱された熱は、空鍋時に外気へ放出されることで熱ロスとなる。一般に物質の蓄熱量変化 ΔQ は熱容量 C_p を一定とすると、近似的に以下の式で与えられる。

$$\Delta Q = WC_p \Delta T = \rho VC_p \Delta T \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 W は重量、 V は体積、 ρ は密度、そして ΔT は温度差である。取鍋の場合、 ΔT はFig. 1の網掛け部に相当する。体積 V はライニング厚みによって決定される。 C_p は材質系が決まれば一定値となる。したがって、 ΔQ を低減するためには、 ΔT を小さくするか、 ρ を小さくするかである。 ΔT は操業側で低減する努力がなされ、例えば、空鍋時に蓋を取り付ける²⁾などがなされている。一方、 ρ を小さくするためには低密度化、軽量化が有効な手段となる。

2. 2 新提案：ワークライニングの低熱伝導化・軽量化

放熱抑制のため断熱する場合、一般的には鉄皮とワークライニングの間に断熱材を入れることが従来から実施されてきた²⁻⁴⁾。しかし、断熱材の施工によってワークライニングの損傷速度が大きくなって寿命が低下^{3,4)}する、スラグ浸透が増大する³⁾などの問題点が発生した。そこで熱ロスの低減と、耐用性の維持および向上を両立させる手段を検討した。

断熱とは逆にワークライニングの耐用性向上のため熱ロスの増大を許容して背面鉄皮側を強制冷却する試みがなされおり、具体的には、高炉炉底部の水冷⁵⁾、転炉鉄皮の空冷⁶⁾、RH浸漬管リーク防止鉄板のフォグによる冷却⁷⁾などの例がある。冷却による耐用性向上の原因はワークライニング内温度勾配の増大で、以下の二つの効果による。一つは、抜熱量が増えることによる稼働面温度の低下である。これにより溶損反応速度が低下し、さらに、スラグが付着し易くなり保護膜として作用する。二つめは、スラグ浸透深さの減少である。スラグは一定温度以下では固化するため、その温度までしか浸透できない。温度勾配を大きくするとその位置が稼働面側へ移動し、浸透深さが低減

transferring through the refractories to the shell and escaping from the shell to the atmosphere. In order to decrease heat loss by the heat radiation, the shell temperature reduction by increasing heat resistance of the lining is effective. In the ladle lining, there are some examples^{2,3)} where insulation was installed between the backup lining and shell.

“Heat storage” is caused by the increase in temperature of the working lining. The shading part of Fig. 1 shows the temperature rise from tapping start to teeming end, and the temperature rise means the heat storage in refractory lining. In general, the change in heat storage in a material ΔQ is approximately indicated in the following equation assuming that heat capacity C_p is constant,

$$\Delta Q = WC_p \Delta T = \rho VC_p \Delta T \dots\dots\dots (1)$$

where W is weight, V is volume, ρ is density and ΔT is temperature change. In the case of the ladle, ΔT is equivalent to the hatching part in Fig. 1. V is determined by the thickness of the lining. C_p takes a certain value if the material is determined. Therefore, ΔQ is decreased by decreasing ΔT and ρ . An effort to decrease ΔT is made by users. For instance, ladles are covered when the ladles are empty²⁾. Moreover, lowering density and lightening are effective measures for decreasing ρ .

2. 2 New propositions: decreasing thermal conductivity and lightening of working lining

In order to decrease heat radiation, the insulation usually has been installed between the working lining and shell²⁻⁴⁾. However, the increase in the damage rate of this insulation lining caused some problems such as a decrease in service life of the working lining^{3,4)} and increases in slag penetration³⁾. Thus, we investigated a consistent method for reducing heat loss and maintenance and improving life.

