

ワイヤスプリングリレーの自動生産設備

Automatic Production Line for the Wire Spring Relay

長 井 坦* 柴 田 昌 典*
Hiroshi Nagai Masasuke Shibata
清 水 誠 一* 松 浦 昭 武*
Seiichi Shimizu Akitake Matsuura

内 容 梗 概

ワイヤスプリングリレーはクロスバ自動交換機に使用する最重要機器として開発され、そのすぐれた性能とともに汎用リレーとして、各種電子装置、制御装置などに広く使用されるに至った。

日立製作所においては、クロスバ自動電話交換方式のわが国導入に伴い、昭和29年以来、ワイヤスプリングリレーの国産化に鋭意努力してきた。すなわち本リレーの実用化には、新しい多くの高度な技術的問題の解決と、量産時の性能保証範囲のは握とを必要とするが、これらについては基礎技術の検討確立をはかり、また日本電信電話公社のご指導により組織的な工場実験をくり返して、すぐれた特性をもつ製品を量産化することに成功した。

本リレーは性能向上をねらうとともに、自動生産による原価低減を意図した構造になっており、日立製作所においては、この特長に着目して一貫した自動生産方式を計画し、リレー自体の開発と同時に独自の方式による設備を開発した。これらは通信機工業としては画期的なトランスファーマシンによる加工方式によるもので、この方式により生産性を向上するとともに部品精度を確保するなど主要部品の自動生産化に成功し、絶えざる改良によって設備の安定化、高速化を進め、量産体勢を確立することができた。

本文はこれらのうち、特にワイヤの線引、矯正にはじまって、ワイヤアセンブリに至るまでの一連のラインについて概要を述べている。

1. 緒 言

新しい自動電話交換方式として、すでに実用の域にはいったクロスバ交換機には、きわめて多数のワイヤスプリングリレーが使用され、共通制御部を構成している。このリレーがクロスバ交換機における最重要機器として、日立製作所において実用化に鋭意努力してきたことは、すでにしばしば報告されているとおりである⁽¹⁻³⁾。共通制御機能を遂行するために長寿命、速動、接点動作確実、低消費電力など高度のリレー性能が要求されるが、従来の電話交換用リレーが、接点スプリングとしてスプリング用洋白板を打抜いたものを使用しているのに対し、ワイヤスプリングリレーは細い洋白線の先端に接点をもつ構造を採用して高性能をうる一方、低い原価で生産するため、自動生産設備による量産体形に適するよう考慮されており、自動生産方式のために、製品の根底から構造および自動生産手段を考える最も典型的な例を示している⁽⁴⁾。

日立製作所においては、ワイヤスプリングリレー試作当初からこれらの量産性を意識し、一貫して自動生産方式による量産方針をとり、実用化開発と併行して、昭和30年ころより独自の方式によって、鋭意、自動生産設備の開発に努力してきた。自動生産を具現化するための各種基礎技術の研究、方式の検討、設備の設計製作、設備の有効稼働など強力な推進を行ない、相つづ改良によって安定稼働、高速化、能率化を計り、自動生産設備につきまとう調整、保守、事故などによる稼働率低下が極減するよう、無調整化、ゲージ化、計測化などを新規な着想により大幅に採用した。さらに事故をなくすため各所にインターロックを完備し、高い稼働率を維持し、需要の激増に応じよう、飛躍的な量産体勢を確立するに至った。本文はこれら自動生産設備のうち特にワイヤの線引、矯正にはじまってワイヤアセンブリ完成まで、一連の自動生産設備について概要を報告する。なお先般ワイヤスプリングリレーの開発量産との実績によって、第7回大河内記念生産賞を受賞した。

* 日立製作所戸塚工場

2. ワイヤスプリングリレー自動生産方式採用 において考慮した事項

ほかの工業、たとえば自動車工業における金属切削を主体とした中形部品のトランスファーマシンによる加工例は豊富であるが、ワイヤスプリングリレー主要部品のように、細密で高精度のワイヤのプレス加工、特殊な熔接法による接点熔接などを主要工程とする例は少ないため、慎重な計画の下に具現化を推進した。

2.1 自動生産の必要性および目的

クロスバ交換機には数種の主要機器がきわめて多数使用されているので、交換機全体の原価を下げるためには、まず主要機器の経済的な生産を行なわねばならない。このため最重要機器であるワイヤスプリングリレーは、リレー性能の向上とともに、自動生産による原価低減をねらった構造になっていることは前述のとおりである。これを手作業による生産方法で行なった場合には、非能率、品質保持困難などが予想される。したがって均一な作業条件を一定に保持しうる自動生産工程で生産した場合は、製品特性の安定化と著しい生産性の向上が可能である。

