

SHINAGAWA TECHNICAL REPORT

セメントロータリーキルン焼成帯用クロム
フリーレンが及び遷移帯用スピネルレンが

Chrome-Free Bricks for Burning Zone and Spinel
Bricks for Transition Zone in Cement Rotary Kiln

諏訪 毅

Tsuyoshi SUWA

戸田 義大

Yoshihiro TODA

山下 恭平

Kyohei YAMASHITA

小宅 民淳

Tamiatsu KOYAKE

品川技報



品川リフラクトリーズ株式会社
SHINAGAWA REFRACTORIES CO.,LTD.

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 及び遷移帯用スピネルれんが

Chrome-Free Bricks for Burning Zone and Spinel Bricks for Transition Zone in Cement Rotary Kiln

諏訪 毅 ^{*1}	山下 恭平 ^{*2}
Tsuyoshi SUWA	Kyohei YAMASHITA
戸田 義大 ^{*3}	小宅 民淳 ^{*4}
Yoshihiro TODA	Tamiatsu KOYAKE

要 旨

セメントロータリーキルンの焼成帯用クロムフリーれんがELK-85AX, 遷移帯用スピネルれんがSP-8L-3を開発した。ELK-85AXは結合組織の改善により高い熱間強度を示し, クリンカー摩耗損傷の低減を図った。SP-8L-3は使用原料の最適化により, コーティング付着性, 応力緩和性, 低熱伝導性を示した。このことから, セメントロータリーキルンにおいて, ELK-85AXは焼成帯, SP-8L-3は遷移帯へ適用することで安定耐用が可能と考えられる。

Abstract

Chrome-free brick ELK-85AX for the burning zone and spinel brick SP-8L-3 for the transition zone of the cement rotary kiln were developed. ELK-85AX has a high hot modulus of rupture through improved texture and high abrasion resistance. SP-8L-3 has good coating adhesion, stress relaxation and low thermal conductivity by optimization of raw material. It is expected that application of ELK-85AX for the burning zone and SP-8L-3 for the transition zone will permit the cement rotary kiln to operate 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、近年、廃棄物使用量の増加や産業廃棄物の多様化などによる外来成分（サルファー、アルカリ、塩素等）の影響で、れんがが保護層となるコーティング形成が不安定になり、焼成帯や遷移帯ではコーティング脱着によるれんがの剥離損傷、温度変動による組織脆化、セメントクリンカーによる摩耗損傷によって損傷が大きくなってきて

1. Introduction

Recently, cement rotary kiln lining damage has increased due to abrasion and structural deterioration. Because more industrial wastes are added to the rotary kiln as raw material and more types of industrial waste have been used. Coating formation in the cement rotary kiln is prevented by foreign components from industrial waste such as sulfur, alkali and chlorine,

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

*2 調達センター 原料資材部 Products and Merchandise Purchasing Department, Center of Procurement

*3 第4営業部 関東営業所 主任部員 Staff Manager, Kanto Sales Office, Sales Dept. No.4

*4 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

いる。また、この他に遷移帯では外来成分の影響による脆化損傷や、機械的応力の影響が大きい支点部・れんがが止め付近で厚い剥離や圧壊によって損傷が増大するケースやコーティング付着不安定によるシェル温度の上昇が起こることがある。

そこで、焼成帯向けとして、結合組織の改善によりクリンカー摩耗の改善を行った高熱間強度クロムフリーれんがELK-85AXを、遷移帯向けとして、使用原料の最適化によりコーティング付着性及び応力緩和性、低熱伝導性を付与したコーティング付着性スピネルれんがSP-8L-3を開発したので、報告する。

2. 高熱間強度クロムフリーれんがELK-85AX

ELK-85AX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-12CX-1をベースとして、結合組織の改善により、高い熱間強度を付与することで、真焼点を含む焼成帯奥部におけるクリンカー摩耗損傷の低減を図っている。

Table 1にELK-85AXとELK-12CX-1の代表品質を示し、Fig.1に1250℃における熱間強度の結果を示す。ELK-85AXはELK-12CX-1と同等のFe成分を含む微量成分の効果で、良好なコーティング付着性が期待される。また、結合マトリックス部の2次スピネルを増量する等の組織改善によって、ELK-12CX-1より高い熱間強度を示し、セメントクリンカーによる摩耗損傷と温度変動による組織脆化の低減が期待される。

Table 1 Properties of chrome free bricks

Brand		ELK-12CX-1	ELK-85AX
Apparent porosity / %		14.5	14.3
Bulk density / g・cm ⁻³		3.04	3.04
Cold crushing strength / MPa		56	53
Chemical composition / mass%	MgO	84.6	84.0
	Al ₂ O ₃	12.2	13.3
	Fe ₂ O ₃	1.0	1.1

and they accelerate damage of abrasion, peeling and structural deterioration of refractory lining. In case of transition zone, the lining is damaged by structural deterioration depending on the foreign component, and mechanical spalling. Also, the steel shell temperature may rise due to coating adhesion instability.

