

SHINAGAWA TECHNICAL REPORT

コークス乾式消火設備(CDQ)における
れんがの損傷と最適材質

Brick Damage and Suitable Material in Coke Dry
Quenching System (CDQ)

森 孝一郎
Koichiro MORI

舩 井 博 文
Hirohumi MASUI

品川技報

コークス乾式消火設備(CDQ)におけるれんがの損傷と最適材質

Brick Damage and Suitable Material in Coke Dry Quenching System (CDQ)

森 孝一郎^{*1} 舩 井 博文^{*2}
Koichiro MORI Hirohumi MASUI

要 旨

国内でCDQが稼動を開始して約40年が経過した。CDQは排熱回収の他、環境改善、コークス品質向上の効果が大きく、海外においてもさらに建設が進むものと思われる。当社では1976年以降、3社7所24基に納入した実績があり、CDQ用耐火物の材質設計、製造時の品質管理、損傷状況調査等を通してCDQの施工性、安定操業、長寿命化に貢献している。

Abstract

Approximately 40 years have passed since the CDQ system began to operate in Japan. The CDQ system has many advantages such as exhaust heat recovery, environmental improvement and coke quality improvement, hence its construction is expected to be increased in many countries. Since 1976, we have supplied bricks to 24 CDQs at 7 works for 3 companies. Our bricks have good bricklaying characteristics, contribute to stable operation and extend service life through material design, precise quality control during production and investigation of damage situations.

1. コークス乾式消火設備 (CDQ)

コークス乾式消火設備 (CDQ) は石炭を乾留して製造された赤熱コークスを不活性ガスで冷却し、加熱されたガス顕熱を回収する設備である。プロセスシートをFig.1に示す。約1000℃の赤熱コークスが冷却塔に装入され、循環している不活性ガスと直接熱交換して冷却され、200℃程度の温度になって炉底部から排出される。一方、800～1000℃程度に加熱された循環ガス顕熱は、除塵器を通りボイラーで500℃程度の高圧蒸気として回収される。

国内においては、1973年の第1次オイルショック以降、省エネルギーの観点よりロシア (旧ソ連) 式CDQが導入され、1976年の新日本製鉄八幡製鉄

1. Coke Dry Quenching System (CDQ)

The Coke Dry Quenching system (CDQ) is a facility which collects sensible heat of the inert gas used to cool the red-hot coke produced by distillation of coal. A schematic diagram of the CDQ is shown in Fig.1. Red-hot coke of approximately 1000℃ is charged into the cooling tower and cooled by circulated inert gas to 200℃. The cooled coke is discharged from the bottom of the furnace. The circulated inert gas which has been heated to 800～1000℃ by direct heat exchange is sent to the boiler after having passed the dust eliminator. The sensible heat of the circulated inert gas is collected as high pressure steam of approximately 500℃ in the boiler.

After the 1973 oil crisis, a Russia (Soviet Union)-type CDQ was introduced into our country in

^{*1} 西日本工場 岡山製造部 技術室 室長 General Manager, Technical Sec., Okayama Plant, West Japan Works