2.2 計画実施上の問題点

従来行なわれている自動生産は、理論的にも実際的にもほとんど解明しつくされた切削技術に基盤を置いているため、比較的容易に実現しうるが、ワイヤスプリングリレーの製造は、ワイヤの線引、矯正、静電蓄勢式および衝撃熔接を使用する接点熔接、ワイヤのプレス加工、トランスファーマーモルディングなど新しい技術を駆使せねばならぬため、これら基礎技術の理論、実際両面の十分な解明を必要とした。さらに、品質を一定に維持するためにワイヤやモールド用レジンの材料特性の本質的な検討を行ない、均一な水準に管理する必要がある。

自動生産設備を計画設計するにあたって、形状の複雑さ、細密さに基づくワーク移送の確実性の問題を解決し、ライン全体の安定化、高速化のため、自動生産設備に宿命的につきまとう段取り、調整な

どをほとんど皆無にする方式、あるいは機構の開発を行なうよう絶えざる改良を必要とした。また多種コードの部品生産を必要とするが、ライン中の数値制御装置、あるいはコード設定機構によりまったく無停止で迅速な変更が要求された。

3. 基礎技術の開発および検討

3.1 ワイヤの線引、矯正

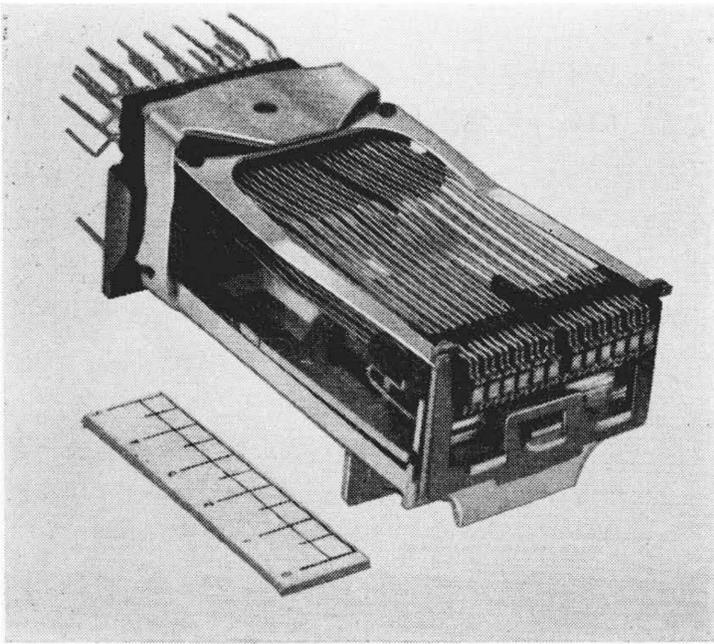
ワイヤスプリングリレーは第 1 図に示すように、可動ワイヤと称する直径 0.55 mm の洋白線 24 本をモールド部に埋込んだ可動ワイヤモールドと、静止ワイヤと呼ぶ直径 1 mm の洋白線を 12 本有する静止ワイヤモールドなどから成る。これらの構造および接点部分拡大は第 2 図に示すとおりで、リレーの性能要求上、接点間げき、接点圧力、接点整合など組立時無調整とするため、各部分の高い寸法精度および特にワイヤについては材質的な均一性が必要である。これらを取まとめて列記すると次のとおりである。

(1) 無調整化に必要な特性

- (イ) ヤ ン グ 率
- (ロ) 加 工 性 (真円度, 伸び, 残留応力)
- (ハ) 真 直 性
- (ニ) 線 径 の 均 一 性

(2) 長 寿 命 化

- (イ) バ ネ 限 界 値
- (ロ) ク リ ー プ 特 性



第 1 図 ワイヤスプリングリレー

(ハ) 疲 勞 特 性

(ニ) 線 の 表 面 き ず

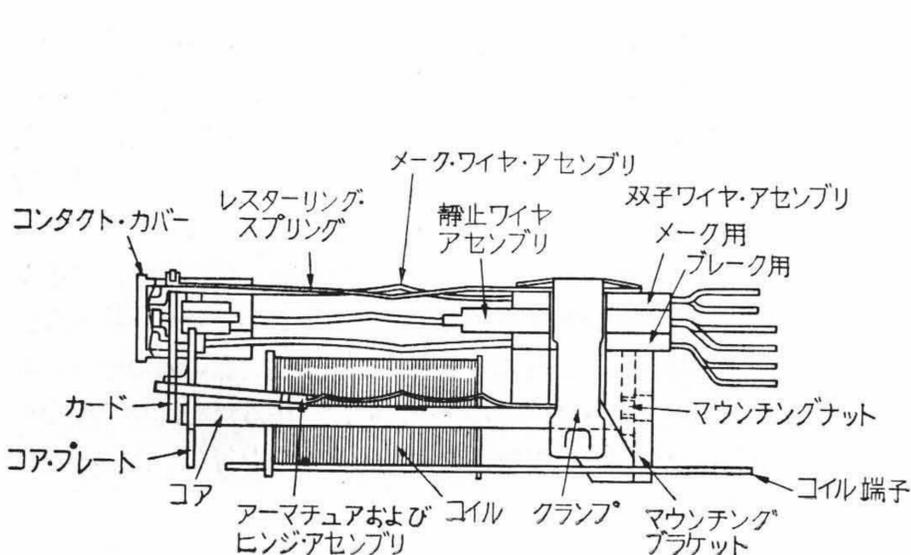
これらの要求を満足しうる伸線法としては、逆張力伸線法、および回転ブレードによる矯正法を採用し、これらの検討結果についてはすでに報告したとおりである⁽⁶⁾。ワイヤの矯正技術は重点的に開発研究を行なったものの一つで、ブレードの形状、回転数、送り速度に対する各種の特性を検討した。

