

SHINAGAWA TECHNICAL REPORT

セメントキルン焼成帯用耐脆化性
クロムフリーれんがELK-12XL-1

Structural Deterioration Resistance Chrome-Free
Brick ELK-12XL-1 for Burning Zone of Cement
Rotary Kiln

諏訪 毅 小宅 民淳
Tsuyoshi SUWA Tamiatsu KOYAKE

品川技報

セメントキルン焼成帯用耐脆化性クロムフリーれんがELK-12XL-1

Structural Deterioration Resistance Chrome-Free Brick ELK-12XL-1 for Burning Zone of Cement Rotary Kiln

諏訪 毅^{*1} 小宅 民 淳^{*2}
Tsuyoshi SUWA Tamiatsu KOYAKE

要 旨

セメントロータリーキルン焼成帯用クロムフリーれんがELK-12XL-1は易焼結性MgO原料を添加することで、耐浸潤性と耐脆化性が向上した。焼成帯では、外来成分の浸潤深さが厚くコーティング脱着による剥離厚の大きい剥離損傷やコーティング脱着に伴う温度変動により組織脆化が生じるが、ELK-12XL-1を使用することで安定耐用が可能と考えられる。

Abstract

The penetration and structural deterioration resistance of chrome-free brick ELK-12XL-1 for the burning zone of the cement rotary kiln was improved by using magnesia grains with better sinterability. In the burning zone, the penetration depth of foreign components is deeper. Deep peeling with large thickness due to coating desorption and structural deterioration due to temperature change accompanies coating desorption. It is expected that application of ELK-12XL-1 will make it possible to operate the cement rotary kiln more stably.

1. はじめに

セメントロータリーキルン（以下、セメントキルン）は、大量の産業廃棄物を安全に処理し、かつリサイクルすることで資源循環型社会に対して多大な貢献を果たしている。一方で、近年の産業廃棄物の処理量増加や多様化などによって、セメントキルン焼成帯では外来成分（サルファーやアルカリ、塩素など）の浸潤深さが厚くなり、コーティング脱着ゾーンや品質切替時に剥離厚が大きい損傷となっている。また、コーティング脱着には温度変動（繰り返し加熱冷却）も伴い、組織脆化も生じている。そのため、焼成帯用れんがの耐用改善には外来成分の浸潤抑制とれんが組織の強化による耐剥離性の改善が重要であると考えられる。今回、耐浸潤性と耐剥離性の改善を目的に、

1. Introduction

The cement rotary kiln (hereinafter referred to as cement kiln) makes a considerable contribution to the resources recycling society by treating and recycling large quantities of industrial waste.

On the other hand, due to the recent increase in throughput and diversification of industrial waste, the infiltration depth of foreign components (sulfur, alkali, chlorine, etc.) has become thicker in the cement kiln burning zone and damage with large peeling thickness at the coating desorption zone and quality switching. In addition, coating desorption involves temperature change (repeated heating and cooling),

*¹ 技術研究所 第1研究部 第2研究室 係長 Assistant Manager, Basic Study Sec., Research Dept. No.1, Research Center

*² 技術研究所 第1研究部 第2研究室 室長 General Manager, Basic Study Sec., Research Dept. No.1, Research Center

粒度構成の適正化によるかさ比重向上（れんが組織緻密化）と易焼結性MgO原料添加による組織強化を行った耐脆化性クロムフリーれんがELK-12XL-1を開発したので報告する。

2. ELK-12XL-1の特徴

ELK-12XL-1はこれまで各所で良好に使用されている焼成帯用クロムフリーれんがELK-12X-1をベースとして、粒度構成を変えてかさ比重の向上による緻密化と易焼結性MgO原料の添加による組織強化を図っている。

Table 1にELK-12X-1とELK-12XL-1の代表品質を示す。ELK-12XL-1は粒度変更と易焼結性MgO原料を添加することで、低気孔率となっている。また、Fig.1の通気率も、ELK-12XL-1はELK-12X-1に比べ低下している。そのため、低気孔率、低通気率化により作業中のセメント液相の浸潤が抑制され、浸潤層の剥離厚みが減り損傷の低減が可能となる。

