

線材付帯設備の無人化技術の開発

Automated Equipment in Off-line Process of Wire Rod Production

吉村 康嗣^{*(1)}
Koji YOSHIMURA

関 隆一^{*(2)}
Ryuichi SEKI

荒巻 広美^{*(3)}
Hiromi ARAMAKI

小山田 憲^{*(4)}
Ken OYAMADA

抄 録

線材の精整工程、あるいはオフライン工程における作業は、複雑かつ困難で人手に頼らざるを得ないものが多く、作業環境やコストの面で機械化、無人化が望まれる。新日本製鐵各製鐵所線材製造工程で実機化してきた付帯設備の無人化技術のうち、(1)金札打刻・シール貼付ロボット、(2)線材梱包作業の自動化、(3)ロール加工自動化、(4)疵検査用サンプル酸洗作業の自動化、(5)サンプル加工の自動化、について述べた。

Abstract

Work in the manufacturing process of wire rods or in Off-line process, there are many problems that require humans because they are complex and difficult. However, in considering the working environment and costs, it is preferred to move toward automated and unmanned operation. This paper outlines (1) Metal tug and labeling robots, (2) automation of packing, (3) automation of roll grinding, (4) automation of descaling and samples for surface flow inspection and picking and (5) automation of sample manufacturing. These are some of the equipment that have been automated at each of the wire rod production sites of Nippon Steel Corporation.

1. はじめに

線材製造工程は、加熱-圧延-捲取-検査-結束の基本的製造ラインの他、ロール研削、検査前処理、梱包など、様々な付帯の工程を要する。これらの工程における作業は複雑かつ困難なものも多くを占め、これまで機械化が望まれつつも人手に頼らざるを得ないものが残されていた。

新日本製鐵において、これら線材付帯設備における無人化技術を開発し、実機化を進めてきた。本報は、(1)金札打刻・シール貼付ロボット(室蘭製鐵所)、(2)線材梱包作業の自動化(君津製鐵所)、(3)ロール加工自動化(釜石製鐵所)、(4)疵検査用サンプル酸洗作業の自動化(君津製鐵所)、(5)サンプル加工の自動化(釜石製鐵所)について紹介する。

2. 金札自動打刻機・シール貼付ロボット

室蘭製鐵所で製造している製品(棒鋼、線材)には、現品表示用として金札ならびに所内物流管理のためのバーコードシールを貼付して出荷を行っている。しかしながらこれら作業は従来人手により対応しており、特殊鋼の特徴である多品種、小ロットのユーザーニーズに対応するため、圧延付帯コスト増大の要因となっていた。そこでこれら問題を解決するため金札打刻機及びシール貼付ロボットを開発した。

2.1 金札自動打刻機

製品に取り付ける金札には製品情報としてサイズ、規格、重量、成分等を表示している。これらの自動打刻を高速・高精度で可能とするため、X-Yの位置決め、選字、打刻にACサーボモーターを使用し、16bitMPUによるPIOを利用した同時制御を実施した。またタイムサイクル短縮のため、2台の金札機での処理に代え並列動作する2式の打刻部の機械を採用した(図1参照)。また金札切出し時における重複切出しを防止し、金札を安定して搬送するため、吸着パットに金札を真空吸着した後、シリンダーにより金札中央を押し、カールさせることで金札を分離している(図2参照)。また、真空吸着により搬送している金札の安定分離対策として、真空破壊バルブを採用している。表1に本装置の基本仕様を示す。