3.2 ワイヤモールドのトランスファーモールドニング

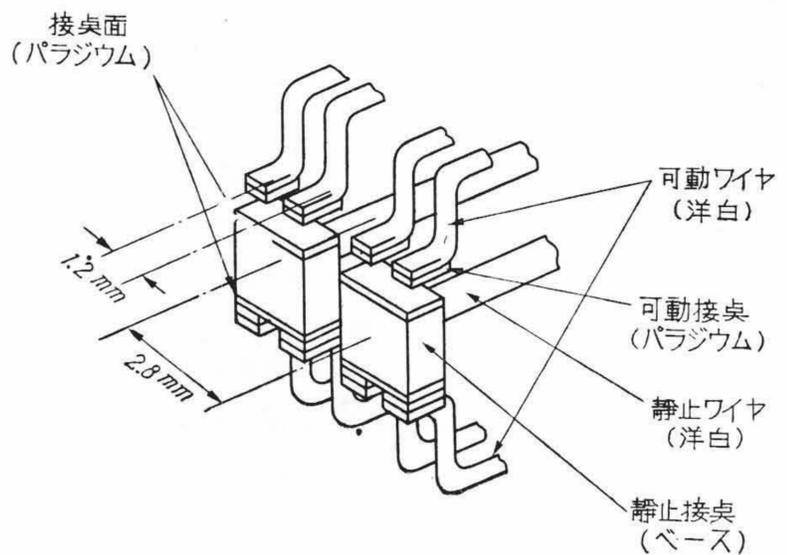
従来の電話交換用リレーが板ばねを積層ねじ締めしてバネアセンブリとしているのに対し、板ばねの代りにワイヤをモールド部に埋込み、ねじを使用せず、自動生産に適した構造になっていることは前述のとおりである。ワイヤをモールドで埋込む場合、埋込まれた 24 本のワイヤの先端におけるばらつきの少ないことが必要なので、ワイヤに対するモールド圧力が少なく、ばらつきを少なくしうるトランスファーモールド法を採用した。原料であるフェノールレジンは圧粉成形してタブレットとし、高周波加熱後型注入を行ない、焼成時間を短くしている。種々の解析を行ない、特にレジン自身の注入時流動度、高周波加熱における誘電体損、成形後の絶縁抵抗などを対象とし、材料の開発および処理法の検討を行なった。

3.3 接 点 の 熔 接

一般に電磁リレーでは接点動作の信頼性が最も重要視されるが、特にクロスバ交換機共通制御部に使用されるワイヤスプリングリレーでは接点開閉ひん度がきわめて大で、長寿命が要求され、接点のワイヤ先端に対する熔接強度は高度の信頼性が必要である。このため熔接強度のばらつきからみた最低保証強度を一定値以上に維持して生産を行なわねばならない。本自動生産設備に必要とする基礎技術のうち、接点熔接技術には特に重点を置いて開発を行ない、理論的究明により安定熔接条件を得た。第 2 図 (b)、接点拡大図に示す可動接点は接点熔接後成形したものを示し、接点間げきの要求精度から、成形には細密な加工精度を必要とする。接点とワイヤの熔接性について考えてみると、パラジウムと洋白の組み合わせになっており、物理的特性の比較は第 1 表に示すとおりで、熔接性が悪く、熱平衡 (Heat Balance) を得ることが困難である。このような悪条件を克服して抵抗熔接を良好に行なわしむるには、両金属の接触境界面を破って、混合ないしは合金とすることが必要である。また精度および外観上、ナゲット (Nugget) が接触面付近に集中することがかんじんで、きわめて短時間だけ熱発生が行なわれるような熔接法を採用せねばならない。これらの解析を行なうと次のとおりである。一次元非定常熱伝導の内部の温度は次式にしたがう。



