

コークス炉炉壁付着カーボン除去装置の開発

Development of Removing Equipment for Deposited Carbon on Coke Oven Walls

住友金属工業(株)鹿島製鉄所 渡辺幹夫*・藪内一明・富山博次

1. 緒言

コークス炉炉壁付着カーボンは押詰り、有効炉容積低下等コークス炉操業障害となるだけでなく、炉壁損傷により炉寿命を短くする阻害要因である。従って、コークス炉の安定操業と炉寿命延長には炉壁付着カーボンの付着量管理が非常に重要である。

その方法として種々の方法¹⁾が実施されているが、鹿島製鉄所では炉廻り操業機械を利用した炉壁付着カーボン除去装置を開発し、除去制御²⁾の確立を得た。

本報では、カーボン除去の考え方、装置概要、実炉効果、及び、最近の実施方法について報告する

2. 炉壁カーボン生成速度と付着状況

2-1. 炉壁カーボン生成速度の推定

Fig. 1 は当社カーボン生成モデルによる鹿島7 m コークス炉操業条件下の炉壁カーボン生成速度推定計算結果³⁾である。要約すると次のようになる。

- (1) 炉高方向では炉底から約3 m付近でカーボン生成速度が最大となる。これは炉壁温度が3 m付近で最大値を示すためである。
- (2) 石炭揮発分1%増加でカーボン生成速度は6～7%増加し、また石炭水分1%低下で5～6%増加する。
- (3) 炉温(炉底)のカーボン生成速度に及ぼす影響は大きく、現状操業炉温1170℃ではカーボン生成速度は0.1 mm/日で、これより炭化室全体のカーボン付着量は約16 kg/日・窯と推定される。

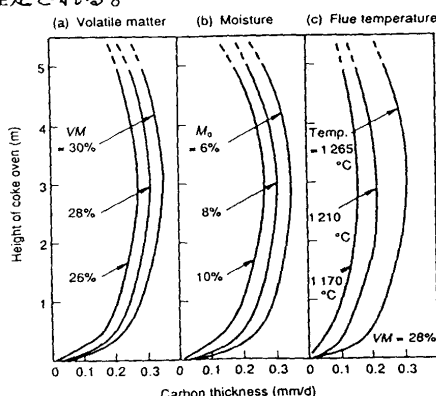
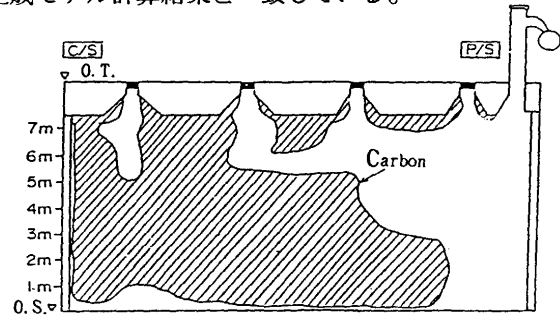


Fig. 1 Calculated carbon thickness under various oven operating conditions

2-2. 実炉カーボン付着状況

鹿島コークス炉の一般的な炉壁カーボン付着状況観察結果をFig. 2に示す。付着カーボンはC/S側に多く、また炉底から高さ1～4 m付近に集中しており生成モデル計算結果と一致している。



(Rate of carbon deposition : average 16kg/day)

Fig. 2 Distribution of carbon deposition on oven wall

3. 炉壁カーボン除去装置の開発

従来、実操業においてはカーボン付着に対して炉長方向リブ温度調整による付着量制御、及び1サイクル(24h)空窯にしての燃焼除去を行っていたが、操業に支障が多く、またシール性カーボン薄層まで除去してしまう問題があった。そのため、効率的で除去制御が可能な装置の開発が望まれていた。

3-1. カーボン除去装置開発条件

開発に際して操業性と炉寿命を考慮して次の諸条件を設定した。

- (1). 炉壁を損傷しないこと。
- (2). シール性カーボン薄層まで除去しない制御性を有すること。
- (3). 除去対象はC/S側の炉底より高さ1～4 m付近で約16 kg/日・窯、除去できること。
- (4). 操業に支障がなく、またコークス生産量低下としないこと。
- (5). 将来の自動化、無人化の障害とならないこと。

3-2. 除去方案

カーボン除去方案をTable. 1に示す。方法はいずれも空気による燃焼除去で、装置は操業制約より炉廻り操業機械を利用するものである。

Table. 1 Proposal methods of removing carbon

	Carbon removing method	Install in machine	Air introducing method
a	Combustion by introducing air	Charging car	Draft air into charging hole
b		Pusher machine	Air blow through pushing beam
c		Guide car	Oven door with air blow nozzle

