

MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.47 February 1973

溶接機特集

2

MEL-O-MATIC TIGチューブ自動溶接機



未来を開拓する





溶接機特集

目次

《特集論文》

溶接技術の展望	井川 博	125
溶接技術における自動制御の発達と動向	沢井善三郎	126
MEL-O-MATIC 全周自動溶接機	鶴飼 順	130
最近の自動溶接装置	赤枝潤二郎・橘川 彪	139
CTC 溶接法によるわく組自動溶接機	小平一丸・川崎禎男・渡辺宣夫・中山梅雄・真田義夫	146
溶接のプレイバック制御	氏家 昭・弘中一光・宇野丈治・松本康司	152
形状検出器を用いた溶接機	堀部 透・真田義夫・津田栄一・稻荷隆彦・丸山寿一・岡田和夫	157
MISA 溶接機	大間知伸洋・森 一平	165
標準アーク溶接機	大間知伸洋・鶴飼 順・橘川 彪	169
抵抗溶接機の自動化	魚森昭義・目次正武・堀部 透・松野博朗	176
はん用抵抗溶接機	寺田 肇・越智紀明・田尻浩巳	183

《普通論文》

電子線照射による塗料の硬化—照射条件と不活性ガスの効果	鈴木康弘・柴山恭一	193
MOS IC メモリ装置	山本勝敬・小笠原光孝・蒲生容仁・磯崎 真	198
ダムの自動制御装置	合田啓治・苗村善健	204
DS 形気中しゃ断器	岩垂邦昭・竹内孝治・小倉千俊・小川和男	211
スチレン橋かけ不飽和ポリエステルの分子間相互作用におよぼす分子鎖構成単位の効果	田中誉郎・柴山恭一	218
コントロールセンタの生産管理システム“OFIS”	宇野木弘一郎・町野康男・鈴木淑之	222
電子計算機の設計自動化のためのデータベース システム(EDMS)	小島一男・田中千代治・田渕謙也・清尾克彦・国岡美千子	231

《新製品紹介》

ワイヤカッティング放電加工機の発売・ダイアックス放電加工機・EP 電源シリーズ新発売	241
--	-----

《ニュースフラッシュ》

豪州向け 150 インチ反射形天体望遠鏡の主要設備完成	244
-----------------------------	-----

《特許と新案》

電線接続部の絶縁方法・交流電気量変化分導出装置・搬送保護繼電装置・位相差検出装置・周波数繼電装置・ミシンの上糸案内装置	189
---	-----

《表紙》

表紙 1 MEL-O-MATIC TIG チューブ自動溶接機

ボイラチューブ・原子力・化学プラントなど高温、高圧下で使用される各種配管系の全姿勢溶接を自動化した機械である。

ガス圧制御・パルス制御・プログラム制御・溶接条件の再現性の確保などの各種の制御システムと、小形軽量化された溶接ヘッドにより初層から最終層まで欠陥のない溶接結果が確保できる。

固定管の全姿勢溶接は作業環境、作業姿勢などに制約があり、溶接作業の中では最も熟練を要する作業の一つである。今後この種の用途に急速な普及がなされるであろう。

表紙 2 三菱コイル準備ライン用 プラズマアーク溶接機

表紙 3 三菱三相低周波式 スポット溶接機

表紙 4 三菱炭酸ガス半自動アーク溶接機



**SPECIAL EDITION FOR WELDING MACHINES****CONTENTS****SPECIALLY COLLECTED PAPERS**

Progress and Trend of Automatic Control of Welding Technique.....	Z. Sawai	126
MEL-O-MATIC Mitsubishi Automatic All Position Arc Welders.....	J. Ukai	130
Recent Advancement of Automatic Arc Welding Equipment.....	J. Akaeda • T. Kitsukawa	139
CTC Welding Equipment for the Frames of Vessels	K. Kohira • S. Kawasaki • N. Watanabe • U. Nakayama • Y. Sanada	146
Play-back Control of Welding.....	A. Ujiie • K. Hironaka • J. Uno • K. Matsumoto	152
Welders with Sensors for Detection of Shapes and Deformation of Works	T. Horibe • Y. Sanada • E. Tsuda • T. Inari • H. Maruyama • K. Okada	157
MISA Welders.....	N. Ômachi • K. Mori	165
Standard Arc Welders.....	N. Ômachi • J. Utkai • T. Kitsukawa	169
Automatization of Resistance Welding Machines.....	A. Uomori • M. Metsugi • T. Horibe • H. Matsuno	176
General Purposes Resistance Welding Machines.....	H. Terada • T. Ochi • H. Tajiri	183

TECHNICAL PAPERS

Electron Beam Curing of Coatings —Effects of Irradiation Conditions and Inert Gas—.....	Y. Suzuki • K. Shibayama	193
MOS IC Memory.....	K. Yamamoto • M. Ogasawara • Y. Gamo • S. Isozaki	198
Automatic Control Apparatus of Dam.....	K. Gôda • Y. Namura	204
Type DS Low Voltage Air Circuit Breakers.....	K. Iwadare • T. Takeuchi • C. Ogura • K. Ogawa	211
Effect of Chain Composition on Intermolecular Interaction in Unsaturated Polyesters Cross-Linked by Styrene	T. Tanaka • K. Shibayama	218
Production Management System of Motor Control Center "OFIS".....	K. Unoki • Y. Machino • Y. Suzuki	222
Engineering Data Management System for Computer-aided Design of Digital Computers	K. Kojima • C. Tanaka • K. Tabuchi • K. Seo • M. Kunioka	231

NEW PRODUCTS 241**NEWS FLASH** 244**PATENT AND UTILITY MODEL** 189**COVER :****MEL-O-MATIC TIG Tube Automatic Welder**

The machine shown in the picture is an all position automatic welder for working on tubes for various piping used under high temperature and high pressure such as for boilers, nuclear power installations and chemical plants. With its numerous safeguarding systems including gas pressure control, pulse control, program control and security of reproducibility in welding conditions. In addition, small sized and lightweight welding heads are equipped to the device. The machine is capable of accomplishing faultless welding from an initial layer to a final one.

All position welding on fixed pipes has unavoidable restriction on the working environment and working postures. It is regarded as requiring the highest skill in the work. However, this machine will do away with the difficulty when it is diffused in the fields.

「三菱電機技報」アブストラクト

UDC 621.791 [621.316.7]

溶接技術における自動制御の発達と動向

沢井善三郎

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P126～129

溶接は各種構造物の製作を簡易化し、重量を軽減し、製品の性能向上に役立つほか、生産の合理化・高速化にも大きな貢献をしている。また一方最近の自動制御の学問技術の進歩はめざましく、あらゆる分野に応用されているので、ここにその両者のつながりについて考察することは興味あることであろう。溶接は特殊な技術であって、長い間溶接工の技量に頼ることが常識となっていたが、多くの人達の努力により、最近では自動化省力化が大いに進められてきている。ここでは、プロセス制御の立場から、溶接技術における自動制御の発達と動向について述べてみた。



UDC 621.791.8 [621-52]

MEL-O-MATIC 全周自動溶接機

鶴飼 順

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P130～138

原子力機器、化学機器、ボイラーチューブなど、高品質の溶接が要求される固定管の全姿勢溶接に適用される MEL-O-MATIC 全周自動溶接機について紹介している。

本機の特長は、溶融池制御のために各種の制御機能（ガス圧、バルス、プログラム制御など）を採用しており、作業場所の制約される現場工事に適したコンパクトな溶接ヘッドと合わせて、従来熟練作業者の腕に頼っていた固定管の全姿勢溶接の自動化を可能にしたことにある。



UDC 621.791.8 [621-52]

最近の自動溶接装置

赤枝潤二郎・橋川 彪

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P139～145

自動溶接機化の利点は一般にいわれる省力化ばかりでなく、能率の向上、溶接作業の合理化、品質の安定化、均一化など多くのものを有する。今日に至るまで溶接作業の自動化への努力をユーザ、溶材メーカー、溶接機メーカーがともに溶接施工技術の開発、溶材の改良、新熱源、新溶接方式の研究、開発などによって行なっている。

自動化への道筋として、第1段階はトーチ運軸の機械化、第2段階としてプログラム制御による自動化、第3段階では溶接施工上必要な諸条件を溶接点で検知し、検出量を判断し適切な品質を目的に最適制御を行なう装置化である。当社で開発・製作した自動機について、自動化の一つの試みとして各段階について述べる。



UDC 621.791.8 [621-52]

CTC溶接法による わく組自動溶接機

小平一丸・川崎禎男・渡辺宣夫・中山梅雄・真田義夫

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P146～151

造船におけるわく組溶接作業の省力化のため、新日本製鉄㈱は CTC 溶接法によるわく組用立向み肉溶接を開発した。

CTC溶接法 (Arc Current and Time Control Process) は、複合ノンガスワイヤを使用し、トーチのウェーピングを行なうことなく、ストレート運軸で、溶接電流を周期的に大小2通りに変化させて、1パスで5mmから12mmの脚長のすぐれた溶接を行なうことができる。溶接装置は電源電圧の変動等に対し、溶接条件の変動補償を行なっており、また操作も容易で、1人の作業者で3～4台操作できるため、高能率、高品質のわく組溶接が可能となった。



UDC 621-531: 621.791

溶接のプレイ バック制御

氏家 昭・弘中一光・宇野丈治・松本康司

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P152～156

N/Cやミニコンの出現により、産業機器の自動化、省力化が容易に実現されるようになったが、加工条件や位置ぎめを作業者の判断にゆだねている溶接では、簡単に自動化が進まない。溶接自動化の第1段階として、肉厚の大口径ドームの外周溶接の自動化を対象として、

(1) 溶接形状をならい、開先位置を記憶する。

(2) 溶接時に開先位置を読み出し、溶接トーチの位置ぎめを行なう。

(3) 多層溶接を無人で行なう。

などの機能を持つプレイバック式の自動溶接制御装置を試作した。この方法で、板厚250mm、直径約2.5mのモデルドームの溶接を行ない、満足すべき結果を得た。



UDC 621.791 [621-55]

形状検出器を用いた溶接機

堀部 透・真田義夫・津田栄一・稻荷隆彦・岡田和夫・丸山寿一

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P157～164

加工の省力化技術の中で、加工物体の状態を直接検知しフィードバックする技術が最近注目を集めている。溶接機はその代表例である。被溶接物体は一般に形状精度が悪く、加工中に変形をおこしやすいので、その形状を直接検知することは特に重要である。対象物の形状を検知する手段として、機械的接触、空気・光等が代表的である。この報告では当社にて開発したもの、または開発中の検出器、およびそれを用いた溶接機の例をいくつか紹介する。検出器は一般に使用条件・対象物等に制限があり、使用する場合の検出器、ならびに方式の選択が重要である。



UDC 621.791.03

MISA溶接機

大間知伸洋・森 一平

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P165～168

MISA溶接機は当社と日鉄溶接工業㈱とで、共同開発した細径のワイヤを使用した可搬性に富んだサブマージ溶接機で、橋りょう（梁）、鉄構、造船関連部門にて水平すみ肉溶接作業に採用されてきた。

当社では発売以後改良研究を重ねてきたが、このたびユーザの要望を大幅に取り入れたGシリーズを開発した。

本文ではMISA溶接機の使用状況に対する調査結果を紹介するとともに、Gシリーズ開発に際して特に考慮した性能・操作性の向上について述べる。



UDC 621.791.75

標準アーク溶接機

大間知伸洋・鶴飼 順・橋川 彪

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P169～175

溶接の自動化、省力化に対する強い要望により、ここ数年来、溶接法および溶接機器の進歩にはめざましいものがある。たとえば炭酸ガス半自動溶接機は、約10年前に商品化されたが、ユーザ、溶接材料メーカー、機器メーカーの研究努力により、性能向上、信頼性の向上が計られ、今や生産高では1位を占めるまでになっている。また用途の多様化に伴ない、従来にないメリットをもった機器も必要となってきている。ここではこれらの例のいくつかについて紹介する。



「三菱電機技報」アブストラクト

UDC 621.791.76: 331.875

抵抗溶接機の自動化

魚森昭義・目次正武・堀部 透・松野博朗

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P176～182

最近、当社で開発した自動抵抗溶接装置の一端を紹介する。

(1) はん用マルチスポット溶接機用制御装置は、ピンボードマトリックス式のシーケンス回路ユニットと、タイマ回路およびサイリスタ開閉器を内蔵して、機械シーケンスおよび溶接シーケンスの組合せを自由にするとともに、著しくはん用性を高めた制御装置である。

(2) 全自動接点溶接機は、フープ状の素材の供給、予備加工、接点の溶接、溶接後の接点の成形、完成品の取出しなどの工程を、1台の機械装置の中で自動的に行なうことができる高  能率の装置である。

UDC 621.791.76

はん用抵抗溶接機

寺田 雄・越智紀明・田尻浩巳

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P183～188

当社では今まで多種類の抵抗溶接機を製作してきたが、このたび単相交流式溶接機を量産化するに至ったので、これを機会に当社のはん用抵抗溶接機を紹介する。はん用抵抗溶接機で最も多く使用されているのが単相交流式で、今回量産化したはん用抵抗溶接機は制御回路のIC化、主回路開閉装置のサイリス化、モールド変圧器の採用など数々の特長を持ったものである。さらに、単相交流式のほか、軽合金の溶接をはじめ種々の高級溶接に用いられる三相低周波式溶接機、および最近ふたたび見直されてきた三相整流式溶接機についても、その概要・特長・用途  について述べる。

UDC 667.645: 667.633: 541.6: 621.3.08

電子線照射による塗料の硬化

—照射条件と不活性ガスの効果—

鈴木康弘・柴山恭一

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P193～197

電子線塗膜硬化法は、塗装の革命的技術として各界より大きな注目を浴びており、工業的規模での研究開発が活発化している。

電子線硬化用塗料はラジカル機構で硬化するものであり、照射条件やそのふん囲気の影響が問題となる。

本文では、硬化線量、線量率および照射回数等の照射条件を系統的に変えた塗膜の力学的性質を主体として調べた結果と、不活性気体中の照射効果について報告する。



UDC 681.142.04: 164: 621.3.82

MOS IC メモリ装置

山本勝敬・小笠原光孝・蒲生容仁・磯崎 真

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P198～203

1,024ビットのPチャネル、ダイナミックMOS ICを使用して、4k語、17ビットのメモリ装置を試作し、これを当社ミニコンMELCOM-70に接続して、各種試験を行なった。試作装置では周辺回路もすべてIC化し、タイミングコントロール回路も含めて1枚の大形カードに実装されている。アクセスタイム400ns・サイクルタイム800nsで十分な動作マージンを有し、ハードウェア的には実用上問題ないことが確認されたが、一方システム設計面では、情報の揮発性、非破壊読出し、サイクルタイムが短いこと、リフレッシュの必要性など、ダイナミックMOSメモリの特性  を十分考慮しなければならない。

UDC 681.3.02

ダムの自動制御装置

合田啓治・苗村善健

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P204～210

最近、小規模・多目的ダムの自動化・省力化の要望が非常に高まっており、特に計算機によるダムの効率的な総合管理を行なう場合がふえてきている。

今回、愛媛県玉川ダム向けに納入した、自動制御装置（MELCOM 350-5F）は、日常の日報作成業務、放流設備の自動操作等を行なうことによって、ダムの総合管理を効率的に行なっている。

ここでは、自動制御装置によるダムの総合管理の方法について述べてみる。



UDC 621.316.57.064.24

D S形気中しゃ断器

岩垂邦昭・小倉千俊・小川和男

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P211～217

発電プラント・一般工場・ビルの低圧回路の保護に用いられてきたD B形気中しゃ断器のモデル チェンジとして、D S形気中しゃ断器を開発した。このD S形気中しゃ断器は、電動スプリング投入操作機構の採用により投入操作を安定し、故障回路の手動投入に対しても安全である。過電流引きはずし装置は、ソリッドステート化され高精度となり、保護協調もとりやすく、目盛変更・調整も省力化できる。各機種とも共通部品を多くし、プレス・治工具の多用により、品質・性能の安定化を計るとともに小形化し、1600Aフレームまでは4段積が可能となった。



UDC 678.744.3: 539.213: 539.6

スチレン橋かけ 不飽和ポリエステルの分子間相互作用における分子鎖構成単位の効果

田中誉郎・柴山恭一

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P218～221

ポリエステル鎖の構成単位の種類をかえて作ったスチレン橋かけ不飽和ポリエステルの動的力学性質の測定を行ない、ポリエステル鎖の構成単位の種類の違いが、不飽和ポリエステルの分子間相互作用における効果を調べた。ポリエステル鎖の構成単位によって水素結合や、双極子-双極子結合の程度の差、あるいは立体障害の程度の異なる網目のトポロジカルな差が生じ、それがスチレン橋かけ不飽和ポリエステルにおいて、分子間相互作用に大きな影響を与えることがわかった。

ここで得られた知見は、 使用目的に応じて不飽和ポリエステルワニスを作る場合に有益である。

UDC 621.316.34: 658.5

コントロールセンタの生産管理システム “OFIS”

宇野木弘一郎・町野康男・鈴木淑之

三菱電機技報 Vol. 47・No. 2・P222～230

近年顧客のし(嗜)好はますます多様化し、要求納期はますます短縮化されつつある。そこで企業にとって、これらを同時に満足する生産体制を確立することが大きな経営課題となっている。このような側面から工期の短縮と、量産化による生産性の向上をねらいとして、部品の在庫管理を中心としたシステム化が生産管理システムの基調をなしてきている。当社 名古屋製作所コントロールセンタ課においては、これらの生産環境の変化に対し積極的な取組みを行ない、いわゆるマーケット指向した弾力的な生産体制の確立と、管理レベルの向上をねらいとして、コン ピュータを活用した総合的な生産管理システムの開発・導入をはかって、その概要を報告する。

「三菱電機技報」アブストラクト

UDC 681.142.004.Others

電子計算機の設計自動化のための
データベース システム (EDMS)

小島一男・田中千代治・田淵謹也・清尾克彦・国岡美千子

三菱電機技報 Vol.47・No.2・P231~240

電子計算機の最近の進歩は著しく、特にMSI, LSIの採用と高速化・高性能化はめざましい。大型化に伴う設計データの飛躍的増大に対処し、DA作業の効率を高める目的で、設計製造データおよびその媒体を、一元的に管理する試みがいくつかなされているが、はん用ファイルシステムを適用した例はみあたらない。本論文は、論理装置の「設計データベース」を、ネットワーク構造を取り扱うことのできる、はん用ファイル処理システム (MELCOM-7000 DMS) により構成し、DAプログラムと結合させた自動化システムについて概説する。
述べ 実施例にもとづくシステムの性能について概説する。

溶接技術の展望

大阪大学工学部教授・溶接学会会長(工博) 井川 博

溶接技術は近年急速に進歩し、各種工業分野に広く利用されるようになりました。ご承知のように溶接技術は、金属工学・電気工学・機械工学・造船学など工学のあらゆる分野を基盤として発展し、それらの基礎技術を集大成した技術であります。今日のことばでいえばシステム化された工作技術といえましょう。このようなしだいで、現在溶接技術にたずさわっておられる方々の中にはいろいろの専門分野の方々がおられます。これらの方々が一致協力してわが国における今日の溶接技術を確立されてまいりました。

第二次大戦後、わが国の溶接技術は、外国技術の導入により、特に造船工業を中心として応用面において強力に研究開発が進められ、その実用化がはかられてまいりました。その間、1969年には、わが国では初めてのIIW(国際溶接会議)の年次大会が京都において開催され、世界にその実力を示しましたが、これにより、わが国の溶接技術は名実ともに国際水準に達しました。もちろん溶接技術のみならず溶接の技能もきわめて重要視されてまいりまして、“技能オリンピック”の溶接部門においては、わが国の代表がひきつづき優勝しております。

溶接の技術面につきましても、生産性の向上を目的として溶接作業の自動化・省力化が盛んに研究され、各種自動溶接機、多電極自動溶接法や片面自動溶接法などの高能率溶接法、ならびに装置の研究開発と実用化が進められてまいりました。

しかし、技術的にみますと、在来の溶接技術そのものは進歩いたしましたが、新しい原理にもとづく新溶接法の開発はありません、ひとことでいうと量の時代といってよいのではないかと思います。

私は昨年カナダ・トロント市で開催されたIIWの年次大会に、わが国の代表の一人として出席いたしましたが、参加国26カ国、出席者数百名で開催国の地理上の位置からすればわりに盛会でありました。わが国からは42名(例年は50~60名)が出席しまして、各分科会では提出論文について活発な討議がなされました。

従来IIWでは、“鋼材の割れ”とか“鋼材の溶接性”といった材料・力学関係のテーマが多かったのでありますが、本年(1973年の)年次大会(ドイツ・デュッセルドルフ)では、とくに“特殊溶接法”をテーマにしたコロキウムが予定され、電子ビーム溶接と摩擦溶接が取り上げられることになりました。このことは、これまで部分的にしか使われていなかった特殊溶接法が、広く実用化を目指した技術に拡大されつつあるという事実を物語っております。溶接学会におきましてもすでに電子ビーム溶接研究委員会を発足させ、皆様のご協力を得て学術・技術の向上発展に努力しているしだいであります。このように、国際的にも国内的にも溶接技術の量から質への転換の傾向がうかがわれます。

これまでわが国では主に造船・橋(梁)などの大形構造物を中心として溶接技術の研究開発が進められてまいりましたが、溶接技術そのものは、むしろ、もっと幅広く、各種工業製品の製造技術として取り上げていくべきものであると思います。

たとえば、電子機器の製造におけるはんだ付け、半導体の製造におけるボンディングなどのマイクロ溶接技術は、これらの工業においては欠くことのできない基礎技術であります。これらのマイクロ溶接技術は実用面において、従来の“量”的考え方より“質”的考え方方が重要なことが当面の重要課題となりましょう。このことはアポロを月に飛ばせたNASAの報告によっても指摘されているところであります。

これらの技術に関連して、信頼性の高い溶接法としては、現在、電子ビーム溶接、プラズマ溶接、レーザ溶接および拡散接合などがあげられます。これらは従来航空機、ロケットおよび原子力機器の接合に一部使用されてまいりましたが、どちらかといえば経済性を無視し、品質のみに重点をおいて使用されてきた傾向があります。したがって実用的資料に乏しく、しかも装置が比較的高価であるため、わが国における普及は先進国にくらべ、多少遅れをとっているのではないかと思われます。しかし、これらの溶接技術は原子力機器の生産増と相まって、一般工業分野へも進出し、飛躍的に伸びるものと思われます。もちろん、これには材料の問題、従来の考え方から脱却した設計・溶接施工・溶接機の改良開発など、幾多の技術的な問題が残されていますが、1970年代の溶接技術の中心となることは、ほぼ間違いないと思われます。

これから溶接技術を考えますと、溶接材料関係についてはかなり研究されていると思いますが、新しい施工法ならびに機器についてはいま一歩という感じがいたします。溶接機につきましても、今後は新しいアイデアを取り入れた溶接装置が要求されることであります。とくに、これまでの省力機といった考え方ではなく、間違いなく仕事をする装置、すなわち信頼性の高い溶接のできる機械の要求が、いっそう強くなってくるものと思われます。これにはロボットとか、検出機・検査機を含むした溶接装置が必要となってまいります。わが国の技術水準では、各種非破壊検査装置・エレクトロニクスショーモードもみられるように、形状認識付ロボット、ミニコンピュータなどわが国の電子技術を結集すれば、これらの要求にこたえることはじゅうぶん可能だと思います。このような完全自動化溶接機の一例としてコンピュータ制御フラッシュ溶接機があげられます。

当面の具体的な一、二の問題としましては、新しいエネルギー源の利用と海洋開発があげられます。前者については、大気中電子ビーム溶接機・大出力炭酸ガスレーザ溶接機などの実用化が進められております。後者については、水中大形構造物の建造に必要な溶接性のすぐれた耐海水材料の開発とこれらの水中における工作技術を確立し、関連機器としての水中溶接機をはじめ各種の電気機器、水中作業装置および安全装置などの研究開発が強く要望されます。

以上、溶接技術が溶接機を含めますますシステム化され、合理化された技術として発展するために、はじめに述べましたように各分野の方々のご協力を切望するしだいであります。

溶接技術における自動制御の発達と動向

沢井善三郎*

Progress and Trend of Automatic Control of Welding Technique

Nihon University Zenzaburo SAWAI

Welding serves not only for the purpose of simplifying the manufacture of structures, reducing their weight and improving the performance of products, but also contributes greatly to the rationalization of production and speeding up of the work. On the other hand remarkable is the latest progress in the study and technics of automatic control, which finds its application to various fields. Then, it will be a matter of interest to give consideration to the relationship between the two subjects. The welding is special technique and it has been common sense to execute the work by only relying on the skill of a trained man for a long time. However, human effort has brought about much progress in the automatization and labor saving in this technique nowadays. Herein is described the progress and trend of automatic control on welding technique from the viewpoint of process control.

1. まえがき

昭和12年、東京大学航空研究所において筆者等は軽金属点溶接の研究を開始した。このときの研究装置は、350 kVA(ピーク値)の点溶接機と、当時三菱電機(株)で製作した本邦試作第2号の真空ポンプ付きイグナイトロン、それに航研で組立てた制御装置を使用したものである。それ以来すでに35年を経過したわけで、その間筆者の直接見聞した範囲でも、溶接技術の進歩はめざましく、特に最近では、溶接の性能向上と合理化、省力化を目的として、溶接の自動制御が強く要求されるようになってきた。すなわち、長年の間常識的に技能者の技量に頼ってきた溶接技術ではあったが、近年に至って自動化といふ一つの脱皮をしつつあると考えができるであろう。

個々の溶接機、ならびに各種溶接応用に関する自動制御に関する発表はきわめて多く、それぞれ学会誌、専門技術誌、会社発行の雑誌、パンフレットなどに紹介されているが、溶接技術の展望記事の中にも、溶接の制御や自動化に関する部分がかなり目立ってきてるのは、注目すべきことである⁽¹⁾⁽²⁾。

外国では溶接技術の自動化は、主として個々の溶接機や個々の溶接応用を中心にして発達し、実用的に効果のある方法が紹介されている。もちろんわが国でもそのような努力はされているが、わが国の学者、技術者の中には、一般的な自動制御の学問技術を身につけ、これを溶接に応用しようという考え方も少なくない。溶接にはいろいろな種類があり、そして、や金学的な複雑な自然現象を含んでるので、必ずしも自動制御の一般論がすぐに役立つというものではないが、工作機械におけるなり制御・数値制御、さらには群管理などの溶接への応用が当然考えられるほか、資材や装置の準備、溶接作業、溶接結果の検査等を含めて、全体を一種の工業プロセスとみなし、その制御を、プロセス制御の問題として論じていこうという考え方も出てきている⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

このような考え方をおし進めると、当然ながら溶接というものはやは単独に存在する技術ではなく、構造物製造の一過程とみるべきで、特に溶接が完全に自動化されれば、全体の一連の製造工程がまとめて論じられ、したがって、溶接はその中に融合されて一見目立たない存在になってしまふかもしれない。しかし現実には、溶接に他の工作ことなる特殊現象が含まれているため、実際問題とし

て経験にもとづく専門的な考察が必要であり、やはりここ当分の間は、特殊な技術として存続することになるであろう。

以上のような観点に立って、溶接技術における自動制御の発達と動向についてここに述べることとする。

2. 制御上から見た溶接プロセスの特質

溶接は各種構造物の製作を簡易化し、重量を軽減し、製品の性能向上に役立つか、生産の合理化、高速化にも大きな貢献をしているが、これを制御の面から見ると、種々の問題点を指摘することができる。

2.1 溶接が構造物組立の一工程であること

溶接は一般に構造物組立の一工程であるから、溶接方法は構造物と切り離して勝手に選べるものではなく、その構造物の形状・寸法・材質などに対して適合したものでなければならない。これは溶接に際しての加熱や加圧のみでなく、溶接自動化のためのハンドリングの方法などについてもいえることである。

2.2 加熱方法の特徴

溶接は鋳造・圧延・引抜きなどのように材料全体を溶融または軟化させて成形加工するのではなく、材料の特定個所のみにエネルギーを加えて溶融または軟化させて接合するのであるから、エネルギーを加える方法に特徴がある。すなわち、加熱する場合には熱損失を少なくし、構造物のひずみを避け、材質の劣化を防ぎ、かつ溶接時間を短縮する目的で、熱の影響をなるべく局所に限るよう、集中的な加熱が望まれるのである。

これに対して、ガスの燃焼熱を利用するガス溶接も行なわれているが、よりエネルギーを集中しやすい方法として、アーク溶接や、大電流による抵抗溶接が広く利用され、さらに最近では、プラズマ溶接・摩擦溶接・電子ビーム溶接などが次第に普及してきている。これらの各溶接方法には、その特性に応じてそれぞれ独特の制御方法が必要となることはもちろんである。

2.3 溶接後の修正が困難なこと

溶接後の溶接部の修正はまったく不可能というわけではないが、これは非常に手間のかかる事であり、溶接後はひずみ取り程度以外の修正は、一般に行なわないのがたてまえである。したがって、溶接はまったくなしの一発勝負のプロセスであると考えるべきで、これ

は制御を行なううえでこぶる重要な点である。

2.4 溶接中の諸量の検出が困難なこと

温度・圧力・流量・成分等を制御量とする連続的な一般工業プロセスの制御においては、変数を検出して、これにもとづいてフィードバック制御を行なうのが常であるが、溶接においては、溶接部における現象を直接示す諸量の検出は非常に困難で、人間の目によるほか普通の場合ほとんど検出を行なっていない。場合により、わずかながら間接的な量の検出によるフィードバック制御を行なっている程度である。

また一般プロセスでは、製品をタンクに入れて平均するなどの方法もあるが、溶接ではいったん溶接された個所はそのまま残存するわけであるから、特にきびしい意味がある。制御としてフィードフォワード制御の方式を重視せざるえないのは、これら的事情によるのである。

2.5 溶接プロセスの複雑性

溶接作業ならびに溶接現象は、物理・や金・電気・機械、その他溶接の応用される各分野における学問技術と、広くかつ深い関係をもっている。特に溶接現象は、体積は小さいが、一般に高温のもとにおける過渡的な三次元のや金現象であり、材料の種類も多く、現象は複雑で、数式モデルで表現して理論的に制御の手段を求めるなどということは容易でない。少なくとも現在のところでは、可能な限りできるだけよい結果のえられる溶接方法を実験的に求めておき、すべての条件が適正に確保できるように制御するということになるので、この意味からもフィードフォワード制御が重要となるのである。

2.6 溶接までの準備

自動制御は理論面での発達がめざましかったため、制御理論だけに興味をもっている人がかなり多い。制御理論は多くの場合、与えられた条件のもとで、制御系の安定性、特性の改善、制御方策の決定などを主として信号伝達の観点から論ずるものであって、装置や機器の物理的性質や、物の流れ、エネルギーの流れにともなう具体的な問題が、無視されていることが多い。溶接では現在のところ、情報や信号伝達の問題よりも、材料の性質や物理的化学的变化のほうにより多くの問題があるので、制御理論を応用する対象としてはあまり適当でない。

しかし良好な溶接結果をえることが溶接制御屋の仕事であるとすれば、理論の対象になるかどうかは別として、結果に影響することにはすべて責任をもってあらなければならない。そして特に自動溶接において、好結果をえるための条件の大部分は、溶接前の準備にあることを知るべきである。

溶接では使用材料の影響が大きいので、母材として溶接性のよい均一な材料が選択されなければならない。また溶接棒、ワイヤ、フラックス、シールド用ガス、電極材料などについても、よく吟味する必要がある。また自動アーケンス溶接では母材の加工精度が大きく影響するし、抵抗溶接では溶接材どうしのなじみが悪いと好結果がえられないで、自動化の場合部品のプレス加工の精度がキーポイントとなる。これらはいずれも溶接作業より時間的にはるか以前の問題であるが、溶接自動化の大きな条件であり、これらの条件の設定は、溶接に対する広い意味でのフィードフォワード制御であるといふことができるであろう。

3. 溶接時の自動制御

3.1 アーケンス溶接の自動制御

(1) 溶接用電源

集中加熱に適するところから、アーケンスは古くから溶接に使用され、いわゆる融接の代表的な方法になっている。

アーケンスは元来普通の状態では電気的性質が不安定であり、その安定化が必要であるが、溶接に利用する場合には電流がかなり大きいので、損失の少ない方法が要求される。また手溶接などでは、アーケンス長が変化しても電流が変化しないほうがつごうがよい。これらのためアーケンス溶接用の電源としては昔から、電流が増加すると電圧が下降する、いわゆる垂下特性（定電流特性）の溶接用電源が作られている。定電流も一種の自動制御であり、これに対して、漏れリアクタンスを利用した自己平衡式の電源がもっと多く採用されているが、最近ではサイリスタで制御する方式も次第に出てきている。

またアーケンス電流は一定でも、アーケンス長が一定でないと一様な溶接ができないので、手溶接の場合には溶接工がその制御動作を行なうが、サブマージアーケンス溶接のような自動溶接では、アーケンス電圧を検出し、これが一定となるようにワイヤ送給速度をフィードバック制御する方式がとられている。

またイートガスアーケンスや炭酸ガスアーケンスの溶接で、細いワイヤに大電流を通すと、電流の増加とともにアーケンス電圧も増加する、いわゆるアーケンスの正特性を呈する部分を使用することになる。このようなときは、ワイヤを高速度で送給すると、定電圧電源であってもアーケンス長が自動的に一定になる性質をもち、これは自己制御作用とよばれている。場合によっては、アーケンス長制御の応答をはやくする目的で、電源として電流の増加した場合、電圧の高くなるいわゆる上昇特性的ものを採用することもある。このような方式にすると、アーケンス長制御のために前述のようなワイヤ送給速度の制御を行なう必要がなく、したがって溶接の自動化が非常に容易になるという長所がある。

現在のところ、炭酸ガスでシールドし、ワイヤの送給だけを自動化した半自動溶接機が広く普及してきたが、この場合は直流電源を使用することが多い。

(2) 機械的部分の自動制御

アーケンス溶接の自動化を行なう場合、溶接機の機構部分ならびに溶接材のハンドリングの自動化が必要である。

これには溶接機トーチを溶接材に対して常に適当な高さに位置させるための位置制御、溶接線に沿ってトーチを移動させる走行制御、そしてこれらの自動化の程度を高めたならい制御があり、また専用溶接機には、溶接材の取り出し、ボジショナへの取付け、溶接中の運動、溶接後の取りはずしなど、ハンドリングの自動制御もある。

また押しボタンまたは足踏スイッチで全装置の始動・停止を行なうシーケンス制御も重要で、これらの制御は一般的な工作機械の自動化の場合とほぼ同様である。したがって、工作機械用のならい装置・NC装置などの利用が考えられるわけであるが、アーケンス溶接という特殊な工程が含まれるため、わが国では切削・研削の工作機械に比して、ややおくれているようである。

しかし今後は、量産部品に対してはこのような自動化が大いに普及するであろうし、一つの溶接だけでなく、複数の溶接や他の工作をも含めて一体化された自動機械が製作されるようになるはずで、その場合には自動溶接機というより方がもはや不適当となるであろ

う。

(3) アーク溶接におけるその他の自動制御

(a) ホットスタートとクレータ処理

アーク始動時に、走行速度をおとし、またアーク電流を増加して、はやく定常状態に入れるのがホットスタートであり、また溶接の終了時に走行速度をおとし、さらに走行を停止した状態で、ある時間小電流でアークを継続し、クレータを埋めるのがクレータ処理である。これらの制御は簡単に自動化することができるが、これはシーケンス制御の一種と考えることができる。

(b) フィードバック制御

溶接では、溶接に直接関係する変数の検出が困難であるため、フィードバック制御の長所を利用しにくいことは前述のとおりであるが、TIG、MIGまたはプラズマアーク溶接などで、光または赤外線測定などにより、間接的に溶込みの状態を検出し、これによって電流値や溶接速度を変化させ、フィードバック制御を行なっている例がいくつか紹介されている。

溶接中アーカーの近くに検出装置をおくという難点はあるが、板厚が変化するときなどに適するほか、溶接の信頼性を向上する手段として評価されている。

(c) 特殊な電流の採用

アーク電流としてパルス波形を使用したり、通常の電流にパルス波形を重畠したりする方法がある。これは平均電流を大きくしないで、大電流によるスプレーを発生させ、良好な溶接をえたい場合に適している。

また最近2~20キロパルス/秒のパルス電流によるTIGやMIGが紹介されている。微細な粒子によって高品質の溶接部をえることを目的とし、原子力燃料棒の溶接に使用されているといふ。

これらはいずれも溶接の自動制御という立場から、注目しておきべきものであろう。

3.2 抵抗溶接の自動制御

(1) 溶接電流の制御

点溶接・プロジェクション溶接等の抵抗溶接では、溶接材である金属に直接大電流を通じ、集中的に抵抗熱を発生させて溶接するものである。したがって大電流を短時間正確に流すという制御がまず要求される。薄板製のタンク類などの製造に用いるシーム溶接や、パイプの製造に用いるバットシーム溶接などは、時間的に電流が継続するが、時間とともに溶接材を移動させるので、溶接材の一箇所で考えれば、やはり短時間大電流ということになる。

点溶接などで電流の比較的小さいときは、溶接変圧器の一次側を電磁開閉器で開閉する方法をとることも多いが、大電流になると開閉器の寿命が問題になるほか、開閉に対する信頼性が不十分になる。これに対して過去においては放電管制御が利用されたが、現在では固体素子の進歩により、サイリスタを使用するのが常識になってきた。なお鉄金属の抵抗溶接のように、電流が数万A以上にもなり、通電時間が数分の一秒という短時間の場合には、サイリスタよりもイグナイトロンのほうが瞬時負荷に対して無理がきくので、なおいまのところ有利である。いずれにしてもこのような素子を使用すると、交流の半波単位で電流の開閉ができるので、溶接電流の開閉制御はきわめて容易かつ正確になる。

電流値は変圧器のタップで決定するのが普通であるが、交流の各半波における点弧位相を変えると、平均電流の制御ができるわけで、これはヒートコントロールとよばれている。またヒートコントロールの応用

として、一点の溶接に使用する電流の波形制御を行ない、プレヒート、ポストヒートなどの効果を与えて、溶接の品質向上を行なうことも可能である。

なおパイプの溶接には、数百kCの高周波による誘導加熱方式を採用することが多い。

(2) シーケンス制御

抵抗溶接では、一回ごとに電極の下降・上昇、加圧、電流の開閉などがくりかえされるので、シーケンスの自動化が行なわれたのは当然である。電動機応用の分野で、古くからシーケンス制御が重視されていたことは周知のところであるが、それ以外では、抵抗溶接のシーケンス自動制御は比較的早かったほうである。抵抗溶接の制御などが刺戟となって、シーケンス制御という言葉が広く普及し、溶接機はもちろん、各種の機械からさらに化学工業その他に存在するおびただしい数のバッチプロセスに、シーケンス自動制御が採用され、これが省力化に大いに貢献することになったのは、まことに興味深いところである⁽⁷⁾。

(3) 抵抗溶接のその他の問題

(a) 適応制御

点溶接における溶接部のわずかな熱膨張を検出し、この検出値が規定の値になったときに電流を停止するようにしたり、またフラッシュバット溶接で、板厚・電流・電圧などの条件が変わっても、良好なフラッシュを発生させるようプラテンの移動を制御したりすることを適応制御とよんでいる。

適応制御はもともとロケット制御などから出た言葉であるが、最近工作機械関係で、いろいろな環境条件の変化に応じて、パラメータを変化させ、最良な状態になるようにフィードバック制御することを適応制御といっている場合が多い。

(b) マルチスポット溶接機

自動車のボディー、家電製品等、量産製品の部品の製作には、1台に多数の電極をもったマルチスポット溶接機が使用される。この場合溶接機が治具の役目をもかね、ウエルディングプレスなどとよばれることもある。

また自動車ボディーの集成ラインなどでは、このようなマルチスポットウェルダがタンデムに多数設置され、途中のハンドリングも自動化されて、全体が一つの大きな自動装置を形成し、ほとんど無人で運転されているものもある。ただしこれらの装置は高価になるので、その採用には量産の程度や、将来のモデルチェンジなどをよく考慮する必要がある。

3.3 その他の溶接の自動制御

溶接には、アーク溶接・抵抗溶接以外にも、ガス溶接・圧接・テルミット溶接・エレクトロスラグ溶接・超音波溶接・高周波溶接などがあり、また比較的最近では、プラズマ溶接・摩擦溶接・電子ビーム溶接・レーザビーム溶接などが実用化されてきた。

加熱や操作の差違によりそれぞれ異なった点はあるが、いずれもできるだけ自動化するように研究が進められている。特に最近発達した溶接方法では、加熱がシャープなので、その実用には自動化が条件になる場合さえある。しかしこれらの自動化でも、やはり大部分がフィードフォワード制御になっていることはやむをえないところである。

4. 溶接への電子計算機の応用

近年電子計算機の発展はめざましく、その応用はあらゆる分野に

及んでいる。したがって溶接も電子計算機と無関係であるということはない。しかし溶接は複雑な自然現象の応用であり、前述のようにフィードバック制御によって品質を確保することの困難な作業であるため、完全な無人制御にはしにくく、また作業のユニットが比較的小さいということもあって、電子計算機による制御はややおくれているといえる。

しかし今後溶接への電子計算機の応用は当然考えられるべきで、ここに応用の可能性のある事項を列挙してみることとする。

(1) 溶接研究への応用

- (a) 熱伝導・温度分布・応力・ひずみなどの計算
- (b) 溶接研究についての情報探索
- (c) 溶接材・溶着部などの分析に関するデータ処理
- (d) 加熱・冷却の熱サイクル再現その他 シミュレーション
- (e) 溶接操作の解析、ロボットによる研究など

(2) 溶接設計への応用

- (a) 設計上の情報探索
- (b) 設計計算と設計検討
- (c) コスト算出
- (d) 最適設計・自動設計

(3) 溶接作業への応用

- (a) 溶断機への応用……数値制御・群管理など
- (b) 溶接条件の指令・表示
- (c) 溶接部材のハンドリングの自動化
- (d) 溶接操作……自動操作・シーケンス制御
- (e) 溶接中の変数の制御……適応制御

- (f) 作業の監視・記録・集計など
- (4) 試験・検査への応用
- (5) 溶接管理への応用
- (6) 溶接工の訓練・検定への応用
- (7) 各種溶接応用上における計算機利用

5. む す び

溶接というものを制御の観点からながめると、自動化の困難な要素がかなり多い。それにもかかわらず、多くの人々の努力によって溶接の自動制御が今日まで進歩してきたことは、まさに興味深いところである。溶接は、各種機械・船舶・鉄道・自動車・航空機・圧力容器などの製造に応用され、それぞれの分野でまた自動化について独自の工夫がこらされているが、ここではこれらにはふれず、一般的に溶接技術における自動制御の発達と動向について述べた次第である。

参 考 文 献

- (1) 安藤ほか：日本における溶接の展望、溶学誌 41, 5 (昭47)
- (2) 中村：溶接に関する将来の諸問題、溶学誌 41, 8 (昭47)
- (3) 沢井：計算機制御と溶接、溶学誌 38, 8 (昭44)
- (4) 沢井：溶接における自動制御、機学誌 73, 616 (昭45)
- (5) 荒田、井上：アルミ溶接の自動制御、溶学誌 41, 6 (昭47)
- (6) 清原：最近における専用自動溶接機、溶学誌 41, 10 (昭47)
- (7) シーケンス自動制御便覧：オーム社 (昭39)

MEL-O-MATIC 全周自動溶接機

鶴 飼 順*

MEL-O-MATIC Mitsubishi Automatic All Position Arc Welders

Nagoya Works Jun UKAI

Introduced herein is an automatic welder workable at all circumference MEL-O-MATIC which is able to carry out of welding at all positions with high quality tubes to be used for the piping of nucleus apparatus, chemical plants and boilers.

The distinctive feature of this welder is the provision of control for various functions such as that of gas pressure, pulses and programs. Combined with a compact welding head suited to the welding operation in a restricted spaces of the working site, this welder is capable of working automatically on all position welding of fixed tubes that was considered in the past only possible by the skill of well experienced man.

1. まえがき

原子力・化学機器の各種配管系、ボイラーチューブ、(儀)装配管などの溶接では、溶接結果の判定がきびしく(裏波形状の規定、X線検査など非破壊検査の判定など)、高度の溶接技量が要求される。また高圧給水加熱器や、化学機器の各種熱交換器の管と管板の接合には、使用温度・圧力の増加に伴い、従来のローラ括管法からシール溶接に置換わりつつあり、大容量のものでは一基当たり数千の溶接箇所を欠陥なく溶接を行なうには、管の突合せ溶接と同様高度な技量が必要である。従来この種の用途には、熟練溶接作業者によりTIG手溶接で施工されていたが、1) 制約された狭い場所で、2) 全姿勢溶接となるために、悪環境下で熟練を要する溶接作業であることから、熟練溶接作業者が不足している最近の溶接業界では、自動化の強く要求されていた分野の一つである。

当社では数年前より、科学技術庁金属材料技術研究所および三菱重工(株)などのご協力を得て、全姿勢溶接の自動化の研究・開発を進めており、1971年3月、大阪国際見本市会場で開催された1971年国際ウェルディングショーで、TIGチューブ自動溶接機を発表以来、現場での使用実態にあった溶接施工法・電源・制御装置、および溶接ヘッドなどの機構部の開発・改良を行ない、MEL-O-MATIC 三菱全周自動溶接システムとして、TIGチューブ自動溶接機・シール溶接機・MIGパイプ溶接機など一連の製品化を行なった。

ここでは、全姿勢溶接の自動化の問題点、開発した溶接機の特長、各種溶接機の仕様・構造・溶接施工などについて紹介する。

2. 全姿勢溶接の自動化の問題点

全姿勢溶接の自動化における問題点を、おもにTIGチューブ自動溶接機に例にとって説明する。

原子力・ボイラーチューブに用いられる管の材質は、使用温度・ふん囲気により異なるが、大部分Cr-Mo鋼管、またはオーステナイト系ステンレス钢管が使用される。これらは一般に比較的薄肉管ではI開先またはV開先、厚肉管ではU開先が用いられ、第1層はTIG溶接で良好な裏ビードを形成させ、第2層以後は被覆アーカ溶接棒により肉盛りされる。この溶接作業を自動化する場合の問題点としては

(1) 均一な裏ビードが得られること。

とくに5~8時の上向から立向上進姿勢になる部分では裏ビードがくぼみやすく、X線検査により不合格となりやすい。

(2) 全姿勢の各位置における溶着量の均一化のために、溶融池制御を行なうこと。

(3) 狹い(隘)部では溶接作業者と反対側の溶接状況が監視できないため、溶接条件が外部要因に対して影響されないか、あるいは裕度が広いこと。

(4) 現場作業には可搬性の良い機器が必要であり、とくに溶接ヘッドはコンパクトで、耐熱・耐久性の高いものであること。

さらに横向きシール溶接においては上記の(2), (3)に加えて、

(5) 数千箇所の溶接を能率良く安定に行なうために、溶接の位置決めが精度良く安定に行なうことなどである。

3. 開発した溶接機の特長⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾

2章で説明した自動化の要求事項に対し、当社で解決を計った制御方式・機構などの特長について説明する。

3.1 ガス圧制御方式(P&C制御、その1)

固定管の全姿勢溶接において、第一に問題になる裏ビードの均一化を計る方法として、金属材料技術研究所の発明『ふん囲気圧力差を利用した溶接方法』特許第558462号を、発明者の溶接研究部稻垣部長・岡田技官のご指導により実用化を行なった。3.2節に述べる位置制御と合わせ、P&C制御方式(Pressure Cycle and Position Condition Control System)と名付けている。

ガス圧制御方式の応用としては次の三つの場合が考えられる。

(1) アーク力および溶融金属の重力に対するバックアップ

図3.1において、被溶接物の表側ふん囲気圧力 P_1 と、裏側のふん囲気圧力 P_2 とにわずかな圧力差を生じさせる。(図3.1のように下向溶接では $P_2 > P_1$)、ふん囲気圧力差($\Delta P = P_2 - P_1$)は溶融金属の重力ヘッドに相当する値を選定すれば、裏側ビードは平たんな形状にできる。

(2) 溶融金属の表面張力に対するバックアップ

小径管の溶接では図3.2に示すように、管の曲面によって溶融金属面に圧力が生じ管の中心に向って作用する。外径20φ(mm)以下の小径管では前述の重力ヘッドよりもこの影響が顕著で、全姿勢溶接の各位置でこの表面張力に対するバックアップの圧力(加圧)、が

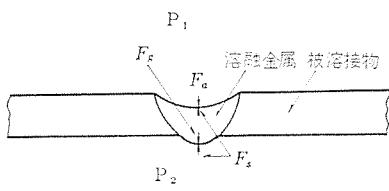


図 3.1 溶融池に働く力
Force acting on welding pool.

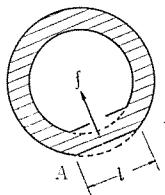


図 3.2 細径管の溶融池の挙動
B Welding pool on small diameter tube.

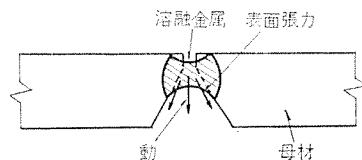


図 3.3 V開先内のビード形状
Shape of welding bead in V joint preparation.

必要である。

(3) V開先溶接における裏ビードのくぼみの防止

厚肉管のV開先溶接では、開先面に沿って溶融金属が引上げられ、図3.3に示すようにビード全周にわたって裏ビードがくぼみやすい。この場合管内圧力を大気圧よりも低く(減圧)してやれば、溶融金属を管内中心に向って押下げる力が働き、裏ビードのくぼみを防止できる。

3.2 プログラム制御(P&C制御、その2)

図3.4のように各溶接位置において、溶接状況が変化するのに応じて適正溶接条件は変化する。この理由は、

- (1) 溶融金属に働く重力方向が変化する
- (2) 溶接開始時からの熱的効果が異なること

の二つであり、これらは適用管の材質・サイズ・縫手形状が決まれば固有のものであり、あらかじめ適正条件を与えることができる。具体的な制御方式としては、管の全周360度を8分割、すなわち、45度ごとに分割して図3.5に示すプログラムピンボードで、溶接電流・ワイヤ送給速度を設定している。とくに多層盛溶接ではワイヤ送給速度のプログラム制御は、各位置のどの厚の均一化に有効であり、チューブ・シール溶接ともに有効である。

3.3 パルスTIG溶接法

従来MIG溶接では、50~120(Hz)程度の周波数のパルス電流を加えることにより、低電流領域のグロビュラ移行からスプレー移行へ、溶滴の移行形式を変えることによりアーケの安定化を図り、全姿勢溶接を容易にしている。パルスTIG溶接法ではMIG溶接と異なり、0.5~4Hz程度の低周波パルスで、おもに溶融池の入熱制御を考えたものであり、次のような効果がある。

3.3.1 溶融金属の垂れ落ち防止

全姿勢溶接時の溶融池に働く重力方向は、図3.4に示すように各溶接位置で変化する。実際の施工時には立向上進および下進部(図3.4の3および7の位置)では、溶接電流を大きくすると溶融金属の垂れ落ちが起こりやすく、電流を小さくすると融合不良を生じ、適正溶接条件範囲がきわめて狭い。0.5~4(Hz)程度の低周波パルスでは、溶融池の大きさは電流の増加・減少に同期して制御され、ピーク電流時に溶融池の生成に十分な入熱を与え、ベース電流時に垂れ落ち寸前の溶融池の熱入力を小さくして凝固させることにより、溶融金属の垂れ落ちを防ぎ良好な結果が得られる。

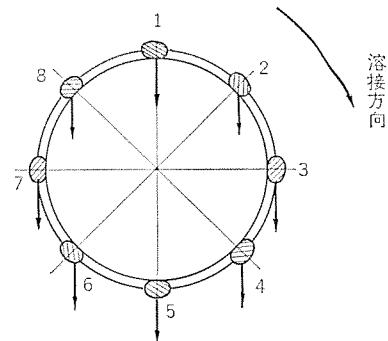


図 3.4 円周溶接の各位置
Welding position in In-place welding.

管円周位置	1	2	3	4	5	6	7	8
溶接電流	○	○	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○	○	○
1	○	○	○	○	○	○	○	○
0	○	○	○	○	○	○	○	○
1	○	○	○	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○	○	○

図 3.5 プログラムピンボード(溶接電流)
Programmed pin-board.

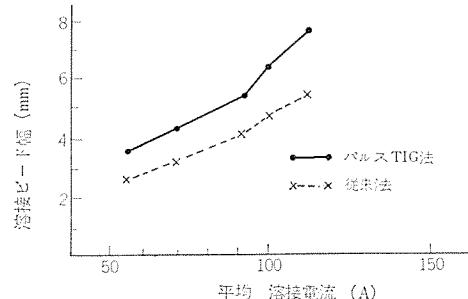


図 3.6 溶接電流とビード幅の関係
Welding current vs. bead width.

3.3.2 ビード止端部の溶込み改善

平均電流が同じパルス電流と、一定電流で溶接したビード幅を比較すると、図3.6に示すように20~30(%)パルス電流のほうがビード幅が増加する。ビード幅の増加はビード止端部での融合不良の防止に役立ち、開先内でおう(凹)形ビードとなり、一定電流の場合のとつ(凸)形ビードに比べて融合不良を生じ難くなる。このような効果は、管と管板の熱容量が著しく異なるシール溶接の場合には顕著で、管を溶損せずに管板と溶融池を十分になじませ、多少の電極ねらい位置のずれがあっても、良好な溶接結果が得られる。

さらにこのようなパルス電流(断続電流)とアーケの断続移動の単独、あるいは組合せ使用により、裏波溶接の安定化、ワンパス溶接の板厚範囲の拡大などの効果が、理論的にも実験的にも確認されており、静止連続アーケ溶接法と名付けられている⁽³⁾。

3.4 条件設定の高精度化(溶接条件の再現性確保)

溶接自動化の前提は、一度設定した溶接条件が溶接状況とは関連のない、外部条件(たとえば電源電圧の変動、周囲温度変化、溶接機内部発熱による温度変化)に影響されず、つねに一定値に保たれることである。この点、従来の自動溶接機では十分といい難い面があり、とくに3.2節で述べたプログラム制御を行なうときには、溶接結果の均一化のために大切なことである。

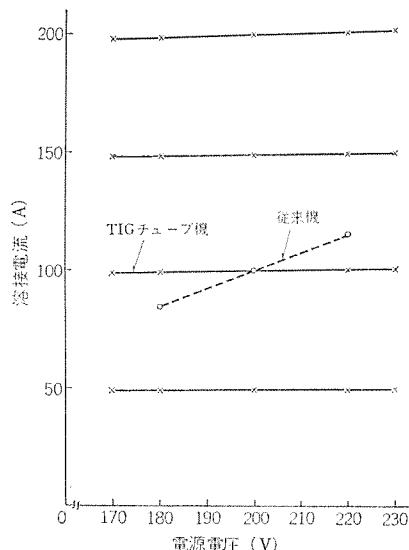


図 3.7 電源電圧と溶接電流の関係
Supply voltage vs. welding current.

MEL-O-MATIC三菱全周自動溶接機では、この条件設定の高精度をねらいとして、溶接電流・ワイヤ送給速度・ヘッド回転速度などの溶接条件を外部要因に対して、設定値の±1%の値になるように設計している。

図3.7に一例として、TIGチューブ溶接機の電源電圧の変動に対する出力電流の特性を示す。従来のTIG溶接機では電源電圧変動±10%に対し、約±15%の電流変化を生じていた。これに対し今回の電源では実線に示す特性であり、±1%の精度を有している。

3.5 溶接ヘッドの操作性改善

チューブ溶接機では施工場所の制約を考慮し、溶接ヘッドの小形軽量化、管へのセッティング時間の短縮化、種々の継手に対する応用性などの要求に対して満足する機構を採用している。

またシール溶接機では、溶接ヘッドの保持方法、溶接物へのセッティングの容易化などに特長がある構造となっている。

これらの構造例については次章で説明する。

4. 各種全周自動溶接機の仕様および構造

4.1 TIGチューブ自動溶接機

図4.1に系統図、図4.2に装置外観、表4.1に仕様を示す。

図4.1に示すように電源・溶接ヘッド・操作箱の3主要構成装置よりなっており、溶接場所へ小形・軽量化された溶接ヘッドと操作箱を移動して作業する。

4.1.1 電源（制御装置内蔵）

プラント現場の溶接にも適用できるように電源と制御装置を一体化し、さらに冷却水循環装置・ガスボンベを後部に取付可能にしており、自在車輪により容易に移動できる。主要制御機能として次のものを作っている。

(a) ガス圧制御装置

図4.3に外観を示す。図に示すようにケース内に収納され、通常は電源内部に取付けられているが、電源から溶接物までの距離が長くなった場合、ガスホース内の圧力降下が無視できなくなるため、電源より取りはずしても使用できるようになっている。

溶接電流・ワイヤ送給速度と同じく、円周各位置における圧力設定のプログラム制御ができるようにセレクタスイッチを設けており、-80~

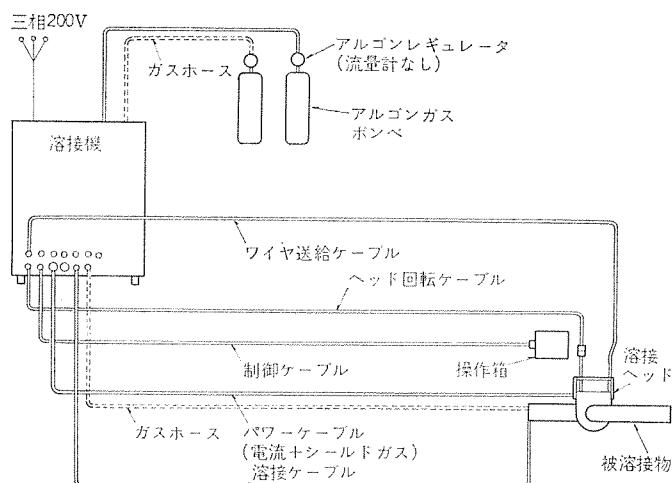


図 4.1 TIG チューブ 自動機系図
Schematic diagram of TIG tube welder.

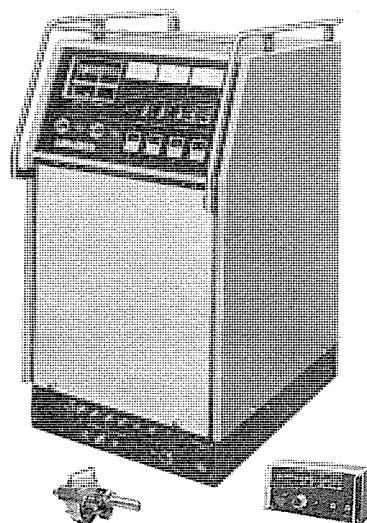


図 4.2 TIG チューブ 溶接機
TIG tube welder.

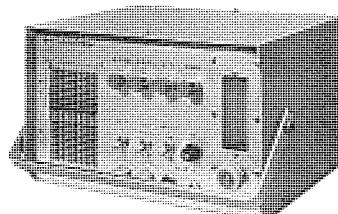


図 4.3 ガス圧制御装置
Gas pressure control equipment.

+80(mmAq)/-40~+40(mmAq) の範囲内で、±5段階の圧力設定がプリセットできる。さらに本装置を他の溶接に単独使用ができるよう、設定値の切換えをタイマで行なう機能も有しており、回転管の溶接や、平板の突き合わせ溶接にガス圧制御を要する用途にも応用できる。

(b) パルス制御

ピーク電流・ベース電流・ピーク時間・ベース時間が単独に設定できるようになっている。いずれもデジタル表示のダイヤルを使用し、溶接作業者が代わっても、同一な条件が設定できるよう考慮している。さらにパルス電流と同期して、ワイヤ送給のパルス送り、溶接ヘッドのパルス回転もでき、前述の静止連続アーケ溶接へ適用できる機能としている。

表 4.1 TIG チューブ溶接機仕様

Specification of TIG tube welder.

構成装置		仕様							
溶接部	電源	定格電流 A	300						
		使用率 %	60						
		入力電圧 V	3φ 200						
		周波数 Hz	50/60						
		電流範囲 A	5~300						
	接続部	変動補償 %	設定値の±1%						
		高周波装置	内蔵						
		冷却水装置	水冷トーチの鳴き取り						
		シールドガス制御	ブレフロー時間 (s)	1.0~10					
電源部	制御		アフターフロー時間 (s)	1.0~30					
		アーカスタート後の遅延制御	ヘッド回転 (s)	0.4~5					
			ワイヤ送給 (s)	0.4~5					
		プログラム制御	ピンボード方式						
			位置検出数 8(45°毎)						
	電御		設定因子 ベース電流						
			ワイヤ送給速度						
			設定範囲 ダイヤル設定値の±10%を±5段階						
		パルス制御	ピーク時間 (s)	0.2~9.9					
			パルス時間 (s)	0.2~9.9					
	源部		ピーク電流 (A)	5~300					
			ベース電流 (A)	5~300					
		360度回転後の遅延制御	ワイヤ停止 (s)	0.4~5					
			クレータフィラ開始 (s)	0.4~5					
			スローフォード (s)	1.0~12					
	その他		ヘッド回転 (s)	1.0~30					
		その他制御機能	アーカッシュ (s)	1.0~30					
		外形寸法 mm	640×975×1,215						
		重量 kg	約 320						

(c) プログラム制御

電源前面に配置しているプログラムピンボードにより、円周360度を8分割して条件選択ができる。設定因子は溶接電流およびワイヤ送給速度で、設定範囲は通常、基準ダイヤル設定値に対して±10(%)に調整されている。(一つのピン間で2(%)条件が変動する)

(d) アーク長制御

当社の溶接ヘッドは後述するクランプインサートを用い、溶接ヘッドの心出しを容易にしており、100φ(mm)以下の小径管については管の精度が良いこともあって実用上問題ない。しかし、100φ(mm)以上の大径厚肉管になると、管の精度が劣ること、多層盛溶接では溶着量の変化により前層ビードの形状が不均一になること(プログラム制御でかなり改善はできる)などの理由で、アーク長制御機構が必要になる。アーク長制御といつても、実際はアーク電圧を基準値と比較し一定値になるように制御している。

(e) クレータ制御

溶接終了時のワイヤ停止、溶接電流のスローフォード、ヘッド回転停止などが、アーカスタートから溶接ヘッドが360度回転し元の位置へ戻ると自動的に行なわれる。とくに溶接電流のスローフォードは通常の段階制御や、コンデンサの充放電方式に比べて直線的に変化できるのが特長である。

4.1.2 溶接ヘッド

溶接ヘッドで設計上とくに考慮している点を次に述べる。

(a) 管へのセッティングに対し心出しが容易である

図4.4に溶接ヘッドの構造図を示す。溶接ヘッド内側にクランプイ

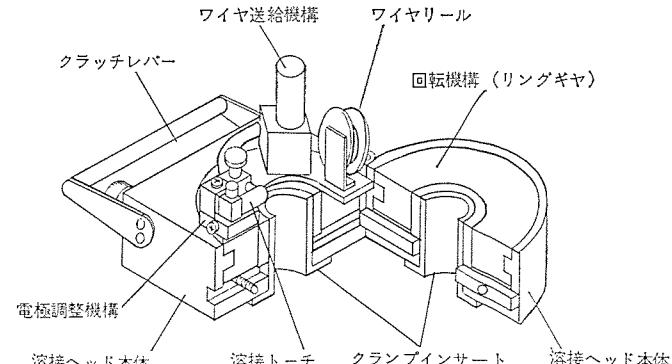


図 4.4 TIG チューブ溶接ヘッドの構造
Construction of TIG tube welding head.

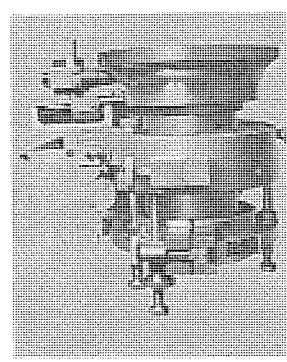


図 4.5 溶接ヘッド(ローラならい式)
Welding head.

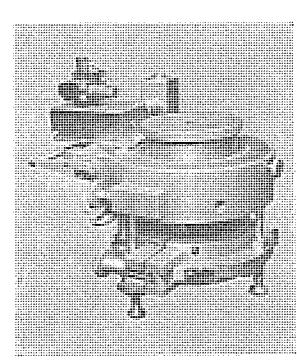


図 4.6 溶接ヘッド(電気ならい式)
Welding head.

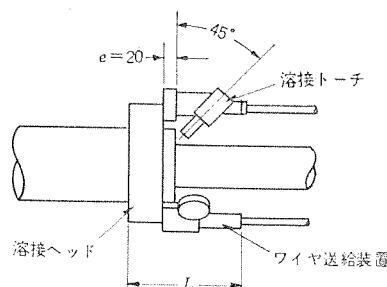


図 4.7 溶接ヘッド(すみ肉用、重ね縫手用)
Welding head.

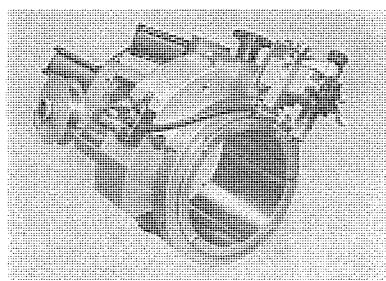


図 4.8 溶接ヘッド(曲り管用)
Welding head.

ンサートと称する部品を設け、この内径寸法は、適用チューブの外径寸法より 0.2~0.3(mm) 大になっているので、管にクラップすればこの精度で容易に心出しできる。さらに、管より溶接熱や予熱の熱伝導により、溶接ヘッドの温度上昇を防止するため、クランプインサートを水冷することも行なっている。この水冷 クランプインサートの開発は、三菱重工(株)長崎造船所よりの強いニーズより生まれたもので、ボイラチューブなどの比較的小径厚肉管には非常に有効なものである。

アーケ長を一定にするためのならい機構には、機械的ならいと電気的ならいの 2 種があり、図 4.5, 4.6 にそれぞれの外観を示す。

(b) 管間隔が小さくても使用できること

ボイラチューブ や原子力配管などでは管間隔が 40~80(mm) と狭い。

表 4.2 横向きシール溶接機仕様

図 4.4 に示すように小形のトチの開発、ワイヤ送給機構、リールの配列により、狭間隔でも使用できる溶接ヘッドを製品化した。当社の溶接ヘッドでは、フィラワイヤ式で 50(mm) ノンフィラワイヤ式で 40(mm) までの管間隔に適用できる。

(c) 可搬性が良好なこと

溶接ヘッドにワイヤ送給機構・ヘッド回転機構が積載され一つのユニットにまとめ、可搬性を容易にした。重量も表 4.1 に示すように #65 の溶接ヘッドで約 4(kg) と軽量である。

(d) 縫手形状に対し応用範囲が広いこと

図 4.7 に重ね縫手およびすみ肉溶接用、図 4.8 に 180 度または 360 度バンド管用の溶接ヘッドを示す。

4.1.3 操作箱

外形寸法 275×155×170(mm) の小形で、重量は約 2(kg) で溶接ヘッドと共に容易に移動できる。

また、溶接条件選択スイッチが設けられており、初層溶接・中間層盛肉溶接・仕上げ溶接に手元で必要な制御機能が選択できるようまとめられている。

4.2 シール溶接機

図 4.9 に横向きシール溶接機の構成図、表 4.2 に仕様を示す。

電源は構造・制御機能とも、TIG チューブ溶接機と同一電源が用いられる(ガス圧・アーケ長・オシレート制御などは使わない)。制御盤は、溶接ヘッドの移動やアースタート点の自動設定など、おもに横向きシール溶接機の制御に必要なもので、下向きシール溶接機・ガンタイプシール溶接機には不要である。

シール溶接機の種類には次に述べる 3 機種がある。

4.2.1 横向きシール溶接機

熱交換器を横にしたまま、管と管板の溶接を全姿勢で行なうもので、TIG チューブ溶接機と同じく、プログラム制御など溶融金属の制御が必要である。溶接ヘッドは図 4.10 のようにマニブレータ上に積載され、管板面に対して上下・左右・前後とも電動で駆動される。またヘッド本体には、上下・左右とも約 100(mm) の範囲で、スライドベ

Specification of sideway seal welder.

