



鉄鋼業における自動化技術と今後の対応

～快適職場創造委員会での取り組み～

NKK
鉄鋼技術総括部 部長
住友金属工業(株)
設備部 部長

那波泰行 Yasuyuki Naba

橋爪藤彦 Fujihiko Hashizume

川崎製鉄(株)
プロセス技術部 部長
(株)神戸製鋼所
生産技術部 担当部長

高野 武 Takeshi Takano

日浦順夫 Nobuo Hiura

Automation Technologies and their Development in the Steel Industry

1 はじめに

社会が成熟化するにつれて、労働人口が第三次産業へシフトすることによる構造的な人手不足、高齢化、ならびに製造業における作業環境の悪化が1980年代後半から急速に進んで来ている。

これらの諸問題は、特に3K(きつい、きたない、きけん)職場において加速度的に進行しており、早急な対策が求められている。3K職場の解消は企業の安定成長の面からのみならず、人道上ならびに地域環境の面からも必須課題といえる。このような大きなテーマは、各社が個別に開発に当たるよりも、共同であるいは分担しながら対処の方が経済性、ならびに開発の迅速性から、より望ましいと考えられる。

NKK、川崎製鉄、住友金属工業、神戸製鋼所の4社はこうした点に鑑みて「快適職場創造委員会」を1992年4月に設置し、具体的テーマへの取り組みを開始した。

2 委員会組織と運営

テーマ推進の枠組みとして委員会の下に企画部会を置き、分科会単位にテーマを実行する仕組みとしている。これを図1に示す。各分科会では委員会で決められた活動方

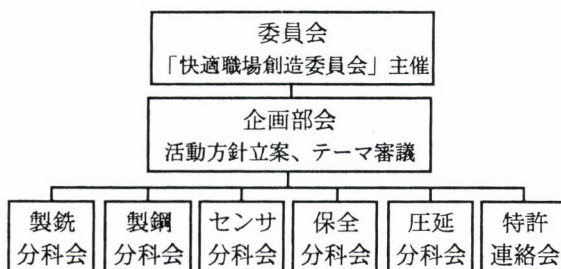


図1 快適職場創造委員会構成

針にしたがい、各社委員より提出された情報、ニーズから開発テーマの絞り込みをおこない、4社で合意されたものを企画部会に提案する。提案された開発テーマは企画部会での審議を経て委員会にて承認される。‘4分の1の負担で4倍の成果’をスローガンに開発を進め、得られた成果は4社の共有とする仕組みとしている。現在までに25テーマに取組み、19テーマの開発を完了している。表1に開発テーマ一覧を示すが、引続き新テーマに取組むべく情報交換を継続している。

表1 快適職場創造委員会開発テーマ一覧表

	開発テーマ	進捗
製鉄	高性能ベルトクリーナ開発	○
	ベルトコンベア乗継部ショート付着防止技術開発	○
	ベルトコンベア乗継部落鉤防止技術開発	○
	長寿命ローラ開発	○
	大樋解体機開発	○
	大樋解体屑掃除機開発	○
	滓樋滓解体機開発	○
	樋整備共用実験機設計	○
	コークス炉上昇管曲管部カーボンクリーナ	○
製鋼	コークス炉窯口溶射補修装置開発	○
	RH浸漬管下部槽点検、監視作業の自動化	○
	RH浸漬管下部槽補修作業の機械化	○
	RH浸漬管の新締結法開発	○
	取鍋不定形耐火物の継ぎ足し補修技術開発	○
	高能率RH補修台車の開発(設計技術)	○
	文字認識技術開発	○
	発塵監視技術開発	○
	コイル認識技術開発	○
センサ	取鍋地金検知技術開発	○
	転炉長寿命ランス開発	△
	酸洗ウエルダ設備診断技術開発	△
保全	ルーバキャリッジ設備診断装置開発	△
	厚板自走式疵取り装置開発	△
圧延	冷延鋼板砥石掛検査の自動化	△
	CGLトップドロスの回収自動化	△