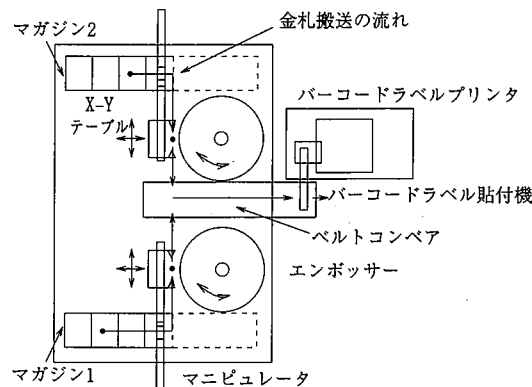


図1 金札打刻機設備構成

*⁽¹⁾ 君津製鐵所 条鋼工場 線材技術グループリーダー
千葉県君津市君津1 ☎299-1141 Tel: 0439-50-2364

*⁽²⁾ 室蘭製鐵所 圧延工場 線材技術グループ

*⁽³⁾ 釜石製鐵所 製造部 線材工場

*⁽⁴⁾ 釜石製鐵所 製造部 品質管理グループ マネジャー

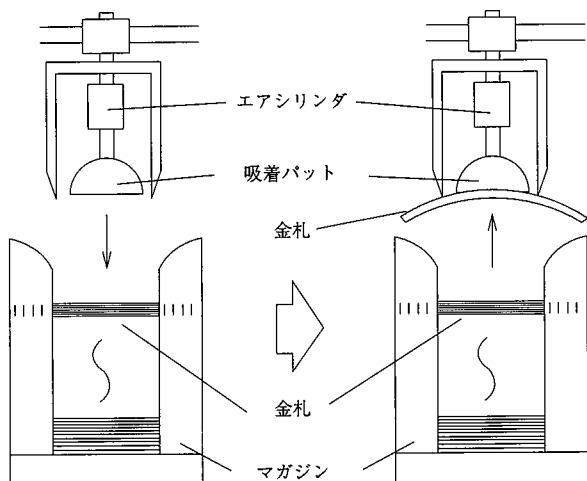


図2 金札切出し・分離方法

表1 設備仕様

装置名	項目	仕様
金札打刻機	打刻装置	ドラム式刻印機 (96分割エンボス方式)
	打刻文字数	最大107文字/枚
	打刻タイムサイクル	最大20秒/枚
	制御部	MPU+シーケンサによる マルチ制御

2.2 シール貼付ロボット

本装置は、熱間圧延後に結束されたコイルの結束フープに対し、高速、高精度でのシール貼付を可能とするため、シールの搬送に多関節型ロボット、フープ位置検出に接触式センサーと画像処理を採用している(図3参照)。またシールの剥離はシール端部を真空吸着しローラーに巻きつけ、回転速度はロボットの動作速度と同期させている。一方貼付はシール中央部をフープに接材させ、シールを保持していた真空を遮断し圧縮空気で中心からなぞるようにして行う(図4参照)。これらの対策によりシール貼付成功率は97.5%を達成し、オンライン設備として十分な性能を確保している。表2に設備仕様を示す。

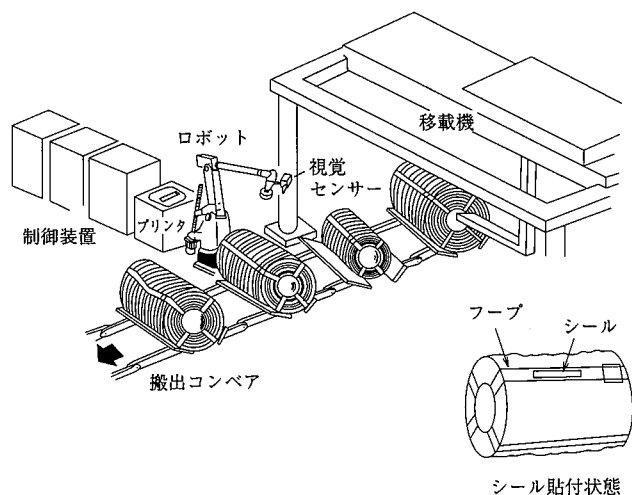
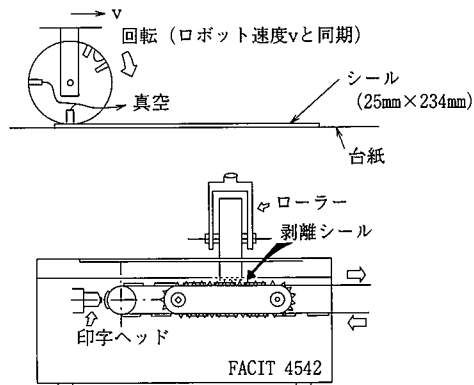
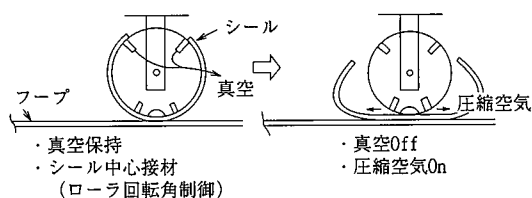