In contrast with thermal insulation, some attempts have been made to increase life by forced cooling of the shell for increased heat loss. They are water cooled at the blast furnace bottom⁵⁾, air cooled at the converter shell⁶⁾, and fog cooled at the anti gas leak plate in the snorkel of the RH degasser⁷⁾ and others. There are two reasons that the force cooling increases service life by increase in temperature

する。

このようなワークライニング内温度勾配の増大を利用した耐用性の向上と熱ロス低減を両立させるため、「ワークライニングの低熱伝導化・軽量化」を提案している。ワークライニングの低熱伝導化によってライニング内温度勾配が大きくなり耐用性が向上する。併せて、断熱効果を持たせ放熱を防ぎ、かつ軽量化によって蓄熱を抑えることで熱ロスを低減できる。

Fig. 2に、ワークライニングを低熱伝導化させた際の定常伝熱計算でのライニング内の温度分布と、温度勾配、伝熱量の変化を示す。温度勾配は従来品の3.7倍となり、伝熱量は約30%低減する。

3. ワークライニングの低熱伝導化・軽量化

3.1 定形煉瓦での低熱伝導化・軽量化

Table 1に、低熱伝導化と軽量化を図った定形煉瓦での、製鉄用の窯炉別の推奨品を示す。溶銑輸送容器、転炉、取鍋スラグライン部にはECONOS（エコノス）を、取鍋鋼浴部にはCALEAD（カリード）、またはALTIMA（アルティマ）を推奨する。Table 2に、実炉での実績例を示すが、耐用性を低下させずに、熱ロスの大幅な削減に貢献している。

gradient in the working lining. One is the surface temperature decrease caused by the increase in heat flux, and the corrosion rate decrease caused by the temperature decrease. Moreover, the slag adheres to the surface more easily and behaves as a protective layer. Another is a decrease in slag penetration depth. Since the slag solidifies below a certain temperature, the slag cannot penetrate beyond the temperature region. If the temperature gradient increases, the penetration depth decreases because the solidification region moves toward the surface.

We are proposing a different method, “decreasing thermal conductivity and lightening the working lining” as a stable method for reducing heat loss and the maintaining and improving service life which also utilizes an increase in the temperature gradient of the working lining. By the decreasing the thermal conductivity of the working lining, the temperature gradient increases and life improves. In addition, heat loss can be reduced by decreasing the heat radiation owing to the insulation effect and by decreasing the heat storage due to the lightening.

Fig. 2 illustrates the temperature distributions in the linings, temperature gradient and heat-transfer calculated by a steady-state thermal transfer analysis when the working

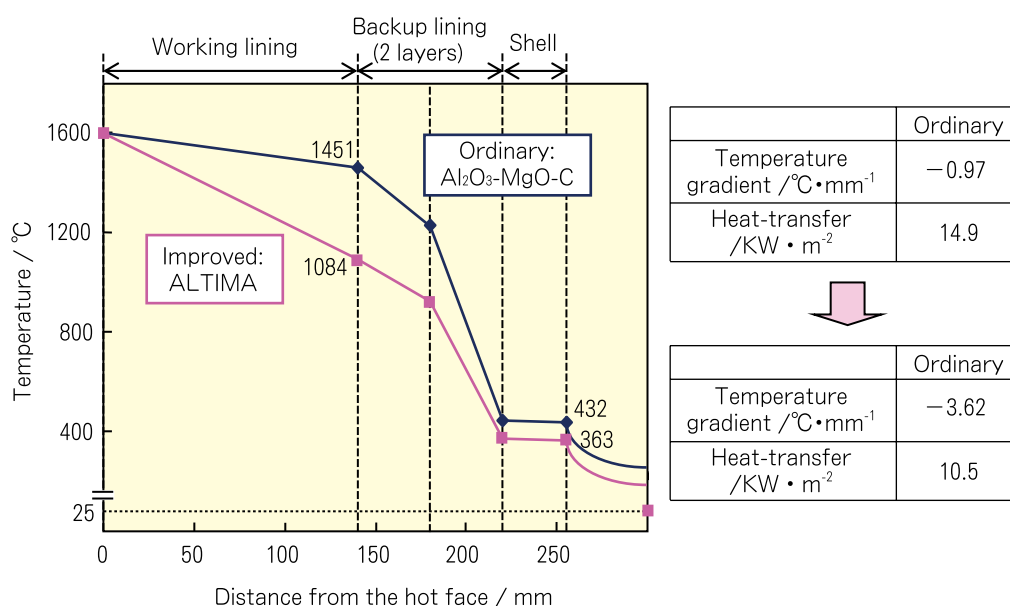
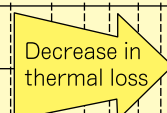


Fig. 2 Improvement of temperature gradient and heat transfer by a decrease in thermal conductivity of the working lining.