^{*2} 西日本工場 岡山製造部 技術室 Technical Sec., Okayama Plant, West Japan Works

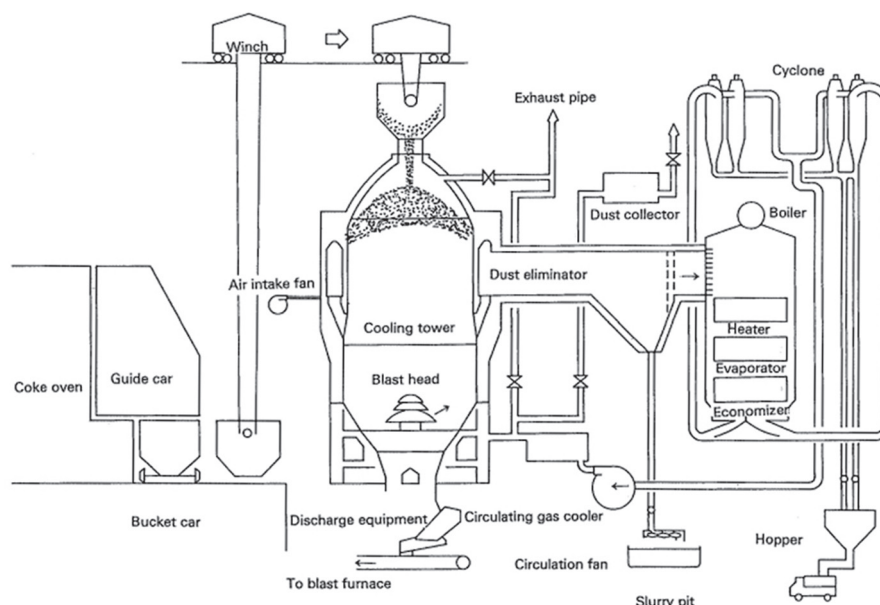


Fig.1 Schematic drawing of CDQ plant.

所を皮切りにNKK, 川崎製鉄, 住友金属工業で相次いで稼働が開始された。導入当初のコークス処理能力は60t/h程度であったが, その後, 高効率化, 稼働コスト低減, コークス生産量の増加に対応するため, 設備の大型化が進み, 2009年に新日鉄住金エンジニアリングが中国(京唐鋼鉄)に納入したものは260t/hの処理能力を有するに至っている。

CDQは排熱回収の他, 環境改善, コークス品質向上の効果があり, 初期投資は3～5年以内で回収できると言われている。そのため, 近年, 中国やインドで急速にCDQ設置が進んでいる。また, 環境への影響を踏まえると, 今後は欧米においても普及が進む可能性がある。

2. CDQ用れんが

CDQの主要部は冷却塔, 除塵器, ボイラーから構成される。CDQ用耐火物は構造体として長期間使用されるため, 冷却塔, 除塵器の大部分は焼成れんがが使用されている。れんがの施工例をFig.2に示す。使用部位によって具備特性は異なるが,

order to energy saving. Nippon Steel (Yawata) began operations in 1976. NKK, Kawasaki Steel, Sumitomo Metal Industries also started the operation afterwards. The coke processing capacity of the early period CDQs introduced to Japan was approximately 60t/h. CDQ upsizing was promoted to deal with demands such as high efficiency, cost reduction and increase in coke production. A recent example is the CDQ which Nippon Steel & Sumikin Engineering constructed in China (Jingtang Steel) in 2009 with a processing capacity of 260t/h.

The initial CDQ investment can be recovered within 3-5 years by the effect of heat recovery, improvement of environment and improvement of coke quality. Therefore CDQs are being rapidly constructed in China and India in recent years. In addition, developed country may push forward CDQ construction from the viewpoint of environmental impact.

2. Bricks for CDQ

The main part of the CDQ is comprised of a cooling tower, a dust eliminator and a boiler. Fired brick is applied to the most part of the cooling tower and the dust eliminator because CDQ refractories are used as the structural body