構成装置	仕様			構成装置	仕様		
溶接電源	空冷式 オシレート、アーケ長、ガス圧制御とも使用せず その他の仕様は TIG チューブ機と同一			溶接ヘッド	タンクステン電極径 mm フィラワイヤ径 mm ワイヤ巻重量 kg	2.4 0.8, 0.9 12.5	
操作箱	溶接ヘッド移動、回転、ワイヤ送給のインチング制御 溶接開始・停止、非常停止エアロックスイッチ				ワイヤスプール mm	300 φ×52 φ×100 外径 内径 幅	
制御装置	溶接電源内蔵以外の機能でアーケの定点起動、マニブレータの電動走行などの制御機能を有している。			調整機能	トチ上・下 mm トチ半径 mm 狙い角 (度) 前後進角 (度)	20 25 12.5~30 ±5	
マニブレータ本体部	機械寸法 mm 幅 奥行 高さ ヘッド移動	3,100×1,500×2,700 2,000 3,000 1,250 1,800		ヘッド回転数 rpm	0.4~4		
溶接ヘッド部	ヘッド前後移動	距離 (mm) 速度 (mm/min)	270 700	ワイヤ送給速度 mm/min	200~1,800		
	手動調整範囲	水平垂直方向とも ±50 mm		主要構造	a) 溶接ヘッドに XY 移動スイッチを設け、スイッチを押した方向に溶接ヘッドが移動できる b) 溶接電流、ワイヤ送給モータ用ブラシを設けているので、溶接ヘッドが回転してもケーブルがよじれない		
	ヘッドロックシリンダ	加圧力 (kg)	30	付属品	アルゴンレギュレータ ケーブル、ホース類 標準 15 m 付属工具 予備品	1 個 一式 一式 一式	
	総重量	約 1.3 ton					

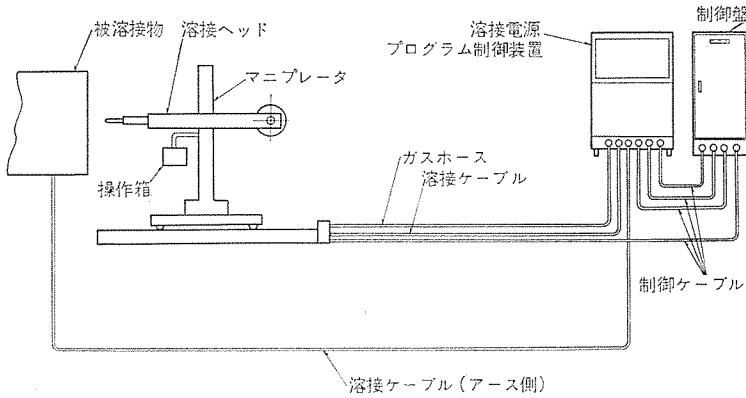


図 4.9 横向きシール溶接機系図
Schematic diagram of sideway seal welder for all position welding.

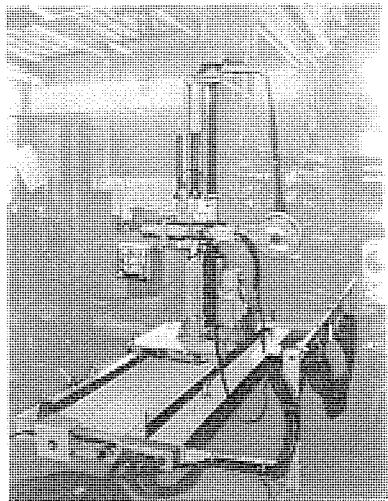


図 4.10 横向きシール溶接機用マニピレータ
Welding manipulator of sideway seal welder for all position welding.

アーリングと、エアシリンダによる手動調整機能を有している。高温まで使用できる特殊銅のセンタロッドをチューブの内側にそう入することにより心出しを行ない、溶接時にトーチとともに回転させ焼付きを防止している。

4.2.2 ガンタイプシール溶接機

図 4.11 に溶接ヘッドの外観を示す。本機はフィラ溶接法で、簡便なつり下げ治具と組合せて、おもに小形の熱交換器に適用される。重量は約 5.5 kg である。またこの種のガンタイプでノンフィラワイヤ式のものも製品化している。

4.2.3 下向きシール溶接機

図 4.12 に装置外観を示す。本機は管板上に取付けられ、950×150(mm)の範囲が一度のセッティングで溶接される。本体はアルミ合金などの採用により約 60(kg)と軽量化されているので、セッティングの変更は容易である。なお図 4.12 は本体に溶接ヘッドを 2 組積載した 2 ヘッド方式であるが、1 ヘッド方式のものも製作している。電極は、管の内面をスプリングで押付けられたならいローラでならいながら溶接するので、管の変形などに対しても良好な結果が得られる。次の溶接箇所への移動は、2 方向ともスライドベアリングを使用し、手動で任意の位置に軽く移動でき、センタリングの後、エアシリンダによるクランプ機構でセッティングのずれを防止できるようになっている。

4.3 MIG パイプ溶接機

図 4.13 に溶接ヘッドの構造図、表 4.3 に仕様を示す。本機の

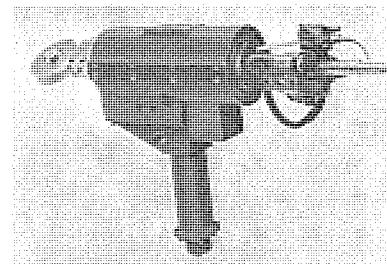


図 4.11 ガンタイプシール溶接機
Gun type seal welder.

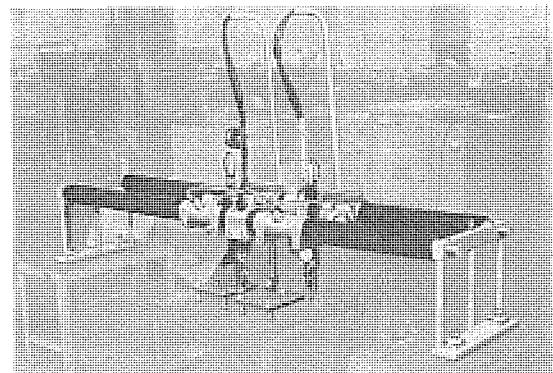


図 4.12 下向きシール溶接機
Seal welder for flat position welding.

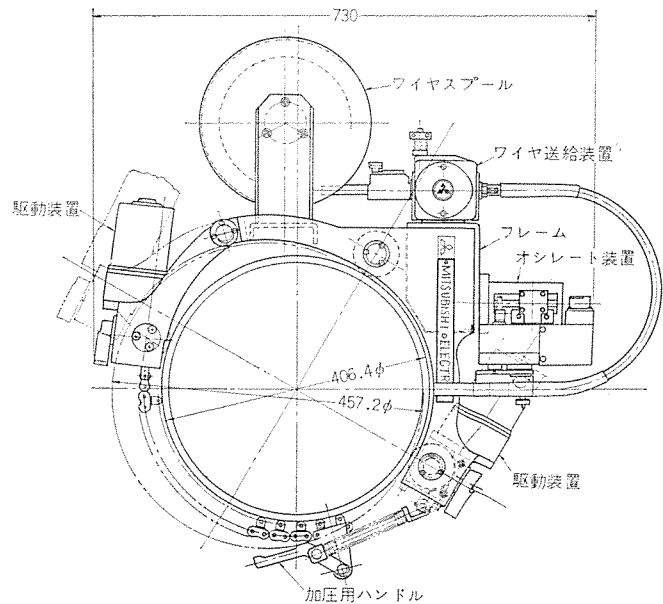


図 4.13 MIG パイプ溶接機
MIG pipe welder.

設計上とくに考慮されている点を次に述べる。

(a) 可搬性が良いこと

TIG チューブ溶接機と同じく電源と制御装置を一体化してまとめている。オシレート機構などのすべての機構を積載した溶接ヘッドは、約 30(kg) で移動の容易化を計っている。

(b) 調整の容易化

全周 360 度を 45 度ごとに 8 分割してのプログラム制御（電流・ヘッド回転速度・オシレート速度）、オシレート幅のプリセット、溶接線および突出長調整の電動化など、調整作業の容易化を計っている。

(c) パイプ径の広範囲への応用

図 4.13 に構造を示すように、小範囲のパイプ径の変更に対してはチェーンの長さを、大範囲のパイプ径の変更にはフレームとチェーン長

表 4.3 MIG パイプ溶接機仕様

Specification of pipe welder.

構成装置		仕 様				
溶接制御部	定格電流 A	300	構成装置	適用パイプ径 mm	400~600	
	使用率 %	60		使用ワイヤ径 mm	0.8, 1.0, 1.2	
	入力電圧 V	3φ 200		ワイヤ巻重量 kg	5または6.25	
	周波数 Hz	50/60		オシレート回数回/分	0~100	
	電流範囲 A	80~300		オシレート幅 mm	0~30	
	出力電流変動補償			オシレート両端停止 s	0.1~10	
	シールドガス制御	ブレフロー時間(s) 1.0~10 アフターフロー時間(s) 1.0~30		トーチ上下調整 mm	50	
	アークスタート後の遅延制御	ヘッド回転(s) 0.4~5 オシレート開始(s) 0.4~5		トーチ左右調整 mm	50	
	プログラム制御	ビンボード方式		ワイヤ送給速度 mm/min	0.5~12	
		設定因子 電流 溶接速度 オシレート数		走行速度 mm/min	30~200	
		設定範囲 ダイヤル設定値の±10% を±5段階		定格電流 A	200	
				使用率 %	100	
操作箱	外形寸法 mm	640×975×1,215	溶接ヘッド	冷却方式	空冷	
	重量 kg	約 320		重量 kg	約 30	
—		オシレート盤、トーチ上下、左右はリモコン式				
付属品		アルゴンレギュレータ 1個 CO ₂ アルゴンレギュレータ 1個 ケーブル、ホース類 標準 10 m 一式 付属工具 一式 予備品 一式				

さの変更により適用できる。

5. 溶接施工

TIG チューブ溶接機の溶接施工について紹介する。なお他の溶接機の溶接施工法および詳細については、当社で発行している各種技術資料^{(4)~(6)}をご参考にされたい。

5.1 ガス圧制御方式の実験例

5.1.1 水平固定管の各位置における適正ガス圧サイクル

図 5.1 にガス圧を変化した場合の、各溶接位置と裏ビードの余盛高さの関係を示す。裏ビードの余盛高さがプラスになる臨界ガス圧を適正值とすると、図 5.1 に※で示す値となる。

この値をもとに図 5.2 のように管内ガス圧サイクルの適正值を、5段階の加圧・減圧サイクルとして溶接を行なった場合の結果を図 5.3 に示す。破線のガス圧なしの場合に比して、裏ビードの余盛高さは均一で、円周上の余盛高さはほぼ 0 に保つことができた。

管厚の変化に対しては、図 5.3 のサイクルを管厚に比例して変えれば、適正なガス圧サイクルが得られることも明らかになっている⁽³⁾⁽⁴⁾。

5.1.2 小径管におけるガス圧制御の効果

図 5.4 は管径 13.8 φ(mm), ヘッド回転速度 2~4 (rpm), 平均溶接電流 40~60(A) の場合のガス圧あり・なしの適正条件範囲を示しているが、ガス圧制御の効果は顕著で、適正電流の許容範囲は約 15(A) と、ガス圧なしの 2~3(A) に対して広くなり、条件設定が容易になる。この理由は、3.1 節(2)に述べた理由で、ガス圧なしの場合は入熱を大にすると溶落を生じやすいことである。

5.1.3 V開先におけるガス圧制御の効果

図 5.5 は開先形状を 60° V開先、ルートフェース I (mm), ギャップ 0.8 (mm) で、管内ガス圧サイクルを図 5.6 として溶接を行なった場合の結果を示す。裏ビードの余盛高さを 0.2~0.3(mm) を目標とする場合、(1)は裏面にほぼ均等に裏ビードが出ているが、上向溶接部(f 部)で多少減圧不足である。(2)は下向溶接部(h, a 部)で減圧過剰、(3)は全体に減圧過剰であることを示す。

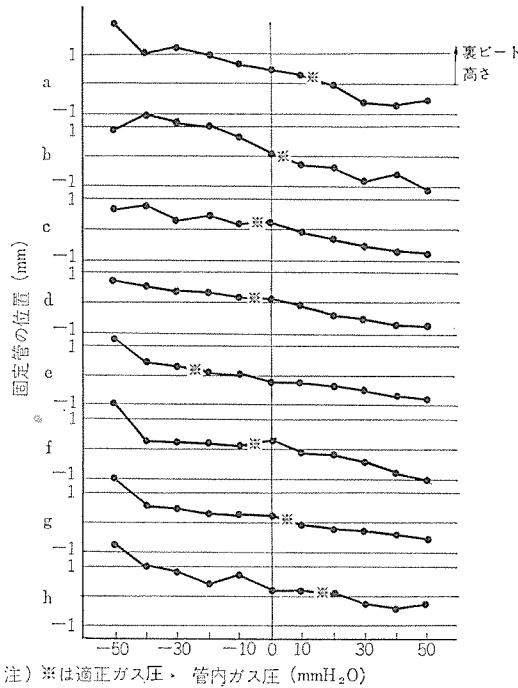


図 5.1 管内ガス圧と溶接位置、裏ビード高さの関係
(炭素鋼管(管厚 2 mm))

Gas pressure in welding tube vs. welding position and height of reinforcement on reverse side.

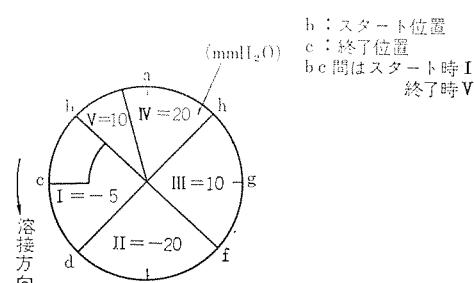


図 5.2 適正ガス圧サイクル(炭素鋼管(管厚 2 mm))
Proper gas pressure cycle.

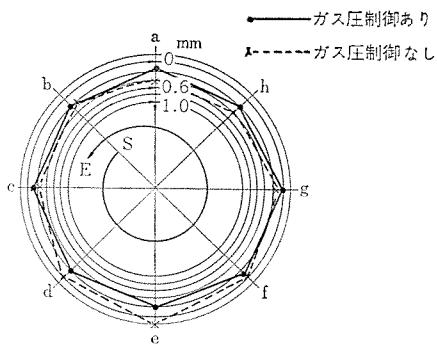


図 5.3 裏ビード余盛高さ(炭素鋼管(管厚 2 mm))
Height of reinforcement on reverse side.

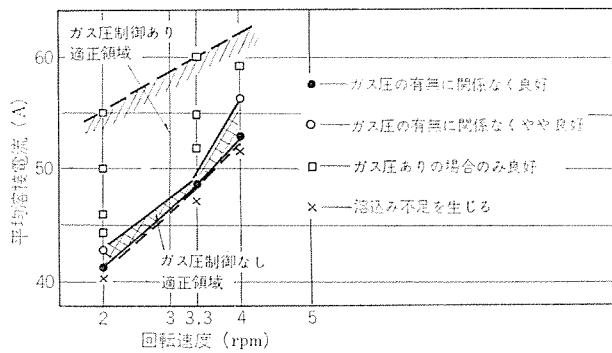


図 5.4 適正溶接条件範囲
Range of proper welding condition.

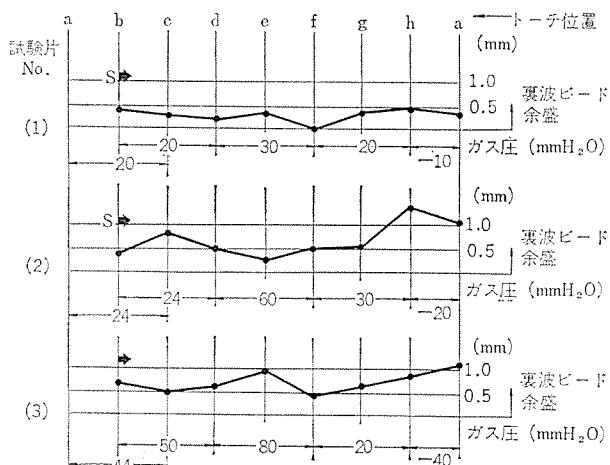


図 5.5 裏ビードの余盛高さ(V開先溶接)
Height of reinforcement of reverse side.

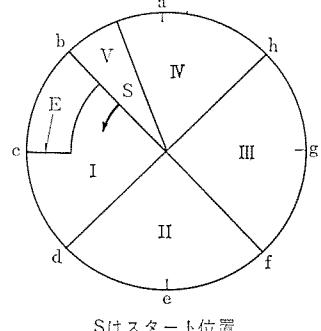


図 5.6 ガス圧サイクル(V開先)
Gas pressure cycle.

表 5.1 V開先の適正ガス圧サイクル
Appropriate gas pressure cycle of joint preparation.

位 置*	I	II	III	IV	V
適正ガス圧 (mmH ₂ O)	-20~-30	-40~-60	-20~-30	-5~-15	-20~-30

注) * 図 5.6 参照

この結果から適正ガス圧サイクルとしては表 5.1 の値になる。

5.2 厚肉管の開先形状の選定

ガス圧制御を行なえば、裏ビードが均一に全周にわたって出ることは明らかになったが、ボイラチューブなど用途によっては、どうしてもガス圧制御が使用できない場合があり、安定な裏ビードを出す開先形状の選定が必要になり検討を行なった。

図 5.7 (a)は一般に使用されている手動 TIG 溶接の開先、(b)は開先断面積をできるだけ小さくしようと試みたもの、(c)は裏ビードが出やすいように考えたものである。(b), (c)の開先では実際には底部にRをつけたU開先とするほうが、融合不良を防止する点から好ましいと考えられるが、ルートフェース、ギャップの影響を明確には(把)握するためにこのような台形開先とした。

各開先形状に対する適正溶接条件を表 5.2 に、裏ビードの余盛高さを図 5.8 に示す。この結果、次のことが明らかになった。

(1) V開先では開先加工が簡単であること、開先断面積も比較的小さく作業能率が良いことなどの長所はあるが、管の下半部で 0.1~0.5(mm) 程度裏ビードがへこむ。

(2) 台形開先Aでは仮付け溶接が容易(ギャップが0のため)であること、開先断面積が小で作業性がよいなどの長所はあるが、管の下半部で 0.1~0.3(mm) 程度裏ビードがへこむ。

(3) 台形開先Bでは全周にわたって安定な裏ビードが得られ、他の開先では余盛高さがマイナスになる部分ができるが、0.5~1.0 (mm) 程度プラスにできる。ただこの開先ではV開先に比べて加工が複雑であり、開先断面積も一番大きく作業能率の点で難点がある。またギャップを 0.8~1.0(mm) 程度に保つ仮付けの技術が必要などの施工時の問題がある。

したがって、開先形状は溶接部の品質との関連で決定する必要がある。

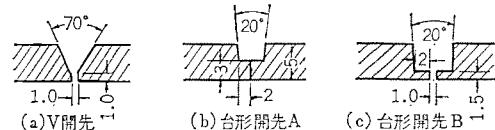


図 5.7 開先形状の実験例
Examples of joint preparations.

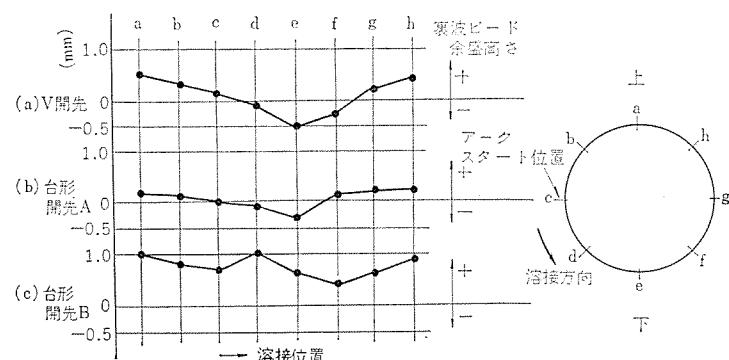


図 5.8 溶接位置と開先形状、裏ビード高さの関係
Welding position vs. joint preparation and height of reinforcement on reverse side.

表 5.2 適正初層溶接条件(シールドガス: 純 Ar, 8 l/min)
Appropriate initial layer welding condition.

開先形状	溶接電流 A	回転速度 rpm	溶接速度 mm/min	ワイヤ送給速度 cm/min
V 形	120~130	0.56	100	80
台形 A	80	0.47	84.4	—
台形 B	90	0.65	116	54

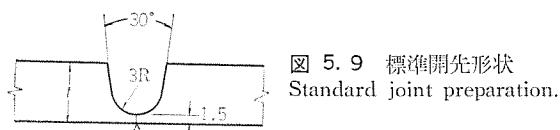


図 5.9 標準開先形状
Standard joint preparation.

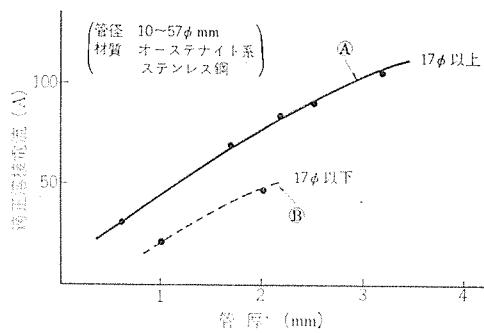


図 5.10 管厚と適正溶接電流の関係(ノンフィラ溶接)
Tube thickness vs. proper welding current.

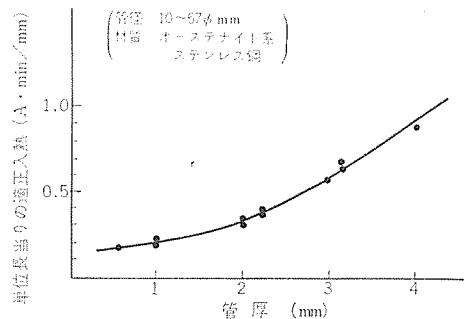


図 5.11 管厚と適正入熱の関係(ノンフィラ溶接)
Tube thickness vs. proper heat input.

あり、0.5(mm)程度裏ビードがくぼんでもさしつかえない場合には、V開先または台形開先Aを、くぼみが許されない場合には、台形開先B(実際には当社では図5.9に示すU開先を標準開先として推奨している)を採用することが必要になる。

5.3 溶接条件の設定方法

5.3.1 ノンフィラ溶接の溶接条件設定

I開先ノンフィラ溶接における管径10φ~57φ(mm)(材質はオーステナイト系ステンレス鋼のみ)の、管厚と溶接電流は図5.10に示す関係にある。管径17φ(mm)以上では曲線A、17φ(mm)以下では曲線Bで管径による熱容量の差を示している。図5.11は管厚と入熱量の関係を示す。この結果、管厚と入熱量はほぼ比例関係にあることがわかり、I開先ノンフィラ溶接ではこれらの図より、管厚が決まれば溶接電流および溶接速度が求められる。

5.3.2 U開先フィラ溶接の溶接条件設定

管厚4mm以上の管では1パス溶接が困難で、U開先フィラ溶接に

表 5.3 各層の溶接電流、ワイヤ送給速度の適正值
Appropriate values of welding current at each layer and wire feeding speed.

	溶接電流 A	ワイヤ送給速度 mm/min
初層	100~120	600~850
2層	120	600~850
中間層	管厚 4~6mm 140 12mm以上 180	1,000~1,200
最終層	管厚 4~6mm 140 12mm以上 180	300~800

ワイヤ径 1.0φ(mm)

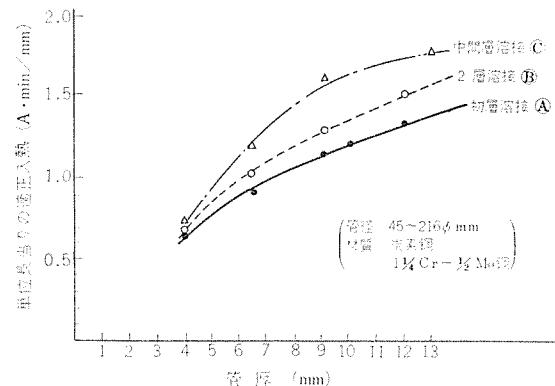


図 5.12 管厚と適正入熱の関係(フィラ溶接)
Tube thickness vs. proper heat input.

なる。図5.12は各層ごとに管厚と適正入熱の関係を示したものであり、溶接電流およびワイヤ送給速度は表5.3の値を選定し、図5.12との関係で溶接速度を求めればよい。

6. むすび

溶接の自動化は、溶融池現象の制御に基づくといつても過言ではない。MEL-O-MATIC三菱全周自動溶接機は、この観点より研究・開発されたもので、具体的な技術の成果について説明した。当社としてはさらに研究を続け、近い将来には初層から最終層までの自動化を目標に検討を進めている。

なお、本機の開発にあたっては、科学技術庁金属材料技術研究所溶接研究部の稻垣道夫部長・岡田明技官、および三菱重工(株)神戸造船所・長崎造船所・高砂製作所の関係各位のご指導ご協力をいただいた。これらのかたがたに改めて感謝の意を表わす次第です。

参考文献

- (1) 稲垣、岡田、星野、鵜飼、鉄: 溶接技術, 20, No. 1~No. 3 (昭47)
- (2) 稲垣、岡田、星野、鵜飼、鉄: 溶接学会 春季学術講演会 予稿集 (昭47)
- (3) 稲垣、岡田: 小径管の溶接におけるビード形成の制御、溶接アーチ物理研究委員会 資料 (昭47-5)
- (4) MOMニュース(三菱電機株式会社発行)
- (5) 三菱MOMチューブ自動溶接機による溶接施工の手引
- (6) 三菱横向きシール溶接機による溶接施工の手引

最近の自動溶接装置

赤枝 潤二郎*・橋川 延*

Recent Advancement of Automatic Arc Welding Equipment

Nagoya Works Junjiro AKAEDA・Takeshi KITSUKAWA

The advantage of automatic welding is not only the saving of labor as commented in general, but it covers a good many points such as high efficiency, rationalized welding operation, stabilized and uniformized quality of works. Up to the present much effort has been made by the users of welding equipment, makers of welding materials and builders of the welding machine toward the goal of realizing automatic welding. Development of technical skill, improvement of the materials and study on new welding heat source have been introduced one after another. The first step in the proceeding is mechanization of the torch operating rod, the second step is the application of program control, and the third step is the devising of sensors to detect various conditions at the welding point and judging the sensed amount to effect optimum control with the object of obtaining adequate quality. This article describes an automatic welder worked out by Mitsubishi as one trial to meet the requirement.

1. まえがき

自動溶接装置は、溶接作業するわち物と物とを融接することを人間が考へ出して以来、常に製作しようと考へられ、また製作されてきた。そしてこの分野は新熱源の開発、溶材の改良、溶接施工技術の発達に伴い、偉大な進歩を遂げている。いまでもなく自動溶接装置化の目的は、溶接物の時間当たり生産量を増加させ、能率よく製作し、製品の品質向上をはかり、とくに溶接作業者の技能優劣によるばらつきを除いて溶接品質の均一化をはかる。手溶接は、ややもすると過剰品質になりがちであるが、適正品質に的を絞り能率を上げ、溶接熟練工の不足、年々のベースアップによる賃金高のコストアップに対し未熟練工でも操作できる単純作業化をはかり、重量溶接物の搬入・搬出、位置決めに危険が伴い、溶接時発生するアーケーの光・高熱・有毒ガスなどの悪環境から作業者を保護するなど、安全対策の一環として機械化が要望される。

しかし、溶接作業の自動化が切削機械・溶断機械・成形機械・電気加工機械などに比較して進歩していないのは、一種の組立機械であること、手溶接法・半自動溶接法などの場合に、溶接前工程の縦手寸法の精度があまり厳密に管理しなくてよかつたという考え方先行し、溶接部のギャップ、目遣いなどがひどく自動化を困難とし、また溶接部品の取付け精度も問題となり、溶接中の熱ひずみにより溶接線が変化し、溶接線の検知が困難なこと、手溶接・半自動溶接用設備が安価に準備できること、自動化するために前工程での部品工法精度の管理設備に多額の費用が必要であることなどの理由により、溶接作業の自動化の道はけわしい。

しかしながら、今やユーロの熱意とメーカーの努力により溶接作業の自動化は着々と進歩してきた。

溶接作業の自動化は、前述の目的を達成するために努力されてきているが、一つの考え方としてその自動化手法の段階を次のように表現してみたい。まず第一段階は溶接作業者の手を機械化すること、第二段階は溶接中に施工状況を検知し、その結果をもとにあらかじめ定められた解決作業・操作を行なう、つまり目・耳・鼻で感知し、直接手足が動くとか、またある定まった信号が入ると溶接条件が自動的に選択されて動作するなど的方式であり、そして第三段階は検出量を判断し、最適に制御する、すなわち頭脳による判断機

能を有する方式である。

現在の自動溶接装置は第一段階を通過し、第二段階にあり、第三段階に突入しようとして、各溶接機メーカー・溶材メーカー・ユーザが共に一團となって問題解決のために、基礎データを整備中というところであろう。

以上のような考え方で当社では、第一段階から第三段階にいたる過程において最近開発・製作した自動溶接装置について述べる。

2. 種々な自動溶接装置

2.1 光学式ならい装置付き自動溶接装置

第二段階から第三段階の例として、光学式ならい装置付き自動溶接装置を紹介する。本機は、光学式のため溶接物に直接接触しない無接触式溶接線検出器を有し、二次元曲線を自由にならうことが可能な自動機である。

多くの場合、溶接作業の前工程である溶断工程において、アイトレーサ式溶断機・NC付き溶断機の開発、採用により曲線溶断が可能になった今日、さらに最適設計形状の溶接物が増加するであろうことが考えられ、曲線溶接の用途が増加するであろう。曲線溶接の自動化はテンプレートによるものか、NC制御盤による2軸同時制御か、または現物チェックのプレイバック方式などによらねばならない。しかし、テンプレート方式は溶接物の機種変更に対し操作性が悪く、他の方式は高価な自動機となるといふ(隠)路がある。また縦手の精度、部品の組立、取付精度などにより、テンプレート方式・NC方式のようにあらかじめ定められ、プログラムされた曲線上を溶接トーチが運動する方式では、溶接トーチが描く軌跡と現物の溶接線とが一致しない場合が多い。またプレイバック方式の場合は、溶接中の熱ひずみにより数回の溶接ごとにチェックを設ければならぬ。したがって、現物ならい装置を追加した自動溶接装置を計画せねばならず、より高価となり実用的でない。

以上の問題点を解決し、より積極的に曲線溶接を可能にする装置を計画し、開発したものが本光学式ならい装置付き自動溶接装置である。

本機の動作原理を図2.1ならい制御装置ブロック線図により説明する。すなわち、光学式溶接線検出器により検出した溶接線からの誤差信号によって、検出器および溶接トーチを有するヘッドを回転制

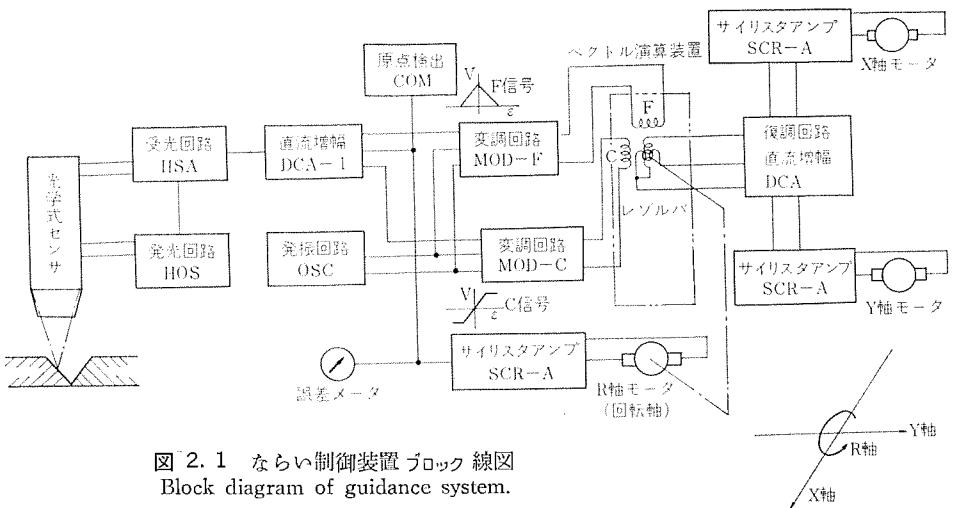


図 2.1 ならい制御装置 ブロック 線図
Block diagram of guidance system.

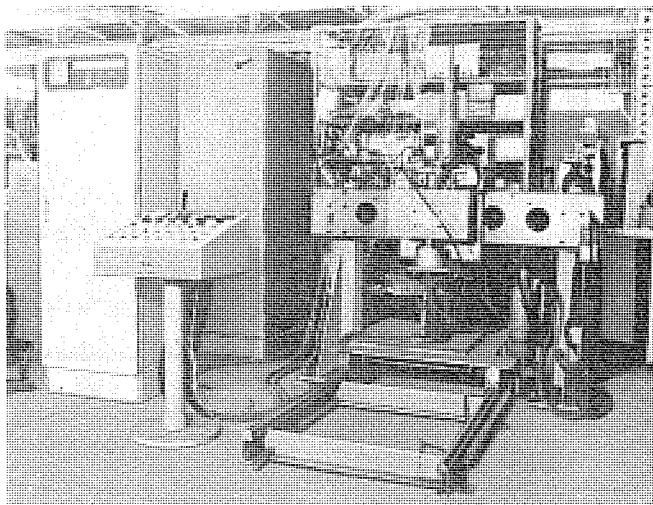


図 2.2 光学式ならい装置付き自動溶接装置
Automatic arc welding equipment with optical sensor.

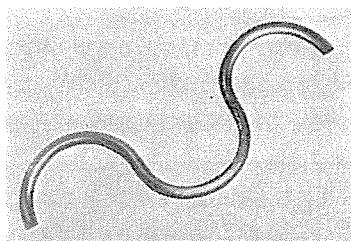


図 2.3 溶接物例
Welded sample.

御している回転サーボ軸を制御し、回転角度をシンクロレギュラによって検出する。この検出量をベクトル演算回路によりX, Y成分に分解して、X軸およびY軸サーボモータを駆動して、溶接速度一定の条件のもとで、溶接トーチを溶接線にそって移動させる方式である。図2.2に本装置の全景図を、図2.3に被溶接物の一例を示す。

本装置は溶接機本体・ならい制御盤・強電制御盤・操作盤、および溶接電源からなりたっている。

2.2 横向きシール自動溶接装置

図2.4に示す横向きシール溶接装置は第二・第三段階にあるもので、溶接電流・ワイヤ送給速度・ヘッド回転速度などフィードバック回路を設け、条件設定値に対して±1%の精度補償を行ない、溶接条件の再現性を確保して、約一な溶接品質を保証している。またプリセット方式であるピンボード方式と位置制御方式とにより、全姿勢溶接の

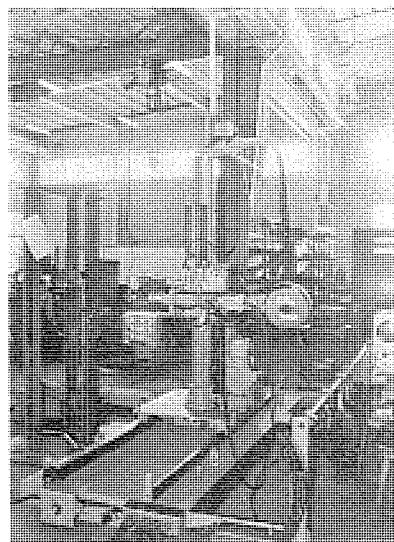


図 2.4 横向シール自動溶接装置
Automatic sideway seal welder.

溶接条件をプログラムコントロールすることで溶接品質の向上をはかっている。

つぎに、溶接法に潜弧溶接法を採用した自動溶接装置を2機種について述べる。

3. 高圧力容器自動溶接装置

高圧力容器溶接は、化学プラント用・発電プラント用その他高圧容器という性格上、溶接品質の保証が絶対条件である。またこれら装置は、大容量化の傾向を示し、素材が製作できる最大寸法と溶接施工上可能な寸法にまで大型化してきている。

たとえば、わが国における発電方式は火力発電および水力発電が主力で、前者は最近の大気汚染などの公害問題から発電所数を減じて、一個所で大容量の発電機を設置する傾向にある。また後者はむしろ大水力地点の開発がほとんど終わり、今後は土地補償問題、その水利権との調整問題など開発条件が悪化する傾向にあるため、減少するものと考えられる。一方電力需要の伸びは今後著しいと推察され、公害問題のために火力発電所の伸びが落ちると、将来のエネルギー資源の確保として原子力発電への依存度が高まると考えられる。

このような情勢下にある原子力発電プラントでは、その主要機器類のうち高圧力容器をはじめとして大形溶接構造物が多く含まれている。原子力発電という特殊事情では、とくに高精度の溶接品質が要求されるため、十分に管理された溶接施工法が実施されねばならない。

化学プラント・発電プラントなどに採用するための大形円筒圧力容器溶接が、安心して製作できる溶接品質を第一義と考えた自動溶接機をここで紹介する。

3.1 開発方針

本機の開発仕様は、大形厚肉円筒状圧力容器の長手縫手および円周縫手を潜弧溶接式自動溶接法により、高能率かつ高精度に溶接組立を行なうことを目的とした。具体的な開発思想はつぎのとおりである。すなわち

(a) 溶接条件(溶接電流・溶接電圧・溶接速度)を高精度に自動制御し、溶接位置はならい装置により正確に保持できるので、溶接中作業者がこれらを調整することなく信頼性の高い安定した溶接

が行なえること。

(b) 溶接法は2電極タンデム溶接法の採用により、高能率な溶接ができるこ

(c) 作業者は1名とし、溶接スタート時において溶接ヘッドの設定を行ない、溶接中は溶接状態およびフラックス、スラグの除去状態をテレビモニタにより、監視・確認を行なえること。

(d) 溶接条件は記録装置により記録されるため、溶接後に溶接条件の追跡調査が可能であり、万一溶接に不都合が生じても原因調査が可能であること。

つぎに本機の構成の概略と溶接施工仕様について述べる。

3.2 構成と仕様

表3.1に構成および仕様を示す。

本機の構成を長手自動溶接機について説明すると、図3.1に示すようにマニプレータとヘッド式レールからなり、マニプレータ台車上に高精度特殊溶接機・制御盤、またアーム上に溶接ヘッド・フラックス供給装置・ワイヤ送給装置・操作盤、およびフラックスやスラグの回収装置、ITV監視装置および溶接材料を積みおろしする0.5tonラジアルホイストが積載されている。図3.2に本機の全景図を示す。本マニプレータの設計ポイントは機械的精度と剛性に置き、走行台車のわく組、アーム昇降用コラムに大型角コラムの採用、アーム自身の骨組など剛性について十分に配慮されている。また溶接トーチ先端での台車走行起動時・走行中および停止時の振動をなくするために、溶接ヘッド部分

表3.1 圧力容器用自動溶接装置仕様
Specification of automatic arc welding equipment
for pressure vessel.

	長手 縦手	円周 縦手
(1) 溶接物寸法		
外 径	2,000~5,500 mm ϕ	2,000~5,500 mm ϕ
長 さ	3,000~7,000 mm	6,000~25,000 mm
肉 厚	70~300 mm	70~300 mm
重 量 (max)	120 ton	400 ton
(2) マニプレータ仕様		
アーム昇降ストローク	3,750 mm	3,400 mm
アーム最下位置(地上高さ)	3,400 mm	3,650 mm
アーム昇降速度	500 mm/min	500 mm/min
マニプレータ走行ストローク	11,000 mm	15,000 mm
マニプレータ走行速度(溶接送り)	300~1,200 mm/min (低速)	500 mm/min (高速)
マニプレータ走行速度(早送り)	2,000 mm/min	2,000 mm/min
アーム旋回ストローク	固 定	110°
アーム旋回速度	固 定	0.1 rpm
(3) 溶接ヘッド仕様		
左右ならいストローク	±200 mm	±200 mm
左右調整ストローク	±50 mm	±50 mm
上下ならいストローク	±175 mm	±175 mm
上下調整ストローク	±100 mm	±100 mm
トーチ傾斜角度ストローク	10°	10°
トーチ部分上下調整ストローク	±15 mm	±15 mm
トーチ部分左右調整ストローク	±10 mm	±10 mm
(4) ワイヤ送給装置仕様		
使用ワイヤ径	4.8 mm ϕ	
使用ワイヤ	75 kg×2電極	
ワイヤ送給速度	500~3,600 mm/min	
(5) フラックス回収装置およびスラグ回収装置		
プロツ性能	風量 3 m ³ /min (1,500 mm·Aq), 真空圧 2,500 mm·Aq	
タンク容量	70 l	
(6) 溶接機		
形 名	MA-1000形 高精度交流アーク溶接機	
定格一次電圧、周波数	1φ 200 V 60 Hz	
定格二次電流、使用率	1,000 A 80%	
二次無負荷電圧	90 V	
定格一次入力	95 kVA	
電極数	2電極	
一次結線方式	スコット結線	

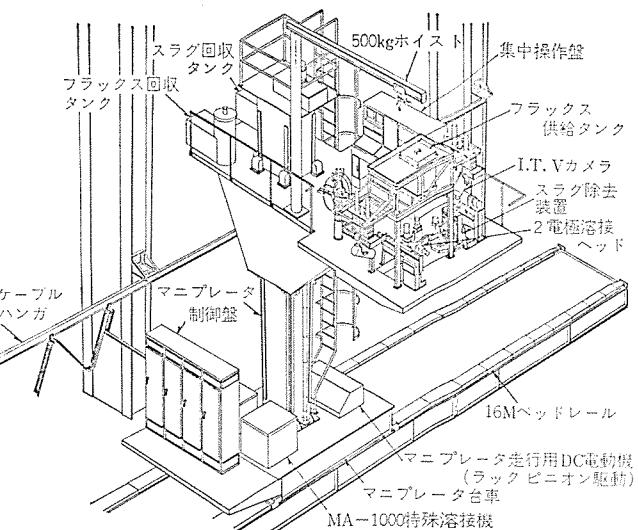


図3.1 圧力容器用自動溶接装置
Automatic arc welding for pressure vessel.

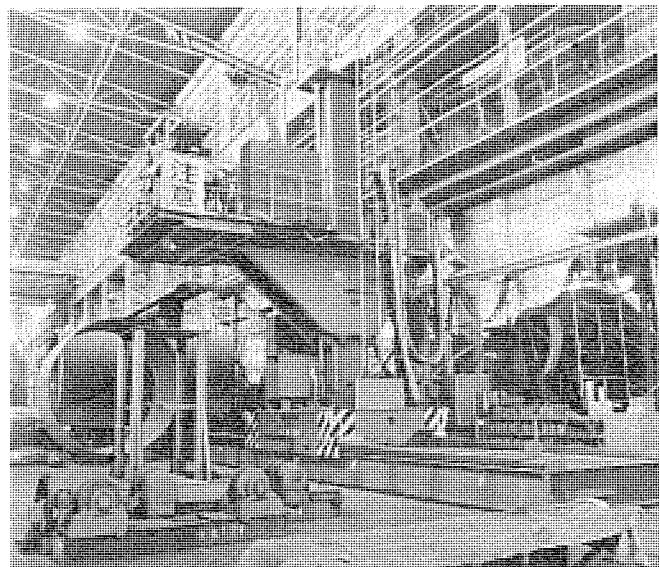


図3.2 圧力容器用自動溶接装置
Automatic arc welding for pressure vessel.

の剛性と機械精度を向上させたのはいうまでもなく、台車駆動用電動機に大容量直流電動機を使用し、また本電動機制御用電源として、高精度な6相サイリスタレオナード制御装置を採用している。本機で処理できる被溶接物寸法を、表3.1に示す。

3.3 各装置の特性

具体的に本機主要各装置の特性につき記述する。

3.3.1 ならい装置

自動溶接装置においては溶接線ならい装置のウエイトは大きい、すなわち、ならい装置のいかんにより自動溶接装置全体の機械構造が決定され、また溶接施工工程の段取りが決まってくる。一般の溶接線ならい方式の仕様と特長を表3.2に示す。

表からわかるように溶接線ならい装置はアーケのふく(輻)射熱の影響を受け、現物ならい方式は、アーケ発生点近傍をならうことがむずかしく精度が出しにくい。しかし本機は潜弧溶接法であることから現物ならい接触式を採用し、上下方向・左右方向に2軸検出2軸補正方式のならい装置を設けた。本機に採用したならい装置を表3.3に示す。使用した溶接線検出方式は差動トランス方式であるため、誤差に比例したリニアな誤差信号が得られ、高精度なならいが

表 3.2 溶接線ならい方式
Guidance system of welding line.

分類	機能	メリット	デメリット
現物ならい方式 (接触式) (無接触式)	母材の熱ひずみに対しても ならい精度が高い。 母材の精度に影響されない。	アーチの熱ふく射によりなら いセンサの熱的破壊を生じやすい。	
テンプレートならい方式 (接触式) (無接触式)	アーチの熱ふく射によるなら いセンサの熱的破壊がない。 母材の精度に影響される。	母材の熱ひずみによりなら い精度が低下する。	

表 3.3 ならい装置仕様
Specification of guidance system.

溶接線検出器	検出方式			差動トランク方式 6 mm 4 mm 約 700 g
	可動範囲	余裕ストローク	接触圧	
ならい制御盤				ならいサーボアンプ回路内蔵 駆動アンプ内蔵
サーボ電動機	上下ならい用	WM-15 形 直流分巻電動機 120 rpm 36 kg-cm		
	左右ならい用	FK-100 形 直流分巻電動機 1,750 rpm 100 W		
ならい精度		±0.5 mm (溶接速度 600 mm/min のとき)		

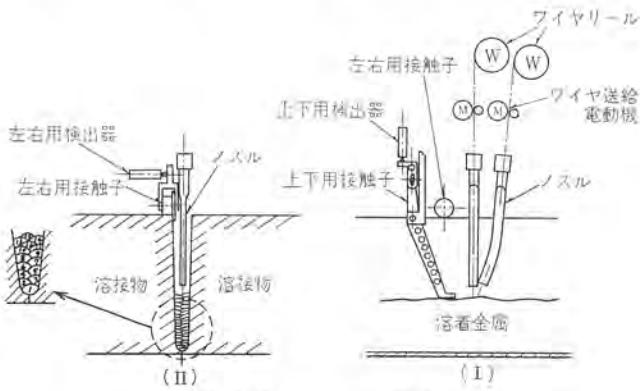


図 3.3 ならい機構
Positioning of torches and sensor.

可能であり、また無接点方式のため寿命も長い。

U字形開先形状溶接物への溶接ヘッドのアプローチ状態を図3.3に示す。図3.3(I)は上下方向ならい検出器および溶接トーキーとの関係図で、上下用接觸子が溶接トーキー前方約100 mmのビード面上を上下方向にならい、接觸子の上下変位量を検出器上部の差動トランク式トーレーアヘッドに機械的に伝達している。伝達された機械的変位量は差動トランクにより正負いずれかの電気信号に変換され、ならい制御回路に伝達され、サーボ増幅器を介して溶接ヘッド上下駆動サーボモータに入力が与えられる。このサーボモータ軸に連結された溶接ヘッド機構が上下移動し、溶接ビード面のおうとつ(凹凸)に対して常に溶接トーキー先端部とビード面との距離を一定に保っている。したがって溶接層数の増加に伴い溶接ヘッドをせり上げ、常にワイヤ突出長を一定に保っている。次に図3.3(II)は左右ならい検出器がU字形開先上部端面にアプローチしている状態を示す、上下ならいサーボ機構と同一原理で溶接線の左右方向のずれを修正し、開先壁面から溶接トーキーまでの距離を一定に保って溶接している。

本装置に使用したならい検出器は接触式であり、機械的変位量を電気的変位量に変換したが、さらに赤外線による光学式ならい検出器を使用し、U字形開先形状の上部両端面を2本の無接点式検出器でならい、光量の変化を電気変位量に変換することで、それぞれの壁面からの溶接トーキーの位置を制御して、より完全な溶接結果を得

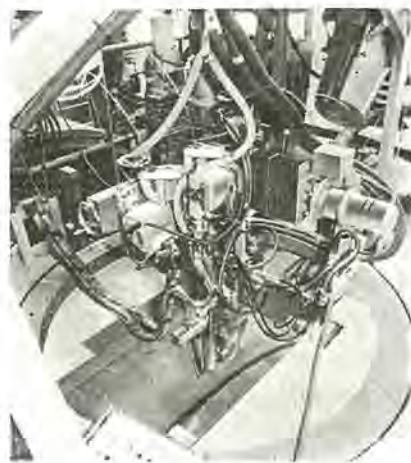


図 3.4 溶接ヘッド
Welding head.

るよう計画・開発を進めている。

図3.4に溶接ヘッド・ならい検出器・ならいサーボ軸などを示す。

3.3.2 溶接ビード位置の制御

肉厚300 mmまでのU字形開先の多層溶接工程は一般に図3.3(II)ビード拡大図のように溶接される。図に示す初層は1ビード溶接、2層目より数層から数十層までは1層2ビード溶接、さらにそれ以上は1層3ビード溶接へと溶接される。したがって本機は溶接トーキー位置の自動切換と記憶回路を用いてプログラム制御している。この工程で1本の溶接物を完全に溶接するのに必要なビード数はおよそ80から100ビードである。

長手縦手自動溶接装置の場合は、溶接物長手方向の一端を溶接原点位置とし、原点位置より溶接準備信号によって、溶接開始点に溶接ヘッドが自動的に設置し、自動フラックス供給・自動アーチスタートを行なう、溶接終了点検出によりミニプレーテ台車が停止しクリーティラードを行なって溶接を完了する。溶接完了信号によって、溶接ヘッドおよびその周辺機構部がそれぞれの原点にリセットされた状態で、溶接開始原点に自動戻りを行なう。原点位置検出リミットスイッチの動作信号により、制御盤内の記憶回路および計算回路が動作し、次回溶接ビード選択位置に溶接ヘッドを自動的に設置される。

また、円周縦手自動溶接装置の場合、ビード変更方式については長手縦手自動機と同一である。しかし円周縦手上で左右方向に溶接ビードを変更する場合、円周上同一個所で変更するとビード変更個所に溶接欠陥を生ずる。したがって常に等ピッチずつビードの変更位置を先行させる必要があり、溶接物回転ターニングローラに取付けられた位置検出器、および制御盤内の記憶回路・カウンタ回路によってビード位置変更を制御している。

3.3.3 溶接条件制御

前述の本機開発方針に示したごとく、大型自動溶接装置のワンマンコントロールを目標としているため、各機械操作・溶接操作はほぼ自動シーケンス制御となっている。一般に交流サブマージアーチ溶接法では、溶接精度は手溶接とほぼ同等程度で、高い精度は要求されていないのが普通である。しかし本機では溶接物の用途の特殊性により、均一で高品質な溶接結果が基本仕様となっている。

(a) 溶接電圧・電流制御

溶接電圧・電流は一次電源変動・負荷変動・温度変化などの外乱に対し、設定値に対する変動をすくなくするために電圧・電流帰還制御を行なっている。さらに溶接電圧・電流および後述の速度の設

定は、従来のメータによるアナログ設定調整では高精度が得られないため使用せず、溶接条件を数字で入れるデジタル設定によるプリセット方式を採用し、D/A 変換を行ない、入出力特性に高度な直線性を得ている。

(b) 溶接速度制御

長手継手自動機においては重量約 30 ton、高さ約 11.5 m のマニプレーティアを 11 m にわたり定速度走行させ、溶接開始時および終了時の起動・停止特性を改善するため、また円周継手自動機では、偏心荷重のある 400 ton の溶接物を ±1% の速度精度で安定に回転させるために、つまり負荷変動が大きく、慣性の大きい機械を高精度に走行制御するために、6 相サイリスタレオナード制御方式を採用している。

(c) アークスタート制御

潜弧溶接装置の一般的なアークスタート方式は、スチールワールをあらかじめ電極ワイヤと溶接物との間にそう入り、スチールワールの溶融によりアークを発生させる方式となっている。

本機のアークスタートは溶接ヘッドアプローチ完了信号により、ワイヤのスローダウンに始まり、ワイヤと溶接物とが短絡したことを確認のち、フラックスを自動投入する。アークスタートの方法はワイヤをいったん溶接物側に押し出し、その後ワイヤを引き上げることによって自動点弧するものである。ワイヤの短絡不良の場合は信号が出て、ワイヤ短絡不良アラームを発し、フラックスの投入が中止される。

3.3.4 溶接監視装置および警報装置

高圧力円筒容器の長手継手・円周継手溶接施工は、現在サイドビームまたはマニプレーティアに取付けられたアーム上に、溶接ヘッド機構部・操作盤などを積載し、溶接物上部より溶接作業者が溶接施工にたずさわる方法が大部分である。しかし溶接物の溶接割れを防止するための予熱による周囲温度上昇、および溶接施工中のアークのふく射熱により、溶接作業ふん閉気は 50° から 60° の高温にさらされ、作業環境はきわめて悪い。本機においては溶接作業者の遠隔操作を最終目標として計画した。具体的には工業用テレビカメラを溶接ヘッド前後に 2 台配し、溶接線ならい装置部分および溶接点を溶接中に監視し、自動シーケンスによる溶接ヘッドの動作、溶接中のフラックスの供

給状況、溶接トーチ位置を確認し、逆送中にフラックス、スラグの除去状態、溶接結果の監視を行なっている。主操作盤にテレビモニタおよびビデオテープレコーダを組込み、溶接作業を操作盤の前で行なえるよう製作している。

また本操作盤に溶接条件(電流・電圧・速度)の数字による設定(デジタル設定器)、表示メータおよび多ペン記録計を配している。多ペン記録計は、ビデオテープレコーダとともに溶接結果の品質検査資料としている。

本機の開発思想に基づきフラックスの供給、ワイヤの充てん(填入)、各種動作の完了表示、また不具合箇所の通報のため主操作盤に各種表示灯・警報ブザーを設けて、本機全体の動作、故障の有無を遠隔監視できるように製作されている。また溶接ヘッド部分の操作のためコンパクトにまとめられた副操作盤を溶接ヘッド部分に装備し、使いやすさをも配慮している。

4. I 形鋼と電極自動溶接装置

本自動溶接装置は、能率を主力に考慮した自動機で、実働アーカタイム率 66% 以上をねらった仕様になっている。能率向上のために溶接開始点の検出、溶接開始点への溶接ヘッドの自動設定、溶接線のならい、脚長変更点の検出と溶接条件の変更、および溶接終了点の検出を自動で行なう、また溶接中の電源変動・負荷変動などに対して、溶接条件すなわち、溶接電流・電圧・速度を検出し、設定値に対して、溶接電流は ±2% 以内、電圧は ±1 V 以内、速度は ±1% 以内に自動的に保持するため、フィードバック回路を有する高精度電源および制御装置を装備している。

図 4.1 に示す本自動機は、溶接装置の両側に溶接物を複数個並べ、一方を自動溶接中に他方で溶接物の搬入・設置・反転・搬出を行ない、片方が溶接完了すると自動的にマニプレーティアームが 180° 反転し、他方を自動溶接する方式を取ることで、アーカタイム率の向上をはかっている。溶接条件は 8 mm 脚長で 1,500 mm/min の溶接速度が十分得られるように 1,200 A 交流溶接機を使用し、2 電極自動溶接法を採用している。

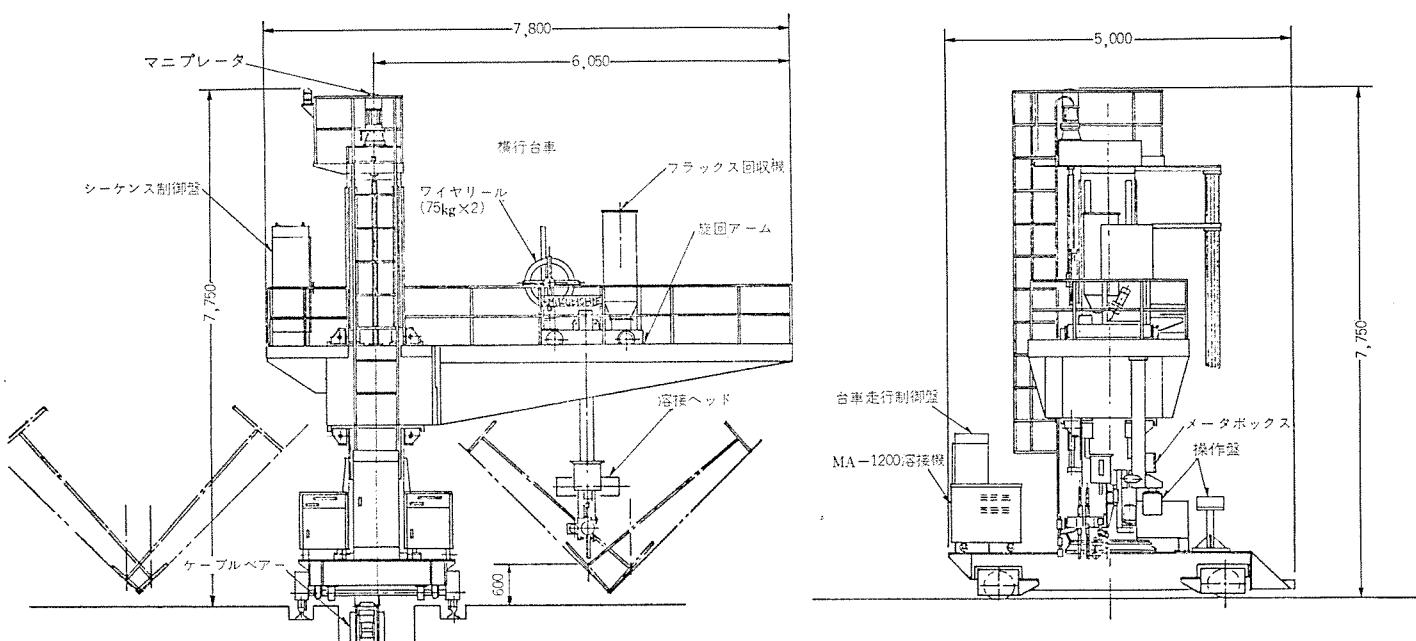


図 4.1 I 形鋼 自動溶接装置
Automatic arc welding equipment for I-frame.

表 4.1 I 形鋼自動溶接装置仕様
Specification of automatic arc welding equipment
for I-frame.

(1) マニプレータ仕様	
被溶接物	
I 形鋼(最大寸法) 3,000 mm (ウェブ寸法) × 1,000 mm (フランジ寸法)	
アーム旋回ストローク	180°
アーム昇降ストローク	2,000 mm
溶接ヘッド横行ストローク	3,500 mm
溶接ヘッド昇降ストローク	1,400 mm
マニプレータ台車走行ストローク	32,000 mm
マニプレータ台車走行速度	200~4,000 mm/min
(2) 溶接ヘッド仕様	
溶接ヘッド左右ならいストローク	±200 mm
溶接ヘッド上下ならいストローク	±200 mm
溶接トーチ上下調整ストローク	±25 mm
溶接トーチ左右調整ストローク	±20 mm
溶接トーチ角度調整ストローク	0~15°

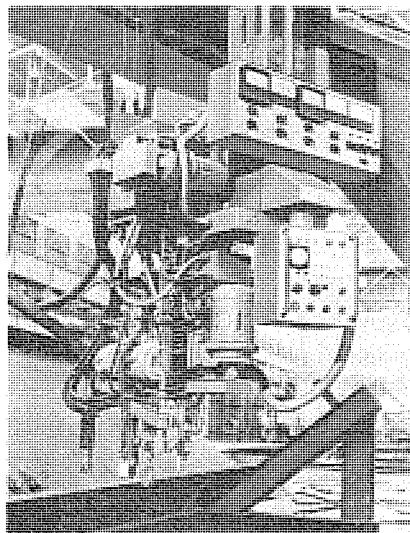


図 4.2 溶接ヘッド
Welding head.

また、溶接品質に重点を置き、下向すみ肉溶接になるよう I 形鋼を 45° 傾斜させ、等辺脚長をねらいに装置は製作されている。

本自動機は表 4.1 の仕様を満足するために設計されたもので、横行台車・溶接ヘッドを有するマニプレータに制御盤・操作盤・溶接機電源を積載し、ケーブル関係はケーブルベア・旋回ケーブルホルダなどを開発、採用し、マニプレータへの一次電源は、三相電源ケーブルのみ引込むことで運転できる簡素な方式を探っている。

マニプレータは中央に 180° 旋回するコラムを有し、上下方向に 2 m の距離を昇降するアーム上に、溶接方向と直角な方向に走行する横行台車を乗せ、その台車上にフラックス回収装置・溶接ヘッド昇降装置・ワイヤリールなどを装備している。溶接ヘッドは、アーム旋回時に高い I 形鋼を越すために 1,400 mm の昇降ストロークを有している。

溶接ヘッドは図 4.2 に示すとく、自動溶接機の機能を十分発揮できるよう、溶接トーチを中心溶接端検出器・溶接線ならい検出器・脚長変更位置検出器・フラックス回収ノズルなどで構成されている。

制御装置として、シーケンス制御盤をアーム上に、またマニプレータ台車走行用制御盤を台車上に積載し、操作関係として、溶接機能に必要な操作ボタン類は溶接ヘッド近くにコンパクトにまとめ、マニプレータ操作用として、台車上にスタンド形操作盤を設けて操作性を十分加味して装備している。

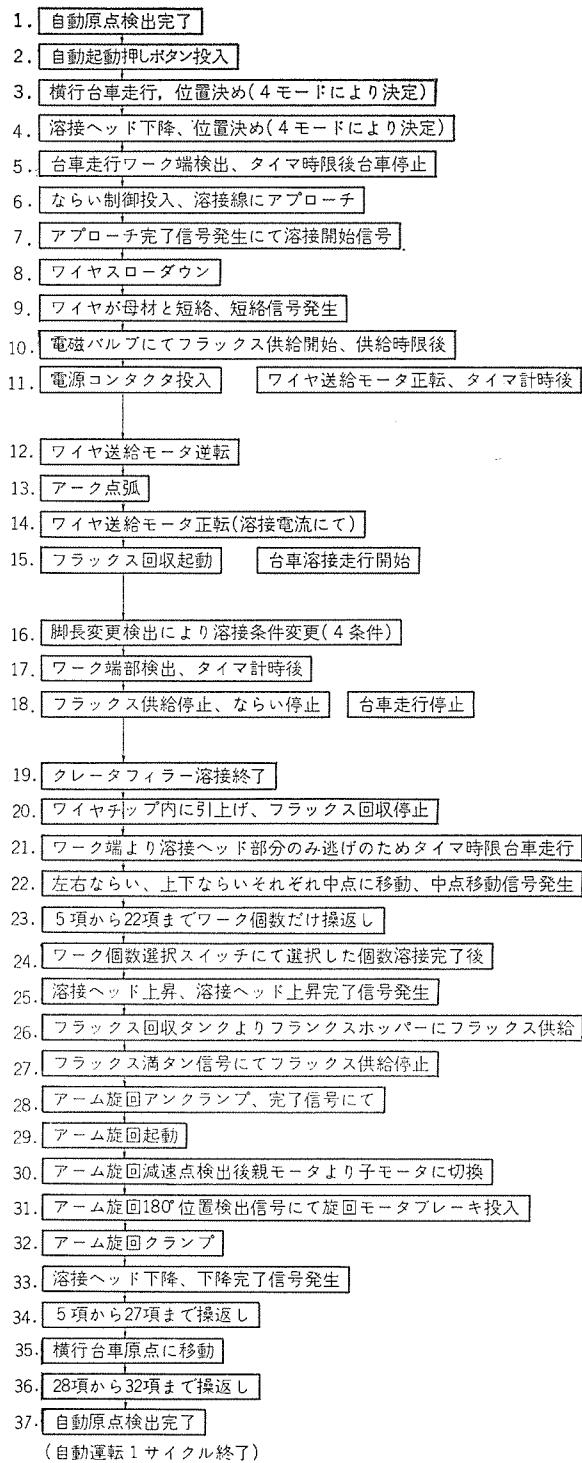


図 4.3 自動シーケンス図
Operation flow chart.