(a) 全 体 構 造 図



(b) 接 点 部 拡 大 図

第 2 図 ワイヤスプリングリレーの構造および接続部拡大図

生産ラインの場合は最も経済的に実現しうるよう、方法の基礎研究と並行して方式の検討を行ない、各製造方法に適合した自動化方式を採用した。

4.2 ワークの移送の確実性

自動的な生産設備ではワークのハンドリングの良否が設備の安定稼働を決定する。ワイヤスプリングリレーの主要部品である複雑な形状のワイヤモールドを損傷なく、急速かつ確実に各専用機間へ送る手段を考慮した。特に従来困難とされてきたワイヤ交さを自動的に除去する装置を開発した。

4.3 段取り、調整の問題

各コードのワイヤアセンブリのための段取り変更がすみやかにこなされるよう、プレス型は完全なユニットタイプとし、自動接点熔接機は数値制御*あるいは電気的制御により、無停止で段取り変更が行なわれるようにした。自動生産設備には調整作業が宿命的につきまとい能率を損うものであるが、各構成部分をユニット化、あるいは工作精度を上げることにより、設定作業条件の無調整化を行ない、良好な稼働率を得られるようにした。

4.4 フールプルーフ、アクシデントプルーフ

作業者の錯覚などによる人体、あるいは設備の損傷を防ぎ、ワークのジャミング (Jamming)、ミスセットを検出し、各ステーションが万一誤動作した場合、すべての機構が安全側に逃げ、ライン全体が自動サイクルを停止するよう考慮した。

4.5 不良品のチェック機構

アセンブリラインの多くの工程中、異常なワークが流れた場合、たとえば静止ワイヤアセンブリのワイヤ間の絶縁不良、ワイヤの曲りなどがあつた場合、自動的に摘出あるいは警報を発生し、工程のチェックが行なわれるようにした。

5. 完成した各自動生産ライン

ワイヤスプリングリレー自動生産ラインを大別すると次のとおりである。

- (1) トランスファーモールドライン
- (2) 自動ブラスト装置
- (3) 可動ワイヤアセンブリライン
- (4) 静止ワイヤアセンブリライン

5.1 トランスファーモールドライン

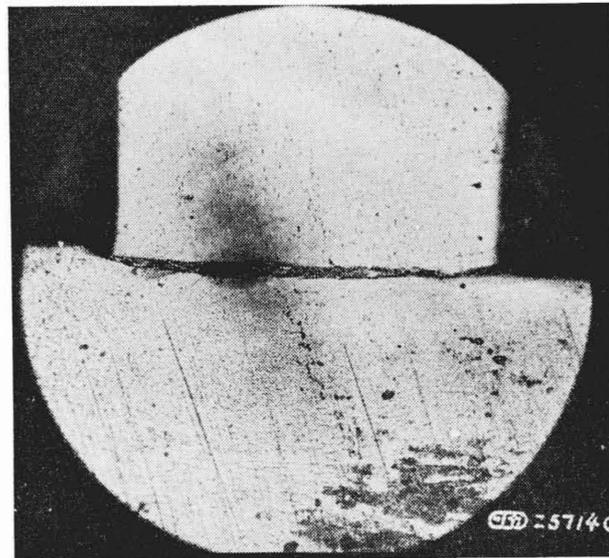
トランスファーモールドラインは、可動ワイヤ、静止ワイヤの素線から、第5図に示す可動ワイヤモールド、静止ワイヤモールドのでき上るまで一貫してワイヤの連続矯正、洗浄、トランスファーモールドダイング、矯正冷却、切断などタブレットの供給、高周波加熱を伴いながら完全自動サイクルで運転される。ラインは以下に述べる各装置で構成されている。

5.1.1 マルチヘッドワイヤストレイトナ

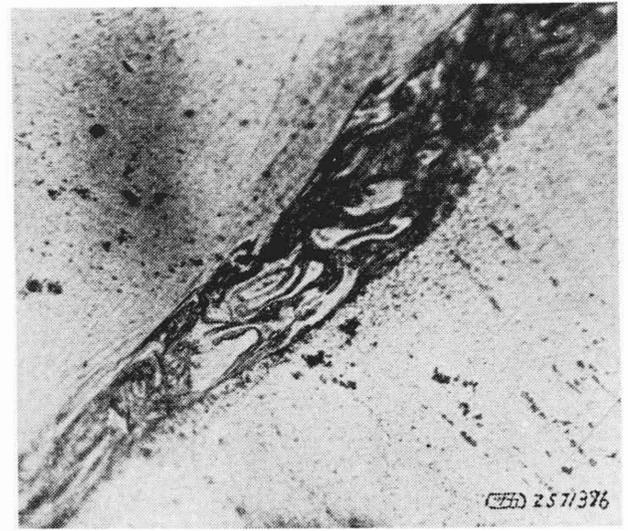
逆張力伸線機で線引を行なったワイヤは、マルチヘッドワイヤストレイトナで所要本数同時に連続矯正され、トランスファーモールド型に送られる。ワイヤの送りは、サイクルにタイアップして起動停止される。従来発表されているマルチヘッドワイヤストレイトナには⁽⁵⁾⁽⁸⁾、送りループのばらつき、保守上の欠点があり、複合キャプスタンの設置*、送り部の改良などを行なって無調整化した。