○：開発完了、△：開発中

3 各分科会活動

3.1 製鉄分科会

3.1.1 活動概要

製鉄分科会では暑熱、粉塵に加え、製鉄地区特有の下記問題を解決するため4社共同研究を行い、「快適職場」実現の一助となる開発成果を得ることが出来た。

(1)原料ヤード

狭いスペースに設備が輻輳しているため、機械化困難

(2)高炉鑄床

施工ピッチは長いが、集中的に人手が必要

(3)コークス炉

悪環境下での重筋作業が必要

以下に本分科会にて開発した内容を紹介する。

3.1.2 開発内容

(1)高性能ベルトクリーナー・長寿命ローラの開発

製鉄地区の主要設備であるベルトコンベアでは、従来より「ベルト表面からの落鉱掃除作業」と「キャリア・リターンローラの取替作業」が3K作業の代表であった。

そこでベルトに付着した粉鉱を確実に掻取る「高性能ベルトクリーナーの開発」と取替頻度を大幅に軽減させる「長寿命ローラの開発」を行った。

まず、クリーナーは、長時間安定した掻取り効果を持続させるため、変形量に対する反発力がフラットな特性を持つ弾性ゴムを採用するとともに異常な力が作用した場合にはラバースプリングで緩衝する機構としている(図2)。

また、ローラは、寿命律速となる軸受け部にラビリンスシールとリップシールを併用するとともにシール付ベアリングを開発し、採用している(図3)。

更に直接ベルトに接触するローラ表面は耐摩耗性を考慮してセラミックスを用いた複合材料を採用し長寿命化を図っている。

(2)ベルトコンベア乗継部落鉱及びシュート付着防止技術の開発

ベルトコンベア乗継部からの吹出しは、上流ベルトからの落下衝撃を受けローラ間でベルトが撓み、スカートゴムとの隙間によって発生する。この落鉱を速度300m/分、幅2m、輸送物サイズ300mm以下のコンベアでも80%以上低減する装置を開発した(図4)。また合わせてスカートゴムが磨耗しても自重で圧着できる自動調整スカートも開発した。

また、シュート付着防止に関しては、バッファを円弧やアーマーで鋭角に衝突させて付着と磨耗防止を図る観点か

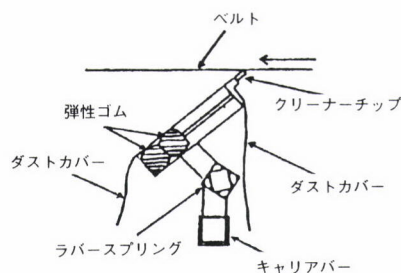


図2 クリーナー構造

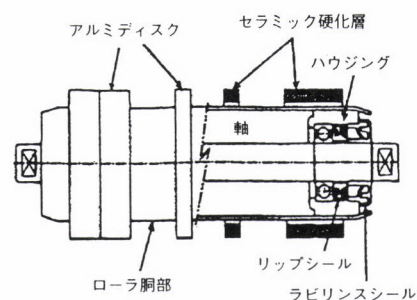


図3 ローラ構造

Type-A	Type-B	Type-C
△80%	△90%	△90%

図4 乗継ぎ部改造後の落鉱量の減少比率

ら4種類の装置を開発し、輸送物の特性に合わせて使分け効果を上げている。

(3)高炉樋整備装置の開発と適用

高炉炉前での高温・重筋作業である大樋、滓樋の耐火物解体及び屑回収作業を機械化する装置を開発した。これらは、大樋内面の耐火物を効率よく解体するための回転式切削機(切削ビットを取り付けた球体)を有する大樋解体機、滓樋中の高温滓を回転ドラムにより微細に破碎する自走式の滓解体機、砕かれた高温の耐火物、滓屑を樋底から吸引回収する屑清掃機から構成されている。

