

高橋 暁^{*2} 湯澤 秀行^{*3} 村居 直昌^{*4} 井上 良彦^{*5} 守井 隆史^{*6} 皆川 正範^{*7}

Quality Assurance System for UOE Pipe Production

Satoru Takahashi, Hideyuki Yuzawa, Naomasa Murai, Yoshihiko Inoue, Takashi Morii, Masanori Minagawa

要旨

1983年11月にUOE鋼管工場に導入された生産管理システムは、受注から製造、出荷までの全プロセスを管理するものであり、生産性の向上や品質管理に大きく貢献している。当工場においては、全域にわたり鋼管の自動トラッキングに基づく現品管理がなされている。本システムにおいては、単に機械試験や非破壊検査に合格することをもってパイプを出荷するのではなく、パイプ一品毎に各工程において所定の製造、検査仕様に適合しているか否かのチェックがなされて次の工程に進むことを基本思想として、作業指示や実績収集、合否判定などがなされる。また溶接状況監視装置や、パイプ No. 読取装置などの自動機器が数多く用いられていることも本システムの特徴である。

Synopsis:

The Production Control System adopted by the UOE Pipe Plant in November 1983 supervises all the processes ranging from order receiving to manufacture and to shipping. It has been contributing greatly to productivity and quality control. Each pipe piece is identified at any place in the plant by automatic material tracking.

The feature of this system consists in the principle that no pipe piece in processing is permitted to move from one stage to the next unless it fully meets given operating instructions and quality requirements based on all necessary data collected and product evaluation standards established for each stage. In this system, therefore, the passing of mechanical testing and nondestructive inspection is only a partial requirement for product shipping approval.

Added feature of this system is the use of many automated equipment such as welding condition monitor, and pipe number readers.

1 緒 言

UOE 鋼管は主としてパイプラインに用いられるおよその口径が 500 mmφ から 1600 mmφ の溶接管である。近年パイプラインの高圧化が進み、また過酷な自然条件のもとでパイプラインが敷設されることが多くなってきており、UOE 鋼管に対する品質保証の要求は極めて厳しいものになっている。

UOE 鋼管の生産プロセスは、サイズ替えなどのための段取時間が長く、個々の工程は自動化のむずかしいものが多い。このため他の鉄鋼製品に比べ生産性が低く、これを向上させることは大きな課題である。また UOE 鋼管はパイプラインに主として用いられるため、厳しい品質保証が要請される。この要請は近年ますます高度かつ多様になっており、これに対応できる生産体制作りが重要な課題である。これらの課題に対処するため、UOE 鋼管の設備の増強を図るとともに、生産管理システムの更新を図った。本システムの特徴は、パイプの自動トラッキングに基づいて、工場内全域をオンライン・リアルタイム化したことである。これにより UOE 鋼管の生産における操業管理機能や品質管理機能の充実に図られている。本報告では、現品のトラッキングと、溶接の品質管理を中心にシステムの基本思想や機能、特徴を紹介する。

2 基本思想

2.1 UOE 鋼管製造プロセスの課題

UOE 鋼管の製造プロセスの概要を Fig. 1 に示す¹⁻³⁾。素材は開先加工後 C プレス、U プレス、O プレスの工程を経てパイプ状に成形される。その後仮付溶接、内面溶接、外面溶接を経てパイプとなる。次に社内検査工程で不具合の有無が検査され不具合部があれば補修や除去がなされる。次に拡張、水圧テスト、超音波探傷、端面仕上げの各工程を経て出荷検査、立合検査に合格して出荷される。

本プロセスの主要な課題を以下に列記する。

- (1) パイプ一品一品を正しい製造手順に従って製造する体制を作り、不良品を作ったり出荷したりしない。
- (2) 多様なサイズや品種、および製造仕様に対して迅速に対応できるようにする。
- (3) 全工程の調和のとれた操業を維持する。
- (4) 自動化の推進により危険作業や重筋作業を除き、あわせて信頼性の向上や製造コストの低減を図る。