5.1.2 タブレットフィーダ

本装置はワイヤモールドのモールド原料であるフェノールレジ

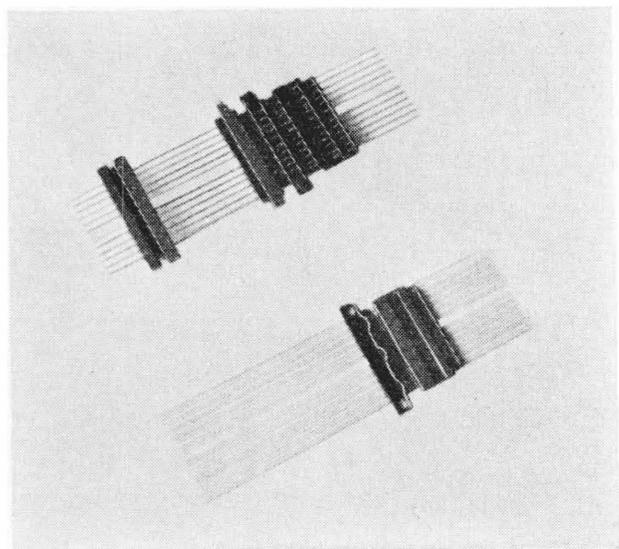


(a) 接点, ワイヤ境界面 ×40



(b) 境界面の拡大 ×400

第4図 パーカッション熔接による接点, ワイヤの境界断面



第5図 可動ワイヤモールドおよび静止ワイヤモールド

ン粉を圧粉成形し、円筒状タブレットとし、マガジン中に蓄え、ラインのサイクルにタイアップして一個ずつ送る。さらに高周波による予備加熱を行ない、モールド型注入口に投入する。本タブレットフィーダは、特に誘電体損の少ないベルトによる高周波加熱電界中のタブレットの送り、タブレット軟化度検出機構による流動度の一定化などの特長をもつもので*、安定して24時間無停止稼働に耐えている。

5.1.3 トランスファーモールド機

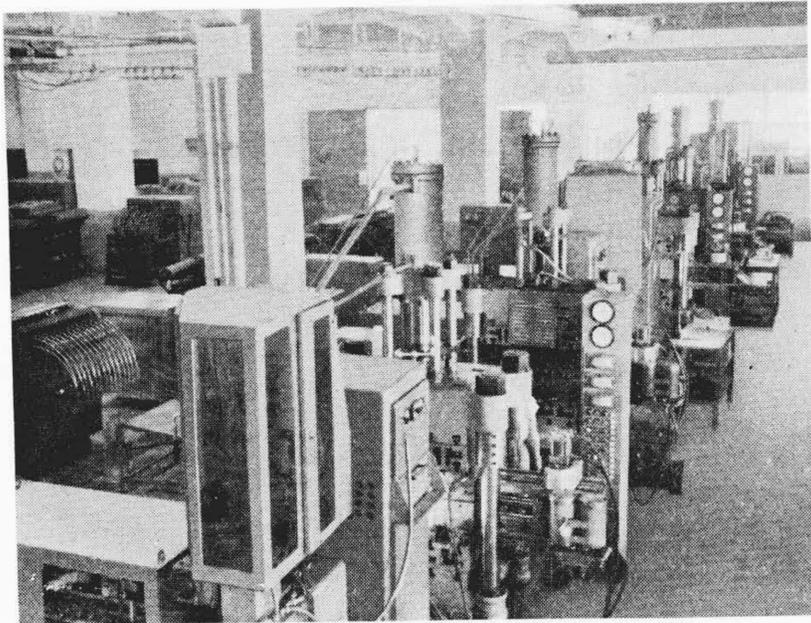
本機はラインの主体をなすもので、モールド型の加圧開閉、タブレットの型注入、ワークのストリップングなどを行なうもので、電気油圧方式で駆動される。従来市場にあるトランスファーモールド機は、精度、寿命、油圧回路障害など種々の難点があるので、新たに開発試作を行ない、過酷な使用に耐え、しかも十分な精度を維持するものが得られた。第6図にトランスファーモールドライン群を示す。