図3 シール貼付ロボット



(a)剥離方法



(b)貼付方法

図4 シール剥離・貼付方法

表2 設備主仕様

項目	仕様
線材コイル	線材径: 5.5~22mm
	コイル高さ: 600~1 600mm
	コイル外径: 1 250~1 450mm
結束フープ	寸法: 32mm幅×1mm高
シール	寸法: 234mm長×25mm高
	表示項目: 注文番号, 需要家 コイル番号, 仕向地
シール貼付 ロボット	方式: 6軸多関節型ロボット
	駆動方法: ACサーボ
	最大速度: 1 200mm/s
	位置繰り返し精度: ±0.5mm
画像処理装置	方式: 白黒2値画像処理
	位置検出精度: ±1%以内
CCDカメラ	画素数: 水平384×垂直490
パソコン	FC9801

2.3 まとめ

本装置の開発により、多品種、小ロットのユーザーニーズに対応するとともに、自動化による圧延付帯コストの飛躍的低減を達成した。金札打刻機は1987年8月に1号機が稼動し、現在は棒鋼・線材用に計5式が稼動中である。シール貼付ロボットは1987年1月より線材工場稼動、現在に至っている。

3. 線材梱包作業の自動化

君津製鐵所条鋼工場では、従来人手により実施していた線材の梱包作業を機械で行う自動梱包装置を開発し、1993年4月に実機化した。

3.1 自動梱包装置の概要

線材の梱包作業は、(1)資材巻き付け作業、(2)資材折り込み作業、(3)外装結束作業、の三つに大別される。

3.1.1 資材巻付装置

資材巻付装置の概要を図5に示す。資材巻付装置は、コイル長手方向の両端をコイル外形よりやや大きめの円筒型治具で挟み込み、資材供給装置から供給される梱包資材を円筒型治具の外周に沿って巻き付けるもので、コイルを挟み込んだままコイル長手方向軸周りに1回転する。資材の最終端はテープで固定される。巻き付け完了後の円筒型治具は外径拡縮機構により外径を縮小し、コイルの両端から退避する。

円筒型治具は、梱包資材の先端を掴むメカニカルキャッチ機構を内蔵している。また、外径拡縮機構は、事前に自動計測されたコイルの外径に治具径を合わせるよう制御される。これらの機構により、コイルに対して資材をタイトに巻き付けることができる。

3.1.2 資材折込装置

資材折込装置の概要を図6に示す。資材折込装置は、コイル長手方向の両端に張り出した資材をコイルの内側に折り込む装置で、コイル両端から各々傘骨様の開閉アームを閉じることで張り出した梱包資材を絞り込み、その状態からコイル中心に向かって前進することにより資材をコイル内側に折り込む。更に前進限の状態ではアームを開く機能で内側に折り込んだ資材をコイル内周に押し付ける。

3.1.3 外装結束機

外装結束機は一般的な横形の線材結束機で、梱包資材をコイルに密着させて梱包はがれ等を防止する。

3.2 自動梱包装置の導入効果

自動梱包装置の開発、導入により、従来の人手作業に要していた多くの要員を削減し、現在は2名/シフトで操業している。また、梱包作業能率は、従来の人手作業に比べて約50%向上した。

