

FAをめざすGLアクセサリ自動焼成ライン

Automatic Enameling Line for Glassed Steel Accessories

化工機事業部 生産管理第2課
和田 博 美
Hiromi Wada

技術開発本部
広岡 隆 志
Takashi Hirooka

A factory-automation (FA) line for enameling process, which is a conveyer system for spraying, drying, firing, cooling and inspection of glassed steel accessories, has been installed in our Kobe plant.

The conveyer line and enameling processes are controlled by line controller by the use of micro-computer as a central unit.

Data available to line control and production management from line controller are reported also to the central production control system through personal computer in foreman house. The software of this automatic line has originally been developed by Shinko-Pfaunder while the standard hardware consists of products by well-known manufactures.

We intend to develop this system further to other factory line by making some modifications.

当社の主力製品のグラスライニング機器（GL機器）の部品である攪拌翼やパフルの施釉、焼成工程の合理化を求め、アクセサリ自動焼成ラインが、1985年4月30日、当社神戸工場にて完成した。

このラインは、各工程をコンピュータで制御するとともに、その生産管理情報をさらに上位のコンピュータにて処理するシステムとなっている。当社にとって初めての試みであるが、工場のFA化をめざしてすべて自社技術により開発したもので、今後も他のラインへ積極的に展開していく計画である。このラインの構造と制御システムについて説明する。

まえがき

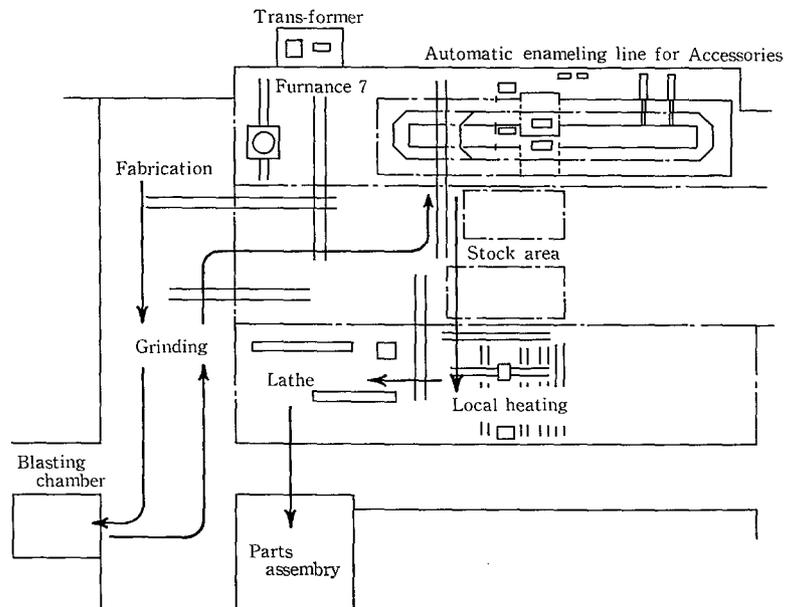
GL機器のユーザーのニーズは近年、大きく変化している。ファインケミカルへの転換にみられるような化学工業界の産業構造の変化が急速に進んで、GL機器への要求も多様化し高度化している。

このようなユーザーニーズにこたえるため、ニューグラスが新たに発売されるなど新しい製品が次々に出て、製品のライフが短くなっている。安易に製品を仕込んでおくとデッドストックになるおそれがある。

また、多様化の時代になると、商品化までの期間が短くなって新しいプラントの投資が決まると短期間のうちに稼働させることが要求されるため、短納期の傾向が強くなっている。

このような製造サイドへの厳しい要求に応じるため、フレキシブルな生産体制を敷くとともに、工程間の仕掛りをできるだけ少なくして短期間に物を作るストックレス生産システムの導入が必要となってきた。

当社はこれまで、大型焼成炉によるまとめ焼成（マルチプルファイヤ）を採用してきたが、工期の短縮がはかれる生産システムへの転換が必要となった。タイムリな供給が生命のGLアクセサリにとってこれが最重要課題であっ



第1図 アクセサリラインのレイアウト
Fig. 1 Layout of Accessories Line

た。現在、神戸工場では全生産ラインを再編成している。細分化され分散されていたアクセサリの製造工程は第1図のとおり統合されモジュール化されてシンプルでフレキシブルなラインへと改善された。このラインで中核をなすのがこれから紹介するGLアクセサリ自動焼成ラインである。