Table 1 Low thermal conductivity bricks for working lining of steel making furnaces

Product	Materials	Uses	Conventional	The ratio of thermal resistance to conventional brick					
				1	2	4	7	10	
ECONOS	Al ₂ O ₃ -SiC-C	Pig iron transport	Al ₂ O ₃ -SiC-C						
ECONOS	MgO-C	BOF	MgO-C						
ECONOS	Al ₂ O ₃ -MgO-C	Ladle	Al ₂ O ₃ -MgO-C						
CALEAD	Al ₂ O ₃ -MgO-C	Ladle	Al ₂ O ₃ -MgO-C						
ALTIMA	Al ₂ O ₃ -MgO	Ladle	Al ₂ O ₃ -MgO-C						

Decrease in thermal loss


Table 2 Application results of low thermal conductivity bricks

Material	Application site		Effects
ECONOS	A Works	Ladle	Electric power consumption decreased by 8~10%
ECONOS	B Works	Ladle	Shell temperature decreased by 25°C
ECONOS	C Works	Torpedo car	Shell temperature decreased by 25°C
ALTIMA	D Works	Ladle	Tapping temperature of EAF decreased by 10°C
ALTIMA	E Works	Ladle	Decrease in steel temperature suppressed by 3°C
ALTIMA	F Works	Ladle	Shell temperature decreased by 50°C

3. 1. 1 ECONOS

低熱伝導性炭素含有不焼成煉瓦で、混銑車などの溶銑輸送容器、転炉、溶鋼取鍋スラグライン部のライニングに使用される。用途に応じてアルミナ・炭化珪素・カーボン質、アルミナ・マグネシア・カーボン質、マグネシア・カーボン質がある。特殊なバインダーの採用によって、予熱時に発生する不快な分解ガス臭が少ないという特長も有する。Table 3に品質例を示し、Fig. 3に熱伝導率の比較を示す。取鍋の鉄皮温度を25°C低下させた例がある。

3. 1. 2 CALEAD

高耐用軽量低熱伝導性のアルミナ・マグネシア・カーボン質不焼成煉瓦で従来品煉瓦と同等以上の耐用性がある。蓄熱量低減のほか、築炉作業の負担軽減、輸送コストの抑制効果がある。Table 4に品質例を示し、Fig. 4に熱伝導率の比較を示す。

lining becomes low thermal conductivity. The temperature gradient increased 3.7 times and heat-transfer decreased by 30%.

3. Decreasing Thermal Conductivity and Lightening of Working Lining

3. 1 Decreasing thermal conductivity and lightening of shaped bricks

Table 1 shows the material we recommend for decreasing thermal conductivity and lightening shaped bricks for steel making furnaces. We recommend ECONOS for iron transport containers, converters and slag line material of ladles, and CALEAD and ALTIMA for steel baths of ladles. Table 2 shows some actual use results. These materials contribute to a large reduction of heat loss without shortening the working lining life.

Table 3 Properties of ECONOS

	ECO-M3B	ECO-A3B	ECO-A2E
Chemical composition Al_2O_3 / mass %		71	66
MgO	77	10	
SiC			6
C	15	10	12
Apparent porosity / %	4	5	9
Bulk density / $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	2.95	3.05	2.80
Compressive strength / MPa	35	35	40
Thermal conductivity at 600°C / $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	16	10	12

3. 1. 3 ALTIMA

カーボンを含まない低熱伝導性、高耐用アルミナ・マグネシア質取鍋用不焼成煉瓦で、熱伝導率はカーボン含有煉瓦よりも低い。「煉瓦」なので、流し込み材用施工設備を所有しないユーザーにもアルミナ・マグネシア質流し込み材と同等以上の耐用材料を提供できる。Table 5に品質例を示す。主に電気炉製鋼メーカーの取鍋で使用されているが、電気炉の出鋼温度を以前より10°C低下させた例があり、また、取鍋の鉄皮温度を約50°C低下させた例 (Fig. 5) がある。

3. 2 不定形耐火物での低熱伝導化・軽量化

3. 2. 1 高強度断熱性キャストブルLN-150

高断熱性と一般キャストブルと同等の強度を両立させる。強度は断熱煉瓦の2～5倍で、最高使

3. 1. 1 ECONOS

ECONOS are low thermal conductivity carbon-containing unburned bricks which are used for iron transport containers, converters and slag line material of ladles. Brick compositions include alumina-SiC-carbon bricks, alumina-magnesia-carbon bricks and magnesia-carbon bricks to correspond with several applications. Since a special binder was selected, uncomfortable pyrolysis gas emissions are low during preheating. Table 3 shows the properties of ECONOS, and Fig. 3 is a comparison of thermal conductivities. There is an example of the shell temperature of a ladle decreasing by 25°C.