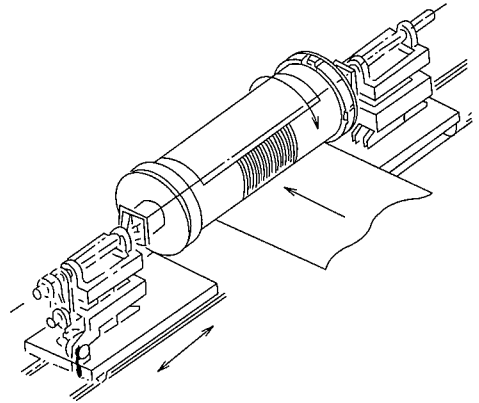


図5 梱包資材巻付装置概要

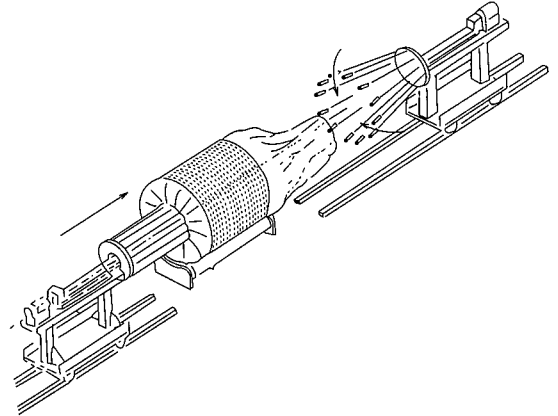


図6 梱包資材折込装置概要

4. ロール加工自動化

仕上圧延機用超硬ロールの電解研削作業の省力化の一環として、釜石製鐵所に導入した自動ロール加工機についての事例を報告する。本装置は、外径研削とカリバー研削のロール加工、ハンドリングの自動化を主体とした。全体構成図を図7に、装置の主仕様を表3に、また自動化範囲を表4に示す。

この装置の特徴は、(1)堅型2軸(外径研削とカリバー研削)を持っており、別々に加工可能なこと、(2)ストックコンベアがあり、加工機本体とローダーロボットで搬出、搬入し、60個まで連続加工可能なこと、(3)加工機本体の主軸にロールを組み込むアーバーがあり自

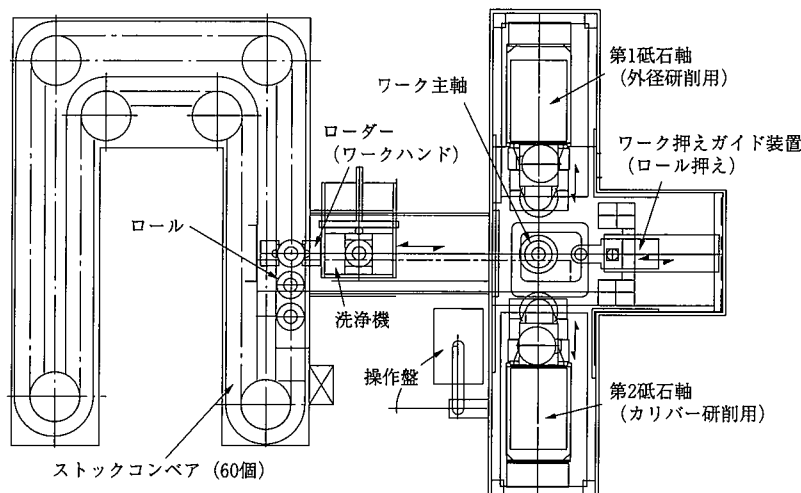


図7 全体構成図

動組込み可能なこと、(4)加工発熱による機械ベットの膨張を測定補正する機能があること、(5)ロール加工後の洗浄を行うことである。

準備作業は、砥石セット、研削条件セット、ストックコンベアへのロールセット等である。後作業は、ロール取り外し、ロール径測定、カリバーチェック、ロール符合マーク等である。

自動加工機を動作させるための準備、後作業と、加工機の動作フローは以下の通りである。

- (1)カリバー砥石の摩耗量を投影機で測定後、砥石をカリバー研削用の第2砥石軸に取り付ける。
- (2)加工するロールをストックコンベアに並べ、NCより当該ワークの加工プログラムを呼び出し、研削条件セット(砥石摩耗量補正、ワーク番号、削量、ロール径等)を入力し加工スタート。
- (3)ストックコンベア上のロールをローダーで掴み、ワーク主軸に運搬する。ロール搬入を完了したら、ワーク押えガイド装置が動作し、ロールをチャッキングする。
- (4)ワーク主軸回転、外径研削用の第1砥石軸がワーク主軸に向かって行き、仕上げ削量分を残して電解加工する。その後、カリバー研削用の第2砥石軸がワーク主軸に向かって行き、仕上げ削量分を残して電解加工する。カリバーは数個あるので、1個加工したら次のカリバーまで移動し電解加工する。
- (5)加工により機械ベットが膨張してくるので、その膨張分NC側に補正し電解研削する。最後に外径、カリバーを仕上げ削量分機械研削する。
- (6)加工終了したらワークガイド装置を開放し、ロールをローダー