ホウロウのバスタブなどの生産ラインでは、これまで、コンベアによる流れ生産システムが採用されているが、我々が生産している高品位のグラスチール製品の生産ライン、とくに焼成ラインではこのようなシステムは世界的にみても採用されておらず、まったくの新しい試みとなった。もちろん、ファウドラグループでは初めての挑戦である。

GLアクセサリの施釉焼成工程は受注生産のため、一つ一つの形状が異なるだけでなく、釉薬の種類、施釉方法、焼成プロセスなどがすべて異なるため、これまでラインを編成することは困難とされてきた。ところが、最近の優れたメカトロ技術により、フレキシブルな生産システムが作り易くなったので、社内のメカトロ技術により今回のFA（ファクトリ・オートメイション）ラインを完成させたのである。

コンベアで結ばれた各工程をコンピュータにて自動制御するだけでなく、生産状況も把握できるよう、上位のIBM8100生産管理システムとの結合もはかった。

このラインの完成により、一カ月近くかかっていた施釉焼成工程が、約10分の1の2～3日に短縮されるとともに、複雑な炉前作業の無人化をはかって、ラインのワンマンコ

ントロールを実現するなどの大きな成果が得られた。

このラインの開発から建設に至るまで、すべて自社で行ったため、技術が蓄積され、今後の工場のFA化にこの経験が生かされることが期待されている。

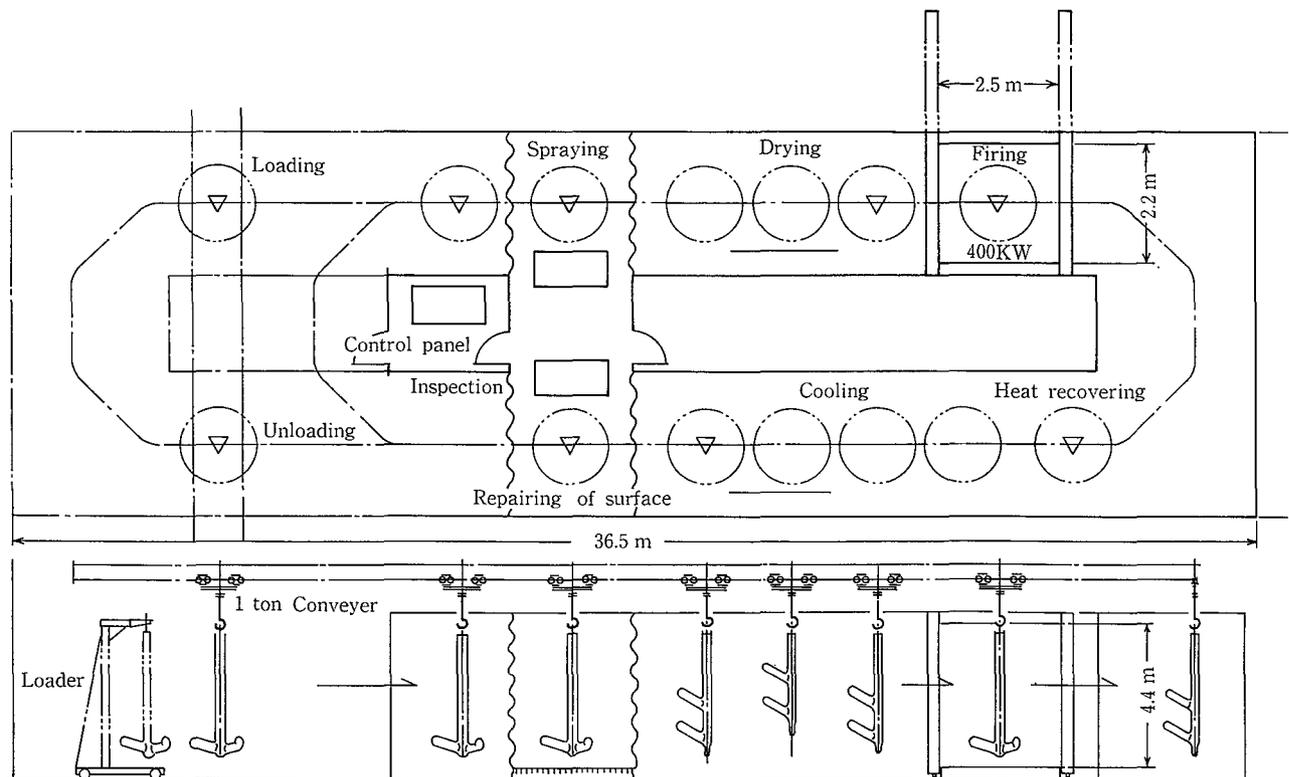
1. ラインの概要

このGLアクセサリ製造工程は、製缶、溶接といった生地を製作する工程と、これにガラスをライニングする工程それに機械加工する工程とに大別される。今回の合理化工事では、散在していた各工程をGLアクセサリ自動焼成ラインの中核として第1図のように統合した。