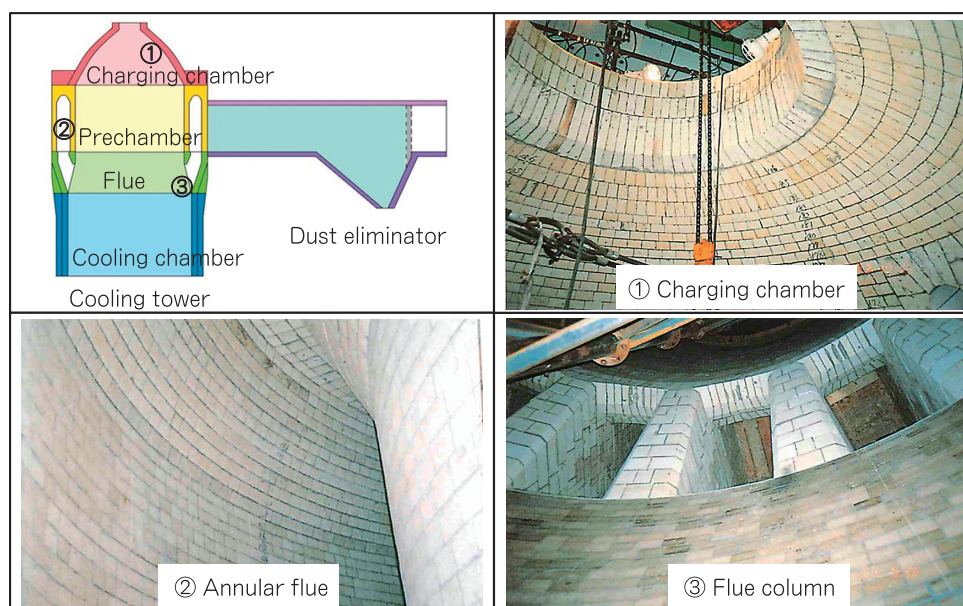


Fig.2 Brick construction examples.

Table 1 Typical properties of bricks for CDQ

Brand name	NX-H37S	NX-H37L-3	MLM-55F	MLM-50F	MLM-40F	MLM-60L	ADT-80	ADT-60	NX-L-1	BFD	CHS
Properties											
Refractoriness / SK	37	37	37	36	34	37	40	38	-	34	31
Apparent porosity / %	16.0	14.0	15.5	16.5	15.0	11.0	16.0	15.0	14.0	14.0	15.0
Bulk density	2.45	2.45	2.40	2.35	2.20	2.55	2.85	2.55	2.20	2.25	2.10
Cold crushing strength /MPa	70	100	75	75	55	100	70	65	90	70	80
Thermal expansion / % at 1000°C	0.43	0.44	0.50	0.50	0.45	0.60	0.60	0.50	0.35	0.50	0.40
Refractoriness under load (T2/°C) (Load:0.2MPa)	1500	1550	1550	1500	1450	1600	> 1650	> 1650	1280	1440	1350
Chemical composition / %											
Al ₂ O ₃	55	55	55	51	43	58	80	63	27	41	30
Fe ₂ O ₃	1.2	1.5	1.2	1.3	1.8	0.9	0.6	1.0	1.5	1.5	1.9

耐摩耗性，耐スポーリング性等が要求され，主にアルミナ-シリカ系レンガが使用されている。部分的なレンガ積み替えは必要であるが，30年以上継続使用されているCDQもある。

部位別の主な損傷要因，適用レンガを以下に示す。また，適用レンガの品質表をTable 1に示す。

2. 1 装入帯

装入帯の主な損傷要因は，コークス装入時の急熱・急冷による熱的スポーリング，炉材の熱膨張による突き上げ，冷却時の収縮亀裂である。炉材

for a long term. Fig.2 shows the appearance of the brick lining. The necessary characteristics vary according to the part where they are used, but mainly alumina-silica materials are used because abrasion and spalling resistance are required. Although partial re-bricklaying repair is necessary, some CDQs have been operating continuously for more than 30 years. The major damage factors of each part and applied materials are listed below. The typical properties of the applied materials are shown in Table 1.

