

コークス炉炭化室炉壁診断・補修装置の開発

Development of Diagnosis / Repair Apparatus for Coke Oven Chamber Wall

境田 道隆^{*(1)} 阿波 靖彦^{*(1)} 杉浦 雅人^{*(2)} 中嶋 淳^{*(3)}
 Michitaka SAKAIDA Yasuhiko AWA Masato SUGIURA Jun NAKASHIMA
 中村 功^{*(4)} 笠井 清人^{*(5)} 野口 敏彦^{*(6)} 塚本 義則^{*(7)}
 Isao NAKAMURA Kiyoto KASAI Toshihiko NOGUCHI Yoshinori TSUKAMOTO

抄 録

最近徐々に全コークス炉で老朽化が進行しており、“コークス炉寿命延長技術”は重要な課題となっている。コークス炉炭化室の補修において、従来は押詰等の操業異常が発生した時オペレータが目視観察を行い、その情報に基づいて損傷部補修を行ってきた。近年、押詰および破孔発生頻度が上昇するに従い、従来の方法では効果的な補修が困難になってきており、炉壁損傷部の早期発見および定量的診断による計画的な補修が望まれている。これらの課題を解決する炭化室炉壁診断補修装置の開発について述べた。

Abstract

As coke oven batteries have become gradually decrepit in recent years, the "service life extension technology for coke ovens" has become an important issue. In the past, the operator inspected the battery visually upon occurrence of abnormalities, such as hard pushing, during the coking operation and the damaged portion was repaired based on the information obtained from the visual inspection. As the frequency of hard pushing and through hole formation has increased in recent years, effective repairs by the conventional method have become difficult. Accordingly, there has been a need for early detection of damaged wall and planned repairs based on the results of quantitative diagnosis. The present paper describes the high-accuracy oven wall diagnosis/repair apparatus developed to solve the problems described above.

1. 緒 言

新日本製鐵における現在稼働中のコークス炉の炉令は最高41年、平均37年に達し、近年徐々に老朽化が進行しており、コークス炉寿命延長技術は最重要課題となっている。従来、押詰などの操業異常が発生した場合、オペレータが目視観察を行い、その情報に基づいて損傷部の補修を実施してきた。最近、炉壁煉瓦減肉、肌荒れ、欠損の範囲拡大に伴い、押詰等の生産阻害の発生頻度が上昇してきた。このような状況に対し、従来の方法では効果的な補修が困難になってきており、炉壁損傷部の早期発見および定量的診断による計画的な補修が求められている。本報告ではこれらの課題を解決する高精度炉壁診断・補修装置の開発について述べる。

2. コークス炉寿命の考え方

コークス炉の損傷形態を分類すると図1の様になる。典型例を図2に示す。損傷発生部位を大きく分類すると、炭化室と燃焼室に分

けられる。燃焼室に発生する損傷に対しては、蓄熱室下部からの気噴きや炉頂からの異物除去である程度まで対応可能である。

一方、炭化室壁については、日々の操業の中で、機械的負荷および加熱と冷却の繰り返しという熱負荷を受けており、経年的に確実に損傷が拡大しており、その損傷形態は概略2つに分類できる。

(1) 煉瓦薄壁化

経年的な煉瓦摩耗や目地部の角欠けが発端となり、肌荒れ部にカーボンが付着し、そのカーボン脱落時または剥離時に煉瓦母材を同伴することで煉瓦減肉が進行する。

(2) 縦貫通亀裂発生とその拡大

石炭装入と加熱の繰り返し熱応力により炉高方向に連なりかつ燃焼室まで貫通した亀裂が発生し、目地部又は亀裂部へのカーボン侵入により炉体膨張が進行する。

新日本製鐵では、炉壁の破孔が発生した時点その窯の寿命と定義し、寿命窯がある一定割合まで増加し炉団の生産性が低下し、経済的に存続不可能と判断した時点その窯の寿命と考えている。

^{*(1)} 環境・プロセス研究開発センター
 プラントエンジニアリング部 マネジャー
 千葉県富津市新富20-1 〒293-8511 TEL: (0439)80-3147