GLアクセサリ自動焼成ラインは、第2図に示すように、施釉、乾燥、焼成、冷却、ガラス面検査、手入れの各工程から構成される。これらの工程を数回繰り返すことで下引釉から上引釉まで焼成されていくため、コンベアラインはループしている。高品位のガラスライニングは製造工程で起る微小な欠陥ものがさず、丹念に仕上げていくため、バイパスを設けて、万一の場合もラインを止めずに作業を続けられるようにしている。このバイパスはワークのセトリセットにも利用される。設備仕様は次のとおりである。

〔設備仕様〕

- 1) ライン構成：積込、施釉待、施釉、乾燥、焼成、窯回収、冷却、ガラス面検査、ガラス面手入れ、積出
- 2) コンベア：チェーンコンベア、最大吊下荷重1 TON、キャリア数12セット、キャリア間隔2.5 m、バイパスルート、



第2図 アクセサリ自動焼成ライン
Fig. 2 Automatic Enameling Line for Glassed Steel Accessories

チェーン長101.65m,
チェーンスピード6.6m/min

-) ワークサイズ：径2.0m×長3.8m
-) 焼成炉：400 kW電熱炉，間口2.2m×高4.4m，セラミックファイバーライニング，サイリスタ制御，PID制御
-) 制御：タッチパネルによる対話式入力，コンピュータによるライントラッキング，ヒートパターン自動設定，加工データの回収，警報設定
-) 生産管理システム：加工データの記録，進捗管理，IBM8100生産管理システムとの結合（オフライン），能率管理（PACシステム）
-) 施釉室：集塵装置，作業用リフタ
-) 検査室：作業用リフタ
-) 移載装置：電動走行 1 TON

このラインの特長は，ワンマンコントロールを容易にするため，様々な工夫がなされていることである。その一つはカラーグラフィックターミナルとタッチパネルによる対話式データ入力の採用である。ワークのデータやヒートパターンの入力はカラーの画像に触れるだけで，簡単に手早く行える。