上記の各課題は生産性の向上、品質保証の強化の 2 点に集約される。このために、溶接機の 4 電極化など設備能力のマッチングや、O プレスなどの各種生産設備のサイズ替時間の短縮化、自動化設備の導入など一連の設備増強を行うとともに、生産管理システムの更新を図り上記要請に対応するようにした。

*1 昭和59年9月7日原稿受付

*2 千葉製鉄所設備技術部電気計装技術室主査(課長補)

*3 千葉製鉄所設備技術部電気計装技術室

*4 千葉製鉄所管理部厚板鋼管管理室主査(掛長)

*5 千葉製鉄所熱延部熱延技術室

*6 千葉製鉄所管理部検査課

*7 千葉製鉄所システム部主査(課長)

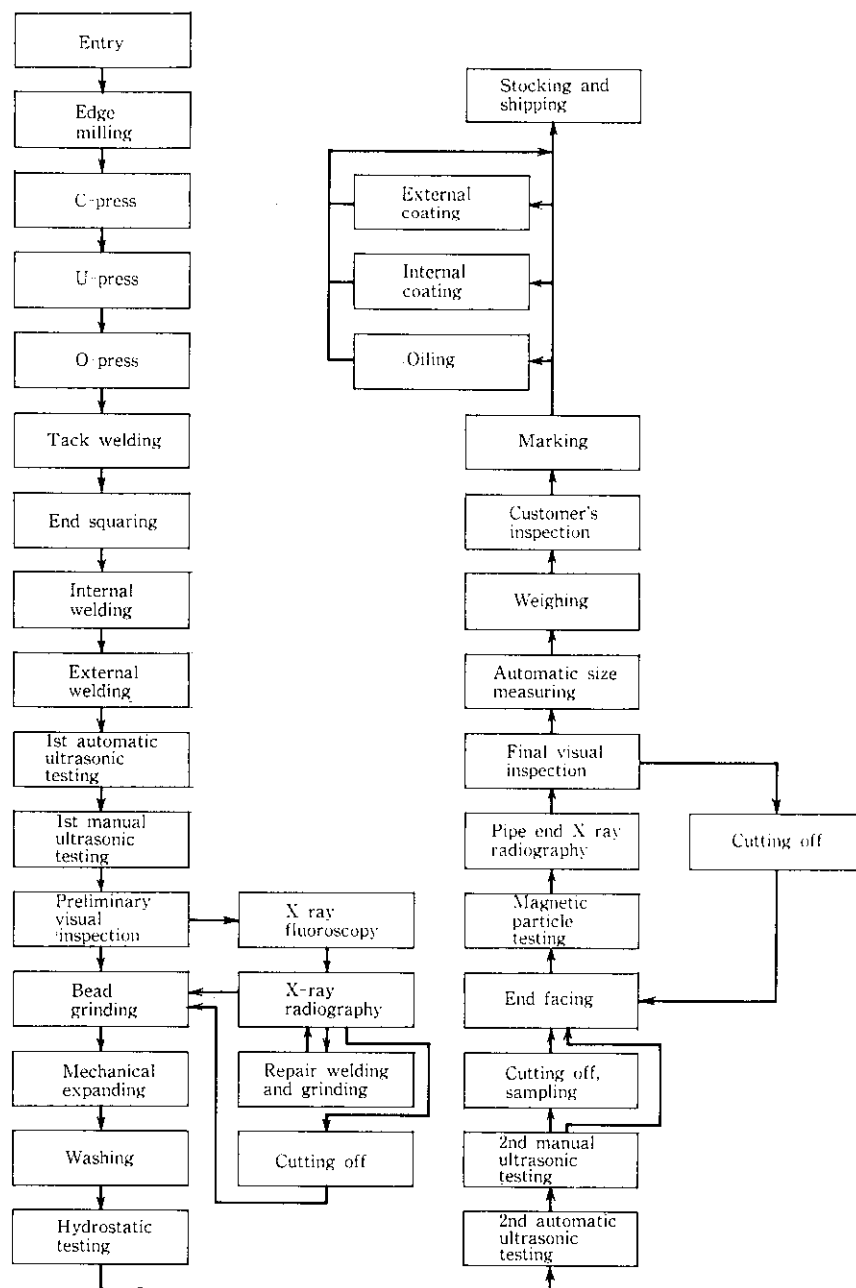


Fig. 1 UOE pipe production process diagram

2.2 システム構築の考え方⁴⁾

コンピュータの大型化、マイクロコンピュータの発達などを背景に、コンピュータによる生産管理の強化を図ることが本システムの基本的な命題である。すなわちオーダー受注、仕様設計、スケジューリング、素材手配、命令組、ヤード管理、造管、検査、実績管理、進捗管理、出荷処理など UOE 鋼管の生産管理機能の充実とオンライン化を図る。このため工場内全域においてパイプの自動トラッキングを実施し、各工程へのパイプの搬入、搬出に同期した作業指示や実績収集、合否判定を行うシステムを作る。生産性の向上という命題に対して次の各項目を行う。

(1) 工程進捗状況や設備移動状況を時々刻々把握して必要なアクションをとれるようにする。

(2) パイプの搬送と同期したタイムリーな情報処理を行い、待ち時間や確認時間などの発生を防止する。

(3) コンピュータと各種自動設備を接続させて省力化を行う。また可能な限りデータを自動的にとり込んで、コンピュータへのインプット負荷の軽減を図る。

品質管理機能の充実を図るため次の各項目を行う。

(1) 素材手配から製造、出荷まで全ての段階で現品管理を行い、各工程においては一品毎にコンピュータが作業内容を指示する。

(2) 各工程において実績データをコンピュータがチェックし、所定の製造、検査仕様に適合している場合に次の工程に進む。また実績が上記に適合しない場合は、必要な処置内容や進むべき工程をコンピュータが指示する。