耐熱脆化性は繰り返し加熱試験を行い、試験前後の寸法変化率と外来成分の浸潤性を評価した。

繰り返し加熱試験条件は、炉床昇降式小型電気炉を用いて、高温室1400℃で10分間加熱した後、低温室（400～1000℃）で10分間空冷を1サイクルとして、10サイクル繰り返し加熱を行った。

浸潤性の試験は、回転ルツボ法により1700℃×5時間行った。試料は繰り返し加熱試験前後の試料を用いた。侵食剤は、ポルトランドセメント：90%+K₂SO₄：10%の混合物を用い、1時間毎に交換した。試験後に試料を切断し、稼働面からの浸潤深さを測定した。

Fig.2, 3に脆化試験後の寸法変化率と浸潤性試

and structural deterioration also occurs. Therefore, it is thought that improvement of peeling resistance by suppression of infiltration of foreign components and strengthening of the brick structure is important for improving the durability of burning zone bricks. We developed structural deterioration resistant chrome-free brick ELK-12XL-1, with improved bulk density, by optimizing grain size composition and strengthening the structure by using magnesia grains with better sinterability.

2. Characteristic of ELK-12XL-1

ELK-12XL-1 is based on conventional chrome-free brick ELK-12X-1 which is well used by various customers for the burning zone. ELK-12XL-1 was densified by optimizing the grain size composition, and strengthened structure by using magnesia grains with better sinterability.

Table 1 shows the typical properties of ELK-12X-1 and ELK-12XL-1. ELK-12XL-1 has low porosity through optimized grain size composition and use of magnesia grains with better sinterability. The permeability of ELK-12 XL-1 decreased compared to ELK-12 X-1. ELK-12XL-1 is expected to reduce the penetration

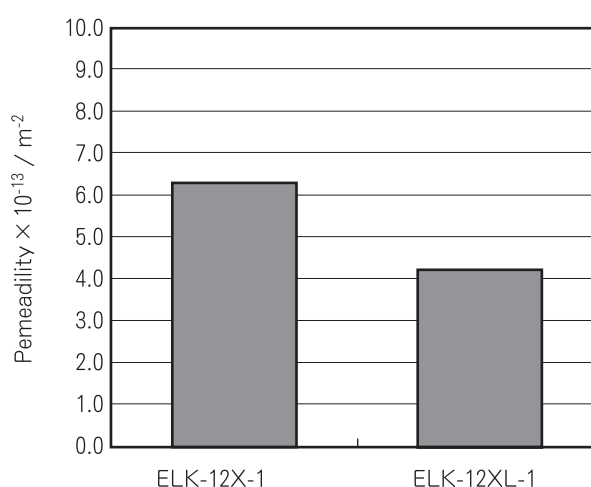


Fig. 1 Comparison of permeability ELK-12X-1 and ELK-12XL-1.

Table 1 Properties of chrome free bricks

Brand		ELK-12X-1	ELK-12XL-1
Apparent porosity / %		14.5	14.0
Bulk density / g·cm ⁻³		3.03	3.06
Cold crushing strength / MPa		54	50
Chemical composition / mass%	MgO	85.4	87.0
	Al ₂ O ₃	12.3	11.0
	Fe ₂ O ₃	-	-

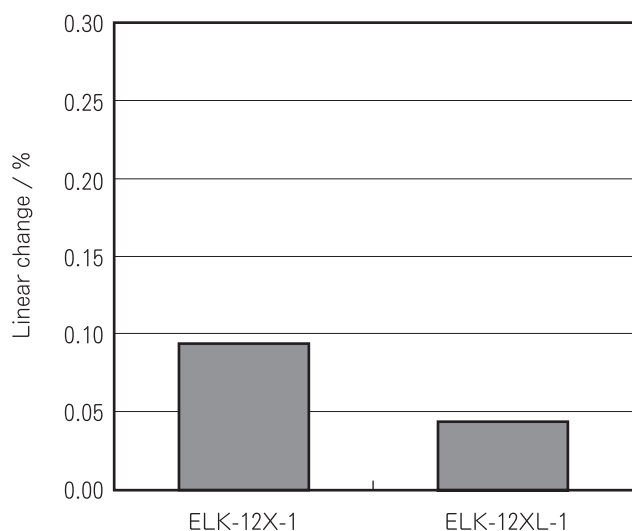


Fig. 2 Linear change after heat cycle test.