以上により解体から回収まで一連の作業の機械化が図れた。なお、一例として解体屑清掃機の概要を図5に示す。

(4)コークス炉付帯作業の効率化

コークス炉上昇管曲管部にカーボンが付着すると、炉内圧を圧迫しドア漏れ等多くの問題を引き起こす。従来、この付着カーボンの除去は炉上の高温、粉塵雰囲気の中で人

力により行われていた。本開発のカーボンクリーナーは曲管部に圧水を噴射し、管内を湿潤状態にすることでカーボンの付着を抑制するもので、ノズルの形状、噴射角度、堰の形状等の最適化を図ることにより、付着カーボンの掃除周期を従来の15日から100日以上に延長することができ、高温重筋作業を大幅に軽減した(図6)。

コークス炉炭化室壁れんがに目地切れや肌荒れが生じると乾留後のコークスの押出しが困難になったり、生ガスの燃焼室への漏込みによる大気汚染等の問題を引き起こす。本開発は炉内煉瓦損傷部の補修作業の機械化を図るもので、以下の機能を備えている。

- a) 遠隔操作による高温重筋作業の解消
 - b) 自動機能による溶射品質の向上、安定
 - c) ノズルの伸縮、傾動による炉壁全面補修
 - d) 炉壁距離、温度計測による炉体診断機能
- これにより、従来4～6名で行っていた手動による溶射作業を遠隔操作(要員2名)に改善できた(図7)。

3.1.3 開発成果と今後の展望

今回の10テーマについては当初の開発目標を達成し、現在各社にて実機化済、もしくは導入を検討中である。(特許・実用新案61件、海外特許1件出願中)

今後は製鉄地区における環境対策にも取り組んで行く計画である。

3.2 製鋼分科会

3.2.1 活動概要

製鋼プロセスで暑熱、粉塵下での重筋作業が定常的に行われている職場についてアンケート調査をおこない、次の2職場を選定して開発課題を設定した。

(1) RH取鍋精錬職場

製品の高品質化指向に伴い、RH取鍋精錬処理比率は上昇し続けており、更なる処理サイクルタイムの短縮、補修ピッチの拡大が必須課題である。RH処理作業に関して、浸漬管、下部槽の点検・監視・補修作業の自動化技術、浸漬管の新締結法、高能率RH補修台車の4課題について開発を行った。

(2) 取鍋補修職場

RH取鍋精錬処理比率の上昇に伴い、処理温度の高温化等取鍋れんがの材質改善ならびに施工技術の開発が緊急課題となってきている。これに対してれんがの不定形化と流し込み施工技術の開発が進められているが、更なるレベルアップを目指して取鍋不定形耐火物の継ぎ足し補修技術の開発を行った。