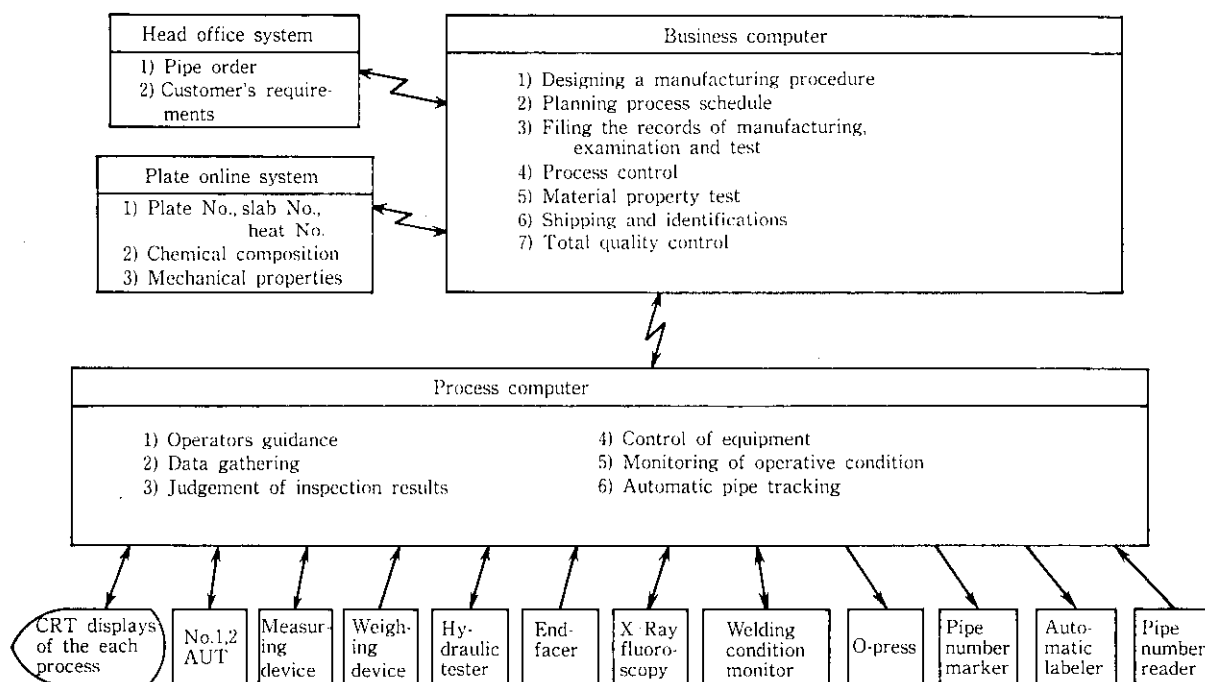


Fig. 2 System construction

- (3) 品質データや操業データを収集して、各工程に対しフィードフォワードまたはフィードバックし、また現場の操業管理者やスタッフに情報を提供する。

3 システム構成

本システムは Fig. 2 に示すように3つの階層の構成をとる。最上位のビジネスコンピュータは、管理系（バッチ）と操業系（オンライン）に分けられる。ビジネスコンピュータは大容量のデータベースと接続しており、その情報保有量は約 1800 MB である。中間の階層にあるのがプロセスコンピュータであり、パイプ自動トラッキングに基づいて、工場全域の管理を行う。このコンピュータに要求されるのは高速応答であり、2秒弱のレスポンスでリアルタイム制御を行う。最下位の階層はマイクロコンピュータ群であり、センサ信号の処理や設備の直接の制御を行っている。システム構成上の最大の特徴は、プロセスコンピュータが工場内の操業を一元的に管理する点にある。これは次の2つの理由による。すなわちプロセスコンピュータとビジネスコンピュータの混在によるハードウェアやソフトウェアの重複を防止することと、2つのコンピュータ間の頻繁なデータ授受をなくして、システムの信頼性や応答性低下を防止するためである。ビジネスコンピュータの端末は、素材ヤード、出荷ヤード、事務所、中央管制室など、物の受け払い場所や保管場所、管理者、スタッフ部門のみに設置し、工場内はプロセスコンピュータの端末のみで操業を行う。

4 現品管理システム

4.1 素材ヤード管理

本システムにおける素材ヤード管理の特徴は、まず第一に天井クレーンの制御にある。天井クレーンに対しビジネスコンピュータよ