作業者が施釉や検査エリアで定点作業が行えるようコンベアの制御，焼成炉の温度制御をすべてコンピュータで自動制御している。

またワークの位置をトラッキングさせて，画面でライン全体を把握できるようにした。

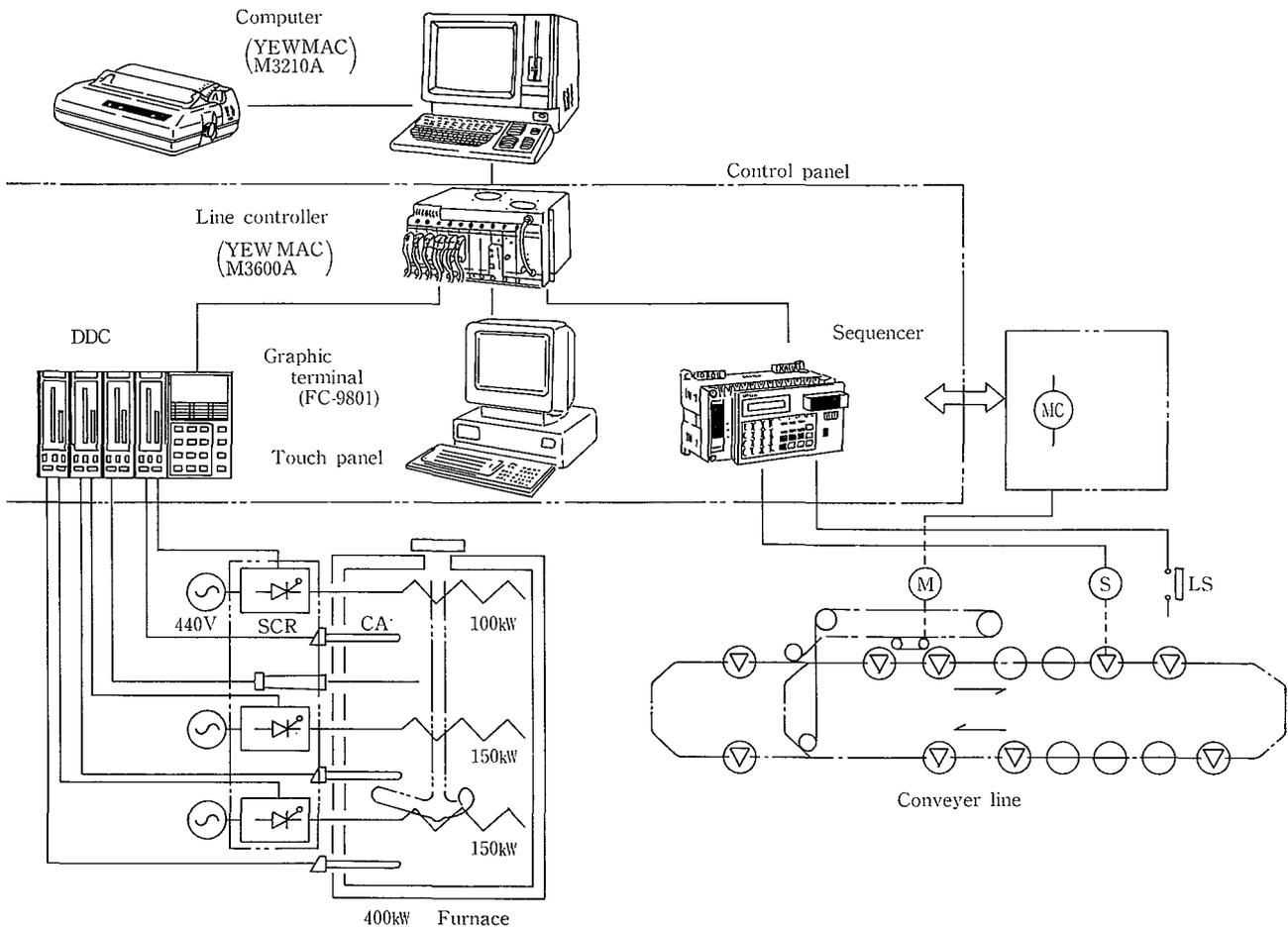
各々のワークの加工履歴も表示して，加工手順の間違いのないようにした。さらに，ワークの旋回装置，作業用リフター，移載装置といった付帯設備も充実して，施釉，検査といった基本機能の作業に専念できるようにした。これらの作業が，タクトタイム内に納まるようにした。

これだけの自動ラインとなると，万一のトラブルが予想されるため，発生する異常について画面で表示するとともに重大なものには，音声で作業者に知らせるなど安全には特別な配慮がなされている。

2. 制御システム

2.1 制御システム概要

このラインの考えは先に述べたとおりワンマンコントロールである，このため自動化できるものはすべて自動化した。積込，積出，施釉，検査の四カ所は必ず作業者の操作が必要だが，これらを除く他のすべての工程は自動送りとした。乾燥時間，ヒートパターン，熱回収時間，冷却時間などの諸条件は事前に研究された最適な条件に設定されている。ヒートパターンだけは様々なパターンがあるので，



第3図 アクセサリーラインコントロールシステム
Fig. 3 Accessory Line Control System

標準化してパラメータの設定だけで簡単に設定できるようにした。

ラインの状態を把握できるようにラインをトラッキングしている。このデータをもとに、加工データの回収を行い加工履歴、工程の進捗、PACシステムのパフォーマンス管理、原価管理などをコンピュータ処理している。制御システムの概要は第3図に示す。

2. 2 制御システムのハードウェア構成

第4図にハードウェア構成図を示す。ラインとの直接のI/Oインターフェイスとしては、シーケンス制御を行うPC（プログラマブルコントローラ）、温度調節動作を行うDDC（ダイレクト・デジタル・コントローラ）の制御機器である。マンマシンインターフェイスとしては、GT（グラフィック・ターミナル）のCRT（カソードレイチューブ）およびその前面に取り付けたATP（アナログタッチパネル）である。

これらの機器と通信をしながらラインの監視、温度コントロールおよび運転情報の管理を行っているのが、ラインコントローラである。ここまでの機器は全て、ひとつの制御パネルに収納され、ラインの運転操作作用に現場に設置されている。

一方、ラインコントローラとMLバス（横河北辰電機専用バス）で結ばれたラインコンピュータは職場長ハウスに設置され遠隔にてラインの監視および情報の管理をすることができる。ラインコンピュータはFA用マイコンとして販売されているYEWMAC 200B（横河北辰製）を使用している。このマイコンはマルチタスクOSを搭載し、最大4タスクを並列処理できる。

ラインコントローラはYEWMACM 3600 A-M（横河北辰製）を使用し、増設ヤードとしてRS2ヤード（4chRS 232Cポートを増設できる）を1枚実装している。4chの