3. 1. 2 CALEAD

CALEAD are high durable, lightweight and low thermal conductivity alumina-magnesia-carbon unburned bricks. They have equal or more durability compared with conventional bricks. They have some merits of reducing heat storage, decreasing the lining work load and suppressing transport costs. Table 4 shows the properties of CALEAD, and Fig. 4 is a comparison of thermal conductivities.

3. 1. 3 ALTIMA

ALTIMA are low thermal conductivity and high durability alumina-magnesia unburned carbon free bricks, with thermal conductivities which are lower than carbon containing bricks. Since they are the bricks with the same composition as an alumina-magnesia castable, they are the equal or more durable than the

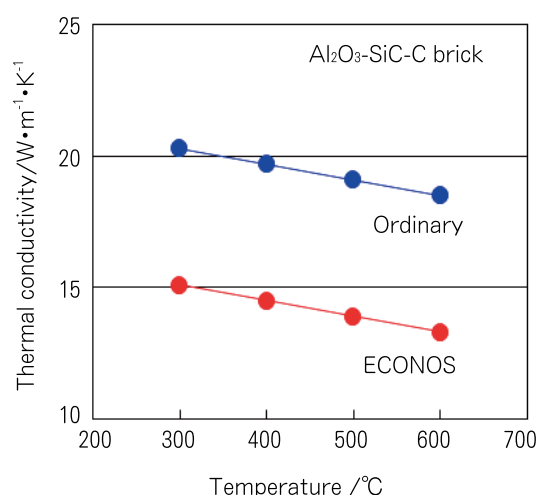
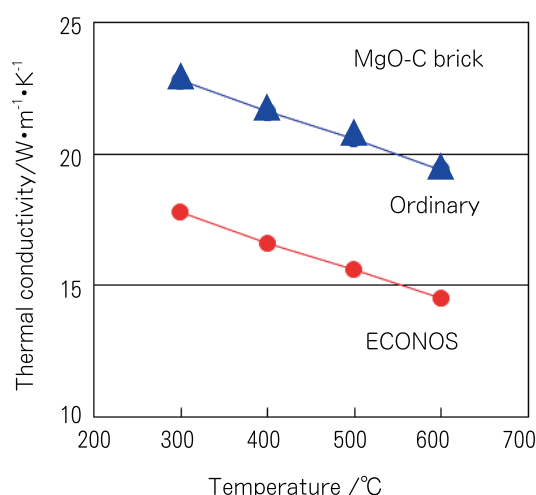


Fig. 3 Thermal conductivity of ECONOS.

Table 4 Properties of CALEAD

	CALEAD	Conventional
Chemical composition / mass %		
Al ₂ O ₃	65	65
MgO	18	18
C	10	10
Apparent porosity / %	7.1	6.4
Bulk density / g·cm ⁻³	3.00	3.27
Compressive strength / MPa	30	34
Thermal conductivity at 600°C* / W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	11.8	13.2

* Thermal conductivity decrease 9.3 W·m⁻¹·K⁻¹ by using ECONOS at the same time.

Table 5 Properties of ALTIMA

	ALM-F001	ALM-F007	Conventional
Chemical composition / mass %			
Al ₂ O ₃	88	77	65
MgO	7	13	18
C			10
Apparent porosity / %	11.6	10.0	6.4
Bulk density / g·cm ⁻³	3.28	3.10	3.27
Compressive strength / MPa	42	60	34
Thermal conductivity at 600°C / W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	2.8	1.5	13.2

用温度は1500℃である。強度と断熱性が同時に要求される取鍋などの熔融金属容器の保温蓋や内張りのライニングに用いられる。品質例をTable 6に示す。取鍋蓋で使用情况の耐用性は従来断熱キャストブルに比べて2倍強となった。