^{*(2)} 環境・プロセス研究開発センター 計測制御研究開発部 主任研究員

^{*(3)} 環境・プロセス研究開発センター 機械技術部 マネジャー

^{*(4)} 環境・プロセス研究開発センター システム技術部 マネジャー

^{*(5)} 環境・プロセス研究開発センター 無機材料研究開発部 主任研究員

^{*(6)} 大分製鉄所 製鉄工場 マネジャー

^{*(7)} 名古屋製鉄所 製鉄工場 マネジャー

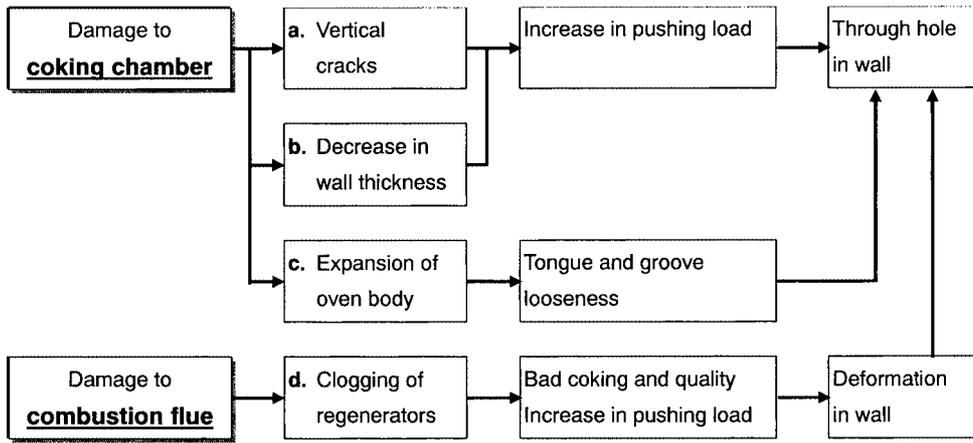


図1 炉体損傷概念フロー
Schematic flow of coke oven deterioration

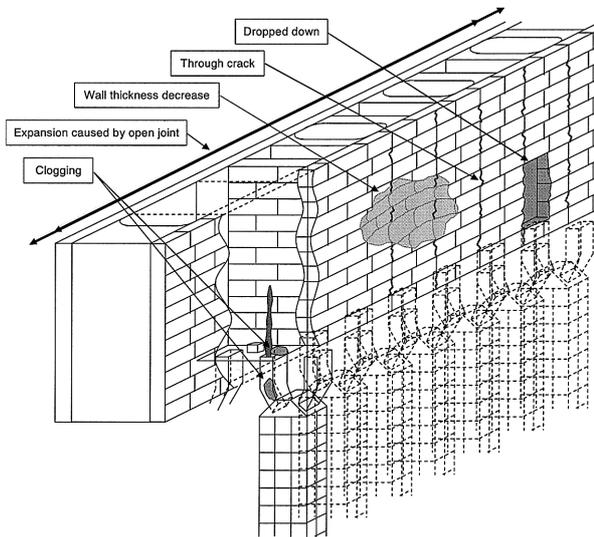


図2 炉体損傷の典型例
Typical damage pattern of chamber brick

次に窯寿命の支配要因は2つの要素に分けて考えることができる。1つは炭化室炉壁の壁耐力の低下で、もう一つが押出時に壁にかかる負荷上昇である。これらは炉令が進むにつれて交叉する方向に向かうが、相互の経時変化の幅を小さくし、その交点(炉壁倒壊点)を可能な限り、右方向に移動(先延ばし)させることが「コークス炉延命技術」である。従って、延命技術とは下記の2つから構成され则认为(図3)。

コークス炉の構造強度を維持する技術

炭化室壁にかかる負荷を軽減する技術

本開発では、特に炭化室壁にかかる負荷を軽減する技術を達成するために、壁面の平滑化を実現する装置の開発を行ってきた。

3. 炭化室炉壁診断・補修装置の開発目標

従来の損傷度管理および補修実行は、オペレータによる目視観察や人海戦術による溶射補修であり、損傷度評価の定量性が不正確、炭化室中央部の評価が困難、溶射補修面の平滑仕上げ精度が低い且つ耐久性が低い、高熱重筋作業である等の問題点があった。

