

SHINAGAWA TECHNICAL REPORT

セメント用塩基性れんがの特徴と使用実績

Characteristics and Performance of Basic Bricks for Cement Kilns

戸 田 義 大
Yoshihiro TODA

伊 賀 棒 公 一
Koichi IGABO

小 宅 民 淳
Tamiatsu KOYAKE

森 孝 一 郎
Koichiro MORI

品川技報

セメント用塩基性れんがの特徴と使用実績

Characteristics and Performance of Basic Bricks for Cement Kilns

戸 田 義 大^{*1}

Yoshihiro TODA

伊 賀 棒 公 一^{*3}

Koichi IGABO

小 宅 民 淳^{*2}

Tamiatsu KOYAKE

森 孝 一 郎^{*4}

Koichiro MORI

要 旨

日本国内のセメントキルンでは、操業条件が過酷化し内張りれんがの耐用が低下する傾向にある。当社で製造しているセメントキルン用マグネシアースピネルれんがは過酷な条件下においても優れた耐用を示しており、安定操業の達成とコストメリット創出に貢献している。本稿では適用ゾーンごとにれんがの特徴と使用実績を紹介する。

Abstract

In cement kilns in Japan, service condition of refractory lining is becoming more severe, which causes increased wear of the lining. The magnesia-spinel bricks for cement kilns which we produce have shown superior performance in severe conditions, and contribute to achieving economical and stable operation. This report introduces the characteristics and performance of bricks for each application zone.

1. 諸言

近年のセメントロータリーキルン（以下セメントキルンと呼ぶ。）は単にセメントを製造するのみならず、他産業等からの廃棄物や副産物を処理する重要な役割を持つ。日本国内でセメントの生産における廃棄物・副産物の使用原単位は年々増え続けており、今後もさらに増加すると予想される。また、近年は燃料となる石炭価格の高止まり傾向が続いているため、燃料としてオイルコークスや廃プラスチック等を活用するセメントキルンが増えている。炉内においてはコーティングの不安定化や雰囲気中のガス成分の変化が生じるケースもあり、耐火物の使用条件はより過酷化する傾

1. Introduction

Recently, the cement rotary kiln (hereafter referred to as cement kiln) plays an important role not only in producing cement, but also in treating the wastes and by-products from other industries. The unit consumption of wastes and by-products in the production of cement in Japan continues to increase year by year. Moreover, it is expected to increase more in the future. In addition, oil coke or waste plastics are widely utilized as fuel for cement kilns, because the price of coal recently hovers at a high level. The kiln lining is being exposed to more severe

*1 西日本工場 岡山製造部 技術室 Technical Section, Okayama Plant, West Japan Works

*2 西日本工場 岡山製造部 第4製造室 室長 Manager, No. 4 Manufacturing Section, Okayama Plant, West Japan Works

*3 技術研究所 第1研究部 Research Dept. No. 1, Research Center

*4 西日本工場 岡山製造部 技術室 室長 Manager, Technical Section, Okayama Plant, West Japan Works

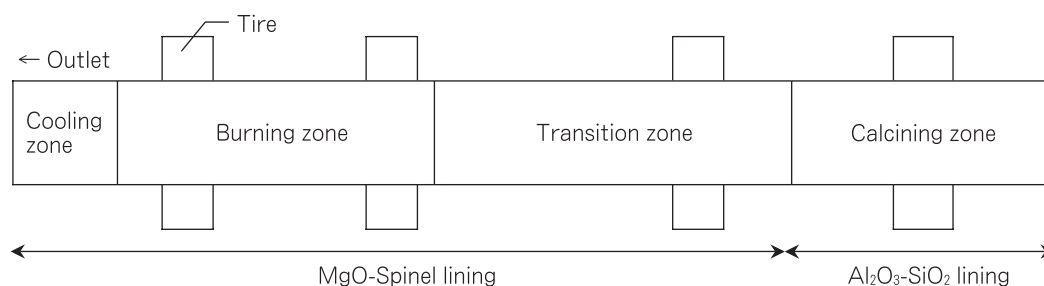


Fig. 1 Typical refractory lining of cement rotary kilns.