り荷役命令が与えられる。これは荷役の開始点 (From)、終了点 (To)、吊枚数、素材の幅、長さ、厚みである。これに従って位置検出、リフティングマグネット吊ビームの長さ調整、吊枚数制御、巻き上げ制御がなされ、地上の玉掛者なしにクレーンによる素材の運搬が行われる。天井クレーンの作業実績は1作業毎にビジネスコンピュータに伝送され、地番管理が更新される。Fig. 3 に素材ヤード天井クレーンの構成を示す。素材ヤードのスペースを有効活用するために、板幅、板長さに応じたフレキシブルな地番割付制御が行われている。また素材の運搬や保管にあたって万棒を使用していないことも本システムの特徴となっている。

4.2 工場内のパイプ自動トラッキング⁵⁾

プロセスコンピュータは、工場内を約 180 のブロックに分割し、パイプの移動を把握する。パイプの移動識別には、通常3点の搬送信号が使用される。パイプの搬送に際し、転ったパイプがぶつかったり跳ね返ったりすることで、信号にチャタリングを生じたり、また非定常搬送により信号のタイミングがずれることがある。常にトラッキングの信頼性を確保するために、搬送信号のシーケンサによる一次信号処理や、コンピュータによるタイマチェック、合理性チェックとともに、パイプ No. 読取装置によるチェックや修正を行う。読取装置は工場内の搬送の要所5箇所に設置されており、通過するパイプ全数のパイプ No. を読み取ってプロセスコンピュータに結果を伝送する。トラッキングシステムの概念を Fig. 4 に示す。上流工程に設置されたシール貼付装置は、ドットプリンタによって、シール上に OCRB フォント4倍文字を印字し、このシールをパイプ内面に自動貼付する。パイプ No. はチェックコード2桁を含めて8桁でありシール上に2行印字される。No. 読取装置はパイプの中にカメラを挿入して回転動作によってシールを探索後、パイプ No. を光学的に読み取っている。誤読防止のため、読取装置は読み取った上下2行のパイプ No. に不一致がないことをチェックし、かつ読み取った No. のコードチェックを行う。このため読み