これらの問題点を解決するために、新日本製鐵では以下の項目を開発目標とした。

- (1) 炉壁凹凸量の定量測定
- (2) 損傷部位の正確な位置把握
- (3) 炭化室両壁の短時間測定(5分以内)
- (4) 補修表面の高精度平滑溶射(凹凸10mm以内)
- (5) 自動溶射による作業負荷大幅低減

4. 開発機の設備概要

図4に開発した炭化室診断・補修装置の概要を、表1に基本仕様を、写真1に装置全景を示す。この装置は押出軌条上に設置した台車上に押出ラムと類似の形状をした水冷プローブ、プローブ挿入装置、プローブ冷却装置を二組並列に装備している。一つにはCCDカメラ、レーザ距離計およびそのコントロール装置を備えた炉壁診断装置、もう一つには先端にレーザプロフィール計、デスクレーン装置、溶射補修用バーナを装備したコンピュータからなる補修装置で構成されている。

診断時には装置を炉内に挿入し約4分で往復走行させ、その間に

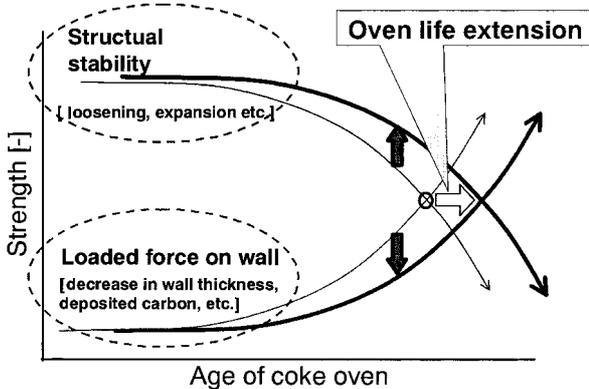


図3 寿命決定因子概念
Concept of the determining factor of coke oven service life

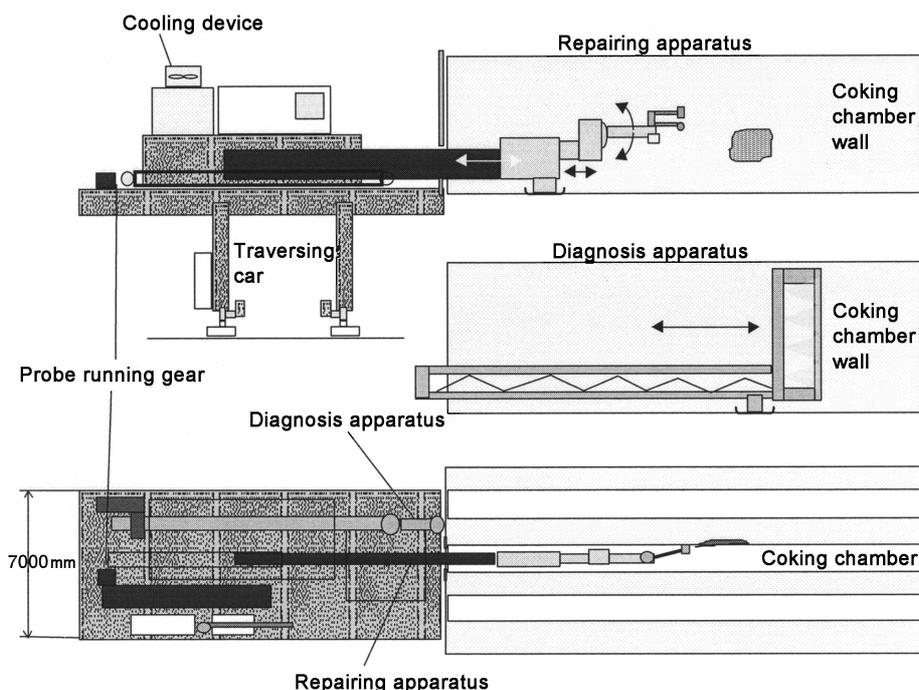


図4 炭化室診断・補修装置概要

Schematic diagram of the coking-chamber wall diagnosis and repair equipment

表1 開発機基本仕様
Basic Specifications

| | |
|--------------------|--|
| Diagnosis | |
| Chamber wall image | Liner CCD camera × 4 : Range 6 m × 15 m measurement of unevenness by light section method |
| Chamber width | Laser range finder × 3 : 3 stages × 15 m |
| Measuring time | 4 min (back and forth) |
| Data processing | Contour map of the Chamber wall Damage information analysis system |