うち、CH No.1はPCとCH No.2はDDCとCH No.3はGTとの通信ポートとして用いている。各ポートの通信条件（ボーレート、キャラクタ長、パリティ、ストップビット、ターミネータ、タイマ等25ヶの条件）はすべてソフトウェアで設定できる。また、通信ケーブルとしては、専用ヌル、モデム、ケーブル（M36921K）を用いたが、PCとの接続において受信時の条件（CDがON）を満足させるためコネクタ内でケーブル接続を変更した。

一方、GTのハードウェア構成を第5図に示す。

2. 3 PCの機能

PCはラインのデジタルI/Oとインターフェースされ、ラインの個々の動作をコントロールする。入力は押ボタン、リミットスイッチの他、外部機器からの異常信号などで128点、出力はランプ、電磁弁、リレーなどで128点である。

キャリアが移動したことをリミットスイッチで検知し、PCはどこにキャリアがあるかを判別、管理し、自動化のコントロールを行う。このPCのみでラインの手動運転が可能となっている。

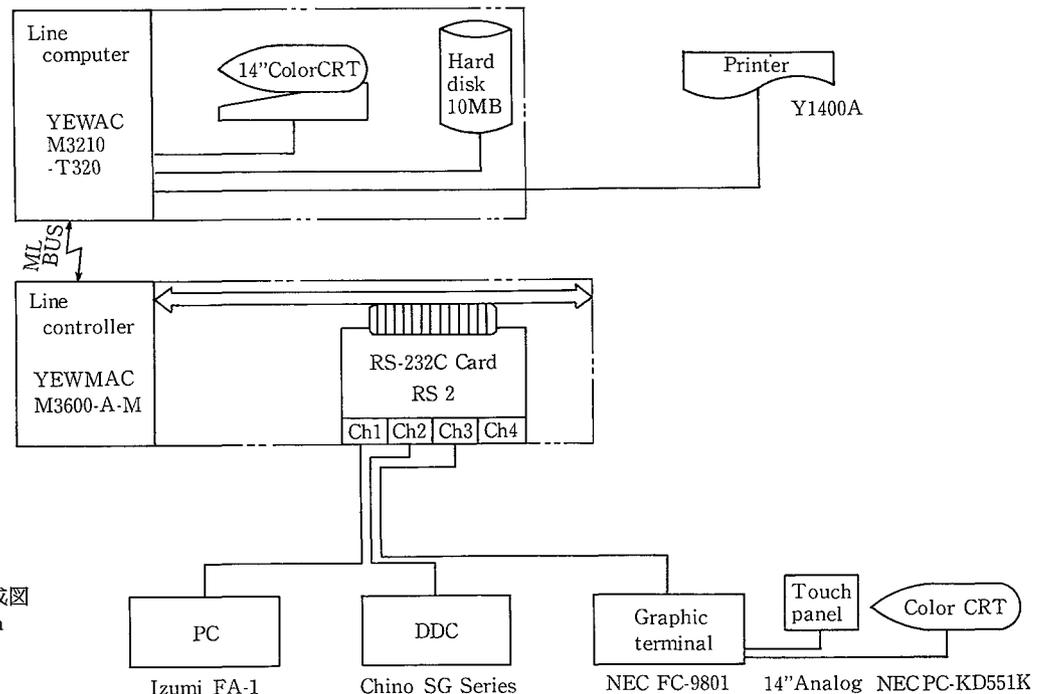
2. 4 DDCの機能

DDCは分散型（1ループ1CPU）デジタルPIDコントローラを4ループ使用しており、電気炉の温度制御に3ループ使用、1ループは予備である。電気炉は炉底部、側壁部、天井部の3ゾーンにヒータ結線が分かれており、3台のDDCで各ゾーンの独立コントロールが可能である。各DDCの操作出力は4~20mA出力で電気炉制御盤へ入力されている。

DDCについても、切換スイッチによりローカルにて手動運転が可能となっている。

2. 5 GTの機能

GTは一般に市販されているグラフィックターミナルを



第4図 ハードウェア構成図
Fig. 4 Hardware System Configuration

はず、FA用パソコンを用いてインテリジェント化を
した。さらに、アナログタッチパネルをCRT前面に取
り付け、粉塵対策およびマンマシンシステムとしての操作性
を高めた。