3-3. テスト方法の決定

検討の結果、操業上支障がなくカーボン除去が可能な装炭車と押出機を利用する方法とした。

4. 装炭車を利用したカーボン除去方法

本方法は従来の装炭作業スケジュールを変更して、炭化室に外気を導入することにより炉壁付着カーボンを燃焼除去するものである。

4-1. カーボン除去装炭作業

Fig. 3 は従来の装炭作業スケジュール, Fig. 4 は変更したカーボン除去装炭作業スケジュールである。

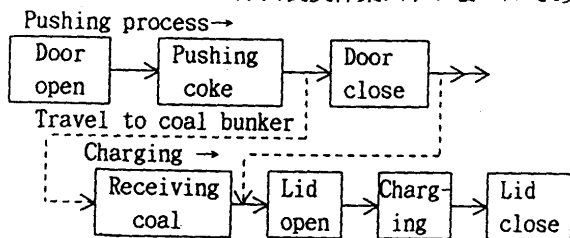


Fig. 3 Conventional coal charging schedule

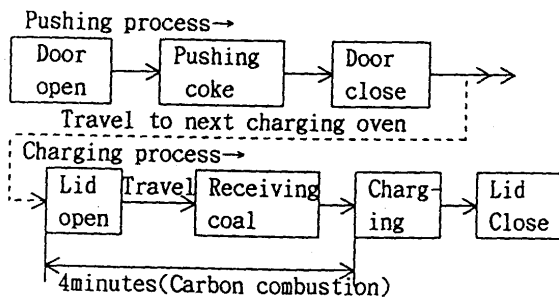


Fig. 4 Charging schedule for Carbon-removal

カーボン除去装炭作業は、装炭車がコークス押出し完了して炉蓋を装着した窯（装炭次窯）の装入蓋を取った後、受炭走行するのが特徴である。

装入蓋取り→受炭走行（蓋保持）→受炭→装炭次窯走行→装炭迄の一連の作業時間は約4分である。

その間、装炭次窯は空窯で装入蓋がない状態となるため、ドラフト作用により炭化室に装入孔から外気が導入され、炉壁付着カーボンが燃焼除去される。

4-2. 装炭車仮蓋取り装置

本方法によれば単に装炭作業変更のみでカーボン除去が可能であるが、約4分間装炭孔が開放状態となり炉上作業員に危険であるため、その対策として設置したのがFig. 5の装炭車仮蓋取り装置である。仮蓋は通気性を考慮した上面が金網状のものである。従って、仮蓋付けタイミングは装入蓋取り後で、仮蓋取りは装炭前に行う。

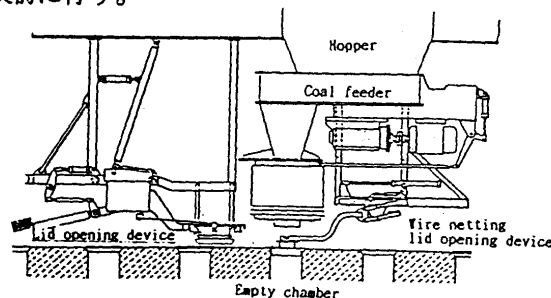


Fig. 5 Charging car installed in wire netting lid opening device

4-3. 導入外気の流れとカーボン除去効果

Fig. 6 は本方法による導入外気の炉内流れ(Heレナ測定)と実施後のカーボン付着状態である。炉内にドラフトで導入された外気は中央炉底付近を通過して上昇管側に流れて大気放出され、一部は炉天井部をリサイクルする。その結果、C/S側の炉底から高さ3m付近に除去できない付着カーボン層が残るものの、大部分のカーボンは燃焼して、本方法実施前(Fig. 2)と比較して顕著な除去効果を得ることができた。

本方法による実際のカーボン除去量は確認できないが、外気導入量(47Nm³/min)、時間(4分)、実施率(80%)、燃焼効率(67%)で試算すると除去量は約12kg/1回(日・窯)で全体付着量(16kg/日・窯)の約75%が除去できたと推定された。

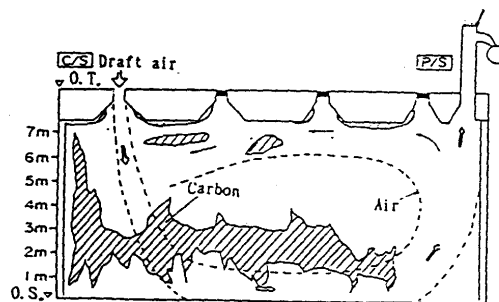


Fig. 6 Effect of carbon removing by flow of introduced air

5. 押出機を利用したカーボン除去装置の開発

前記のように、装炭車を利用した方法により炉壁付着カーボンの約75%は除去可能であるが、C/S側の炉底より高さ3m付近には除去出来ないカーボン層が残るため、更なるカーボン除去装置の開発が必要とされた。種々検討した結果、以下に記す押出機を利用したカーボン除去装置を開発した。