| Repair | |
| Evenness | ± 10 mm |
| Spray speed | 40 kg/hr |

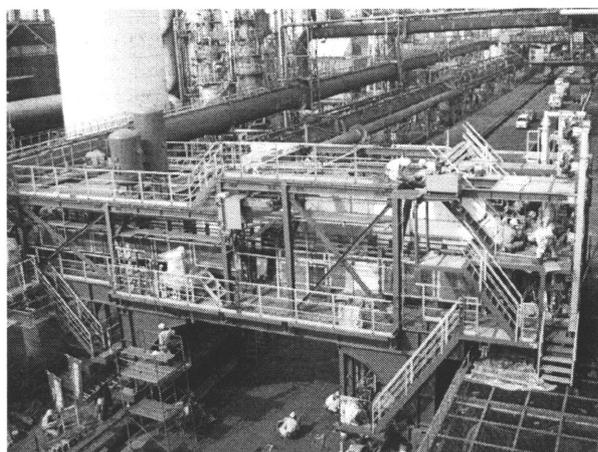


写真1 炭化室診断・補修装置全景

Overview of coking-chamber wall diagnosis and repair equipment

両壁面の観察を行う。計測機器は4台の特殊CCDカメラにより炭化室全高において高分解能での観察が可能である。また3台のレーザ距離計により炉高方向3点の炉幅測定を行い、壁の湾曲や大きな亀裂などプロフィール測定を行うことが出来る。診断で損傷箇所と判定された部位はその炉内位置および損傷深さを三次元の座標データで把握することが可能である。

補修時にはコンピュータを炉内に挿入し、診断結果から得られた損傷部位の溶射補修を実行する。炉内滞在可能時間は最大3hrで設計しており、この間で損傷部の詳細な位置計測、補修範囲の設定、補修計画プログラム作成、自動溶射補修を実行する。補修コンピュータは3軸の間接構造としており、炉長方向(X方向)への前後移動動作、炉高方向(Y方向)への上下旋回動作、炉幅方向(Z方向)への左右旋回動作を組み合わせ、任意の座標(X, Y, Z)に自由自在に動作可能であり、高精度(最小1ミリ単位)に制御が可能である。先端のレーザプロフィール計は補修位置の詳細なプロフィール計測を行い、炉壁の凹凸状況をコンタマップで把握することが出来る。

このデータから補修範囲を設定し、デスクレーン装置および溶射バーナの動作プログラムを作成し、全自動運転での補修作業を実現した。また補修時の炉内監視用カメラを装備していることから、補修装置挿入後に窯口をシールするための窯口防熱板を装備し、補修中の炉体冷却による損傷拡大防止を図っている。

5. 診断例

5.1 炉壁観察

図5は新日本製鐵大分製鐵所第2コークス炉での診断画像データである。従来にない鮮明さで壁全面を一度に撮影することが出来る。この画像から得られる特徴的な損傷としては、いずれの写真においても炉長方向にほぼ等ピッチに垂直に貫通亀裂が入っていることである。また付着カーボンの状態もよく観察できる。特に炭化室