で掴み洗浄機まで運搬、洗浄後ストッカーに搬出し終了。
(7)加工したロールをストッカーから取り外し、ロール径測定、カリバーチェックを確認する。

以上が一連の作業で、(3)~(6)が自動化された部分である。最初に(1)(2)を実施し加工終了後にオペレータが(7)を行う。(3)~(6)の自動加工中は無人である。

加工時間は平均約35分/個である。60個並べた場合で約35時間無人で連続加工可能である。要員省力効果としては、外径研削1名、カリバー研削1名の3交替勤務がなくなり、6名の省力が図られた。尚、自動加工機を動作させるための準備、後作業は、他作業のオペレータが兼務している。

5. サンプル酸洗自動化

君津製鐵所条鋼工場では、線材の疵検査用サンプルの酸洗処理作業の省力化とその作業環境の改善を目的にサンプル自動酸洗装置を設置し、1995年8月に稼動を開始した。

5.1 サンプル自動酸洗装置の概要

線材圧延後の疵検査はコイルの両端末から採取した約400mmのサンプルで行われ、それには前処理として酸洗によるスケール除去が必要である。この酸洗作業では、サンプル搬入、酸洗槽、中和槽への浸漬、水洗、エアによる乾燥、搬出等を従来人手により処理していた。サンプル自動酸洗装置は、この一連の作業をコンベア方式により機械化したものである。その配置と装置構成の概要を図8に示す。

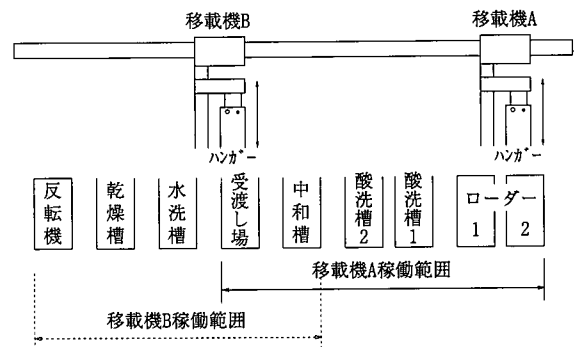


図8 サンプル自動酸洗装置の構成

表3 主任様

名称	装置概要	
ワーク主軸	6インチ/8インチロール専用チャック付き	
ワーク押えガイド装置	6インチ/8インチロール共通ワーク押え	
第1砥石軸	フラット砥石専用(外径研削用)	
第2砥石軸	カリバー砥石専用(カリバー研削用)	
計測装置	ベット熱膨張量測定用	
ローダー	ワークハンド(最大30kg)	
周辺機器	ストックコンベア	ワーク最大60個
	洗浄機	ノズル水噴射
	投影機	砥石摩耗量、上下量測定

表4 ロール加工の自動化範囲

準備	<ul style="list-style-type: none"> ・砥石セット ・研削条件セット(砥石摩耗量補正、ワーク番号、削量、ロール径など) ・ストックコンベアへのロールセット 	<p>人手対応 (砥石摩耗量は投影機を使用し測定)</p>
自動化範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・主軸アーバーにロール組込み ・加工原点合わせ ・自動電解研削 ・主軸アーバーからロール取り外し ・ロール洗浄 	<p>ローダー搬入、ワーク押えガイド装置(組込) NC制御 縦型2軸(外径研削とカリバー研削) ローダー搬出、ワーク押えガイド装置(解除) ローダー運搬、ノズル水噴射</p>
後作業	<ul style="list-style-type: none"> ・ストックコンベアからのロール降ろし ・ロール径測定、カリバーチェック ・ロール符号マーク 	<p>人手対応</p>

5.1.1 動作の概要

サンプルは図8の装置右側のローダー位置に待機しているハンガーに投入される。ハンガーは移載機Aにより酸洗槽に移載された後、所定時間後に搬出されて中和槽へ移動する。中和後のハンガーは受渡し場へ移動し、ここで移載機Bへ受け渡される。移載機Bは続いて水洗槽、乾燥槽でそれぞれ処理を行い、反転機までハンガーを運搬する。反転機ではハンガーを反転させて中のサンプルを検査室に払い出し、サンプル酸洗作業が完了する。払い出しが完了したハンガーは受渡し場まで移載機Bにより移動され、そこから再び移載機Aによってローダー位置まで移動されて一連の動作が完了する。