High hot modulus of rupture (HMOR) chrome-free brick “ELK-85AX” was developed for the burning zone. It has good abrasion resistance by improvement of bonded texture. Good coating adhesion spinel brick “SP-8L-3” was developed for the transition zone. It has good coating adhesion, stress relaxation and low thermal conductivity by optimization of raw material.

2. High HMOR Chrome-Free Brick “ELK-85AX”

ELK-85AX has high HMOR by improving the bond texture of conventional chrome-free brick ELK-12CX-1 which is well used by various customers for the burning zone. Table 1 shows the typical properties of ELK-85AX and ELK-12CX-1. Fig.1 shows the HMOR at 1250℃. Good coating adhesion is expected of ELK-85AX by the effect of the Fe element, which is the same

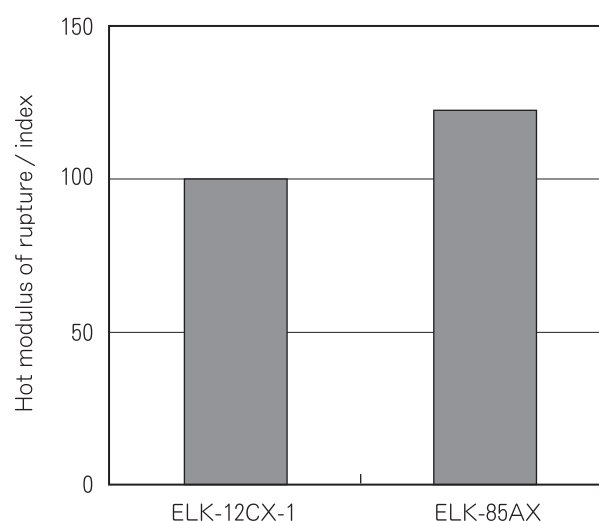


Fig.1 Hot modulus of rupture at 1250°C.

3. コーティング付着性スピネルれんがSP-8L-3

SP-8L-3はこれまで各所で良好に使用されている遷移帯用耐サルファー性スピネルれんがSP-8Lをベースとして、使用原料の最適化によりコーティング付着性を付与することでれんが表面が保護され摩耗損傷が低減される。また、応力緩和性と低熱伝導性も付与しており、機械的応力の影響が大きい支点部でも安定耐用が期待される。

Table 2にSP-8L-3とSP-8Lの代表品質を示し、Fig.2, 3, 4に切断面写真、応力緩和性、熱伝導率

Table 2 Properties of spinel bricks

Brand		SP-8L	SP-8L-3
Apparent porosity / %		15.5	15.5
Bulk density / $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$		2.95	2.95
Cold crushing strength / MPa		48	45
Chemical composition / mass%	MgO	81.0	80.1
	Al_2O_3	17.7	17.2
	Fe_2O_3	—	0.3
	CaO	0.6	0.8

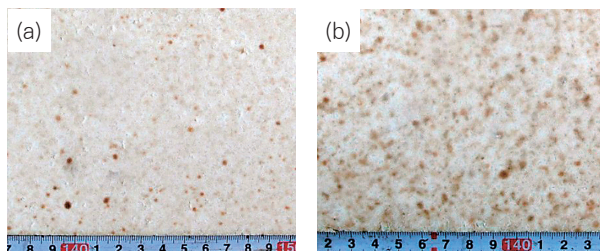


Fig.2 Cross sections of bricks (a:SP-8L, b:SP-8L-3).