第5図にGTのハードウェア構成を示す。本体は16ビッ
トFA用パソコンFC-9801(NEC)を用い、内部OS
-部を改造したオートスタートROM(コンテック)を
取り付け、N88-BASICプログラムがパワーオンリセットで立
ち上がるようにプログラムをROM化している。またライ
ンコントローラとの通信に本体内蔵のRS-232Cポートを
用いたほか、アナログタッチパネルとの通信用として、
FC-9861(NEC)のRS-232C増設ボードを用い、第
5図に接続した。アナログタッチパネルは透明導電性フレ
キシブルフィルムを2枚合わせ、指でタッチされた部分が導通し、そ
の電圧をとり出す抵抗膜式電圧分割方式にて画面上のX-
座標が検出されるようになっている。このタッチパネル
により、作業者は画面に表示された数字キー、図形、ファ
クションキーを指でタッチするだけでコンピュータに入
力でき、マンマシンシステムの操作性向上がはかれた。
GTのマンマシンシステムとしての機能は次の5点であ

オーダー番号入力

新しく積込まれたワークのオーダー番号、品名をタッチパ
ネルから入力し、ラインコントローラへ送信する。

焼成温度設定

生産したワークの焼成温度および時間をタッチパネルか
ら入力し、ラインコントローラへ送信する。

温度監視

電気炉内各ゾーンの温度データを、トレンドグラフに表
し、作業者にワークの焼成過程を知らせる。また、必要
に応じて設定条件の変更ができる。

警 報

DDC、PCの異常、ライン状態の異常、ファン、チェン

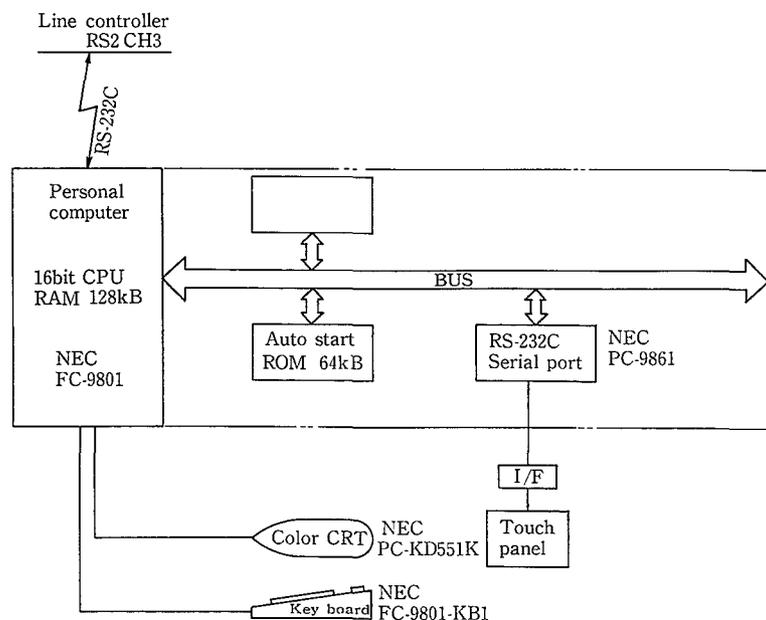
駆動モータの過負荷、電気炉制御盤の異常、通信状態の異
常を警報として知らせ、状態、内容、発生時刻等を表示す
る。

尚、アナログタッチパネルの入力はGTに直接入力され
GT内でコマンド処理されるため、ラインコントローラへ
の負荷はまったくない。

2.6 ラインコントローラの機能

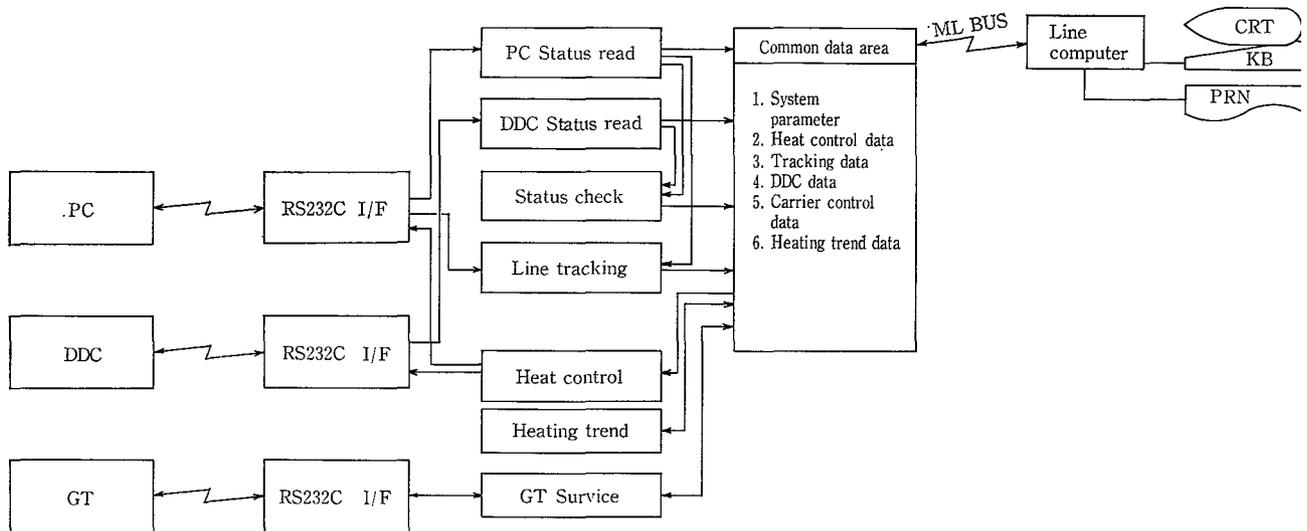
第6図にラインコントローラのソフトウェア機能を示
す。機能としては次の8つに分けられる。