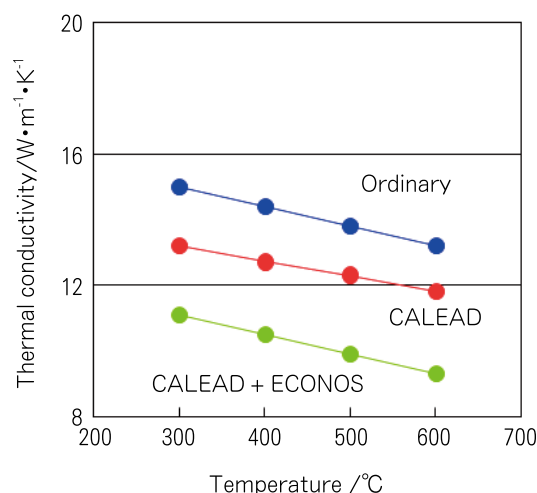


Fig. 4 Thermal conductivity of CALEAD.

castables supplied to users who do not have any castable lining equipment. Table 5 shows their properties. They are mainly used for ladles of electric furnace steel makers. There are some examples where the tapping temperature of an electric furnace decreased by 10℃ and the shell temperature of a ladle decreased by 50℃ (Fig. 5).

3. 2 Decreasing thermal conductivity and lightening of unshaped refractories

3. 2. 1 High-strength heat insulation castable LN-150

Has both high heat insulation and high strength equal to that of usual castables. The strength is 2 to 5 times that of insulating bricks. The maximum temperature for common uses is 1500℃. It is used for covers or the working lining of molten metal containers in which both

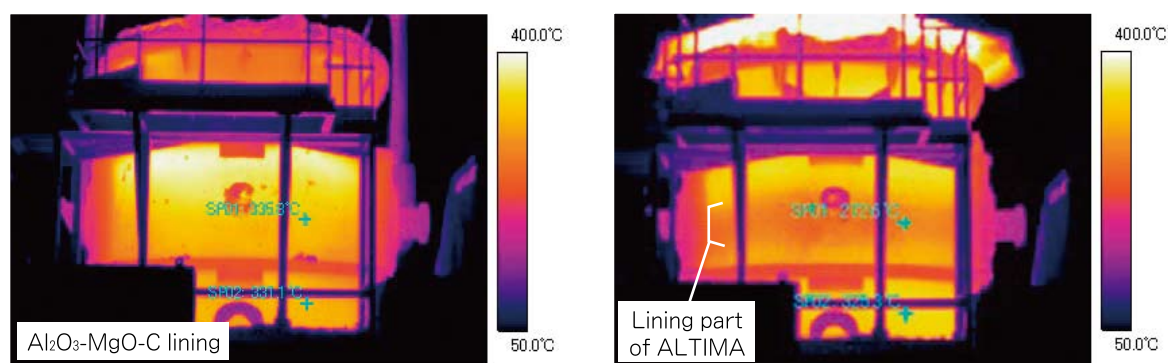


Fig. 5 Temperature change by ALTIMA lining in the thermo-viewer images. The shell temperature decreased about 50℃.

Table 6 Properties of LN-150

		LN-150
Maximum service temperature /°C		1500
Bulk density / g·cm ⁻³		1.8
Chemical composition / mass %	Al ₂ O ₃	57
	SiO ₂	32
Bending strength / MPa	110°C×24h	9.2
	1000°C×3h	5.0
	1400°C×3h	8.1
Permanent change / %	110°C×24h	-0.06
	1000°C×3h	-0.35
	1400°C×3h	+0.59
Thermal conductivity / W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	at 250°C	0.78
	at 500°C	0.64
	at 750°C	0.66



4 各種の断熱材

断熱性煉瓦または断熱性不定形耐火物、断熱材を施工することで断熱効果を上げることができる。特徴あるいくつかの製品を以下に紹介する。

4. 1 Silplate® (シルプレート)

(※UNIFRAX社の登録商標)

バックアップ材には、熱応力と溶融金属の静圧に負けない大きい圧縮強度が要求されるが、一般には低熱伝導性につれて強度は低下傾向にある。この材料は溶融金属の輸送設備のバックアップ用に開発された新しい高強度断熱材であり (Fig. 6)、取鍋や混鉄車といった溶融金属運搬容器のバックアップライニングに使用され、好評を得ている。

4. 2 イソウール® (※イソライト工業㈱の登録商標)

アルミナ・シリカ系セラミックファイバー耐火断熱材で、軽量、柔軟、優れた断熱性と耐熱性を兼ね備えている。バルク、ブランケット、ボードなど用途に応じて多様な形状が選択可能である。

4. 3 パイロテックス

セラミックスファイバーブロックにスタッドボルトを組み込む。専用のピストル型スタッドガンでスタッド溶接とボルト締めを同時に行い、瞬時にスタッドごとブロックを鉄皮に取り付ける (Fig. 7)。迅速施工が可能で、施工期間短縮を図

strength and thermal insulation is simultaneously required. Table 6 shows its properties. The durability for ladle cover improved a little more than 2 times compared with conventional castables.