2. 1 Cooling tower charging chamber

The main damage factors of cooling tower

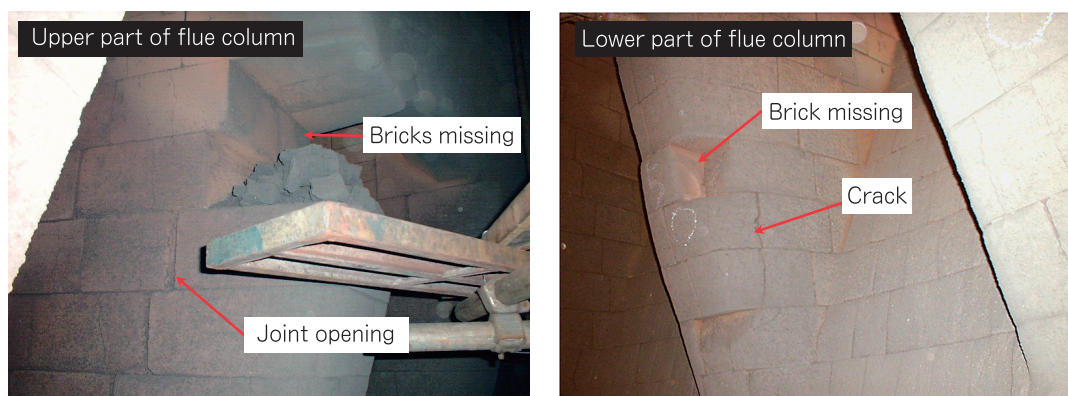


Fig.3 Damage cases of flue column brick used for about 10 years.

としては、熱的・機械的スポーリング性および容積安定性に優れるMLM-50Fが適用されており、特に温度変化が大きな炉口部は、さらに耐スポーリング性に優れるADT-80が適材である。

2. 2 貯留帯

コークスの側圧による変形および摺動摩耗、冷却時の収縮亀裂が主な損傷要因で、耐クリープ性、耐スポーリング性、耐摩耗性に優れるADT-60が適材である。また、MLM-50Fも多くの実績を有する。

2. 3 吸引帯

CDQの中で特に使用条件が厳しく補修頻度が高い部位は吸引帯柱部であり、稼動後4～8年から継続的な部分積み替えが必要となる。Fig.3に約10年使用した吸引帯柱部の損傷状況を示す。柱部れんがは、①オーバーハング構造による偏荷重、②上部荷重、下部からの突き上げ等による機械的スポーリング、③温度変化による熱的スポーリング、④コークス摺動による摩耗、によって損傷する。吸引帯柱部用れんがとしては従来からMLM-55Fを適用しているが、強度を維持した上で大幅に弾性率を低下させ耐スポーリング性を向上させたNX-H37S、低気孔率・高強度化を図ったNX-H37L-3があり、構造や補修頻度から材質選定されている。

charging chamber bricks are thermal spalling by large temperature change at coke charging, up-thrusting by thermal expansion of refractories, and shrinkage cracking during cooling. So, as for the refractories used for these parts, good thermal and mechanical spalling resistance and volume stability are required. MLM-50F satisfies these requirements. ADT-80 is applied to the throat area (the largest temperature change area) due to excellent spalling resistance.

2. 2 Cooling tower prechamber

The main damage factors of cooling tower prechamber bricks are deformation by lateral pressure of coke, abrasion, and shrinkage cracking during cooling. ADT-60 which has good creep, spalling and abrasion resistance is the most suitable material. MLM-50F also has many supply results.

2. 3 Cooling tower flue

The flue column is exposed to the severest service conditions in the CDQ, hence it requires frequent repair. The first repairing of this area generally starts after 4-8 years of operation. The damage situation of a flue column used for about 10 years is shown in Fig.3. Bricks in the flue column are damaged by (1) biased load by the overhang structure, (2) mechanical spalling caused by vertical load, (3) thermal spalling caused by temperature change, and (4) abrasion by coke. Materials for the flue column are selected from MLM-55F (conventional standard),

2. 4 冷却帯

コークスによる摩耗，冷却ガスによるスポーリングの影響を受ける。低気孔率・高強度で耐摩耗性に優れ，低熱膨張率で熱衝撃抵抗性にも優れるNX-L-1が適している。

2. 5 除塵器

粉コークスを含んだ高温の高速ガスや偏流による摩耗損傷が支配的である。天井部は構造的な安定性も重要であり，容積安定性に優れるMLM-50FやMLM-40Fが使用される。側壁・炉床は天井と比較すると使用条件が若干緩和されるため，BFD，CHSなどの緻密な硬質粘土質れんがが使用される。また，粉コークスが衝突する除塵格子あるいは衝突壁は，高強度で耐摩耗性に優れるMLM-60L，CHSが適材である。

3. 施工を考慮した仮組み

れんがの寸法精度は施工性に大きく影響する。したがって，築炉時にスムーズな施工が行われるよう，れんが製造時に寸法面でも徹底した管理が必要である。また，複雑な部位，寸法精度が要求される部位については，事前に加工調整および仮組みを行うことが望ましい。仮組み範囲としては，吸引帯柱，ジャックアーチ，マンホール，温度計，覗き孔，マイクロ波レベル計，除塵格子があり，Fig. 4に仮組み事例を示す。当社は長年培っ

NH-H37S (improved spalling resistance by reduced elasticity under sufficient strength), NH-H37L-3 (low porosity and high strength) from a viewpoint of the lining design and repair frequency.