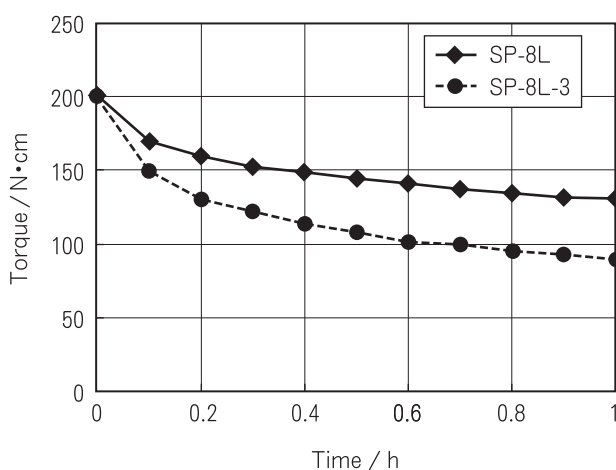


Fig.3 Torque change of magnesia-spinel bricks for transition zone at 1250°C by torsional test.

as ELK-12CX-1. ELK-85AX has spinel bonded in its matrix, ELK-85AX is expected to reduce the abrasion and structural deterioration of refractories.

3. Good Coating Adhesion Spinel Brick “SP-8L-3”

SP-8L-3 has good coating adhesion by optimizing the raw materials used in conventional spinel brick SP-8L, which is well used by various customer for the transition zone. SP-8L-3 has good stress relaxation characteristics and low thermal conductivity, and is expected to give high durability at the tire areas where mechanical stress causes brick spalling.

Table 2 shows the typical properties of SP-8L-3 and SP-8L. Fig.2, 3, 4 shows the cut sections, stress relaxation characteristics and thermal conductivity results. Stress relaxation was evaluated by hot torsion test¹⁾. The sample was twisted to 200N·cm torque and kept in the twisted condition for an hour at 1250°C. The higher torque change rate means better stress relaxation.

Good coating adhesion of SP-8L-3 is achieved by using coarse grain which is a low density

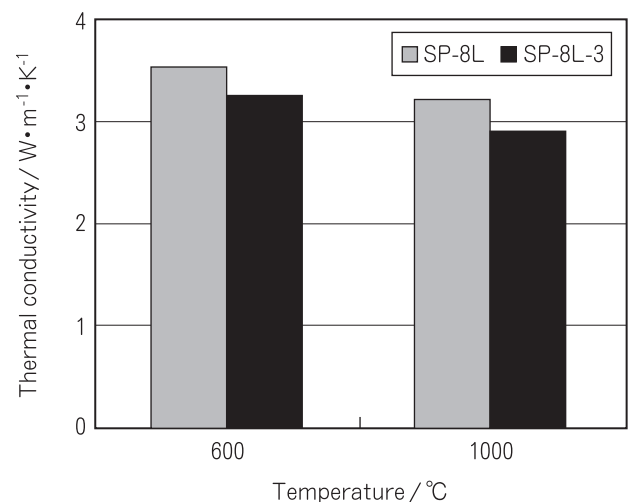


Fig.4 Thermal conductivity by hot wire method.

の結果を示す。応力緩和性はねじり試験機を用いた試験で評価した¹⁾。試料を1250℃で200N・cmのトルクでねじった後1時間固定し、トルク変化を測定し、トルク変化が大きいほど応力緩和性に優れていることを示している。

SP-8L-3は骨材の一部にFe成分を含む低かさ比原料を使用することで、SP-8Lよりコーティング付着性を付与している。また、低通気率（緻密性）、低CaO値にすることで、SP-8Lと略同等の耐サルファー性を維持している。Fig.3より熱間において良好な応力緩和性を示しており、機械的応力の大きい部位においても使用可能である。Fig.4より低かさ比原料によりSP-8Lに比べ低い熱伝導率を示しており、支点部等におけるシェル温度上昇の低減が期待される。

4. ELK-85AX, SP-8L-3の使用実績

Fig.5, 6に $\phi 5\text{m}$ を超える大径キルンの焼成帯 ($L/D=3.2$)、遷移帯 ($L/D=7.4$) で約6ヶ月使用されたELK-85AX, SP-8L-3の炉内状況を示す。ELK-85AXはFe成分を含む微量成分の効果で安定なコーティング付着が見られ、平滑に損傷していた。稼働面の温度変動による脆化もみられないことからコーティング脱着時による脆化損傷や摩耗損傷も軽微であり、安定的に使用されている。

SP-8L-3は機械的応力が作用するレンガが止め付近に使用されたが、剥離損傷なく、隣接の他社品

raw material containing Fe. SP-8L-3 was designed to have low permeability (low porosity) and low CaO amounts in order to prevent the chemical reaction between sulfur and CaO composition. Therefore the sulfur resistance of SP-8L-3 is equal to SP-8L. It can also be used at high mechanical stress areas because SP-8L-3 has good stress relaxation (Fig.3). SP-8L-3 is expected to reduce the shell temperature around the tire because the thermal conductivity of SP-8L-3 is lower than SP-8L.