4.1 自動シーケンス説明

普通 I 形鋼はアッパフランジ幅寸法とロアフランジ幅寸法が異なり、したがって I 形鋼の四つの溶接個所により、溶接開始点の位置が溶接物受け台形状を V ブロック方式にした場合、4 個所とも異なってくる、したがって I 形鋼の設置姿勢によって四つのモードが生じる。また溶接物の設置個数による条件が生じ、上記四つのモード切換えおよび溶接物個数選択スイッチにより自動溶接の条件を整える。

次に自動溶接シーケンスを図 4.3 にて説明する。

溶接線への溶接ヘッドのアプローチは、あらかじめプリセットされた位置に横行台車および溶接ヘッドを横行および下降し、セット完了信

号によりマニピレータ台車が走行、溶接物端部を端部検出装置にて検出する、検出信号によりタイム限時によって溶接トーチが溶接タブ板上にくるように台車を起動および停止させる。その後、溶接ヘッドが溶接線検出器により自動的に溶接線を捕える方法をとっている。

溶接アーカスタートは溶接ヘッドアプローチ完了信号後、ワイヤのスローダウンからはじまり、ワイヤと溶接物とが短絡していることを検出後フラックスを自動投入し、ワイヤを引上ることによる自動点弧方式を採用している。アーカ発生によりフラックスの回収、台車の走行を開始し定常溶接となる。I形鋼はウェブ板厚・フランジ幅などにより溶接脚長が変化している、脚長変更点の検出は容易にセットできるドッグを脚長変更位置にセットすることで、4段階の脚長寸法が得られるよう設計されている。

I形鋼のキャンパ、溶接中の熱ひずみによる溶接線の変化は、溶接線検出器とならないサーボ軸により常に上下・左右軸補正が行なわれながら、自動溶接される。

溶接終端部検出器により溶接終端を検出、検出信号によりカウントされるタイムにより、フラックス供給停止・溶接線ならい停止を行なう、また別タイムにてマニピレータ台車をタブ部で停止させ、停止後クレーターフィラーを行なう。溶接終了後次の自動アーカスタートを容易にするために、ワイヤの先端に付着しているスラグを取る目的でワイヤをチップの中に引き上げる回路が組まれている。

フラックス循環方式としては、横行台車に積載されたフラックス回収タンクより、溶接ヘッドに装備しているフラックスホッパに移し、フラックスホッパより溶接点に供給し、その後回収する方式をとっている。70l容量回収タンクより36lホッパへの供給は、溶接ヘッドが上昇端にあるアーム旋回時に行ない、30mの溶接長を十分溶接できる量のフラックスを確保可能な設計になっている。タンクからホッパへの供給は、電動式パワーシリンダによりタンク下部を開閉して行なっている。またホッパへの投入量は、上限レベル検出用として静電容量変化検知式レベルスイッチを使用、適正なフラックス量の確保を行ない、またフラックスを消費した場合は下限レベルスイッチが動作し、アラームを発する構造になっている。フラックスの回収は溶接点より約300mm後方で行ない、スラグの混入を防ぐ配慮がなされている。新フラックスの投入は朝・昼2回の補給で、消費フラックスに見合った量を充てんする。

表4.1に示すごとく、本装置のきびしい仕様を満足させるために、マニピレータ・横行台車・溶接ヘッドなどは、機械的剛性・精度特に注意し設計されている。旋回コラムは、半径6,050mmのアームが0.25rpmの回転速度で旋回し、停止するに十分な剛性を有するように800mm角特殊構造のコラムを採用している。アーム旋回にお

ける停止時の位置決め精度は、溶接線検出ヘッドと溶接トーチとの左右方向へのずれとして現われ、アーム旋回停止精度が問題になる。したがってアーム旋回停止方式は、NC工作機械などに使用されている親子電動機による停止方式を採用している。すなわちアーム旋回減速信号により親電動機から子電動機に切換えられ、旋回速度を20分の1に減速して正確に位置決めしている。

横行台車駆動方式はラックピニオン駆動とし、横行台車走行停止時の位置決め精度を上げるために、ブレーキ付きサイクロ減速電動機を使用している。またアーム旋回時アーム先端では9m/minの速度で旋回しているために、横行台車の位置がずれないように設計されている。

溶接ヘッドは、ボックスガータをも製作可能にするために1,400mmの昇降ストロークを与えてある。昇降駆動系はねじ駆動で、1,000mm/minの速度で製作されている。

溶接ヘッドは、垂直すみ肉溶接・水平すみ肉溶接・下向溶接、またタンデム、ツイン溶接が可能なように溶接トーチに種々な自由度を持たせた構造になっている。したがってI形鋼溶接に限らず、ボックスガータ・突合溶接物・肉盛溶接物など多用途に向く機能を有している。

マニピレータ走行台車は溶接速度1,500mm/min以上の仕様に基づき、200から2,000mm/minまで無段変速ができ、早送り速度4,000mm/minを満足し、30tonのマニピレータを安定に起動・走行・停止させるよう3.7kWブレーキ付直流電動機を積載している。直流電動機を制御している制御装置は、サイリスタレオナード方式を採用し、速度変動率を3%以下と速度特性はきわめて安定しており、過電流保護・過電圧サージ保護装置が付き、制御回路心臓部にICを使用しているため温度特性にもすぐれ、高い信頼性を持っている。

5. む す び

以上のごとく、溶接線の自動ならい装置、溶接条件の設定値に対する自動制御回路の採用による出力の制御、溶接施工の試験資料によるプリセット方式の採用などによって、自動化困難な溶接物をも自動溶接機化されてきている。しかしたとえば溶接線ならい検出器についていえば、すべての開先形状・維手形状に対して有効な溶接線検出器はできてなく、溶接条件の最適制御についても溶着状態を検知しての制御ではない。すなわち第三段階である検出量を判断し最適に制御・操作する域には至っていない、この分野にたずさわるものにとって今後研究・開発せねばならぬことが多く横たわり、溶材メーカー・ユーザおよび各溶接機メーカーが互に努力せねばならぬことである。本稿にご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

CTC 溶接法による わく組自動溶接機

小平一丸*・川崎 賢男*・渡辺 宣夫*
中山 梅雄**・真田 義夫**

CTC Welding Equipment for the Frames of Vessels

Nippon Steel Corp. Kazumaru KOHIRA・Sadao KAWASAKI・Norio WATANABE
Mitsubishi Electric Corp., Nagoya Works Umeo NAKAYAMA・Yoshio SANADA

CTC welding equipment for the frames of vessels is a device worked out with an aim of labor saving in the welding of longitudinal and transverse webs in ship building. Because one worker is able to manipulate three~four sets of this machine, high efficiency and high quality welding results in. As for welding practice, there is employed CTC method which makes the use of no-gas cored wires newly developed by the Nippon Steel Corp. This CTC method permits vertical up and fillet joint welding by means of a straight operation rod through an arc current and time control process without weaving of torches. This enables the welding of leg length ranging from 5 mm to 12 mm to be performed by one pass.

1. まえがき

造船業界での溶接作業の省力化に対する要請は日増しに高くなり、各方面で検討が行なわれている。ところで新日本製鐵(株)では、船体の骨組となるトランク材とロジン材のわく組工程における、各交点の4すみの立向溶接を行なう「わく組用立向すみ肉溶接装置」(特許出願中)の開発を行なった。この装置は、新日本製鐵(株)溶接センターで開発した、複合ノンガスワイヤ使用、ストレート運棒、溶接電流の周期的変化による CTC 溶接法 (Arc Current and Time Control Process) を採用、また獨特のならい機構を備えているので、作業者が溶接装置をトランク材の交点に設置し、溶接ヘッドのセットを行なえば、その後は自動的に溶接が行なわれ、溶接終了後は自動的に停止するようになっている。電源変動に対する溶接条件の変動補償も行なわれているので、作業者は溶接中はアーチ状態を監視する必要がなく、そのため1人で3~4台の操作が可能となった。

2. CTC 溶接法

2.1 CTC 溶接法とは

CTC 溶接法は、立向あるいは上向溶接でのアーチ熱の局部的な集中による溶接ビードのたれ下がりや、著しいとつ(凸)形ビード、アンダカット等の発生をなくして、良好な溶接部を得ることをねらいとして開発した新しい方法であり、図 2.1 に示すように1台の溶接電源により、溶接電流を周期的に、大小2つおりに変化させる溶接方法である。

CTC 溶接法は大電流 I_H とその継続時間 T_H で、十分な溶込みが得られ、次の小電流 I_L と、その継続時間 T_L で溶接部の過熱をかけ、ビードのたれ下がりや、アンダカットの発生を防止できる。しかも小電流 I_L でのアーチの安定が良好であるため、ビード外観が美麗である。この大小の電流 (I_H, I_L) とその継続時間 (T_H, T_L) を種々組合せることにより、各種の溶接条件が選定できる。したがって本溶接法では、従来の溶接金属の凝固過程をウェーピングによって、アーチの位置を移動させながら、溶接金属の溶込みの確保と冷却を繰返し制御する方法と同様な効果を、溶接熱を電気的に制御することによって得る方法であるため、ストレート運棒で立向溶接や上向溶接など、従

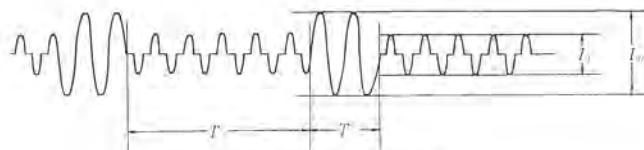


図 2.1 CTC 溶接電流
Welding current chart of CTC welding method.

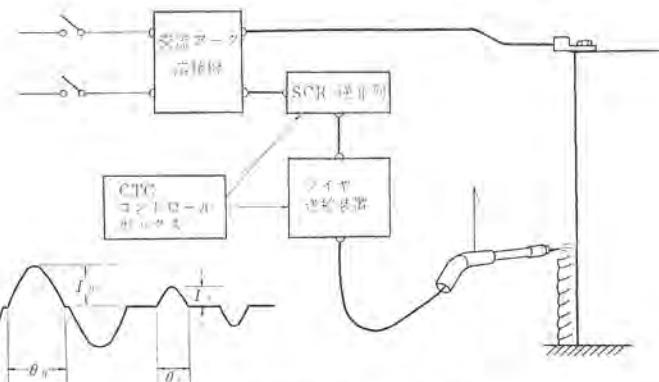


図 2.2 CTC 溶接装置概要
Outlines of CTC welding method.

来法では高度の溶接技量を必要とする個所に用いると、特別の技量を必要としないばかりでなく、ウェーピング機構を必要としないため溶接トーチの周辺が簡素であるので、最近注目されている省力化をねらいとした自動溶接装置に適用して著しい効果がある。

今回、造船用わく組自動溶接に使用した CTC 溶接装置は、電源として従来から広く用いられている交流アーチ溶接機を、また溶接ワイヤは複合タイプのノンガスワイヤを用いるものであって、その概要を図 2.2 に示した。

すなはち、交流アーチ溶接機の二次側(一次側でもよい)に、溶接電流を制御するための制御整流素子(サイリスタ)を逆並列に接続しており、この制御整流素子の導通角を変化させることによって、溶接電流をえる方式である。

コントロールボックスでは T_H 時間だけ導通角 θ_H の信号を発生し、これに引続いて T_L 時間だけ導通角 θ_L の信号を発生することを繰返すようになっており、さらにこれらの導通角の信号を、逆並列に接

表 2.1 CTC 溶接条件の一例
Example of CTC welding condition.

脚長 mm	溶接電流(A)		タイミング(秒)		溶接速度 cm/min
	I_H	I_L	T_H	T_L	
5.0	250	80	0.8	1.4	12
7.5	270	80	1.0	1.8	9
9.5	270	80	1.3	2.3	7
10.0	280	80	1.5	2.0	7
12.0	280	80	1.8	2.5	6

(注) SAN-53 (3.2φ) による

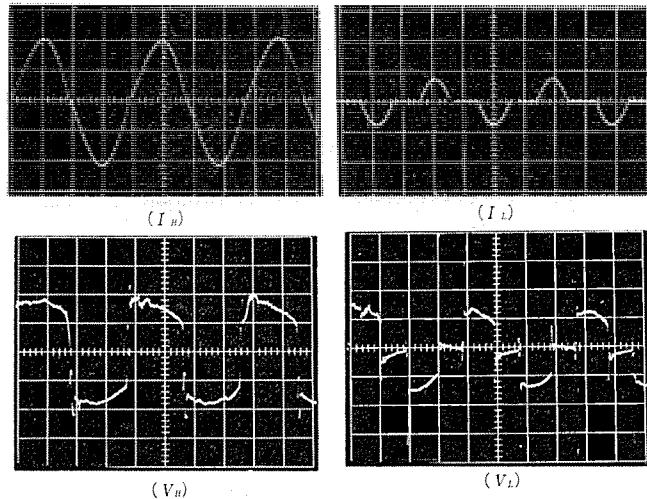
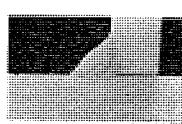
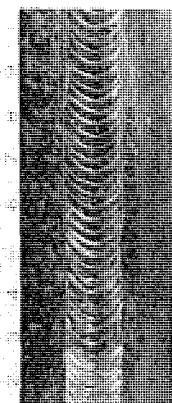
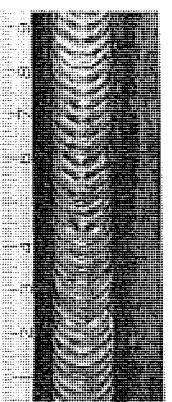


図 2.3 CTC 溶接の溶接電流・電圧波形
Oscillograms of welding current and voltage.



脚長 7.5mm
 $I_H = 270A$ $T_H = 1.0sec$
 $I_L = 80A$ $T_L = 1.8sec$
溶接速度 9.0cm/min



脚長 9.5mm
 $I_H = 270A$ $T_H = 1.3sec$
 $I_L = 80A$ $T_L = 2.3sec$
溶接速度 7.0cm/min

図 2.4 CTC 溶接のビード外観
Beads of CTC welding method.

続した制御整流素子のゲートに与えるようになっている。

一方、導通角 θ_H の溶接電流 I_H 、および導通角 θ_L の溶接電流 I_L に最適な溶接電圧を得るために、ワイヤ送給装置には高・低二とおり

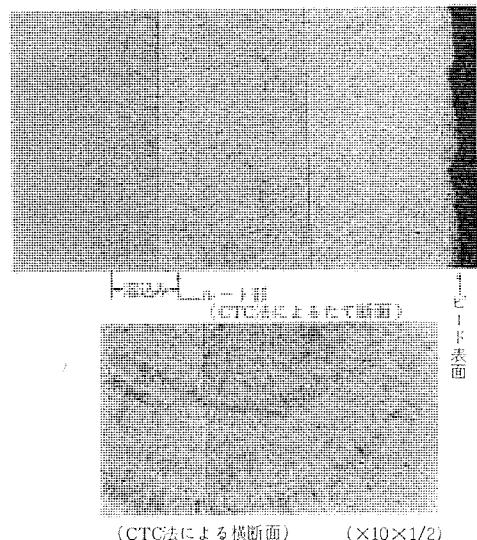


図 2.5 溶接金属断面
Microstructure of CTC welding specimen.

の溶接電圧設定機能を設け、しかも溶接電流 I_H 、 I_L に対する適正電圧を別々に設定できるようになっている。図 2.3 は、CTC 溶接法の電流波形と電圧波形の一例を示したものである。

2.2 溶接施工条件とビード外観および若干の試験結果

本自動溶接装置では、直径 3.2 mm のノーガスワイヤを用いて立向すみ肉溶接の脚長が、7.5 mm と 9.5 mm の 2 とおりの条件をそれぞれプリセットできるようになっているが、一般には脚長 5 mm から 12 mm までの脚長が上進 1 パスで得られる。表 2.1 は、3.2 mmφ のノーガスワイヤを用いて各脚長を得るための適正溶接条件の例を示したものである。

立向溶接のビード形状は溶接金属の凝固過程と深い関係があり、CTC 溶接法では大（または小）電流値と、その継続時間の影響が大である。すなわち、大電流 I_H とその継続時間 T_H の積 ($I_H \times T_H$) が過大になるとビードはたれ下がり、逆に小電流 I_L とその継続時間が大であると、ビードの波目が荒く、ビード外観は好ましくないが、適正条件で溶接を行なうと、図 2.4 に示したように良好なビード外観が得られる。

また図 2.5 には、立向すみ肉溶接部の溶接金属の、たて断面と横断面の顕微鏡組織の例を示したが、CTC 溶接法では、ストレートの上進溶接でも十分な溶込みの得られることがわかる。

2.3 開先ギャップとビード外観

構造物のすみ肉溶接部のルートギャップを 0 に保持することは困難であり、多少のギャップのあることは止むを得ないことである。CT

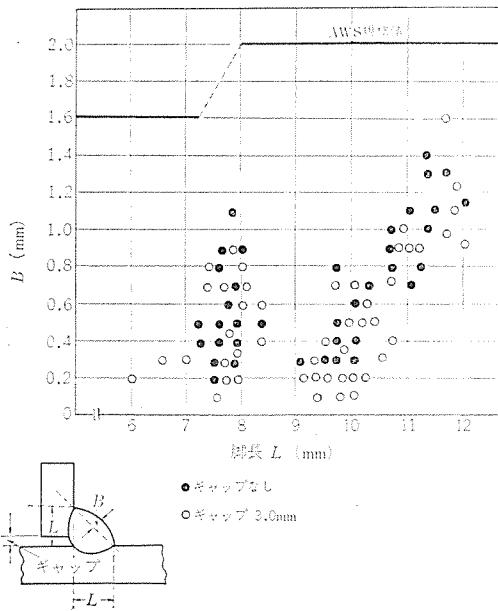


図 2.6 脚長とふくらみの関係
Relation between leg length and bulge.

表 2.2 ◎ SAN-53 による溶接部の機械的性質
Mechanical properties of deposited metal (◎ SAN 53).

規格 KSW51	溶接金属部			縫手溶接部		
	降伏点 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸び %	衝撲試験 ΔE_{10} kg-m	引張強さ kg/mm ²	衝撲試験 ΔE_{10} kg-m
—	—	50~65	21以上	4.8 以上	50 以上	4.8 以上
	49.6	58.0	24.5	5.9, 7.0, 7.8 (平均 6.9)	57.8 母材破断	6.4, 7.7, 8.1 (平均 7.4)

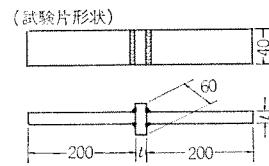
C 溶接法では、立向すみ肉溶接部のルートギャップが 0~3 mm (①下端が 0 で上端が 3 mm の場合、②下端が 3 mm で上端が 0 の場合、③下から上までギャップが 3 mm ある場合、をいう) ならば、溶接条件を変更することなしに、ほぼ均一な等脚長のすみ肉溶接が可能である。

また ルートギャップが 0 と 3 mm の場合について脚長とビードのふくらみ (B) との関係を図 2.6 に示したが、ルートギャップが 3 mm と広くなつてもビードはおう (凹) 形になることはなく、いずれの脚長でもすべてとつ形であり、しかもふくらみ (B) の値は、AWS の規格値 ($B \leq 1.6 \sim 2.0$ mm) をはるかに下回った値となっている。

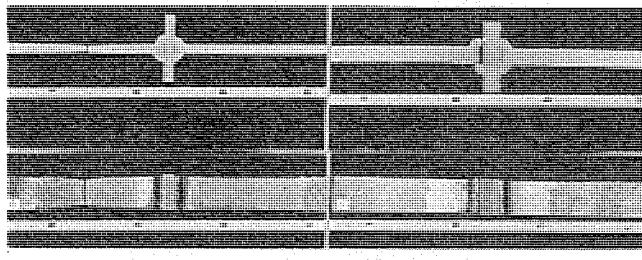
2.4 溶接金属の性質

今回の造船用わく組自動溶接装置に用いる溶接ワイヤは、日鐵溶接工業(株)製◎ SAN-53 (3.2 mm^φ) であり、その機械的性質は表 2.2 のとおりである。

◎ SAN-53 を用いた、CTC 溶接法による立向すみ肉溶接部の十字引張試験結果の例を図 2.7 に、同じくすみ肉溶接部の破断面を図 2.8 に示したが、ブローホール やスラグの巻込み等の欠陥のない良好な溶接部である。



脚長 mm	板厚 (t) mm	降伏荷重 kg	最高荷重 kg	伸び %	破断位置
7.5	12.7	15,933	23,292	17.7	母材
7.5	25.0	21,500	28,750	4.0	溶接部



t=12.7 母材破断
t=25.0 溶接部破断

図 2.7 十字引張試験結果
Result of tension test on cruciform plate.

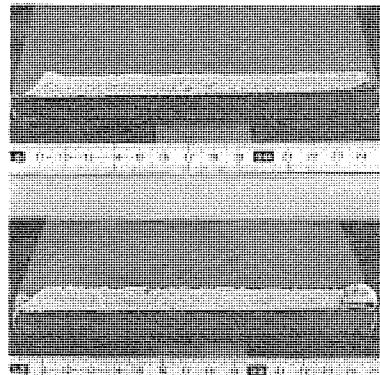


図 2.8 すみ肉溶接部の破断面
Result of break test on welded fillet joint.

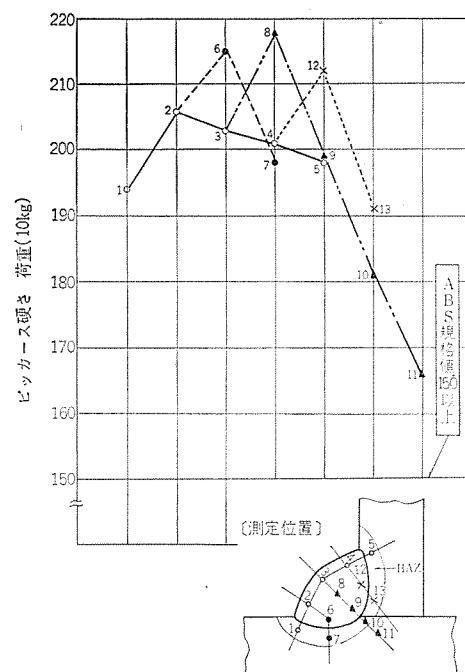


図 2.9 CTC 溶接部の硬さ分布
Distribution of hardness of welds.

また図2.9は、ABS規格に従ってすみ肉溶接部の断面の硬さ分布を測定した結果であるが、硬さの異状なばらつきもなく規格値を十分満足している。

3. わく組用立向すみ肉溶接装置

わく組溶接を行なう作業場は、図3.1に示すように前工程でロング材をトランスポース材に加工されたT字形のみぞにはめ込んだうえで、仮付されたわく組をクレーンまたはチェンコンベヤによって本溶接を行なうピット上に搬入されてくる。ピット内には、作業者が手押しにより移動する溶接台車を必要台数配置し、各交点の4すみを立向すみ肉溶接を行なうものである。

作業者は溶接台車をトランスポース方向に移動して、ロング材とトランスポース材の交点の下に設置したうえで溶接ヘッドのセットを行なう。本装置では台車上に4本の溶接ヘッドを持っているが、溶接電源は2組で対角線上の2本のヘッドごとに溶接を行なう。すなわち図3.2にロング材とトランスポース材の一つの交点を示すが、まず最初に、相対する

2個所のすみ①③の溶接を行ない、①③の溶接終了後自動的に電源回路が切換わって、残りの2個所のすみ②④の溶接を開始し、溶接終了後は自動的にトーチは下降し、溶接終了をブザーと赤ランプの点灯によって作業者に知らせるようになっている。

またこの装置は、作業者の技量に関係なく高能率に高品質の溶接ができるよう、簡単なボタン操作ですべての動作が自動的に進行するよう配慮し、さらに脚長に応じた溶接電流(I_H, I_L)、溶接時間(T_H, T_L)をプリセットして、スイッチの切換えで選択できるようしている。

3.1 溶接台車機構

図3.3は、溶接台車を被溶接物（この写真は被溶接物の1交点のみを切断した溶接実験用サンプルである）にセットしたところの写真である。台車上には4本の溶接ヘッドが積載されており、図3.3に示すようにロング材とトランスポース材の交点のすみ肉部をならい溶接していくものである。

溶接台車は重量約600kg、走行車輪には比較的走行抵抗の少ない

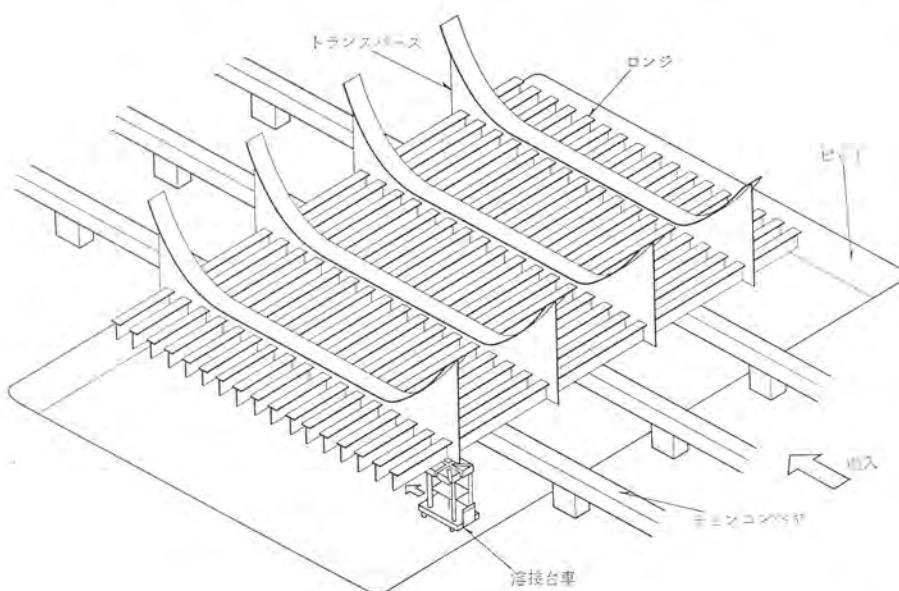


図3.1 わく組溶接概略
Welding method for the frame of a vessel

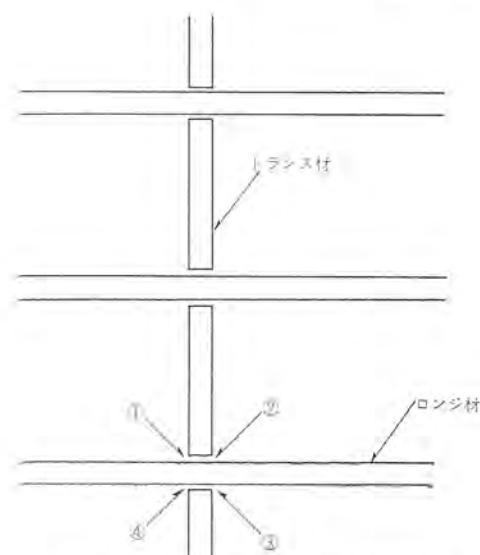


図3.2 トランスポース材とロング材の溶接個所
Welding point of transverse and longitudinal web.

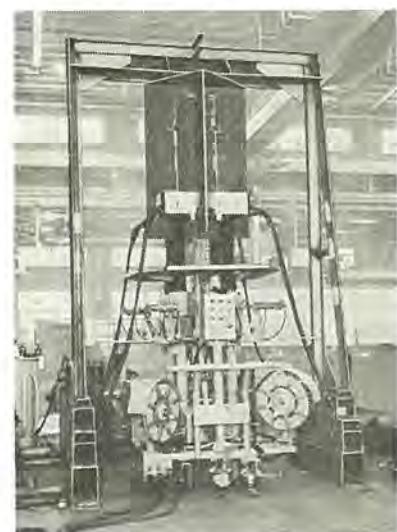


図3.3 溶接台車
Welding truck.

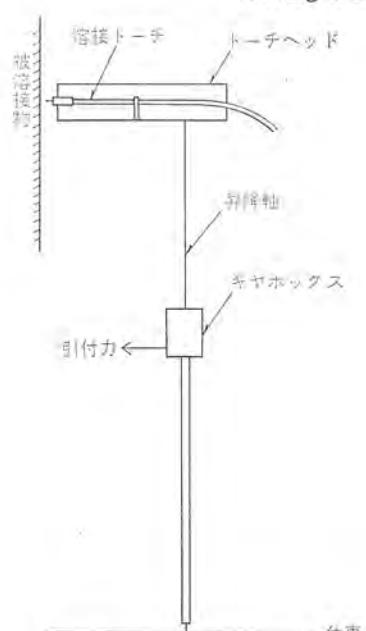


図3.4 溶接ヘッド
Welding head on the truck.

ポリウレタンソリッド車輪を使用しているので、作業者1名で容易に台車を移動することができる。溶接ヘッドは昇降装置とトーチヘッド"から成り、その概念図を図3.4に示す。台車上に固定された球面軸受を中心溶接ヘッドは、あらゆる方向に傾き回転することができる。昇降装置の中程にトーチヘッドを被溶接物に押しつけておくための引付力を作用させ、溶接トーチを常にロジ材とトランス材の交点に位置させている。これによって溶接は、すみ肉部からはずれることなくスムーズに行なわれていく。

次にこの溶接台車の特長をあげる。

(1) トーチヘッドにすみ肉部をならう機構があり、すみ肉部角度が90度から多少はずれても溶接可能である。また、溶接台車の位置設定は、台車中心をすみ肉部交点に合わせるために台車中心をほぼすみ肉部直下に固定すればよく、手押し式台車であるゆえに、溶接台車の固定が非常に容易な構造になっている。

(2) トーチヘッドのすみ肉部ならう機構の被溶接物と接している4個の点と、溶接トーチのねらい位置とが同一平面にあるため、溶接残しがほとんど無い。

(3) 溶接ヘッドの被溶接物すみ肉部への押しつけ、被溶接物からの逃がしの動作は押しボタン操作のみで簡単である。

(4) 重量が軽く台車移動が容易である。

(5) 溶接操作が溶接台車の手押し部分で行なえるよう、操作盤等を集中的に配置してある。(図3.3)

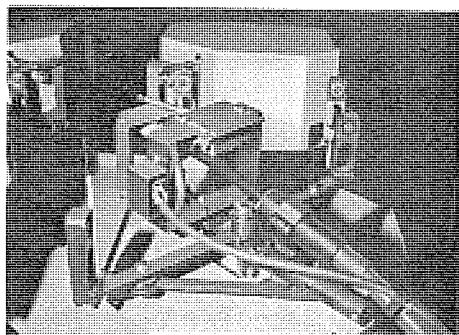


図3.5 すみ肉ならう機構
Mechanism of torch head on the fillet welding position.

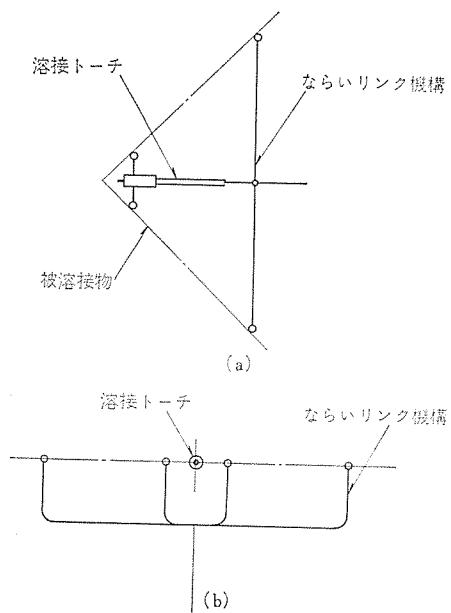


図3.6 ならうリンク機構
Link mechanisms of torch head.

3.2 すみ肉ならう機構

図3.5にトーチヘッド部分を示すが、トーチヘッド部分がすみ肉ならう機構をも兼ねている。このならう機構は、昇降装置中ほどに作用する力を利用し先端2個のガイドローラと、前後2個の合計4個のガイドローラが被溶接物に接したならう動作をしている。

図3.6(a)はトーチヘッド概略上面図、(b)は正面図である。前記のようにトーチヘッドはすみ肉部をならうリンク機構を備え、溶接トーチは常にすみ肉部二等分線上に保持され、トーチのワイヤ突出長もほぼ一定に保つ機能を持つ。このリンク機構の4個のガイドローラと、溶接トーチの位置を同一平面上に置くことにより、正確なならうが可能となったばかりでなく、溶接終了近辺での溶接残しも全くなくなるメリットを持っている。そのほか、トーチヘッド部分には溶接トーチの位置調整のできる調整機構、溶接終了位置を検出する溶接終了検知器を備えている。

3.3 制御装置

図3.7は本溶接装置の主制御盤で、すべての動作を制御するためのリレー・タイマ類、CTC溶接制御装置、溶接速度制御装置、定電圧装置、溶接電流(I_H, I_L)と溶接時間(T_H, T_L)のプリセット装置等が収容されている。主制御盤は図3.1のピット側面に溶接電源(交流アーカ溶接機)2台とともに設置され、溶接台車とは溶接電流用キャブタイヤケーブル2本と制御ケーブルで接続されている。

溶接台車上には後部手押側に操作盤(図3.8)、前部に調整盤(図3.9)を設け、溶接ヘッドに取付けられたリミットスイッチからの信

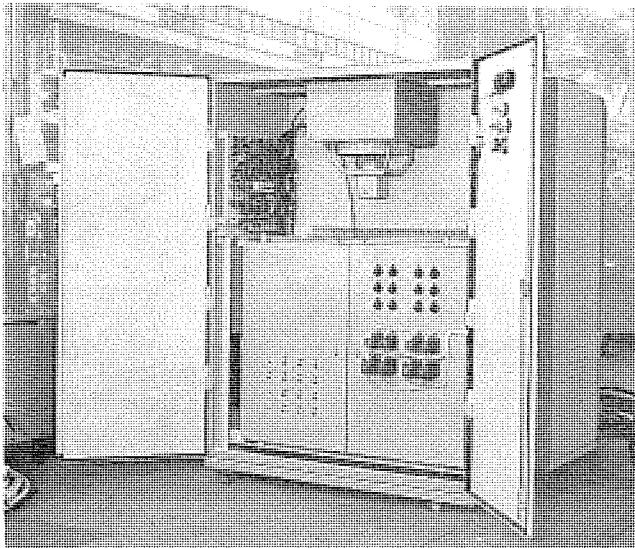


図3.7 主制御盤
Main control board.

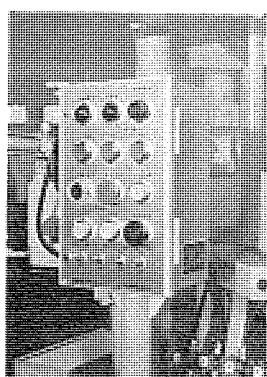


図3.8 操作盤
Operating board.

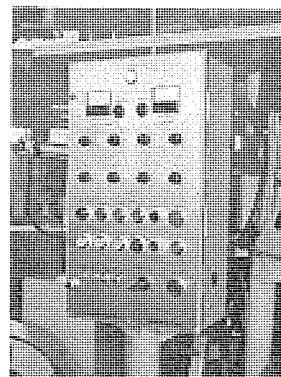


図3.9 調整盤
Adjusting board.

号とともに前記制御ケーブルで主制御盤と連絡されている。

次にこの制御装置の特長をあげる。

(1) 操作盤の簡単なボタン操作のみですべての自動運転ができる、その動作状況は信号灯により表示される。

(2) 溶接条件は一度セットすれば、電源電圧の変動等によって変化せず常に一定品質の溶接結果が得られる。

(3) 各回路間には作業者の操作誤りにより、危険な異常動作をしないようにインターロック回路を設けてある。

(4) CTC 溶接法は一般交流ノーガス溶接と異なり、周期的に溶接電流・溶接電圧が変化し、また低電流時の電流がきわめて低いために、電流調整回路・ワイヤ送給回路には特別な配慮が必要である。本装置では各種実験データをもとに CTC 専用に新設計された回路を使用している。特に低電流時のスタッピングを起こさないようにワイヤの先端が母材に短絡した場合、容易にアーカーが再点弧できるよう短絡防止回路をそなえている。

(5) 不測な溶接ケーブルの断線事故等の場合、装置の動作はすべて安全側に働くよう考慮されている。また制御回路には交流 100 V を使用し、さらに漏電しゃ断器を設置して不測な事故の発生を防止している。

3.4 本装置のおもな仕様

溶接台車

幅×長さ (mm)	1,500×1,600		
高さ (mm)	最高	3,050	最低 1,850

重量 (kg)	600
溶接ストローク (mm)	1,100
トーチ上昇速度 (mm/分)	30~200
トーチ下降速度 (mm/分)	300
取付けトーチ	MV 500 形 4 本 (500 A 60 % 使用率)
使用ワイヤ径 (mmφ)	3.2
電源	
形式	MA 500 交流アーカー溶接機
容量	500 A 60 % 使用率
台数	2 台

4. むすび

造船所における立向すみ肉溶接の中で、比較的作業量の多いわく組溶接を自動化・省力化することは、造船所における溶接作業の合理化にとってかなり大きい比重をしめるものと思われる。本装置はこの目的のために、数回にわたる試作と溶接試験の繰返しのうえで得られたデータを基にして、現場での実用性に重点をしづって開発したもので、今後造船業界での活躍が期待されている。

最後に本装置の製作にあたり、種々ご協力いただいた関係者のかたがたにお礼申し上げます。

溶接のプレイバック制御

氏家 昭*

弘中一光**・宇野丈治**・松本康司**

Play-back Control of Welding

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Kobe Technical Institute Akira UJIIE

Mitsubishi Electric Corp., Mfg. Development Laboratory Kazumitsu HIRONAKA・Jōji UNO・Kouji MATSUMOTO

The advent of numerical control or minicomputer has made it possible to realize the automatic operation and labor saving of productive machines. However in such apparatus as welding the working condition and positioning of the welding torch are entrusted to the decision of the worker and automatic operation is hard to embody with ease. As a step toward the goal, a welding machine of play-back type having the functions mentioned below has been built for trial with the object of automatizing the outer side welding of heavy thickness and large diameter drums. The functions are : (1) to memorize welding positions by following the shapes for welding, (2) to read out the welding positions during the operation and to determine the positioning of the welding torch, (3) to carry out multi-layer welding automatically without worker.

Through this method a model drum of 250 mm thick and 2.5 m in diameter has been welded with a successful result.

1. まえがき

N/Cやミニコンの出現により、産業機器の自動化が容易に実現されるようになった。しかし、これらはシーケンス制御かプログラム制御が可能な場合での適用で、加工条件や位置ぎめを作業者の判断に依存している溶接では、簡単には自動化が進まない。

溶接を制御の観点から見ると、1) 溶接条件の設定、2) 溶接開始シーケンス、3) 溶接施工となり、特に溶接施工は、溶接状況や溶接位置の検出を刻々に、on-line制御する適応制御的要素が要求され、N/Cの導入やプログラム制御だけでは処理できない。

溶接自動化のための各種検出器や制御方式については、種々報告されているが、溶接条件の設定、制御に経験的なものが多く関係するので、溶接対象物・溶接方式と密接なつながりがあり、はん用性をねらいにくいのが現状である。

今回、溶接自動化の第一段階として、肉厚の大口径のドラムの外周溶接の自動化を対象として、

- (1) 溶接に先立ち溶接物の形状を検出し、記憶させる。
- (2) 検出結果を溶接時に、必要に応じて取出し使用する。
- (3) 上記検出結果をもとにして、多層溶接を施工する。

という機能を持つ自動溶接制御装置の試作を行なった。当装置の制御方式には、磁気テープを記憶装置とするプレイバック方式を採用し、溶接機ヘッドは2組とし、おのおの同時に2軸制御の駆動方式を用いて、位置制御を行なった。このように、溶接トーチと溶接開先との関係位置を精度よくコントロールすることで、狭開先溶接が可能となり、省力化のみならず、溶接性能の向上も期待される。またN/C付溶接機とくらべ柔軟性のある溶接施工が可能となる。

以下、試作・実験中のプレイバック式の溶接機制御装置について紹介する。

2. プレイバック式溶接制御の必要性

今回試作したプレイバック式溶接制御装置は、原子力機器用圧力容器や、化学工業用圧力容器などの溶接に際し、大形化・厚板化、ま

た溶接姿勢の限定という諸条件に対処できる自動溶接をねらったものである。この種の溶接には、現在手動によるアーカ溶接や、自動化された水平サブマージ溶接が用いられているが、前者では、溶接に長時間を要し、熟練を要する。開先形状が大きくなる。後者では、開先形状が大きく時間がかかる。ねらい位置を人間が調整する。スラグのはく(剝離)が必要などの問題点がある。当溶接制御装置では、これらの欠点を補ない、溶接施工を高能率化することを目的として、とくに次の要求が考慮されている。

(1) 狹開先化により、位置ぎめの容易化と制御性の向上が可能となる。またこれにともない、溶接能率の向上、全姿勢自動溶接の容易性が考えられる。

(2) MIGまたはTIG+溶加心線方式の採用

(3) ねらい方式によるねらい位置の自動調整

図2.1は、プレイバック式溶接制御の実験であるが、右手前と左後方の2個所に溶接機トーチが設置され、中央の大口径のドラムの狭開先位置をねらって溶接が施工される。対象とするドラム形状は、直径3~12m、肉厚30~300mmで、ターンテーブルの上に乗って、所定

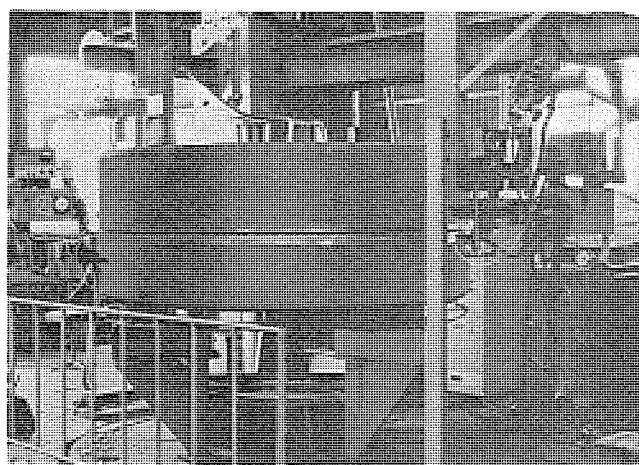


図2.1 プレイバック式溶接制御の施工
Play-back control of welding.

の溶接速度で回転し、回転位置が光電式検出器で検出されて制御系と同期をとっている。

3. プレイバック式溶接制御の検出系と駆動機構

3. 1 検出系および検出素子の特性

図3.1に示すように開先の深さ方向をx軸、幅方向をy軸として、開先の各位置におけるy方向の変動量 Δy を検出する。その構成は検出車輪①の変動量 Δy をレバー②により1対1に差動トランス③の鉄心④に伝えるようになっている。動作の詳細は、板⑤にはめこまれた板⑥に板⑦を取りつけ、ガイド軸⑧にスライドベアリング⑨を通して、レバー②および差動トランス③の支持部材⑩、⑪をホルダ⑫に取りつけ、検出車輪①が適当な接触圧で開先⑬に当たるようになればね⑭でレバー②を引き、また被溶接物⑮より離れないようねばね⑯で引き、

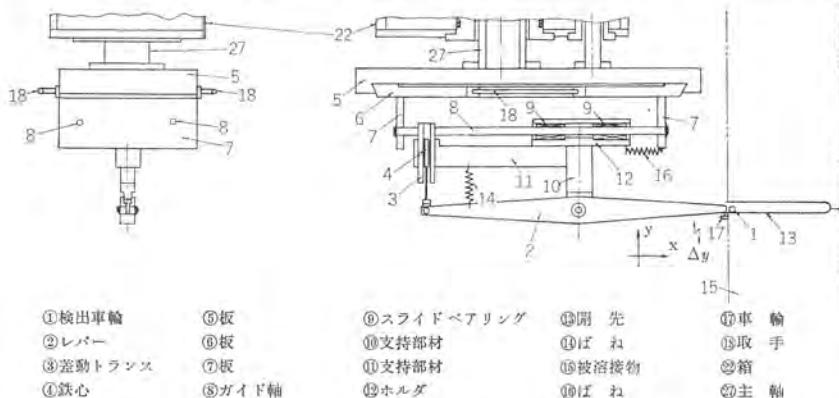


図 3.1 検出系の構成

Construction of detecting mechanism.

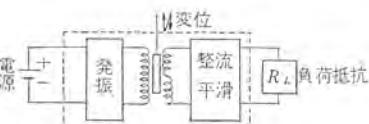


図 3.2 直流差動トランスの動作原理
Operational principle of DC differential transformer.

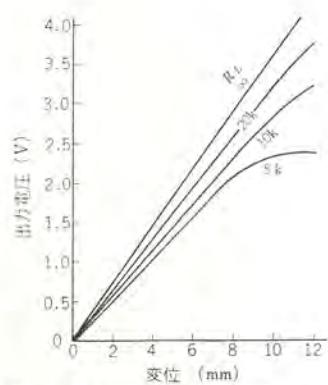


図 3.3 使用した直流差動トランジスタの負荷特性

Output-displacement characteristics of DC differential transformer.

表 3.1 使用した直流差動トランジスタの特性
Characteristics of the DC differential transformer.

直線範囲	感 度	電源電圧	励磁電流	出力インピーダンス	応 答 周波数	温 度 特 性	リップル
±10mm	60mV/mm/V	2~12V	8~48mA	1.3kΩ	300Hz	±0.02%/ $^{\circ}$ C	1%

車輪⑯を当てるようしている。また板⑮には取手⑰を取りつけ、検出部を板⑮より抜き取りやすいように配慮している。

検出素子は直流差動トランジスタを用い、発振器・位相検波器・フィルタがコイル本体内に組み込まれており、その動作原理を図3.2に示す。また使用したものの特性を図3.3および表3.1に示す。この直流差動トランジスタは取り扱いが簡便ではあるが、溶接機用検出器としては耐熱性に問題があり、40°C程度が限界であるため、フィードバック用(後述)に用いたものは、被溶接物の予熱による温度上昇を防ぐために、冷却水を用いて冷却している。

3.3 駆動系の構成と仕様

図3.4は、板⑥に検出部にかわって溶接トーチ部を差しかえて取りつけた溶接時の状態を示している。溶接時にはy方向はその移動量 Δy^* がすでに検出した Δy に等しくなるよう、y軸駆動モータ⑩を駆動し、 $\Delta y - \Delta y^*$ をフィードバック用差動トランジスタ⑪で検出している。またx方向は、電極と被溶接物表面との距離と、溶接電圧とが直線関係にあることをを利用して、電極と被溶接物表面との距離を一定にするようにx軸駆動モータ⑫を駆動している。詳しい構成は、箱⑬に取付板⑭を介して取りつけられたギヤヘッドとタコシジェネレータ付

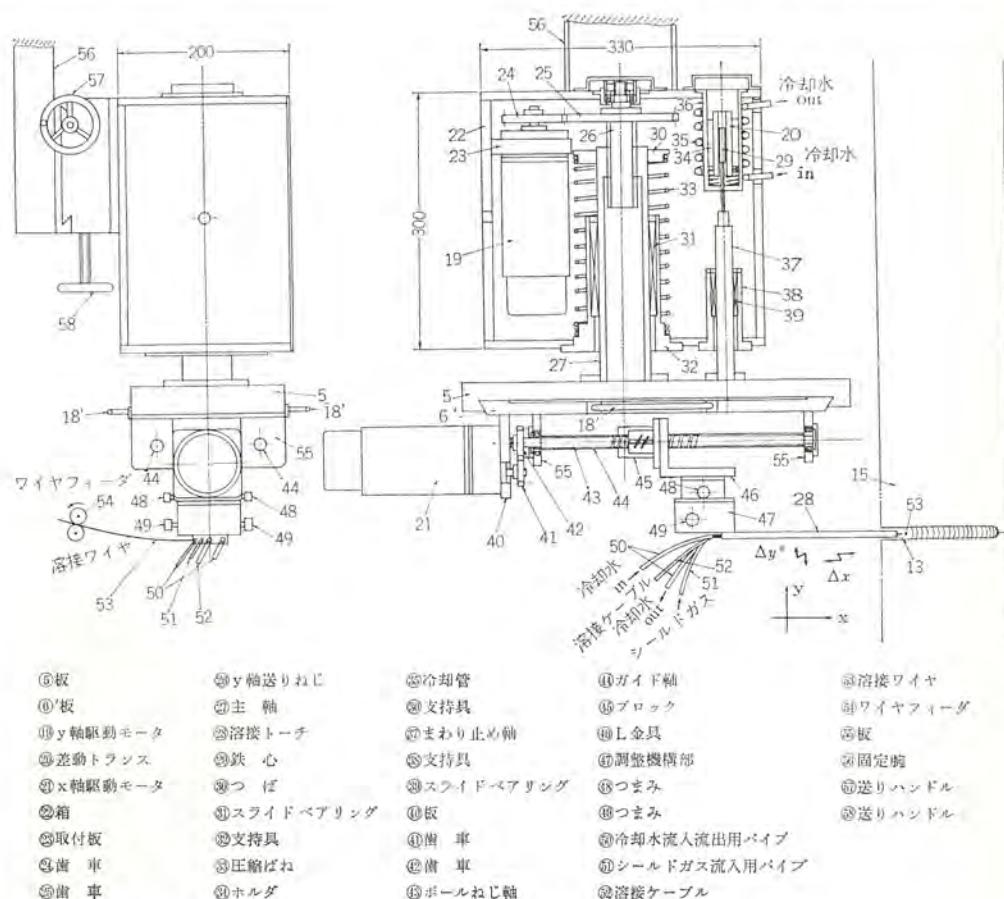


図 3.4 駆動系の構成図
Construction of driving mechanism.

きの y 軸駆動モータ⑩は歯車⑪、⑫を回転させ、y 軸送りねじ⑬を回転させる。y 軸送りねじ⑬はこれとはまりあい、回転を拘束された主軸⑭とこれに取りつけられている部分を y 方向に移動させる。その移動量が Δy^* であり、溶接トーチ⑮も差動トランス⑯の鉄心⑰も同時に Δy^* 移動する。主軸⑭に取りつけたばね⑯と箱⑯に取りつけたスライドベアリング⑯の支持具⑯の間に、圧縮ばね⑯を入れ、y 軸の駆動を容易にしている。差動トランス⑯はホルダ⑯に抱かれ、ホルダ⑯は冷却管⑯をまきつけた支持具⑯に支持され、鉄心⑰はまわり止め軸⑯に取りつけられ、その軸は支持具⑯に支持されたスライドベアリング⑯にガイドされている。x 軸駆動系は、板⑤に検出部の板⑥とまったく形状寸法の等しい板⑥'がはまり込み、板⑥'に取りつけた板⑩にギヤヘッド⑩とタコ ジェネレータ付きの x 軸駆動モータ⑩を取りつけ、x 軸駆動モータ⑩は歯車⑪、⑫を介して、x 軸送り用ボルネジ軸⑬を回転させる。ガイド軸⑭にガイドされ、ボルネジ軸⑬により駆動されるブロック⑯に取りつけた L 金具⑯には溶接トーチ⑮の調整機構部⑯が取りつけられており、その調整機能はつまみ⑯を回転することにより、図 3.4 の右図の紙面垂直方向へ、またつまみ⑯を回転することにより、電極先端を回転中心として溶接トーチ⑮を移動できるようになっている。調整機構部⑯に溶接トーチ⑮が取りつけてあり、溶接トーチ⑮には冷却水流入流出用パイプ⑯、シールドガス流入用パイプ⑯および溶接ケーブル⑯が取りつけられ、溶接ワイヤ⑯がワイヤフィーダ⑯により電極に対し横方向から供給される。なお板⑤に取りつけた板⑥はボルネジ軸⑬とガイド軸⑭を支持している。固定腕⑯に対し x、y 方向にヘッド全体を移動させるため、スライドベットに箱⑯は取りつけられており⑯、⑯はその送りハンドルである。

駆動系の仕様は表 3.2 に示す。実験結果より検出読み込み値 Δy に対して機械系は $|\Delta y - \Delta y^*| \leq 0.02 \text{ mm}$ 程度で追従していること

表 3.2 駆動系の仕様
Specifications of driving mechanism.

x 方向ストローク	150 mm
y 方向ストローク	±20 mm
x 方向送り量	0.10 mm/モータロータ 1 回転
y 方向送り量	0.26 mm/モータロータ 1 回転
x 軸駆動モータ	DC サーボモータ 10 W
y 軸駆動モータ	DC サーボモータ 50 W
x、y 軸タコ ジュネレータ	7 V/1,000 rpm

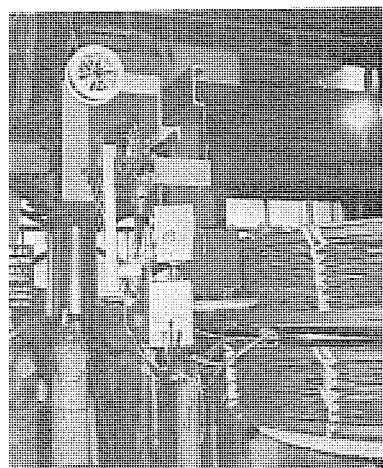


図 3.5 予熱をした溶接施工
Welding under preheating

が確認された。

図 3.5 に被溶接物を予熱した溶接施工の実施を示す。

4. プレイバック式溶接制御の制御系

制御系は、溶接条件から次の制限をうける。

- (1) 位置ぎめ精度は 0.1 mm (停止精度)
- (2) 磁気記録装置への記録時と読出時の時間間隔が同一でない。
(記録速度と溶接速度が異なる)
- (3) 溶接時におけるノイズ対策が必要

図 4.1 に制御系のシステム構成を示す。大別して、溶接物開先位置の検出信号を A/D 変換し、書き込みフォーマットにしたがって磁気記録を行なう記録回路と、磁気記録からの読出し、レジスタへの置数、D/A 変換を行なう読出回路、および機械部の駆動を行なうサーボ系に分けられる。回路構成はすべて IC 化し、装置のコンパクト化を試みた。サーボ系は SCR を用いた直流サーボ方式で、x 軸・y 軸方向に同時 2 軸の駆動制御を行なっている。図 4.2 に制御装置の外観を示す。

4.1 制御方式と磁気記録装置

溶接の制御は、その性質上プログラム制御が困難なので、プレイバック制御方式を採用した。データの記憶には、各種の記憶装置を考えられるが、上記溶接条件、溶接に必要なデータ量、現場作業での取扱いを考慮して、デジタル用のカセットタイプの磁気テープを採用した。

磁気テープに書込まれる記録情報のフォーマットは、

/d d d d / d d d d / d d d d / (d は 4 ビットの 2 進数)

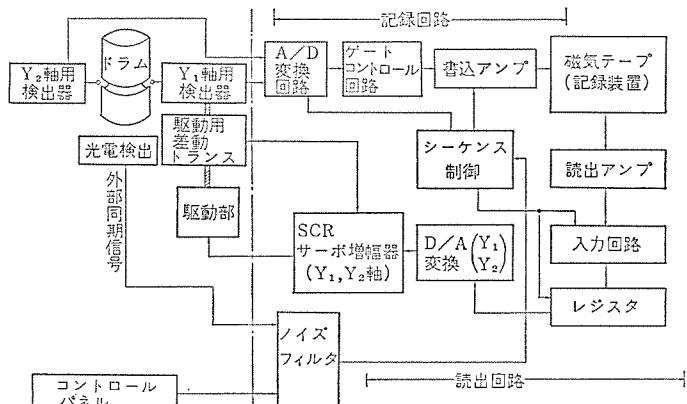


図 4.1 制御系ブロック図
Block diagram of control system

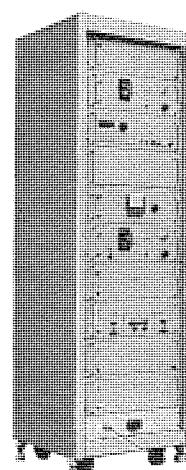


図 4.2 制御装置外観
Exterior view of play-back control unit.

で表わされ、最初のブロックはデータ番号を、第2ブロックはヘッド1のy軸座標を、第3ブロックはヘッド2のy軸座標を示す。ヘッド1および2のx軸座標は、アーケ長制御方式を採用したon-line制御なので磁気テープには記録しない。記録および読み出しの同期信号は、被溶接物の外周に取付けられた回帰性反射テープによって得られる。磁気テープ採用での要求事項は、狭開先での多層溶接に際して、記録した一連のデータ(ドラム1周分)を連續したデータとして、くり返しきり返し読み出すことができるこであり、次の2案が考えられる。

(1) 任意長のエンドレス情報を作ること。
 (2) 高速巻戻し可能な磁気テープを使う。

(1)の案に対しては、エンドレステープといえどもテープのつなぎ目があり、また情報量の多少があってエンドレスの情報を作ることができない。しかし複数個のヘッドを持つ磁気テープの場合、図4.3のごとく、最初にテープを正転させ、ヘッド1、2を使って記録し、全情報の約半分の記録が終えたとき、テープを逆転させて、今度はヘッド3、4のみで記録すれば、記録パターン1, 2, …, 15, 16, …, 29と任意長のエンドレス情報を構成できる。ただし少なくとも4個以上の複数個のヘッドが必要である。

一方(2)の案は、巻戻し時間が十分に早い場合で、ヘッドが2個以上あればよい。しかし情報量が多くなりすぎると、テープが巻戻る時間が不足したり、また巻戻す位置の制御が必要となる。試作機には(2)案を用いた。磁気記録装置の仕様は、表4.1に示す。この磁気テープは2トラックなので、図4.4のごときフォーマットで記録されている。また図4.5に、磁気記録部の外観を示す。

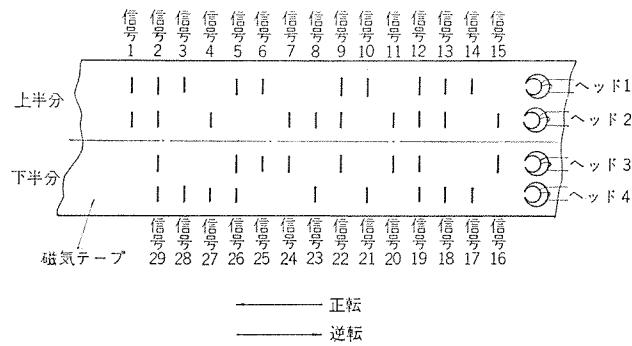


図4.3 任意長のエンドレス情報
Endless information having arbitrary bit length.

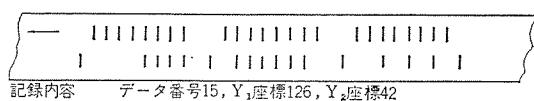


図4.4 磁気テープ情報のフォーマット
A typical format of information on the magnetic tape.

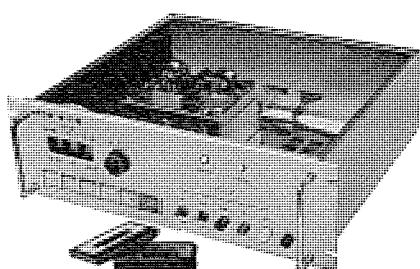


図4.5 磁気記録部外観
Exterior view of magnetic recorder unit.

4.2 記録回路

記録回路は、操作モードを「WRITE」にした場合、外部からの同期信号で磁気テープへの記録が開始され、シーケンスの制御を行なう。開先エッジの位置を差動トランジスタでアナログ量の形で検出した後、A/D変換回路を通して、2進数のデジタル情報を変換し、次にゲートコントロール回路で、磁気テープ書き込みのフォーマットに並びかえて記録する。記録時に、内蔵のカウタで外部同期信号をカウントして、データ番号を作り、これをインデックスとして、Y₁, Y₂座標の前に書込んでいる。

A/D変換回路は、高価な回路なので、図4.6のように、差動トランジスタY₁, Y₂からの出力を切換回路でスイッチして、1個のA/D変換回路で能率よく処理を行なっている。A/D変換回路はテラダイン・ネクサス製のもので入力10Vが10ビットの2進数に変換される。変換モードは外部結線をかえることで連続的な変換と単一変換があるが、ここでは、溶接トーチの動きに同期した変換が必要なので、指示したときにのみA/D変換が行なわれる単一変換のモードで使われている。また変換により、10Vのアナログ量が1024($=2^{10}$)のデジタル量になるので、溶接トーチの変位量約0.02mmがデジタル量の“1”に対応することになる。

4.3 読出回路

読出回路は、操作モードを「READ」にした場合、外部からの同期信号により磁気テープの情報を正しく読み出し、レジスタに置数し、この読み取り値と差動トランジスタの出力が等しくなるまで、サーボ系により機械部のモータを駆動して、y軸方向の位置決めを行なう回路である。y軸方向の位置決めはP-T-Pで、レジスタの置数値をD/A変換

表4.1 磁気記録装置の仕様
Specifications of magnetic recorder unit.

テープ速度	3IPS
スタート時間	30 ms
ストップ時間	20 ms
記録密度	400 BPI
記録方式	RB
データ転送速度	2 kC
入出力レベル	ICレベル
テープセンシング方式	光電式
巻戻し時間	60 s
テープ幅	カセット式
テープ長	約300フィート

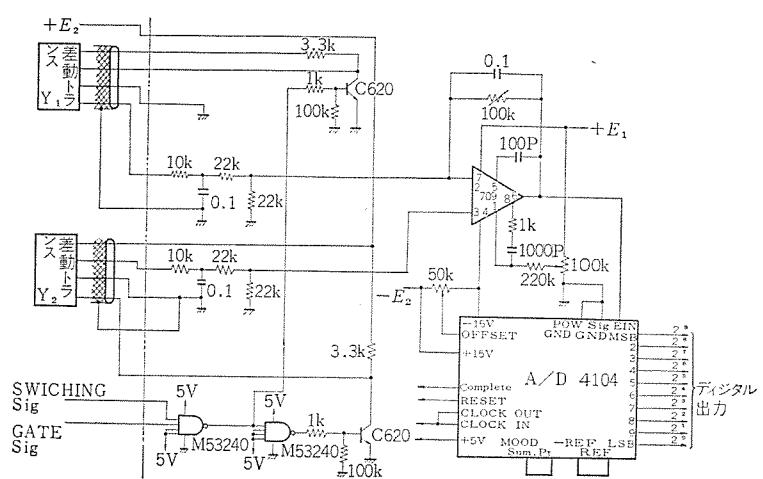


図4.6 切換回路つきA/D変換回路
A/D converter with signal switching circuit.

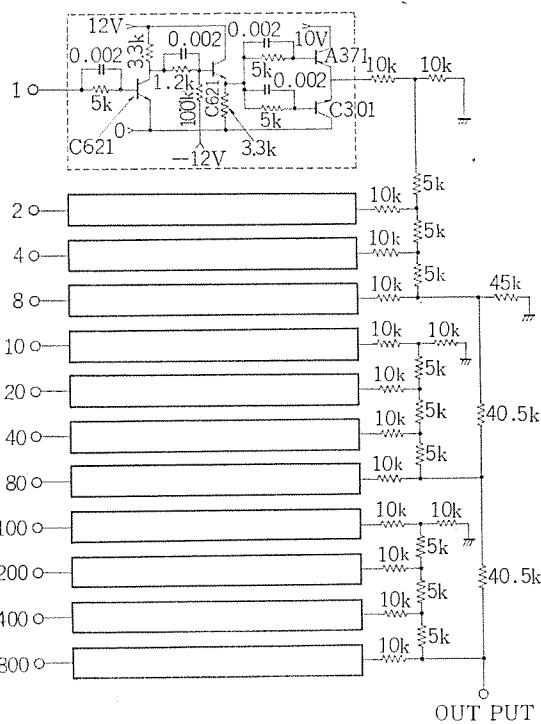


図 4.7 D/A 変換回路 (BCD 用)
D/A converter for Binary Coded Decimal.

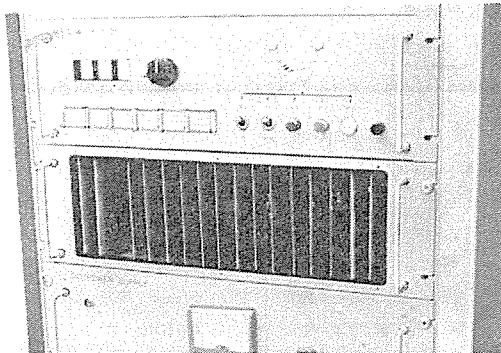


図 4.8 操作盤と論理回路部
Control panel and logic circuit boards.

して、サーボ増幅器に供給している。

図 4.7 に、BCD (2 進化 10 進数) 用に開発した LADDER タイプの D/A 変換を示す。この種のものは任意のベースの D/A 変換に拡張することができる。

読み出回路は、タイミング信号として、t1~t16 を持つ同期クロック方式を採用し、クロックの周波数は約 200 kHz である。

4.4 操作盤

操作盤には制御装置の操作指令を行なう各種スイッチと、動作の状態を示すランプがあり、溶接開始時の位置合わせや磁気テーブの中のデータチェックなどが容易にできる。図 4.8 に操作盤・記録回路・読み出回路のパッケージを示す。

4.5 ノイズ対策

制御系には磁気テーブや IC 素子などノイズに弱い部品が多く、ノイズ対策は大きな課題である。とくに溶接開始時の高周波スタートによるノイズ源は、溶接ケーブルから信号ケーブルに誘導し、論理回路の誤動作の原因となっていた。溶接実験から得られたノイズ対策は、

(1) 溶接ケーブルと信号ケーブルをできるだけシールドし、また相対位置を遠くして、magnetic coupling や electrostatic coupling によるノイズを防ぐ。

(2) impedance coupling によるノイズを防ぐために、アース線を十分検討すること。できればアース線は放射線状に、同一点から引くこととし、橋渡し的な結線は絶対にさけること。

(3) 溶接機用電源と制御用電源にはラインフィルタを入れること。があげられる。これらの対策により、論理回路の内容がこわれるることは皆無となった。

5. むすび

溶接自動化の第一段階としての、プレイバック式自動溶接制御装置は、三菱重工(株)神戸研究所で、板厚 250 mm、直径約 2.5 m のモデルドラムを溶接して、満足すべき結果を得た。

今後は、この制御方式を円筒形状のものからだ(梢)円形状の溶接物へ適用することが期待されるが、溶接速度一定、溶接時のトータル角度一定という条件が円筒形状のものにくらべて制御しにくい、必要によっては、これらの条件を保つために計算機能を制御系に導入しなければならず、計算機制御方式への移行が考えられる。また複雑な溶接条件の設定を考えるとき、プレイバック方式による位置情報の制御のほかに、フィードフォワード制御を考慮した溶接条件安定化も考える必要がある。

参考文献

- (1) 荒田、井上：アーカ溶接の自動制御、溶接学誌、41, 6 (昭 47)
- (2) 清原：最近における専用自動溶接機の展望、溶接学誌、41, 10 (昭 47)
- (3) 氏家：最近の溶接技術について、機械学誌、75, 647 (昭 47)
- (4) Jay Freeman : Electronic Design, 14 (1967)

形状検出器を用いた溶接機

堀部 透*・真田 義夫*
津田 栄一**・稲荷 隆彦**・丸山 寿一**
岡田 和夫***

Welders with Sensors for Detection of Shapes and Deformation of Works

Manufacturing Development Laboratory

Nagoya Works Toru HORIBE・Yoshio SANADA
Eiichi TSUDA・Takahiko INARI・Hisaichi MARUYAMA
Central Research Laboratory Kazuo OKADA

Of techniques of labor saving in processing, the one sensing the state of work pieces direct and feeding back the operation is drawing the attention. Welders are representative apparatus coming under the category of this technique. As the objects to be welded are generally poor in their preciseness of shapes and liable to deformation during the processing, it is particularly important to sense the shape direct. As the means for this purpose, mechanical contact, air and light are made use of being representative of all. This article introduces examples of sensors developed or under development by Mitsubishi and also welders provided with these sensors. Generally speaking, there is limitation in the use of the sensors such as depending on operating conditions and working objects, which makes it necessary to have careful selection in applying them.