Table 1 Typical properties of MgO-Spinel bricks for cement kilns

Zone		Cooling zone		Burning zone			Transition zone		
Brand		SP-8DC	SP-8D	ELK-11CW	ELK-12CXR	ELK-12CX-1	SP-8L	SP-8LS	SP-8LDF
Apparent porosity / %		15.5	15.3	14.0	15.7	14.5	15.5	14.8	15.1
Bulk density /g•cm ⁻³		3.05	3.05	3.06	3.02	3.04	2.95	3.00	3.00
Cold crushing strength /MPa		57	54	60	54	56	48	54	50
Hot modulus of rupture at 1250℃ /MPa		8.0	7.0	8.0	9.0	9.0	7.0	8.0	7.0
Chemical composition /mass%	MgO	79.5	81.0	85.8	83.2	84.6	81.0	81.4	81.0
	Al ₂ O ₃	17.6	17.6	10.8	12.2	12.2	17.7	17.4	17.6
	Fe ₂ O ₃	1.5	—	1.2	1.4	1.0	—	—	—

向にある。当社ではこのような状況の変化に対応すべく炉材の改良を重ねており各所で好評を得ている。本報告では当社のセメントキルン用塩基性れんがについて紹介する。

2. セメントキルンのライニング

Fig. 1に一般的なセメントキルンのライニングを示す。比較的低温の仮焼帯では、高アルミナれんがもしくはシャモットれんがが一般的に使用されている。最も熱負荷が高い焼成帯では、以前は耐食性やコーティング付着性に優れるマグクロれんがが広く使用されていたが、現在は環境問題への意識の高まりによってマグクロれんがは国内のほとんどのセメントキルンから姿を消しており、冷却帯、焼成帯、遷移帯でマグネシアースピネルれんがが主に使用されている。

3. セメントキルン用塩基性れんがの品質と使用実績

Table 1に当社のセメントキルン用れんがの品

service conditions due to the unstable coating and change of gas composition in the kiln. We have improved the kiln refractories in order to cope with the service conditions and had a good reputation in many kilns. Our product lineup of basic bricks for the cement kiln is introduced in this report.

2. Lining of Cement Kiln

Fig. 1 shows the typical lining of the cement kiln. High alumina bricks or fireclay bricks are generally used in the relatively low temperature calcining zone. In the burning zone, where the thermo-chemical load is the highest, the magnesia-chrome bricks, which are superior in erosion resistance and coating stability, had been widely used in previously. However, magnesia-chrome bricks disappeared in most domestic cement kilns because of increased environmental consciousness. Recently, mainly

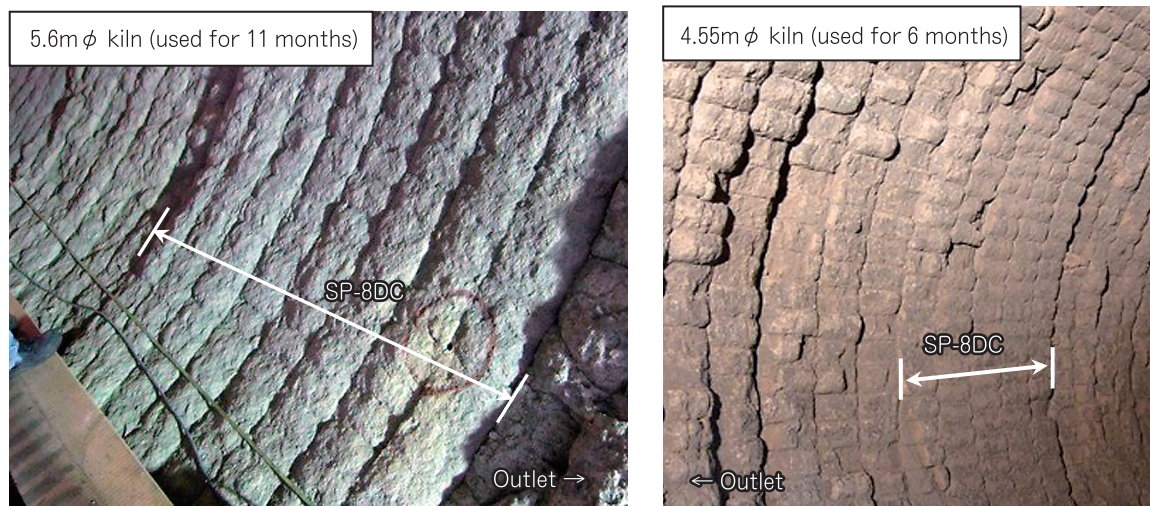


Fig. 2 Appearances of SP-8DC zone.