5.1.2 各装置の特長

- (1)移載機A・B：移載機の基数は、圧延能率と同等の処理能力を確保するため2台とした。各移載機は、ハンガーの吊り部を抱えるアームを有し、槽上部の走行レールに沿って自動走行する。
- (2)ハンガー：サンプルを搭載するボックス(籠)部と、ボックスを反転させる軸及びギヤ部より構成される。材質は、耐酸・耐熱塩化ビニルとした。
- (3)酸洗槽：塩酸原液の供給配管と給水配管を有しており、自動濃度管理される。材質は、耐熱・耐酸ポリプロピレンとした。
- (4)中和槽：重曹原液の供給配管と給水配管を有しており、自動濃度管理される。材質は塩化ビニル。
- (5)水洗・乾燥槽：給水シャワーの後、湯洗槽による乾燥処理を行う。湯洗温度は乾燥効率の高い温度に自動制御されている。材質はいずれも塩化ビニル。
- (6)反転機：反転機位置にハンガーが搬入されると自動的に反転機のギヤが駆動し、連動してハンガーが回転してサンプルを落とすことによってサンプルを検査室へ払い出す。

5.2 装置の導入効果

自動酸洗装置の導入により、従来の人手による作業の省力を達成した他、作業環境も大幅に改善された。

6. サンプル加工の自動化

釜石製鐵所では、従来から手作業のためネックとなっていた線材(湾曲形状)の顕微鏡検査用サンプルの切断～樹脂埋め込み～研磨工程の全自動化設備(Linkaged Automatic Processing System：LIAS(リアス))の開発、導入を行い、1996年4月から稼働を開始し、試験検査工程の体質強化に寄与している。図9に示す本装置は、ロボットが各装置にハンドを交換しながらサンプルを搬送するコンパクトなレイアウトになっている。

本装置の特徴を表5に、また表6には主な装置の仕様を示す。最大の課題であった湾曲線材のハンドリングに蜂の巣状の供給ストッカーとロボットハンドに工夫を重ねた(写真1、2参照)。また、サイクルタイム短縮を狙い従来乾式切断を採用していたが、本開発では湿式切断により熱影響部の排除及び研磨代の削減のため高速化を図った。表7に示す装置は従来作業に比べ約2倍の加工能力を有する。更には、横断面サンプルの転倒防止に、従来から釜石製鐵所のノウハウになっていたタブレット(シール)方式を採用したことや、上位計算機からの指示情報により加工実績のトラッキング制御を可能とした。これにより、サンプル選別・供給作業以降から仕上げ研磨までの世界初の無人化工程を実現した(図10参照)。

これらの開発は、釜石製鐵所及び各メーカーのノウハウを結集

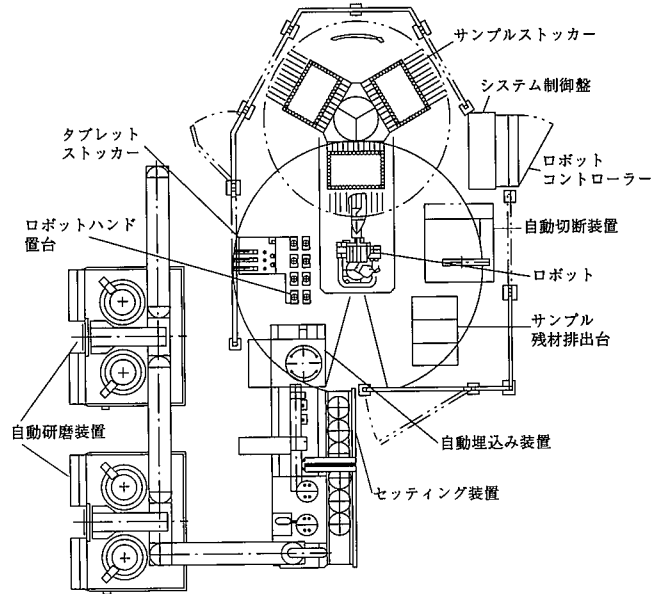


図9 LIASの概略レイアウト

表5 LIASの特徴点

(1) 線材サンプル加工で世界初の無人化工程実現
(2) 湾曲線材のハンドリング供給が可能
(3) サンプル転倒防止にタブレットによるシール方式の採用
(4) 湿式方式による高速切断の採用
(5) 上位計算機からの指示によるトラッキング制御