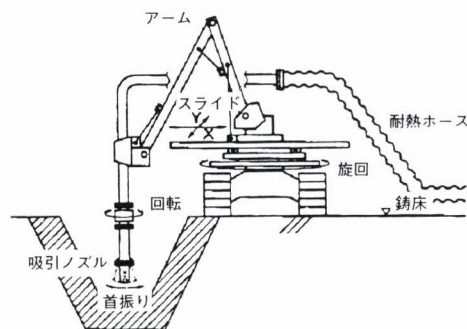


図5 解体屑清掃機

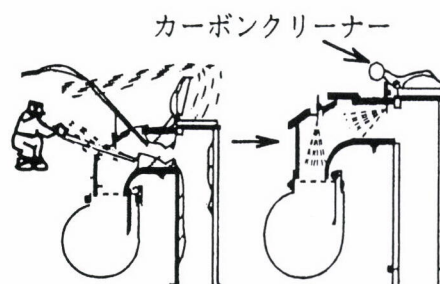


図6 コークス炉上昇管曲管部カーボンクリーナーの開発

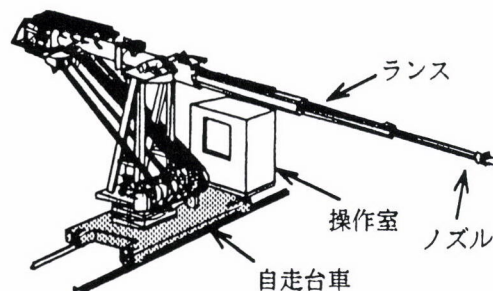


図7 コークス炉窯口溶射装置

3.2.2 開発内容

(1) RH浸漬管、下部槽の点検・監視作業の自動化

RH浸漬管内面、ならびに下部槽内底面部の観察は操業上重要な作業であるが、高温耐火物、スラグ等の落下があり、非常に危険な作業である。また、観察により得られる耐火物の残厚測定値は耐火物原単位、ならびにRH稼働率を決定するものであり、迅速で精度の高い測定値が要求されている。そこで、測定所要時間10分以内、測定精度±5mm以内を目標とするCCD三角測量方式による測定方法を開発した。また、ITVを内蔵することにより、浸漬管、槽内全面の鮮明な画像も得られた。図8に装置の構成を示す。

(2) RH浸漬管下部槽補修作業の自動化

観察装置で得られた情報をもとに、浸漬管内外面、下端面、および下部槽底部の補修作業の自動化装置の開発を行った。方式として湿式2段吹付け法を開発することにより、リバウンドロスが従来方式の30～40%に対して10%以

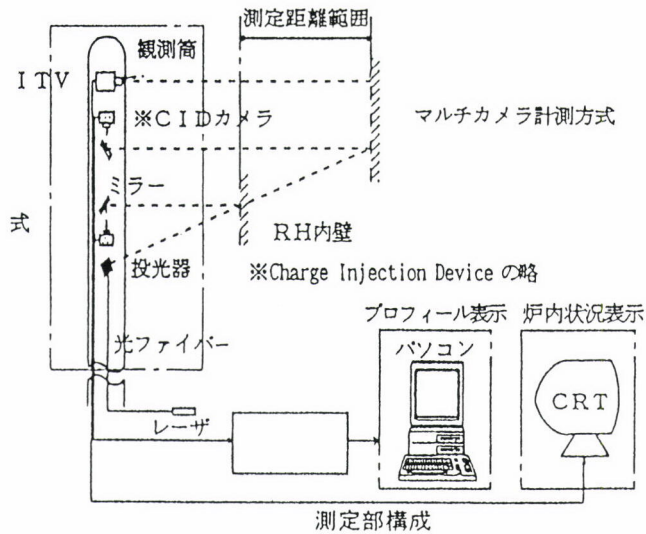


図8 RH浸漬管槽内点検装置

内に改善され、かつ寿命は同等以上の成績が得られている。
図9に装置の構成を示す。

(3) RH浸漬管の新締結法の開発

RH浸漬管の交換作業は高温粉塵環境下での長時間使用による締結部の変形、焼付き等により、多人数による長時間(約4時間)作業となっていた。本作業の自動化技術の開発を行うにあたり、稼働率向上も狙って2人作業で1時間以内の交換を目指した。締結方式として皿バネ内臓ボルトとボルト交換治具を開発し、迅速な遠隔操作自動交換を可能とした。図10に装置の構成を示す。

(4) 高能率RH補修台車の開発(設計技術)

新規に開発した(1)～(3)の3機能と下部槽交換、乾燥機能を擁するコンパクトでかつ安価な補修台車の設計を行った。設計技術の目標として、3機能を付加しても従来台車長以内とし、かつコストは付加機能の単純加算コストを下回ることとした。その結果、台車長は従来に比較して6%短縮され、コストも大幅な低減が図れた。図11に新補修台車の構成を示す。