5.1.4 プログレッシブタイプトランスファーモールド型

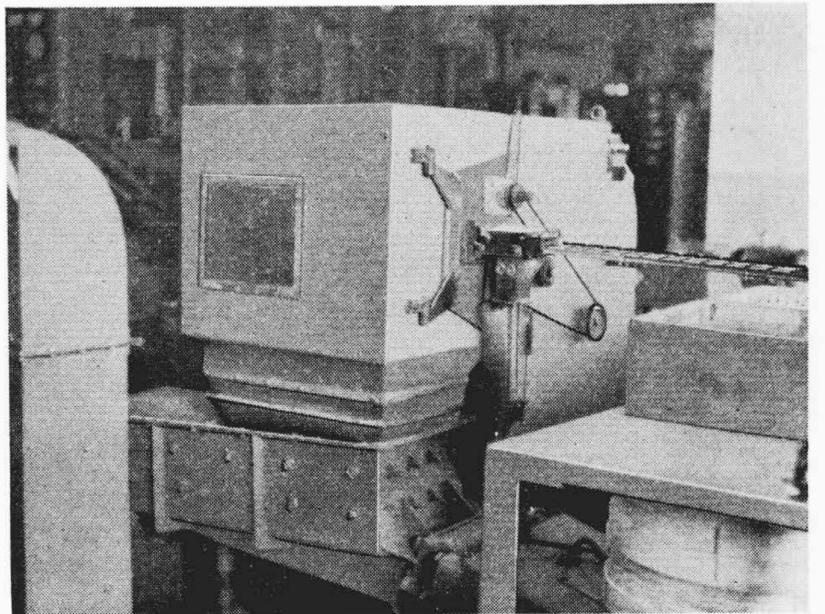
第7図は本ラインで連続成形される順序に示した静止ワイヤ、可動ワイヤモールドを示す。これらはいずれも矯正より一貫してモールドされる。ワイヤモールドの精度を決定するものは、型の精密加工および硬化条件であるが、特殊加工法による精密型加工を行ない、硬化条件を決定する型の温度分布は、日立電子管式温度調節計で所定の条件に維持される。

5.1.5 サイクルプログラム装置

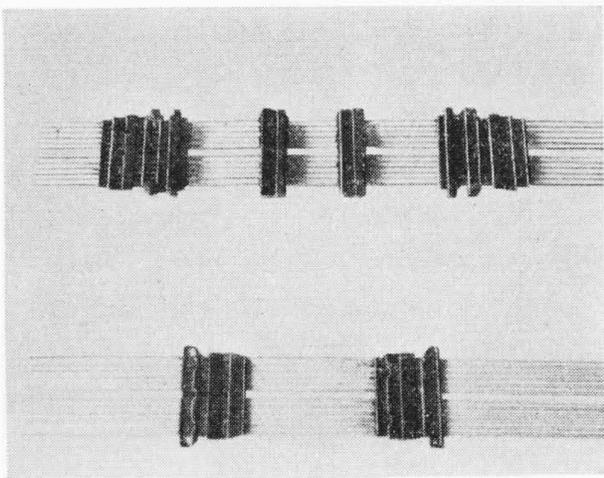
トランスファーモールドラインの頭脳というべきもので、ラインを構成する各ユニットに指令を出し、全体をタイアップして動作を行なわしめる。