1. まえがき

加工の省力化技術は大きく分けて2種類に分類できる。その一つは加工機を一定のプログラムに従って動作させるもので、通常のNC工作機が代表例である。それに対し、被加工物体の状態を常に検知しながら、加工機のプログラムを補正しつつ加工をおこなう必要がある場合がある。後者は一般に技術的にむずかしく、完全に自動化された溶接機はこの場合の典型的な例である。

この論文では溶接機の中でも特にアーチ溶接機、ならびにTIG溶接機を対象にしている。また被加工物体の状態の中でも特にその形状を対象にしている。被加工物体は一般に形状精度が悪く、また溶接中の変形等もおこしやすく、溶接トーチと被溶接個所とを常に一定の相対位置関係に保つことは、単純なプログラム制御ではまず不可能である。そのため溶接対象物の形状を知るための検出器がます必要である。この論文で現在までに当社で開発したもの、または現在開発中のものをいくつか紹介する。

2. 検出器の概略

対象物体の形状として、今まで対象となつた量は

- (i) 距離
- (ii) こう配
- (iii) 不連続点（物体のりょう（稜）・つき合わせ・穴など）

であり、これらの量を検知、追跡することが求められる。

検出する手段として用いられる媒体としては、次のものがあげられる。

- (i) 機械的接触
- (ii) 空気圧
- (iii) 光
- (iv) 磁気

次に、以下の各章で紹介する溶接機に用いられている検出器の基

本原理の概略をまとめる。

2.1 機械式距離検出器

これは機械的変位量を測定するために通常用いられている差動トランクスを用い、差動トランクスのレバーの先端に小形車輪をつけ、被溶接対象の表面をならしていくものである。

2.2 機械式りょう線検出器

これは図2.1に示すように、上記の差動トランクスを2個用い、おのおのの差動トランクスの出力差から、物体のりょうの位置を検知するものである。

2.3 空気式検出器

空気を対象物体表面に吹きつけ、その背圧を検知する方式が、溶接機として普通であり、市販の空気センサが利用できる。これにより機械式と同様に距離・りょう線等が検知できるほか、比較的小さい穴やみぞの検知にも利用できる。無接触が特長である。

2.4 光学式距離検出器

光学的に距離を検知するにはいろいろな方法が知られているが、

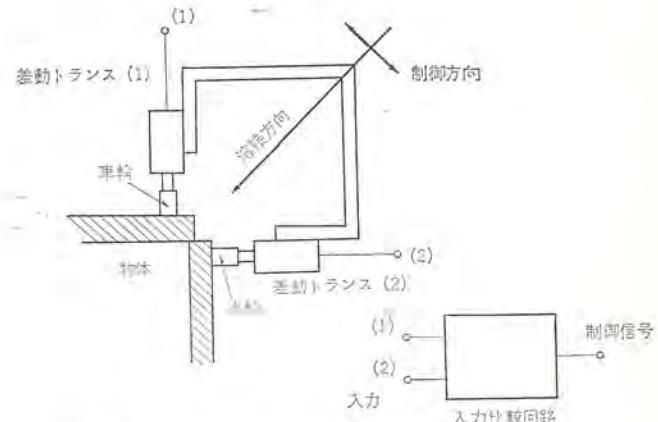


図2.1 機械式りょう(稜)線検出器の基本構成
Configuration of mechanical edge sensor.

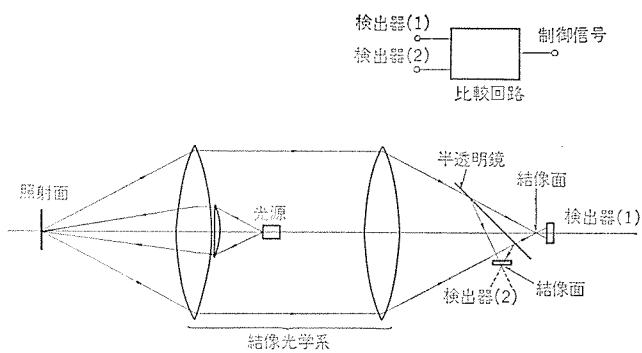


図 2.2 光学式距離検出器の基本構成
Configuration of optical distance sensor.

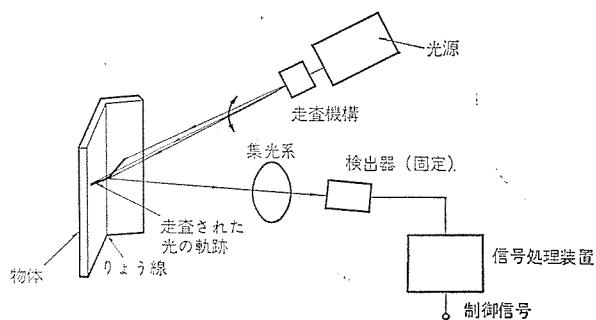


図 2.3 光走査による光切断法検出装置の基本構成
Configuration of edge sensor using detector of the trace of a scanned light spot.

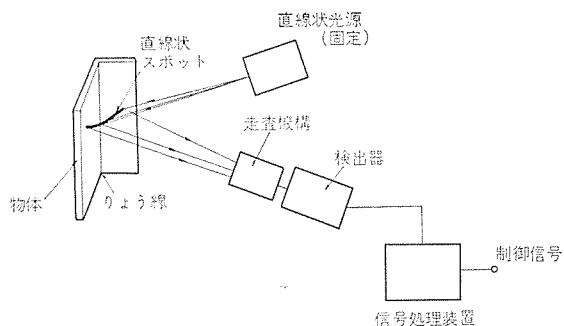


図 2.4 直線状光スポットによる光切断法検出装置の基本構成
Configuration of edge sensor using detector of the trace of a illuminated line light spot.

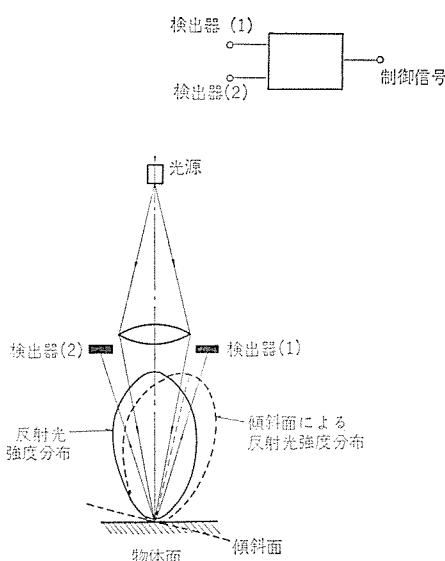


図 2.5 光学式こう配検出器の基本構成
Configuration of optical slope sensor

溶接機用のように小形・安価を必要とする場合には、結像面の変位を検知するのが最も適している。すなわち図 2.2 に示すように、光を対象物体に照射し、照射点の像を結像光学系で結像させた場合、その結像面は物体と結像系との距離に比例して、光軸上を移動する。結像面が基準位置にある場合、結像面の前後に等距離の位置の光強度を図 2.2 に示すように検知すれば、その出力は互いにバランスしている。結像面が移動すれば、どちらかの光検出器の出力が増大する。この 2 個所の光強度の出力の組合せにより、距離を検知する。この結像面の移動を検知するには、ほかにもいくつかの方式がある。当社で開発した一つの例を 4 章で詳しく述べる。

2.5 光学式不連続点検出器

これは物体のりょうやみぞなどの、物体の表面の特異な点を検出するもので、これにもいくつかの方式がある。ここでのべるのは一般に光切断法と呼ばれるもの一種で、照射光線を直線状に走査し、表面に対し一定の角度方向からこの照射点を観測すれば、表面のプロファイルの投影像が観測されることを利用したものである。これにはひとつには照射光線を走査し、観測するほうを固定するやり方と、照射光は 1 本の直線状のものを用い、観測するほうを走査して、プロファイルを判定するやり方がある。当社での開発例は前者に属する。図 2.3, 2.4 に上記の両者の基本構成を示す。開発例は 5 章で詳細に述べる。

2.6 光学式こう配検出器

対象物体の表面こう配を検知するのは一般にむずかしいが、表面が比較的一様である場合には、光の反射角度を検知することによりこう配を知ることができる。図 2.5 に実用的なこう配検出器の基本構成を示す。一般的な物体表面からの反射光は図中に示すように広範囲に広がっており、図のような強度分布をもっている。この分布を図のように 2 個の光検出器で検知する。光軸に直角方向に表面があれば、2 個の検出出力はバランスしているが、面が傾くと、このバランスがくずれる。これによりこう配を検知することができる。この具体的な応用例を 6 章でのべる。

3. 機械式検出器をもった溶接機

2.1 節でのべたような、差動トランジスタを用いた機械式接触形距離検出器をもった溶接機は数多く考えられる。ここでは当社で開発した例を紹介する。

3.1 りょう線検出器をもった溶接機

上記の距離検出器を 2 個用いたりょう線検出器については 2.2 節で簡単に述べた。この方式は図 2.1 に示したように、2 軸方向を検知し、1 軸方向のみを制御して、常に溶接トーチを物体のりょう線部に指向してすみ肉溶接ができるようしているのが特長である。

図 3.1 はこのりょう線検出器をもった溶接機の外観で、溶接トーチがりょう線部を指向している。検出器は 1 軸方向のもののみ見えており、直角方向のものはワークの陰になっている。

3.2 距離検出器をもった溶接機

図 3.2 は、開先部が Y 軸方向ではほぼ一定の距離にあり、X 軸方向のみに形状変化がある場合の溶接機の基本構成である。この場合は X 軸方向のみ、差動トランジスタにて検出し、Y 軸方向は溶接電流の制御のみで十分である。

図 3.3 に当社で開発したこの方式の溶接機の先端部外観を示す。対象物の側面に距離検出器が配置されている。

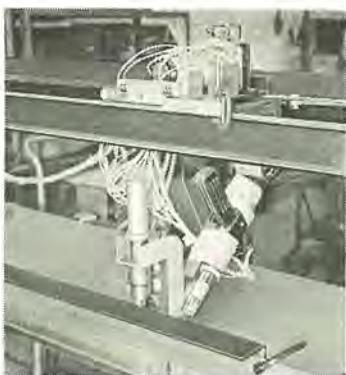


図 3.1 機械式りょう線検出器付き溶接機の外観
Appearance of the welder with mechanical edge sensor.

4. 差動形光学検出器をもった溶接機 (距離・マーク検出)

発光源に発光ダイオードを、受光器に2個の光電変換素子を用いて、その2個の光電変換素子の入力の差を出力とした無接触式検出器であり、対物距離の検出および明暗線(マーク)の検出が可能である。

4.1 検出原理

光学的に距離を検出する方式の基本原理は2.4節でのべたが、次に具体例を示す。

図4.1に示すように発光ダイオードからの赤外光はとつレンズF₁、F₂によって集光され、とつレンズF₂の焦点位置にある被検出物上に結像する。その像是とつレンズF₂、F₃によりふたたび検出器内に像を結び、とつレンズF₃の焦点位置をはさんでおののaの位置にある光電変換素子S₁とS₂によって受光される。2個の光電変換素子は半径hの半円で光軸直下同方向にある。aの値を

$$a = \frac{2hf_3}{D}$$

とおく。光源に大きさがなく点光源とした場合、被検出物がとつレンズF₂からf₂の位置にあるときは光電変換素子S₁とS₂への入力が等しく、その差はゼロ、すなわち出力がゼロとなる。被検出物がf₂+ε₁にあるときは、とつレンズF₃からf₃-δ₁に結びS₂の入力が小となり出力は負、被検出物がf₂-ε₂にあるときは、とつレンズF₃からf₃+δ₂に結びS₁の入力が小となり正の出力が得られる。

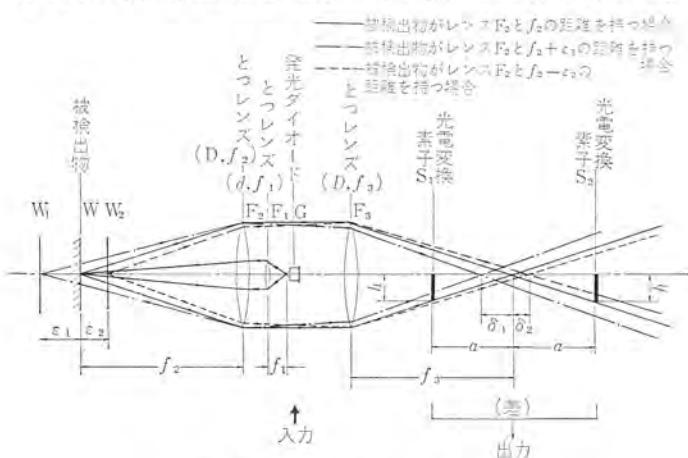


図 4.1 検出器原理(1)
Principle of the optical distance sensor (1).

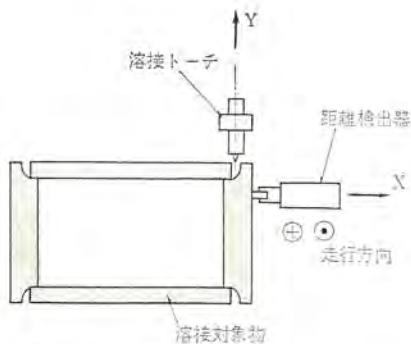


図 3.2 りょう線部溶接機の基本構成
Configuration of welder with sensor for tracing edge.



図 3.3 距離検出器付き溶接機先端部の外観
Appearance of mechanisms for distance detector and welding.

検出器内の光路を図4.1に示す。しかし、実用上光源には大きさがあり、また光電変換素子S₁とS₂への入射光の被検出物の移動量に対する変化率が異なるので、光電変換素子S₁とS₂の位置には多少の補正が必要である。

次に光電変換素子S₁とS₂を図4.2のようにとつレンズF₃の焦点位置に並べて、その境界を光軸からb離して置けば、とつレンズF₂からf₂にある被検出物上に描かれた白線の縁の位置を検出することができる。それは、被検出物上の像が直径D₀の大きさを持ち、白線上に結んだ像のほうが黒地に結んだ像より明るいことから、光電変換素子上には半円形の像が結像、光電変換素子S₁とS₂への入力が等しい所で検出器の出力がゼロとなるからで、そのゼロ点位置から検出器が図4.2で、上方へ移動したとき、S₁の入力はS₂の入力より大きく、出力は負、下方へ移動したとき、S₁の入力はS₂の入力より小さく、出力は正となる。ここに出力ゼロの得られる白線の縁の光軸からのずれCは

$$C = \frac{D_0}{D} \cdot b$$

となり、検出器の白線の縁に対する方向性を正常な位置から±90度の範囲で、同一の特性を得る目的で

$$b = 0.097 \times \frac{D}{2}$$

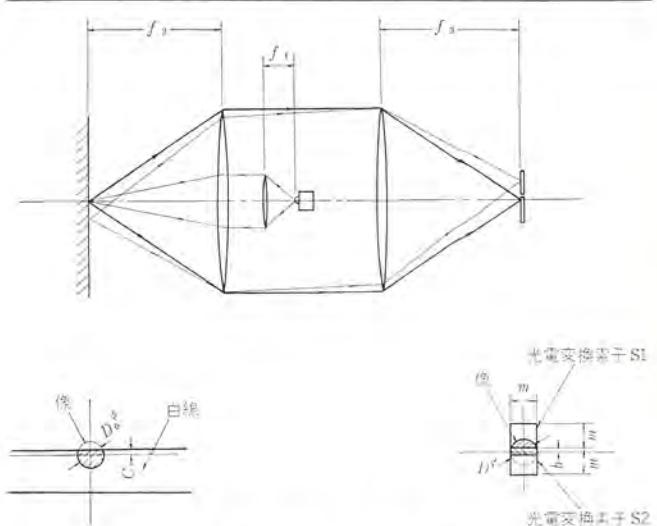


図 4.2 検出器原理(2)
Principle of the optical mark sensor (2).

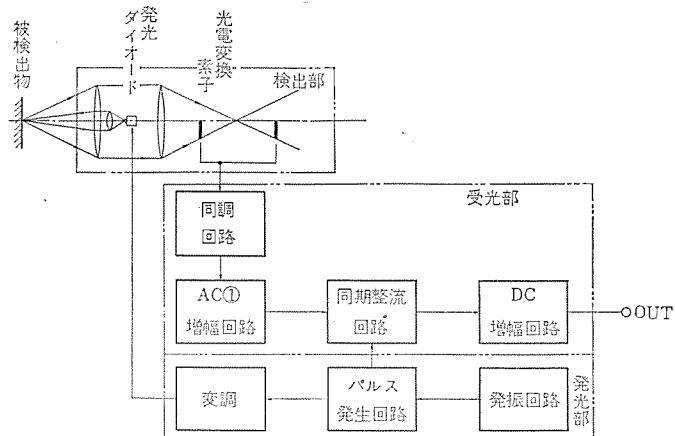


図 4.3 検出器ブロック線図
Block diagram of the sensor.

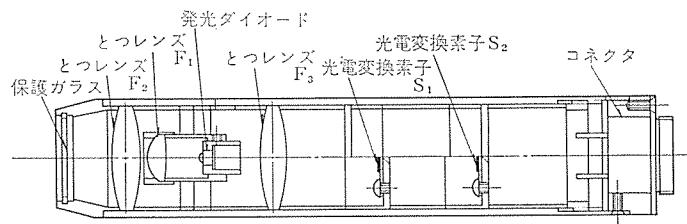


図 4.4 検出器構成
Structure of optical distance sensor.

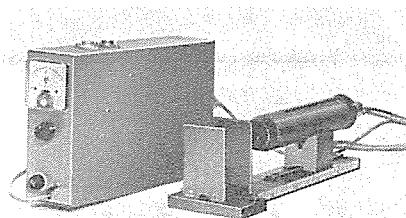


図 4.5 検出器外観
Appearance of optical distance sensor.

を満足する b をとればよい。たとえば $D=5 \text{ mm}$ では $b=0.243 \text{ mm}$ となる。検出器の発光・受光回路の制御方式を図 4.3 に示す。

4.2 検出器構成

距離検出器の具体的な構成を図 4.4 に示す。検出器先端から保護ガラス、とつレンズ F_2 、とつレンズ F_1 、それから f_1 離れて発光ダイオード、とつレンズ F_3 、光電変換素子 S_1 , S_2 、外部と接続するコネクタから構成されている。前章のマークを検出する検出器は、光電変換素子 S_1 と S_2 を上下に並べて置いたものである。検出器を制御する発光・受光回路は $180 \times 236 \text{ mm}$ のプリント板 1 枚にまとめられ、 $\pm 12 \text{ V}$ と 0 V の 3 入力によって動作する。検出器外観を図 4.5 に示す。

4.3 実験結果

検出器の出力はゼロ点近辺では変位に比例している。使用時はほとんどのゼロ点近辺なので変位に比例した補正が可能である。横軸に変位と、縦軸に出力をとった結果を図 4.6 に示す。(a)が距離を検出したもの、(b)がマークとして白線の縁を検出したものである。

距離を検出する検出器を用いた各種溶接継手の検出方法とその特性を図 4.7 に示す。(a)は開先のある場合で、斜面途中で出力ゼロとなるよう検出器を設定、右へ移れば遠くなるから負、左へ移れば近くなつて正となる。(b)はルートギャップのある場合で、エッジか

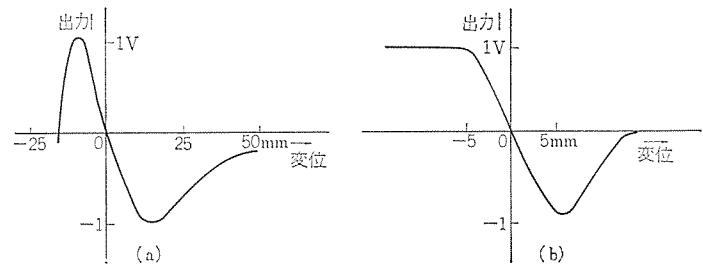


図 4.6 変位-出力特性
Relation between displacement and output.

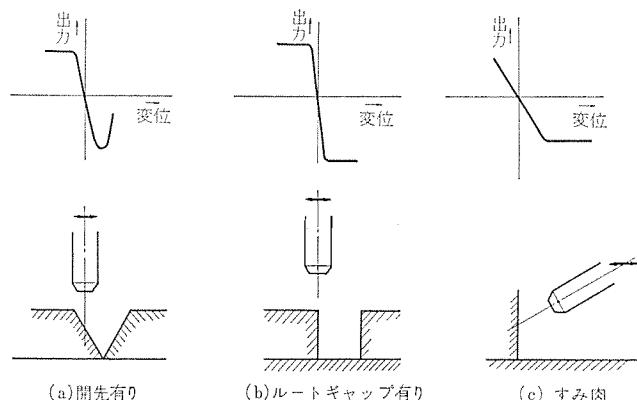


図 4.7 各種溶接継手の検出方法
Several methods for detecting joints.

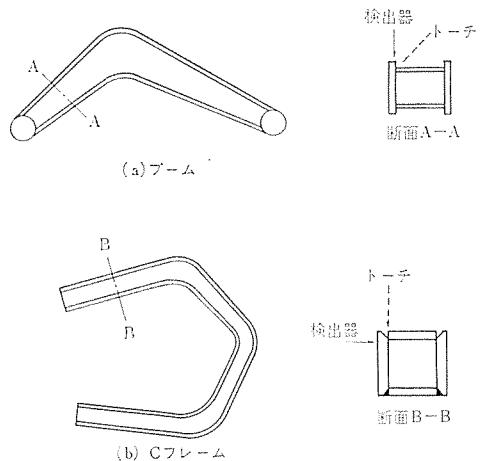


図 4.8 被溶接物の例
Examples of the works.

ら右へいけば負、左へいけば正の出力の得られる ON-OFF 制御に似た形となる。(c)はすみ肉で、(a)と同様に右へ移れば遠くなつて負、左へ移れば近くなつて正の出力が得られる。

4.4 溶接機への応用

自動溶接機における溶接線追跡に上記検出器を使用した例を図 4.8 に示す。図 4.8 (a) は V ムの溶接であるが、検出器を図 4.7 (b) に示す方法で使っている。(b) は C フレームの例で、検出器に距離を検知させて溶接線をならしているばかりでなく、溶接速度の方向が常に溶接線の接線と一致するベクトル演算装置を用いて自動溶接している。図 4.9 はそのベクトル演算回路によって溶接速度を制御した例で、検出器は溶接トーチに先行し、検出器からの誤差信号によってヘッドを回転、進む方向を決めている。この制御方式を使用した自動溶接機を図 4.10 に示す。

検出器の溶接時の外乱に対する保護対策として、ヒュームに対してはエアカーテンで、熱に対しては水冷で、スピッタに対してはカバーに

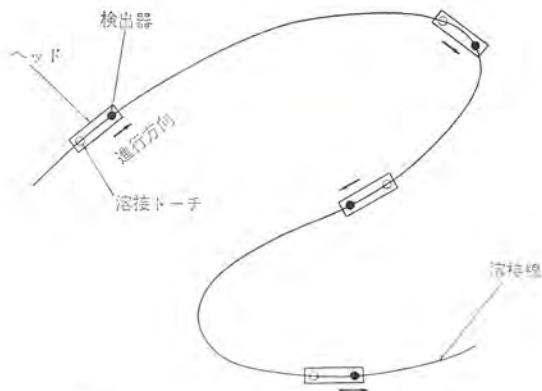


図 4.9 二次元ならい方式による追従
Example of two-dimensional tracing by using optical sensor.



図 4.10 ならい自動溶接機の例
Example of automatic welder with optical distance sensor.

よって検出器の誤動作を防いでいるため、溶接トーチと検出器は 50 mm ほどまで接近させることができる。

4.5まとめ

検出器の特長

- (1) 無接触で対物間距離の検出および明暗線の検出ができる。
- (2) 検出器の構造が簡単で、小形、かつ安価である。
- (3) 溶接による外乱に対して強い。
- (4) ゼロ点付近では変位に比例した出力が得られ、ならい精度が高い。

5. 光学式不連続点検出器をもった溶接機

この装置は 2.5 節でのべた光切断法による検出器を用いたもので、発光源にレーザを使用し、すみ肉溶接線および突合せ溶接線を無接触で検出するものである。

5.1 検出原理

まず、すみ肉のりょう検出の原理を図 5.1 により説明する。He-Ne ガスレーザから出た光は、音き偏向器により \times 方向に周期的に偏回走査され、試料のりょう $m n$ の部分を照射する。照射された光の軌跡を図の $a o$ 方向から見ると、レーザ光の入射方向 $b o$ と光軸 $a o$ は、 α の角をなすよう設定されているため、図のようにりょうの部分で折れ曲った軌跡となる。もし試料の位置が変位して図 5.2 (a)・(c) のようになれば、その場合の軌跡は各図の上部に示した (a')・(c') のようになる。試料からの反射光はレンズによりスリット板上に結像する。スリットの幅は結像した光軌跡の幅程度であり、 z 方向の位置は試料のりょうが光軸 $b o$ と一致する場合(図 5.2 (b) の場合)に、その折曲部がスリットと一致するよう設定されている。

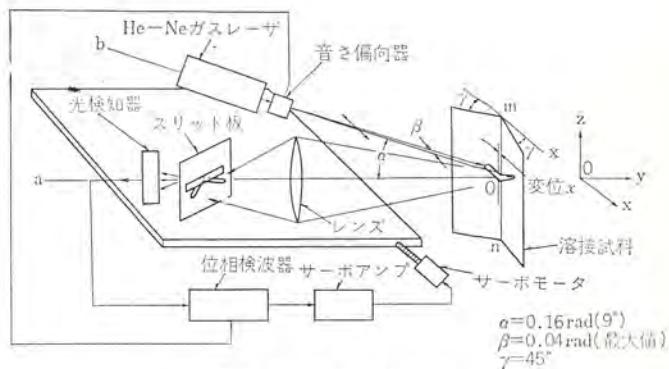


図 5.1 検出原理図
Configuration of optical edge sensor.

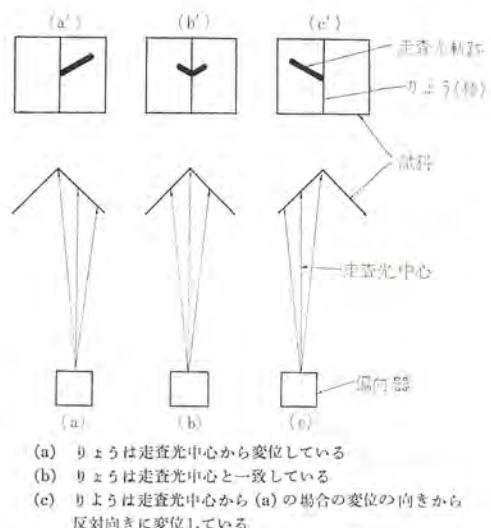


図 5.2 試料位置と走査光軌跡
Relation of the position of work with the trace of the scanned light.

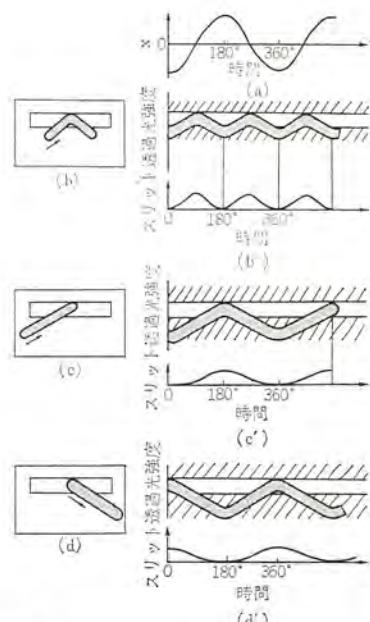


図 5.3 スリット透過光強度の時間的変化
Time-variance of light intensity passed through the slit.

スリットを通過した光は光検出器により電気信号に変換されるが、その波形と変位との関係を図5.3で説明する。図5.3(a)は走査された光の走査波形の時間的経過を示したものである。(b)・(c)・(d)はスリット板上に結像した光の軌跡の時間的経過と、スリット透過光強度の時間的経過を示す。(b)は図5.1のりょうmnが光軸aoに一致している場合であるが、走査光の1周期の間にスリット透過光強度は2周期変化し、 $2f_0$ の周波数成分を持つことになる。(c)のように試料がx軸の負の方向に変位すると、スリット透過光強度は f_0 の成分を持つ。(d)のようにx軸の正の方向に変位すると、(c)の場合とは 180° 位相の異なる f_0 の周波数成分を持つ透過光強度を得ることになる。

したがって光検出器の出力を偏向走査信号波形を基準に位相検波すると、図5.4のような0点を対称としたリニアな出力が得られる。このような特性の出力が得られれば検出器をサーボ駆動してりょうをならうことができる。

次に突合せ検出の原理を図5.5、5.6で説明する。図5.5のような配置により、図5.6の(a)・(b)・(c)は試料のすき間部およびその両側の板に投光された走査光の軌跡の時間的な経過で、(a')・(b')・(c')は反射光強度の時間的経過を示す。(a)・(a')は走査中心とすき間がずれている場合、(b)・(b')はそれらが一致している場合、(c)・(c')はそれらが(a)・(a')の場合と反対方向にずれている場合を示す。図で明らかなように、(b)のように走査中心とすき間が一致すると、走査の1周期の間に、反射光強度は2周期変化するが、(a)または(c)のようにそれらがずれると、走査の1周期の間に反射光強度は1周期変化し、(a)と(c)ではずれの方向が反対であるのに応じて、反射光強度変化の位相は(a)と(c)

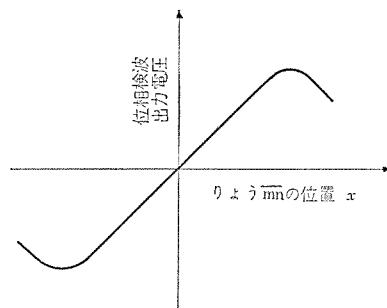


図5.4 位相検波出力の特性
Output characteristics of phase sensitive detector.

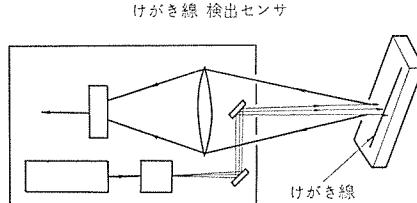
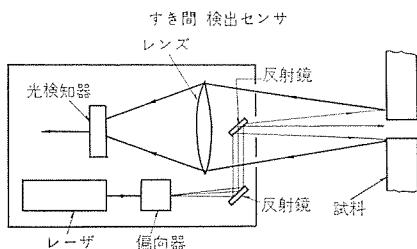


図5.5 すき間およびけがき線検出器
Optical sensor for detection of gap or mark on the work.

ではπだけ異なっている。この反射光を図5.5のように図5.1の装置において、スリット板を取除いて光検出器で検知し、その出力をりょう検出の場合と同様に、偏向走査の波形を基準にして位相検波すれば、図5.4と同様の出力が得られる。

5.2 検出器の構成

検出器の内部構造を図5.7に示す。He-Neガスレーザ光は平面鏡

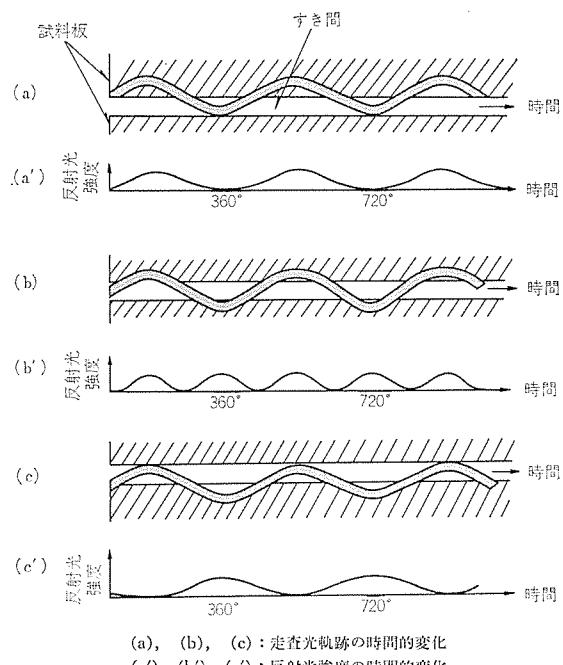


図5.6 すき間検出における試料板からの反射光強度の時間的変化
Time-variance of the reflected light from the work in optical gap sensor.

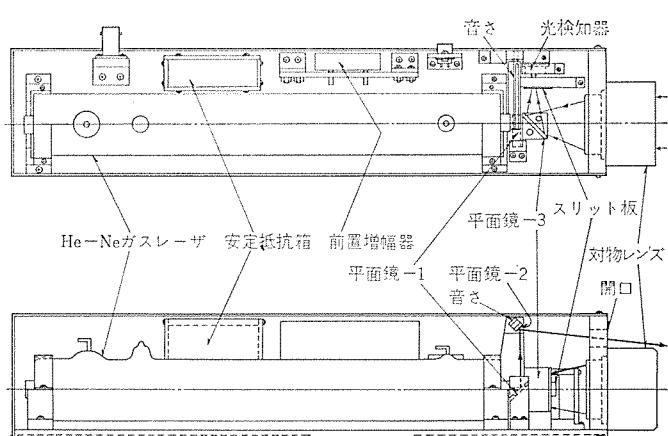


図5.7 センサの内部構造
Construction of the sensor.

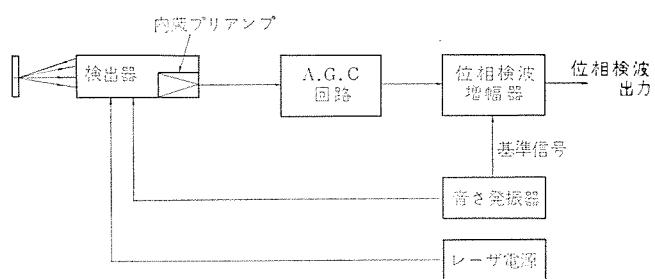


図5.8 検出器および制御装置のブロック図
Block diagram of the sensor.



図 5.9 レーザ検出器
Appearance of the optical sensor

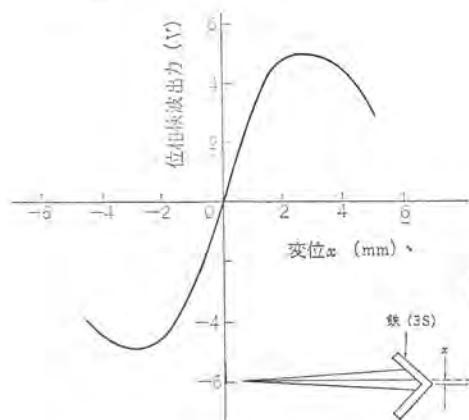


図 5.10 りょう(棱)検出特性
Output characteristics of the optical edge sensor.

-1 で 90° 方向を変えられ、音波偏向器の先端の平面鏡 -2 で偏方向を変更されたのち、検出器先端の開口部から試料に向って投射される。反射光は対物レンズにより集光され、平面鏡 -3 で 90° 方向を変えてスリットの位置で結像し、干渉フィルタを通った後、光検出器に入射する。スリットは突合せ検出の場合は光路から取除かれる。光検出器の出力は、内蔵したプリアンプで増幅された後、検出器制御装置に導かれる。図 5.8 にブロック図を示す。センサの内部構造を図 5.9 に示す。

(i) レーザの仕様

内部鏡式 He-Ne ガスレーザー(中研製)
出力 約 1 mW
波長 $6,328 \text{ \AA}$ (赤色)
スポット径 約 $1 \text{ mm} \phi$
外形 $35 \text{ mm} \phi \times 275 \text{ mm}$ 長

(ii) 光検知器の仕様

シリコン光検知器 SSD(北電製)

(iii) 音波の仕様

振動周波数 1 kHz

5.3 実験結果

上記のような構成によるセンサを用いた場合の、りょう検出における位相検波出力の例を図 5.10 に示す。対象物は鉄板(3S)である。

すき間検出、けがき線検出の場合の位相検波出力も図 5.10 と類似した特性が得られる。いずれも 0 点付近では変位に比例した出力が得られる。すき間検出の場合、すき間にゼロすなわち密着状態でも同様な出力が得られる。

反射光を受光するこの検出器は試料の種類、反射面の状態により感度が相当異なる。同じ試料でも最大 60 % に達する感度のばらつきがある。これの補正には AGC(自動利得制御)を使用しているがその効果は、たとえばりょう検出においてアルミ・鉄(研削面)に比し、鉄(黒皮)の感度は約 1 けた低いが、その差が Factor 2~3 に縮まる。りょう検出の感度はすき間検出の感度に比し、AGC なしのときは 2 けた小さいが AGC により 1 けた縮まる。

検出器の溶接アーチの影響のデータの一例として、上記のセンサの場合では検出点と溶接アーチ点との距離が 60 mm の場合、位相検波出力には 0.5 mm の変位に相当する電圧が 5~10 ms おののに現われる、しかしながら系の時定数(40 ms 以上)が大きく、雑音電圧に応答しないものと考えられる。なおならいテストの溶接条件は溶接電流 200 A、溶接電圧 21 V、溶接速度 500 mm/min、CO₂アーチ溶接法であった。

5.4 検出器の特長

この検出器は一般の材質(鉄・アルミ等)のすみ肉溶接のりょう、突合せ溶接の中心線、V 形開先の中心線をならう目的で開発したが、テストの結果一応目標は達成された。

(a) 検出器の特長

- (i) 被溶接物と検出器間の距離が大きい。(150 mm)
- (ii) 溶接による外乱(アーチ光・ふく(幅)射熱・スパッタ等)に對して強い。
- (iii) 被溶接物の種類による感度変化が小さい。
- (iv) 検出点が眼で確認できる。(レーザ光は赤色)
- (v) すき間ゼロの突合せを検出できる。
- (vi) ゼロ点付近では変位に比例した出力が得られ、ならい精度が高い。

(b) 問題点

- (i) 被溶接物の反射面の不均一性により誤差が生ずる。
- (ii) 溶接用としてはメカニズムが複雑すぎる面がある。
- (iii) 尺寸が大きい。

6. こう配検出器付き溶接機

溶接をおこなう場合、溶接トーチをねに被溶接物表面の法線方向に向け、表面からの距離を一定に保ち、かつ溶接の表面速度を一定に保つことが要請される。物体表面が曲面などの複雑な形状をもつ場合、完全自動でこの条件を満たすことは非常にむずかしい。この場合、まずどうしても必要なのは、表面のこう配を検出する検出器である。

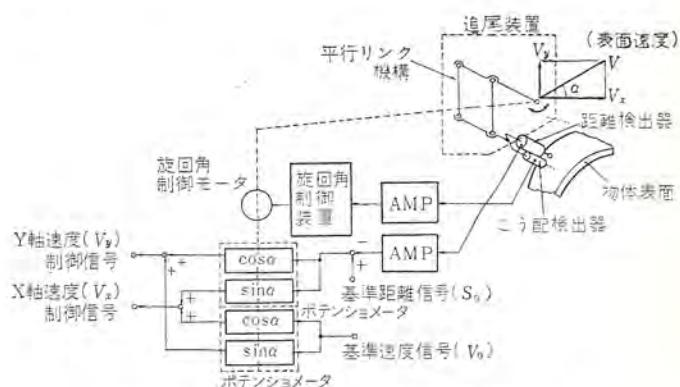


図 6.1 曲面ならいシステムの基本構成
Configuration of tracing system for curved surface.

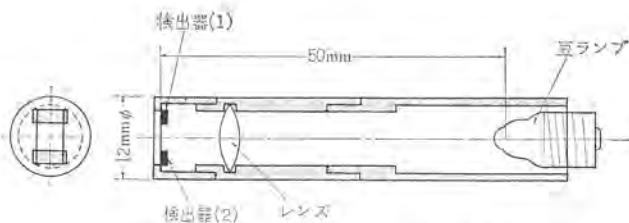


図 6.2 光学式こう配検出器の構造
Construction of optical slope sensor.



図 6.3 光学式こう配検出器の外観
Appearance of optical slope sensor.

6.1 表面ならい方式

曲面などをならうため、当社で開発中の方式の基本構成を図 6.1 に示す。図のこう配検出器により常に追尾装置（これに溶接トーチをとりつける）が、表面の法線方向を指向するように制御される。このときの基準位置からの旋回角 α がポテンショメータに加えられ、これより X 軸・Y 軸方向の速度 (V_x , V_y) が作られ、この値に従って追尾装置を X, Y 2 軸方向に制御する。こう配検出器と連結して差動トランジスタを用いた距離検出器があり、この出力により、追尾装置が制御系の誤差のため物体表面からトーチがはずれていくのを補正する。

6.2 こう配検出器

こう配検出器の基本的な原理は、2.6 節に述べたとおりである。実際の検出器の構造を図 6.2、検出器本体の外観を図 6.3 に示す。光源に 2.2 V ニップル球、レンズは口径 10 mm のものを用い、全体を約 12 mm ϕ × 50 の円筒の中に収め、出口の付近に検出器として 2 個の太陽電池をとりつけた構成となっている。

6.3 こう配検出器の特性

ここで述べているこう配検出器は一般に表面からの距離、ならびに表面の反射特性によって特性が異なる。この検出器を使用する場合には表面の反射特性が、使用中にほぼ一定であることが必要である。

図 6.4 に表面とこう配検出器の中心軸のなす角度に対する出力特性の例を示す。このデータは新しいステンレスの表面に対して得られたもので、表面とこう配検出器との距離 l をパラメータにして示してある。

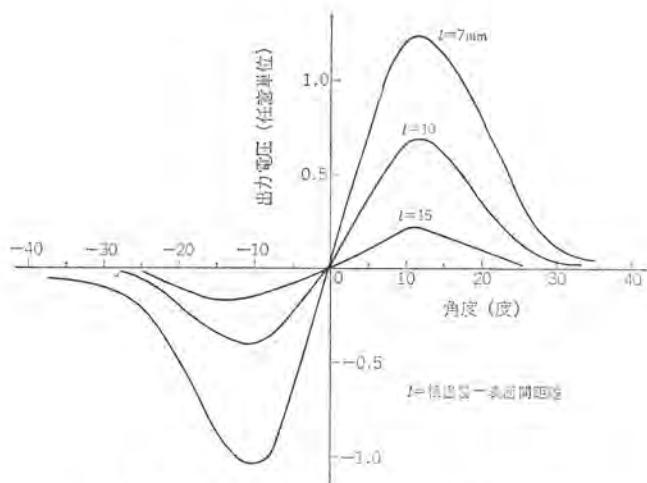


図 6.4 こう配検出器のこう配に対する出力特性
Output characteristics of optical slope sensor.

このこう配検出器の感度はきわめて高くとることができると、検出精度をきめるおもな要因は温度による検出器間のばらつきである。実験により、ステンレスの場合、ほぼ 0 ~ 60°C の範囲で ±0.1 度の検出精度を実現している。この検出器は使用範囲に制限があるが、きわめて小形・軽量、かつ安価であることが特長である。

7. むすび

多くの加工の自動化の中で、溶接作業は非常に人間特有の要素が多く、自動化の最もむずかしい課題の一つである。溶接対象物の形状を検知し、その情報量を溶接機へフィードバックする方式の開発は、この課題に対する一つの重要なアプローチである。この報告では、対象物の形状を検知するための検出器に重点をおき、検出器についての概観、ならびに当社にて開発してきたいくつかの例を紹介した。

溶接機用の検出器は、その要求される性能、使用環境、使用対象、さらに経済的な面等、いずれの点からみても、非常にきびしい条件を課せられている。そのうえ検出器の特性上、どのタイプの検出器も必ず何らかの使用範囲の限界をもっており、これは避けることができない。検出器付き溶接機の必要性は今後ますます増大していくことはもちろんであるが、使用する際にも、開発する際にも、その使用対象・使用条件・経済効果等を十分検討のうえ、検出器のタイプの選定をすることが重要である。

MISA 溶接機

大間知伸洋*・森一平*

MISA Welders

Nagoya Works Nobuhiro ÔMACHI・Kazuhira MORI

MISA (Micro-wire Submerged Arc) welders are submerged type units developed by joint effort of the Nippon Steel Welding Products & Engineering Co., Ltd. and Mitsubishi operating with micro-wire in use. They are easy to transport and adaptable for the welding of bridges, steel structures and ship building to work horizontal fillet welding.

Since the introduction to the market, the Company has made untiring effort to improve them, now completing Series G Sets as a result of trial to meet the users' desire.

This article describes the achievement of studies made on the actual working condition about MISA welders. And also it elucidates the performance and ease in operation of the device to which special consideration has been given during the development of the Series G.

1. まえがき

水平すみ肉溶接は、溶接作業においてかなりのウエイトを占めているが、下向溶接に比べると機械化が困難なため、標準タイプの自動機には見るべきものもなく、もっぱら手溶接・グラビティ溶接により溶接作業が行なわれていた。

当社と日鉄溶接工業(株)と共同開発した MISA (Micro-wire, Submerged Arc) 溶接法、ならびに MISA 溶接機は、手溶接またはグラビティ溶接に代わる簡便な自動化手段として開発されたものであり、その名に示すとおり、細径のマイクロワイヤ(通常 0.8φ~2.0φ mm)を使用したサブマージ溶接法で、従来のサブマージ溶接法に比べて水平すみ肉溶接では、

(1) 大脚長でもビード外観および等脚長性の良いビードが得られる。

(2) スラグのはく離性良好

(3) 細径小リールワイヤの使用により、小形・軽量化された。

(4) 特殊なならない機構により、レールが不要になりセッティングも容易となった。

(5) 手持ちの交流・直流いずれの電源も使用でき、適用範囲が拡大した。

などの特長があり、橋りょう(梁)・鉄構・造船関連部門における水平すみ肉溶接作業に採用されてきた。

ところで当社では昭和45年 MISA 溶接機の発売以後も、その改良研究を続けてきたが、さらに多くの需要にこたえるため、主要ユーザよりのアンケート結果をフィードバックすることにより、性能・操作性の向上をはかった MISA-G シリーズを開発した。以下にその概要について述べる。

2. 使用状況調査結果

昭和46年末に、主要ユーザ約70社にアンケートを依頼し MISA 溶接機の使用状況調査を行なった。

表2.1はアンケート回答先34社の業種、使用状況、採用前の溶接法を示したもので、使用先としては、橋りょう・鉄構メーカーが多く実用化も進んでいる。採用前の溶接法は、手溶接・グラビティ溶接が多く、機器開発のねらいと一致している。また橋りょう・鉄構メーカーで、従来形のサブマージ溶接よりの変更もあるが、これについては從

表 2.1 MISA 溶接機使用実態 (46年11月調査)
Real state of MISA welders in use.

アンケート先 業種	回答数	使用状況		採用前溶接法			
		テスト	実用	手溶接	グラビティ	サブマージ	CO ₂ ほか
橋りょう・鉄構	25	6	50	13	9	8	1
造船	9	7	12	3	5	1	1
計	34	13	62	16	14	9	2

*造船メーカーの用途は必ずしも造船でない

表 2.2 MISA 溶接機採用による メリット
Merits of MISA welder.

取扱容易	11
ビード外観良好	10
能率向上、省力化	7
等脚長性良好	3
手持電源使用で用途広い	3

表 2.3 MISA 溶接機改良要望点
Desired points for MISA welder.

ならい性、けん引力向上	11
下向突合せとの兼用化	10
ワイヤ送給性、削れの安定化	9
ワイヤねらい位置調整容易化	6
フラックス流出量の調整	6
クランチの取付	4

来治工具によりワークを回転させ、下向姿勢で溶接していたものが、MISA 溶接機の採用で工程改善が行なわれた結果を示している。

表2.2はMISA溶接機採用によるメリットの回答結果のおもなものを示したもので、MISA溶接法の特長である水平すみ肉溶接でのビード外観・等脚長性と共に、機器の小形・軽量化および操作の簡易化による取扱いの容易さ、ならびに手持電源使用による行動範囲の拡大が認められている。

表2.3は実用結果の改良要望点のおもなものを示したもので、機器の極端な小形・軽量化のため犠牲となっている性能面の再検討、および機器のか(稼)働率向上のための機能面の追加要望が示されている。

3. G シリーズの開発方針

MISA溶接機は、水平すみ肉専用機として開発されたが、その後実用結果として用途拡大の要望が出されたため、さらに使いやすい機器とするのをねらいに性能面の向上、機能追加につき検討をしG

シリーズの開発を行なった。その結果

- (a) 性能面の向上としては
(i) 溶接機本体のけん引力向上
(ii) ならい性能の向上
(iii) 取扱い操作性の向上
(iv) アークスタート性改良
(v) アーク安定性の向上

- (b) 機能追加としては
(i) 水平／下向兼用可能構造の採用
(ii) 台車走行用クラッチの装備
(iii) クレータフライ回路の追加
(iv) オートストップの標準装備
(v) 溶接残し 30 mm 以下

についてとり入れることにした。以下におもな検討事項について説明する。

3.1 けん引力特性

MISA 溶接機は、溶接・制御ケーブルをけん引しながら走行し、たて板に自動ならいしながら水平すみ肉溶接を行なう。5 m の溶接・制御ケーブルを鋼板上で引きずるには、2~3 kg の力を要するので、均一な溶接結果を得るために安定な走行を保証するためには、十分大きなけん引力が必要である。

けん引力は、台車の重量および車輪と鋼板の摩擦係数が大きいほど大きな値となる。また 2 輪駆動方式では、駆動軸上の重量のみが有効に働くのに比べ、4 輪駆動方式は台車全重量が有効に働く。G シリーズでは従来の 2 輪駆動を 4 輪駆動とし、台車重量をアップすることなくけん引力を大幅にアップした。次に車輪と鋼板の摩擦係数ができるだけ大きくなるように耐熱性ゴム車輪を使用したが、摩擦係数は鋼板の清掃状態により大きく変化する。

図 3.1 は MISA 溶接機 G シリーズの 2 輪駆動時および 4 輪駆動時の溶接速度一けん引力特性を、清掃面およびフラックス散布面について示したものであるが、フラックスが散布された面では、清掃面と比較してけん引力は 50% 以下となっている。

3.2 ならい性能

水平すみ肉溶接の場合 MISA 溶接機は、たて板接触ならい方式を採用している。G シリーズでは従来と方式を変え、回転自在ボルジョイントを採用し、たて板に台車を押し付ける力は、台車を進行方向に微小角度の傾きを保つようにして生ずるようにした。

回転自在なボルジョイントは摩擦抵抗を小さくするとともに、たて板が傾いている場合でも常に一定の高さで加圧力を受ける機構である。またチップ取付け位置を前側アームに近づけ、たて板の直角不正(たおれ)および曲りによるねらい位置のずれ量を小さくしている。

図 3.2 は直角不正度 θ とねらい位置のずれ量 δ の関係を示すが、仮付時の変形量はほとんど 1° 以下であり実用上問題ない。

3.3 取扱い操作性

等脚なビードを得るには、ワイヤのねらい位置を正しく設定する必要がある。従来機は前側のガイドローラのアーム長さを調整することによりたて板からの距離を、またチップ長さを変更することにより上下の距離を調整していた。G シリーズでは上下・左右調整ハンドルを設け、ワイヤ送給組立全体をしうう(摺)動させる構造とし、ワイヤねらい位置調整の容易化を計っている。

3.4 アークスタート性

溶接開始時にワイヤが高速で送給されると、アークスタートせずワイヤ

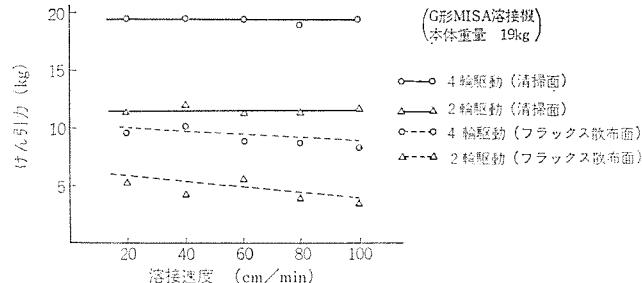


図 3.1 溶接速度-けん引力特性(実測値)
Welding speed-pulling capacity characteristics (measured).

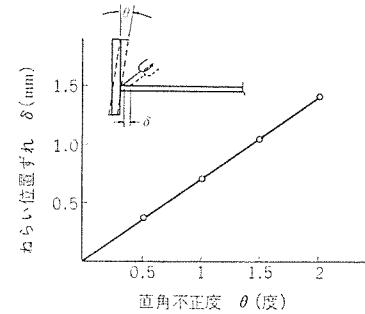


図 3.2 直角不正度とねらい位置ずれの関係
Relations between rough arrangement of work and difference of welding point.

が被溶接物に突込み、その反力により台車が溶接線からはずれることがある。G シリーズには溶接開始時のアークスタート性改善のための新回路を追加した。すなわち溶接機に無負荷電圧が印加されると、ワイヤ送給速度は自動的にスローダウンし、ワイヤが被溶接物にタッチして後、適正时限経過後に溶接速度に切換わる。

3.5 アーク安定性

アーク安定性は、ワイヤ送給速度制御特性およびワイヤの送給通路の送給抵抗に大きく影響される。G シリーズではワイヤ送給速度制御回路に全波整流方式を採用し、特に低速域の安定性向上を計っている。また送給抵抗を安定化するため、ワイヤストレーナを標準装備とし、ワイヤの曲りぐせのきょう(矯正)を行ない、ワイヤ削れによるワイヤのつまりを大幅に減らしている。またワイヤリールの取付位置は、ワイヤガイドの曲率半径ができるだけ大きくなり、送給抵抗が小さくなるように、台車上に傾斜をつけて取付けた。

4. 構造

4.1 構成

表 4.1 に MISA 溶接機の標準仕様を、図 4.1 にその系統図を示す。電源は市場に数多く出まわっている定格電流 500 A の手溶接用交流アーク溶接機を一般に用いるが、定電圧あるいは垂下特性の直流アーク溶接機も使用できる。

4.2 制御装置

図 4.2 に MISA 溶接機の外観を示すが、制御装置は溶接電源側面にとう(搭)載する形式で、内部に電源開閉用の電磁接触器、制御用変圧器、プリント配線化されたモータ制御用 サイリスタレオナード装置、制御用リレー類が収納されている。また内部には交流一直流の切換え、定電圧—垂下特性の切換スイッチが設けられているので使用する溶接電源の変更も、スイッチの切換えのみで応じられる。またクリーナー処理も用途により、有一氣と切換えることができる。

4.3 溶接機本体

溶接機本体は、走行台車・ワイヤ送給機構・フラックス供給機構・操

表 4.1 MISA 溶接機標準仕様
Specification of MISA welder

構成装置		仕様
MISA溶接機本体	形格電流 A	MISA-GL, MISA-GR ※ 500 1.2, 1.6 0.5~15 0~100 4.2 6.25 kg 卷
	使用ワイヤ径 mm	mm 1.2, 1.6 0.5~15 0~100 4.2 6.25 kg 卷
	ワイヤ送給速度 m/min	m/min 0~100
	走行速度 cm/min	cm/min 4.2
	ホッパ容量 l	l 4.2
	ワイヤスプール	上下±25 左右±15(ハンドル)
	ワイヤねらい位置調整範囲 mm	mm 30~45
	ワイヤ突出角度(度)	(度) たて板ならい
	ならい方式	たて板ならい 本体塔積形
制御装置	操作重量 kg	kg 19
	形式	CC-500 溶接電源積載形
	ワイヤ送給制御回路	サイリスタによるアーク電圧制御方式
台車走行制御回路	の	サイリスタによる静止レオナード方式
	そ	ワイヤスローダウン クレータ回路付き
	他	
溶接電源		はん用交流アーク溶接機または直流アーク溶接機
付属品	制御ケーブル	9心×30m (1本)
その他	接ケーブル	80mm ² ×30m (1本)
		消耗部品・工具箱

※GL は溶接位置が進行方向に対し左側、GR は右側

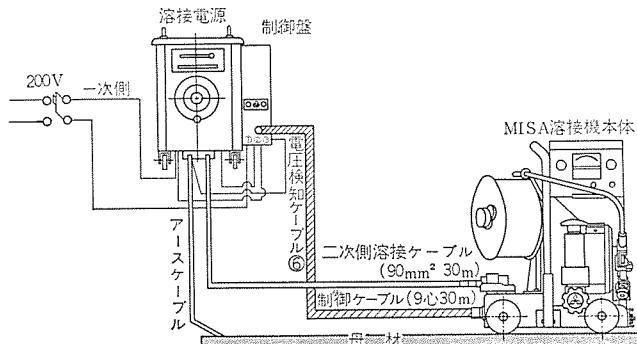


図 4.1 MISA 溶接機系統図
System diagram of MISA welder.

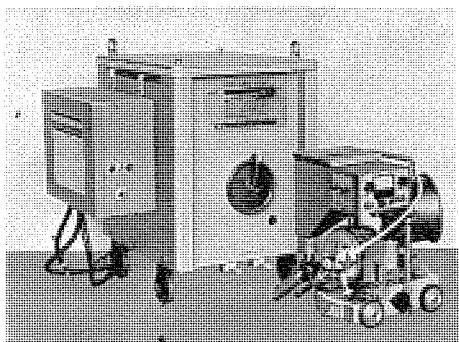


図 4.2 MISA 溶接機
MISA welder.

作盤などより構成されている。走行台車は4輪駆動方式を採用するとともに、4輪ともゴム車輪を採用し、ケーブルのけん引力向上を図っている。またクラッチを装備し、台車の移動の容易化を図るとともに、前面にはオートストップ機構を設けていたため、溶接終了時に、位置検出を行なうようセットすることにより、自動停止ができるようにしている。

ワイヤ送給機構は、全体を上下・左右にしゅう動できる構造とし、また送給モータは、外周の固定バンドをゆるめることにより回転する構造としているので、ワイヤねらい位置・ねらい角度の調整が容易にできる。

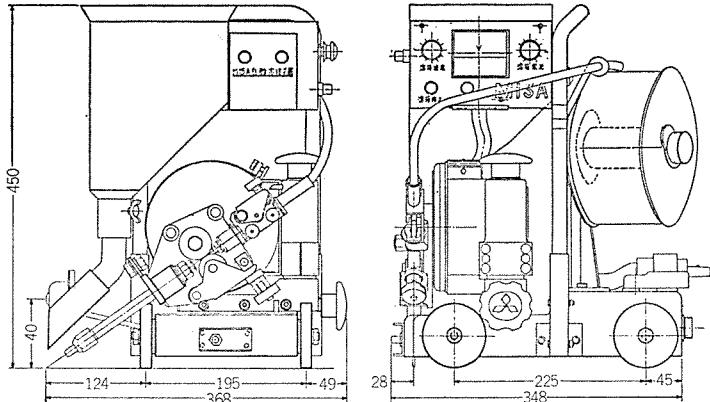


図 4.3 MISA 溶接機外形図
Outline dimensions(in mm) of MISA welder.

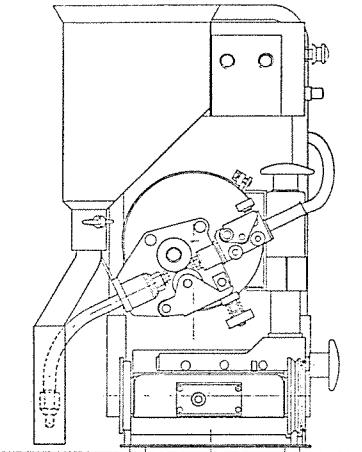


図 4.4 下向溶接用 MISA 溶接機
MISA welder for flat welding.

またワイヤの安定送給のため、ワイヤストレーナを装備し、ワイヤリールはブレーキつきとするとともに、リール装着はワンタッチ化を図っている。

フラックス供給機構は、通常のサブマージ溶接機とほぼ同じであるが、流出量調整弁・口金部の改良を行なった。

操作盤には、溶接開始・ワイヤインチングの各スイッチ、電圧・速度調整のボリュームがあり、速度調整ボリュームの目盛は実数値表示を行なっている。Gシリーズでは従来機に加えてワイヤインチング速度調整用ボリュームを設けている。

MISA溶接機本体は、標準仕様として右側面水平すみ肉用（台車進行方向の右側を溶接する）および左側面用が用意されているので、1人で2台の機械を動かすことができる。また下向溶接との兼用化の要求に対しては、台車の車輪とチップ取付金を取りかえ、レールを設けるだけで、あとは送給機構のセット変更のみで簡単に下向溶接の用途に使用できる構造とした。

図4.3に溶接機本体の外形図を、図4.4に下向溶接に使用される場合の外形図を示す。

5. 応用例

MISA溶接機Gシリーズ自体は開発後日が浅く、豊富な応用例は有していないが、従来機は、橋りょう・鉄構・造船関係部門において水平すみ肉溶接の分野に広く使用されている。また下向突合せ溶接、多電極による高速化も進んでいる。図5.1は2電極式走行台車による造船所における使用例である。

このほか特殊応用例としては、特殊ならい機構との組合せによる

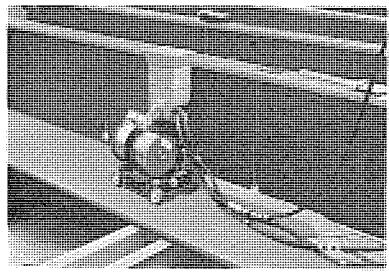


図 5.1 2電極式 MISA 溶接機
Tandem MISA welder.

ボックスガーダの組立てへの適用、特殊ならい機構および位置の移動とともに、電源供給を断続させることなく切換える特殊制御機構との組合せによる、大形円形構造物の内面溶接への適用など、多方面での応用が行なわれている。

6. む す び

MISA 溶接法ならびに溶接機については、多くのユーザより、貴重なご意見をいただいた。われわれはこれをもとに G シリーズを製品化したが、今後とも引き続き安定化・信頼性向上について努力し、溶接作業の放置化、無人化を強力に推進するとともに、新しい用途の研究、開発に取組んでゆきたい。

終わりに、MISA 溶接法・溶接機について、種々ご協力いただいたユーザのかたがた、および日鉄溶接工業(株)の関係者各位にお礼申上げます。

参 考 文 献

- (1) 伊野宮、鵜飼、杉山：三菱電機技報 44, 1,282 (昭 45)
- (2) 飯塚、須川：溶接法委員会資料 SW-572-72 (昭 47)

標準アーク溶接機

大間知伸洋*・鵜飼順*・橘川彪*

Standard Arc Welders

Nagoya Works

Nobuhiro ÔMACHI・Jun UKAI・Takeshi KITSUKAWA

Strong desire for automatic operation and labor saving in welding has brought about remarkable progress for these years in the method and apparatus of welding. For instance CO₂ gas semi-automatic welders were put on the market about ten years ago, and since then the improvement of their function and elevation of their reliability have been worked out through the study and endeavor of the users, manufacturers of welding materials and machine builders so much that the productive amount of them is at the top of all machines of the kind. As the application of welding expands to various spheres, machines with unprecedented merits have become necessary. Herein are introduced several examples to meet the demands.

1. まえがき

ユーザからの根強い溶接の自動化・省力化についての要望により、ユーザ、材料メーカー・機器メーカーの研究努力がなされた結果、溶接法および溶接機器の進歩にはめざましいものがある。たとえば自動化機器のベースとなっている、炭酸ガス半自動溶接機の場合、約10年前に製品化されてから、性能向上・信頼性向上努力および使用現場に適した機器の開発などにより、今や全国生産月産約2,000台に達し、生産高では交流アーケ溶接機を抜き1位を占めるまでになり、その伸展はめざましいものがある。また用途の多様化・高度化に伴い、従来にないメリットをもった機器が必要となってくる。たとえばLNGタンカーの建造については、溶接個所の高信頼性が絶対条件として要求され、これに使用される溶接材も、従来機より1けた高精度・高信頼性のあるものが要求される。

ここでは、標準アーケ溶接機のうち、ユーザの要求により性能向上が行なわれた機器、新たに製品化された機器の例について紹介する。

2. 炭酸ガス半自動溶接機

2.1 ユーザ要望点

車両・鉄骨・橋りょう(梁)をはじめ、アーケ溶接を伴う業界における炭酸ガス半自動溶接機の普及ぶりには目ざましいものがある。

今後人手不足がますます深刻化する情勢にあるだけに、多くの企業が溶接の省力化によりいっそうの努力を払わざるを得ず、したがって今後も半自動溶接機が発展をとげることが十分予想される。

一方造船における半自動溶接機の使用台数も徐々にではあるが増加しつつあり、また現在半自動溶接として用いられているこれらの溶接法をベースに、新しい省力化機器と組合せた自動溶接法の発展も目ざましく、従来の溶接施工法には見られなかった新しい形態での拡大が行なわれ、これに伴い半自動溶接機への特性改善要求が多くなった。

おもな要望事項は次のとおりである。

- (1) ショートアーケ溶接法で、立向突合せにて上進ウイーピング溶接が可能であること。
- (2) 溶接作業者の熟練度その他、外乱に対しても常に均一な品質の溶接結果が得られること。

以上2点を中心に行なった現行機の改良結果について述べる。

2.2 機器の性能向上

2.2.1 アーケ特性改良

当社SA形CO₂半自動溶接機の外観を図2.1に示す。軟鋼薄板溶接における小電流域では、一般に短絡移行溶接が使用されている。その溶接電圧・電流の代表的な波形の一例を図2.2に示す。

短絡移行溶接において特性の優劣の一判定法として、短絡発生回数を適正値に選定する方式がある。この判定方法では、従来より溶接電流に応じ直流リクトル値を適宜に調整している。直流リクトル値を適宜可変した場合のワイヤ送給速度と、短絡発生回数の関係を図2.3に示してある。



図2.1 SA-300形半自動溶接機
Type SA-300 semi-automatic arc welder

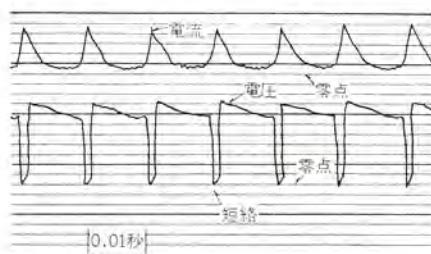


図2.2 短絡移行形アーケの電圧・電流オシログラム
Oscillogram of welding voltage and current wave in dip-transfer.

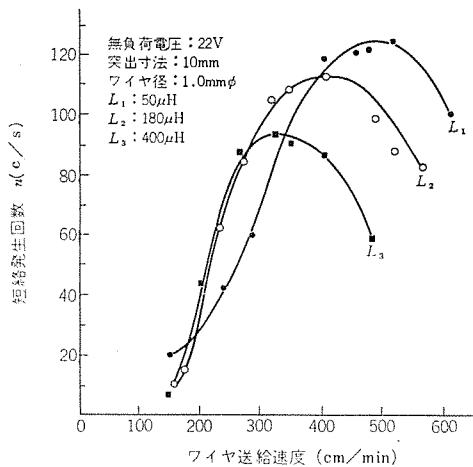


図 2.3 ワイヤ送給速度と短絡発生回数との関係
Relation between welding wire feeding speed and number of metal transfer.

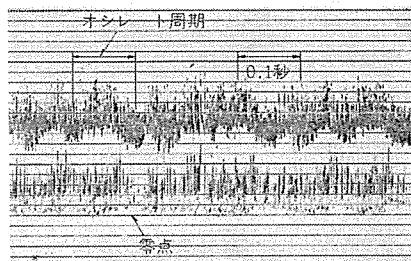


図 2.4 立向上進ウイービング溶接における溶接電圧波形の一例
Wave form of welding voltage in vertical up weaving welding.

表 2.1 すみ肉継手を立向上進ウイービング溶接した場合の諸特性（一例）
Characteristics of vertical up weaving welding in fillet joint welding.