(5) 取鍋不定形耐火物の継ぎ足し補修技術の開発

取鍋耐火物不定形化技術の採用が進む中で、更なる3K作業の削減とコストダウンとを目指して不定形耐火物の継ぎ足し補修技術の開発を行った。主たる課題はスラグ浸潤層と親和するアルミナ質不定形材質の開発とその施工技術である。本技術の採用により、取鍋寿命の2倍化と補修費用の25%削減が達成された。

3.2.3 開発成果と今後の展望

開発技術は各製鉄所に対して導入を進めており、設備化、ないし製作中のものは11件に達している。今後共更なる経

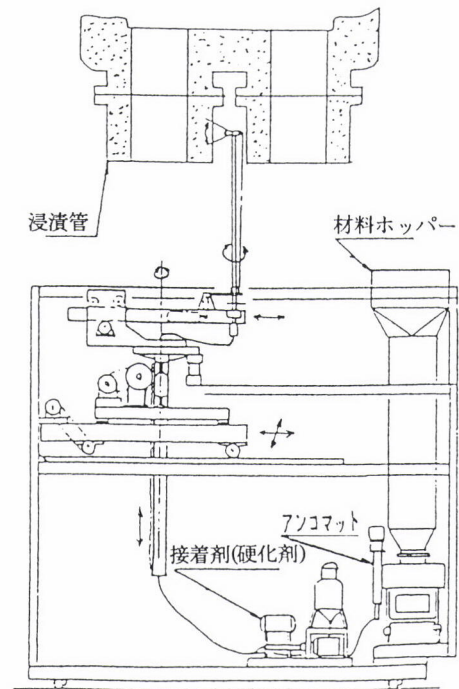


図9 RH浸漬管外面補修装置

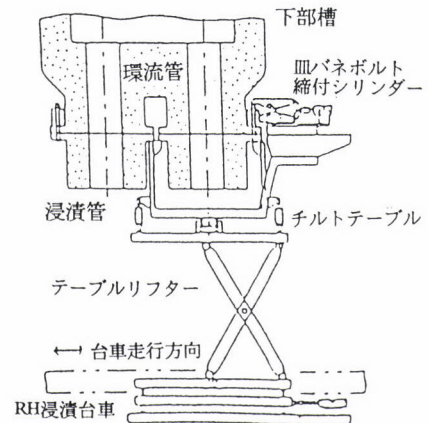


図10 RH浸漬管締結装置

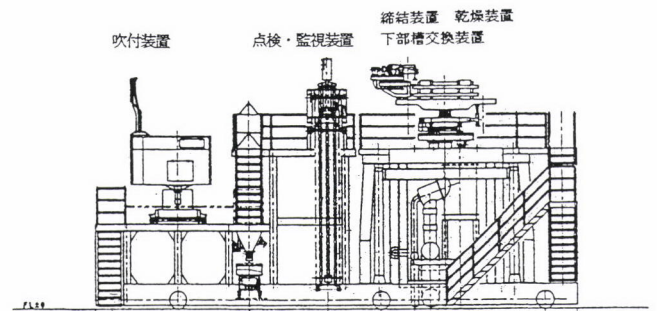


図11 高能率RH補修台車

済性の追及がなされ、適用の拡大が見込まれている(国内特許11件、海外特許2件出願中)。

これからは地球環境保全に繋がる開発課題も視野に入れて活動を推進して行く計画である。

3.3 センサ分科会

3.3.1 活動概要

センサ分科会では、3K排除および自動化という観点から各社にて提案された101件のテーマの中から、ニーズの大きさ、シーズ技術の状況等から以下の4件を選定した。

- ①文字認識技術の開発 ②発塵監視技術の開発
 - ③コイル認識技術の開発 ④取鍋地金検出技術の開発
- 以下にその開発事例として①の内容を紹介する。

3.3.2 開発内容(文字認識技術の開発)

鉄鋼製品に印字された現品識別文字の読取りの自動化に対しては各社で開発が行われてきたが、性能と価格の問題から広く普及するには至らなかった。当分科会では従来の問題点を明確化し、以下の目標にて新たな文字読取りシステムの開発を行った。