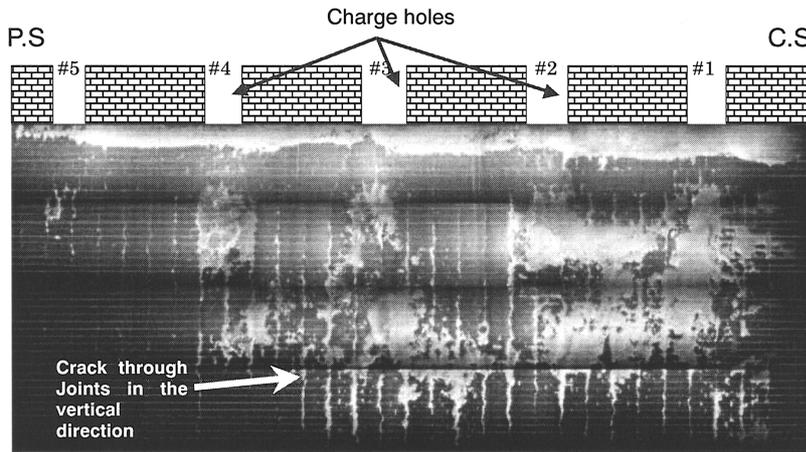


図5 大分No.2コークス炉壁面診断例
Example of the wall surface of Oita No. 2 battery

上部には多くの付着が見られる。また煉瓦表面の剥離や微妙に凹凸になっている箇所も確認できた。

5.2 壁面損傷状況管理システム

炭化室壁面診断装置により採取した情報を素早く処理し、補修計画に繋げるために壁面損傷状況管理システムも開発した。本システム

では損傷情報を含んだ画像データからオペレータが損傷種類を判別し、当該損傷部位の定量損傷状況(位置,面積,凹凸量)を解析システムにより抽出し、窯毎にデータベース化する。炉壁画像から得られる損傷情報の出力例を図6及び図7に示す。

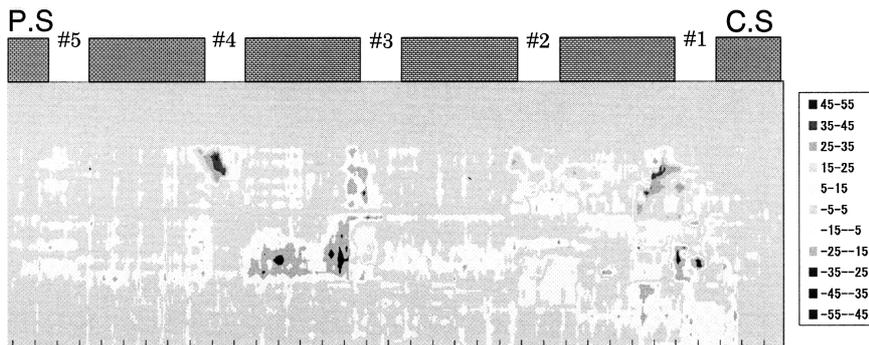


図6 壁面コンターマップ例
Example of contour map of the wall

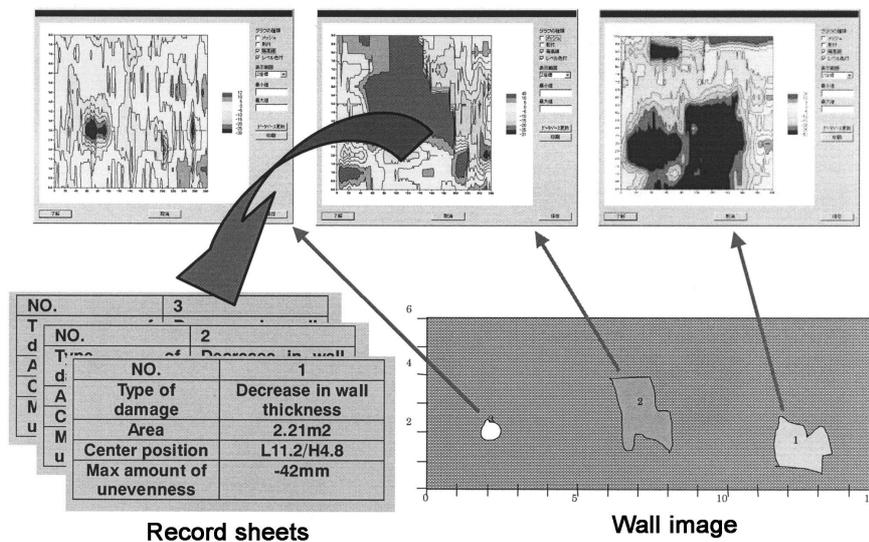


図7 壁面損傷状況管理システム概要
Schematic diagram of the quantitative damage information analysis system