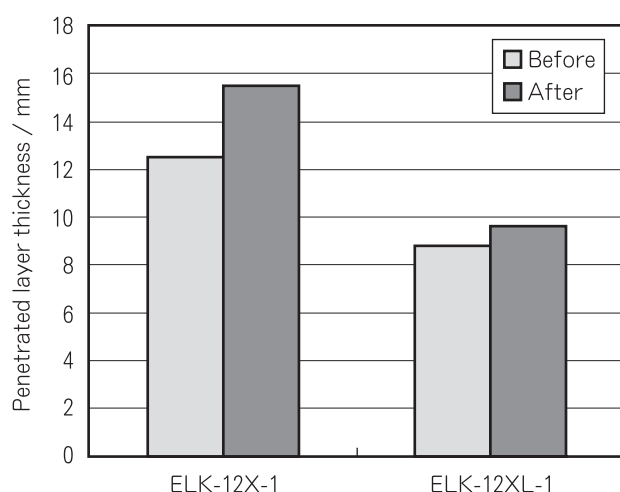


Fig. 3 Penetrated layer thickness results before and after heat cycle test.

験の結果を示す。ELK-12XL-1はELK-12X-1に比べ脆化試験後の寸法変化（膨張）は小さくなっている。また、浸潤性試験の結果から、ELK-12XL-1は脆化試験前と試験後ともELK-12X-1に比べ浸潤深さ（厚み）が小さくなっている。よって、ELK-12XL-1は繰り返し加熱試験後においても組織変化が小さく緻密な組織を維持していると考えられる。

ELK-12XL-1はかさ比重の向上による緻密化と焼結性促進による組織強化によって、ELK-12X-1に比べ良好な熱的容積安定性（耐熱的脆化性）、耐液相浸潤性を有している。そのため、セメントキルン焼成帯奥部のコーティング脱着ゾーン等の温

度、外国成分を低減し、剥離層の厚さを低気率と低透水性で低減する。

構造劣化抵抗と浸透抵抗の評価方法は、線形変化と浸透層の変化を、電気炉での熱サイクル試験前後で測定した。

熱サイクル試験条件は、1400℃で10分加熱、400～1000℃で10分冷却の10サイクルの熱処理である。

浸透試験は、試験前後の試験磚を評価し、回転坩堝法で1700℃で5時間、90%のポルトランドセメントと10%のK₂SO₄の腐蝕剤を混合して行う。

浸透試験後、試験磚を切断し、熱面からの浸透深さを測定した。

Fig. 2とFig. 3は、熱サイクル試験後の線形変化と浸透試験の結果を示す。ELK-12XL-1は熱サイクル試験後の線形変化がELK-12X-1に比べて減少した。ELK-12XL-1の浸透深さは、熱サイクル試験前後ともELK-12X-1に比べて減少した。これは、ELK-12XL-1が熱サイクル試験後の緻密な構造を有していると考えられる。

ELK-12XL-1は、熱的構造劣化抵抗と浸透抵抗、最適化された粒径組成と構造強化によるマグネシアの焼結性向上による。

ELK-12XL-1は、より安定なセメントキルン燃焼ゾーンが可能で、熱変化が大きく、セメントとアルカリ性液相が比較的大きい。

度変動が大きくセメントやアルカリ液相が比較的多い部位において寿命延長や耐用安定化が可能と考えられる。

3. 使用実績

ELK-12XL-1は耐熱脆化性および耐浸潤性に優れ、脱着帯で耐用改善が期待されたため、実機でテストを行った。Fig.4に大径NSPキルンのL/D=3.3-3.7 (L: 落ち口からの距離, D: キルン径) で約5ヶ月使用されたELK-12XL-1の炉内状況を示す。ELK-12XL-1は脱着帯で使用されたが、剥離損傷はなく平滑に損傷しており、張り境れんがと略同等の残厚であり、問題なく使用された。