- ①低コスト化(従来比1/4)
- ②システム調整期間の短縮(1年以上→数ヶ月)
- ③高性能化(99%の認識率)

こうした目標に対して、以下の特徴を持つ鉄鋼向け文字読取りシステムを実用化した。

- ①低価格画像処理と汎用のパソコンの採用。
- ②鉄鋼4社とメーカーのノウハウのパッケージ化。
- ③小領域結合型ニューラルネットワークの採用(図12)。
- ④調整サポート機能の導入。

本システムについて実機にてテストを行い、当初目標の効果(低コスト、調整期間の短縮、高性能)を確認した。

3.3.3 開発成果と今後の展望

今回開発した文字認識技術は住友金属工業鹿島製鉄所、および和歌山製鉄所で実機化され、神戸製鋼所加古川製鉄所でも今春導入された。その他の開発テーマについても当初の開発目標を達成し、現在各社にて実機化もしくは導入を検討中である(特許11件出願中)。

今後は環境対策を中心に新規課題に取り組んで行くべく検討中である。

3.4 保全分科会

3.4.1 活動概要

高所作業や頻繁な保守が必要な設備について、長寿命化や作業の機械化による改善に取り組んだ。以下、3テーマに

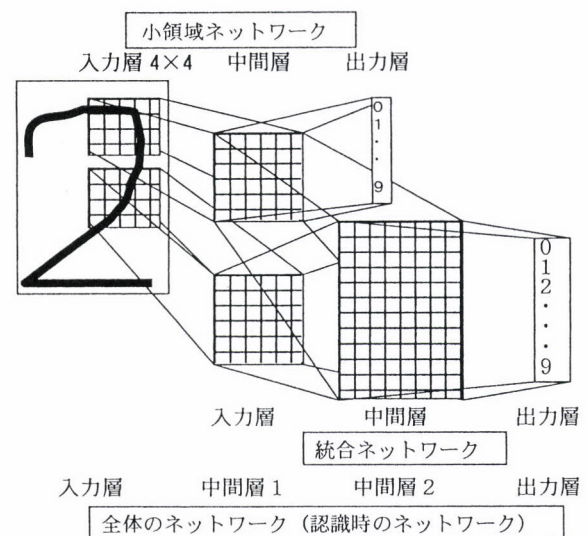


図12 小領域結合型ニューラルネットワーク

ついて活動状況を報告する。

3.4.2 開発内容

(1) 転炉長寿命ランスの開発

転炉ランスは、使用経過とともに発生するランス本体への地金付着や先端ノズルの変形や損耗のために頻繁に取替えている。この取替や地金取りが危険なことやその費用が大きいことが問題であった。

今回、以下に取組みを紹介する。

- a) 地金付着：地金付着の分析から付着メカニズムを調査した。主たる改善策は各種表面改質とし、オフライン並びに実機テストで地金付着の防止効果を確認した。
- b) ノズル変形：ノズルの変形や損耗にノズルの表面温度が影響することを解明し、測定やシミュレーションにより最適な形状や構造を開発して実機に採用した。

(2) 酸洗ウェルダの設備診断技術の開発

酸洗ラインのコイル間溶接部の不良は酸洗工程、および次工程圧延での板破断の一大要因であり、そのため溶接の状況をオペレータが都度確認している。また、溶接機(ウェルダ)の機械精度の劣化が溶接性能の低下に及ぼす影響は著しく大きい。その保守方法や管理方法は確立されていない。

今回、段違いセンサーによる溶接後の溶接ビードの良否判定を特徴とした設備診断装置の開発を完了し、実ラインに適用した。本装置では合計103点の監視項目をもち、その計測値を用いた設備の劣化判定も行っている。本診断装置の概要を図13に示す。