本方法は押し出しビーム後部にファンを設置し、ビームの中空部を空気ダクトとして利用し、ビーム先端吹付けノズルより押出作業中に炉内に空気を吹付け、炉壁付着カーボンを燃焼除去するものである。

本方法の装置考案の着眼点は次の通りである。

- (1) 操業中にカーボン除去ができる。
- (2) 付着カーボン位置である炉高3m位置は押出機の押し出しビームの位置と合致する。
- (3) 押し出しビームは中空で空気ダクトとして利用でき、後部にファン設置も可能で、残りのカーボンを燃焼除去に必要な空気量 $50 \text{ Nm}^3/\text{min}$ の送風が期待できる。

5-1. 冷間テスト装置

炉内における空気吹付け効果を実炉実施前に確認するため、Fig. 7 に示す実炉相当の冷間テスト装置で空気量、空気の流れ、ノズル形状の評価を行った。Fig. 8 は吹付けノズルケースの空気の流れを示す。

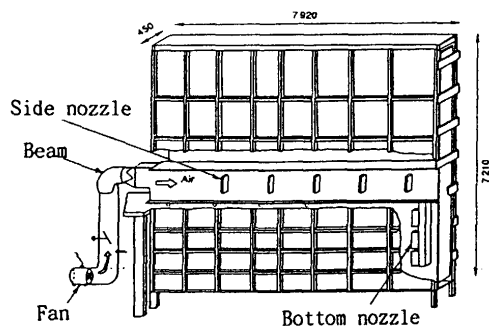


Fig. 7 Cold-model chamber for investigating the air injection

テストの結果次のような結論を得た。

- (1) 必要空気量 $50 \text{ Nm}^3/\text{min}$ 以上を炉内に送風することは可能である。
- (2) 炉壁に効果的に空気を吹付けるには 1 m/s 以上の吹出流速が必要である。
- (3) 側面ノズルはビームに沿って流れ、ビーム上下方向へは拡散せず除去効果が期待できない。
- (4) 最もカーボン量が多いビーム下部へ吹付けるには下面ノズルが有効で、Fig. 8 のCase IVのノズル配置が効果的である。

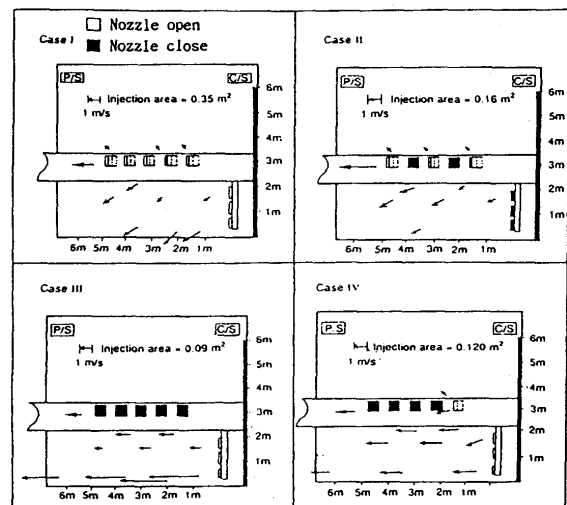


Fig. 8 Air blow in the model chamber by some air-blow nozzles

5-2. 実炉テスト装置

冷間テスト結果に基づき設計した実炉テスト装置の概要をFig. 9 に示す。Fig. 10 はその押し出しビーム断面図である。Fig. 11 はファン回転数制御（インバータ制御）による代表的な吹付けパターンAを示す。パターンAではカーボンの多いC/S側を重点的に吹付けるものとしているが、炉内カーボン付着状況に合わせ他のパターンも設定できるように自由度をもたせている。