Fig.5にELK-12XL-1, ELK-12X-1の切断面, Fig.6, 7に使用後れんがの気孔率, 圧縮強度を示

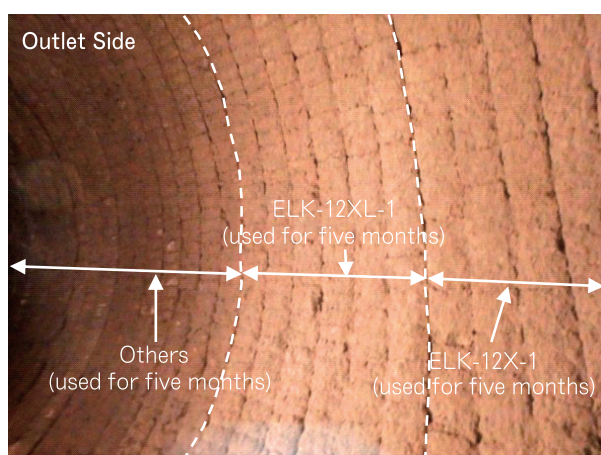


Fig. 4 Appearance of used ELK-12XL-1 bricks L/D=3.3-3.7 for five months in a NSP kiln.

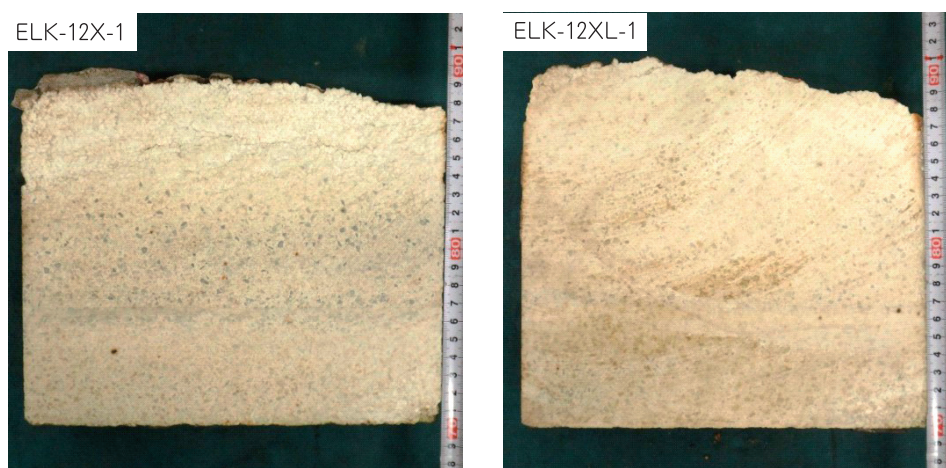


Fig. 5 Cross sections of used bricks ELK-12X-1 and ELK-12XL-1.

3. Trial Result

Fig.4 shows the appearance of ELK-12XL-1 at the position of L/D=3.3-3.7 (L: distance from the outlet, D: diameter of the cement kiln) in NSP kiln after 5 months use. ELK-12XL-1 shows good performance such as no peeling off and good durability in the coating desorption zone.

Fig.5 shows the cut sections of used ELK-12XL-1 and used ELK-2X-1. Fig. 6, 7 show the porosity and compressive strengths of used ELK-12XL-1 and ELK-12X-1. Generally, this area has peeling and structural deterioration damage accompanying coating detachment. In this trial, the residual thickness was nearly equal, but, judging from the cut section, ELK-12XL-1 had less structural deterioration on the working surface than ELK-12X-1 in spite of shorter usage time. The porosity of the working surface of ELK-12X-1 increased more than the original brick, and the compressive strength was less than 30 MPa. ELK-12XL-1 showed no increase in porosity and had a compressive strength higher than that of the original brick. It is thought that ELK-12XL-1 retains a good structure.