- 1) PCステータスリード
シーケンサのステータスを読む。
- 2) DDCステータスリード
DDCのPV, SV, MV, ΔSVおよびステータスを読
む。
- 3) 通信ステータス
通信ステータスを調べる。
- 4) ステータスチェック
全ステータス情報をチェックし、アラーム情報を出す。
- 5) ライントラッキング
ラインのキャリアをトラッキングする。
- 6) 温度コントロール
電気炉の焼成温度条件をコントロールする。
- 7) 温度トレンド
焼成温度のトレンドを記憶する。
- 8) GT サービス
グラフィックターミナルの各種コマンド処理を行う。
ラインコントローラのOS(オペレーティングシステム)
はシングルタスクであるので、上記機能はシーケンシャル
に処理される。
ステータスチェックでアラームを処理し出力する。アラ
ームはプログラム内でマスク可能である。また、アトリビ
ュートとして発生中は赤色、消滅は緑色、未確認は点滅を
コードとして設けている。



5 図 グラフィックターミナルハードウ
ェア構成図

図. 5 Hardware Configuration of Graphic
Terminal



第 6 図 ラインコントローラのソフトウェア
Fig. 6 Software system of line controller

ライントラッキングは各工程におけるキャリア番号をセンサーの情報に基づき追跡する。例えば施釉工程からキャリアが消えるとそのキャリア番号を移動中として記憶し、次の乾燥工程にキャリアが現われた時、キャリア番号を乾燥工程に移すという処理を行う。この際、各工程間の移動時刻、焼成回数の管理、乾燥、熱回収、冷却の各タイマ管理、積出し押ボタン入力によるワークの管理等を行う。

温度コントロールは、ワークの焼成温度条件の制御（プログラム制御）を行い、この焼成温度条件は、3つのヒートパターンがある。ヒートパターンの制御はDDCに対するSVおよび ΔSV の設定にプログラム制御を行う。

温度トレンドは温度コントロール中の焼成温度をトレンドする。データはDDCより送信される天井、側壁、炉底の各ゾーンのPV値を各ヒートパターンに合わせたサンプリングタイムでロギングする。

2.7 ラインコンピュータの機能

YEWMACのラインコンピュータはマルチタスクOSを搭載しており最大4タスクのBASICプログラムが実行できる。各タスクエリアはT1～T4と区別され、本システムでは次の3タスクを実行している。

- 1) マンマシンタスク (T1)
- 2) ディスクI/Oタスク (T2)
- 3) プリントタスク (T3)

尚、T4エリアは、デバッグ用に空けている。

マンマシンタスクの機能を次に示す。

- 1) オーダ番号入力：積込位置でのワークのオーダ番号品名を入力する。
- 2) 焼成温度設定：施釉したワークの焼成温度条件を入力する。
- 3) ライン監視：ラインのキャリア位置およびワークのオーダ番号、品名を表示する。
- 4) オーダ履歴表示：各キャリアに搭載されたワークの焼成条件等の履歴を表示する。
- 5) 警報表示：警報情報としてステータス、内容発

生時刻等を表示する。

- 6) 保守：キャリアの登録、削除、位置修正（トラッキングエラー発生時）、オーダー番号訂正、タイマ値変更等の保守作業を行う。

これらの各機能は、ラインコンピュータのキーボードから対話式に操作できる。

ディスクI/Oタスクは、トラッキングデータ、キャリアに搭載されたワークのデータ（オーダー番号、品名、時刻、焼成条件等）のディスク読み出し、書き込みを行う。パワーオン時に、データを各変数へロードし、データの変化の度にディスクへセーブする。