(3) ルーパーキャリッジ設備診断装置の開発

冷延工程の堅型ルーパーのチェーンやワイヤは、その摩

耗や伸びが鋼板の蛇行を誘発するために、定期的に摩耗や伸びの測定、取替を行っている。これらの作業が高所危険作業であることが問題となっていた。

今回、遠隔自動操作にてチェーン伸びを簡単に測定するロボット、オンラインに設置して作業中にワイヤ伸びを測定する装置を開発した。チェーン伸び測定ロボットの測定原理を図14に示す。

チェーンに取り付けられたロボットは駆動スプロケットにてチェーン上を昇降する。一方の非駆動のスプロケットに連結したPLGで昇降時の回転を検出し、このPLG信号を用いて基準リンク数(10)当たりの実チェーン長さ及び伸び量を算出する。図15に本ロボットの測定例を示す。

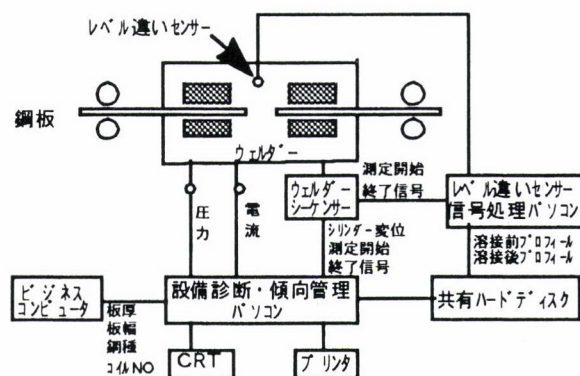


図13 診断システムの概要

3.4.3 活動成果と今後の展望

今回開発したランスを各製鉄所で使用し、従来の約2倍の寿命を確認した。ウェルダ設備診断装置は97年6月に神戸製鋼所加古川製鉄所に設置、またチェーン伸び測定ロボットは和歌山、加古川、水島、福山の各製鉄所で使用し性能を確認した(特許7件出願中)。

今後、ランス及びチェーン伸び測定ロボットは各所への適用拡大を予定している。また、ウェルダ設備診断装置は診断精度の向上を図って行く。

3.5 圧延分科会

3.5.1 活動概要

各社から提案された約30件の候補の中から、3K作業の優先度、ニーズの有無、シーズ技術の有無、実機化の可能性等の観点から以下の3テーマを選定した。

- ①厚板自走式疵取り装置の開発
- ②冷延鋼板砥石掛検査の自動化
- ③CGLトップドロスの回収自動化

以下にその開発事例として①の内容を紹介する。

3.5.2 開発内容(厚板自走式疵取り装置の開発)

(1)厚板の疵取り作業および疵の形態

厚板表面に部分的に発生する疵の手入れ作業は、通常重いグラインダを用いた手作業で、粉塵・重筋作業を伴う典型的な3K作業である。対象となる疵手入れは、板上に点在する疵、線状の疵および板の広範囲な部分を全面的にグラインダ掛けする減厚手入れとした。

(2)自動化装置概要

本装置ではコスト的に有利な自走式を採用した。装置は、CCDカメラで疵探索及び台車誘導する自律移動台車と、台車搭載の自動研削装置から構成されている。移動台車は4輪独立操舵駆動で、全方向に移動可能である。研削はフラッ