2. 4 Cooling tower cooling chamber

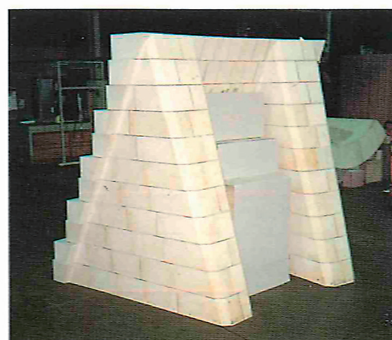
The performance of the cooling chamber bricks is affected by spalling caused by the cooling gas and abrasion caused by the coke. The best material for this part is NX-L-1, which has good abrasion resistance through low porosity and high strength and has good spalling resistance through low thermal expansion.

2. 5 Dust eliminator

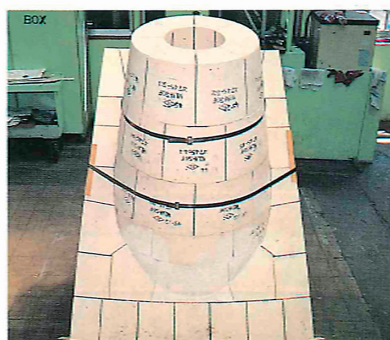
The major damage factor of the dust eliminator is abrasion caused by hot high-speed gas including powder coke. This phenomenon is accelerated by the biased gas flow. The stability of the structure is important in the ceiling part, too. Therefore, MLM-50F and MLM-40F, which have good hot volume stability are applied. Hard fireclay materials such as BFD and CHS are used on the sidewall and the floor where the usage condition is not as severe as the ceiling. MLM-60L and CHS, which have good abrasion resistance with high strength are applied to the dust grid and the collision wall where cokes collides with them.

3. Preassembly Which Considered Bricklaying

The dimensional accuracy of bricks affects the performance of bricklaying significantly. Therefore strict dimensional control is necessary



Columns in flue



Mount for microwave level meter



Dust grid

Fig.4 Preassembled parts.

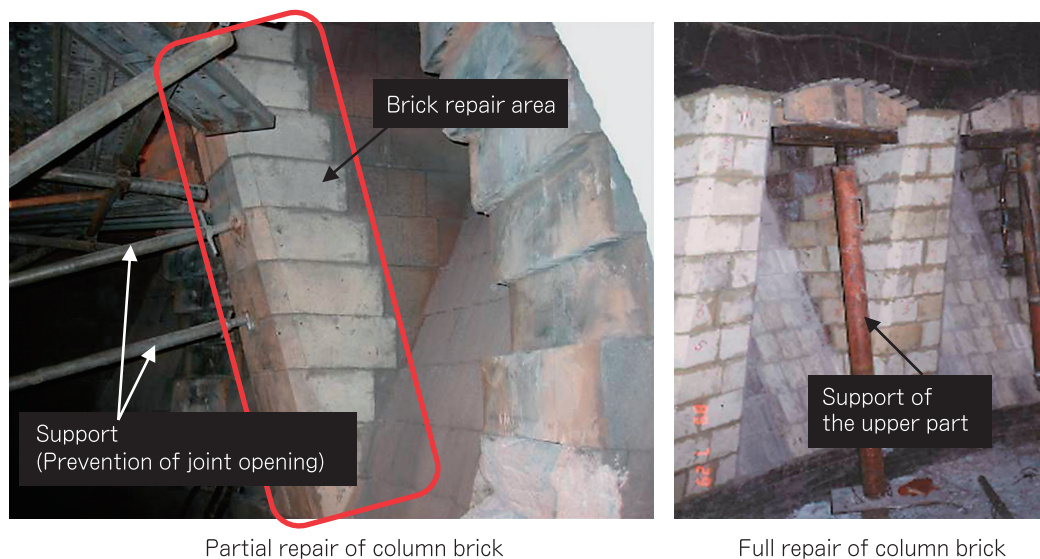


Fig.5 Flue column brick repairing examples.