4. Various Types of Thermal Insulations

The thermal insulating effects are obtained by lining of insulating bricks, insulating unshaped refractories and insulator. Some products which have distinctive features are as follows:

4. 1 Silplate® (registered trademark of UNIFLAX.)

Although high compressive strength is required for the backup lining to resist thermal stress and hydrostatic pressure by molten metal, strength generally tends to decrease with decreased thermal conductivity. The materials are new high-strength insulations which are developed for the backup lining for transport container of molten metal (Fig. 6). They are used for the backup lining of steel ladle and torpedo car, and they have gained a favorable reputation.

4. 2 Isowool® (registered trademark of ISOLITE.)

Insulated with alumina-silica ceramic-fiber and combined thermal insulation with lightweight, flexibility and heat resistance. There are manufactured in various forms, such as bulk, blanket and board, which are selected

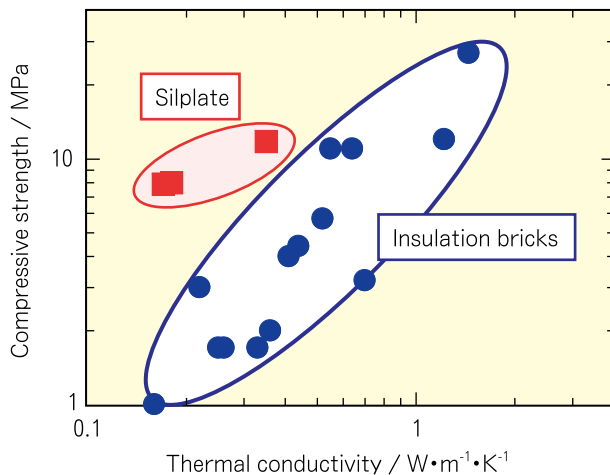


Fig. 6 Relation of thermal conductivity and compressive strength.

る。主な用途は鉄鋼，非鉄金属，石油化学，窯業など。

4. 4 Formfrax® (フォームフラックス)

(※UNIFRAX社の登録商標)

ファイバー質断熱吹き付け材。施工が容易で低発塵性。低熱容量で，断熱性，耐スポーリング性に優れる。また，加熱後収縮が小さく，耐化学物質性，吸音性に優れる。複雑な構造の部位にも施工可能で，窯炉のほか煙突，煙道，炎管，ダクトなど各種配管，また，既存耐火物の補修などに対応できる。

4. 5 Fキャスト

セラミックファイバーと耐火粉末によって構成されたキャストブルである。通常キャストブルと同等の耐食性と，断熱性を両立させた製品で，嵩比重は1.14と軽量，熱伝導率は1/3程度である。加熱炉の水冷管ライニング，鍛造炉，バーナータイ

according to application.

4. 3 Pyrotex

Stud bolts are inserted in a ceramic-fiber block. Welding of stud and bolting is carried out at the same time by a specially made pistol type stud-gun. Hence, the block can be installed with studs to the shell of the furnace in an instant (Fig. 7). It is possible to line rapidly and to shorten construction time.

4. 4 Formfrax® (registered trademark of UNIFLAX.)

The materials are ceramic-fiber insulating gunning materials. They are low heat capacity, superior in thermal insulation and thermal spalling resistance. Moreover, they are low heat shrinkage, and have high chemical resistance and high sound absorption. Since it is possible to line complex structural parts, they are used not only for furnaces but also for pipe arrangement such as chimneys, flues, fire tube and ducts. In addition, they are used for repairing common refractories.

4. 5 F-Cast

F-Cast is a castable made of ceramic-fiber and refractory powders. They have both equal corrosion resistance to normal castables and well insulation. They are lightweight and their densities are $1.14\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. The thermal conductivity is 1/3 that of normal castables. They are used the lining of cooling pipes in heating furnaces, forging furnaces, burner tiles and others.