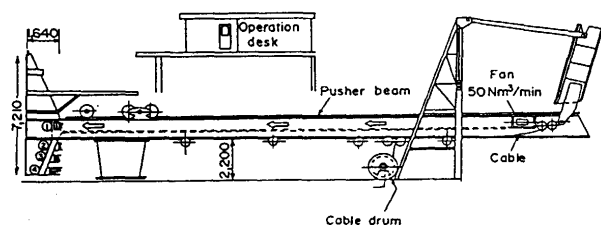


Fig. 9 Carbon removing equipment installed an actual pusher beam

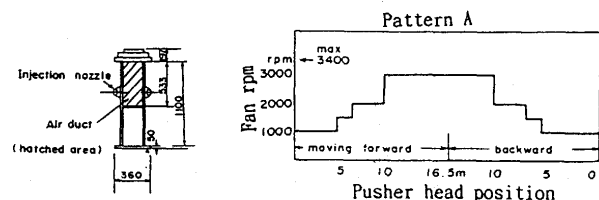


Fig. 10 Section of beam

Fig. 11 Air injection pattern

5-3. カーボン除去効果

除去効果をFig. 12に示す。図に示すように本方法実施窯は押出抵抗力が徐々に低下し、実施しない窯と顕著な差を示した。

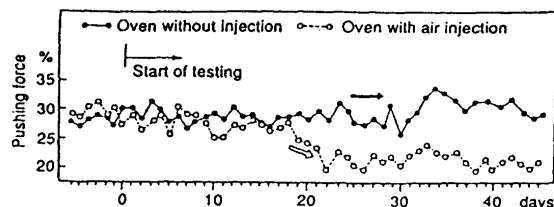


Fig. 12 Effect of carbon removing equipment on the pushing force

Photo. 1 は本方法実施前と実施6ヶ月後のC/S側炭化室の観察写真である。白く見える部分が付着カーボンで、本方法実施後において確実に炉壁付着カーボンが少なくなっていることが確認された。

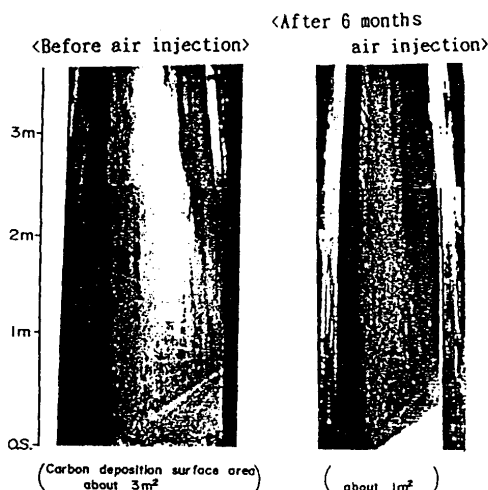


Photo. 1 Distribution of the carbon deposition

5-4. 押出しビームの強度検討

押出しビームはコークス窯出し作業における最も重要な設備であり、改造に際してTable 2に記す検討と対策を行った。

Table 2 Improvement of pushing beam

Problems	Main factor	Countermeasures
① Warping	Temperature difference	Air cooling while stop pushing
② Backling	Max. pushing load	Bearable for 150 % motor output
③ Strength	Max. bending stress	8000 N/cm ² or less

5-5. カーボン除去装置と炉壁測温装置

現在、鹿島では前述のカーボン除去装置と、同じく押出しビームを利用した炉壁測温装置を設置工事中である。

Fig. 13は、そのカーボン除去装置と炉壁測温装置の装置概要である。図に示すようにテスト装置とは異なりビーム断面下部をカーボン除去装置空気ダクトとし、上部を測温ファイバークーブル配線スペースとして、押出しビームに二つの装置が干渉せず設置可能なものとした。

これにより、押出しビームは本来の「コークス押出し」に加え「炉壁カーボン除去」、「炉壁測温」の付帯作業機能を有するものとなった。

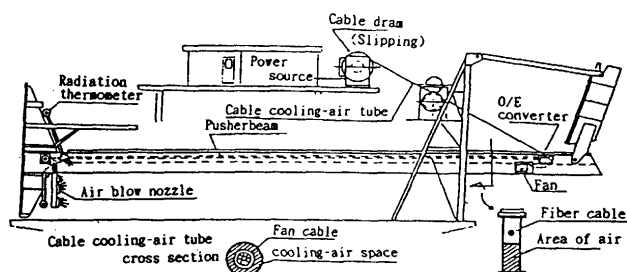


Fig. 13 Improvement of removing equipment and oven wall temperature measuring equipment installed in an actual pusher beam

6. 結 言

鹿島製鉄所コークス炉では、以上に記したように炉廻り操業機械を利用した炉壁付着カーボン除去装置を自社開発し、その有効性を確認することができた。

従来の炉壁付着カーボンの除去方法は、操業調整が必要でコークス生産低下になること、また除去制御が困難でシール性カーボン薄層まで除去してしまうといった操業支障があったが、今回開発した除去方法の実施により、これらの問題は解決された。

当所のコークス炉は操業20年以上を経て今後の炉寿命延長が非常に重要な課題となっているが、その一つの手段として本炉壁付着カーボン除去装置が大きく寄与するものとする。

参考文献

- 1) Yasukouchi, Yoshida: Cokemaking international, 4(1992), p. 79
- 2) Yoshida, Tomiyama, Yagyu, Nishioka: The Sumitomo Search, 51(1993), p. 64
- 3) 永田、西岡、吉田: A I M E, 44(1985), p. 355