てきた加工・仮組み技術により、スムーズな施工に貢献している。

4. 吸引帯柱部れんがの補修方法

CDQ用耐火物は構造体として長期使用されるため、ボイラーの官検による停炉に合わせて耐火物の損傷状況を継続的に調査することが重要である。当社は耐火物の損傷状況を調査し、材質の改良や補修範囲の提案等も実施している。

補修頻度が最も高い柱部れんがについて、補修後の写真をFig.5に示す。吸引帯柱部れんがは、稼動後4～8年以降、官検毎に損傷が顕著な部位（柱数本）を積み替え、吸引帯の損傷の進行を抑制することが一般的に行われている。また、10～20年経過すると柱部れんがの損傷が進行し、吸引帯の大規模な積み替えが実施される場合もある。上部の貯留帯、装入帯のれんがを残して積み替えるため、上部荷重の支えや目地切れ防止等の工夫が施されている。

5. 納入実績

CDQ用耐火物の納入実績をTable 2に示す。1976年以降、3社7所24基に納入している。

at the time of brick production to ensure smooth bricklaying. It is desirable to adjust dimensions and preassemble complicated parts and parts of which require precise dimensional accuracy is required. We recommend preassembly work for the flue column, jack arch, manhole, thermometer, peeping hole, microwave level meter, and dust grid.

Fig.4 shows several cases of preassembly. We contribute to smooth bricklaying through the processing and preassembly technology that has been developed for a long time.

4. Flue Column Brick Repairing Method

Because the CDQ is used as a structural body for a long time, it is important to investigate the state of the damaged refractories when operation is interrupted by periodic inspection of the boiler. We investigated the damaged state of the refractories to propose the material modification and repairing area.

Fig.5 shows picture of repair areas of a flue column with the highest repair frequency. The severely damaged part of the flue column was exchanged at each periodic inspection of the boiler after the first 4-8 years of operation. This bricklaying prevents column damage progression. And, large-scale exchange of the flue may be carried out because the damage of

Table 2 CDQ brick supply record

Company	Works	Number of CDQ
A	a	No.1~8
	b	No.3, No.4, No.5-1, No.5-2
	c	No.1,2, No.3, No.4, No.5,6
	d	No.1, No.2
B	a	No.1, No.2, No.3
	b	No.6
C	a	No.4A, No.4B

6. まとめ

国内でCDQが稼動を開始して約40年が経過。老朽化により大規模な積み替えが必要なCDQも生じてきている。また、環境への影響を踏まえると、海外においてもさらにCDQは普及するものと思われる。当社では1976年にCDQ用耐火物を納入して以来、長年にわたって材料設計、損傷状況調査を実施している。この実績と経験を生かし、今後もCDQの安定操業、長寿命化に貢献していきたい。

the column progresses 10-20 years later. When bricks for the flue column are replaced, several kinds of countermeasures (e.g. supporting jig for upper load, sealing for opened joint) are used because bricks for the charging chamber and prechamber, which are located above, still remain.

5. Supply Record

The CDQ refractory supply records are shown in Table 2. We have supplied bricks to 24 CDQs at 7 works for 3 companies since 1976.

6. Conclusion

Approximately 40 years have passed since the CDQ system began to operate in Japan. Some CDQs require large-scale repairing due to structural deterioration. Also, considering the environmental impact, CDQ construction is expected to increase in many countries. We started supplying refractories for the CDQ in 1976. Thereafter we have been carrying out material design and damage investigation for many years. We will in the future, further stabilize operation and extend CDQ service life with the data attained these results.