4. Trial Result of ELK-85AX and SP-8L-3

Fig.5, 6 shows the appearance of ELK-85AX and SP-8L-3 at the position of the burning zone ($L/D=3.2$) and transition zone ($L/D=7.4$) in SP kiln after 6 months use. ELK-85AX has good coating adhesion by the effect of the Fe element and was damaged smoothly. No structural of the hot face of ELK-85AX was observed due to heating and cooling. Therefore structural deterioration and abrasion damage was lower than the conventional products and ELK-85AX was used stably.

SP-8L-3 had good performance such as no peeling off and good durability in spite of bad area where mechanical stress is concentrated.

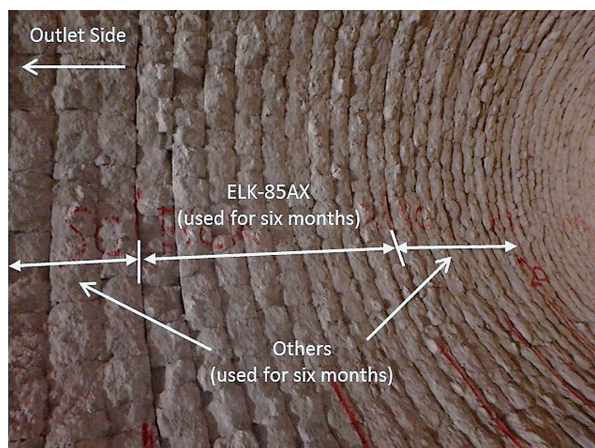


Fig.5 Appearance of ELK-85AX used at $L/D=3.2$ for six months in a SP kiln.

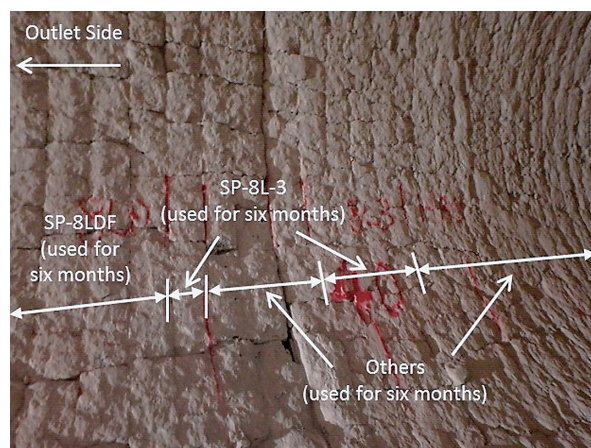


Fig.6 Appearance of SP-8L-3 used at $L/D=7.4$ for six months in a SP kiln.

より良好な耐用を示した。また今回実機で低熱伝導による効果は評価できていないが、表面には薄いコーティング付着が見られ、サルファー等の外来成分による脆化損傷も軽微であったことから、悪影響はなく安定な耐用である。

5. まとめ

結合組織の改善により焼成帯用高熱間強度クロムフリーれんがELK-85AX、使用原料の最適化により遷移帯用コーティング付着性スピネルれんがSP-8L-3を開発した。試験結果や実炉での使用結果からも使用拡大が期待できる結果であり、今後のセメントキルンの安定耐用に寄与できるものと考えてる。

In this field test, we could not evaluate the effect of low thermal conductivity, however, SP-8L-3 had a good protection coating, lower structural deterioration by sulfur attack, and as result, achieved longer durability.

5. Summary

High HMOR chrome-free brick “ELK-85AX” for the burning zone was developed by improving the bonded texture, and good coating adhesion spinel brick “SP-8L-3” for the transition zone was developed by optimizing raw materials. Both service tests showed longer durability. Hence, it is expected that the application of ELK-85AX and SP-8L-3 will permit the cement rotary kiln to operate stably.

Reference

- 1) K. Yamashita, T. Suwa, K. Igabo and T. Koyake : Shinagawa Technical Report, [60] 131-142 (2017).