質と特徴を示す。ECOLOK（略称ELK）は焼成帯向けのクロムフリーレンガ、SPILOK（略称SP）は主に冷却帯と遷移帯向けスピネルレンガであり、いずれも熱的・物理的特性を調整して各所キルンやゾーンごとに異なる稼働条件に対応させている。ゾーンごとにレンガの特徴と使用実績を紹介する。

3. 1 冷却帯用レンガ

冷却帯は操業温度が約1300℃と比較的高温であるが、レンガの表面がコーティングで保護されにくいため、セメントクリンカーによる熱間摩耗が重要な損傷要因となる。また、冷却帯付近の鉄皮は長期にわたって熱を受け続けると次第にラッパ状に変形し広がるため、レンガの固定が緩くなり稼働中にレンガのスリップや圧壊が生じる場合もある。

当社の冷却帯用レンガは優れた耐摩耗性と耐スポーリング性を有しており、コーティング付着を促進させるため不純物を適度に含む「SP-8DC」と高純度原料を主に使用した「SP-8D」がある。

Fig. 2に冷却帯における「SP-8DC」の使用状況を示す。左写真は熱間摩耗によって損傷したケース、右写真は圧壊によって損傷したケースである。損傷原因は異なるが、いずれもSP-8DCが隣接する他のレンガよりも損傷量が少ない結果となっている。

magnesia-spinel bricks are used in the cooling zone, burning zone and transition zone.

3. Quality and Performance of Basic Bricks for Cement Kilns

Table 1 shows the properties and characteristics of bricks for cement kilns. ECOLOK (abbreviation : ELK) is a series of chrome-free bricks for the burning zone and SPILOK (abbreviation : SP) is a series of magnesia-spinel bricks for the cooling zone and transition zone, both of which require bricks to suitable for different operating conditions by adjusting thermal-physical properties. We introduce the characteristics and performance of the bricks for each zone.

3. 1 Bricks for the cooling zone

In the cooling zone, an important wear factor is hot abrasion by cement clinker because the operating temperature is comparative high (about 1300℃), and the brick surface is not protected by a coating. In addition, the kiln shell of the cooling zone is apt to deform to a trumpet shape by heating during a long term operation. Shell deformation causes loosening of the lining, often resulting in slipping and the consequent crushing damage of the bricks.

3. 2 焼成帯用クロムフリーレンガ

焼成帯はセメントキルンの中で最も熱負荷の高いゾーンであり、最高温度となる部位は1450℃に達する。当社の焼成帯用マグネシアースピネルレンガに共通する特徴としては、耐食性と耐スポーリング性を考慮して Al_2O_3 量を最適化しており、コーティングの付着促進と耐食性のさらなる向上を目的に微量の特殊成分を添加している。

Table 1に示した焼成帯レンガの耐食性を比較するため、回転ドラム侵食試験（1700℃、5時間、侵食剤：ポルトランドセメント）を実施した。各材質の損傷量をFig. 3に示す。

最も損傷量の少ないELK-11CWは最も温度の高い真焼点に適しており、次いで損傷量の少ないELK-12CXRは機械的応力の生じる支点部付近に適す。また、ELK-12CX-1は耐食性とコーティング付着性のバランスに優れ、焼成帯の幅広いゾーンにおいて汎用性がある。

Fig. 4には、ELK-12CX-1をセメントキルンの焼成帯の下手位置で使用时（写真左）と上手位置で使用时（写真右）の耐用状況を示す。いずれも隣接する他のレンガより損傷量が少なくだけでなくコーティングも適度に付着しており、焼成帯の操業安定化に貢献している。

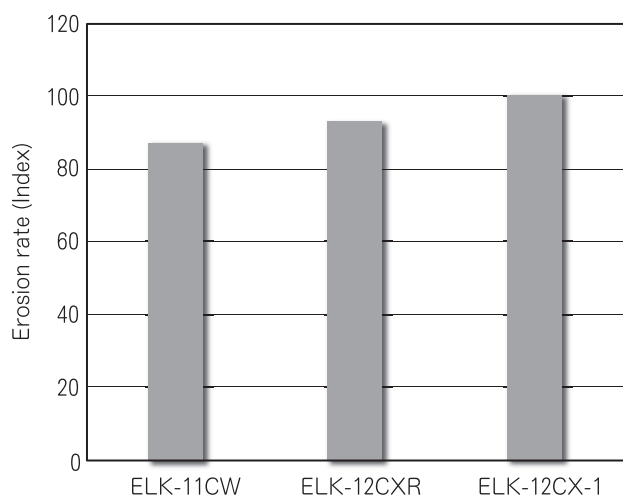


Fig. 3 Erosion rate index of bricks after rotary drum erosion test.

We have improved the abrasion resistance and thermal shock resistance of the bricks for the cooling zone. SP-8DC contains a small amount of impurities to improve coating stability. SP-8D is made with high-purity materials.