短絡回数	70~80 回/s
ワイヤ送給速度	約 50 mm/s
1回の短絡によるワイヤ移行量	約 0.63 mm/回
ウイービング溶接によるワイヤ突出長変化率	約 8 mm/s (振動回数 25 回/mim)
溶接トーチウイービングによる電流変化量	約 ±50 A

溶接条件 150 A 21 V 突出長 20 mm (平均)

アーチ溶接時の溶融金属の移行現象として、下向溶接に比べ立向上進溶接における溶融池の形成状態は複雑となり、供給溶接ワイヤおよび母材への入熱の適正範囲がせばまり、溶融金属の溶け落ち現象を生じやすく、美麗なビードにならない場合がしばしば生じる。したがって厚板の立向突合せ溶接においては、短絡移行溶接法を採用することにより母材への入熱を減らし、さらに溶接進行方向に対し直角方向に溶接トーチをウイービングさせ、肉盛効率を上げるいわゆるウイービング溶接が行なわれている。この種溶接法におけるウイービング軌跡は半自動溶接法においては、溶接作業者による溶接トーチのウイービングと、溶接電圧の変動によるワイヤ先端のアーチ方向の運動とが合成されたものである。

一般に母材形状はV形開先およびすみ肉のため、ウイービング周期中のワイヤ突出長の変化がはなはだしく溶接電流が大幅に増減する。

軟鋼 1.2 φmm ワイヤにてウイービング溶接した溶接電圧・電流・短絡回数など、諸特性の一例を図 2.4 および表 2.1 に示す。

表 2.1 に示されているようにワイヤ突出長に対する溶接電流変化量が大きく、したがって母材への入熱を抑えるため、アーチ電圧を極力低く保ったまま定電圧直流電源の自己制御作用が最小の時間遅れ

で追従する特性を満足する場合のみ、適正なエネルギーを供給し得ることになる。

また短絡移行時およびアーチ発生時の時間比率が重要な要因となる。当社においては、ワイヤ短絡時に直流リアクタにたくわえられたエネルギーが、アーチ発生時に放出される量を制限し、溶融金属に働くアーチ力を抑える目的により立向下進ユニット回路をすでに開発ずみであったが、さらに短絡時の瞬時移行現象特性の改良を行なった。改良回路はそのうえ付帯的な効果も生じ、良好な溶接結果が得られた。

本改良結果を要約すると、

- (1) 立向上進ウイービング溶接でのスタビングの発生防止
- (2) 小電流から大電流の全域で、直流リアクタ値を変更することなく安定したアーチが得られる。

2.2.2 一次電源変動補償

半自動溶接機においては溶接トーチ角度、ワイヤ突出長の管理などが要求され、したがって溶接作業者の熟練度により溶接品質が左右される。半自動溶接が手溶接に比べより有効に生かされるために、実際は溶接作業者の訓練と溶接技術者による技術管理が必要となる。

溶接施工場内の電源事情は良くなっているが、溶接作業の特殊性（アーチ発生場所と溶接電圧・電流調整位置が距離的に遠い）があるため、多少の電源変動は無視して溶接条件の再調整なしに継続溶接する場合が多く溶接欠陥を生じ均一な品質が得られないことがある。

電源変動に対する許容出力変動範囲は、実際問題として決め難い面もあるが、一応アーチ現象の変化しない条件より溶接電圧 ±1 V、溶接電流土 5 %以内を目安として、可飽和リアクタ制御巻線電流補償、ワイヤ送給速度制御回路の定電圧化などにより目的が達せられた。

2.2.3 ワイヤ送給装置

炭酸ガス半自動溶接法の応用面が拡大されるにつれて、溶接装置全体の性能向上には直流溶接機電源のみならず、ワイヤ送給装置、溶接トーチおよび溶接ワイヤのそれぞれの特性が同一レベルに向かっていることが必ず(須)条件となる。今回の特性改良に当たりワイヤ送給装置は、主として次の点を中心に検討した。

本来ワイヤ送給装置の使命は溶接ワイヤ供給の中継点であり、ワイヤの円滑な送給と現場的な取扱いの簡単な操作機構が要求される。従来より本体の軽量化など工夫がなされてきたが、今回ユーザーの要望事項を満足すべく次の点を中心検討した。

(1) ワイヤスプールにより生じるワイヤの曲りぐせのきょう(矯)正を確実に実施するため、きょう正ローラ機構と駆動ローラ機構を併せて一体化を計った。

(2) きょう正ローラ・駆動ローラのワイヤの左右方向への振れを減少させ、ワイヤ削れを防止した。

(3) 直流溶接機電源へのケーブル類のまとめを簡素化し、可搬性の改良を計った。

(4) 軟鋼 1.6 φmm 溶接ワイヤで低電流溶接域のアーチ安定性を保つため、ワイヤ送給制御回路を単相全波サイリスタ制御方式とした。

2.2.4 溶接トーチ

現在半自動溶接機が急速に伸びている割には、手溶接棒の全国使用率がまだ絶対的に多い。この理由は種々あるが、その大きな原因に溶接トーチの操作性が手溶接におよばないという事実があげられる。

溶接トーチは開発当時から操作性、消耗部品の耐久性など改良が

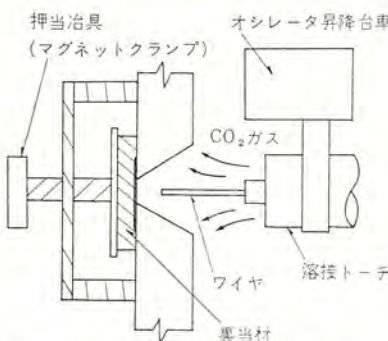


図 2.5 OSCON-VB 溶接法の概略
Welding method of OSCON-VB process.



図 2.6 立向自動溶接装置 OSCON-VB
溶接装置の外観
Exterior view of OSCON-VB machine.



図 2.7 立向自動溶接装置 OSCON-VB 溶接法による
ビード外観 (一例)
Bead of vertical up welding with OSCON-VB process.

重ねられてきたが今回は「使いやすさ」に重点をおいて改良を行なった。その要点は次のとおりである。

- (1) 溶接トーチ銃身を従来より長くし、本体握り位置を中心に溶接銃身部の重量比を増大し、溶接操作モーメントを前方に多くした。
- (2) カーブド形トーチに関しては、カーブド角度の異なる数種の銃身組立を用意し、自由度を増した。
- (3) オリフィスの形状変更、トーチインシュレータの形状、材質変更により消耗品の耐久性向上を計った。
- (4) 銃身組立内部にインナーチューブを設け、取換え可能な構造とした。
- (5) 操作ハンドル出口部でのケーブル曲げ角度を改良し、ワイヤ送給の円滑を計った。

2.3 応用例

2.1節で述べたとおり現在深刻になりつつある人手不足と、作業環境の改善に伴う省力化の先駆（鞭）として、立向・下向突合せおよび水平すみ肉姿勢での溶接作業の省力化技術は、すでに高能率で自動化された方法が開発され大幅に実用化されている。

たとえばエレクトロスラグ、エレクトロガス立向自動溶接法などであるが、この種溶接法は施工箇所により大幅に適用の制約を受け、溶接継手部が傾斜している部分、溶接継手長がまちまちである部分など、機器の段取りを考慮した場合、技術的・経済的に自動化の困難な箇所が多く、ほとんど手溶接で行なわれていたが、最近炭酸ガス溶接法による立向すみ肉自動溶接法である⁽¹⁾ OSCON 法が開発された。

簡単に代表的な OSCON-VB 法について紹介すると、図 2.5 に示すように開先裏面に特殊裏当材をマグネットクランプでセットし、電極ワイヤは図 2.6 に示すオシレータ装置によって、ワイヤの角度、振動数、振幅およびワイヤ先端の運棒軌跡をコントロールしたオシレーションを与えつつ、片面より立向姿勢で接合する炭酸ガス半自動溶接法である。

この種溶接法は、現在造船所を中心に大幅に取り入れられている。ビード外観を図 2.7 に、溶接部断面マクロ組織の一例を図 2.8 に示す。

半自動溶接が手溶接に比べてまだ十分に普及し得ない理由には、手溶接に比べ設備費が高いなど多々あるが、高品質の溶接作業に適用する場合、溶接作業者・溶接管理者および溶接技術者がいて、溶接装置の整備・補修が常に完全で作業者が十分の技能をもっている場合に限られている。この点からは今後溶接トーチの操作性、消耗部品の長寿命化、ワイヤ送給装置におけるワイヤ送給の安定化、および溶接用直流電源のサイリスタ制御方式にもとづく応答性の改善など

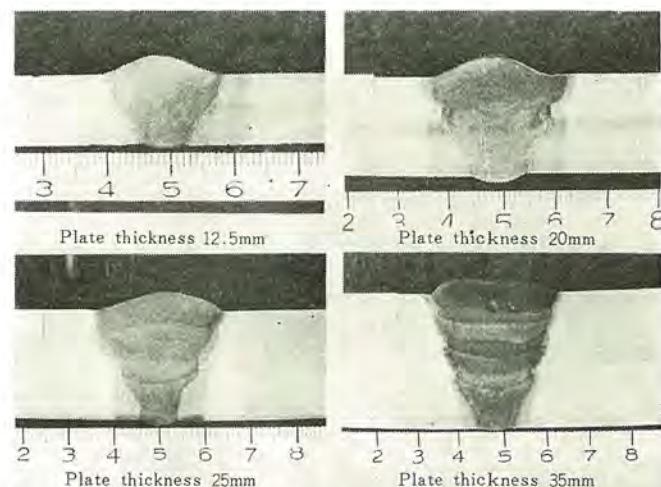


図 2.8 OSCON-VB 溶接法による溶接部断面マクロ組織(一例)
Macro etched section by OSCON-VB process.

の、よりいっそうの研究が必要であり、各装置を組合せた電気系および機械系の特性改良により、高度なワイヤ突出し長変動補償など行なう必要がある。

2.4 まとめ

(1) 直流アーケ溶接機電源特性として直流リアクトルと並列に立向上進ユニット回路を設け、また可飽和リアクトルの応答性を改善することにより、立向上進ウイーピング溶接におけるアーケ特性の改善ができた。

(2) ワイヤ送給装置のきょう正ローラ機構と駆動ローラ機構の一体化を計り、ワイヤ脱着など操作性の向上が可能になった。

またワイヤ送給速度制御回路を単相全波サイリスタ制御方式を採用することにより、低電流域でのアーケ安定が計れた。

(3) 溶接トーチ銃身長を従来より長くし、本体の握り位置を中心に溶接銃身部の重量比を増加した。この結果溶接作業の疲労軽減に役立ち、溶接操作が容易となった。

3. 直流ノーガス半自動溶接機

わが国においては、経済的な理由にもとづきアーケ溶接機全台数に占める交流アーケ溶接機の使用割合はほぼ 80% である。

このような情勢下にあって、フラックス入りワイヤを併用するノーガスアーケ溶接法においても開発の初期から、既存手溶接用交流溶接機を流用しようとする研究が重ねられてきた。

当社においても、交流アーカ溶接機の電源を使用する SN 形ノーガスアーカ溶接機を製品化し、現在も各方面で広く使用されている。

しかし最近溶接の省力化傾向にあって、本法の全姿勢溶接性と溶接能率を改善するため細径ワイヤ使用の必要性を生じ、これに伴い溶接機の直流定電圧電源の適用が良策であることが確認された。この電源によると、ワイヤの母材への瞬時短絡に対しても大きな短絡電流が流れ、従来溶接作業者の技量に負うところが大きかった溶接スタートの悪さと、溶接中のワイヤスティック現象などの問題が解決された。以上のような主旨により当社においては、SA-400 N 直流ノーガスアーカ溶接機が製品化されている。

本機の仕様を表 3.1 に、外観を図 3.1 に示す。

表 3.1 SA-400 N 形 ノーガスアーカ溶接機の仕様
Specifications of type SA-400 N no-gas semi-automatic arc welder.

総合形名		SA-400 N
構成、定格仕様	直流アーカ溶接機	CM-400 F
交流入力電圧 V		200
相 数		3
周 波 数 Hz		50/60 (周波数別専用)
定 格 入 力 kVA		20.5
出 力 電 圧 V		16~33
出 力 電 流 A		80~400
定 格 使 用 率 %		60
整 流 方 式		シリコン三相全波
ワイヤ送給速度方式		サイリスタレオナード方式
ワイヤ送給速度 m/min		0.5~8.5
外形寸法 (幅)×(奥行)×(高さ) mm		520×690×947
重 量 kg		200
ワイヤ送給装置		WF-405
適 応 ワ イ ャ 径 φmm		2.4 (2.0) 2.0 用は駆動ローラ変更
適応ワイヤリール (外径)×(内径)×(幅) mm		10 kg 卷 210×175×90
ケーブル、ホース標準長 m		5
重量(ワイヤ、ケーブルを除く) kg		11
溶接トーチ		MV-431 A
適 応 ワ イ ャ 径 φmm		2.4 (2.0) 2.0 用はチップ変更
冷 却 方 式		空冷
定 格 電 流 A		400
定 格 使 用 率 %		60
形 状		ピストル形
ケーブル、ホース標準長 m		3
重 量 (ケーブル除く) kg		500
リモコンボックス		RM-IC
制御ケーブル長 m		6
ケーブル端コンセント		付き

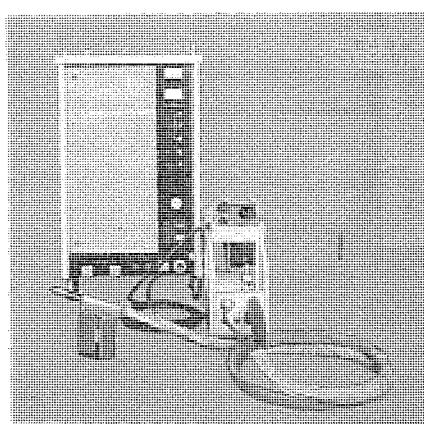


図 3.1 SA-400 N 形 ノーガス 半自動溶接機
Type SA-400 N no-gas semi-automatic arc welder.

定電圧直流アーカ溶接機 CM-400 F は可飽和リクトルによる出力電圧調整を行なっており、ワイヤ送給用直流モータの速度制御用のサイリスタレオナード制御回路のほか、溶接に必要なシーケンス回路を内蔵している。

直流ノーガス半自動溶接機は、鉄骨・橋りょうの建設工事現場作業などで使用されており、かなり惡条件での使用に耐えうる必要がある。

本機はこの点を考慮し、定格出力電流に余裕をもたせ 400 A 定格としている。またワイヤ送給装置は、複合ワイヤをスムーズに送給させる必要から、ワインローラ、潤滑材パック取換え構造などの工夫でワイヤ送給の安定化を計っている。また溶接トーチは、良好な操作性を得るため柔軟性に富んだコンジットを採用、用途によってピストル式およびカーボード式いずれも使用できるよう準備している。

4. 交直両用アーカ溶接機

溶接技術の進歩とともに、アーカ溶接の対象金属も、軟鋼から軽合金、ステンレス鋼、銅合金など多種にわたっている。その溶接に使用される機器も、交流アーカ溶接機、直流アーカ溶接機、TIG 溶接機などが用途により使いわけられている。

ところで多種の金属材料の加工を行なうユーザにおいては、各種の溶接機を設置しているが、1台の溶接機で各種の溶接機として使用できれば、設置場所が少なくてすみ、また設備投資も少なくメリットが大きい。

TM 形交直両用アーカ溶接機は、これらの要望に答えて製品化されたものである。その構造は、交流アーカ溶接機をベースに、直流変換用のシリコン整流器、低電流用リクトル、TIG 溶接用高周波発生装置と制御装置などを、コンパクトに1台にまとめている。

ケース前面には特性切換スイッチ類、操作に必要な各種スイッチ、電流調整ハンドルおよび高低電流切換スイッチなどが配置され、取扱い

表 4.1 TM 形 交直両用溶接機仕様
Specifications of type TM AC/DC arc welder.

仕様		形 名	TM-200	TM-300
入 力 側	相 数	單 相	單 相	單 相
	入 力 電 圧 V	200	200	200
	周 波 数 Hz	50または60	50または60	50または60
出 力 側	入 力 力 kVA	16.8	25	25
	定 格 出 力 電 流 A	交 流 15~200	20~300	20~300
	定 格 使 用 率 %	直 流 15~180	20~280	20~280
側	出 力 電 圧 V	交 流 20~30 V	20~35 V	20~35 V
		直 流 10~20 V	10~20 V	10~20 V
	整 流 方 式	單相全波整流	單相全波整流	單相全波整流
冷 却 方 式		強制風冷	強制風冷	強制風冷

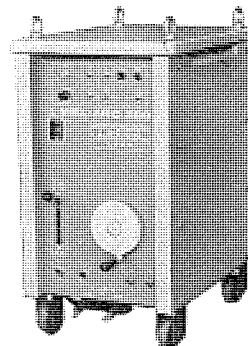


図 4.1 TM 形 交直両用溶接機
Type TM AC/DC arc welder.

の容易化を計っている。またケース後部のとびらをはずすと、制御リレー類がすべて点検できる構造とし、保守の容易化を計っている。

本機の特長は、

- (1) 前面パネルでの切換えのみで、各種溶接の選択ができる。
- (2) 電源設備容量は1台分でよい。
- (3) 据付床面積が節約できる。
- (4) リレー類の点検が容易である。

本機の仕様を表4.1に、またその外観を図4.1に示す。

5. 高精度 TIG 溶接機

原子力関係機器・LNG タンクなどの溶接では、溶接部に欠陥があると重大事故につながるおそれがあり、シビアな溶接結果が要求される。したがって、これに使用される溶接機器も、従来のものに比べて故障が少ないことはもちろん、設定した溶接条件が常に維持できる性能が要求される。

当社ではこのような要求にこたえて、設定条件が外乱（電源電圧変動・アーク長・周囲温度変化など）に対しても、一定値に維持できる機能を『高精度化』と称して、この機能を有したサブマージ溶接機、MIG および炭酸ガス溶接機、TIG 溶接機などを製品化し、特に自動化・非熟練化を要する用途に使用されている。

ここでは、メンブレン方式 LNG タンクのステンレス鋼薄板溶接を対象用途とする高精度 TIG 溶接機について、構造・制御機能・特性について概要を紹介する。

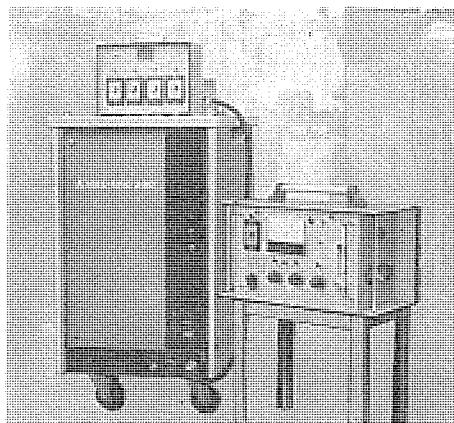


図 5.1 高精度 TIG 溶接機
High accuracy TIG arc welder.

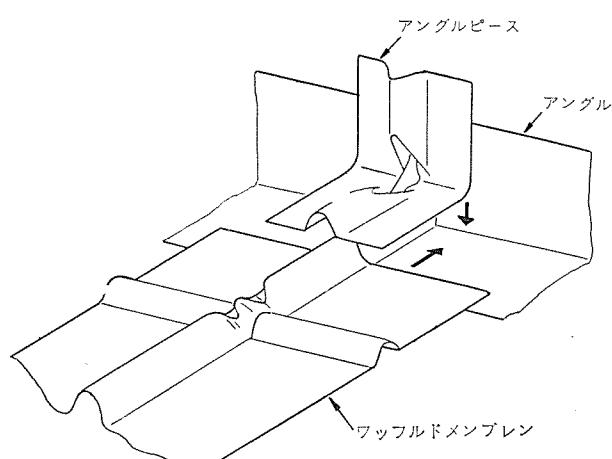


図 5.2 メンブレン形状
Shape of membrane construction.

5.1 構 造

図 5.1 に高精度 TIG 溶接機の外観を示す。

本機は、直流溶接機(電源)・制御装置・アーチスポットタイマ・溶接トーチより構成されている。電源は図 5.4 に示す垂下特性で 5.3 節

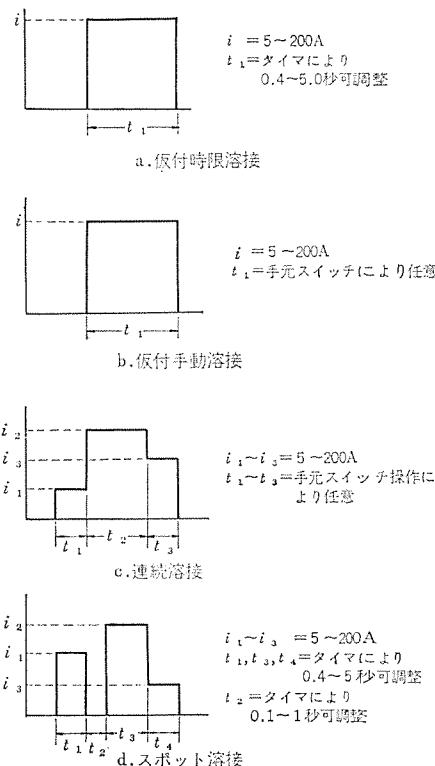


図 5.3 高精度 TIG 溶接機制御シーケンス
Control sequence diagram of high accuracy TIG arc welder.

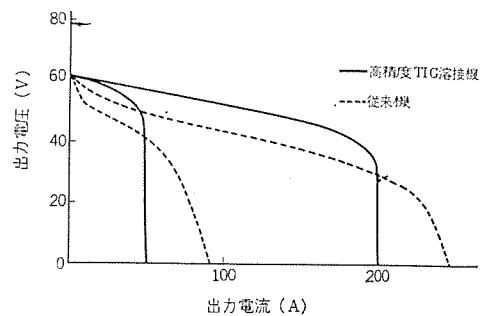


図 5.4 出力特性
Characteristic curve of output voltage-current.

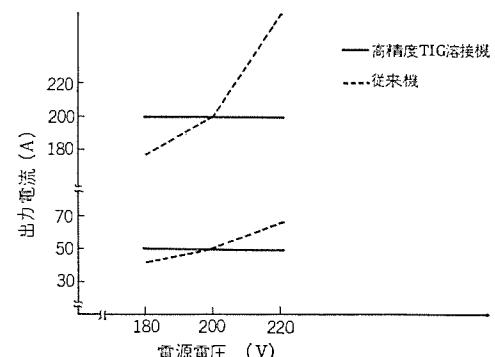


図 5.5 電源電圧変動特性
Characteristic curve of output current-primary voltage regulation.

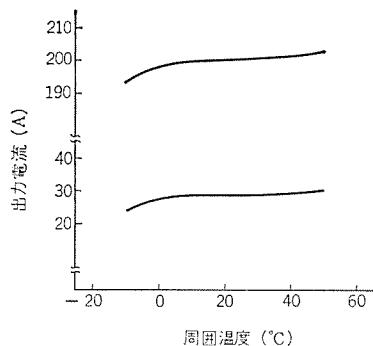


図 5.6 溫度特性
Characteristic curve of output current-temperature.

に説明する高精度な特性を有している。制御装置は、メンブレンタンク内で可はん性良く作業ができるように約12kgと軽量化を計り、また制御部品やケーブル接続部の保護に留意した構造になっている。

アーチスポットタイマは電源上部に固定積載され、設定時間を正しく管理する目的でカウントを前面に設けている。溶接トーチは空冷150A式であり、ハンドルの取っ手部に小形の2連スイッチを設け、連続溶接時のスタート電流、クリータ電流の選択を手元で簡単に得ることに特長がある。

5.2 制御シーケンス

本機は図5.2に示す溶接部形状のメンブレンの重ね溶接に使用され、図5.3に示す制御シーケンスを有している。

仮付溶接は、メンブレン組立に先立って微小ピッチで2枚のメンブレンを固定するもので、溶接作業者が任意に溶接時間を調整できる（トーチスイッチを押している間アーチ発生）仮付手動溶接と、溶接時間がタイマで設定される仮付時限溶接の二つのシーケンスがある。板厚の組合せが一定であれば、あらかじめ条件を求めておき、仮付時限溶接のシーケンスで行なえば、均一な仮付ビードの大きさが得られる。

連続溶接は前述の仮付溶接後、重ね溶接部を溶融溶接するもので、図5.3(c)のシーケンスとなる。スタート電流は溶接開始時にメンブレンシートに損傷を与えないため、定常電流よりも低く設定し作業者が正しく溶接線をねらったのち、定常電流（溶接電流）に切換える。溶接終了時にはクリータ電流として定常電流より低減することとは通常の溶接と同様な理由である。これらの電流設定は制御装置の調整つまりで行なわれ、シーケンスの切換えは、溶接トーチのホルダ部に取付けられた小形の2連スイッチより、溶接作業者が溶接状況の判断をしながら任意に行ない得るようになっている。

スポット溶接は薄板と厚板の重ね溶接に使用される。溶接シーケンスは図5.3(d)に示す。電流・時間の設定はすべて制御装置のタイマで設定され、溶接作業者は溶接トーチを被溶接物に所要の圧力以上で押しているのみで溶接が完了する。

なお本機には、装置の故障や取扱いの誤りが溶接結果の不良にならないために種々のインターロックが施されているが、これらの詳細について説明を割愛する。

5.3 特性

高精度TIG溶接機として設定電流が各種の外乱に対して、どのような特性を有しているかについて説明する。

5.3.1 アーチ長変動

図5.4に溶接機の出力特性曲線を示す。破線の従来機に対して、本機の特性ではシャープな垂下特性を有していることがわかる。TIG溶接で、溶接電流100A程度でアーチ長が0~5mm変化したとき

のアーチ電圧の変化は3~4V程度である。本機ではアーチ電圧5~25Vの変化に対し、設定電流の変化は±1%の範囲におさまっており、溶接作業時の手振れなどによるアーチ長変化に対して電流の変動はほとんど問題にならない。

5.3.2 電源電圧変動

図5.5に電源電圧変動特性を示す。従来機では電源電圧変動±10%に対して、設定電流の変化は±15~20%あったが、本機では±1%になっている。溶接作業での外乱で最も影響の大きいのはこの電源電圧変動であり、特に造船所において船台上の溶接は、電源より遠く離れるため影響が顕著であり、LNGタンクの組立溶接などには特に効果が大きい。

5.3.3 溫度特性

図5.6に温度特性を示す。周囲温度0~50°Cに対して定格電流で±2%の変動範囲になっている。

以上高精度TIG溶接機の概要を説明したが、熟練溶接作業者がますます不足してくる今後、5.3節に述べた特性を有する溶接機は、今後各分野から要求されることが考えられるので、当社では各種溶接機について製品化の態勢を整備している。

6. ならい付きサブマージ溶接機

厚板の下向溶接・すみ肉溶接に多く使用されているサブマージ溶接

表 6.1 FC-1200-IB形ならい付きサブマージ溶接機仕様
Specifications of type FC-1200-IB submerged arc welder with automatic tracer.

形名	FC-1200B-IB形
構成・仕様	
1. 電源	
(1) 形式	MA-1200
(2) 定格一次電圧	V 200(180, 200, 220タップ付き)
(3) 定格周波数	Hz 50または60
(4) 定格二次電流	A 1200 1時間定格(1000連続)
(5) 二次無負荷電圧	V 89
(6) 定格一次入力	kVA 110
(7) 定格一次電流	A 550
(8) 負荷電圧(抵抗分)	V 40
(9) 重量	V 17
	650(50Hz) 600(60Hz)
2. サブマージ溶接機本体	FC-1200B-IB
(1) 形式	1200
(2) 定格電流	A
(3) 使用ワイヤ径	φ mm 4.0, 4.8, 6.4
(4) ノズル調整範囲(垂直調整)	mm 80
	(水平調整) mm 75
(5) ワイヤリール	特殊マガジン形, 12.5/25kg巻
(6) 走行速度範囲	cm/min 10~100
(7) 制御方式(ワイヤ送給)	アーク電圧制御 前止レオナード制御 (台車走行)
(8) ヘッド回転角度	(°) ±20
(9) ホッパ容量	l 4
(10) 重量	kg 68
(11) レール幅	mm 250
3. ならい装置	
(1) 検知方向	上下, 左右
(2) 検知能力	上下 1.0mm 左右 0.5mm以内
(3) スライドストローク	上下 ±20mm 左右 ±20mm

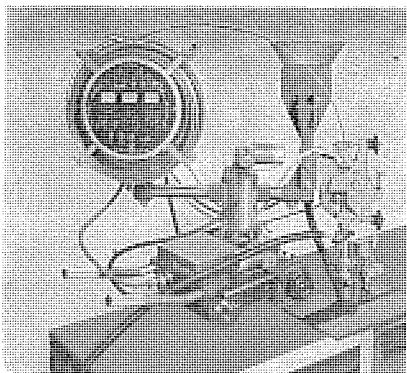


図 6. 1 FC-1200-IB 形ならい付き サブマージ溶接機
Type FC-1200-IB submerged arc welder.

機は、抜群の高能率性のため安定した成長を示している。ところで一般のサブマージ溶接機は、溶接線に並行してレールを置き、その上に走行台車を走らせ、溶接線と溶接ワイヤのずれは、オペレータが手で調整を行なっている。そのため1台に1人のオペレータが必要であった。この溶接線と溶接ワイヤのずれを自動的に修正できれば、1人のオペレータが2台以上の溶接機を使用することもでき、省力化されるとともに能率が向上する。

FC-1200-IB 形ならい付きサブマージ溶接機は、三菱電機とビーフム社が共同開発した製品で、サブマージ溶接機と、溶接ヘッドの自動ならい機構を一体化したものである。

本機の構造は、サブマージ溶接機本体に、自動ならい検出ヘッド、検

出ヘッドからの信号を受ける制御装置、および溶接ヘッドの上下・左右のしゅう動機構などより構成されている。

また本機の走行台車の前輪は自動かじとりも可能で、検出ヘッドからの信号と連動し、前輪の進行方向を修正することにより、レールなしでの使用が可能なため、直線レールの使用できない曲線部の溶接も可能となった。

表 6. 1 に本機の仕様を、図 6. 1 に外観を示す。

7. む す び

以上、標準アーケ溶接機のうち、自動化・省力化の研究努力による機器の性能向上例、多様化に伴い新たに製品化された機器の代表例を説明したが、ここ数年来特に自動化に対する材料面および機器の積極的な開発が各方面で行なわれている。われわれとしては、今後なおいっそユーザ、あるいは溶接材料メーカーと共に、研究を続け各種の標準アーケ溶接機の開発・改良に努力していきたいと考えている。

最後に執筆にあたり、多大なご協力をいただいた、日鉄溶接工業(株)の関係各位に厚くお礼申しあげます。

参 考 文 献

- (1) 日鉄溶接工業株式会社：簡易片面立向自動溶接“OSCON-VB法”，研 A，第 310 号（昭 46）
- (2) 大間知、後藤、平松：三菱電機技報，44，No. 10（昭 45）
- (3) 安藤、長谷川：溶接アーケ現象（昭 37），産業図書

抵抗溶接機の自動化

魚森 昭義*・目次 正武*
堀部 透**・松野 博朗**

Automatization of Resistance Welding Machine

Itami Works Akiyoshi UOMORI・Masatake METSUGI
Nagoya Works Toru HORIBE・Hiroo MATSUNO

Herein are introduced some of component parts relative to automatic resistance welding machines developed recently by Mitsubishi :

(1) General purpose control equipment used for the multi-spot welder contains in itself a diode matrix type sequence control circuit, timer and thyristor contactor so that mechanical sequence and welding sequence can be combined with ease to accomplish the ability of general purpose operation.

(2) A full automatic welder of electric contact pieces is of high efficiency as it is capable of feeding welding materials of a hoop shape, of pre-processes, of welding contacts, of forming of contact pieces after welded and of taking out finished work pieces.

1. まえがき

最近の抵抗溶接機の自動化技術の発達は著しく、多くの分野で高度な自動化技術の開発が行なわれつつあるが、現在では製品の品質および信頼性の向上を図るために自動化が真剣に考えられるようになった。従来の自動化技術を包括的に整理すると、

(1) はん用性追求の自動化技術

(2) 専用性追求の自動化技術

の二つに大別できる。

(1)項のはん用性追求の自動化技術では、大規模なものとして、自動車のボディー組立用の溶接装置で開発されている。ここでは、生産規模の拡大、製品のモデルチェンジ、需要の多様化などに対処するために高速・高能率な生産性が要求され、したがって溶接装置は高級化し、しかも、この高級設備の実効率を高めるために、はん用性が追求されている。

たとえば、プレスウエルダーラインについていえば、数工程からなる溶接工程を、シャトルコンベヤによってワークを搬送しながら溶接組立を完成させる。そして、生産計画にしたがって治具を交換して別のワークの溶接をする。

このはん用性を可能にしているものは、機械部品の組合せ方の標準化と、動作（機械シーケンスおよび溶接シーケンス）の組合せ方の標準化である。しかし、この動作の組合せ方の数がふえれば、それだけ機械部品の組合せ方がふえ、溶接装置のはん用性が増すことになり、したがって、この動作の組合せ方の多い溶接機用制御装置が望まれる。

(2)項の専用性追求の自動化技術は、装置を単能化することによって、きわどく生産能率を向上させようとするものである。すなわち、溶接のプロセスのみを自動化したはん用機に、ターンテーブルのような簡単なワークハンドリングの自動化装置を追加した自動溶接機と、同じ構造の他の加工装置とを工程順に並べ、その間を人またはマテリアルハンドリング装置で半成品を搬送する種類の自動化技術と異なり、一段と技術的集約度を高めて素材の供給、穴あけ、塑性加工、溶接、切断、完成品の搬出といった製品の全製造工程を分析し、これを合理的な全自动のハンドリング装置で有機的に結合・集約した複合専用

機が開発されるようになってきた。

この種の自動化技術には、溶接技術以外の加工技術に関するソフトウェアを必要とし、ワークハンドリングの自動化技術とあいまって、トータルシステムの概念を要求している。

こうしたなかで、最近当社で開発した製品のうち、上記の分類(1)と(2)に属する製品の一端として次の二つを紹介する。

(a) はん用マルチスポット溶接機用制御装置

(b) 全自動接点溶接機

2. はん用マルチスポット溶接機用制御盤

はん用性追求の自動化技術に対する溶接機制御装置は、その制御仕様が溶接機ごとに変わるために、従来は設計製作に多大の労力を必要とし、また構成品も多くかなりの設置スペースが必要であった。

新開発の制御装置は、シーケンス制御部に半導体を使用したはん用シーケンス制御回路ユニットを用い、タイマおよびサイリスタ開閉器には標準定置式スポット溶接機のもの各3個を利用し、それらをひとつの箱に納めてコンパクトにまとめたものとした。これによれば制御対象の変化に簡単に適応できるほか、設置スペースの減少と信頼性の向上がはかれるようになった。図2.1は新開発の制御装置、図2.2がそれを適用したマルチスポット溶接機の一例である。

2.1 はん用シーケンス制御回路ユニット

2.1.1 はん用シーケンス制御回路の機能

はん用シーケンス制御回路ユニット（以下シーケンサと記す）は、準電算機的手法によらず、簡単なピンボード方式ではん用性のある機能を得ている。それを個々に説明すれば、下記のとおりである。

(1) 入力信号端子

押しボタンスイッチ・リミットスイッチなどの接点信号を1線共通で受け、入力マトリックスに信号を与える。

(2) 入力マトリックス

ダイオード接続によって、任意の信号をステップ進行およびインターフラッシュの条件に設定できる。

(3) ステッピング回路

入力マトリックスからの信号にしたがって、ステップ出力を順次に切り換えて進行させる。

を表わすマークを規定し、マトリックス基板の行列に対応する網目とその行および列に該当欄のある用紙を作成した。

この用紙の使用法は、入力マトリックスの場合には下記の手順による。

(1) 空白の該当欄に信号名および出力名を任意の順序に記入する。

(2) 各ステップが output を出すために必要な信号を行と列の交点に拾い、その部分に記号を入れる。

(3) 各出力のインタロックに必要な信号を、同様にして拾い、記号を記入する。なお、インタロックが不用であれば、この作業を省略する。

一方、出力マトリックスは下記の手順による。

(a) 入力マトリックスで記入した順序と対照させながら、空白の該当欄に出力名を記入する。

(b) 各ステップで動作が必要な出力名を行と列の交点で拾い出し、そこに記号を入れる。

(c) 同じように、手動回路の指令名記入と、記号の記入を行なう。

以上の作業でシーケンスの計画は完成し、実物のマトリックス基板上に用紙マークと同じ位置に規定にしたがってダイオードを接続する。こうしてシーケンスが設定された2枚のマトリックス基板を、あらかじめ準備されたシーケンサに装着すれば、マルチ溶接機制御装置のシーケンス部分は完成する。なお、われわれは実際の使用の便をかるためこの方法を制御装置全体の接続図に応用し、盤外配線および信号と

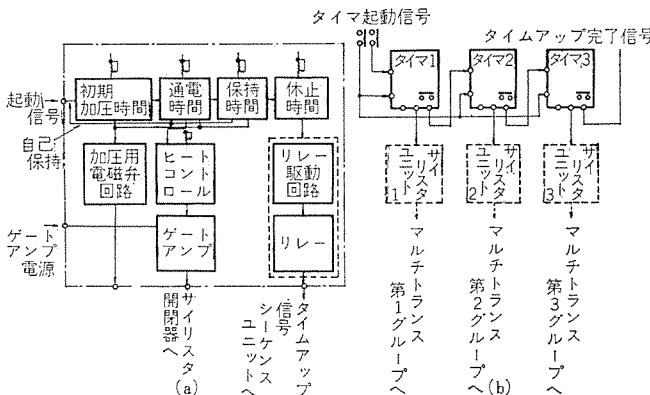


図 2.6 タイマ機能および接続系統図
Function and block diagram of timer

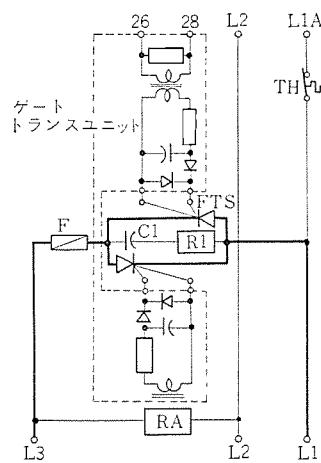


図 2.7 サイリスタ開閉器接続図
Connection diagram of SCR contactor

出力との相互関係が単純に理解できる図を作成した。

2.2 タイマおよびサイリスタ開閉器

2.2.1 タイマ

このタイマは、標準定置式スポット溶接機用として量産されているものである。詳細な説明は別の機会にゆずるが、概略は図2.6(a)に示す機能を持っている。点線で囲んだ範囲がマルチ溶接機に適用するために追加した部分である。このタイマ3台が、図2.6(b)のように接続されているので、いっせいに加圧されているガンは、第1タイマ群、第2タイマ群、第3タイマ群と順番に溶接をした後、いっせいに加圧開放されることになる。また、シーケンサの通電信号用リレーの2C接点の残りの一つを、サイリスタゲート信号用増幅器電源の入り切りに使用したので、通電信号OFFで溶接電流が停止される。

2.2.2 サイリスタ開閉器

このサイリスタ開閉器は、1枚の厚い絶縁板上に、水冷サイリスタ・ゲートトランジストユニットおよび速動ヒューズなどを組み付けてある。これも、標準定置式スポット溶接機用の量産品である。図2.7にその接続図を示す。

2.3 制御箱(ユニット収納箱)

各ユニットの配置は、冷却水を使用するサイリスタ開閉器が最下部、その上部仕切板を隔ててタイマ、最上部にシーケンサとなっている。前面は、仕切りより下部をビス止めの目かくし板にし、上部を透明アクリル板を使用した右開きとびらにして、シーケンサおよびタイマの監視に便利にし、裏面は、配線の接続作業を行なうため、ビス止めのふたにしてある。また、左側面には操作スイッチ類が設けてある。

3. 全自動接点溶接機

3.1 概要

本機は、小形電気部品のリレー接点を自動溶接するもので、台金・接点ともに素材より製品まで一貫して製作する非常に高能率な溶接機である。従来は、個々の接点はかしめ・ろう付け・スポット溶接などで行なっていたが、コストダウン、生産性の向上、製品の品質管理等の要求から、接点溶接機の決定版ともいえる高能率なトランスマニアタイプの全自動接点溶接機を開発した。この溶接機の対象になるサンプルを図3.2に示す。

3.2 接点溶接の原理

溶接方法は、プロジェクション溶接の一種である。すなわち接点材料

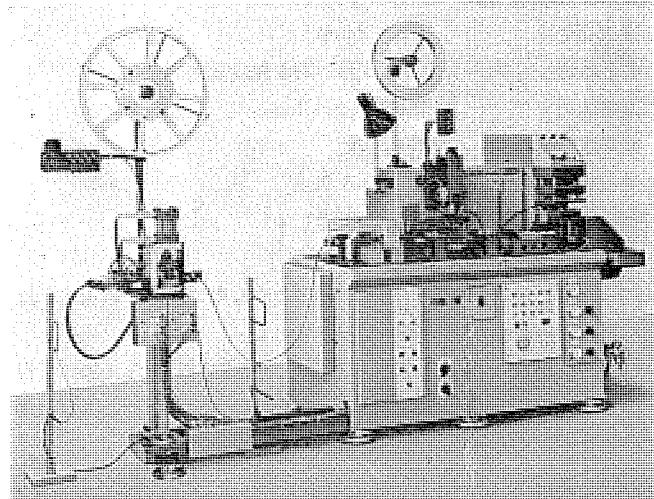


図 3.1 全自動接点溶接機全景
Full automatic contact piece welder

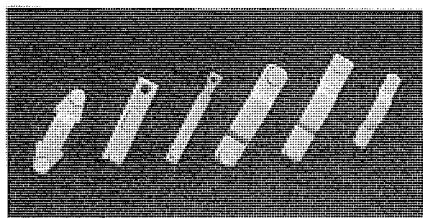


図 3.2 溶接サンプル
Welded samples.

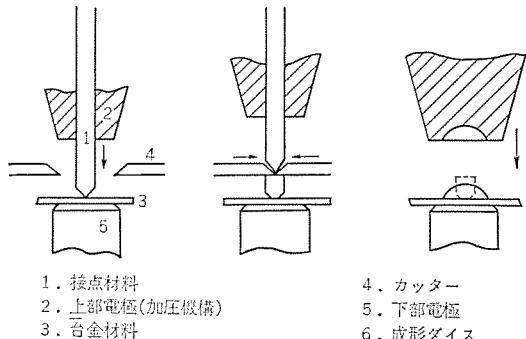


図 3.3 接点溶接の原理
Principle of contact piece welding.

である線材は、一般に銀またはその合金で、直径 $1 \sim 3\phi$ 程度であるが、それを切断する場合、カッターの先端形状により、切り取った先端をV形にすることができ、その形状をプロジェクションとして利用し、銅およびその合金の板材である台金に加圧通電して溶接を行なう(図3.3)。

溶接条件の因子は一般の抵抗溶接と同様に、溶接電流・通電時間・加圧力・電流波形などであるが、特にこのような接点材料は、熱伝導がよいので、1~3サイクル程度の短時間に数千A程度の大電流を流して熱損失を少なくする必要がある。また、加圧力は10~30kg程度であるが、銀線の溶融に対する加圧ヘッドの追従性が重要である。

3.3 本機の仕様

接点材質:	銀、金、パラジウムとその合金
接点材料径:	$0.6\phi \sim 4\phi\text{mm}$
台金材質:	洋白、燐青銅、ベリリューム銅、銅、その他
台金寸法:	厚さ0.2~2mm、幅3~150mm(フープ材)
接点径(仕上寸法):	$1\phi \sim 6\phi\text{mm}$
接点高さ:	0.5~2mm
サイクルタイム:	1~3秒の間を無段变速
生産能力:	3,600ポイント/h _{max}
電源定格容量:	20kVA
最大溶接電流:	10,000A以上
台金送り:	交互2段送り

3.4 本機の特長

- (1) 接点材料を線状のままで使用できるので、かしめ加工と比較して材料の節約と材料補給が容易である。
- (2) 台金もフープ材のままで供給し、接点溶接とプレス加工(台金の成形切断)とを同時に行ない、高速自動連続加工による省力効果が大きい。
- (3) 主電源の開閉にはサイリスタを採用し、タイマ部分にはフルトランジスタ回路を採用しているので、消費電力が少なく、寿命も長くて信頼性が高い。

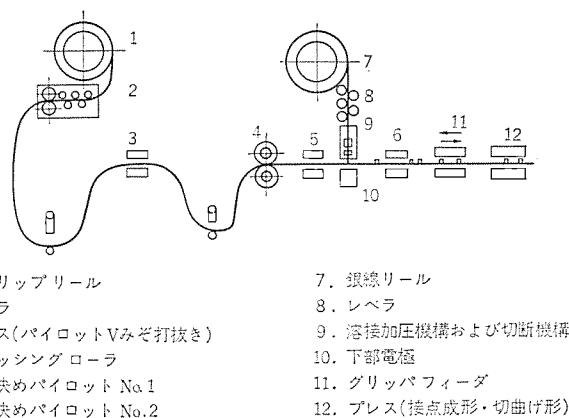


図 3.4 機械の構成
Construction of machine.

(4) 機械駆動部にはすべてエア駆動方式を採用しており、各部の単独作動が可能で、保守・調整が容易である。

(5) 溶接ヘッドの加圧機構にはペロフラムシリッダ方式およびボールガイド方式を採用したので、ヘッドの追従性が非常によく、まったく安定に溶接される。

(6) 材料の送り・位置決め方式に独自の技術を開発し、送りさん(棧)をほとんどなくして材料の歩どまりを良くしている。

(7) ダブルチャックを採用して、銀線の送りを確実にしている。

3.5 装置構成

本機は、図3.4に示すように構成されている。

(1) ストリップリール

フープ状の台金を取り付けるものである。

(2) レバ

フープ材を引張り出しながら巻きぐせをきょう(矯)正するものであり、ストレートナと駆動ロールとからなる。ループコントローラの指令によって適時にフープ材を送り出す。

(3) プレス

位置決め用パイロットのVみぞを打ち抜くもので、プレスはエアシリンダによる。プレス圧力は約200kg、また、プレスの型の中へ台金を定ピッチで送り込むためのエアフィーダが付属している。さきに打ち抜いたVみぞを基準にして次のVみぞを打ち抜く。

(4) ブラッシングローラ

台金の表面のごみ・油などの付着物および酸化物を取り除くために、金属ブランを回転させて溶接位置を清掃するものである。

(5) 位置決めパイロットNo.1

(3)項のプレスによって打ち抜かれたVみぞを位置決めするもので、これによって銀線の溶接位置が定まる。

(6) 位置決めパイロットNo.2

これも上記と同じものであるが、一つの台金に二つの接点が付くものは交互2段送りされ、位置決めパイロットもそれに伴って、二つのパイロットで交互に位置決めする必要から、このパイロットが設けられている。

(7) 銀線リール

接点材である銀線を取り付けるものである。

(8) レバ

銀線の巻きぐせをきょう正するものである。

(9) 溶接加圧機構および切断機構(図3.5)

この部分は溶接にとって最も重要な部分であり、銀線を一定寸法

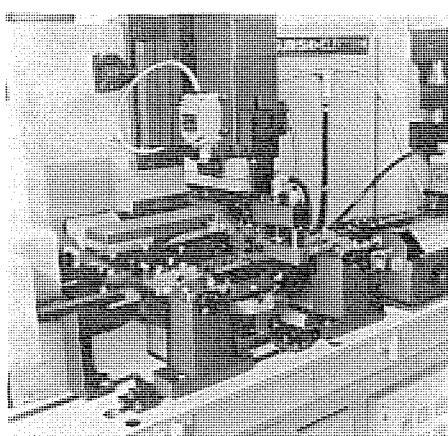


図 3.5 溶接加圧 ヘッド部分
Welding pressure head.

ずつ送り出す ダブルチャック と、溶接時に銀線を加圧する エアシリンダ 部と、溶接後に銀線を切断する カッター 部で構成されている。

(i) ダブルチャック 部

ダブルチャック は、固定側 チャック と可動側 チャック とが同一形状のコレットチャック になっており、銀線を送り出すときには可動側チャックがクランプして下降し、可動側チャックが上昇するときには固定側チャックが銀線をクランプしてつれ上がりを防止する。したがって、この交互のチャックの作用によって一定量の銀線を確実に送り出す。溶接電流は、可動側チャックの電極チップより銀線に通電される。コレット形のチャック は、溶接時の加圧を安定にしている。

(ii) 加圧 ヘッド 部

溶接時の銀線の溶け込みに十分に追従する必要から、加圧 シリンダ の応答性が重要になる。そのため、シリンダのピストンのシールにはOリングなどを使用しないで、特殊ゴムのペロフラムを使用し、ロッドのしゅう(摺)動部にはボールガイドを採用してしゅう動抵抗を極力小さくしており、 0.1 kg/cm^2 以下の弱いエア圧力で動作する。エアは、ピストンの上部と下部とから別々のエア圧力で供給され、その差圧によってヘッドの加圧力を調整する方式で、加圧力の微妙な調整が可能である。

(iii) カッター 部

特殊な二重シリンダを使用し、前進して銀線を切断し、開いて後退する。切断の支点をフリーにしてたえず両側の刃に同じ力が加わるような構造である。また、カッターの刃は消耗品であるため、取付け・取はずし・調整が容易に行なえるようにしてある。

(10) 下部電極

下部電極は消耗が早く、取換えが必要なので、丸棒を切断した単純な形状にしてあり、取付け・取はずしが容易である。また、下部電極は、カッターが銀線を切断するときに下降し、容易に切断できるようにしてある。

(11) グリップ フィーダ

台金を一定ピッチで間欠送りするもので、交互2段送りができる構造にしている。

(12) プレス (接点成形・切曲げ型)

この プレス では、接点の成形と台金の切曲げを同時に行なうもので、接点の完成品を取り出すことができる。プレスには特殊な3段形エアシリンダを使用し、トグル機構を利用しているので、約3,000kgの圧力が得られる。プレス型はダイセッタ型を使用し、型の摩耗による取換時に取付け調整が容易にできるようにしてある。

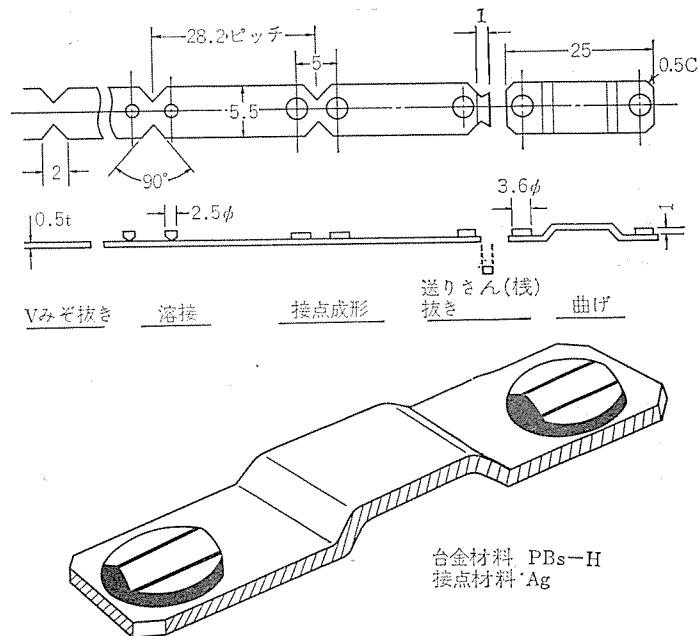


図 3.6 溶接サンプルとその加工順序
Welded sample and its production process.

(13) 溶接電源

溶接電源の開閉にはサイリスタを使用し、通電時間の制御にはトランジスタタイマを使用している。電源の定格容量は20kVAと大きく、使用範囲が広い。また、必要に応じてタップ切換用補助トランジストを取り付け、電圧の微調整・粗調整がおのの6段階に切り換えることができるようにしており、最適な電流波形を選択することができる。タイマは予熱・主熱・後熱と3段階の通電時間および溶接電流を制御する。予熱は0~3サイクル、主熱は1~12サイクル、後熱は0~3サイクルの間を調整できる。また、電流はサイリスタの位相制御によって行なう。

(14) シーケンス プログラム

機械部分は、すべてエアシリンダで駆動させており、その動作指令を順序正しく出すドラム回転式のプログラムを使用している。ドラムの主軸には20個のマイクロスイッチ開閉用のカムが取り付けられ、ドラム1回転で1サイクルの動作指令が出る。サイクル時間の調整は、ドラムを駆動しているサーボモータの回転速度を調整することにより行なう。そのほか各ユニットが単独動作できるように単動回路を設けている。

3.6 溶接実験結果 (一例)

(1) 溶接サンプル——リレー用可動接触片 (図 3.6 参照)

台金材料： PBs-H 5.5 W × 0.5 t

接点材料： Ag 2.5 φ

接点形状： 3.6 φ × 1.0 h

(2) 溶接条件

予熱時間： 1 サイクル

予熱電流： 2,200 A

主加熱時間： 1 サイクル

主加熱電流： 4,600 A

加圧力： 25 kg

サイクルタイム： 1 接点／1秒

(3) 溶接結果

はく離強度： 50 kg 以上

製品精度： ±0.05~±0.1 mm

このような好結果が得られたが、この種の高ひん度の自動溶接機では、すべての溶接条件を長時間にわたって安定に保持することが重要であり、また、溶接条件の安定した最適値を見出すことも重要である。

加圧力と溶接電流は、適正值より±5%を越えると何らかの障害が発生する。その他に溶接に影響を及ぼす機械系の要因としては、下部電極の消耗、カッターの摩耗、加圧ヘッドの追従性がある。

4. む す び

以上、抵抗溶接機の自動化について、技術的内容の異なった2種類の製品を紹介した。いずれも、数々のすぐれた特長を持った製品である。はん用マルチスポット溶接機用制御装置については、本文中で述べられていないが、マルチスポット溶接機以外の溶接専用機にも応用することができ、多種類の溶接専用機間で制御装置の共通化を図ることができる。今後、このような用途開発の面から、さらに改良の

努力が必要であろう。

また、接点溶接機は、高速連続自動運転するものであるので、メカニズムの追従性と安定性が要求され、可動部の摩擦や慣性の低減、および繰り返し衝撃による破損をなくすためのショック吸収に考慮をはらっている。また、機種変更時の段取り作業は、このような複雑微妙な機構のものでは相当めんどうであり、時間がかかる。それをいかに短縮するかが重要である。そこで、位置決め用のVみぞ抜きプレスの前後のフープ材をフリーにさせ、まず、高速度で定ピッチに抜けるようにし、その精度のよいフープ材のVみぞにあわせて各ユニットを調整するという方法をとった。これによって段取りが容易になり、調整時間が短縮された。

今後、適正な溶接条件の選択法、溶接条件の変動の検出、溶接後の品質のチェック方法の自動化とともに、溶接機の信頼度をいっそう高め、用途範囲の拡大を検討したい。

はん用抵抗溶接機

寺田 肇*・越智 紀明*・田尻 浩巳*

General Purposes Resistance Welding Machines

Itami Works Hajime TERADA・Toshiaki OCHI・Hiromi TAJIRI

Mitsubishi has been producing a variety of resistance welders heretofore. Now it has been successful in manufacturing single phase welding machines in the scale of a large quantity. Taking this opportunities, Mitsubishi wishes to introduce resistance welding machines for general purposes among its products. Of them the most widely used are single phase AC type welders. The welders now in quantity production are provided with control circuits of IC construction, the main circuit switches using thyristors, and molded transformer, all being the distinctive features of the devices. Description is made of outlines, features and uses not only on single phase AC type units but also on three phase low frequency type welders to be used for the welding of light alloy and also for high grade welding of various kinds, and further on three phase rectifying type welders which have come into the limelight again recently.

1. まえがき

近年、生産規模の拡大について生産設備の自動化・省力化が叫ばれ、設備の専用機化が進んでいるが、多種少量生産分野における生産設備として、はん用抵抗溶接機は欠かすことができない。

当社は、自動車工業をはじめ、軽合金工業などに、単相交流式(以下単相機といふ)・三相低周波式、および三相整流式のはん用機を多数納入してきた実績をもとに、あらゆる溶接技術を提供してきた。

はん用機は、今後、ますます広範囲に利用されると考えられるので、単相機を量産化するに至った機会に、他のはん用機とともにその概要について述べる。

2. 単相式溶接機

2.1 単相定置式スポット溶接機

小物部品の溶接作業に從来から最も一般的に使用されている溶接機であり、本機の製作に当たり、次に述べる目標をあげて対処した。

(1) 高い信頼性と作業性

抵抗溶接の3大条件(加圧力・電流・通電時間)の調整部分を1側面に集中させ、搬送コンベヤラインなどに接近させて用いることができるよう工夫をし、作業能率の向上を図る。高い信頼性を得るために構成部品および回路の単純化と、部品の品質管理を一段と強化する。

(2) 経済性

溶接能力からみた経済性の検討。

(3) これまでにない特長

従来の技術を(把)握し、よりいっそうの溶接の安定性を得る。

(4) 量産化と品質管理

製作工程の見直しと、部品の標準化および品質管理。

高度の技術を駆使して製作した定置式単相スポット溶接機(図2.1)は、次の特長をもつ。

(1) 時限回路・論理回路に電子計算機用ICの採用

高い雑音余裕と低消費電力、高速度および、高ファンアウトのDTLシリーズICと定電圧ICを採用し、全回路を半導体で構成しているため、寿命は半永久的であり、回路が単純化され、信頼性が一段と向



図 2.1 定置式単相スポット溶接機
Single phase AC spot welder.



図 2.2 単相定置用タイマ
Single phase timer.

上した。また制御電圧が75V~120Vの範囲で変動しても、設定時間の変動は皆無である。

(2) 同期回路の採用

時限回路は、すべて同期回路構成で、1サイクル単位で時限を制御しているために溶接電流が安定し、他の電気機器にむりが生じない。

(3) 保護回路・補償回路・モニタ回路付き

過渡電流・直流励磁防止回路や、半導体補償回路を内蔵させている。モニタ回路は、通電電流の強弱をランプで表示しているので、見ながら調整できる(図2.2)。

(4) 主回路開閉にサイリスタを採用

溶接機特有の瞬時負荷用に設計された平形サイリスタを採用しているので、溶接電流の無段階調整が可能であり、また、異常電圧・過電流・温度に対する保護回路などに特殊な配慮を施してあるので、誤点弧がない。

(5) エボキシ真空含浸注型モールド変圧器

変圧器コイルには、電流の自乗に比例する電磁力と、断続負荷による振動が加わる。この機械力と冷却水使用による結露の発生によって生ずる絶縁劣化や、外部環境の影響を受けることのない、エボキシレジン真空含浸注型モールドを採用した(図2.3)。

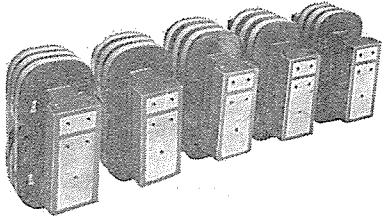


図 2.3 単相定置用溶接変圧器
Single phase transformer.

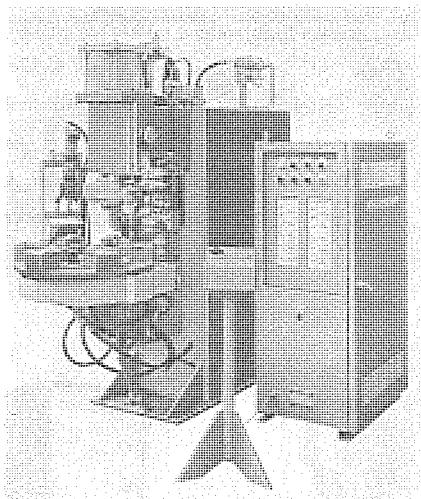


図 2.4 治具を取り付けた単相プロジェクション溶接機
Jig fitting single phase projection welder.

(6) 加圧ラム機構にペアリングの採用

本体構造は、従来の溶接構造の代わりにプレス加工品で構成し、剛性のあるフレーム構造にして軽量化を図った。また、加圧ラム機構を軽量化し、電磁弁をシリンドラ直結方式にして配管損失を減少させ、加圧速応性を良くしたので溶接品質・作業性を大幅に向上させた。

2.2 単相交流式プロジェクション溶接機

本機は、スポット溶接機では溶接できない形状・材質のものに適用され、パートフィーダや治具を併用することによって、合理的なラインを形成することができる。また、本機を何台も並べて被溶接材をトランシーファ装置で結合し、専用ラインとしても使用される。

図 2.4 に治具併用プロジェクション溶接機を示す。このようなライン構成は、専用機によるラインと比べて次のような特長がある。

- (1) レイアウトの変更が容易である。
- (2) か(稼)動開始時期の短縮が図れる。
- (3) 溶接生産数量が増し、経済性にすぐれる。
- (4) 事故に対するライン停止が少なく、生産計画が立てやすい。
- (5) 保守は容易である。

プロジェクション溶接の特長について述べると、

- (a) 同時に、多數のプロジェクションを溶接することができる。
- (b) 溶接部の熱変形が少なく、高い精度が得られる。

(c) 熱容量の異なる部品を溶接する場合でも、プロジェクション形状によって熱平衡が容易に得られる。

- (d) 電極部の消耗が少なく、保守が容易である。

図 2.5 にプロジェクション溶接応用例を示す。

2.3 マルチトランス

マルチトランス（図 2.6）は、一次にタップ切換器を内蔵し、二次に2巻線4端子を設け、二次各巻線にそれぞれ通電することができる

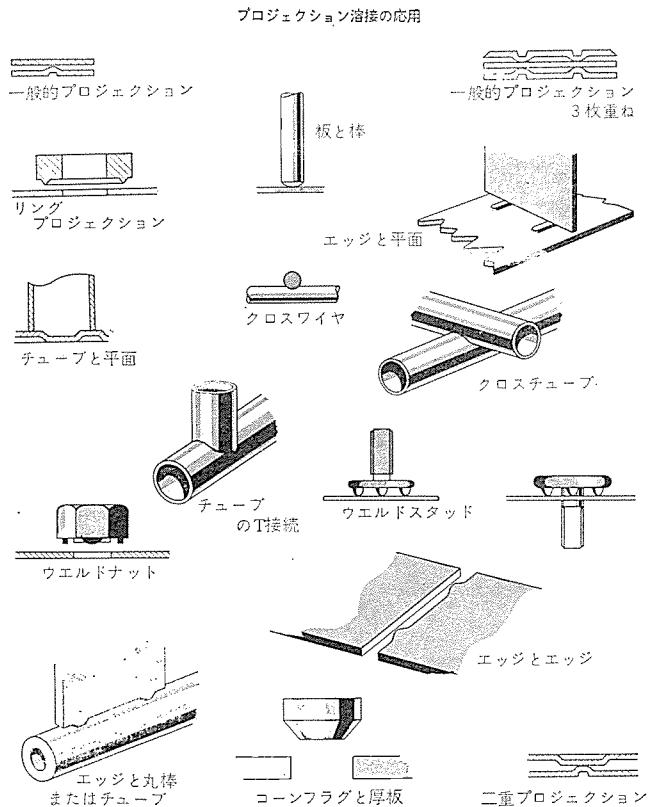


図 2.5 プロジェクション溶接の応用
Application of projection welding.

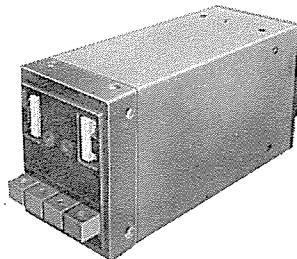


図 2.6 注型モールドされたマルチトランス
Molded multi transformer.

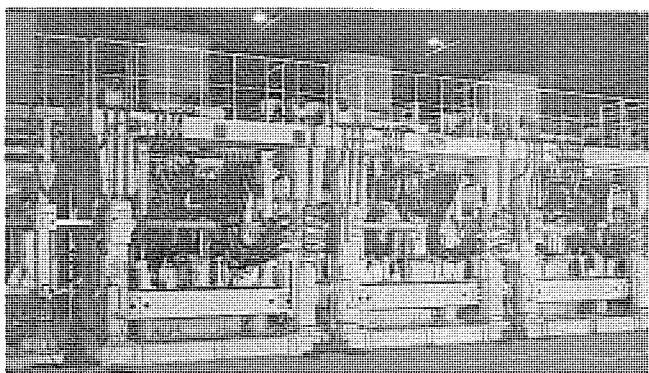


図 2.7 専用溶接機ライン
Automatic welding line for special application.

ので、マルチトランス1台で、ダイレクトスポットで2点、シリーズスポットで4点を同時に溶接することができる。

このマルチトランスは、一般に図 2.7 に示すような専用溶接機に積載して用いるものであるが、ほかに、ろう付け機および加熱機用変圧器として利用されることもある。

このマルチトランスには、次の特長がある。

表 2.1 高磁束密度けい素鋼板の磁気特性
Magnetization characteristics of high flux density silicon steel.

	B ₁₀	B ₂₅	W 15/50	W 10/50	V _A (17 kG)	V _A (18 kG)
高磁束 Si 鋼 板	19.1 kG	19.6 kG	0.99 W/kg	0.45 W/kg	1.65 VA/kg	2.7 VA/kg
従来品 (G 10 相当)	18.0 kG	18.8 kG	1.03 W/kg	0.47 W/kg	3.30 VA/kg	13.0 VA/kg

測定周波数 50 Hz 0.35 t

表 2.2 エポキシレジンの特性
Characteristics of epoxy resin.

(a) エポキシレジンの機械的性質

項目	比重	引張強さ	曲げ強さ	衝撃強さ	表面硬度	線膨脹係数	接着強さ
試験方法	JIS K 6911	JIS K 6715	JIS K 6911				鉄一鉄
注型レジン	1.80	810 kg/cm ²	14.8 kg/mm ²	3.8 kg/cm/cm	70 パーコール	30×10 ⁻⁶ mm/mm·°C	77 kg/cm ²

(b) エポキシレジンの電気的性質

項目	体積固有抵抗	誘電率	誘電正接	絶縁破壊電圧
試験方法	JIS K 6705	100 V 50 Hz	100 V 50 Hz	12.5 φ 電極油中
注型レジン	10×10 ¹² Ω·cm	4.5	0.59%	34 kV/mm

(1) エポキシ真空含浸注型モールド方式の採用

一次・二次コイルは完全に絶縁したうえ、エポキシレジンで真空含浸注型を行なって導体部分がまったく外気にふれない状態にするので、マルチトランス内部には油・水・スパッタなどがないことがないため、耐久性がきわめてよい。

(2) 磁気特性

マルチトランスの鉄心は、表 2.1 に示す特性の高磁束密度けい素鋼板を使用しているため、無負荷損失・無負荷電流が従来のマルチトランスと比べて 1/2~1/3 である。

(3) 絶縁定格は F 種

エポキシレジンモールドは、高真空・高加圧で当社独自の製造技術で製作しているので、クラックボイドの発生がなく、高い信頼性が得られる。表 2.2 にエポキシレジンの特性を示す。

(4) 互換性

この種のトランスは専用溶接機に積載されるので、小形・互換性が要求される。マルチトランスの部品加工・組立加工にはすべて治具を用いるので、加工精度が高く、安定した性能が得られる。

(5) 安全対策

接地抵抗を内蔵し、マルチトランスの取り付けと同時に接地される方式、タップ切換器はモールド埋込方式、二次コイルに異形銅管を採用して冷却水損失の軽減を図るとともに、冷却水系統に特別の配慮を施して水漏れ防止にモールド埋込方式を採用した（特許出願中）。

2.4 ハイスポットタイマ

自動車生産ラインなどに用いられる、はん用タイマとして製作しているが、近年専用溶接機用タイマとしても利用されるようになった。

このハイスポットタイマ（図 2.8）は、完全無接点方式にしてあり、高い信頼性と長寿命が得られる。また、このタイマには保護・補償回路が内蔵されている。

このハイスポットタイマには、次に述べる特長がある。

(1) 安定した制御回路

制御電源の 100 V が 60 V に低下しても、制御回路は安定に動作

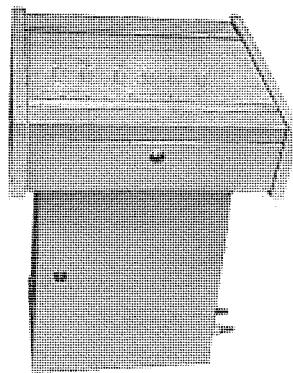


図 2.8 ハイスポットタイマ
Hi-spot timer.