5. Energy Saving Diagnosis of Furnaces

The shell temperature of existing furnaces such as heating furnaces, heat treatment furnaces, dryers, boilers, kilns and incinerators was analyzed and diagnosed by thermo-viewer pictures, and an energy reducing plan for

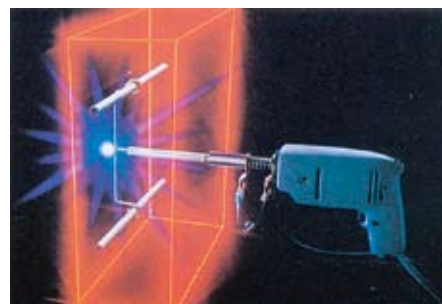
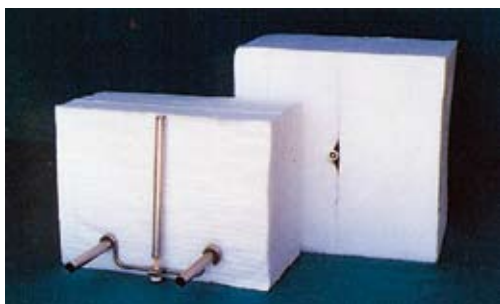


Fig. 7 Pyrotex and lining method.

ルなどに使用される。

5. 各種熱設備の省エネ診断

加熱炉，熱処理炉，乾燥炉，ボイラー，キルン，焼却炉といった既存の工業炉などの熱設備をサーモグラフィー画像で分析・診断し，熱エネルギー管理士による省エネ改善提案を行う。提案の断熱施工は，当グループのエンジニアリング部門が担当する。また，具体的な改善効果を画像によって，お客様に実感していただく。

6. まとめ

CO₂排出量削減のための熱ロス低減には，各種窯炉用耐火物の断熱と軽量化が有効である。本稿では，当社グループの関連技術を紹介した。熱ロス低減と耐用性の維持向上を両立させるため，新しい技術としてワークライニングの低熱伝導化・軽量化を提案している。定形煉瓦ではECONOS，CALEAD，ALTIMAがあり，実機使用では耐用性を落とさずに鉄皮温度を数十℃低下させたなどの実績例がある。不定形では，高強度断熱性キャストブルLN-150があり，取鍋蓋材として使用することで約2倍の耐用性を示した。断熱材，炉体診断についても熱ロス低減に寄与する。

improvement was proposed by our thermal energy manager. Construction of the insulation lining according to the plan was executed by the engineering section of our company group. The improvement was confirmed by a customer using the thermo-viewer pictures.

6. Conclusions

Insulating and lightening of refractories used in furnaces is an effective method for decreasing heat loss in order to reduce CO₂ emissions. In this paper, the CO₂ emission reducing technologies of our company group were introduced. We are proposing new technology for insulation and reduction of weight of the working lining so as to reduce heat loss and maintain and lengthen service life. We recommend ECONOS, CALEAD and ALTIMA for shaped bricks. They reduced heat loss in actual use, for instance, the shell temperature was decreased by several 10℃ while maintaining the same service life. We also propose insulation castable LN-150 for unshaped refractories. In our trials the service life for a steel ladle cover was doubled. Our insulation materials and furnace heat loss diagnosis are also contributed to reduce heat loss.

References

- 1) H. Tozawa: Taikabutsu, **58**[11] 608-619 (2006).
- 2) M. Nishi, H. Kitani, T. Takahashi, O. Terada, and N. Morishita: Taikabutsu, **33**[5] 240-248 (1981).
- 3) H. Sugita, T. Zenbutsu, and H. Asami: Taikabutsu, **33**[12] 685-691 (1981).
- 4) H. Nagai, K. Kanematsu, and I. Abe: Taikabutsu, **37**[12] 706-711 (1985).
- 5) K. Sugita: Taikabutsu, **50**[1] 2-10 (1998).
- 6) A. Oote, T. Soejima, T. Saito, I. Wakasugi, and K. Horikawa: Taikabutsu, **41**[7] 365-370 (1989).
- 7) M. Kamo, M. Nanbu, M. Yoshida, K. Ooshima, and N. Misaki: Taikabutsu, **50**[2] 84-89 (1998).