6. 補修例

6.1 自動補修工程

本開発機による自動補修工程を図8に示す。

補修装置を炉内に挿入

損傷前の損傷部位詳細プロフィール計測, 凹凸状況確認
装置機上の運転室にて補修プログラム作成(補修範囲設定, 溶射
軌道設定, 溶射吹き付け量設定), 補修プログラムをシーケンサ
に送信

起動(押釦を押すのみ), 補修マニピュレータ動作開始

補修作業実行(自動制御), 炉内カメラによる状態監視

停止(押釦を押すのみ)

補修完了, 補修マニピュレータ停止

補修後の詳細プロフィール計測, 表面の仕上げ精度, 凹凸有無確認

補修装置挿入中は, 窯口の防熱板を閉止し炉体冷却を極力抑制し
て補修を実行している。

6.2 補修プログラム作成

オペレータは運転室にて計測結果を確認し, 補修プログラム作成
用PCで補修範囲をマウス操作で設定する。併せて損傷深さに応じ
た溶射肉盛り量のパラメータ設定を行い, プログラム作成が完了す
る。

6.3 補修

作成した補修プログラムを補修装置のシーケンサへデータ送信す
ると, 補修準備完了となる。補修開始は押釦を押すのみで起動す

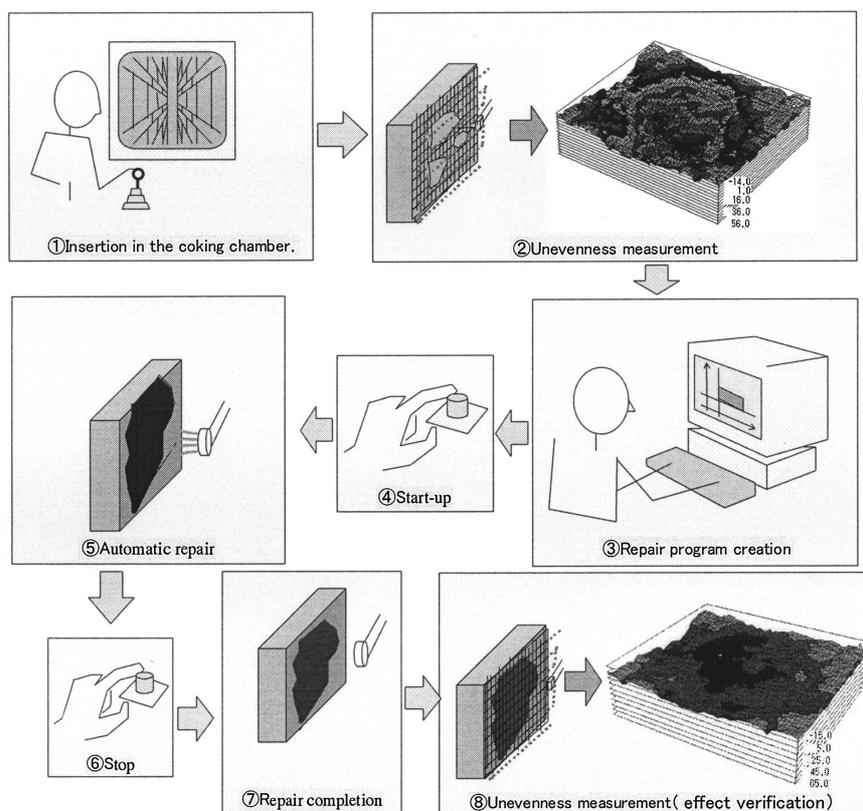


図8 自動補修工程
Automatic repair process

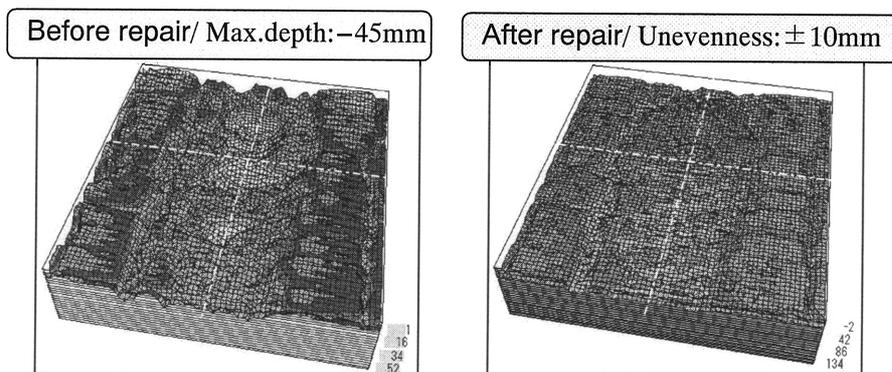


図9 補修後の壁面例
Example of wall surface profile after repair

る。起動後は炉内監視用のカメラからの画像をTVモニターで見ながら補修状況を確認し、任意のタイミングで停止操作を行う。停止操作についても押釦を押すのみで完了する。

6.4 補修結果