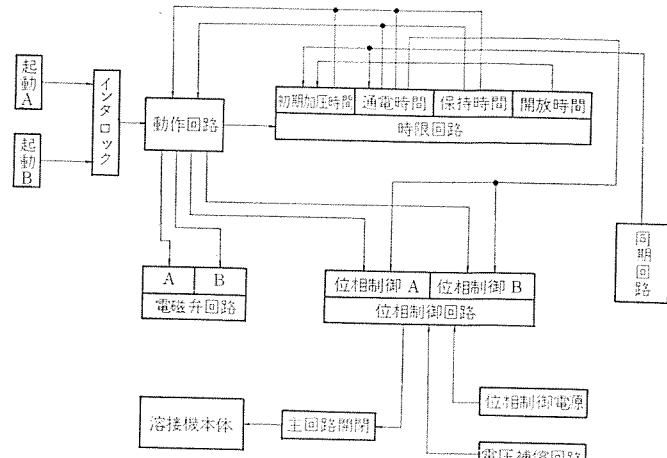


図 2.9 ハイスポットタイマの動作ブロック図
Block diagram of hi-spot timer.

する。また、時限回路には UJT ランジスタを採用してあるので、電圧変動・温度変化を生じても自動補償作用によって設定時間に変動がない。特に、通電時間に同期式を探用し、2種の通電電流調整系の制御が可能である。

(2) 安定した溶接が得られる

溶接作業中に溶接電流が変動することは、溶接結果に致命的悪影響をおよぼす。この電流変動の主原因は、工場電源の電圧変動によるものと考えられるので、ハイスポットタイマには、電圧変動があっても自動的に補償する回路を内蔵してある。

(3) 過渡電流・直流励磁防止回路

溶接電流の初期に投入過渡電流が流れるので、サイリスタや速動ヒューズを破損したり、電源トリップなどの事故を発生するおそれがあるので、通電初期の半サイクルの溶接電流を制御する回路を入れ、過渡電流を防止するようにしてある。また、回路インピーダンスの変化が起因して溶接変圧器に直流励磁を引き起こし、上述の過渡電流の場合と同様な事故を発生するおそれがあり、直流励磁防止フィルタ回路を組み込み、波形ひずみのない電圧を印加するようにして解決している（特許出願中）。

(4) 保守点検が容易

半導体にはすべてシリコン系を採用し、回路構成はプリント基板を使用しているので、従来のトランジスタタイマと比較して故障率は低下了。図 2.9 はハイスポットタイマ動作ブロック図を示す。

3. 三相低周波式溶接機

三相溶接機は電源への悪影響が小さいことと、良好な溶接結果が得られるという大きな特長があるので、今まで使用されてきたが、なかでも三相低周波式溶接機は、軽合金溶接に欠くことのできない溶接機として、航空機業界を中心に最も多く実用してきた。

以下、その概要について述べる。

3.1 基本説明

三相低周波式溶接機の基本回路を図3.1に、一次電流波形・二次電流波形を図3.2に、加圧力曲線を図3.3に示す。図3.1からわかるように、これは溶接変圧器一次側での三相半波整流回路であり、パルスごとに極性を反転する。

軽合金の溶接では通常通電時間を4サイクル前後に選定するが、CURRENT DECAYを付加する場合、または、ステンレス鋼の溶接などでは10サイクル～20サイクルまで通電時間を延長して使用すること

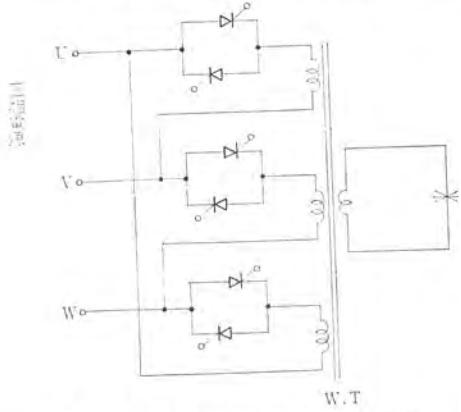


図3.1 三相低周波式基本回路
Basic circuit for three phase low frequency type power supply system.

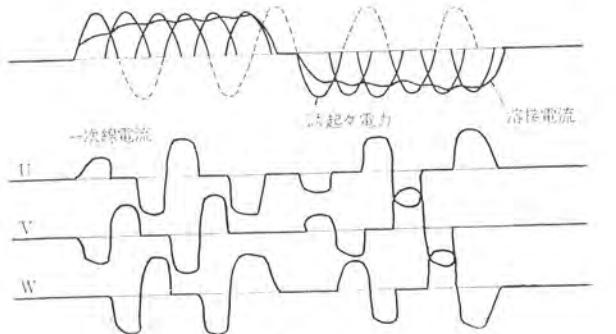


図3.2 電流波形
Current wave-form.

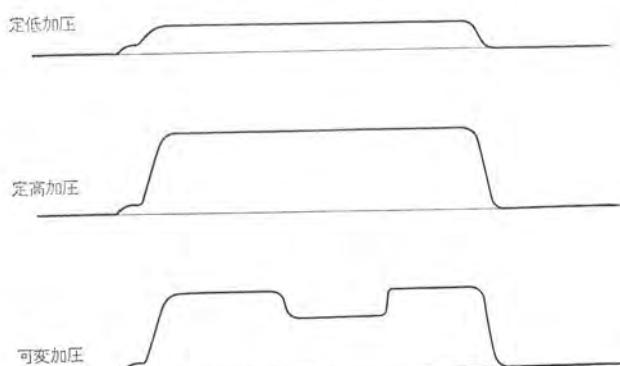


図3.3 加圧力曲線
Pressure curves

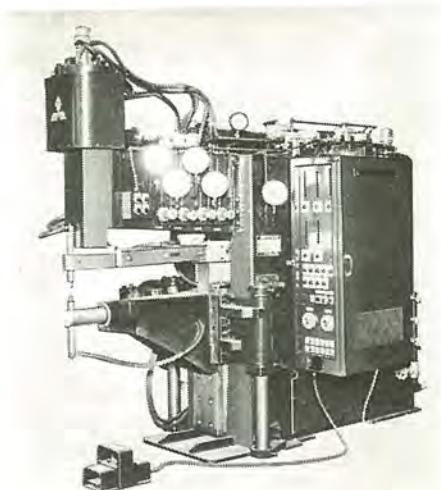


図3.4 三相低周波式スポット溶接機
Three phase low frequency type spot welder

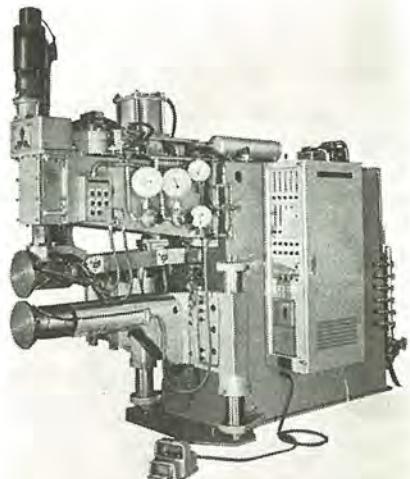


図3.5 三相低周波式シーム溶接機
Three phase low frequency type seam welder

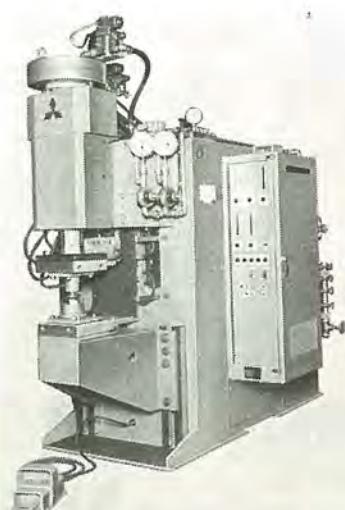


図3.6 三相低周波式プロジェクション溶接機
Three phase low frequency type projection welder.

とがある。このときには通電時間の延長分だけ位相制御によって電圧を絞り込み、溶接変圧器の飽和を防がなければならない。

軽合金溶接の場合には、溶接結果からも短時間溶接が望まれ、また厚板の点溶接や大形の リングプロジェクション 溶接など熱容量の大きい被溶接材に対しては、パルセイション溶接法が採用できる。図 3.4～

3.6 は代表的な三相低周波式溶接機の一例である。

3.2 特長

三相低周波式を単相交流式および三相整流式と比較すると、次のとおりである。

3.2.1 単相交流式との比較

(1) 入力 kVA および線電流が非常に小さい

前述のように二次電流が低周波（通常 6 Hz ないしそれ以下の低周波に変換する）であるので、リアクタンスが著しく減少し、低い二次電圧で大電流を流すことができる。通常、単相交流式と比べて入力 kVA で 1/3～1/4、線電流で 1/4～1/5 に減少する。

(2) 力率が高い

低周波でリアクタンスが小さいので力率が高く、単相交流式の力率が 30% 前後であるのに比べて、80～90% で使用することができる。

(3) 三相平衡負荷である

三相電源に平衡負荷として動作するので、前述の(1)(2)とあわせて電源への悪影響が著しく軽減される。

(4) ふところに磁性体がはいっても電流が変わらない

単相式ではふところに磁性体がはいると、二次回路のインダクタンスが増加して電流が減少する。しかし、三相機では磁性体の影響が無視できる。

(5) 溶接結果の自動補償作用を持つ

二次回路のインピーダンスが非常に低く、通常、数十 $\mu\Omega$ であるので定電圧電源と考えられ近接ナゲットへ分流があったり、電極が消耗した場合など電流が増加し溶接結果が自動的に補償される方向に働く。

(6) 熱効率が良い

1 パルスの間、電流がゼロ点を通過しないので、短時間に有効に溶接点の温度を上げることができ、熱伝導の良い軽合金などに最適である。

(7) 電流波形が自由に調整できる

電流上昇率および減衰電流の制御が容易にできるので、良好なナゲットを得やすいとともに、電極の寿命が長い。

(8) 複雑である

高級な溶接を目的にするために多くの付属回路があるが、それを省いても、主回路開閉装置が 3 組あり、特殊な変圧器が必要とされるなど構造的にも複雑である。

(9) 高価である

精度の高い溶接を得るため、必然的に高価になる。

3.2.2 三相整流式と比較しての長所

(1) 二次回路がシンプルである

シリコンダイオードがなく、導体を直接接続しているのでより信頼性が高い。

(2) 二次回路の損失が少ない

整流式ではシリコンダイオードがあるので、その順方向降下・転流リアクタンス・接続リードによる電圧降下などが加算される。

(3) 経済的である

同一性能で比較すれば、シリコンダイオードの追加分と溶接変圧器の引去り分とが相殺されるが、一般的にシリコンダイオードのほうが高く、

合計して低周波式のほうが割安になる。

(4) 短時間溶接・パルセイション溶接の場合に有利である

や(治)金学的に短時間溶接を必要とするもの、また、パルセイション溶接が良いものには(1)～(3)までが利点になり、整流式より有利である。

3.3 用途

価格的に単相式よりも高価になるのは必然的であり、その利点を生かすには入力の小さいこと、溶接結果の良いことを利用して軽合金のスポットシーム溶接、特殊金属のスポットシーム溶接、大容量のスポットシームプロジェクト溶接、その他の種々の高級溶接に使用することである。特に軽合金の溶接には、や(治)金学的に短時間大電流が良いとされているが、三相低周波式では短時間大電流が得やすいので、軽合金の溶接に最適で、これが航空機用のスポットシーム溶接に長年使用されてきた理由である。一方、パルセイション・プレヒート・ポストヒートなどを行なって、軟鋼板・ステンレス・ニッケル・インコネル・チタンなどの焼入性の良い金属の多種多様な用途に利用できる。

大容量のスポットプロジェクト溶接を行なう場合、低周波式では必然的にパルセイション溶接になるが、パルセイションによって溶接結果や電極の寿命に利点がある。

4. 三相整流式溶接機

三相整流式溶接機そのものは、古くから考案され、その特長も認められていた。

しかしながら、溶接電流を整流するための整流装置に難点があり、以前には硫化銅整流器が使用されたが、特性の劣化や価格が高いことなどからあまり普及しなかった。ところが、最近の半導体技術の進歩によって、大容量で高信頼性があり、しかも安価なシリコンダイオードが開発されてふたたび見直されはじめた。

この方式の利点は多く、今後多方面に利用されるものと考えられ、一部にはこの方式でなくてはならない分野もある。一方、不適当な分野ももちろんあり、適材適所の使用方法が望ましい。

4.1 基本説明

三相整流式溶接機の基本回路には数種類あるが、最も多く使用されているものを図 4.1 に、一次・二次電流波形を図 4.2 に、加圧力曲線を図 4.3 に示す。図 4.1 からわかるように、これは 6 相半波整流回路である。

三相低周波式と異なるところは、溶接変圧器に商用周波数の交流を印加し、二次回路に整流器がはいっている点で、このために長所

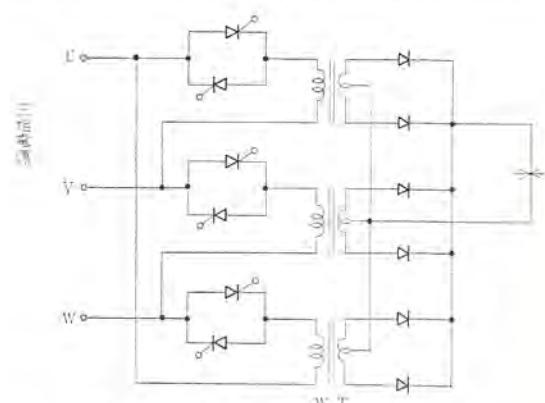


図 4.1 三相整流式基本回路
Basic circuit for three phase rectifier type power supply system

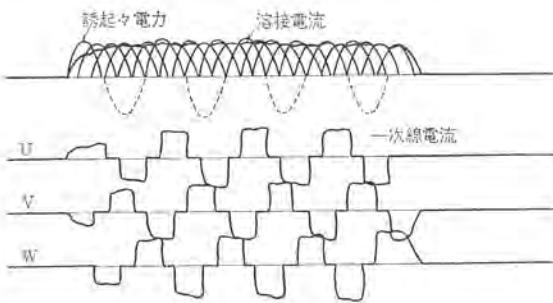


図 4.2 電流波形
Current wave-form.

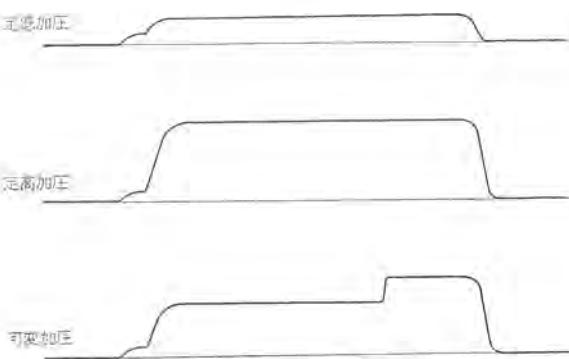


図 4.3 加圧力曲線
Pressure curves.

・短所が出てくる。整流器にはシリコンダイオードが用いられるが、溶接機は短時間大電流のきびしい断続負荷であり、逆にシリコンダイオードは熱容量が小さくて過電流耐量が小さい。

したがって整流式溶接機では、通電時間が長くて使用率の高いものほどその利点が発揮できる。同じ意味で溶接変圧器の結線方式も、シリコンダイオードの負担を軽くするために流通角を広くとれる方が望ましい。また、断続する過負荷にもシリコンダイオードが熱疲労を起こしてはならず、熱疲労を起こさない整流器が必要である。整流器としてはソフトルダ形は安価ではあるが、信頼性の点で不安が持たれるので、圧接構造のダイオードが溶接機に最適といえる。

4.2 特長

三相整流式を単相交流式および三相低周波式と比較すると、次のようなになる。

4.2.1 単相交流式との比較

3.2.1項の(1)～(9)に述べた三相低周波式とほとんど同一であるが、さらに補足すると、力率とか熱効率などが向上し、逆に価格は三相低周波式よりも高くなる傾向にある。

4.2.2 三相低周波式と比較しての長所

(1) 電流がゼロ点を通らない

溶接変圧器やシリコンダイオードの熱容量の許される範囲であれば、

電流を途切れることなく流すことができ、高速シーム溶接などで大きなメリットがある。

(2) フリッカ現象を起こしにくい

通電時間を長くとることができるので、フリッカの周波数が下がりフリッカ現象を起こしにくい。

(3) ふところが長い場合有利である

二次インピーダンスは電流が直流であるので、リアクタンス分がゼロになって純抵抗のみと考えられ、ふところが長くなても、入力はそれほど増加しない。

(4) 重量が軽い

溶接変圧器が商用周波数で励磁されるため、鉄心が小さく、シリコンダイオードの増加分を考えても軽い。したがって、移動する溶接機には利点になる。

4.3 用途

単相交流式と比べると三相低周波式と同様、小入力・好溶接結果という利点があり、他方、高価という欠点もある。したがって利点を十分に生かすには、軽合金の溶接、大容量の被溶接材の溶接などの高級・大容量のものに適する。

三相整流式には、上記の長所を生かす次の用途が最適である。まず、電流がまったくゼロ点を通らない特長を生かしての高速シーム溶接がある。たとえば、0.5 mm の軟鋼板のシーム溶接（気密）で、1～2 m/min 程度の溶接速度ならば、どの方式でも溶接できるが、3 m/min を越えると、単相交流式の連続通電を用いなければならぬが、それも 12 m/min までで、それ以上は不可能になる。

しかし、三相整流式では 30 m/min まで可能であり、この方式の大きな利点である。次に、同じ特長を生かした、熱容量の大きい被溶接材のスポットプロジェクション溶接にも適している。

大容量負荷にはフリッカが問題になるが、熱効率の良いことで入力を抑え、通電時間の長いことで周波数を下げてフリッカを小さくすることができる。ただし、整流式でもパルセイション溶接をする場合には、この利点が少なくなる。

その他、重量の軽いこと、ふところが長くても入力がそれほど増加しないこと、などを利用すれば種々の特殊用途がある。三相整流式を経済的に構成するには、シリコンダイオードの負担を下げるためでできるだけ電流値を下げ、通電時間を長くするのが得策であり、長所が発揮できる。その意味で前述の用途には適合しているが、軽合金の薄板などには利点を生かすことができない。

5. むすび

以上はん用機について概要を述べたが、今後ますますあらゆる用途に利用され、経済性はもちろんのこと、信頼性・作業性・保守容易性などが必要であり、溶接作業の用途に最適な溶接機を選択することが重要なポイントになろう。



特許と新案

電線接続部の絶縁方法

発明者 天藤憲二

この発明は完全な絶縁を保持し、しかも解体作業の容易な電線接続部の絶縁方法に関するものである。

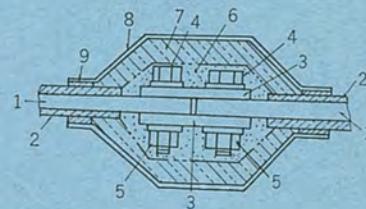
従来のこの種の絶縁方法としては、導体接続部分をテープングする方法や、接続部を包囲するケース中にアスファルトコンパウンドを充てん(填)する方法が用いられていた。しかし前者は絶縁が不完全となるおそれがあるうえ作業手数がかかり、またアスファルトコンパウンドを充てんする方法は引火性がある等の欠点があった。またアスファルトコンパウンドの代わりに不燃性の合成樹脂を注型する方法も用いられたが、この方法では、合成樹脂の注型時に母線導体接続部のボルト・ナット等のおうとつ(凹凸)部との接合部に生ずるクラック(ひび割れ)や、母線の温度変化によってもクラックが発生し、接続部の完全な絶縁が期しがたいものであった。

この発明はこれらの欠点を解消しようとするものであり、図において(1)は母線導体、(2)は絶縁被覆、(3)は接続すべき両母線導体のあて板導体、(4)と(5)はこのあて板導体を介して母線導体を接続するためのボルト・ナットである。(6)は粘性の不乾性コンパウンド、(7)はこの不乾性コンパウンドを包囲し絶縁を与える合成樹脂等の常温硬化性コンパウンド、(8)はこの常温硬化性コンパウンドを注液する際に一定の型ぎめをするカバー、(9)は上記常温硬化性コンパウンド、注入時に液もれを防止するためのシールである。以下その絶縁手順について述べる。

まず導体接続部におけるボルト(4)およびナット(5)によるおうとつ部をなくすよう、粘性の不乾性コンパウンド(6)により導体接続部を包覆する。この包覆後カバー(8)中に常温硬化性コンパウンド(7)を注液して硬化させ、接続部の絶縁作業は完了となる。

この発明は上記のように、ボルト(4)・ナット(5)によるおうとつ部を、粘性の不乾性コンパウンド(6)により包覆するものとしたから、従来のボルト(4)・ナット(5)の部分をも合成樹脂(7)で包囲するものに比べ、成形する際にボルト(4)・ナット(5)のおうとつ部と合成樹脂(7)との接合部に生ずるクラックをなくすことができ、また接続部を点検などのため解体する際にも合成樹脂(7)を碎いて除去すれば、ボルト(4)・ナット(5)等に付着したコンパウンド(6)は、不乾性ゆえに容易に取除くことができ解体作業も容易となる。

(特許第619075号)(太田記)



交流電気量変化分導出装置

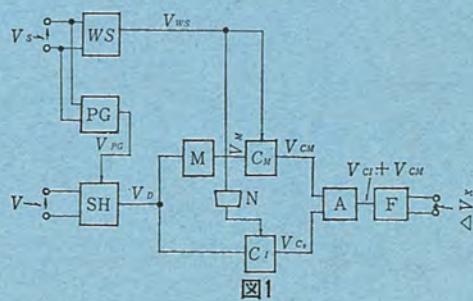
発明者 鈴木健治・野沢輝夫

この発明は、被検出電気量 V の基準電気量 V_s と同相成分の変化量 ΔV を導出する装置に関し、図1にそのブロック図を、図2にその動作を説明するための波形を示す。

WSは基準交流量 V_s をく(矩)形波 V_{ws} に変換するく形波変換回路、PGは V_s の正の最大値でパルス V_{pg} を出すパルス発生器、SHは V_{pg} が生じた時点の被検出電気量 V の瞬時値に対応した直流電気量と、一定の直流量 V_{ds} とを合成した直流電気量 V_d を導出するサンプリングホールド回路である。この直流量 V_d は、被検出量 V に変化がなければ一定であるが、 V に変化があればパルス V_{pg} 発生時の V の瞬時値が変化するので、 V_d は変化する。ところでパルス V_{pg} は、基準量 V_s の正の最大値で発生するから、 V_{pg} 発生時の被検出量 V の瞬時値は、被検出量 V の基準量 V_s と同相成分量に対応する。したがって上記被検出量 V の瞬時値の変化量の大きさと極性、すなわち上記直流量 V_d の変化量の大きさと極性は、被検出量 V の

変化分の基準量 V_s と同相成分 ΔV の大きさと極性に対応する。

Mは上記直流量 V_d を所定時間記憶する記憶回路、 C_M 、 C_I はゲート信号あるときのみ入力の通過を許すチャップ回路、NはNOT回路である。この C_M はく形波 V_{ws} をゲート信号として記憶回路Mの出力 V_M を制御してく形出力 V_{cm} を出し、一方 C_I は V_{ws} を



特許と新案

反転した信号をゲート信号として、記憶回路Mを通らない V_D を制御してく形出力 V_{CI} を発生する。したがって被検出量 V が変化したとき、チョッパ C_I の出力 V_{CI} の大きさは V_D の変化に追従して変化するが、 C_M の出力 V_{CM} の大きさは、記憶回路Mを通しているため変化前の V_D となる。

Aは、チョッパ $C_I \cdot C_M$ の出力 $V_{CI} \cdot V_{CM}$ を加算して $V_{CI} + V_{CM}$ なる合成波を導出する合成回路である。この合成波中に含まれるく形波状のリップルは、振幅が V_D の変化量に等しく、位相が基準量 V_S と一致する。したがってこの合成波をフィルタFに通して系統周波数成分 ΔV を導出すれば、これは被検出電気量 V の基準電気量 V_S と同相成分の変化量 ΔV となり、変化量を大きさおよび位相を有した交流量として導出できるわけである。

この発明は電気量の変化を検出する必要のある各種制御回路、あるいは故障発生により電気量が変化することに着目すれば、送電線保護継電装置にも応用し得るものである。

(特許 第 622929 号) (太田記)

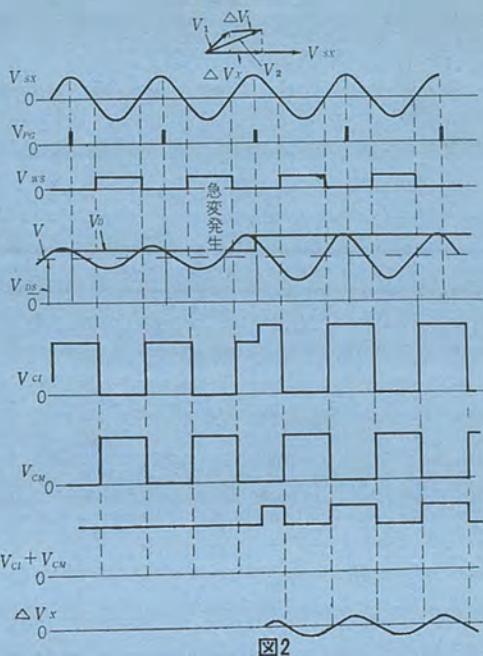


図2

搬送保護継電装置

発明者 高田信治

この発明は、零相循環電流のある多端子系統（3端子以上）に適用される搬送保護継電装置に関するものである。

搬送保護継電装置は故障検出により搬送波を送出し、内部検出リレーX動作端ではこれを停止、外部検出リレーY動作端では送出を続け、両端の搬送波停止をもってトリップする。しかし循環電流があると内部故障時に流出端を生ずることがあり、この流出端で送出を続けるからトリップできない。しかしこの場合流入量>流出量の関係があるから、流入量・流出量に比例した時間のタイマTx, Ty+ α (α は協調用)を設け、TxによりXを殺して搬送波を再送出し、Ty+ α によりYを殺して搬送波を停止すれば、上記流入>流出の場合、Ty+ α がTxよりも早く動作して内部検出端の再送出よりも早く外部検出端が停止されるから、トリップできる。外部故障時は流入=流出であるから、上記 α によりTxのほうが早く動作して再送出するからトリップされない。2端子の場合はこれでよいが、多端子では電流の流れが複雑となりそのまま適用できない。

この発明は循環電流のある3端子以上の系統に適用しうる装置であり、3端子の場合を例示する。図1はA端の送信回路でSP-SNが開放のとき搬送波を送出し、FD₁は高感度、FD₂は低感度故障検出リレー、85B, 85CはB, C端からの搬送波受信リレーである。さて多端子といえども、故障回線では流入電流和>流出電流和、健全回線では流入電流和=流出電流和であるから、各電流和に応じた時間で搬送波を制御すればよい。図2の故障回線では $I_{A1} + I_{B1} > I_{C1}$ となり、各端とも FD₁ により搬送波を送出し、その後流入端 A, B

ではX動作により搬送波を停止、流出端Cでは送出を続ける。A端では I_{A1} の大きさに応じた時間後 Tx が動作して F_{A1} を再送出する。しかしB端のTxは、A端のTxの動作により起動されるようになっており、 F_{B1} は停止を続ける。C端では I_{C1} の大きさに応じた時間後 $Ty+\alpha$ が動作して F_{C1} を停止する。 F_{C1} 停止すればA端のTxの動作が無効になるから F_{A1} は再停止する。このとき各端搬送波が停止しトリップする。一方健全回線2Lでは、 $I_{A2} + I_{C2} = I_{B2}$ であるから、 α により全端搬送波がすべて停止される時点がなくトリップされない。

なお各端 タイマTxの時間カウントの開始はあらかじめ順序を決めておくものとし、図ではA→B, C→Aの順に加算カウントするものとしている。

(特許 第 582563 号) (太田記)

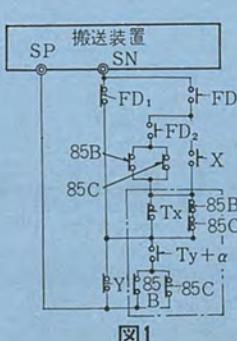


図1

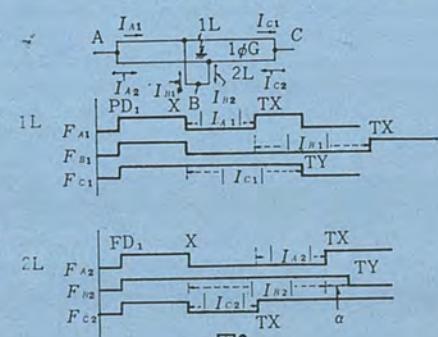


図2

特許と新案

位相差検出装置

発明者 三上一郎・服部修

この発明は、2個の交流量A, Bの位相差が所定値以内であるか否かを検出する静止化された位相差検出装置に関するものである。

従来のこの種装置はAの負の期間中に導通するトランジスタと、Bの負の期間中に導通するトランジスタと、この両トランジスタがいずれも不導通のとき(A, Bいずれもが正のとき)、定電圧源から充電されるコンデンサと、これの端子電圧が所定値以上になったとき導通する第3のトランジスタを設け、この第3のトランジスタの導通により最終判定要素を付勢していた。

上記のようにして、A, Bいずれもが正となる期間が所定値以上のとき、第3のトランジスタが導通するようにコンデンサの充電時定数を設定しておけば、A, Bの位相差が所定値以内のときのみ、判定要素が付勢されることになる。しかし、この方法は判定要素の付勢電流が1サイクルに1回流れるパルス入力となるから、限界点付近の動作が不安定となる。

この発明はこの欠点を解消しようとするもので、動作すべきときにはパルスを出さず、不動作とすべきときに1サイクルごとにパルスを出してこれを抑制力に用いるものとした。従来のようにA, Bいずれもが正であるときを検出するようにすると、動作すべきときにパルスが出るから、この発明では図1のようにAと-Bを入力とし、Aが負のときトランジスタT₁を、-Bが負のとき(Bが正のとき)T₂を導通するものとして、Aが正かつBが負のときのみ抵抗R₁を介してコンデンサC₁を充電するものとした。図2(a)はA, Bが動作すべき位相差内にあるときで、この時の充電時間はt₁であり、この時間内の充電ではC₁の端子電圧はT₃のバイアスE₁を越えない。このときC₃は十分充電された状態にあるからT₄は不導通を保ち、C₂はR₂を介して充電され、T₅を導通して判定要素ICを付勢する。

図2(b)はA, Bが不動作となる位相差状態にあるときで、こ

のときはC₁は充電時間が長くなるから、C₁の電圧はE₁より大きくなりT₃は周期的に導通する。T₃が導通するとC₃が放電してその端子電圧を下げ、T₄を導通とする。すなわちT₄には1サイクルに1回ずつパルスが印加され、そのつどT₄は導通してC₂を短絡する。したがってR₂C₂の時定数をT₅のバイアスE₃よりも高くなるのに、1サイクル以上要するよう設定しておけば、C₂は1サイクルに1回ずつ短絡されるから、この状態でT₅が導通することはない。

(特許 第538465号) (太田記)

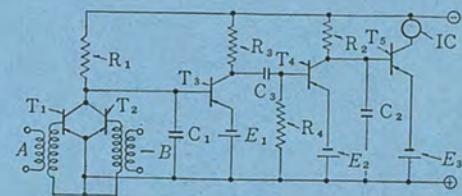


図1

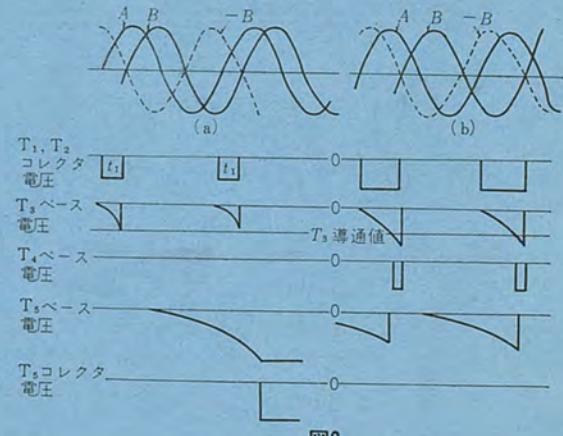


図2

周波数継電装置

発明者 北浦孝一・鈴木健治

この発明は、周波数の規定値からの偏差の時間積分値に応動する周波数継電装置に関するものである。

周波数は一般に振動しながら変動するため、単に周波数が規定値を超えたということで、高速動作する周波数継電装置では平均的な周波数変動を知ることができない。従来は誘導円板形継電器によりこの問題に対処していたが、高感度にするためには入力共振回路中のインダクタンス分L、キャパシタンス分Cの値を抵抗分Rに対して十分大きくする必要があった。しかし、リアクタのQ=L/Rは一定値以上に大きくすることができず、このため誘導円板形ではその感度に

限界があり、また要素自体を高感度にするほど耐振性が劣る。このため静止化が考えられるが、Q=L/Rに限界があるのでその感度はおのずから限度がある。

この発明は共振回路中に抵抗分が含まれていても感度に影響がなく、むしろこの抵抗分を積極的に利用する装置を提供する。図1においてEは系統電圧、Rは抵抗、Lは抵抗rを含むインダクタンス、Cはキャパシタンス、(1)はRの端子電圧-V_Rを、(2)はrLCの端子電圧V_{CL}を、(3)はCの端子電圧-V_CとV_Cを導出する装置である。この3電圧-V_R、V_{CL}、V_Cまたは-V_Cの位相関係を図2

特許と新案

に示す。周波数 f が規定値 f_0 と等しいときは 3 電圧 $-V_R$, V_{CL} , V_C (または $-V_C$) の互いになす位相角は最大 180 度であって、3 電圧の極性がともに正または負となる期間がなく、 $f < f_0$ の場合は $-V_R$, V_{CL} , V_C のなす最大位相角が $180^\circ + \theta_r$ となって、3 電圧の極性がともに正または負となる期間が θ_r の間存在する。また $f > f_0$ の場合は $-V_R$, V_{CL} , $-V_C$ のなす最大位相角が $180^\circ + \theta_r$ となって、3 電圧の極性がともに正または負となる期間が θ_r の間存在する。そして上記期間 θ_r は f の f_0 からの偏差の大きさに比例する。

図 1 中の(4)は上記 3 電圧 $-V_R$, V_{CL} , V_C の極性がともに正、負となる期間 θ_r だけ出力を出し、その出力でゲート G_1 を開いて C_1 を充電する。(5)は $-V_R$, V_{CL} , $-V_C$ の極性がともに正、負とな

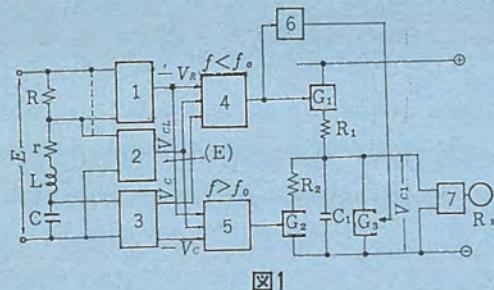


図1

る期間 θ_r だけ出力を出して、ゲート G_2 を開き C_1 から放電する。すなわち C_1 は $f < f_0$ のとき、 $f_0 - f = \theta_r$ に応じた期間充電され、 $f > f_0$ のとき、 $f - f_0 = \theta_r$ に応じた期間放電されるから、 C_1 には f の f_0 からの偏差に応じた積分値が導出され、その積分値が所定値以上になるとリレー Ry を駆動する。

(特許 第 583578 号) (太田記)

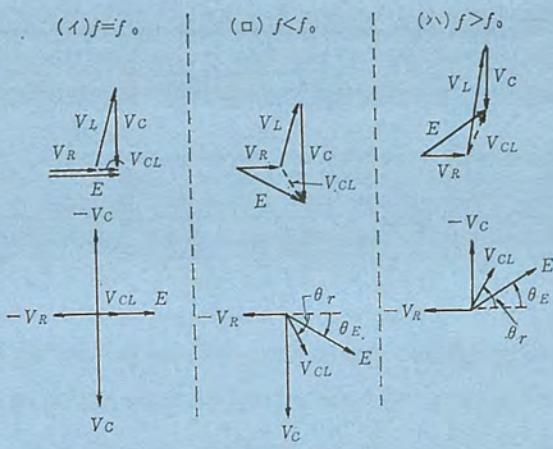


図2

ミシンの上糸案内装置

考案者 三津沢武夫

この考案は、ミシンアームの糸立棒に取りつけられたボビンの上糸が、ミシンのか(稼)動中に、上糸立棒にからむことのないようにした上糸案内装置を提供しようとするものである。

すなわち、図 1 および図 2 に示すように、上糸ボビン(5)をかんそう(嵌挿)した糸立棒(1)の上端に、着脱自在な可とう線からなる糸案内子(7)を設け、この糸案内子(7)の自由端に形成した上糸(6)の糸かけ部(9)を、上記上糸ボビン(5)の下側つば(錠)部(10)の水平面より上方に配置して、上糸(6)のボビン側を上方に持ち上げ

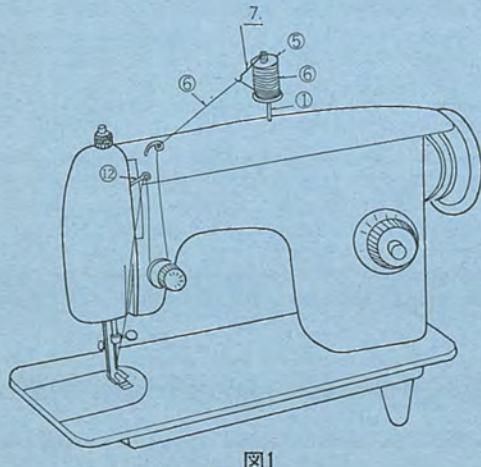


図1

るとともに、上記糸案内子(7)の保持部(8)によって、上糸ボビン(5)の不必要的空転を防止するようにしたものである。

したがって、ミシンのか動中に、上下動する天びん(秤)(12)により間欠的に引き出される上糸(6)によって、上糸ボビン(5)がそのつど間欠回転した場合、あるいはミシンを急停止した場合でも、上糸の導出部が上糸ボビン(5)からはずれて、糸立棒(1)の基部にからみつくようなことがないばかりでなく、上糸ボビン(5)は糸案内子(7)の保持部(8)によって不必要的空転することが防止されるので、上糸(6)のからみつきをさらに効果的に阻止する実用的効果を有するものである。

(実用新案 第 925833 号) (土居記)

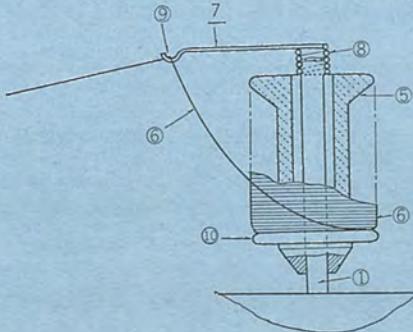


図2

電子線照射による塗料の硬化 —照射条件と不活性ガスの効果—

鈴木 康弘*・柴山恭一**

Electron Beam Curing of Coatings —Effects of Irradiation Conditions and Inert Gas—

Central Research Laboratory Yasuhiro SUZUKI • Kyoichi SHIBAYAMA

Coating industry has made a search for rapid curing methods, one of the achievements being the use of high energy electron beam radiation. The advent of lower cost electron accelerators has made possible the application of radiation to the coating industry. It is of importance to study the effects of irradiation condition and the kind of atmosphere, since radiation sensitive paints are cured by radical polymerization mechanism.

This paper reports the effects of viscoelastic properties on cured films of modified acrylic polymers prepared by varying the irradiation conditions, e. g. the dose, the dose rate and multiple passes. The effects of inert gases have been also described in it.

1. まえがき

塗装産業における最近の傾向は最終製品ばかりでなく、各種建材をはじめ鉄板など、産業材料自体への大規模な塗装処理が行なわれるようになってきた。このため塗装から乾燥まで一貫したシステムにより作業安全管理の改善、工程の合理化、塗膜性能の向上を計るために塗料をはじめとし、塗装技術・乾燥硬化技術に関する研究が活発化している。

塗料に関しては高分子化学の進歩によって高性能の品種が多く開発されている。塗装技術面では高速塗装・自動化塗装の研究がさかんであり、すでに各界での実施により大きな成果を収めている。これに対し、乾燥硬化法については“塗料”が液体→固体と変化すること、そして反応形塗料の場合には、最終の塗膜は分子鎖が三次元的に発達した網目構造を持つことなど、塗料の構成と乾燥機構が密接に関係しており、新しい乾燥硬化の技術開発の自由度は比較的小さい。このため高速乾燥への要望は強いものがある。

表1.1に現在までに知られている塗料の乾燥機構を示した⁽¹⁾。現用塗料の場合には、溶剤の蒸発や重・縮合反応速度を速くすることが乾燥速度を高めるために必要であり、そのために導入するエネルギーは熱の形で供給される。現用の加熱炉方式に代わる新しい加熱

表1.1 塗料の乾燥・硬化法⁽¹⁾
Typical curing method of paint.

乾燥の種類	乾燥硬化の機構	塗料の例
酸化乾燥	空気中の酸素による酸化重合	調合ペイント
揮発乾燥	溶剤の蒸発	ラッカ、ビニル樹脂塗料、エマルジョン塗料
溶融冷却	加熱溶融塗布後、放冷し塗膜形成する	ホットメルト形塗料、アスファルト
膨潤ゲル化乾燥	熱と可塑剤により膨潤ゲル化させる	ゾル塗料、粉体塗料
熱重・縮合乾燥	加熱により架橋反応を行なわせる	アミノアルキッド、熱硬化アクリル樹脂塗料
触媒重合乾燥	触媒や硬化剤を用いて架橋させる	不飽和ポリエステル、エポキシ、ウレタン
電子線重合乾燥	電子線照射によりラジカル重合を行なわせる	電子線硬化用塗料
光重合乾燥	有効波長の光を照射し、重合硬化させる	感光硬化塗料

法としては、誘導加熱や誘電加熱による方法があるが、複雑な形状の被塗物に対し安定した性能の塗膜を均質にほどこすには、応用技術面および塗料開発面で長期の研究が必要であろう。一般に塗膜の厚さは、被塗物の種類や形状によらず約数十～百ミクロン程度であり、加熱法の場合にはエネルギーの利用効率が低い。

熱や触媒に代わって、光(紫外線)や放射線(電子線)はラジカル重合反応を起こすことができる。塗料の光重合硬化・電子線硬化はこれを利用したものであり、新しい塗料の乾燥乾化法として最近大きな注目を浴びている⁽²⁾。

高分子の光重合に関する研究は古くより行なわれているが、塗料の硬化に利用する試みが発表されたのは比較的新しい⁽³⁾。光硬化法では、電子線などの高エネルギー放射線とくらべてそのエネルギー・レベルは低く、顔料等を含む着色不透明塗料には適応できない。また特殊な増感物質を必要とするなどの事情により、新しい塗料の硬化方法としては、今後独自の利用分野を開拓していくであろうが、高速乾燥さらに素材(有機質被塗物)との複合による新材料の開発などの点では、電子線硬化法が数段ぐれでいる。今後、光硬化法と電子線硬化法は、それぞれの長所を有効に生かしたような利用を考えられるであろう。

電子線硬化法の最も大きなメリットは、加熱することなく橋かけ高分子による塗膜を迅速硬化させることである。前報⁽³⁾では電子線硬化法の特長、電子線照射装置等について概説し、電子線硬化塗膜の網目構造を力学的性質に基づいて調べた結果を報告した。

電子線硬化法で得られる塗膜は、線量率・線量など照射条件によって塗膜性能に顕著な影響を受けることが知られている。これらの照射条件は、塗装における処理能力・処理単価に直接関係する。

電子線用塗料としては、高線量率下で硬化線量としては低いことが重要となる。

照射条件と塗膜の硬化性については、これまでに抽出法によるジル・ゲル分率の測定から調べた例はいくつか報告されているが⁽⁴⁾⁽⁵⁾、硬化塗膜の力学的性質に関し詳細に調べた研究例はほとんど報告されていない。ここではこの問題を追求することを目的とし、照射条件として

- (1) 線量率(DR)一定で、総線量(TD)を変えた場合
- (2) TD 一定で、 DR を変えた場合
- (3) DR/pass (1 パス当たりの線量率)を変え、照射回数を変化させた多段照射の場合
において得られた硬化塗膜の力学的性質を主として調べた結果を報告する。

電子線硬化用塗料の分子成長(硬化)は、ラジカル反応に基づくものであり、空気(酸素)の硬化妨害作用が問題となる⁽⁶⁾。この報告では照射ふん囲気の効果についても述べる。

2. 照射条件の影響

2.1 硬化試料の作成

塗料は硬化性のすぐれたエポキシアクリル系を用いた。表 2.1 に塗料の組成と合成法を示した。

塗膜はブリキ板上にバーコーダ (~50 μ用) で塗布し、空気中で電子線照射して得た。硬化膜は水銀アマルガム法ではなく(剝離した)。

線源は当社製電子線照射装置(加速電圧 300 keV, 電流 100 mA)を用いた。

図 2.1 に電子線電流とコンベヤ速度(v)の関係を実線で、照射条件を図中の丸印で示した。すなわち硬化試料系列としては●印で示したように

(1) 線量率(電流)一定で v を変え、総線量を変化させた系列

(2) 総線量一定で、線量率と v を変えた系列

および○印で示したように

表 2.1 塗料の組成 Composition of paint samples.

1	Epon 828	1.0 mol	1. 3 h/140°C 2. 2 h/120°C monomer cont. 35%
2	hexa-hydrophthalic anhydride	0.2 mol	
	succinic anhydride	0.2 mol	
	maleic anhydride	0.2 mol	
	acrylic acid	0.5 mol	
	methacrylic acid	0.5 mol	
	styrene/ethylacrylate ;	1/1 Wt.	

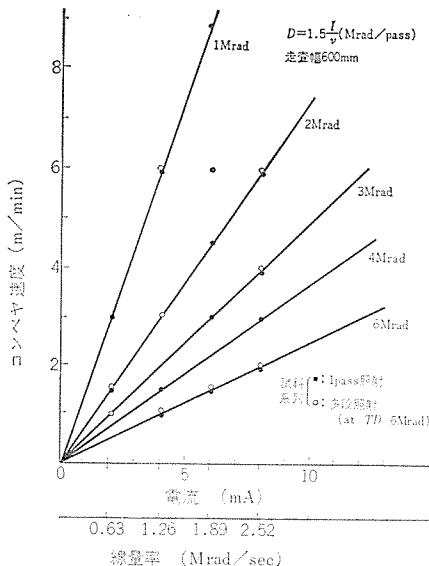


図 2.1 線量計算図(実線)と硬化試料の系列(丸印)

Dose chart (solid line) and series of cured films (closed circle; one pass irradiation, open circle; multiple passes irradiation).

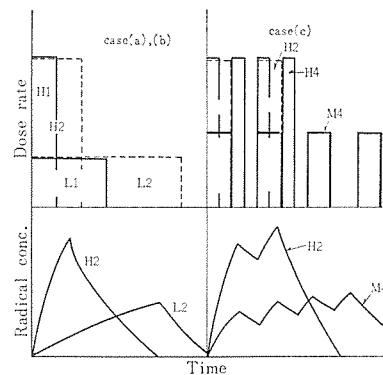


図 2.2 照射条件の違い
Three cases of radiation condition.

(3) 1 pass 当たりの線量(D)一定で多段照射により、総線量が 6 Mrad になるように照射回数をえた系列を用意した。3 系列の照射条件の違いは、図 2.2 のように模式的に示される。高線量率下では分子成長反応に定常状態の取扱いができなくなり、いわゆる線量率依存性が問題となる。多段照射の場合にも照射スケジュールによって同じことが問題となろう。そしてこれらの事情は塗膜の硬化度に反映されるものと考えられる。

2.2 測定

力学的性質はガラス→ゴム域の温度範囲で東洋測器製バイブロン DDV-II を用い、11 Hz での粘弾性温度分散を求めた。

膨潤度およびゲル分率(可溶部)は、室温でさく酸エチル中に 24 時間浸漬して求めた。

$$\text{膨潤度} = \frac{\text{さく酸エチルを吸収した皮膜の重量}}{\text{乾燥ゲルの重量} (W_2)}$$

$$\text{ゲル} (\%) = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{\text{最初の皮膜重量} (W_1)}$$

2.3 結果と考察

2.3.1 線量

図 2.3 に線量率(DR)を一定の 0.63(Mrad·sec⁻¹)にし、総線量(TD)を変化させて得た硬化塗膜の粘弾性温度分散を示した。 TD が大きくなるにつれてゴム弾性率(E_2')が増加し、 $\tan\delta$ の極大を示す温度(T_m)が高温側へ移行する。そして $\tan\delta$ の極大値($\tan\delta_m$)は低下する傾向がある。同様の傾向はそれぞれの DR の場合について見られる。図 2.4 は DR 2.52(Mrad·sec⁻¹)の場合であり、 TD の変化は図 2.3 と同様の効果を示している。

粘弾性温度分散を特長づけるのは、分散の大きさ・位置・形の三つの属性である⁽⁷⁾。分散の大きさは、ガラス状態の弾性率が高分子の種類によってあまり変化しないので、ゴム弾性率の値によってきまり、ゴム弾性率は橋かけ密度に比例する。分散の位置はガラス転移温度(T_g)と関係があり、現在の場合 T_m はこの相対的な尺度となりうる。また分散の形は、その鋭さと関連し $\tan\delta_m$ の大きさについて調べる。

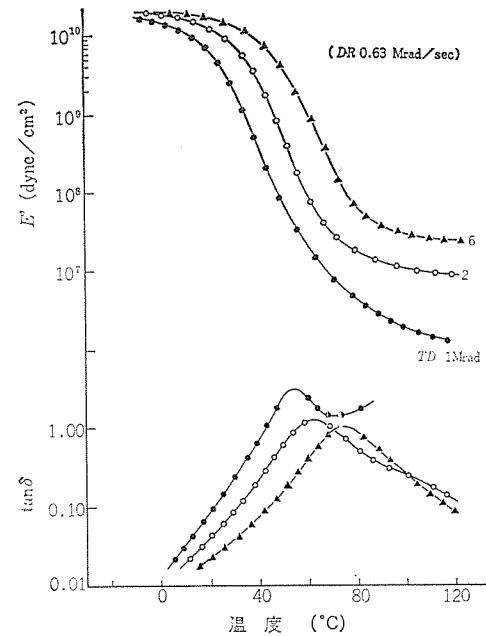


図 2.3 硬化線量の効果(線量率 0.63 Mrad·sec⁻¹)
Effect of total doses on viscoelastic dispersions for a modified acrylic polymer (11 Hz)

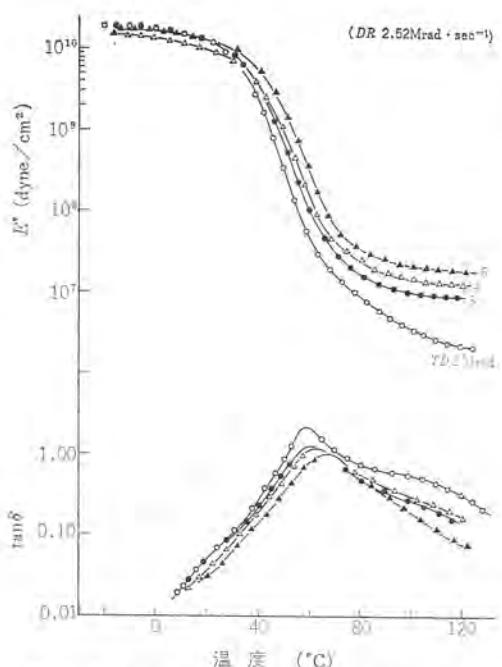


図 2.4 硬化線量の効果(線量率 $2.52 \text{ Mrad} \cdot \text{sec}^{-1}$)
Effect of total doses on viscoelastic dispersions for a modified acrylic polymer (11 Hz).

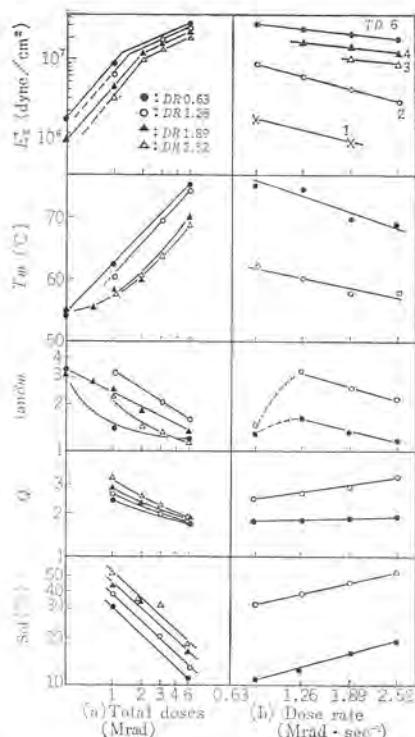


図 2.5 照射条件と諸パラメータの関係
Some values vs. total doses and dose rate.

以上の粘弾性を特長づける諸数値(ゴム弾性率: E'_g , $\tan\delta_m$, T_m)と、さく酸エチル中で求めた平衡膨潤度(Q)およびジル分率の照射条件による変化をまとめて示すと、図 2.5 のようになる。

図 2.5(a)は各線量率の下で総線量を変えた場合である。一定のDR下で、TDを変化させるとTDが大きいほど E'_g は高くなり、 T_m は高温側へ移行し $\tan\delta_m$ は小さくなる。 Q とジル分率は反対に減少していく。すなわち総線量の効果は系の橋かけ密度に直接関係し、高線量ほど橋かけ密度は大きくなり、塗膜の硬化状態は良好になる。そして E'_g-TD 関係で $TD=2\sim 3 \text{ (Mrad} \cdot \text{sec}^{-1})$ 近辺で屈曲点が認められるように、照射線量がある値を越えると塗膜の網目化(硬化)は飽和していく傾向が明らかである。電子線用塗料としてはこのような挙動ができるだけ低線量側にあることが望ましい。

図 2.6 に A. S. Hoffman らの研究例を示した⁽⁸⁾。■と□は同じ構成要素のプレリマであるが分子量が違う。□と△は不飽和度が異なっていて分子量は同等である。前者の場合ではプレリマの分子量が高いほど、また後者の場合にはプレリマの不飽和度が大きいほど、塗料の硬化線量は低くなる傾向が明らかである。

2.3.2 線量率

ある硬化線量で塗膜性能が十分に規格水準を満足する場合には、処理能率の向上面から高線量率下で硬化させるのが得策である。しかしながら、電子線用塗料の多くはかなり顕著な線量率依存性を示すものが多い。電子線硬化法の特色の一つは短時間硬化にあり、線量率と硬化速度の関係がどのようになるかという問題は、この技術の工業化に対して重要な意味を持っている。

不飽和ポリエステルースチレン系につき、抽出測定から線量率効果を調べた例を図 2.7 に示した⁽⁸⁾。 $10 \text{ Mrad} \cdot \text{min}^{-1}$ 以下の線量率ではジル生成速度は線量率にほぼ比例しているが、これを越えると重合速度は一定値に收れんしていく傾向がある。このような線量率効果については、以前に W. Burlant らによっても指摘されている⁽⁹⁾。

一方、塗料組成によって図 2.8 に示したように、線量率が増加

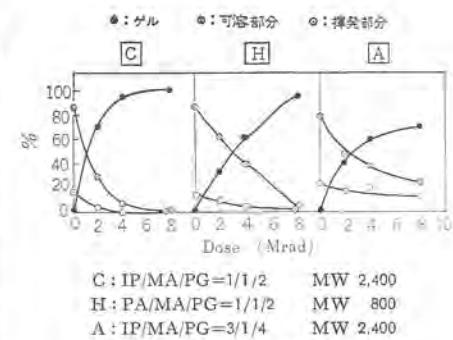


図 2.6 不飽和ポリエステルースチレン(11~23%)系の線量効果⁽⁸⁾
Effect of dose on radiation curing of low content styrene-polyester mixtures.

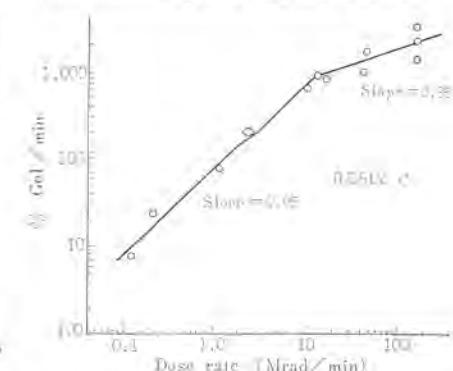


図 2.7 ジル生成速度におよぼす線量率の効果⁽⁸⁾
Effect of dose rate on initial gel-formation for resin C.

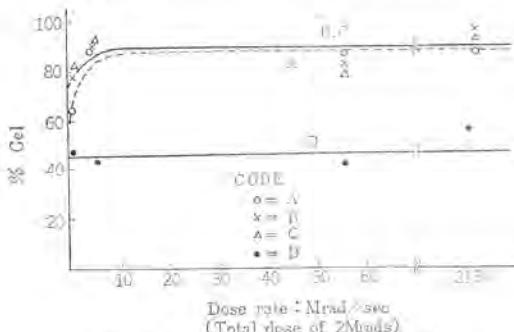


図 2.8 線量率とジル分率⁽⁴⁾
Gel-content vs. dose rate for selected radiation sensitive systems.
しても硬化速度は影響を受けないという報告もある⁽⁴⁾。

図 2.5(b)に総線量(TD)としては一定とし、線量率(DR)を変化させた場合の粘弾性を特長づける諸数値と、ジル分率等をまとめて示した。DRが高くなるにつれてゴム弾性率(E'_g)、 T_m は低下し、またジル分率も大きくなることから、結果的には線量を下げたと同様の影響をもたらす。ところが $\tan\delta_m$ の線量率依存性は特長的であり、一つのピークを有するような変化をする。傾向としてはDRの高いほうが $\tan\delta_m$ は小さくなり、 E'_g や T_m と対応させた場合逆の傾向になる。

この原因については現時点では明らかにすることはできないが、力学的応答単位として異質の部分が存在する場合には、分散の鋭さが変化することが一般に知られており、電子線硬化の場合には、DRの変化は活性種濃度に関係するので、分子成長(硬化)の過程で微視的に不均一な分子鎖の集合部分を形成する可能性が想像される。

2.3.3 多段照射

多段照射とは、すでに図 2.2 で示したように必要硬化線量を数回に分けて照射することである。塗料の乾燥硬化は、液状→半固相

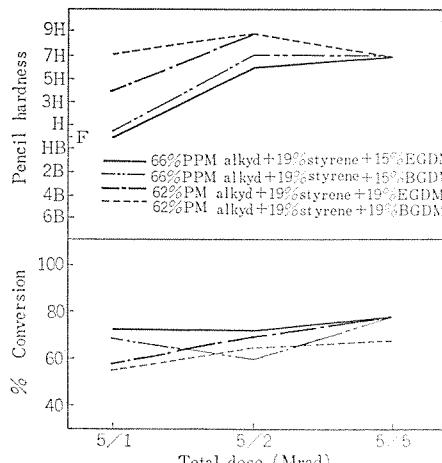


図 2.9 照射回数(多段照射)の効果⁽¹⁰⁾
Effect of dose fraction, 3-Mev Van de Graaff.

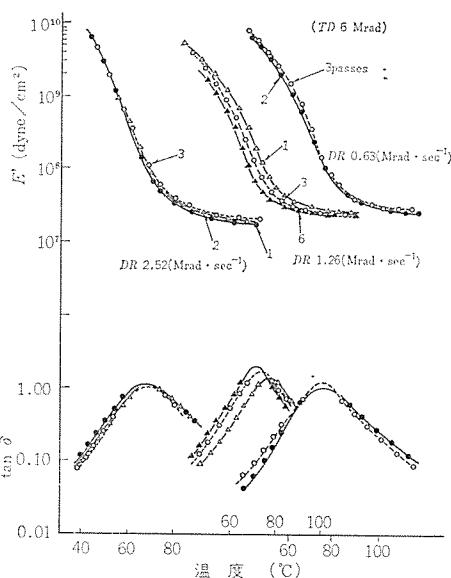


図 2.10 多段照射系の粘弾性温度分散
Effect of multiple passes on viscoelastic dispersions
for a modified acrylic polymer (11 Hz).

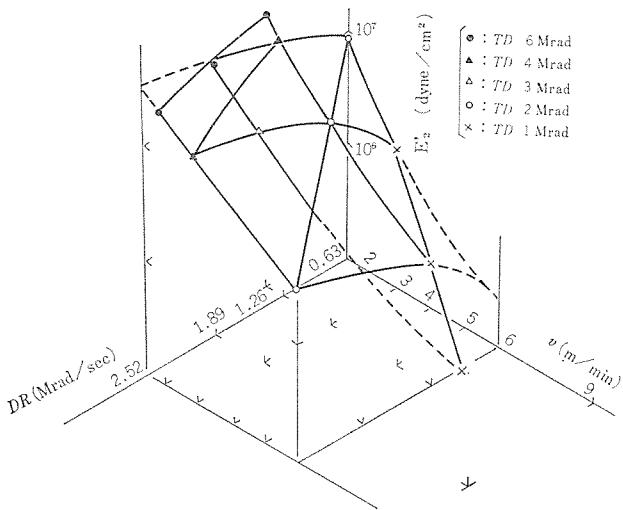


図 2.12 照射条件とゴム弾性率の関係
Relation between rubbery modulus (E_2') and irradiation condition.

→固相と硬化の進行につれて系の状態が変化する。多段照射の場合には、最初の段階で塗料が半固相～固相の状態になるとすれば、その後の照射によって誘発されたラジカルの運動性、すなわち拡散速度は遅くて、最終的には、単一照射の場合より硬化度のすぐれた塗膜を形成させることができると考えられる。

図 2.9 に、G. J. Pietsch らの行なった不飽和ポリエチル系に対する多段照射の効果を示した。塗膜の鉛筆硬度は、多段照射により PPM アルキドの場合にはその効果が著しいことがわかる。一方転化率(硬化度)に関しては、PM アルキド系のほうが多段照射の効果を大きく反映している。

図 2.10 に、多段照射系の粘弾性温度分散を示した。粘弾性を特長づける諸数値と抽出測定の結果をまとめると図 2.11 のようになる。

ゴム弾性率(E_2')、 T_m 、 $\tan\delta_m$ 、 Q とも照射回数による変化は、ほとんど認められないようである。グル分率はわずかに減少していく。そしてこれらの諸数値の大きさは線量率によって規定される傾向を有している。

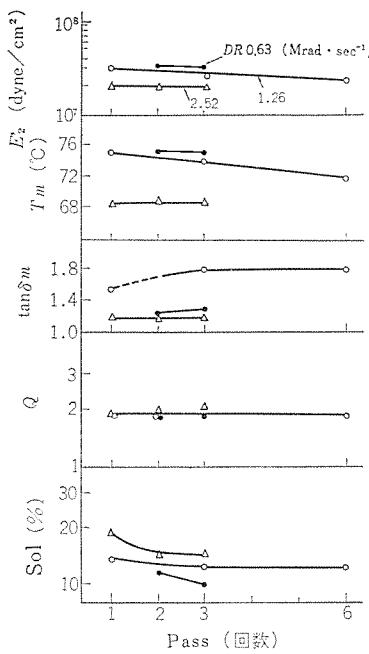


図 2.11 照射回数(多段照射系)
と諸パラメータの関係
Number of multiple passes vs.
some values.

また、多段照射系においても図 2.5(b) で示した場合と同様に、 $\tan\delta_m$ は線量率によってピークを有するような特長的な影響を反映する。

電子線塗膜硬化法における照射条件の影響を述べてきた。これらの結果は次のように総括される。

(1) 線量率(DR)一定で総線量(TD)を変化させた場合、TDとともに橋かけ密度は増加し、次第に一定値に収めんする。

(2) TD一定とし DRを変化させると、高DRほど橋かけ密度は低下し、結果的には TDを下げたと同等の影響を反映する。

(1), (2)の事情は図 2.12 のようにまとめられる。

(3) TD一定し、DR (Mrad/pass)を変え照射回数を変化させた場合、多段照射の効果はそれほど大きくはなく、この場合にも線量率依存性が見られる。

(4) DRの効果は、硬化塗膜の粘弾性に特長的な挙動を反映することが認められ、分子鎖の集合状態に変化をもたらすことが想像される。

3. 照射ふん囲気の効果

電子線用塗料の硬化機構がラジカル重合反応に基づくことから、硬化に際しては空気(酸素)の硬化妨害作用が問題となる。とくに高速乾燥の条件下(高線量率、低線量)では、この妨害作用はきわめて大きな問題となる。このため照射を不活性ガス下で行なう。また塗料はできるだけ酸素ラジカルに対する感受性の低いタイプにするなどの検討が行なわれている⁽³⁾。

ここでは窒素ガスによる照射ふん囲気の効果を述べる。

3.1 実験

窒素ふん囲気中で照射するため、図 3.1(a) に示したようなチャンバを用いた。チャンバはアルミ製で上面にはマイラフィルム(30 μ)がはりつけてある。チャンバの両端には窒素ガス流入孔と空気排気孔があり、塗装パネルは“引き出し”によりチャンバ内へそ(挿)入する。

図 3.1(b) に、ガス置換のようすを酸素濃度と時間の関係とし

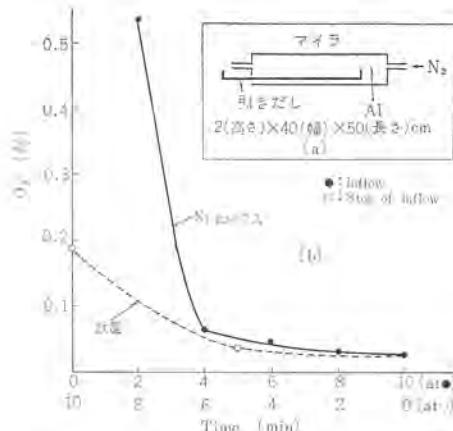
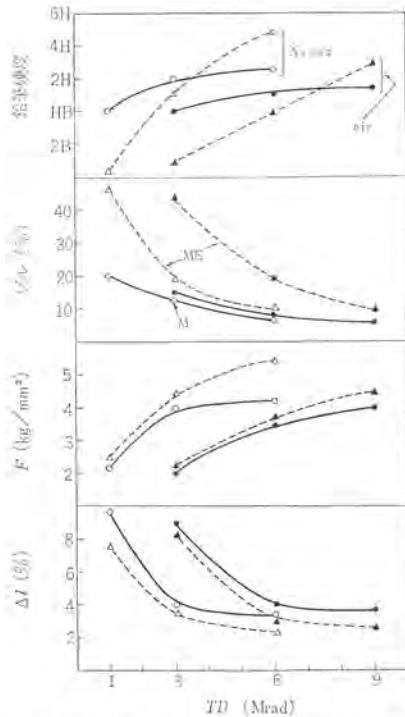


図 3.1 (a) チャンバ
(b) 酸素濃度と N_2 gas 流入時間の関係
(N_2 gas; 2 l/min)

(a) Chamber.
(b) O_2 conc. vs. flowed time of N_2 gas.



resin : Epon 828/MAcA/THPA = 1.0/2.0/0.3 (mol)
M : 40% MMA, ME : 25% MMA + 15% EGDMA

図 3.2 照射ふん団気の効果
Effect of radiation atmospheres on some properties for cured film.