Fig. 2 shows a view of the cooling zone lined with SP-8DC. The left picture shows bricks damaged by hot abrasion, the right picture shows bricks crushed by stress. These pictures show different wear mechanism, however, SP-8DC has shown better performance than other conventional bricks in both cases.

3. 2 Chrome-free bricks for burning zone

The operating temperature reaches 1450℃ in the burning zone, which is the highest in the cement kiln. Our magnesia-spinel bricks for the burning zone have the following common characteristics; optimized Al_2O_3 content which gives high erosion resistance and thermal shock resistance and special additives which improve erosion resistance and coating stability.

Fig. 3 shows the erosion rate of the burning zone bricks after the rotary drum erosion test (at 1700℃, for 5h, Erosion agent : Portland cement).

ELK-11CW, which shows the lowest erosion rate, is suitable for the “hot spot” which has an excessively high operating temperature. ELK-12CXR shows the second lowest erosion rate and is suitable for the zone where the kiln is supported by the tire and the bricks are subjected to mechanical stress from the tire. ELK-12CX-1 is superior in the balance of erosion resistance and coating stability and is suitable for almost all of the burning zone.

Fig. 4 shows a view of the burning zone lined with ELK-12CX-1. The location of the left picture is at the lower burning zone. The location of the right picture is at the upper burning zone. ELK-12CX-1 showed not only a lower wear rate, but also better coating formation

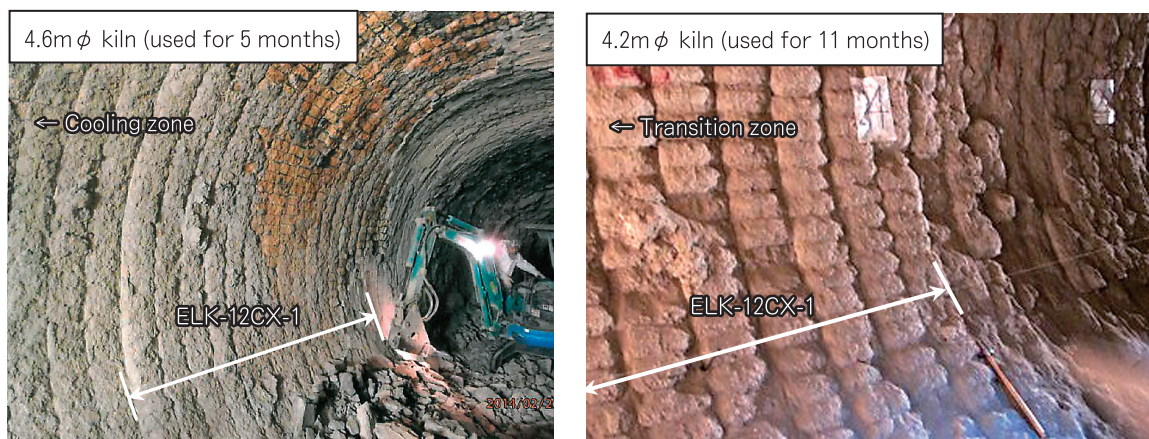


Fig. 4 Appearance of ELK-12CX-1 zone.

3. 3 遷移帯用れんが

遷移帯は近年における廃棄物・副産物の使用原単位増加による炉内雰囲気の変化が顕著に生じているゾーンであり、れんがの耐用低下が生じているキルンが多い。遷移帯におけるれんがの損傷原因の一つとして、炉内ガス中の揮発成分がアルカリ硫酸塩 ($K_3Na(SO_4)_2$, K_2SO_4) やアルカリ塩化物 (KCl, NaCl) としてれんが内に浸潤・沈積する過程で組織の脆化や亀裂を発生させる例がある¹⁾。これらのれんがの変質は、れんが中に含まれる不純物が炉内ガス中の揮発成分と反応することによって促進されることが知られている²⁾。よって、当社の遷移帯用れんがは上記の反応を抑制するために、不純物が極めて少ないことを共通の特徴としている。遷移帯用れんがのラインナップとしては、耐サルファー性に優れる汎用材質「SP-8L」に加えて、支点部等における応力緩和性に優れる「SP-8LDF」、熱間強度が高く耐摩耗性に優れる「SP-8LS」を開発している。

Fig. 5に遷移帯で使用されたSP-8Lの耐用状況を示すが、隣接する他のれんがと比較して残厚が大きい。使用後のSP-8Lは表層の脆化も軽微であり良好な耐用であると観察された。

than the other bricks, both of which contribute to stable operation at the burning zone.