図9に補修前後の鳥瞰図を示す。補修前は損傷深さ最大約45mm凹みが存在していたが、補修後は横断面及び縦断面とも目標の凹凸10mm以内の精度で平滑に仕上がっている。また所要時間も予定した時間内に収まり、迅速かつ高精度の補修を実現した。

6.5 補修効率

同一時間内で本技術と従来の人力補修を比較すると、補修深さで

3倍、補修面積で5倍、表面の平滑仕上げ精度で3倍と飛躍的な高効率化と補修精度の向上を図ることが出来た(図10)。また作業要員も従来は交代要員も含めて10名以上必要であったが、本技術ではオペレータ2名で対応が可能であり、しかも高熱環境下から完全に解放された状態での補修を実現した。

6.6 補修効果

これまでに大分1, 2コークス炉(全156窯)で約50窯を補修した。補修後の窯については、押出電流値が平均約50A低下、押詰頻度が約10分の1になるなど成果が得られている。また本技術での溶射補修体の耐用評価についても、足元3年経過した窯があるが、剥離脱落もなく良好に推移している。

7. 結 言

開発した炭化室炉壁診断・補修装置により、炭化室壁面の高速かつ定量的診断、またその結果に基づく補修の迅速かつ高精度補修、高効率化を実現した。コークス炉の老朽化が確実に進行していく中、炉団全窯の定期診断と操業情報からの特別診断を着実に進め、常に先手の診断、補修を展開し、本設備を活用したコークス炉の延命対策を推進する。

また新日本製鐵では、この炭化室炉壁診断・補修装置を全コークス炉に標準装備すべく、各製鉄所へのトランスファーを実行中である。既に大分製鐵所の他に八幡、名古屋製鐵所で設置を完了しており、炉寿命50年以上の延命化を図るための大きな戦力として鋭意稼働中である。

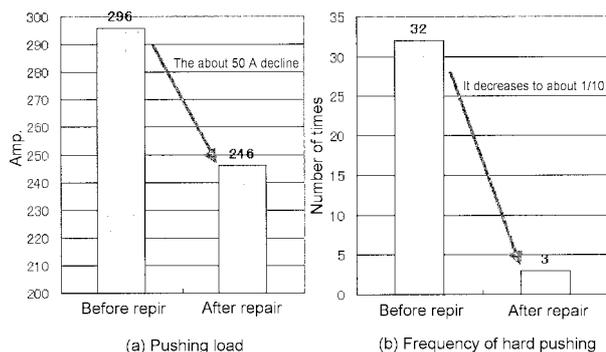


図10 補修効果
Repair effect