て示した。窒素ガスの流量は 2 l/min である。窒素ガスを流入後約 4 分で酸素濃度は 0.05 % 以下になり、その後は徐々に減少する。また窒素ガスの流入を中止し、そのまま放置した場合約 8 分間は 0.1 % 以下の酸素濃度に保たれる。

塗装パネルはあらかじめ窒素ガスを流してあるチャンバに直ちにそう入した後、引き続いて 3 分間窒素ガスを流入させた。このときのチャンバ内の酸素濃度は 0.025 % である。

照射は当社製電子線加速器(加速電圧 300 keV, 電流 100 mA)を用い、1 Mrad (線量率 1.5 Mrad·sec⁻¹) および 3, 6, 9 Mrad (3 Mrad·sec⁻¹) で行なった。

塗料はエポキシアクリル系を用いた。プレボリマは Epon-828, メタクリル酸(M·ACA), テトラハイドロ無水フタル酸(THPA)より構成されている。モノマーとしてはメチルメタクリレート(MMA)と MMA/エチレングリコ

ールジメタクリレート(EGDMA)混合物を用いた。

3.2 窒素ふん団気の効果

図 3.2 に鉛筆硬度、グル分率、引張強度(F)および伸び率(Δl)と硬化線量の関係を、空気中と窒素ガス中で照射した場合についてまとめて示した。

窒素ガスふん団気の効果は著しいことが明らかである。その効果は、線量軸上をシフトすれば重ね合せが可能なよう傾向を示している。すなわち不活性ガス中で照射すれば、硬化線量を空気幅での照射に比べて約 3 Mrad 程度低くすることができる。

図 3.2 より明らかなように、照射ふん団気の影響は塗料の構成によって特長的な効果を反映している。

塗料 M ではグル分率はあまり変化しないが、鉛筆硬度は約 2~3 段階窒素中照射のほうが高くなる。機械的性質は低線量側で大きく変化する。

塗料 M·E では照射ふん団気の影響がきわめて大きい。たとえば鉛筆硬度は窒素中照射により約 4~5 段階高くなる。グル分率も顕著に減少する。この塗料はモノマーとして多官能性の EGDMA を多量に含んでいる。このためプレボリマとモノマーの不飽和基濃度比が最適値よりはずれている可能性があり、電子線照射により誘発された活性種の浪費の割合が大きくなることが考えられる。この場合酸素の存在は塗膜の硬化にきわめて大きな妨害作用をおよぼすが、窒素ふん団気にすることによりそれが顕著に改善される。

以上のように照射ふん団気の効果は塗膜の硬化線量と塗膜性能に大きな影響をもたらし、不活性ガス中では硬化線量は実質的に低くなり、塗膜の性能に関しても表面硬度が著しく向上するなどの傾向が認められる。

4. む す び

電子線用塗料はラジカル機構により硬化し、照射条件やそのふん団気の影響が問題となる。ここでは硬化線量・線量率および照射回数等を系統的に変えた塗膜の粘弾性を主体として調べた結果と、不活性ガス中の照射効果について報告した。

線量率と照射ふん団気の影響は、塗膜物性に顕著に反映されることが指摘された。

参 考 文 献

- (1) 日本経営幹部協会セミナー資料：新しい塗装技術の応用と動向(昭 44)
- (2) たとえば W. Deninger and M. Patheiger : J. Oil Col. Chem. Assoc., 52, 930 (1969)
- (3) A. R. H. Tawn : ibid, 51, 782 (1968)
- (4) 鈴木, 上田, 永井, 柴山 : 三菱電機技報 44, No. 6, 827 (1970)
- (5) T. J. Miranda et al : J. Paint Tech., 41, 119 (1969)
- (6) 上池, 高橋, 影山 : 色材 42, 9 および 150 (昭 44)
- (7) A. S. Hoffman, D. E. Smith : Modern Plastics, June (1966)
- (8) A. S. Hoffman et al : Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Develop., 9, No. 2, 158 (1970)
- (9) W. Burlant, J. Hinsch : J. Polymer Sci., A-2, 2135 (1964), J. Polymer Sci., A-3, 3587 (1965)
- (10) G. J. Pietsch : Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Develop., 9, No. 2, 149 (1970)

MOS IC メモリ装置

山本 勝 敬*・小笠原 光孝*
蒲生 容仁*・磯崎 真*

MOS IC Memory

Kamakura Works

Katsuyoshi YAMAMOTO・Mitsutaka OGASAWARA
Yoshimi GAMO・Shin ISOZAKI

By using 1,024 bit P channel dynamic MOS IC, a memory of 4 k words by 17 bits has been built for trial. Various tests have been conducted on it by connecting it to a Mitsubishi minicomputer MELCOM-70. In the trial memory, the peripheral circuits have been all made up of integrated circuits and equipped on a large card with the timing control circuits included. It has been confirmed that there is practically no problem from the viewpoint of hardware, as the device operates at the access time of 400 ns and the cycle time of 800 ns with ample margins. On the other hand, in the system design it is necessary to consider fully the characteristics of the dynamic MOS memory in such points as the volatile information, nondestructive readout, short cycle time and necessity of refresh.

1. まえがき

1970年国際固体回路会議に、1,024ビットダイナミック MOS (Metal-Oxide Semiconductor) RAM (Random Access read write Memory) が発表されて以来⁽¹⁾、MOSメモリ素子は急激な発展を遂げ、容量では、4,096ビット／チップ⁽²⁾、スピードではアクセスタイム 85 ns 以下というものが、発表されるあるいは発売されている。一方、価格のほうも需要の増大とともに年々低下し、今やコアメモリと肩を並べるところまでできている。

今回、上記 MOS IC メモリを実際に計算機に使用する場合の電気的・システム的問題点のは(把)握と、その解決法の究明、か(稼)働実績による信頼度の確認等の目的で、小形 MOS IC メモリ装置の試作を行なった。このメモリ装置を MELCOM-70 に接続し、テストプログラムによるテストおよび実働テストを行なったところ、ハードウェア上の問題ではなく、十分実用に供しうることが判明した。コアメモリとの特性上の相違に由来するシステム上の問題点も、MOS IC オリエン特なシステムデザインを行なうことにより、除去できると考えられる。

本文では、MOS IC メモリ装置の概要と、動作の解説および MOS IC メモリシステム設計（ハードウェアおよびシステムに関して）における要点について述べる。

2. メモリ素子

2.1 仕様

- (1) 構成要素： P チャネル MOS トランジスタ
- (2) 記憶方式： ダイナミック*
- (3) 記憶容量： 1,024 語 × 1 ビット
- (4) アクセスタイム： 300 ns
- (5) サイクルタイム： 540 ns (R), 580 ns (W)
- (6) 消費電力： 0.27 mW/ビット

* ダイナミックメモリとは、フリップフロップにデータを記憶する従来のスタティックメモリと異なり、トランジスタの寄生容量をデータ蓄積用コンデンサとして積極的に利用する方式である。

データは、コンデンサのチャージとしてたくわえられているため、リーク電流により、やがてディスチャージして失われる。このため、周期的な再書き込み（リフレッシュ）を必要とする。

(7) 出力電流： $I_{OH} \geq 500 \mu A$, $I_{OL} \leq 1 \mu A$

(8) リフレッシュ 周期： 2 ms

(9) アドレス： 10 ビット（フルコード）

(10) 電 源： $V_{DD} = 0 V$, $V_{SS} = 16 V \pm 5 \%$,
 $V_{BB} - V_{SS} = 3 \sim 4 V$

2.2 ブロック図

図 2.1 にブロック図を示す。1,024 ビットのメモリセルは 32 行 × 32 列の行列の交点に配置され、アドレスの下 5 ビットにより行を選択し、上 5 ビットにより列を選択する。

2.3 回路構成

図 2.2 にメモリセルの構成図を示す。メモリセルは 3 個の MOS トランジスタで構成され、データは寄生容量 C に記憶される。セルには、選択線（書き込み用、読み出し用）、データ線（書き込み用、読み出し用）が接続されており、アドレスとクロックにより、これらを制御して、メモリの動作を行なわせる。データのリフレッシュのために、16 セルごとに 1 個のリフレッシュアンプが用意されている。

2.4 動作概説

ダイナミックメモリでは、読み出し・書き込みサイクルのほかに、データの再生を計るためのリフレッシュサイクルを必要とする。今回用いたメモリ素子では、読み出し動作を実行することによって自動的にリフレッシュが行なわれる。図 2.3 に動作タイミングの相互関係を示す。

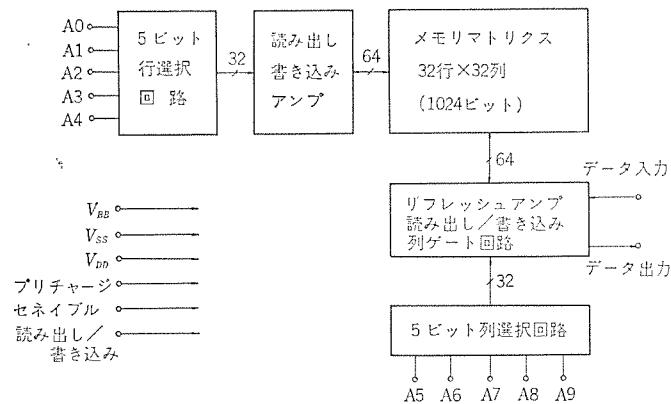


図 2.1 IC メモリ素子のブロック図
Block diagram of IC memory element.

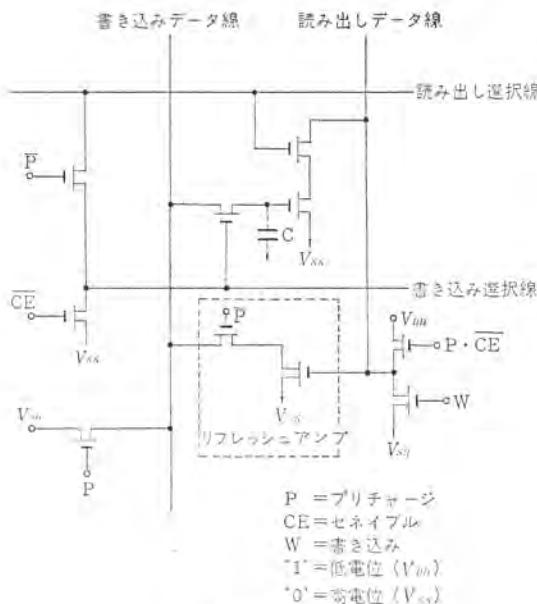


図 2.2 メモリセル
Memory cell.

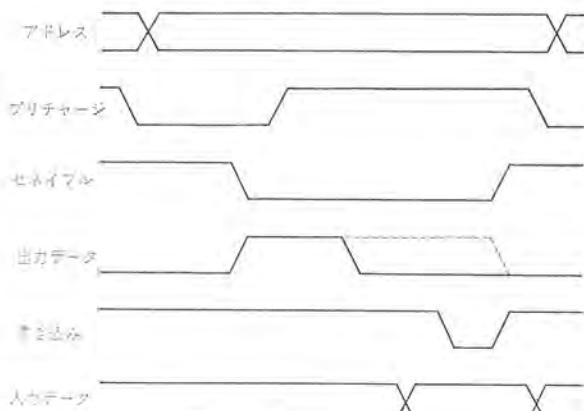


図 2.3 素子動作タイミング
Timing chart : Memory element.

2.4.1 読み出し, リフレッシュ

(1) プリチャージ信号(Precharge)が“1”(“1”は低電圧でゲートは“ON”する)になり、書き込み・読み出しデータ線が充電される。

(2) セネイブル信号(Cenable=Chip Enable)が“1”になり、読み出し選択線が“1”になるとともに、読み出しデータ線の充電が終わる。

(3) その結果、メモリセルの内容のコンプリメントが読み出しデータ線に転送される。

(4) 数十 ns 後にプリチャージ信号が“0”になり、書き込みデータ線の充電が終了するとともに、リフレッシュ増幅器が“ON”，書き込み選択線が“1”になる。

(5) その結果、読み出しデータ線のデータがリフレッシュ増幅器を経て、書き込みデータ線に転送される。

(6) 転送されたデータは、読み出しバッファを経てデータ出力線に出る。同時に、このデータがメモリセル内に再書き込み(リフレッシュ)される。

リフレッシュは、1行の全ビットが一度に行なわれる所以、全体のリフレッシュには32サイクル必要である。

(7) 最後に、セネイブル信号が“0”になり、サイクルが終了する。

2.4.2 書き込み

- (1) 2.4.1項の(1)～(5)と同じ。
- (2) 書き込み信号が“1”になり、読み出しデータ線が“0”になるので、リフレッシュ増幅器は“OFF”する。
- (3) この結果、データ入力線のデータが書き込みデータ線を経て、メモリセル内に書き込まれる。
- (4) 最後に、セネイブル信号と書き込み信号が“0”になり、サイクルが終了する。

3. IC メモリ装置

試作した IC メモリカードは、当社ミニコン MELCOM-70 に実装して実か働試験を行なうため、MELCOM-70 用コアメモリカードとコンパチブルになるように設計された。図 3.1 に外観を、図 3.2 にブロック図を示す。

3.1 仕様

- (1) 記憶容量: 4,096 語 × 17 ビット
- (2) アクセスタイム: 400 ns
- (3) サイクルタイム: 800 ns
- (4) リフレッシュ周期: 60 μs (2 ms/32)
- (5) CPU との接続: 同期式
- (6) プリチャージ: アドレスより先行

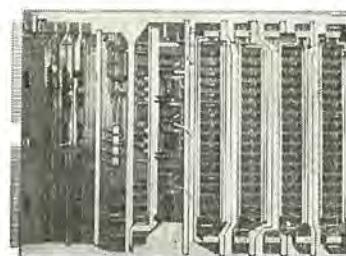


図 3.1 IC メモリカード
IC memory card.

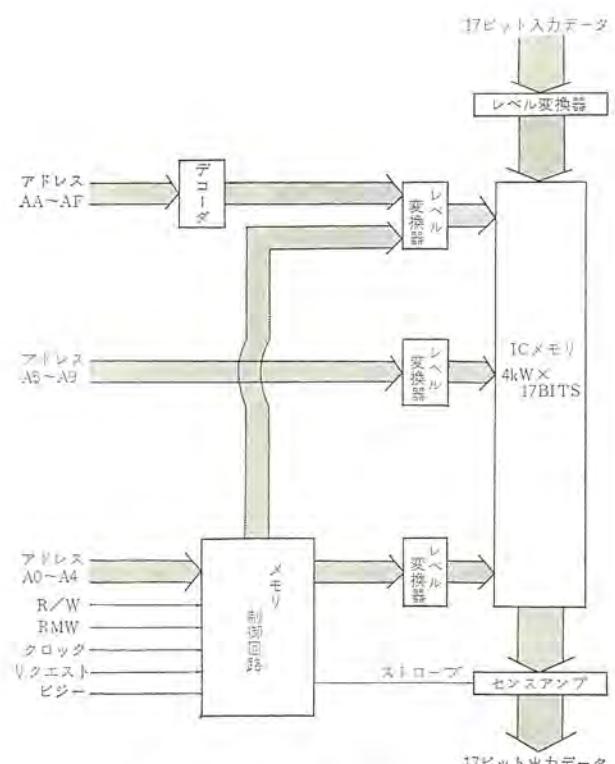


図 3.2 IC メモリカードブロック図
Block diagram of IC memory card.

(7) 消費電力(コントローラ込み): 0.25 mW/ビット(動作中), 0.12 mW/ビット(停止中)

3.2 メモリ制御回路

ダイナミック IC メモリの制御回路は、通常のメモリタイミング発生器、デコーダ、バッファおよびリフレッシュ制御回路からなる。

3.2.1 リフレッシュ制御回路

リフレッシュ制御回路は、図 3.3 に示すように、リフレッシュ要求発生器、リフレッシュ受付フリップフロップ、スタート信号発生回路、リフレッシュアドレスカウンタ、マルチプレクサからなる。

(1) リフレッシュ要求発生器

60 μs ($\approx 2 \text{ ms}/32$) 周期でリフレッシュ要求を出し、リフレッシュが受けられると再度トリガされる。

(2) リフレッシュ受付けフリップフロップ

リフレッシュ要求が発生し、メモリサイクルがレディの場合にセットされる。(セット=リフレッシュ受付け)

(3) スタート信号発生回路

通常のメモリリクエストとリフレッシュ信号を受けて、メモリのスタート信号を与える。同時にサイクルビジー信号を出し、以後のリクエストを待機させる。サイクルビジーはタイミング発生器から送られるエンド信号でリセットされる。

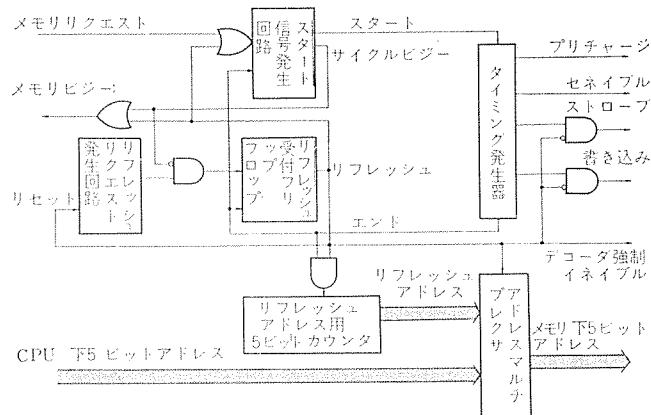


図 3.3 リフレッシュ制御回路とタイミング発生器
Refresh controller and timing generator.

(4) リフレッシュアドレスカウンタ

下 5 ビットのリフレッシュアドレスを与える。カウンタはリフレッシュサイクルが実行されるたびに、そのエンド信号でカウントアップされる。

(5) アドレスマルチプレクサ

通常メモリアドレス、リフレッシュアドレスの切換えを行なう。

3.2.2 タイミング

(1) CPUとのインターフェイスタイミング

図 3.4 に MELCOM-70 のサイクルフローチャートを示す。基本 CPU サイクルは TA 0 ~ TA 7 の 8 “TIME” からなり、RMW (Read-Modify-Write) では TM 0 ~ TM 2 が追加され、合計 11 “TIME” となる。IC メモリのリフレッシュは特別に設けられた TA 8 で行なわれ、それ以前に発生したリフレッシュリクエストは、TA 8 まで待機する。計算機が停止状態の場合にもサイクルは TA 8 となり、リフレッシュ動作だけは実行される。

(2) メモリ制御タイミング

メモリ制御タイミングには、図 3.3 に示すように、プリチャージ、セネイブル、読み出しストロークおよび書き込み信号があり、ストロークと書き込み信号は、リフレッシュサイクルでは禁止される。

3.2.3 デコーダ

アドレスデコーダの概略を図 3.5 に示す。アドレス A 0 ~ A 9 はメモリ素子内でデコードされ、AA ~ AB は、プリチャージ、セネイブル、書き込み線を選択する。アドレス AC ~ AF は、カード上のトグルスイッチにしたがってメモリカード選択信号を発生させる。また、リフレッシュの場合には、デコード出力線が強制的に “1” にさせられ、すべてのメモリが選ばれる。

3.3 直接周辺回路

信号を TTL レベルから MOS レベルに変換するためのレベル変換器と、出力信号を増幅するためのセンスアンプを必要とする。

3.3.1 レベル変換器

レベル変換器には特に以下の特性が要求される。

- (1) 高出力電圧 (12~20 V)
- (2) 高速、大負荷容量駆動能力 (過渡時間 < 50 ns)
- (3) 低消費電力 (特に静止時の消費電力が小さいことが望まれる)

レベル変換器には、種々の回路が考えられているが、IC 化されているのは、図 3.6 (b) の回路形式である。なお、データ入力用レベル変換器は、負荷容量が小さいので、図 3.6 (a) に示すように、負荷抵抗のみ (オフバッファなし) の回路で十分である。図 3.7 に、

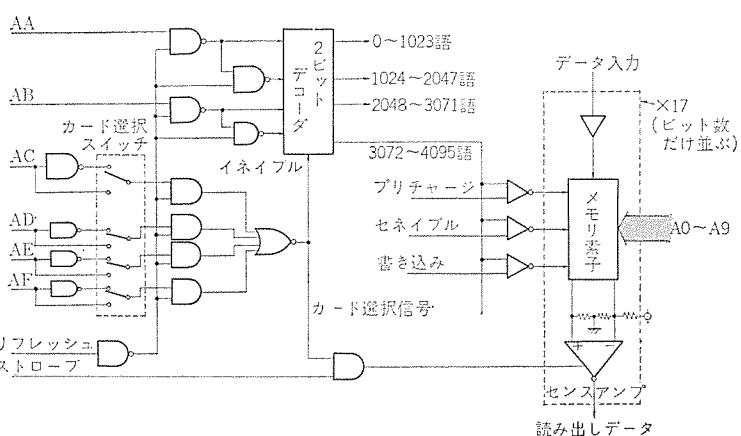


図 3.5 デコーダ概略図
Logic diagram of decoder.

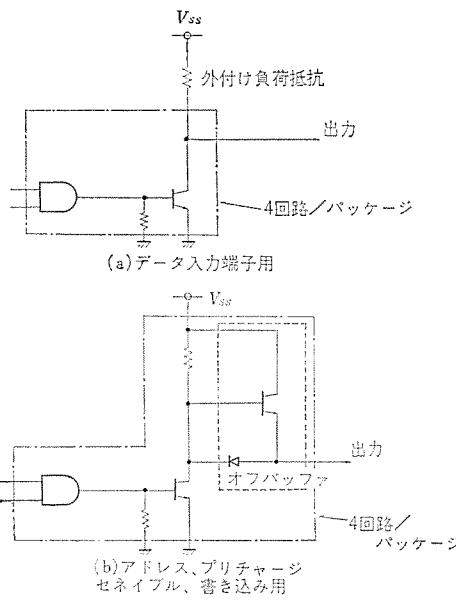


図 3.6 レベル変換器回路図
Level shifter : circuit diagram.

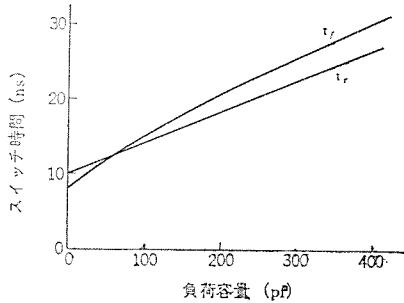


図 3.7 レベル変換器 負荷容量駆動特性
Level shifter : output characteristics.

今回用いたレベル変換器(オフバッファ付き)の負荷容量駆動能力を示す。

3.3.2 センスアンプ

MOSメモリ素子の出力は定電流源であるから、出力端子に高抵抗を付ければ大きな信号を得ることは可能であるが、その場合には、出力回路の時定数が大きくなり高速化は困難となる。高速化を計るためにには、以下の特性をもつセンスアンプが必要である。

- (1) 高速差動アンプであること
- (2) スレッシュホールド電圧が数十mV以下であること
- (3) 出力はTTLコンパチブルで、ワイアドORも可能

上記特性を満足するものとしては、従来のコアメモリ用センスアンプのように高いゲインのものは要求されず、ラインレシーバで十分である。表3.1に今回用いたセンスアンプの特性を示す。

3.4 動作状況

3.4.1 動作タイミング

図3.8に動作タイミングを示す。出力波形の“1”に大きな負ノイズパルスが乗っているが、これはコアメモリ用の再書き込みデータ信号の影響であり、ICメモリには不要なものである。プリチャージとセネイブルのオーバラップ時間(T_{ov})のマージンが狭いので、両信号の伝送には同一パッケージ内のゲートを用いて遅延時間差を小さくしている。

3.4.2 動作マージン

図3.9にマージン曲線を示す。出力電流の温度特性は、 $-3.3 \mu\text{A}/^\circ\text{C}$ で、ソース電圧(V_{SS})、基板電圧(V_{BB})特性は、それぞれ常温で $290 \mu\text{A}/\text{V}$ 、 $-45 \mu\text{A}/\text{V}$ であった。出力は十分大きく、しかも

表 3.1 センスアンプの特性
Sense amplifier characteristics.

スレッシュホールド	25 mV
同相電圧	3 V
遅延時間	19 ns
電源電圧	±5 V
出力端子	オープンコレクタ

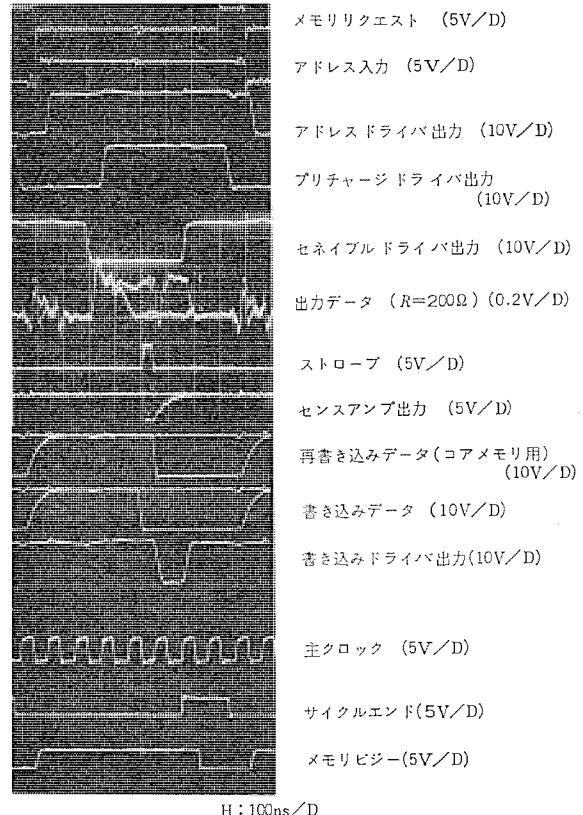


図 3.8 モジュール動作タイミング
Timing chart : memory module.

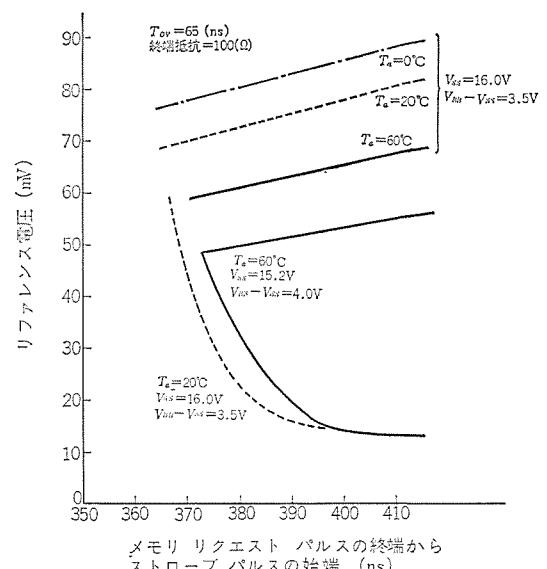


図 3.9 ストローブマージン
Strobe margin.

直流的であるから、磁性メモリに比較し大きなマージンが得られる。

3.4.3 リフレッシュ周期

許容最大リフレッシュ周期は、周囲温度に大きく影響され、図3.10

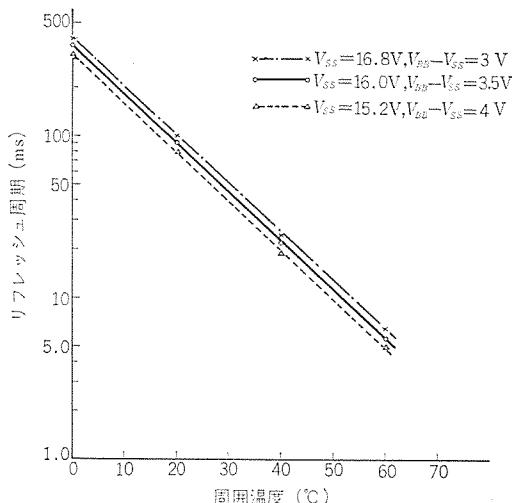


図 3.10 リフレッシュ周期
Refresh period

表 3.2 消費電力
Power consumption.

		動作		静止	
		電流 A	電力 W	電流 A	電力 W
$V_{SS} (+16V)$		0.702	11.232	0.185	2.960
$V_{BB} - V_{SS}$ (3.5V)		0.057	0.200	0.046	0.161
$V_{CC} +$ (+5V)	周辺	0.510	2.550	0.490	2.450
	制御	0.680	3.400	0.540	2.700
$V_{CC} -$ (-5V)		0.072	0.360	0.072	0.360
合計 (1ビット)			17.74 (0.26 mW)		8.63 (0.12 mW)

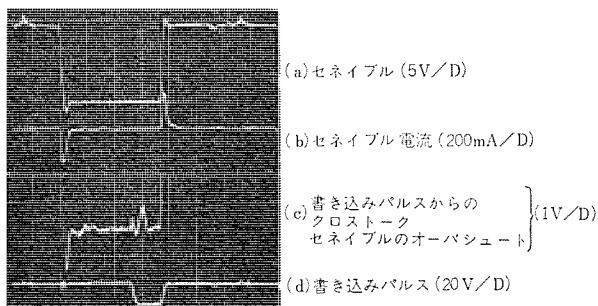


図 3.11 レベル変換器出力波形
Level shifter : output wave form.

に示すように、その温度係数は約-10%/°Cである。また、上記リフレッシュ周期は電源電圧にも影響され、電源電圧±5%の変動に対して、約±10%変化する。

3.4.4 消費電力

サイクルタイム 800 ns での消費電力は、表 3.2 に示すように、制御回路を含めて動作中は 0.26 mW/ビット、停止中は 0.12 mW/ビットであった。試作品では完全なプリチャージデコードを行なっていないので、消費電力は幾分大きくなっている。

3.4.5 オーバシュートとクロストーク

レベル変換器は、スルーレイトが非常に大きい(16 V/10 ns)ので、オーバシュートやクロストークの問題が生じる。今回の試作品では、図 3.11 に示すように反射は大きくなりが、オーバシュートが約 1.5 V、クロストークが約 0.8 V あった。

4. 動作試験

テストプログラムによる動作試験を行ない、次に実際の各種プログラムを通す実か働試験に入っているが、異状は認められていない。

4.1 テストプログラム

CHECKER BOARD と WALKING “1”, “0” のテストプログラムを通した。CHECKER BOARD とは、順次“0”, “1”を交互に書き込み、これを順次読み出すものである。WALKING “1”, “0” は、以下に示す順序で、書き込み・読み出しを行なうものである。

- (1) 全番地 “0” 書き込み
- (2) 0番地 “1” 書き込み
- (3) 1番地→N番地→0番地 読み出し
- (4) 0番地 “0” 書き込み
- (5) 1番地 “1” 書き込み
- (6) 2番地→N番地→1番地 読み出し
- (7) 1番地 “0” 書き込み
- (8) 2番地 “1” 書き込み
- (9) 以上のステップを連続的にくりかえし、すべての番地について行なう。

(10) データを“1” \leftrightarrow “0”に変換して、(1)～(9)をくりかえす。

マージン(V_{SS} 対 $V_{BB} - V_{SS}$)測定の結果を図 4.1 に示す。WALKING “1”, “0” の動作マージンは、CHECKER BOARD に比較して、幾分せまくなっているのがわかる。

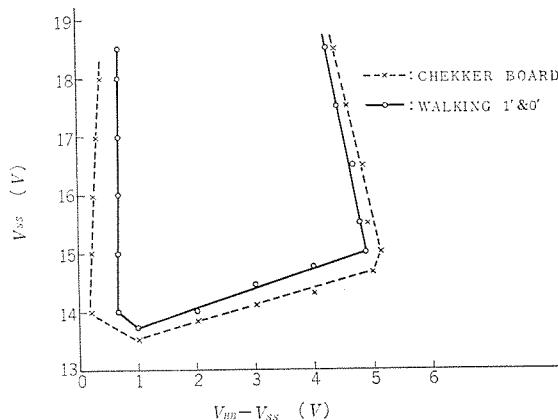


図 4.1 電圧マージン
Voltage margin.

5. ICメモリシステム設計の要点

5.1 ハードウェアの要点

5.1.1 速度

ICメモリ装置の速度は、おもにメモリ素子自体の速度によって決定される。周辺回路による遅延時間増加分は、小形装置で約 100 ns、大形では 150～200 ns 見積る必要がある。

5.1.2 消費電力

消費電力低減方法は、以下のとおりである。

- (1) プリチャージをデコードする。
- (2) 非選択メモリカードのレベル変換器出力を、“1”(低消費電力状態)に保持する。

(3) データ入力用レベル変換器は、書き込みサイクルで、しかも必要な期間だけ動作させ、それ以外は出力を“1”に保持する。

5.1.3 電 源

基板電源(V_{BB})を必要とするICメモリでは、この電源を V_{SS} から積上げて与える必要がある。(PチャネルMOSでは、 $V_{SS} > V_{BB}$ になるとICメモリが破壊されるおそれがある)

5.1.4 実 装

ICメモリは出力が大きいので、磁気メモリのようなきびしい実装上の制限はないが、一般的に以下のよう注意が必要である。

- (1) センス線にダミー線を設けて、コモンモードノイズを減少させる。
- (2) ビット系とワード系を直交させ、ワード系(プリチャージ、セネイブル)からのノイズを減少させる。
- (3) ワードドライバに直列に $10\ \Omega$ 程度のダンピング抵抗を設けて、オーバーシュートを減少させる。
- (4) 給電線路を太くできない場合には、網目状に給電系を設ける。
- (5) 電源用のバスコンはICメモリ1個について、 $0.1\sim1.0\ \mu F$ 必要であり、できるだけ分散配置させるのが望ましい。
- (6) V_{BB} 用のバスコンは、 V_{SS} との間に入れる。
- (7) メモリ、ドライバの配置は、風通しの良い方向とする。

5.1.5 リフレッシュコントローラ

論理回路であり、あまり問題はないが、以下の注意は必要であろう。

- (1) 1回の誤動作で全メモリの内容が失なわれる可能性があるので、高信頼度の回路を設計しなければならない。
- (2) 計算機の停止中にも動作しなければならず、リセット信号を入れるのが困難であるから、電源投入後自動的に動作を開始し、けっしてトランプ状態に入らないこと。

5.2 システム設計の要点

ICメモリシステムを設計する場合に考慮すべきハードウェア上の特性を、コアメモリと比較すると表5.1になる。この結果、以下に示すような注意が必要である。

(1) 非破壊読み出し

- (a) インタミッテントな誤動作に対しては、再読み出しが有効であるから、パリティエラー処理ルーチンなどではこれを利用する。
- (b) もちろん、再書き込みは不要である。

表 5.1 コアメモリとの比較
Comparison between core and IC memory.

	ダイナミック ICメモリ	コアメモリ
読み出し	非破壊	破壊
書き込み	書き込みのみ	クリアして書き込み
揮発性	揮発	非揮発
タイミング	・アクセス遅い ・サイクル速い ・RMWに制限	・アクセス速い ・サイクル速い
情報保持	ダイナミック(リフレッシュ)	スタティック

(2) 挥発性

- (a) 初期書き込みが必要
- (b) 小形計算機では、自動IPL(Initial Program Loader)、高速データ入力装置の設置が望ましい。
- (c) 調整・停電時の対策が必要。
- (3) サイクルタイムが速い。
 - (a) 短いサイクルタイムを効果的に利用する。
 - (b) RMWはあまり意味がない。
- (4) リフレッシュが必要
 - (a) CPU、チャネルは、メモリビジーを受付け得ること。
 - (b) そうでない場合には、サイクルタイムを長くして、各サイクルごとにリフレッシュを行なう。

6. む す び

MOS ICメモリは、ハードウェア上の問題も少なく、低電力・安価(近い将来にコアメモリよりも安くなると予測されている)といった利点を持つため、今後、その領域を急速に拡大して行くものと思われる。

リフレッシュ・揮発性といった問題は、ハードウェア的に解決可能であるが、むしろ発想の転換を図り、コアメモリにない特長(構成の自由度が大きいこと、非破壊読み出し、サイクルタイムが短いことなど)を生かしていくべきである。(昭和47-9-19受付)

参 考 文 献

- (1) W. M. Regitz and J. Krap : A Three Transistor-cell 1,024 bit 500 ns MOS RAM, ISSCC, (1970)
- (2) J. Krap and W. M. Regitz, et al : A 4,096 bit Dynamic MOS RAM, ISSCC, (1972)

ダムの自動制御装置

合田 啓治*・苗村 善健*

Automatic Control Apparatus of Dam

Head Office Keiji GÔDA・Yoshitake NAMURA

Demand is on the increase of late for automatic operation and labor saving in small scaled and multi-purposed dams. Application of computers to the cases of efficient and overall control of the dams is particularly required. Automatic control apparatus (MELCOM 350-5 F) delivered to Tamagawa dam in Ehime prefecture is capable of performing efficient overall control of the installations through the work of daily logging and the automatic control of discharging water.

Herein is reported the method of the control mentioned above by the use of automatic control apparatus.

1. まえがき

近年の著しい工業の発達および土地利用の高度化に伴って、水需要の増加も著しくなってきている。

このようなすう(趨)勢から、水の有効かつ効率的な利用が要求されており、この目的のために、河川あるいはダムの水を最適に制御する方法があるが、特に洪水調節制御および利水補給制御を中心とした、ダムの総合管理が注目されてきている。

ダム総合管理を行なうには、ダム放流時における複雑な計算およびゲート操作、管理のための情報の記録および変換等の作業を、迅速かつ精密に行なう必要がある。特に、洪水時における操作には、ダム自体の安全確保と同時に、操作過程でのダム下流域に対する安全確保が要求される。

このような目的からして、人間による長時間にわたるこれらの作業および操作は、精度の粗雑および誤操作をまねきがちであり、労務管理の面およびダム総合管理による効率的な運用の面からすると、問題が多く過ぎるようである。

そこで、これらの諸問題を解決するために導入した、自動制御装置 (MELCOM 350-5 F)について紹介する。

2. 計画一般

2.1 計画概要

玉川ダムは、蒼社川総合開発事業の一環として建設されたものである。蒼社川は、高縄山系白瀬(標高 1,159 m)に源を発し、途中玉川町地内において、支流木地川と合流し、今治市を貫流して瀬戸内海に注ぐ流域面積 102.8 km²、流路延長 25 km の二級河川である。

この川は藩政時代に現在の河川堤防を完成したけれども、その後数多く災害を受け、近年においても例年のごとく洪水による被害を受けており、抜本的な治水対策を強く要請されている。

また、今治市は水陸交通の要衝と蒼社川よりの良質の水が得られるという天与の条件によって、タオル製造を主体とした繊維工業が盛んで、最近にいたり急速に発展し、それに伴う都市人口の膨張も著しいものがあって水不足に悩んでいる現状であり、水資源開発の急務が叫ばれている。一方蒼社川によりかん(灌)溉されている水田面積は 1,300 ha であるが、かんばつ時表流水のみでは不足するため、溜池あるいは地下揚水によって補給を行なっているけれども、その量も最近は減少して不足をきたしている現状である。

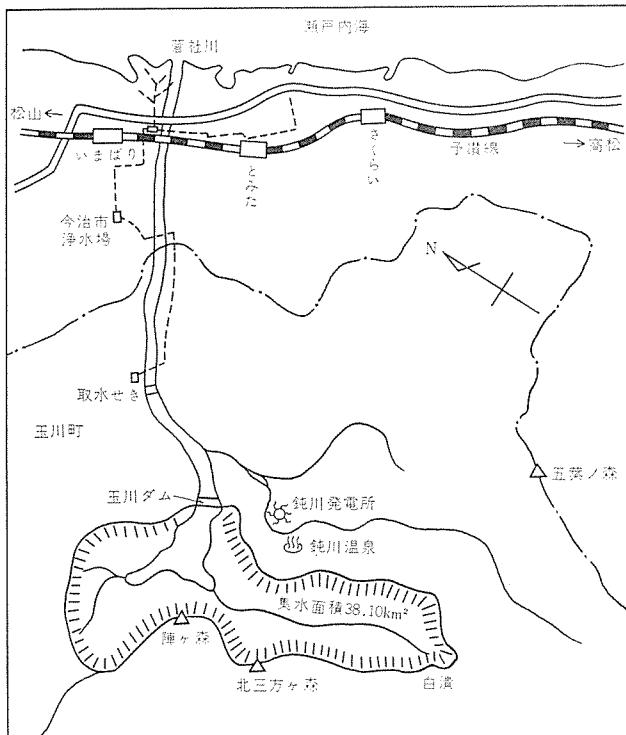


図 2.1 蒼社川総合開発事業概要図
General map of Soziya river combined development.

このため蒼社川に多目的ダムを築造し、洪水調節によって下流の災害を軽減するとともに、農業用水の補給を用ない、さらに工業用水・上水道用水を確保して民生の安定および産業発展に寄与し、東予新産業都市の一環として、当地域の大きな発展を期待するものである。

2.2 施設

2.2.1 ダム貯水池容量配分

玉川ダムのダム貯水池容量の配分は、図 2.2 のとおりである。

2.2.2 農工業用水

(1) 農業用水 (不特定かん溉)

ダム地点より下流において蒼社川によりかん溉されている水田面積は 1,300 町歩であるが、このうち玉川町地内 207 町歩については取水が上流側にあり、今までかん害の例は少ないが、今治市内の 1,093 町歩については、昭和 9 年の大かんばつ以来表流水の不足を



図 2.2 ダム貯水池容量配分図
Dam capacity distribution.

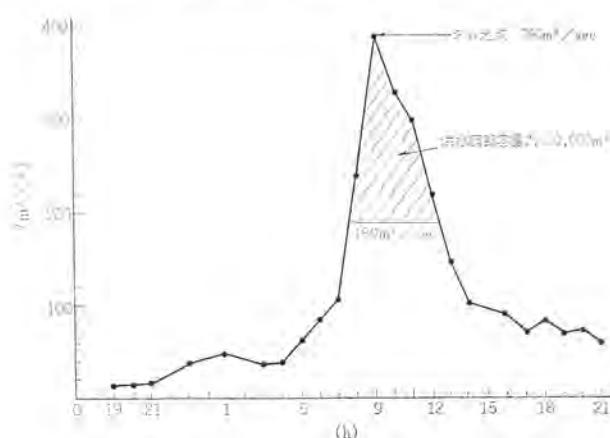


図 2.3 洪水調節パターン
Flood adjustment pattern.

溜池の開発、あるいは地下水のポンプ揚水へと農業用水の確保に努力を続けているが、地下水の揚水は他の工業用水・上水道用水等の取水とあい関連して提水可能量を減少させつつあるとともに、蒼社川の河床低下にともなう地下水位の低下は、水田の単位用水量の増加となって、農業用水の不足が今後いつそうはなはだしいものになると考えられるため、玉川ダムを築造し、不足用水について貯水池調整により補給するものである。

かん溉期間： 6月6日—9月30日 (117日間)

しきかき(代播)期間： 6月6日—6月25日 (20日間)

(2) 都市用水(上水道用水、工業用水)

前にも述べたように、玉川ダムは今治市を中心とした上水道用水、および工業用水を確保するためにも利用されている。

1日当たりの都市用水の最大需要量は次のとおりである。

上水道用水： 40,000 m³/日

工業用水： 60,000 m³/日

2.3 洪水調節計画

玉川ダムにおける洪水調節計画は次のとおりである。

計画洪水量は、ダム地点で 390 m³/s、基準地点(高橋)で 900 m³/s (50年確率)とする。またダム地点で最大放流量を 190 m³/s として、200 m³/s カットし、基準地点(高橋)において計画洪水量を 700 m³/s となるように調節する。洪水調節方式は、ダム流入量が 190 m³/s を

越えるものについて、ダム放流量を 190 m³/s に制限する一定量調節方式(ピークカット)とする。

洪水調節パターンを図 2.3 に示す。

2.4 放流と放流制限

玉川ダムでは、ダムより放流を行なう場合、ダム下流に対する安全確保のために放流量が規制されている。その規制は次のとおりである。

放流開始後の時間	最大放流量 (m ³ /s)
15 分まで	5
30 分まで	15
50 分まで	30
1 時間 10 分まで	45
1 時間 30 分まで	60
1 時間 30 分以後	60 m ³ /s に 20 分ごとに 25 m ³ /s を加えた量

3. 自動制御装置

ここでは、自動制御装置を用いたシステム機能・構成等について述べる。

3.1 構成

玉川ダムにおける自動制御装置の構成は、図 3.1 に示すとおりである。

構成を大別すれば、

- (1) テレメータ装置——ダム水位、ゲート開度
- (2) 計算機——MELCOM 350-5 F(中央演算処理装置一式、記憶装置、デジタル入出力装置を含む)。
- (3) システムタイプライト 1 台
- (4) 計算機補助盤(テレメータ装置とのインターフェイス)一式
- (5) M-G 式電源装置一式

になる。

3.2 機能

計算機は、玉川ダム・ゲート自動制御の中核的な働きをするものである。すなわち、テレメータ装置により伝送されたダムデータを読み込み、読み込みデータが正常か否かのチェックを行ない、さらに正常ダムデータをもとに、諸計算・水位変動の確認、日報作成およびあらかじめプログラムの形で定められている手順に従って、ゲート動作の自動制御を行なう。

3.2.1 システム機能

- (1) ダムデータの読み込みと監視

テレメータ装置により伝送されてくるダム水位およびゲート開度を周期的に読み込み、読み込んだ原始データの変換および監視を行なう。

読み込み原始データが、未定義コードの場合には、不正データの旨警報印字を行なうとともに、計算機によるゲート自動制御動作を停止する。

ダム水位原始データが正常であれば、水位データの変化チェックを行ない、前回での読み込みデータに比べて異常な変化であれば、その旨警報印字を行なうとともに計算機によるゲート自動制御動作を停止する。

ゲートの開閉操作は、制御目標量の変化に対応して操作量を連続的に追隨させる操作を行なっている。この操作を行なうためには、操作手順、および必要な動作条件が数値的に与えられていなければならない。それには、ダム水位が、風や波の影響を受けたり、ダム水

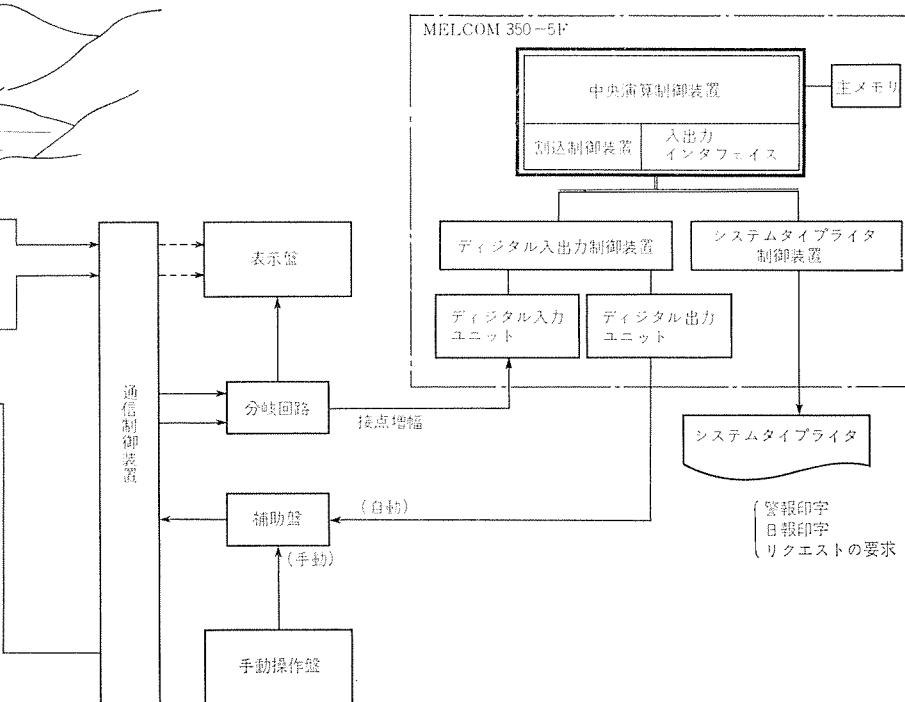
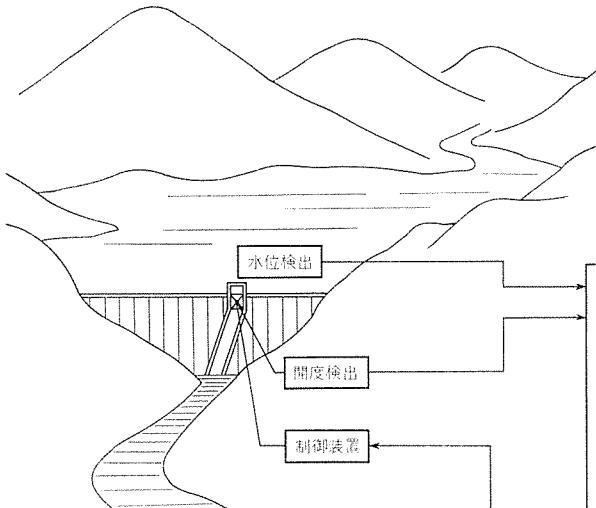


図 3.1 自動制御装置構成

Automatic control apparatus system.

面振動の影響を受けたりする場合には、正常なゲートの開閉操作が行なわれない。そこで、ダム水位変化の確認のためにダム水位データに指紋平滑を施している。その結果とダム水位変化傾向を考慮して、貯留量変化による水位変化の判断を行なっている。

放流設備の一つであるテンターゲートからの放流は、次の式(3.1)で行なっている。

$$Q_M = C \cdot B \{ H^{\frac{3}{2}} - (H-G)^{\frac{3}{2}} \} \quad \dots (3,1)$$

ここで Q_M : ゲート放流量 (m^3/s)

C：流量係数

B: ゲート幅 (m)

H : 越流頂から水面までの水深 (m)

G : ゲート 開度 (m)

また、図3.2にダムデータを読み込んで監視を行なった結果、異常および異常回復の場合の警報印字の実例を示す。図3.2の警報印字で、新規異常発生の場合には赤字で、異常回復の場合には、黒字で印字を行なって操作員が一目しただけで判断がつくように考慮されている。

(2) 日報作成

操作員によって任意に指定された周期に従って、時刻・ダム水位・流入量・ゲート開度・ゲート放流量・バルブ開度・バルブ放流量・放流量合計（ゲート放流量とバルブ放流量の和）、および積算放流量（日報周期間の放流量で放流量合計を積算したもの）の各項について、データ印字を行なう。日報印字の一例を図3.2に示している。

(3) リクエスト機能

リクエスト機能は、操作員と自動制御装置との情報交換を行なうものである。たとえば、ダム水位データの変化上限値を変更したり、時刻修正をしたりするのに用いられる。リクエストの種類は次のものがある。

図 3.2 警報・日報印字 Alarm and logging print.

- (a) 時刻修正： メモリ 内に ストア されている実時間 を修正する機能であり，“時” および “分” の修正が可能である。
 - (b) デマンド印字： 任意の時刻での 日報データ を印字させる機能である。
 - (c) データ印字： 指定された番地の データ （2進数の形で入っている）を、指定された小数点に従って、10進数で印字する。
 - (d) 年月日修正： メモリ 内に ストア されている年月日 を修正する機能であり，“年”，“月” および “日” の修正が可能である。
 - (e) ブザー停止： 警報ブザー の停止要求を行なう機能である。
 - (f) 日報印字周期変更： 日報印字周期 を変更する機能で、周期は任意に変更できる。
 - (g) 試験制御： 仮想流入量を与えたとき、どのように制御が行なわれるかを知る シミュレーション 機能であり、洪水調節制御の シミュレーション に特に有効である。
 - (h) 定水位制御起動要求： 指定された任意の水位での定水位制御を行なうために、定水位制御 プログラム を起動する機能である。
 - (i) 洪水調節制御起動要求： 洪水調節制御を行なうために、洪水調節制御 プログラム を起動する機能である。
 - (j) テープロード： アセチルの オプティカルテープ、およびシステムタイ

プライタで作った機械語のテープをコアへ読み込む。

(k) テープペリファイ： 機械語のテープと、コアメモリの内容との照合を行ない、不一致の場合、そのロケーションとテープの内容を印字する。

(l) テープパンチ： 指定された範囲のメモリ内容を、オブジェクトテープのフォーマットで紙テープにパンチアウトする。

(m) ニュメリックロード： コアの指定した番地へ、任意の定数を書き込む。

(n) メモリプリント： メモリの内容をプリントアウトする。プリントアウトは16進数で行なう。

(4) 制御

自動制御装置により実行する制御は、定水位制御および洪水調節制御である。定水位制御は、操作員の指示により指定された水位を一定に保つための制御を実行し、洪水調節制御は、現水位が指定された予備放流水位に達するまで予備放流制御を実行し、流入量が洪水量に達すれば洪水調節のための制御を実行する。

3.3 自動制御

ダム設備本来の目的が公共的なものであるので、計算機・遠方制御装置等が万一異常をきたしてもゲート操作が不能とならないように、種々の制御方式が可能となるように考慮されている。各種制御方式について述べる。

3.3.1 制御方式の種類

(1) 自動制御

計算機による自動制御で、テレメータ装置を介して伝送されてきたダム水位・ゲート開度を計算機内に読み込み、これらより流量を算出して実際のゲート開度を設定値になるように、ゲート開度を計算機より操作する制御方式である。

(2) 設定値制御

計算機がゲート開度を算出して、その値を指示する。それにより、操作員が実際のゲート開度を手動で設定値になるように、ゲート開度を操作する制御方式である。

(3) 手動制御

操作員が、中央管理室のゲート制御盤の開度計を見ながら、上記(2)と同様に、実際のゲート開度を手動で設定値になるように、ゲート開度を操作する遠隔手動操作方式である。

(4) 現場制御

ゲート近辺の機側制御盤上のゲート開度計を見ながら、操作員が、実際のゲート開度を手動で設定値になるように操作する制御方式である。

上記各制御方式は、切換えスイッチにより任意選択できる。

3.3.2 制御方式

計算機により行なう制御方式は、定水位制御および洪水調節制御の2種類である。ここでは、これら

制御について述べる。

(1) 定水位制御

定水位制御方法は、ダム貯水池の水位が常に一定になるように、貯水池水位の変化に応じてゲートを動作させるものである。

定水位制御を実行中にダム貯水池への流入量が変化し、ダム水位が変化した場合には、定水位を保つためにゲート操作を行なうが、水位上昇時のゲート放流は放流制限を考慮する規定になっている。つまり、放流量を新たに増加させる場合には、ダム下流河川における急激な流量増加による災害を避けるために、放流制限量に従った放流量にしなければならない。このために、定水位を保つに必要な放流量が同時に放流できない場合がある。(たとえば水位が上昇し、定水位を保持するに必要な放流量が10 m³/s であっても、放流制限のために5 m³/sしか放流できなければ、放流量が5 m³/sとなるようゲート開度を操作する)。この結果、定水位が保持できなくなるが、ダム下流河川の安全を最優先にしなければならぬのでやむをえない。しかし、この現象は、ダム貯水池への流入量が短時間に急激に増加した場合に生ずる。

図3.3は、玉川ダムにおける定水位制御の実例を示す。

(2) 洪水調節制御

洪水調節制御方法は、ダム貯水池への流入量増大に対して洪水調節制御を行なうものである。

洪水調節制御のおもな機能は次のとおりである。

(a) 予備放流制御

現ダム水位を、操作員によって指定された予備放流水位にまで降下させる制御である。放流制限を考慮しながら徐々にゲートを動作させることによって、水位を降下させてゆく。

(b) 予備水位での定水位制御

予備放流制御により、水位が予備放流水位になれば以後、予備放

時刻	ダム水位	流入量	ゲート開度	ゲート放流量	バルブ開度	バルブ放流量	放流量合計	放流量
(時 分)	(m)	(m ³ /s)	(cm)	(m ³ /s)	(%)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³)
21:33 GATE OUT GL - 2								
21:34	15593	2.32	1	0.70	14	1.90	2.61	416*50
21:50 INIT.								
RQ:TM	2220							
21:50 ENTER TIME	42.20							
DATE 1972 7 17								
09:22 DATA WATER LEVEL 0000 2581	09:22	15591	2.65	0	0.00	14	1.90	1.90
09:24 DATA WATER LEVEL 2581 2581	09:24	15591	2.65	1	0.75	14	1.90	2.65
	10:00	15591	2.65	1	0.75	14	1.90	2.65
	11:00	15591	2.65	1	0.75	14	1.90	2.65
	12:00	15591	2.65	1	0.75	14	1.90	2.65
	13:00	15591	2.65	1	0.75	14	1.90	2.65
RQ:DM								
	13:06	15592	2.98	1	0.75	14	1.90	2.65
RQ:BZ								
13:10 CONNECT								
13:10 GATE SET ERR								
	13:12	15592	2.98	2	1.49	14	1.90	3.40
	14:00	15592	2.98	2	1.49	14	1.90	3.40
	14:28	15591	2.98	2	1.49	14	1.90	3.40
	15:00	15591	2.98	2	1.49	14	1.90	3.40
	16:00	15590	3.05	2	1.49	14	1.90	3.36
	17:00	15590	3.05	2	1.49	14	1.90	3.36
17:59 GATE OUT GL - 1								
	18:00	15579	2.74	1	0.75	14	1.90	2.65
	19:00	15579	2.74	1	0.75	14	1.90	2.65
	20:00	15579	2.74	1	0.75	14	1.90	2.65
	21:00	15579	2.74	1	0.75	14	1.90	2.65
21:19 DATA WATER LEVEL 0000 2579	21:20 DATA WATER LEVEL 2580 2590	21:22	15580	2.74	1	0.72	14	1.90
		22:00	15580	2.74	1	0.72	14	1.90
		23:00	15580	2.74	1	0.72	14	1.90

図3.3 定水位制御結果 Result of constant level control.

流水位での定水位制御を行なう。定水位制御の方法は、上記(1)定水位制御機能に基づく。

(c) 定放流制御

予備放流水位での定水位制御中に、ダム貯水池への流入量が増加し、その値が $190 \text{ m}^3/\text{s}$ を越えた場合には、放流量を $190 \text{ m}^3/\text{s}$ の一定放流制御を行なう。

(d) サーチャージ水位での定水位制御

洪水調節中、流入量増大によりダム貯水池の水位が上昇し、サーチャージ水位に到達すれば、サーチャージ水位での定水位制御を行なう。定水位制御の方法は、上記(1)定水位制御機能に基づく。

(3) 試験制御

試験制御は、シミュレーションプログラムである。この試験制御を使用すれば、次のことが可能である。

(a) 流入量を仮定することにより、水位変化が生ずる時間がわかるとともに、ゲート動作量がわかる。したがって、実際に洪水調節制御を行なうときのオペレーションガイドとなる。

(b) ゲート動作量がわかるため、ダム下流河川の流量が推定でき、放流警報のためのオペレーションガイドとなる。

(c) 種々の流入量が任意に仮定できるので、種々の場合のダム水理状態が推定でき、オペレーションガイドに非常に役立つ。

試験制御 プログラムを用いて、玉川ダム 計画の最大流入量があるても、現在採用している制御方式でも十分制御できるが、今回あえてシミュレーションを試みた。その結果を図 3.4 に示す。これによると計画最大流入量があっても、サーチャージ水位を越えることなく十分制御されることがわかる。

3.4 ハードウェア

ダムゲート用自動制御装置として使用されている計算機、MELCOM 350-5 F はワイヤメモリ（約 8,000 語）を主記憶装置とする小形制御用計算機であり、おもな仕様は次のとおりである。

3.4.1 中央处理装置

回路素子： IC回路

語 長： 16 ビット + 1 パリティビット

演算方式： 2進並列，負数は2の補数演算

加減算(单一語長)： 2 μs

2倍精度演算： ソフトウェア

浮動小数点演算： ソフトウェア

乗除算： ソフトウェア（ただし ハードウ

命令形式： 1 節

命令の数： 32

インデックス 修飾： インデックス

記憶容量： 8 k 語

メモリ保護： プログラム

指定), 電源異常時保護
3. 4. 2 ディジタル入力装置
リレー, スイッチ等の状態を読み取る装置で, 本システムにおいては,
データ表示盤に表示されているダム水位, およびゲート開度の接点状

を読み取るのに使用されている

3.4.3 ディジタル出力装置
計算機からリレー接点の ON 状態・OFF 状態にて外部に信号を送
り出すものであり、本システムにおいては、ゲートの開・閉信号、警

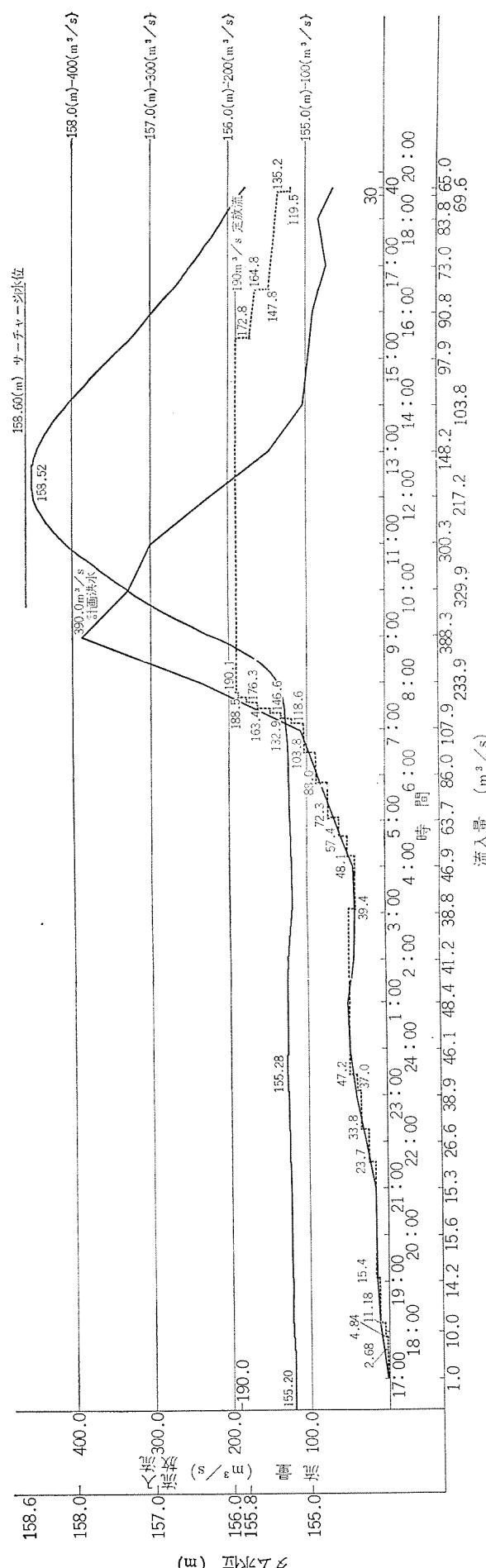


図 3.4 洪水調節制御シミュレーション Flood control simulation.

3.4.4 システム タイプライタ

システム タイプライタは、紙 テープパンチ・紙 テープリード・プリントアウトの機能を有し、日報の作成・アラーム印字など不定期情報の記録を行なう。

3.4.5 計算機補助盤

計算機からのゲート制御は、制御対象 プロセス（ゲート操作機構）に異常がないこと、制御対象に関連する入力信号（ダム水位およびゲート開度）に異常がないこと、および計算機の動作に異常がないことを十分確認したうえで、計算機制御を要求すべきであり、簡単に計算機とプラントをコネクトするのは危険である。計算機補助盤（以下、補助盤と呼ぶ）は、この操作面におけるフェイルセイフを目的として設置されたものである。

この補助盤は図 3.5 に示すように、次のもので構成されている。

- (1) 制御状態表示器 (30 S)
- (2) 計算機制御要求押しボタンスイッチ (3 C)
- (3) 自動一手動切換えスイッチ (43)
- (4) 計算機出力接点増幅リレー (AUX・RELAY)
- (5) 直流電源装置

計算機制御に移す操作手順について、図 3.6 のオペレーションフローチャートを説明する。

(1) 補助盤上の自動一手動切換えスイッチが“自動”位置にあること、また プラントと計算機が接続可能であることを確認する。

(2) システム タイプライタを用いて制御項目の指定を行なって、計算機制御要求を行なう。これにより計算機内部では指定内容の確認、指定制御項目に対応した制御条件のストア、次いでシステム タイプライタに確認印字を行なう。

(3) システム タイプライタへの印字を確認して、補助盤上の計算機制御要求押しボタンスイッチ“使用”を押して制御要求を行なう。このことにより補助盤上の状態表示器“計算機制御”が点灯する。

(4) 制御プログラムが周期的に実行される。

計算機制御停止操作についてはオペレーションフローチャートに示すごとく、システム タイプライタを用いて制御項目を指定し計算機制御停止要求を行なう。これにより計算機が停止要求を認めると、確認印字を行なうとともに補助盤上の状態表示器“計算機制御”を消灯し、今まで周期的に実行していた制御プログラムが停止する。緊急に計算機制御を中止したい場合は、補助盤上の押しボタンスイッチ“除外”を押すことにより制御を停止させることができる。

以上の説明のように計算機制御に移すとき、オペレータがシステムの異常の有無を確認したうえで、補助盤上の押しボタンスイッチを操作しないかぎり、計算機とプラントとをコネクトできない方式を採用することにより、オペレータの誤操作による事故を防止し、より安全性の高い制御が期待できる。特に洪水警戒体制下における洪水調節制御は、絶対に誤操作は許されなく、システム タイプライタで制御項目の指定を行なったあと、計算機とプラントとをコネクトする補助盤上の押しボタンスイッチの操作は、ダム管理所長の判断と責任において操作されることになる。

3.5 ソフトウェア

計算機のハードウェア機能を十分に活用し、しかも全システムに要求される種々の機能を実現させるために、ソフトウェアの設計には種々の検討がなされている。

玉川ダムにおける自動制御装置に要求される機能は、一般の計算機と同様に、テープパンチ等のように操作員が任意に計算機を利用できるということと、一定時間間隔ごとのデータ収集にはじまる一連

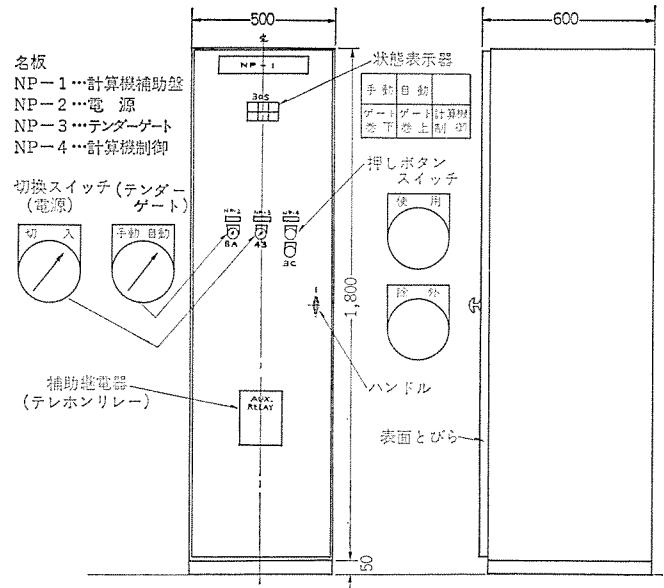


図 3.5 計算機補助盤
Auxiliary panel.