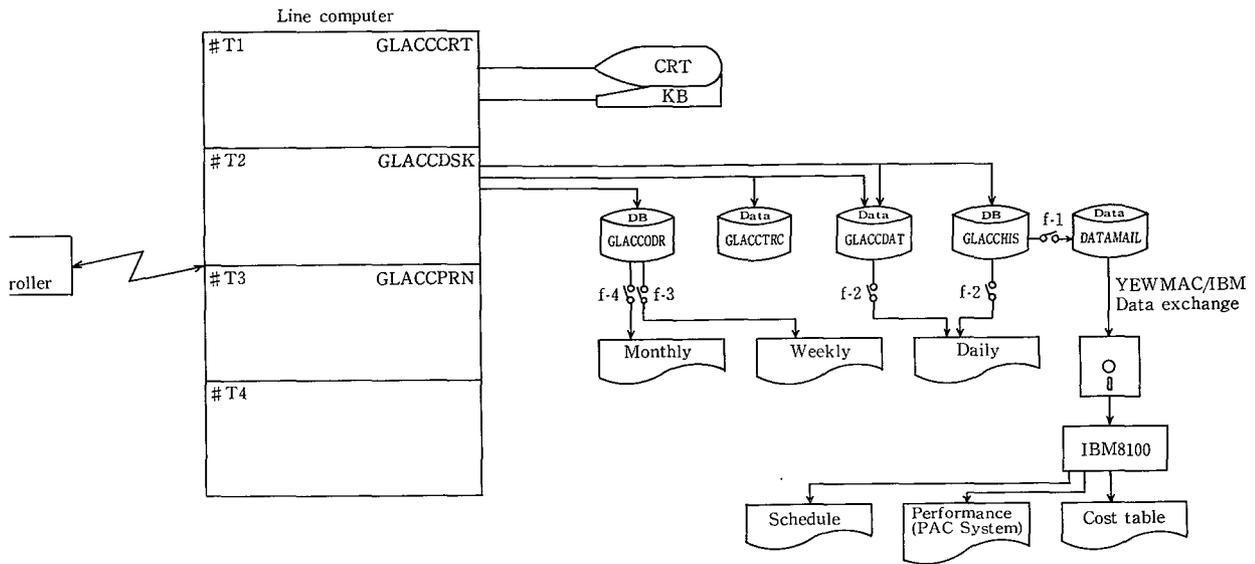
また、プリントタスクはアラーム発生、消滅時にプリンタにその内容、日時等の出力を行う。

3. 生産管理システム

ラインのコントロールデータは生産管理の貴重な元データでもあるため第7図に示すようにラインコントローラのコントロールデータを職場長ハウスに設置のラインコンピュータでデータ処理して、日報、週報、月報を発行する。これらのレポートは先に説明のオーダ履歴とともに、現場での工程管理、品質管理、作業パフォーマンス（能率）管理に利用される。またこのデータを事務所のコンピュータ（IBM8100システム）へフロッピーディスクによりオフラインで渡して、当社のIBM8100生産管理システムとの結合をはかった。データは個別原価管理のデータとして処理される。

むすび

当社はこれまで、データメール（神鋼電機製）を使ってオンラインでデータ回収し、IBM8100生産管理システムで種々の管理を行っている。今回のシステムはまだオフラインではあるが、ラインの制御と生産管理とが結ばれた、初めての試みながら、コンベアの組立、焼成炉の製作などをすべて社内で行い、またソフトも社内開発したことから、随所に不慣れからくる初歩的なトラブルが立上り時



7 図 生産管理システム
 7 Production Control System

た。しかしながら、これらのトラブルを解決すること
 り、技術の蓄積がはかれた。この経験を生かして、他
 インのFA化を推進していきたい。
 のラインもこれですべて完成というのではなく、前工
 サンド、検品といった工程もコンベアにしてラインへ
 込むなど、前後工程へこのシステムを拡張し、また、
 工程には、塗装ロボットを導入による本当の意味のF
 インとして完成させていく計画である。このラインに
 品質上の改善が期待されている。さらに生産体制を整

備し、納期の短縮をはかりユーザーの要求に応じていき
 たい。

〔参考文献〕

1. 多品種少量生産の流れ作業, 並木他著, 日刊工業新聞1960.2
2. GTによる生産管理システム, 人見他著, 日刊工業新聞1981.8
3. M3210Aラインコンピュータマニュアル, 横河北辰, 1985.2
4. M3600ラインコントローラマニュアル, 横河北辰, 1984.11
5. FC-9801ユーザーズマニュアル, NEC