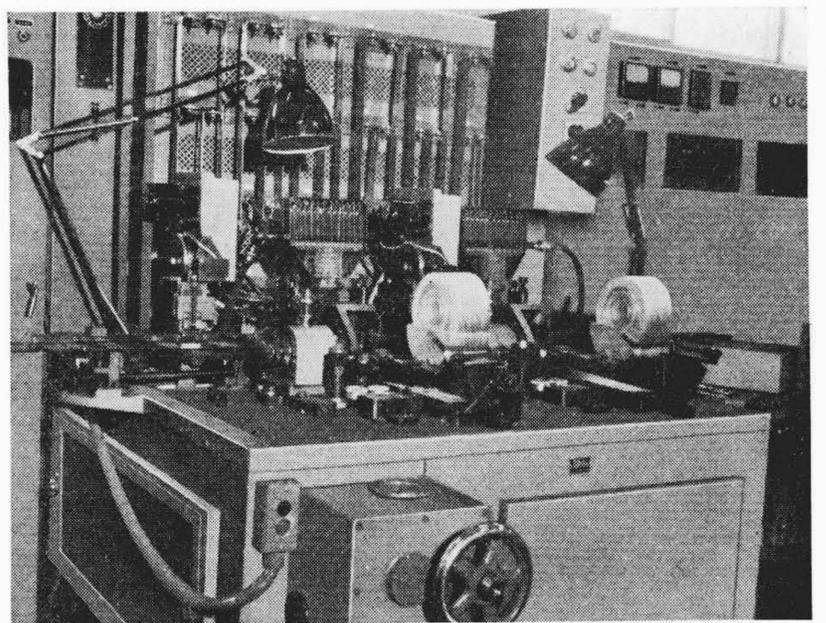
第6図 稼動中のトランスファーモールドライン群



第8図 自動ブラスト装置



第7図 一連の工程で連続して製造されるワイヤモールド



第9図 静電蓄勢式自動接点熔接機

5.2 自動ブラスト装置

ワイヤモールドはトランスファーモールド時に、型の合わせ目に薄いぼりと称する余分なフラッシュが出る。これはタブレット注入時レジンの流動度できまり、本ラインでは検出装置により、フラッシュの出具合は一定化される。これを取り除くため、圧縮空気によってくるみの皮の粒子を吹きつける、いわゆるウォールナットブラスト (Walnut Blasting) を使用した。種々のフラッシュの除去法中、ワイヤの真直度、モールド部のきずなどを考えて、最適であることが確認された。第8図は自動ブラスト装置を示し、治具などを使用せず、まったく自動的に行なわれる*。

5.3 可動ワイヤアセンブリライン

モールドラインで成形後、フラッシュ除去された可動ワイヤモールドは、本ラインで次のような順序により完全自動で加工される。

- (1) 接点熔接前の先端部成形、端子のねじり、スエッジング
- (2) 静電蓄勢式自動接点熔接機(第9図)による高速熔接*
- (3) 接点熔接後の先端、端子部成形、コーディング

本ラインは次のような特長をもっている。

- (1) 従来のトランスファーマシンに比較してきわめて高速で、5秒のタクトタイムをもつ。
- (2) 各部に独自の方式および着想を採用し、無調整化ユニット化を徹底し、高い稼働率をもっている。
- (3) インターロック、検出装置を大幅に使用し、まったく無事故である。
- (4) ライン中にワイヤ先端交差除去装置をもち、交差の監視は不必要である*。
- (5) 各リレーコードに応じたラインの段取りは、ラインを停止