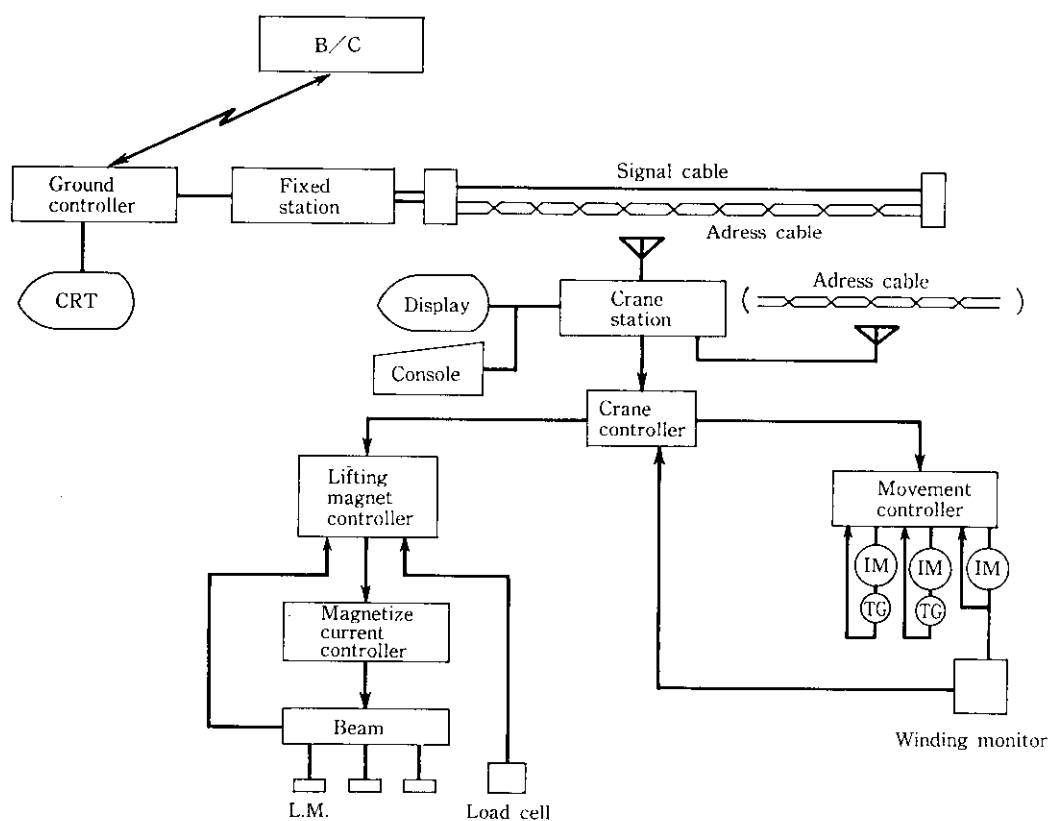


Fig. 3 System construction of material yard crane

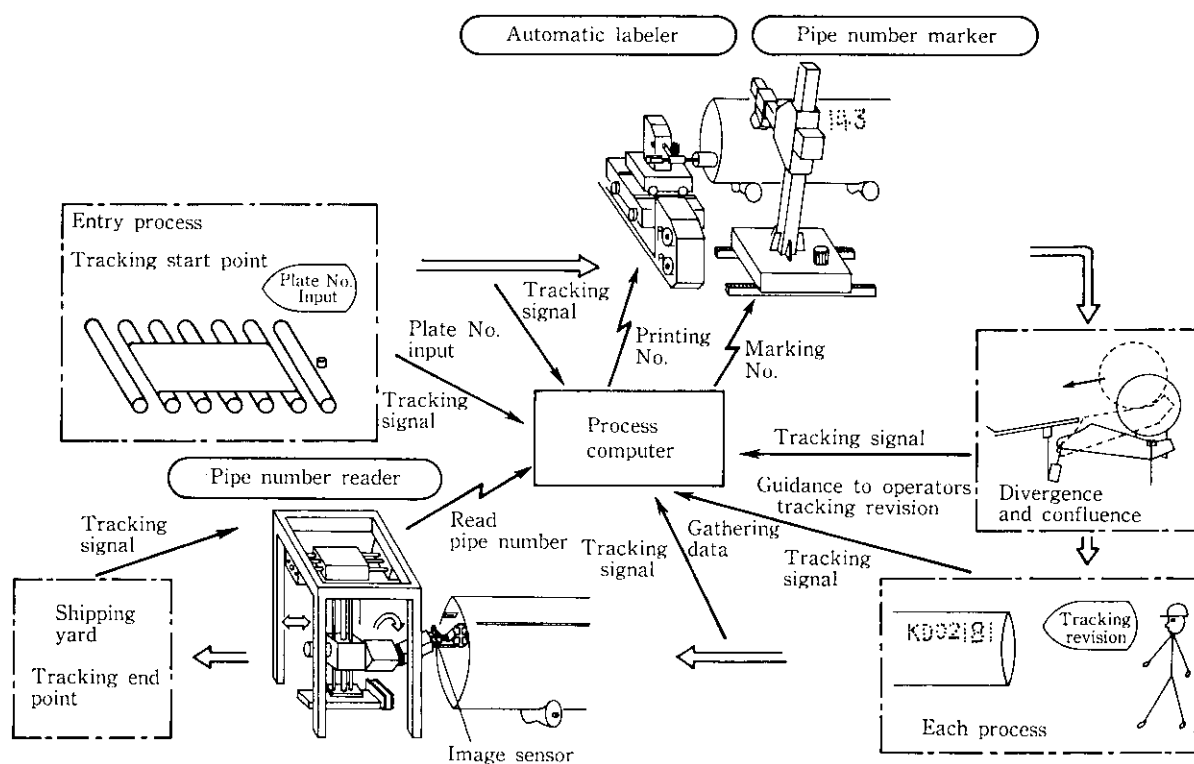


Fig. 4 Pipe tracking system

取ったパイプ No. の正読率は 99.99% 以上である。シールの破損や汚れ、未拡張パイプの曲りなどのため読取不能を生ずることがあるが、95% 以上の読取率を得ている。読取不能時はそのパイプの

No. 確認をオペレータに指示する。読取装置を設置することによりトラッキングのチェックが常時なされ、システムの信頼性の向上に大きく貢献している。Photo 1 に読取装置を示す。