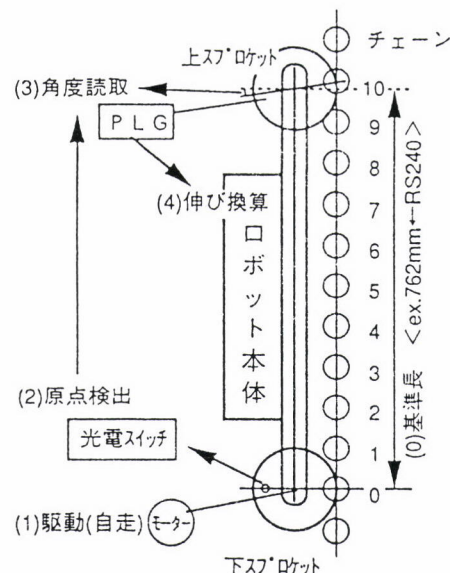


図14 チェーン伸びの測定原理

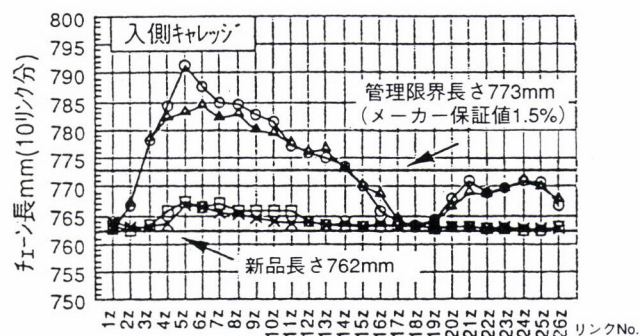


図15 チェーン伸び測定例

プホイールを使用し、研削深さを圧力、位置制御する。疵手入れ動作フローは、まず疵研削範囲、研削深さを示す疵マークを手手でマーキングする。板近傍に手で装置を誘導し、自動モードに切替える。台車は板エッジを基準に姿勢と位置を制御しながら疵マーク探索移動を開始する。疵マーク発見後マーク位置に移動し、グラインダ掛けを行う。これを板終端まで探索手入れを繰返し、板終端で自動的に作業を終了する。図16に装置外観を示す。

3.5.3 活動成果と今後の展望

とりあげた3テーマは現在開発中であるが、ほぼ基本確性を終えた段階であり、今後平成9年度中に4社間での公開実験、ならびに実機化検討を行う予定である。

4 おわりに

本委員会活動を開始して5年余りが経過し、当初設定した課題の開発をほぼ終えたところである。その間経営環境の変化もあり、実用化に至らなかったものもあるが、概ね以下のような成果が得られたと評価している。

- (1) 3Kを切口として各社の共通する問題点に取組んだことにより、1社のみでは困難であった課題の解決ができた。
- (2) 開発費、開発要員の効率化の他、各社ノウハウの集約、情報交流ルートの形成に有益であった。

その一方で、以下のような課題も残されている。

- (3) 3K対策としてだけでなく作業合理化としての導入促

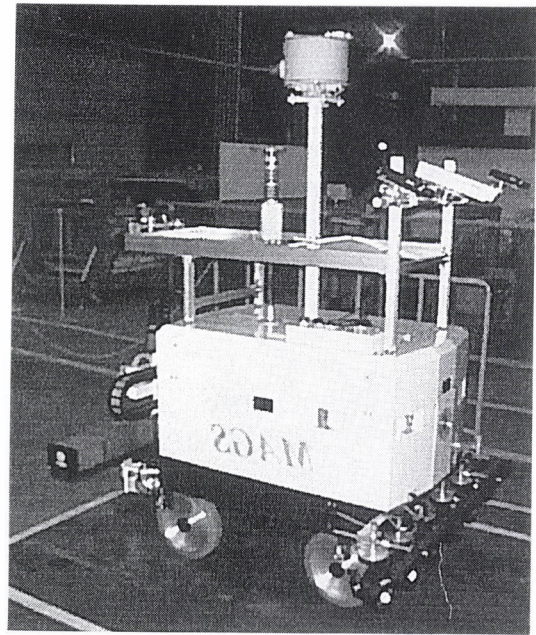


図16 厚板自走式疵取り装置外観

進のためには、装置の安価化、共同保有等の取組みが必要である。

今後は、経営環境や社会環境の変化を考慮しつつ4社共同研究の枠組みを活かし、3Kのみにとらわれるのではなく、広い意味での合理化、地球環境保全、その他のテーマにも取組み、課題解決を図って行きたい。

(1998年2月3日受付)