表6 各装置の仕様

各装置	仕様
ロボット	多関節型(6軸同時制御)、交換ハンド6台
サンプル供給ストッカー	190本×3面(ロータリー方式)
自動切断装置	湿式方式、最大切断径20mm、所要2.5min/本
自動埋込み装置	38mm樹脂モールド、所要8min/モールド
マーキング装置	炭酸ガスレーザー、最大出力20W
自動研磨装置	セット単位:6モールド/ホルダ、所要30min/ホルダ

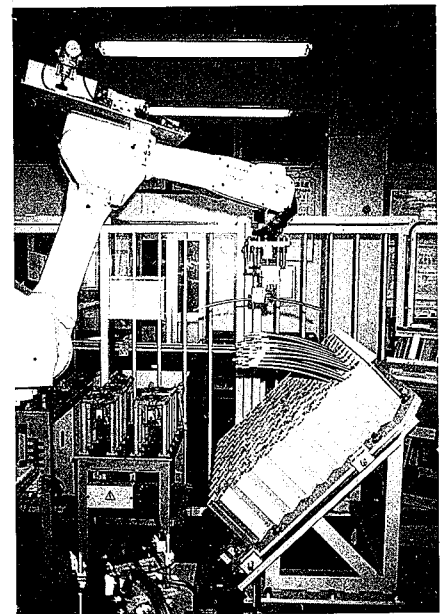


写真1 LIASのサンプル供給ストッカー

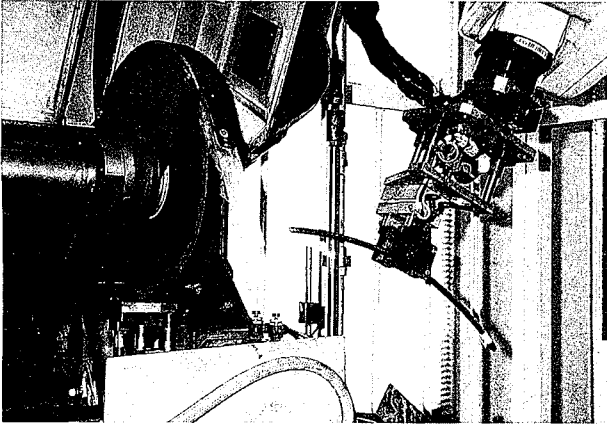


写真2 LIASのロボットハンド

し、新日本製鐵エレクトロニクス・情報通信事業部が総括エンジニアリングを行い実現したものである。なお現在、線材の引張試験及びスケール量測定的全自動化を推進中であり、更なる体質強化を図る予定である。

7. おわりに

以上、線材製造工程付帯設備の無人化技術についての事例を述べた。従来人手で行ってきた作業を機械で置換したもので、線材製造技術とエンジニアリング技術とのコンビネーションにより可能となったものである。今後も更に機械化を推進し、作業環境と労働生産性の改善を図っていく。

表7 装置全体加工能力

	LIAS	従来作業
加工能力	560本/日(40min/モールド)	300本/日(100min/モールド)
対応可能サイズ	5~16mmφ	5~16mmφ

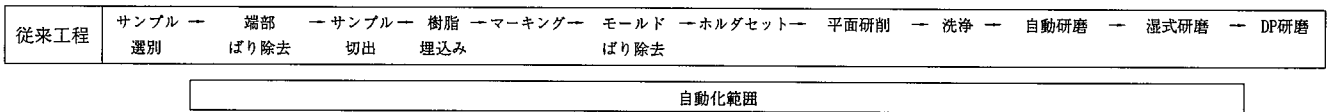


図10 従来作業工程とLIAS自動化範囲