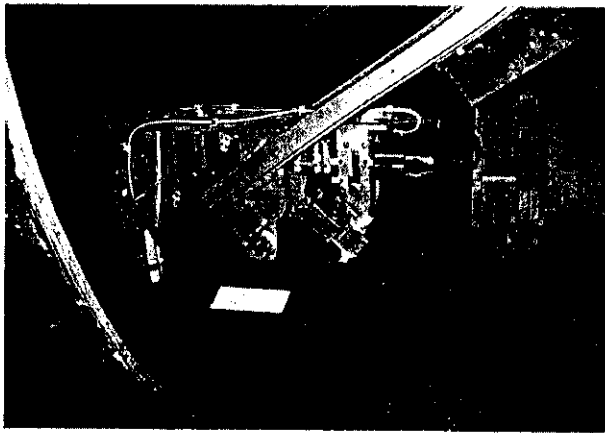


Photo 1 Pipe number reader

5 品質管理保証システム

5.1 溶接の品質管理⁶⁾

5.1.1 1品毎の作業指示

溶接作業はプロセスコンピュータの指示に基づいて行われる。各工程では製造ロット単位の溶接仕様（開先寸法形状、各電極の電流電圧、ワイヤー径、フラックス、溶接速度など）とともに成形工程や上流の溶接工程の実績が、パイプの搬入搬出に同期して1品毎に指示される。同時に溶接条件監視装置に対しても、パイプの搬入搬

出に同期して、パイプ No.、パイプ長および各電極の電流や電圧と溶接速度の目標値と許容差がプロセスコンピュータから与えられる。この溶接条件は事務所の指示により、ロット仕掛中であってもパイプの流れに同期して変更することが可能である。各溶接工程では操作者はパイプを確認して溶接機をセットする。

5.1.2 実績収集と評価

溶接中の各条件の実績値は、溶接条件監視装置によりチェックされ、パイプ1本毎に集計される。また溶接中の実績値の1秒間毎の平均値は常に許容範囲と比較され、これを外れる異常が発生した場合には直ちに操作者に警報を与え修正を促すとともに、異常の位置や異常の長さ、異常の種別および個数が集計される。この異常発生のパイプは、X線検査、超音波検査で確実にチェックされるようにプロセスコンピュータで先行が指示され、異常箇所が下流工程に伝達される。

5.1.3 品質情報の処理

溶接部のX線検査などの結果は、各溶接機毎に集計され、溶接機操作者にフィードバックされる。操作者はこの情報をもとに、溶接機の運転継続の可否や、設備の点検の要否を判断し、設備を最適な状態に維持できるようになり、不良品の大量発生を未然に防止できるようになった。また溶接の実績は中央管制室や事務所の管理者、スタッフに提供され異常発生時の迅速かつ的確な原因追究とアクションが可能となっている。この溶接実績は品質保証のためのバウチャーデータとして必要な期間保管される。