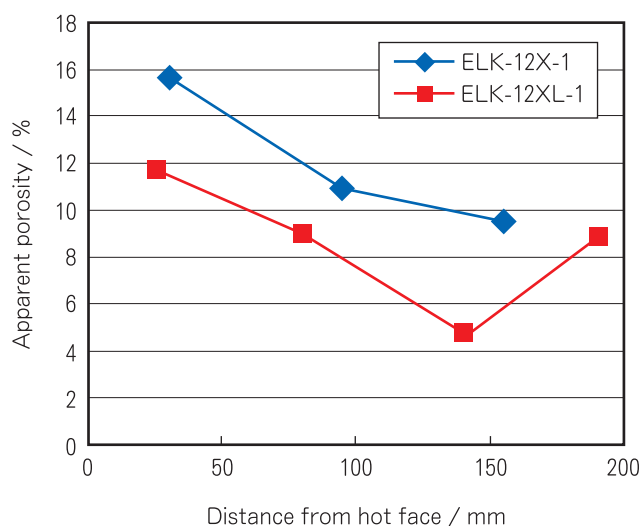


Fig. 6 Apparent porosity of used ELK-12XL-1 and ELK-12X-1 bricks.

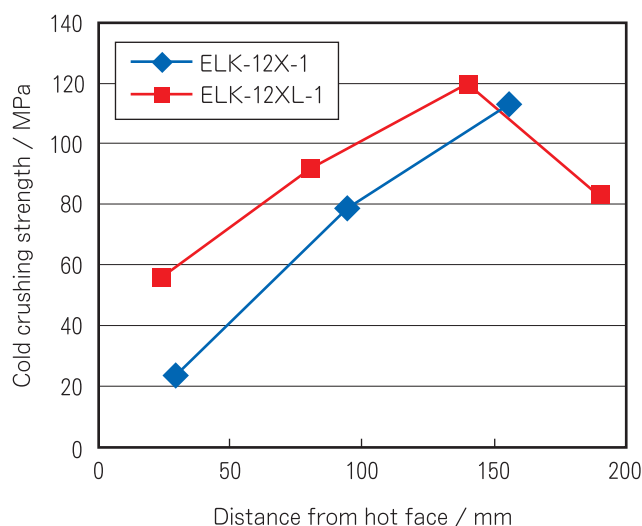


Fig. 7 Cold crushing strength of used ELK-12XL-1 and ELK-12X-1 bricks.

す。この部位は従来からコーティング脱着に伴う剥離損傷及び脆化損傷が激しい部位である。但し、今回は使用期間が短く、残厚は略同等であったが、切断面からELK-12XL-1はELK-12X-1に比べ稼働面の脆化が軽微であった。また、ELK-12X-1の稼働面の気孔率は原れんが以上に増大し、圧縮強度は30MPa未満であるのに対して、ELK-12XL-1は、気孔率の増大はなく、原煉瓦以上の圧縮強度を有しており、良好な組織を維持していると考えられる。

4. まとめ

粒度構成の適正化によるかさ比重向上（れんが組織緻密化）と易焼結性MgO原料添加による組織強化を行った耐脆化性クロムフリーれんがELK-12XL-1を開発した。実炉での使用結果から、ELK-12XL-1は従来品より耐脆化性に優れており、使用拡大が期待できる結果となった。セメントキルン焼成帯の安定耐用に寄与できるものとする。

4. Summary

The structural deterioration resistance of chrome-free brick ELK-12XL-1 for the burning zone was developed by improving the bulk density by optimizing grain size composition and strengthening the structure by using magnesia grains with better sinterability. ELK-2XL-1 has better structural deterioration resistance than the conventional brick. Hence, it is expected that the application of ELK-12XL-1 will make a more stable cement kiln possible.