することなく任意に設定しうる。

5.4 静止ワイヤアセンブリライン

ラインの構成および方式はまったく可動ワイヤラインと同様で、工程はパーカッション熔接法による高速自動熔接、各部成形、テンション曲げなどである。

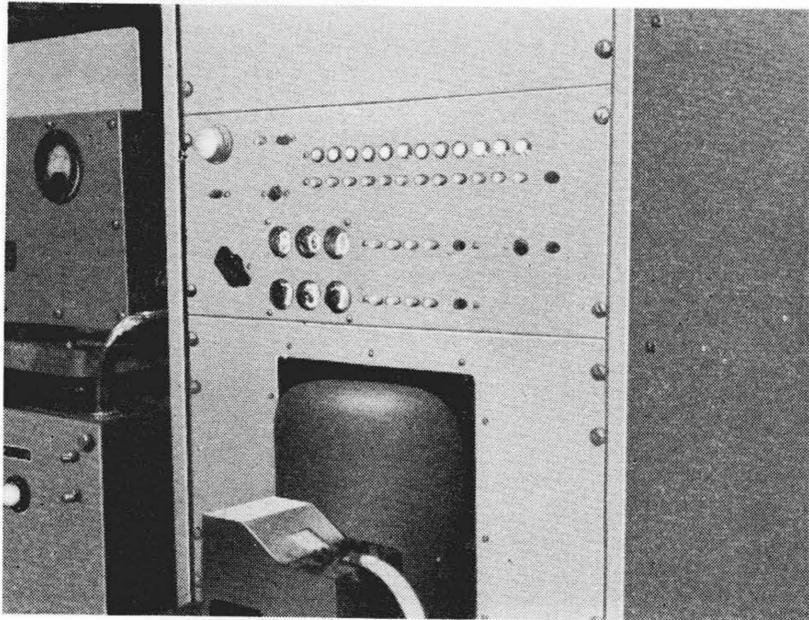
5.4.1 パーカッションウエルダ

本機は静止ワイヤラインの中核で、パーカッション熔接法により接点を切断しながらワイヤの先端に高速熔接を行なうもので、カム機構で駆動される。特長は次のとおりである。

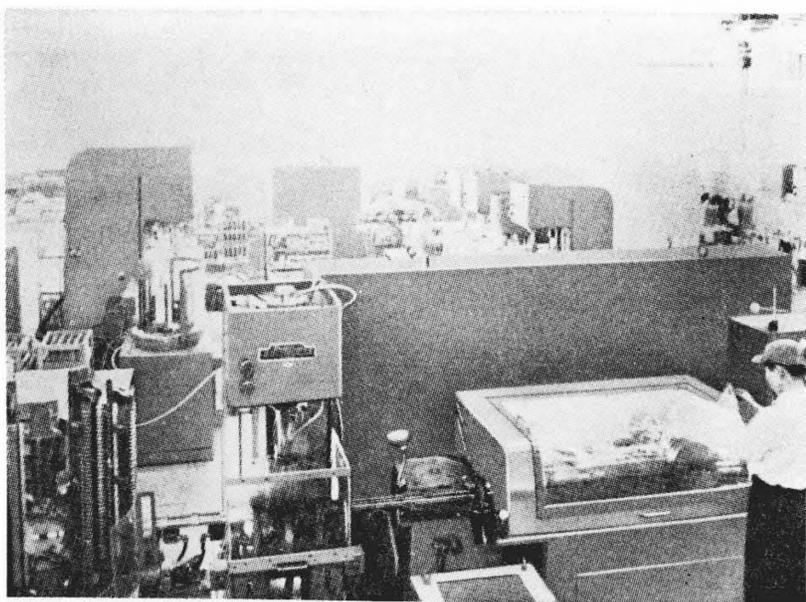
- (1) まったく分離した2個の熔接ヘッドをもつ。
- (2) 完全なファンクショナルロケーションで熔接を行ない、きわめて接点整列精度が高い。
- (3) 無調整化し、熔接条件はまったく調整を必要としない*。
- (4) 熔接放電時のフラッシュは自動的に除去され、ワイヤ間の絶縁は自動計測され、不良品は自動的に摘出される。

5.4.2 デジタル制御装置*

静止ワイヤアセンブリは、リレーの各コードに応じて12本のワイヤの先端における接点熔接の選択を行ない、このためラインの段取り変更が要求される。これを完全に自動的に、かつラインを停止させることなく行なうため、紙テープにさん孔したプログラムで指令を与える。これはパラメトロンを使用したデジタル制御装置で構成される。第10図に装置表示部を示す。以上、各アセンブリラインについて述べたが、アセンブリラインの一部を第11図に示す。



第 10 図 デジタル制御装置表示部



第 11 図 ワイヤスプリングリレーアセンブリラインの一部

6. 製造条件の決定

大規模な自動生産設備が安定して均一な製品を量産するには、究明されつくした基礎技術および一定した製造条件が必要である。本自動生産設備の製造条件は、各ステージの作業条件について、日本電信電話公社のご指導により、数次にわたる工場実験によって決定した。これらの広範囲、多項目の製造条件で自動生産を行なった結果所要の部品精度が得られ、条件の無調整化、計測化を行ない、きわめて均一な水準を維持しうる事が確認された。

7. 稼動による成果

開発当初より現在に至るまで、以上述べたような各分野にわたって諸問題を検討し、絶えざる改良によって自動生産設備による飛躍的な量産体勢を確立した。

稼動による成果を列記すると次のとおりである。

- (1) 基礎技術の確立により、設備稼動の安定化、高速化を得、クロスバ交換機製造の生産性が著しく向上した。
- (2) 自動生産による製造条件安定のため、ワイヤスプリングリレー品質水準が向上した。
- (3) 通信機機器生産における自動生産のための各種技術を獲得し、応用拡大の自信を深めた。

8. 結 言

ワイヤスプリングリレーの開発および実用化とともに、基礎技術の確立によって一貫した自動生産方式の方針をとり、独自の方式、および斬新な着想によって自動生産設備の実現を計った。その間、安定化、高速化を進め、絶えざる改良を行ない、生産性を向上し、十分な部品精度を確保するなど主要部品の自動生産化に成功し、飛躍的な量産体勢を確立するに至った。

日立製作所では、この画期的な通信機工業における自動生産方式の導入によって得られた各種技術を、さらに、交換機、電子機器製造に拡大応用し、需要家各位のご要望に沿うよう努力している。

終りにワイヤスプリングリレーの自動生産化に多大のご指導をいただいた日本電信電話公社の関係各位、東京大学生産研究所の皆様、日立製作所関係事業所の各位、ご協力いただいた戸塚工場関係のかたがたに厚くお礼を申しあげる。

参 考 文 献

- (1) 田島, 三井: クロスバ機器の実用化 日立評論別冊 18 (昭 31-12)
- (2) 小林, 田島, 三井, 鈴木: ワイヤスプリングリレーの実用化 日立評論 40, 3 (昭 33-3)
- (3) 三井, 菊池, 林: クロスバ交換機用機器の概要 日立評論 42, 7 (昭 35-7)
- (4) H. M. Knapp: Development of Wire Spring Relay B. L. R. Vol. 34 No. 4. (April 1956)
- (5) 中村, 長屋: ワイヤスプリングリレーの線引矯正 日立評論 40, 6 (昭 33-8)
- (6) A. L. Quinlan: Automatic Contact Welding in Wire Spring Relay B. S. T. J. (July 1954)
- (7) E. E. Summer: Some Fundamental Problems in Percussive Welding B. S. T. J. (July 1954)
- (8) A. J. Brunner: Wire Straightening and Molding for Wire Spring Relay B. S. T. J. (July 1954)