3. 3 Bricks for transition zone

In many cement kilns, the furnace atmosphere in the transition zone has been changed by the increase in wastes and by-products consumption reducing the lifetime of the bricks. One of the important wear factors is a weakening of the brick structure caused by the penetration of alkali-sulphate ($K_3Na(SO_4)_2$, K_2SO_4) or alkali-chloride (KCl, NaCl)¹⁾. This degradation of the transition zone brick is known to be promoted by the reaction of impurities in bricks with vapor phase in the kiln gas²⁾. Our bricks for the transition zone are commonly characterized by being in low impurities in order to suppress the above reaction. Among these, SP-8L is superior in sulfur resistance. SP-8LDF is superior in flexibility, and SP-8LS is superior in abrasion resistance due to a high hot modulus of rupture.

Fig. 5 shows a view of the transition zone where SP-8L showed more residual thickness compared with the adjacent other company's brick. The used SP-8L showed a less weakened brick texture, which seems to have been the reason for the good performance.

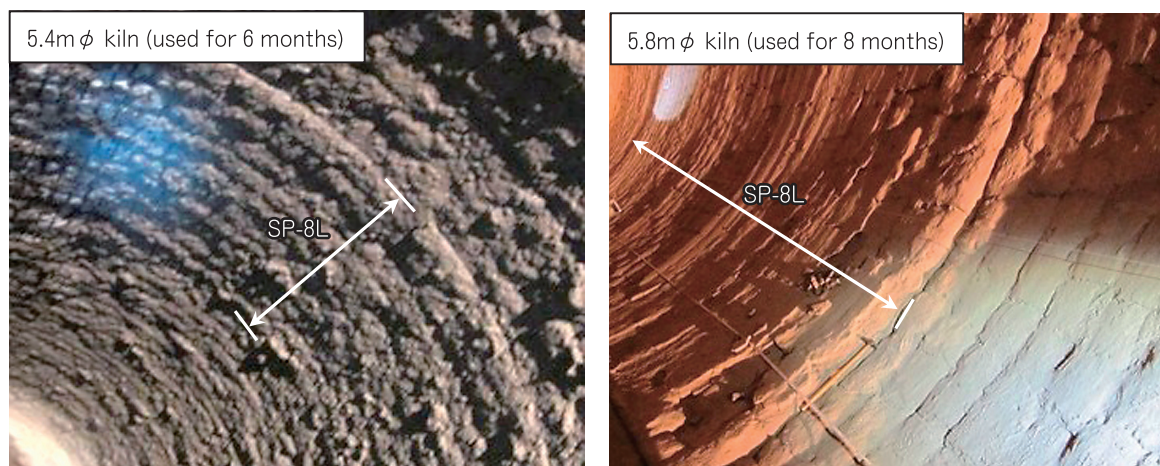


Fig. 5 Appearance of SP-8L zone.

4. まとめ

セメントキルンにおける当社のマグネシアースピネルれんがについて、品質特徴と使用実績を紹介した。現在、日本国内で稼働しているセメントキルンの数はピーク時と比べると減少したが、堅調なセメント需要に下支えされて設備の稼働率は高い水準で推移している。設備稼働率が高い時に緊急停炉となるトラブルを生じるとキルンの操業に及ぼす影響が極めて大きい。特にれんがの耐用不足に起因するトラブルは復旧に多くの日数を要するため決して生じさせてはならない状況にあり、れんがの高耐用化はこれまで以上に重要な課題となっている。本稿で紹介したれんがは、優れた耐用によって停炉トラブルに至るリスクを低減するだけでなく、長期耐用によるコストメリットを出すこともできており、各所から品質と耐用に高い評価を頂いている。今後とも、各ユーザーにおける安定操業の達成とコスト競争力の改善に寄与していきたいと考える。

4. Summary

The characteristics and performances of our magnesia-spinel bricks for cement kilns were introduced in this report. Although the number of cement kilns operating in Japan has decreased from the peak time, availability of the kilns has been kept at a high level because of the steady demand for cement recently. If the kiln operation is stopped in an emergency under a high availability, it has a significant impact on total service. Especially the performance of kiln bricks is becoming more important because of the trouble caused by the brick requires several days to reline the brick for restarting. The shinagawa bricks introduced in this report have been well received by many customers not only for reducing the risk of brick troubles but for cost merit through good performance.

References

- 1) M. Takai, T. Koyake and H. Tada : Proceedings of 24th Conference on Refractories for Cement kiln, 13-23 (2008)
- 2) Y. Toda, H. Sugiyama, M. Suto and K. Igabo : Proceedings of 28th Conference on Refractories for Cement kiln, 68-78 (2012)