以上の溶接機の品質管理の概念を Fig. 5 に示す。なお溶接条件監視装置は仮付溶接機2基、内面溶接機4基、外面溶接機4基の操

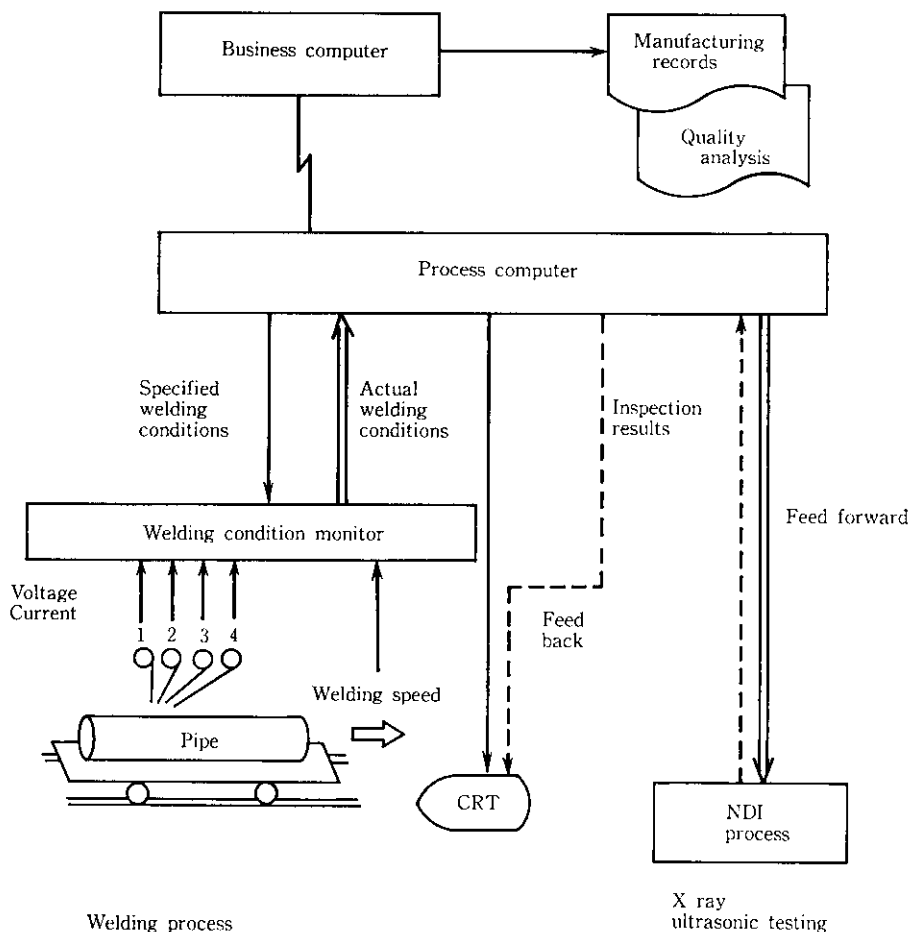


Fig. 5 Quality control for welding process

Table 1 Sensors for quality control

Process	Function of sensor
Tack welder, internal welder and external welder	Welding condition monitoring and data collecting Every electrode's voltage and current, welding speed
Automatic ultrasonic tester	Ultrasonic testing and data gathering
X-Ray fluoroscopy	X-Ray fluoroscopic testing and data gathering
Mechanical expander	Hydraulic cylinder stroke setting and miss-expanding monitoring
Hydraulic tester	Hydraulic testing and judging
End facer	Cut length and pipe length measuring
Automatic size measuring device	Length, outer and inner diameter, wall thickness, and roundness measuring
Weighing device	Weighing
External coating	Coating thickness monitoring
External coating	Pinhole testing

業状態を監視する。本装置はマイクロコンピュータで構成され各アナログ信号をそれぞれ 100 ms 周期でとり込んでいる。

5.2 品質データの自動集計

UOE 鋼管の品質管理のためのセンサを Table 1 に示す。これらのセンサの多くはマイクロコンピュータを内蔵して、パイプ一品毎に実績を集計してプロセスコンピュータに伝送する形態をとっている。これらのセンサの設置によって、人間によるマニュアルデータ入力の負荷を軽減するとともに、人間によるミスや個人差を排除し、あわせて異常発生を早期検出することができる。また収集されたデータは下流工程にフィードフォワードされ、必要な処置がほどこされる。

6 結 言

コンピュータによる一品毎の品質管理により、UOE 鋼管の品質保証要請に対応することを基本思想の一つとして、生産管理システムの更新を行った。本システムの稼動により、品質管理水準が向上し、不具合品の良品への混入や、不具合品の大量発生を未然に防止する体制が強化され、工場の操業管理の充実とあいまって UOE 鋼管生産プロセスのスムーズランニングに大きく寄与している。

参 考 文 献

- 歌橋干之, 山本幸雄: 川崎製鉄技報, 6 (1974) 4, 628-636
- 山本栄次, 大橋保威, 木瀬一孝, 松下道行: 住友金属, 30 (1978) 4, 456-463
- 杉村重幸, 松田浩男, 木村 剣, 阿部光夫, 日高徹也, 中杉 甫: 製鉄研究, 307 (1982), 2-21
- 高橋 暁, 皆川正範, 湯澤秀行, 村居直昌, 佐藤 仁, 守井隆史: 鉄と鋼, 70 (1984) 5, S 359
- 湯澤秀行, 高橋暁, 村居直昌, 守井隆史, 井上良彦: 鉄と鋼, 70 (1984) 5, S 360
- 上垣達文, 井上良彦, 美浦一彦, 高橋 暁, 村居直昌, 小西博典: 鉄と鋼, 70 (1984) 5, S 404