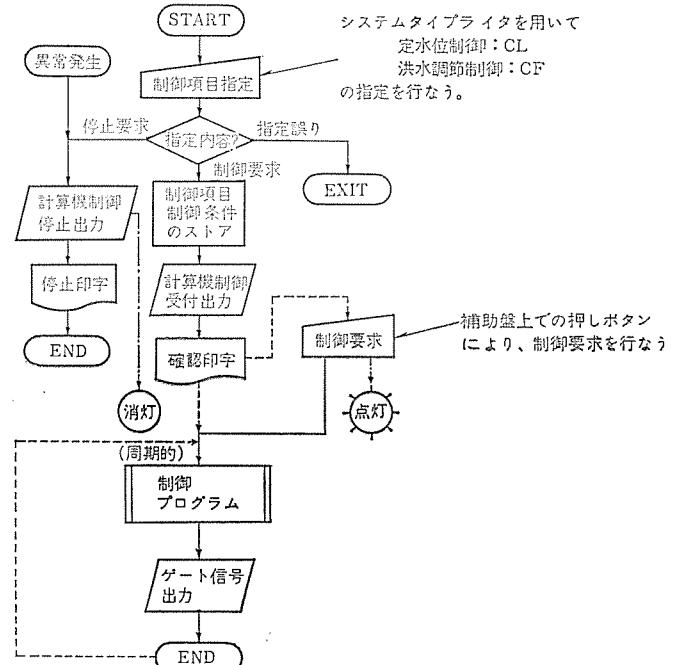


図 3.6 オペレーションフローチャート
Operation flowchart.

の制御計算、およびゲート制御を行なうといふことが、自動的に、しかも効率よく時分割処理されることが必要である。

このために用いられる MELCOM 350-5 F システムは、常にスーパーバイザプログラムが記憶装置に常駐し、外部からの各種割込信号を処理して、円滑な自動連続処理が可能なよう設計されている。

このほか、データ送受信などの計算機の内部処理に比べて処理速度のおそい入出力機器の制御のために、計算機が占有されないよう入出力制御は、独立して処理されるようになっている。

自動制御装置を有效地に動作させるソフトウェアの構成について述べる。

ソフトウェア構成図は、図 3.7 に示すとおりである。

(1) スーパーバイザ

スーパーバイザは、モニタプログラムまたは管理プログラムともよばれ、その機能を大別すれば次のようになる。

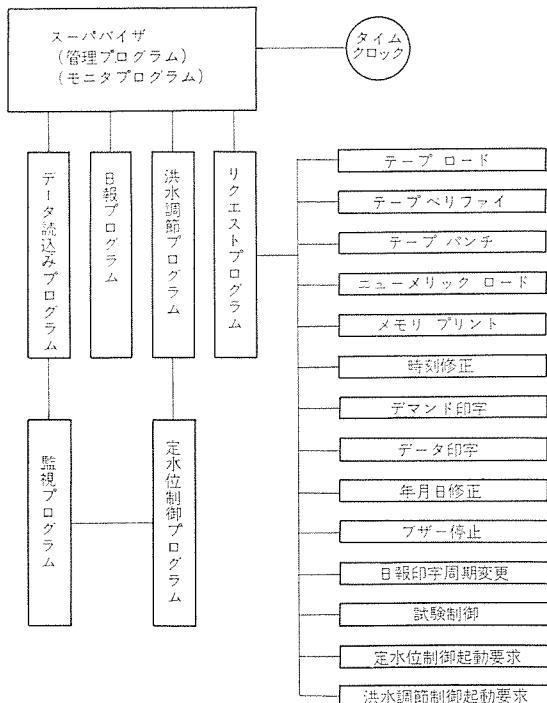


図 3.7 ソフトウェア構成図
Software system.

(a) ユーザーズプログラムの実行制御

ユーザーズプログラムで処理要求の出されたものについて、順番に処理するように制御し、実行順序に優先順位があれば、実行中のプログラムを一時的に停止して、優先度の高いプログラムを実行し終了すれば、停止中のプログラムの再起動を行なう等のプログラムのレベル制御を行なう。

(b) デジタル入出力制御

入出力信号の制御を行なう。すべてのデジタル入出力は、主メモリ上にイメージを持っており、ユーザーズプログラムからはハードウェアの変化を主メモリ上にあるデータとみることができる。デジタル入力は指定された周期（電源周期の整数倍）で読み込まれている。このうち、ある入力点の状態を調べるには、スーパバイザマクロ命令をコールする。デジタル出力には、1グレード（16点）の設定を行なうマクロ命令と、1グレードのうち任意個のビットのONおよびOFFを行なうマクロ命令がある。

(c) 周辺装置の制御

ターミナルへのプリント、ペーパーテープパンチへの出力、ペーパーテープリーダからの入力などのベーシックレベルのプログラムは、各機器の使用状態や、使用順序あるいは時間的な制約などを考慮することなく、所定の形式でメッセージプリントをコールすれば、所定の入出力をを行なうように制御する。しかも、各機器の動作時間は、CPUの動作に比較すれば非常におそいので、待ち時間の間他のプログラムを実行するように

制御する。

(d) ユーティリティプログラム

ユーティリティプログラムは、デバッグ用に便利な道具として具備されているもので、紙テープのロードおよび照合、紙テープへのパンチアウト、メモリ内容のプリントアウト、定数や命令語の設定、およびプログラムの起動などの機能がある。スーパバイザの管理下で働き、その優先レベルはスーパバイザを構成するときに決められるが、標準的には最下位のレベルに置かれる。

(2) データ読み込みプログラム

テレメータを介して伝送されたダムデータを読み込み、それらのデータが正常か否かを判定し、各データの上下限監視を行ない、ダムゲート自動制御のための諸計算を行なう。

(3) 監視プログラム

データ読み込みプログラムでのデータ処理の結果、異常発生および異常回復について警報印字を行ない、要求に応じて、制御プログラムの起動を行うながす。

(4) 日報プログラム

指定された日報フォーマットに従って、日報データの印字を行なう。日報印字項目は、時刻・ダム水位・流入量・ゲート開度・ゲート放流量・バルブ開度・バルブ放流量・放流量合計・積算放流量合計である。

(5) 定水位制御プログラム

定水位機能を行なう。

(6) 洪水調節制御プログラム

洪水調節能を行なう。

4. むすび

今まで、玉川ダムの自動制御装置について述べた。自動制御装置の導入により、今まで人間の操作によっていた作業が機械にゆだねられ、即応性の向上、精度の向上、および操作の省力化がはかられたと思われる。

計算機によるダムゲート自動制御は、ますます盛んに行なわれるであろうと思われ、今後発展のための努力が必要であろう。

終わりにのぞみ、ご指導、ご尽力をいただいたい愛媛県河川課、玉川ダム関係者のかたがたに深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- (1) 建設省監修：ゲート自動制御装置 標準仕様書(案), (昭45-3)
- (2) 花籠：ダムゲートの自動制御装置 標準仕様書について、建設電気技術, No. 14 (昭46-6)
- (3) 三菱電機技報：神奈川県企業庁向け 相模川水系計算制御システム, 41, No. 5 (昭42)
- (4) 三菱電機技報：愛知用水公團納め大入、振草両頭工向けゲート集中管理, 43, No. 4 (昭44)
- (5) 三菱電機技報：水系ゲート制御, 43, No. 10 (昭44)

DS 形 気中しや断器

岩垂邦昭*・竹内孝治*・小倉千俊*・小川和男*

Type DS Low Voltage Air Circuit Breakers

Kobe Works Kuniaki IWDARE・Takaharu TAKEUCHI・Chitoshi OGURA・Kazuo OGAWA

Type DS air circuit breakers have been developed for the change of model of type DB breakers in the same line to be used for the protection of low voltage circuits in power plants, factories in general and large buildings. The new breaker employs a motor driven spring closing mechanism to stabilize the operation and safeguard the operator in case of manual closing on faulty circuits. As the overcurrent tripping device is made with high accuracy by turning it to solid state, protection coordination is easy to effect; change or adjustment of the grade needs no labor. Many common parts are used for the variety of models. The quality and performance are steadied through the use of pressed parts and jigs. The size is made small such that up to 1,600 A frame four units can be stacked up.

1. まえがき

定格・構造・試験結果の概要について以下に述べる。

当社では、昭和29年以来DB形気中しや断器を製作し、ED形パワーセンタに収納して、火力発電所・製鉄所・ビル・化学工場・船舶などの低圧回路保護用として、多数台納入し好評を博してきた。

今回DB形気中しや断器のモデルチェンジを行ない、従来の製作経験を生かして、あらたにDS形シリーズとして、DS-208形・DS-416形・DS-530形低圧気中しや断器を開発し、納入を開始した。

DS形気中しや断器のおもな特長は、

(1) 電動スプリング投入操作機構の採用により、投入操作の安定化をはかるとともに、故障回路を手動で投入するときにも操作者の操作力の影響を受けない安全な構造とした。

(2) 過電流引きはずし装置をソリッドステート化した。電磁形に比べ精度が高く、信頼性・耐久性にすぐれ、復帰可能時間が整定値に近いため保護協調がとりやすく、現地での目盛変更・調整試験も大幅に容易となった。

(3) 各フレームサイズについて極力共通部品を多くし、プレス・治工具を多用し、品質の安定性をはかるとともに、小形化につとめ、1,600 Aフレームもパワーセンタに4段積を可能とした。

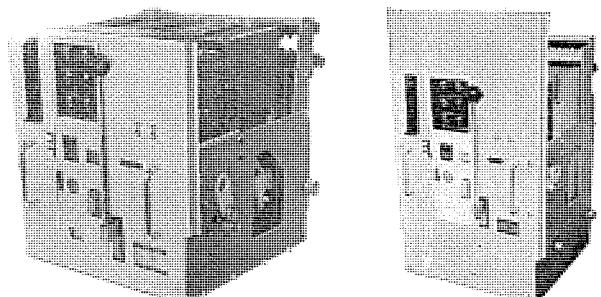
などである。このDS形気中しや断器は、新しく開発されたFS形パワーセンタに収納される。

2. 定格・外形寸法

DS形気中しや断器の定格を表2.1に、外形寸法を図2.2に示す。高さ2,300 mmの標準キューピックルに、1,600 Aフレームまで4段積を可能にするため、DS-416の高さを464 mmにおさえた。

3. 構造・動作

DS形気中しや断器は、安全性を十分に考慮したしや断器であり、正面にフロントパネルを設け、使用中に充電部にも機構部にも手をふ

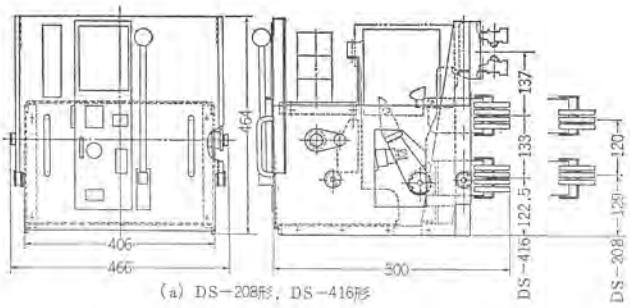


(a) DS-208, DS-416形

(b) DS-530形

図2.1 気中しや断器外観
Exterior view of air circuit breaker.表2.1 DS形気中しや断器定格
Ratings of type DS low voltage air circuit breakers.

定格事項			形式記号	DS-208	DS-416	DS-530	備考	
準規格			JEC-160 (1964)					
定格電圧 V			600				線間電圧	
フレームの大きさ A			800	1,600	3,000			
定格周波数 Hz			60または50					
極数			3または2					
定格しや断電流 A	瞬時引きはずし要素がある場合		600 V	22,000	42,000	50,000	短絡発生後1/2サイクルにおける交流分実効値	
	瞬時引きはずし要素がない場合		500 V	30,000	50,000	50,000		
		250 V	42,000	50,000	70,000			
			22,000	42,000	50,000			
定格投入電流 (倍)			定格しや断電流の2.3				最初の周波の瞬時値の最大	
定格短時間電流 A			22,000	42,000	50,000		通電時間1秒	
定格投入時間 s			0.08	0.08	0.1			
定格開極時間 s			0.055	0.05	0.05		電圧引きはずし装置による	
しや断時間(瞬時引きはずし) (サイクル)			3					



(a) DS-208形, DS-416形

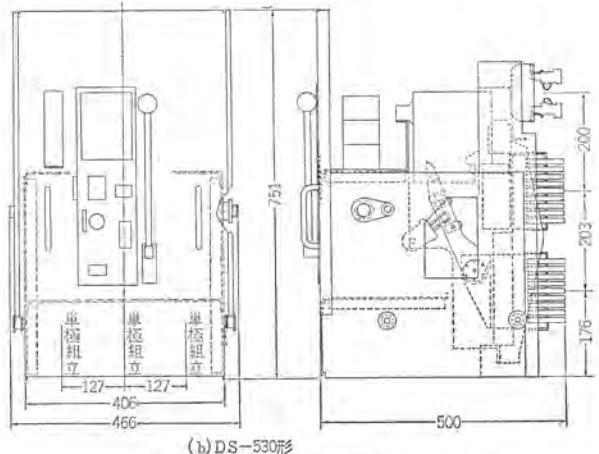


図 2.2 気中しゃ断器外形図
Outline of air circuit breaker.

れられない構造とした。もちろん、デッドフロントタイプである。しゃ断器の“開閉状態”, “投入スプリングの蓄勢・放勢状態”, “しゃ断器の位置”は正面の表示器によって表示するようにした。また各極間および極とフレームの間にはパリヤを設けている。

共通部品を多く用い、工作上はプレスワークを主体とし、組立治工具を整備して性能の安定化をはかっている。

以下に機構部・通電部などの詳細について述べる。

3.1 操作機構

このしゃ断器の投入機構はスプリング投入方式とした。構造を図3.1に示す。電動操作のしゃ断器では、投入スプリングの蓄勢は通常電動機で行なうが、手動ハンドルを用いて手動で蓄勢することも可能である。電動機は直巻整流子電動機とし、交流の場合でも整流素子を必要とせず、直流・交流のどちらでも直接操作を可能とした。スプリング投入方式は、電動あるいは手動により投入エネルギーを一度スプリングにたくわえ、そのエネルギーで投入するので従来の電磁ソレノイド方式に比べ、制御電源電圧の変動や手動の場合の操作力に関係なく、常に一定のエネルギーで投入でき、動作が非常に安定する。しゃ断器は、投入制御電圧が75%～125%の範囲で支障なく投入できなくてはならない。電磁ソレノイド方式では、75%での投入を保証すれば、125%では過大な投入エネルギーとなり、これにたえる構造としなければならないが、スプリング投入方式では、投入力の変動を考慮する必要がないので、しゃ断器全体にわたり強度的に有利となる。また大容量のしゃ断器にもかかわらず、手動による短絡回路の投入も確実に行なえる。投入時間は70～80(ms)と短く、電磁ソレノイド方式の150～200(ms)に比べ半分以下となった。

このしゃ断器の主接触子は、突合せ接触子(butt contact)であり、引きはずしエネルギーは、しゃ断器投入と同時に接触圧などとして蓄勢される。このため接点接触時には多大なエネルギーを必要とする。

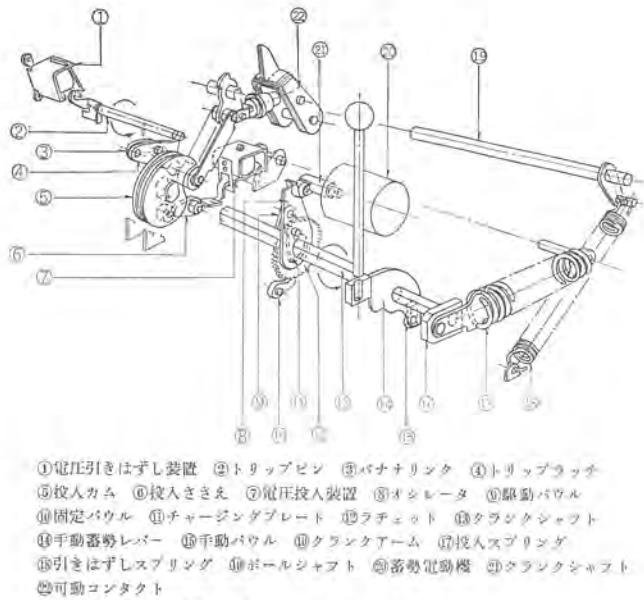


図 3.1 操作機構構造図
Operating mechanism.

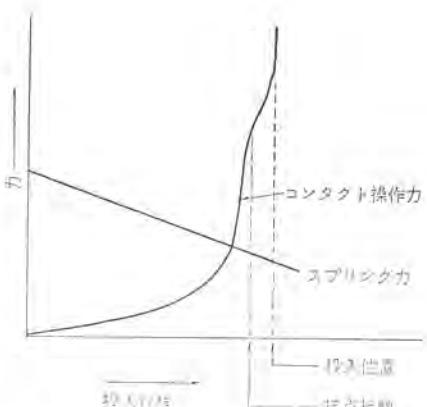


図 3.2 スプリング力とコンタクト操作力
Spring force and contact operating force.

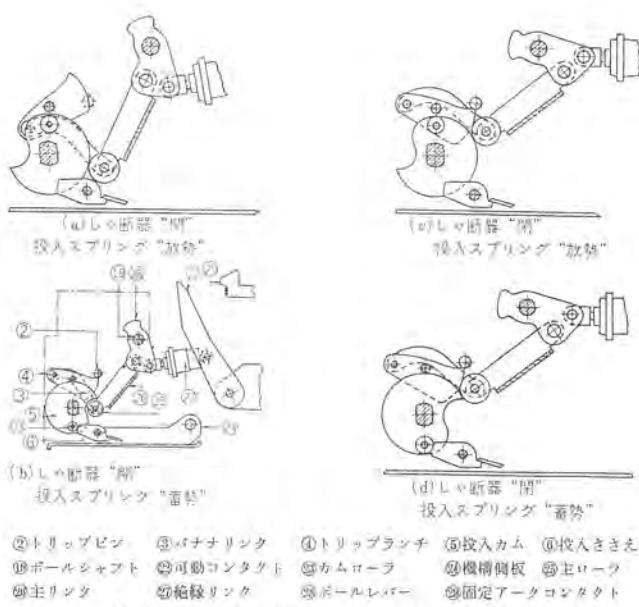
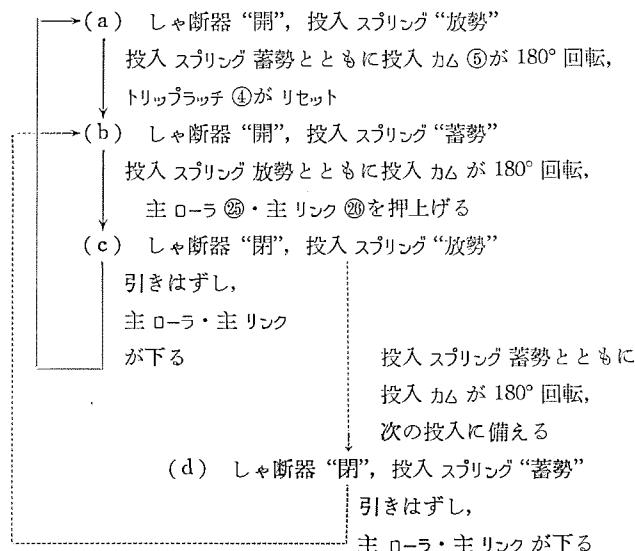


図 3.3 操作機構と四つの基本状態
Operating mechanism and four basic positions.

他方図3.2に示すように、スプリングは投入過程において力が順次減少していく。この矛盾をなくすため、操作機構は図3.3に示す4節リンクとしたので、接点接触時に可動コンタクトに最大の投入力が伝わり、電磁ソレノイドよりもむしろ効率的な構造となった。

しゃ断器の引きはずし機構にも種々の工夫をこらし、わずかな力で引きはずせるラッチ構造としたので、別電源を必要としない静止形過電流引きはずし装置の採用を可能にした。

操作機構には四つの基本状態があり、これを図3.3に示す。すなわち開閉操作では次のような動作を行なう。



標準仕様の制御回路では、しゃ断器は(a)→(b)→(c)→(a)→(b)……の動作となる。(d)の状態は手動によってのみ可能となる。また制御回路の一部変更によっても可能となる。

3.2 引出機構・インタロック

DS形気中しゃ断器は、“接続位置”では制御回路・主回路とも、“試験位置”では制御回路のみがキューピクルと接続しており、“断路位置”ではその両方がキューピクルと接続していない“3位置”的引出形である。

しゃ断器をキューピクルから出し入れする引出機構は、ウォームギヤ方式とし、しゃ断器に引出機構を設けた。

通電中の引出し操作、しゃ断器投入状態のままでのそう(挿)入操作は、一次ジャンクションの焼損につながるので、それを避ける目的で必ずトリップボタンを押した状態、すなわち、しゃ断器“開”でなければ出し入れができるない機械的インタロックを設けた。操作者の安全を目的として、投入スプリング蓄勢状態のしゃ断器を断路位置に引出すると、引出しの途中自動的にコンタクトを開閉することなく、投入スプリングを放勢する機械的インタロックを採用した。

断路位置においては、投入スプリングの蓄勢およびしゃ断器の投入が不可能である。しゃ断器の投入阻止およびしゃ断器のキューピクル内での移動を阻止するために、錠をおろすことも可能である。

3.3 通電部

接触子は銀一タンゲステン合金を用いた。アーカ接触子の接触方式はくさび式の他力接触とし、投入時の接点のチャタリングを減少させ、大電流通電時には電磁力により接触圧が高まり、通電容量が増加するよう、固定側接触子が可動側接触子をはさみ込む形で接触している。主接触子は突合せ式であるが接触効率を高め、信頼性が増すように固定側が多数に分割されたワインガタイプとした。3機種とも同一の接点を用い、電流容量に応じて接点数を変化させている。接

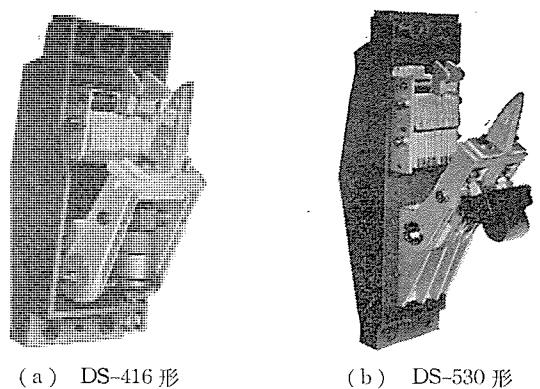


図3.4 通電部
Current carrying sections.

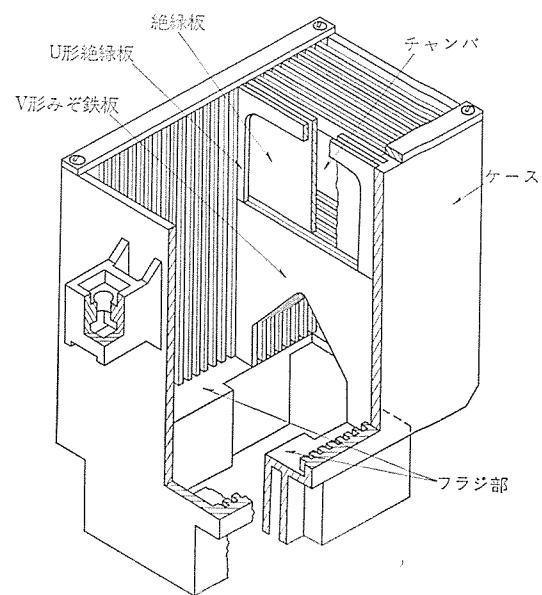


図3.5 消弧室構造図
Construction of the arc chute.

点数は通電容量に関する基礎試験によって決め、しゃ断試験・短時間電流試験により最終的に確認した。

導体配置は、自然通風によりできるだけ冷却効果が高まるような配列とした。

通電部は、強じん(韌)なガラスポリエスチル製のモールドベースに取付けられて単極を構成し、この単極をしゃ断器に組みこんでいる。通電部分にもプレスワークを多く用いた。

図3.4にDS-416とDS-530の通電部の外観を示す。

3.4 消弧室

消弧室は気中しゃ断器に多く用いられ、DB形気中しゃ断器でも用いた“デイオン消弧室”で、構造は図3.5に示すように、一体成形された絶縁物ケースの中に、V形みぞ(溝)をもった鉄板、U形絶縁板と絶縁板を収納しており、材料は、耐アーカ性にすぐれたガラスポリエスチル樹脂を用いた。

消弧室の底部のフランジ部分は、しゃ断途中でのアーカの“ブローバック”を防ぐため、すなわち、イオン化されたアーカガスがコンタクト部分へ移行し、再点弧するのを防ぐ目的で設けた。鉄板上のチャンバは乱流をおこし、消弧室上部でのアーカ短絡を防ぐ。

アーカコンタクトは消弧室のみぞの中にはいりこむようになっており、この関連を図3.6に示す。

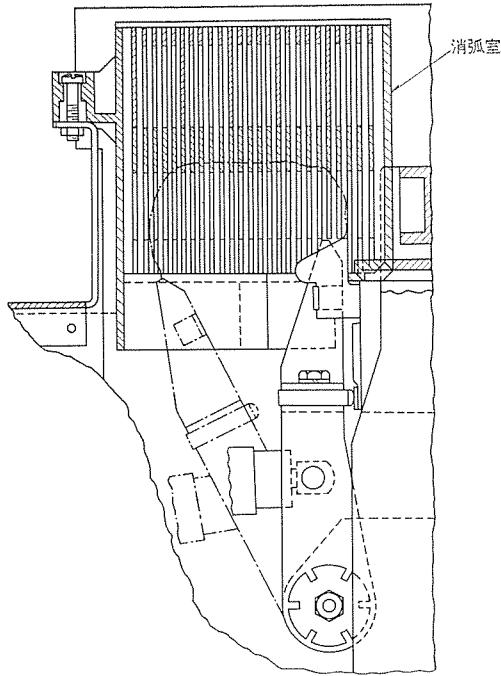


図 3.6 消弧室とコンタクトの関連
Relation between contacts and arc chute.

4. 過電流引きはずし装置

気中しゃ断器は、その適用される回路に過負荷または短絡電流が流れたとき、しゃ断器をトリップさせる過電流引きはずし装置を装備している。従来 DB 形気中しゃ断器では、エーダッシュボットにより时限をもたせる電磁形の過電流引きはずし装置がつかわっていたが、DS 形気中しゃ断器では、高性能・高信頼性および保守点検の容易さを目的として、ソリッドステート化した過電流引きはずし装置を開発した。

この装置の特長として

- (1) 電気機器・回路の過電流保護に適した “ $I^2 \times t = \text{一定}$ ” の特性をもたせた。
- (2) 復帰可能时限が整定时限に近く、保護協調をとりやすくした。
- (3) しゃ断器のトリップに必要なエネルギーは主回路電流からとり、トリップのための別電源は不要とした。
- (4) 小さな電流で試験調整が可能で、大電流発生装置等の特別の装置・設備を必要としない。
- (5) しゃ断器内蔵の変流器をとりかえるだけで、負荷の増大に伴う定格電流の変更が容易である。
- (6) 長限时・短限时・瞬时・接地引きはずしの 4 要素をもち、任意の組合せが可能である。
- (7) 長寿命で保守の必要がなく、振動・衝撃・じんあいに対する耐久性がある。
- などがあげられる。

過電流引きはずし装置の構成を図 4.1 に、回路構成を図 4.2 に示す。

4.1 変流器

過電流引きはずし装置の制御電源、電流検出・トリップ電源の供給に用いられる変流器は、しゃ断器の下部 スタッドに取り付け、短絡電流のごとき大電流に対しても十分な過電流強度をもつ貫通形の変流

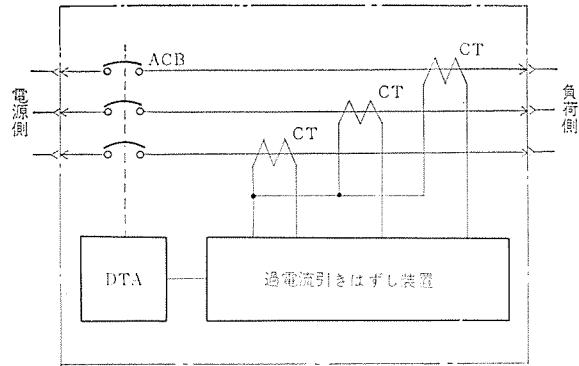


図 4.1 過電流引きはずし装置構成図
Block diagram of overcurrent trip system.

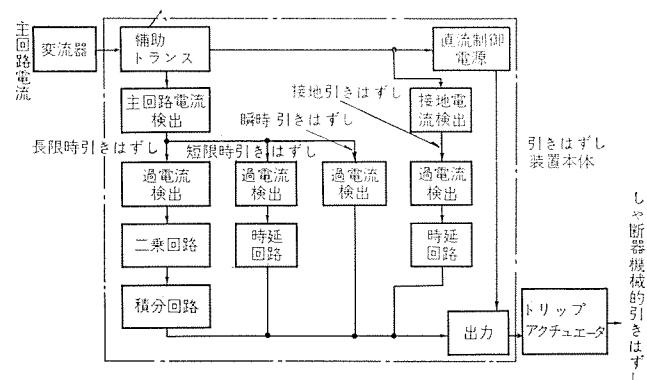


図 4.2 過電流引きはずし装置のブロックダイヤグラム
Block diagram of overcurrent trip device.

器である。しゃ断器下部 スタッドに取付けた場合、上部 スタッドに流れる電流による磁束のために変流器の鉄心が部分的に飽和するが、これを避ける目的で磁気 シールドを設けた。この磁気 シールドとともに、耐ヒートショック・耐 ラッキング 性の高い強じんな樹脂によって注型モールドしている。

4.2 過電流引きはずし装置

主回路電流を変流器によって検出し補助トランスにより主回路電流に比例した電圧に変換し、その電圧値により、長限时・短限时・瞬時引きはずし要素の検出回路が動作する。主回路電流が、長限时または短限时引きはずし要素の動作値を越えた場合は、あらかじめ定められた时限で、また瞬時引きはずし要素が動作するような値の場合は、瞬時に出力回路をトリガし、トリップ アクチュエータに引きはずし パルスを送り、しゃ断器をトリップさせる。

このトリップ アクチュエータを動作させるのに必要なエネルギーは、電源回路のコンデンサにたくわえた電荷を用いるので、しゃ断器をトリップさせるために別個の電源を必要とすることはない。

この装置では電源電圧が確立しないうちに出力回路をトリガすると、しゃ断器のトリップに十分なエネルギーが得られないおそれがあるが、それを避けるための制御回路を設けている。ここで電圧確立の時間が問題となるが、電流の小さい長限时引きはずしの場合は、トリップまでの時間が電圧確立の時間にくらべ非常に長く、また電圧確立の時間は主回路電流の値に反比例するので、瞬時・短限时の場合は、最小吸引値が定格電流の 4 倍と電流が大きいために、短絡回路の投入の場合でも、しゃ断器のトリップ時間には影響しない。

(1) 長限时引きはずし要素

長限时引きはずし要素は、比較的小さな過電流に対する保護を目

的とするものであり、 $I^2 \times t = k$ 、すなわち (電流) $^2 \times$ (引きはずし時間) =一定の特性をもたせた。これは電気機器の過負荷耐量が、その機器が吸収しうる熱エネルギーの量に関係するもので、このエネルギーの量は、短時間で熱放散がないものとみなすと、入力電流の 2 乗を時間について積分したものに比例する。

すなわち

$$\text{エネルギー吸収容量} \approx \int_0^T I^2 dt$$

ここで T は過負荷の時間、 I は入力電流である。

したがって過電流引きはずし装置は、過負荷の時間内に電気機器が吸収したエネルギーを測定する回路をもつことがのぞましい。

熱放散があったとしても、上記の仮定は被保護機器にとって安全側となる。

この長限時引きはずし要素は、検出・制御回路により過負荷状態の間に吸収されたエネルギーを測定し、それが被保護機器によって決まるある一定値になるとしゃ断器をトリップさせる。

(2) 短限時引きはずし要素

短絡電流が流れたとしても、主回路電流の大きさに関係なく一定の時限でしゃ断器をトリップさせる。選択しゃ断の場合、下位しゃ断器がトリップするまで、上位しゃ断器をトリップさせずにおくためにこの要素を用いる。

(3) 暫時引きはずし要素

短絡故障電流のごとき大電流に対して、瞬時にしゃ断器をトリップさせる。

(4) 接地引きはずし要素

残留回路方式による接地引きはずしで、アーケによる接地事故のような比較的接地電流の大きい場合に有効である。

図4.3にDS形気中しゃ断器の過電流引きはずし特性を示す。吸引値とは電流がその値になったときにおののの要素が動作をはじめめる値である。吸引値・時限とも連続的に変化するが、標準値を図4.3に示す値とした。

図4.4は過電流引きはずし装置の温度特性を示す。周囲温度を -20°C から $+65^{\circ}\text{C}$ まで変化させたときの結果で、 $+40^{\circ}\text{C}$, 0°C の結果はカーブ上では省略した。瞬時引きはずしは投入位相の違いなどによるばらつきがあり、明確な温度特性としてはあらわれていない。

4.3 トリップアクチュエータ

トリップアクチュエータは、永久磁石によりキーパ板をトリップスプリングに打勝って吸着させており、過電流引きはずし装置よりのパルスにより永久磁石の磁気回路が逆励磁されると、永久磁石の吸着力は弱まり、トリップスプリングによりキーパ板がはずされ、しゃ断器をトリップさせる。

4.4 過電流警報装置

これもソリッドステート化しており、過電流引きはずし装置の一部に組込む構造している。過電流警報装置は主回路電流が過負荷になったとき、過電流引きはずし装置の長限時引きはずしにより、しゃ断器が引きはずされる前に外部へ警報を発する装置である。吸引電流は長限時引きはずし吸引電流の80~100%，時限は2~20秒(一定時限)まで調整可能な特性をもたせてある。

4.5 過電流引きはずし警報装置

これは過電流引きはずし装置によりしゃ断器が引きはずされたときに、外部に警報を発する装置である。過電流引きはずし装置の引

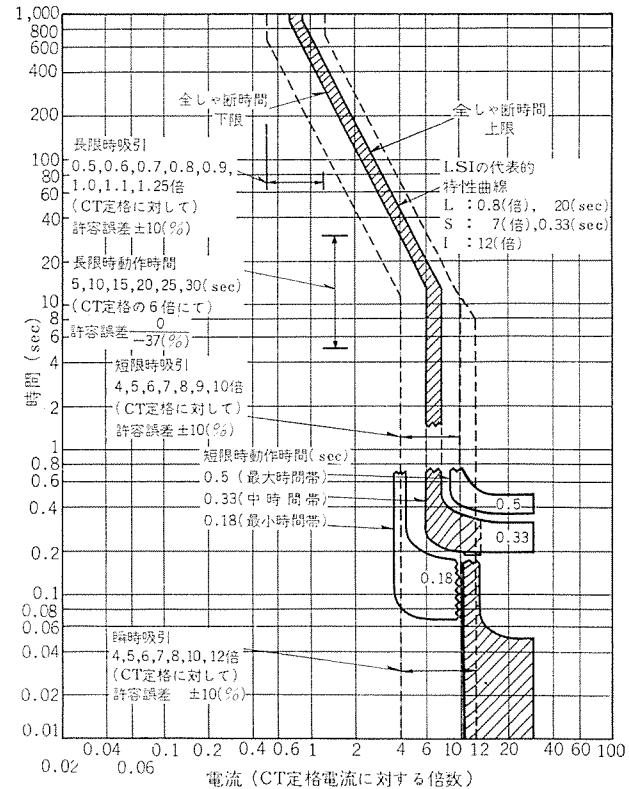


図4.3 過電流引きはずし装置の電流-時間特性
Characteristics of overcurrent trip device.

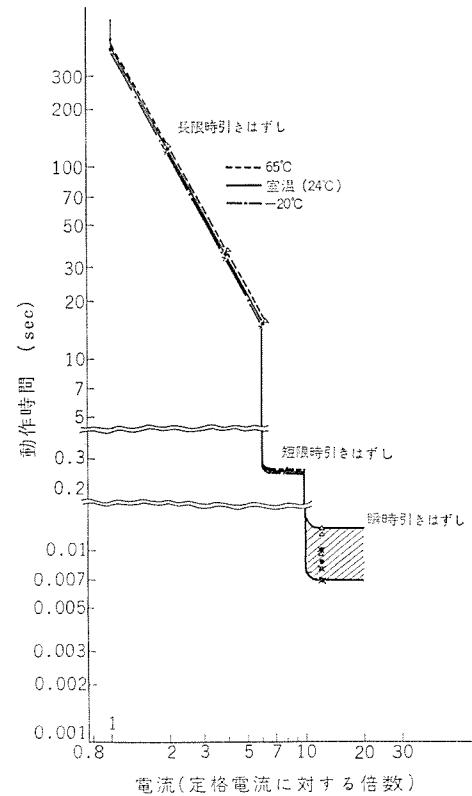


図4.4 過電流引きはずし装置の温度特性
Temperature characteristics of overcurrent trip device.

きはずしパルスを感じし、サイリスタにより警報を制御する回路とし、装置の簡素化をはかった。

5. 試験結果

開発にあたり基礎試験を含む種々の試験を実施し、DS形しゃ断

器の性能を確認した。そのおもな項目について述べる。

(1) 無負荷開閉試験

開閉動作のオシログラムを図 5.1 に示す。無負荷開閉回数は、IEC-160 では、DS-208…10,000 回、DS-416…10,000 回、DS-530…5,000 回であるが、他の規格(たとえば、IEC-157, ANS-C-37, BS-4752 など)を満足させるため DS-208 は保証値を 25,000 回とした。試験ではこれら規格回数の 2 倍、すなわち DS-208…50,000 回、DS-416…20,000 回、DS-530…10,000 回の無負荷開閉を実施し、開閉特性・接点・接触子・シールド(指)・動部・スプリング・機構・モールド類などすべて良好な結果を得た。

(2) 短時間電流試験

短時間電流試験のオシログラムを図 5.2 に示す。通電時間は 1 秒であるが、試験では電流の減衰があるので流通時間は次に示す T_s 以上としなければならない。

$$T_s = \frac{1}{\left(\frac{k}{100}\right)^2}$$

k : 1 秒後の電流値(定格短時間電流に対する%)

(JEC-160 による)

(3) 短絡電流しゃ断および投入試験

短絡電流しゃ断および投入試験は、250 V・500 V・630 V の各電圧について実施し、それぞれ良好な結果を得た。投入電流は、定格しゃ断電流の 2・3 倍(波高値)と JEC-160(1964)に規定されており、DS-530 の 250 V 70 kA では投入電流は 161 kA にもなる。試験はすべてキュービクル収納状態にて行なった。表 5.1 に短絡電流しゃ断試験および投入試験の結果の一例を示す。図 5.3, 5.4 は、DS-208 500 V 30 kA -O-C-O-, 図 5.5, 5.6 は、DS-416 630 V 42 kA -O-CO- のオシログラムを示す。図 5.6 -CO- では、過電流引きはずし装置(OCT)の短限時引きはずし時限を 0.18 sec に整定し、投入容量および引きはずし時限の検証を行なった。図 5.7, 5.8 は、DS-530 250 V 70 kA -O-CO- のオシログラムを示す。図

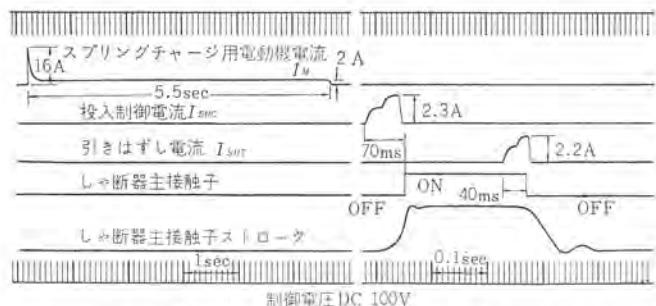


図 5.1 開閉動作のオシログラム
Oscillograms of opening and closing operation.

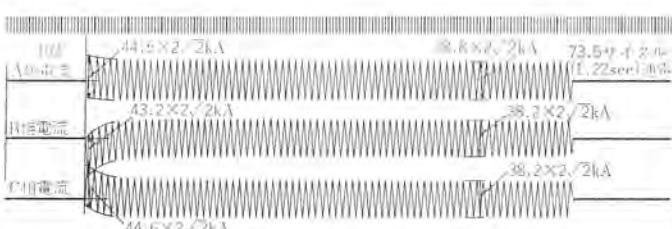


図 5.2 短時間電流試験 オシログラム、DS-416 形、42 kA sym, 1 s
Oscillograms of short-time current test, type DS-416, 42 kA sym, 1 s.

表 5.1 短絡電流しゃ断試験および投入試験結果
Result of short-circuit current interrupting and closing test.

試験番号	供試器	動作実務	給電圧	与相別	しゃ断電流波高値	電流波高値	通電時間	しゃ断時間	投開入時間	備考
			V		kA	kA	(サイクル)	(サイクル)	ms	
004	DS-208	O-CO	500	A	31		2.75	2	0.7	
				B	31.5				0.75	
				C	30	71.8			0.55	
005		1分	500	A	31.2	71	2.25	1.6	0.65	65
				B	31.5				0.65	
				C	31.1					
009	DS-416	O-CO	630	A	42		2.8	2.15	0.55	-
				B	43.2				0.65	
				C	42.8	97.8				
010		1分	630	A	43.7		8.4	(140ms)	0.7	OCT 短限時 0.18s に整定
				B	45.6				0.6	
				C	43.4	97			0.7	
025	DS-530	O-CO	250	A	74.9		1.9	1.4	0.4	-
				B	73.3				0.5	
				C	71.4	179.5				
026		1分	250	A	71	176	1.65	1.15	0.4	76.6
				B	73.2				0.5	
				C	70.4				0.5	

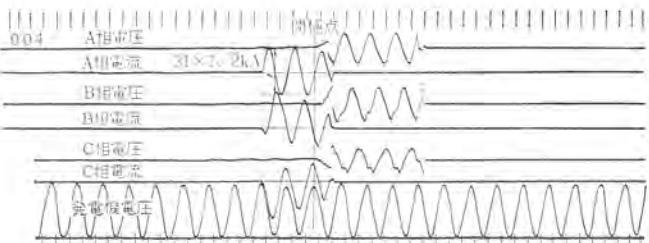


図 5.3 短絡試験 オシログラム、DS-208, 500 V, 30 kA sym, -O-, 開始点
Oscillograms of short-circuit current interrupting test, type DS-208, 500 V, 30 kA sym, -O-, instantaneous trip.

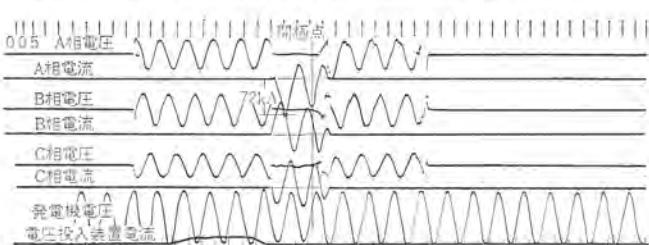


図 5.4 短絡試験 オシログラム、DS-208, 500 V, 30 kA sym, -CO-, 開始点
Oscillograms of short-circuit current interrupting test, type DS-208, 500 V, 30 kA sym, -CO-, instantaneous trip.

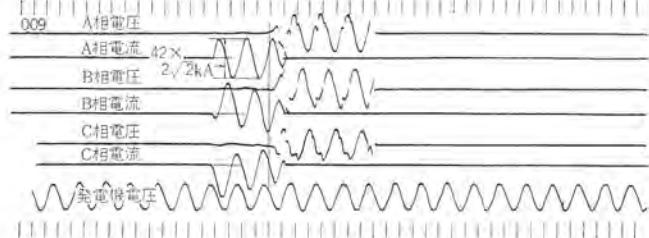


図 5.5 短絡試験 オシログラム、DS-416, 630 V, 42 kA sym, -O-, 開始点
Oscillograms of short-circuit current interrupting test, type DS-416, 630 V, 42 kA sym, -O-, instantaneous trip.

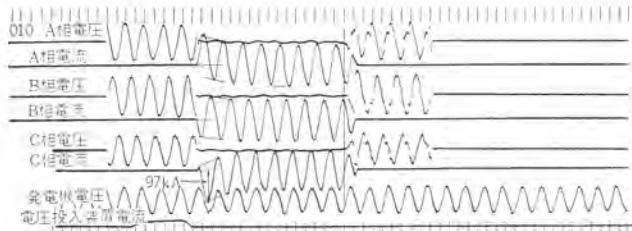


図 5.6 短絡試験 オシログラム, DS-416, 630 V, 42 kA sym, -CO-, 短限時引きはずし, 0.18 s.

Oscillograms of short-circuit current interrupting test, type DS-416, 630 V, 42 kA sym, -CO-, short-delay trip, 0.18 s.

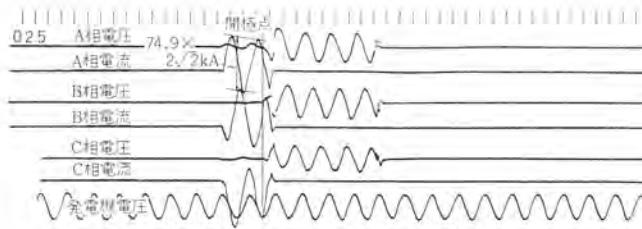


図 5.7 短絡試験 オシログラム, DS-530, 250 V, 70 kA sym, -O-, 瞬時引きはずし

Oscillograms of short-circuit current interrupting test, type DS-530, 250 V, 70 kA sym, -O-, instantaneous trip.

5.8 の投入電流は 176 kA である。

(4) 温度上昇試験

キューピクル収納状態で実施し, DS-208・DS-416・DS-530 の 3 機種とも上昇値は JEC-160 (1964) の上昇限度以内であり, IEC・ANS

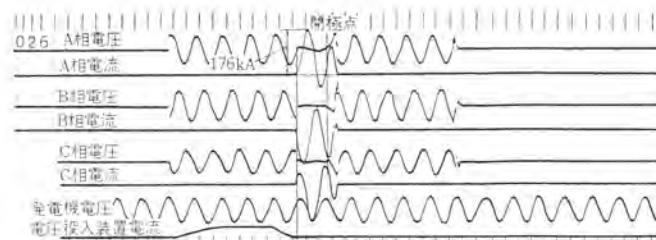


図 5.8 短絡試験 オシログラム, DS-530, 250 V, 70 kA sym, -CO-, 瞬時引きはずし

Oscillograms of short-circuit current interrupting test, type DS-530, 250 V, 70 kA sym, -CO-, instantaneous trip.

・ BS などの規格も満足する結果を得た。

(5) その他の試験

小電流しゃ断試験・負荷開閉試験・引出機構耐久試験などを実施し, 性能を確認した。

6. むすび

以上, 今回開発し, 発売した DS 形気中しゃ断器について紹介した。電動スプリング投入操作機構の採用による投入操作の安定性, 操作者への安全性, ソリッドステート化した過電流引きはずし装置による高精度化, および小形化により, 今後, 発電プラント・一般工場・ビルなどにおける低圧回路・機器の保護用として, 多く使用されるものと思われる。

最後に, 設計・製作・試作にあたって, ご協力いただいた関係各位に深く感謝する次第である。

スチレン橋かけ不飽和ポリエステルの分子間相互作用におよぼす分子鎖構成単位の効果

田中 誉郎*・柴山 恒一**

Effect of Chain Composition on Intermolecular Interaction in Unsaturated Polyesters Cross-Linked by Styrene

Central Research Laboratory Takao TANAKA・Kyōichi SHIBAYAMA

Measurement has been made on the dynamic mechanical properties of unsaturated polyesters with different chain composition cross-linked by styrene. A study has been conducted with the effect of the chain composition on the intermolecular interaction in unsaturated polyesters. It has been found that the hydrogen bond strength, the dipole-dipole interaction and the network topology differ in unsaturated polyesters with different chain composition; the differences affect greatly on the intermolecular interaction of unsaturated polyesters. The information made available here will find much use in the formation of unsaturated polyester varnishes depending on the application.

1. まえがき

回転機あるいは静止器用コイルの絶縁用無溶剤ワニスとして、よく知られているスチレン橋かけ不飽和ポリエステルは、ポリエステル鎖とポリスチレン鎖から構成されており、それらの共重合体としての性質と、橋かけ高分子としての性質の両方を持っている。したがってこの不飽和ポリエステルを構成する分子鎖をうまくデザインして、共重合体としての性質と橋かけポリマとしての性質をコントロールすることにより、用途に応じて必要とする性質を持つワニスを供給することが可能となる。

このようなデザインを行なうために必要な知見の一つとして、力学的性質を考えた場合、スチレン単量体の量をかえたときの不飽和ポリエステルの力学的挙動は、G. Pohl ら⁽¹⁾によって共重合体として一般的取扱いが行なわれており、橋かけポリマとして的一般論は、柴山・鈴木⁽²⁾によって網目中の自由体積の量と分布との関係において確立されているので、これらの一般論を用いてスチレンとエステル鎖の関係に関するデザインは一応可能となった。ここでさらに一步進んで、ポリエステル鎖の構成単位について考えると、構成単位の種類が異なれば、ポリエステル鎖の極性や立体障害の程度が異なることにより、分子間相互作用にかなりの影響をおよぼすことが期待される。

そこで、ポリエステル鎖の構成単位の種類をかえて作ったスチレン橋かけ不飽和ポリエステルの動的力学性質の測定を行ない、ポリエステル鎖の構成単位の種類の違いが、不飽和ポリエステルの分子間相互作用におよぼす効果を調べた。

ここで得られる知見は、無溶剤不飽和ポリエステルワニスを使用目的に応じてデザインする場合に、これまでよりさらに精密にデザインすることを可能にする。

2. 実験

2.1 試料

測定用いた試料の組成を表2.1に示す。エステル化は160°~180°C(窒素気流中)で行なった。測定試片は、表2.1の組成のものに重合開始剤としてt-ブチルパーキングエート/重量部を加えて、2枚

表2.1 測定に用いた試料の組成
Composition of samples used for the measurements.

試料記号	不飽和ポリエステルの組成		不飽和基数と スチレン単量 体の比 <i>S</i>
	酸(モル数)	グリコール(モル数)	
ET-1	無水マレイン酸(1)	トリエチレン グリコール(1)	1:1
2	無水マレイン酸(1)	トリエチレン グリコール(1)	1:2
3	無水マレイン酸(1)	ポリエチレン グリコール200(1)	1:2
4	無水マレイン酸(1)	ポリエチレン グリコール300(1)	1:2
5	無水マレイン酸(1)	ポリエチレン グリコール200(1)	1:4
6	無水マレイン酸(1)	ポリエチレン グリコール200(1)	1:8
7	無水マレイン酸(1)	ポリエチレン グリコール200(1)	1:16
ME-1	無水マレイン酸(1)	ヘキサメチレン グリコール(1)	1:1
	無水マレイン酸(1)	ヘキサメチレン グリコール(1)	1:2
	無水マレイン酸(1)	オクタメチレン グリコール(1)	1:2
	無水マレイン酸(1)	デカメチレン グリコール(1)	1:2
	無水マレイン酸(1)	オクタメチレン グリコール(1)	1:4
	無水マレイン酸(1)	オクタメチレン グリコール(1)	1:8
	無水マレイン酸(1)	オクタメチレン グリコール(1)	1:16
ES-1	無水マレイン酸(0.5) 無水コハク酸(0.5)	エチレングリコール(1)	1:1
	無水マレイン酸(0.5) 無水コハク酸(0.5)	ネオベンチル グリコール(1)	1:2
	無水マレイン酸(0.5) 無水コハク酸(0.5)	ネオベンチル グリコール(1)	1:4
	無水マレイン酸(0.5) 無水コハク酸(0.5)	ネオベンチル グリコール(1)	1:8
	無水マレイン酸(0.5) 無水コハク酸(0.5)	ネオベンチル グリコール(1)	1:16

のガラス板の間で80°C 2時間さらに140°C 5時間硬化させたものを0.1 mmHg 140°C 8時間処理して得た。各系列とも不飽和基は無水マレイン酸により導入した。

ET系列は、グリコール成分としてポリエチレングリコールを用いており、ポリエステル鎖にエーテル結合を含むことを特長としている。

ME系列は、グリコール成分のポリエチレングリコールによるメチレン結合が多く導入されている。

ES系列は、酸成分の一部に導入した無水コハク酸によるエステル結合を含むことを特長としている。

ET-2, 3, 4およびME-2, 3, 4は、不飽和基数とスチレン単量体の比*S*を一定(1:2)にして、グリコールの長さを長くして橋かけ点

間のポリエステル鎖長を変え、ET および ME-2, 5, 6, 7 および ES-2, 3, 4, 5 は、橋かけ点間ポリエステル鎖は同じでスチレン単量体量を増加させたものである。

2.2 動的力学性質の測定

動的力学性質の測定は、東洋測器製バイブロン DDV-II 形により、測定周波数 11 Hz, 常温から 200°C の温度範囲で、複素弾性率 E' および E'' および損失率 $\tan \delta$ の温度変化を求めた。

3. 結果と考察

ET-1, ME-1 および ES-1 ($S=1:1$) に対する力学的 $\tan \delta$ と、弾性率 E' の温度変化を図 3.1 に示す。 $\tan \delta-T$ 曲線は 1 個のピークとその低温側に肩を示す。 $\tan \delta$ ピークに対応して弾性率 E' は、急激に低下しており、この $\tan \delta$ ピークは、各試料のガラス転移による主分散であると考えられる。主分散ピークに対称性を仮定して図 3.1 の点線のように 2 個のピークに分離する。低温側の極大はいずれの場合も 60°C 付近にある。スチレン単量体の量が今より増すと低温分散は見られなくなる。

力学的副分散の現われる 60°C 付近を中心に、測定周波数 50 Hz ~ 3 kHz で誘電性質の測定を図 3.1 と同じ試料について行なった。300 Hz における誘電率 ϵ および誘電吸収 ϵ'' の温度変化を図 3.2 に示す。50°C 付近に極大を持つ ϵ'' ピークが見られる。この ϵ'' ピークおよびそれに対応する ϵ は ES, ET, ME の順に小さくなる。ポリエステル鎖の極性はエステル結合を多く含む ES が最も強く、メチレン結合の多い ME は一番小さい。橋かけ点となるマレイン酸によって導入されたエステル基による吸収は、橋かけ点からの束縛が大きく、もっと高温側に現わることが知られている⁽³⁾。 ϵ'' ピークの温度 (°K) の逆数と測定周波数の対数をプロットして得られる直線の傾きから得たこの吸収の見かけの活性化エネルギー ΔH は、いずれの場合も約 60 kcal/mole で、同じ分子運動機構によって発現した吸収であると考えられる。その運動の規模は ΔH の値から見てかなり大きなものである。これらのことから 50°C 付近の誘電吸収は、回りの分子鎖の運動をともなう橋かけ点で束縛されていないエステル結合、およびエーテル結合の運動によるものと考えられる。また ME の場合は、橋

かけされないで残ったマレイン酸のエステル結合によるものであろう。力学的副分散もその温度位置から見て、誘電的副分散と同じ分子運動機構によるものと考えられる。

スチレン単量体の量を一定 ($S=1:2$) にしてグリコールの長さを変えて、橋かけ点間のポリエステル鎖長を変化させた ME 系列に対する複素弾性率 E' および E'' の温度変化を図 3.3 に示す。橋かけ点間ポリエステル鎖が長くなるにつれてゴム弾性率は低下し、 E'' の極大も低温側に移動する。ET 系列も同じ挙動を示す。ポリエステル鎖が長くなると、橋かけ密度が減少することによる橋かけ高分子の一般的挙動であり、橋かけ高分子としての一般論によって説明することができる。

ポリエステル鎖は同じで、スチレン単量体の量を変えた系列に対する E' および E'' の温度変化を図 3.4 (ET-3, 5, 7), 図 3.5 (ME-3, 5, 7) および図 3.6 (ES-2, 3, 5) に示す。ET および ES 系列でスチレン単量体の量が増すにつれて、ゴム弾性率を低下させるが、 E'' の極大が逆に高温側へいくのは、剛直な分子鎖のために高いガラス転移温度を示すポリスチレンの量が増すために、橋かけ密度の減少による効果を上回ることによると考えられる。この挙動は、共重合体としての一般的な取扱いが可能である。

ME 系列では、ゴム弾性率はスチレン単量体の量とともに減少するが、 E'' の極大位置はほとんど変化しない。図 3.4~3.6 における ET, ME および ES 系列の挙動を一つの図で比較してみる。ポリエステル鎖を固定して、スチレン単量体の量を変えた場合の力学的 $\tan \delta$ ピーク温度 T_M の変化を図 3.7 に示す。ET および ES 系列は、スチレン単量体の増加とともに T_M は直線的に増加し、共重合体の一般的挙動を示しているが、ME 系列では T_M はスチレン単量体量にほとんど依存せず、むしろ少し減少の傾向にある。図 3.7 からポリエステル鎖の構成単位の種類によって、分子鎖の性格が異なることは明らかである。

図 3.3~3.6 においてポリエステル鎖の構成単位の種類による違いは、複素弾性率 E' と E'' の関係に特にはっきり見られるので、この点について考察する。

複素弾性率 E' および E'' の間の関係に見られる鎖構成単位の種類

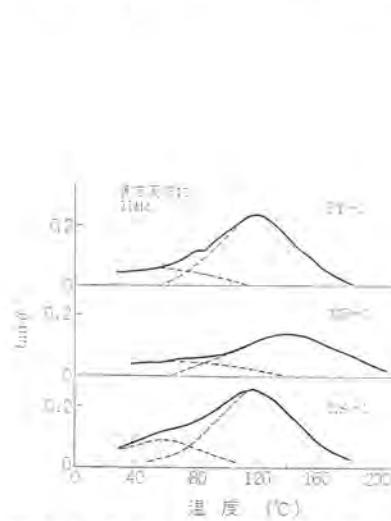


図 3.1 $S=1:1$ の場合の各不飽和ポリエステルに対する力学的 $\tan \delta$ -温度曲線

Mechanical $\tan \delta$ -temp. curves for unsaturated polyesters in the case of $S=1:1$.

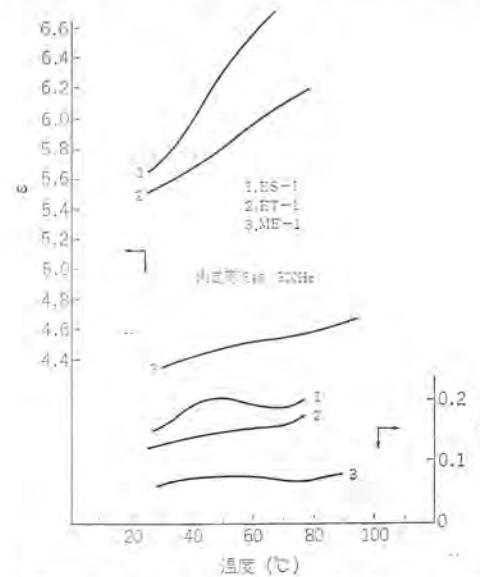


図 3.2 $S=1:1$ の場合の各不飽和ポリエステルに対する誘電温度分散曲線

Dielectric temperature dispersion curves for unsaturated polyesters in the case of $S=1:1$.

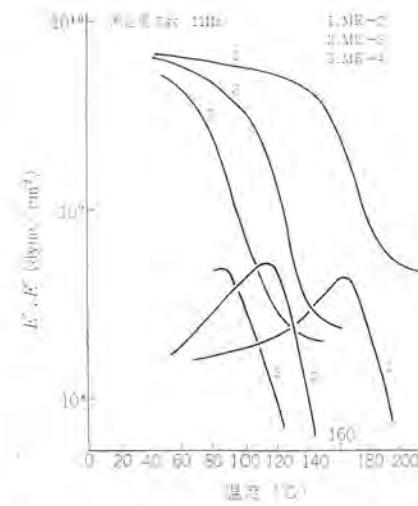


図 3.3 ME 系列における弾性率 E' , E'' におよぼすグリコール長さの効果

Effect of glycol chain length on the elastic modulus E' and E'' of ME series.

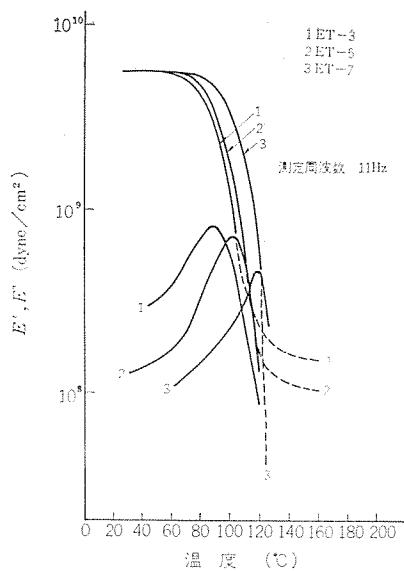


図 3.4 ET 系列における弾性率 E' , E'' におよぼすスチレン量の効果
Effect of styrene content on the elastic modulus E' and E'' of ET series.

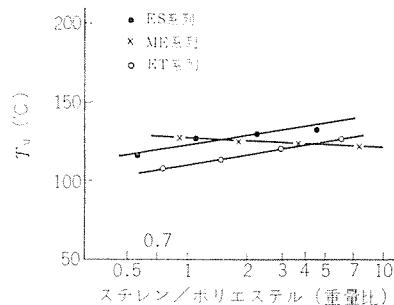


図 3.7 不飽和ポリエスチルの力学的 $\tan \delta$ ピーク温度 T_M におよぼすスチレン量の効果の比較
Comparison of effect of styrene content on the mechanical $\tan \delta$ peak temperature, T_M , of unsaturated polyesters.

による差をより明りょう(瞭)にするために、各試料の E' 曲線を 1×10^9 dyne/cm² で重ね合わせて ET-5 試料の E' 曲線に規格化したものが図 3.8~3.12 である。図 3.8 および図 3.9 は、それぞれ橋かけ点間ポリエスチル鎖の長さの異なる ET および ME 系列に対する規格化粘弾性曲線、図 3.10, 3.11 および図 3.12 は、それぞれスチレン量を変えた ET, ME および ES 系列の規格化粘弾性曲線である。図 3.8~3.12 において E' が 10^9 dyne/cm² になる温度と、 E'' のピーク温度との間のへだたりを ΔT (°C) として求めたものを、表 3.1 にまとめて示す。表 3.1 には橋かけ密度(計算)およびゴム弾性率も含む。

スチレン単量体の配合比率一定で、ポリエスチル鎖長を変えて橋かけ密度を変えた場合、ET(ET-2, 3, 4) および ME(ME-2, 3, 4) 系列とも ΔT はほぼ一定であるが、ET と ME を比べた場合 ME のほうが ET より ΔT は大きい。

ポリエスチル鎖長を変えずスチレン単量体量を変化させた場合、ES

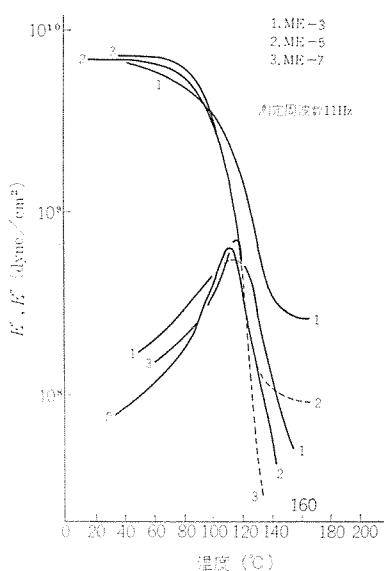


図 3.5 ME 系列における弾性率 E' , E'' におよぼすスチレン量の効果
Effect of styrene content on the elastic modulus E' and E'' of ME series.

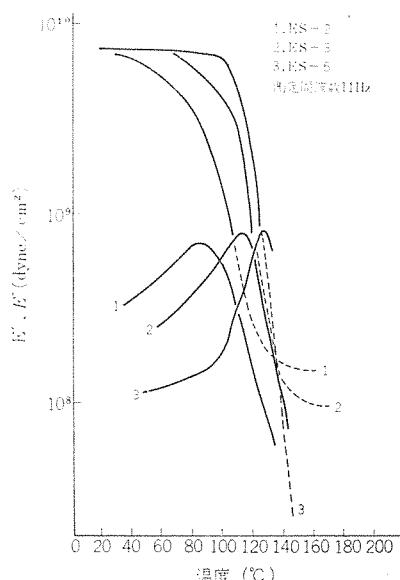


図 3.6 ES 系列における弾性率 E' , E'' におよぼすスチレン量の効果
Effect of styrene content on the elastic modulus E' and E'' of ES series.

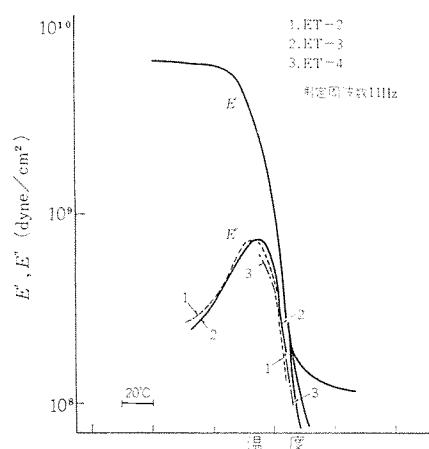


図 3.8 橋かけ点間ポリエスチル鎖の長さの異なる ET 系列に対する規格化粘弾性曲線
Normalized viscoelastic curves for ET series with different polyester chain length between crosslinking points.

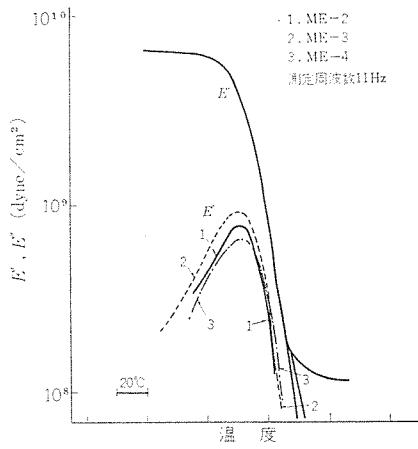


図 3.9 橋かけ点間ポリエスチル鎖の長さの異なる ME 系列に対する規格化粘弾性曲線
Normalized viscoelastic curves for ME series with different polyester chain length between crosslinking points.

表 3.1 粘弾性質の測定結果
Results of the viscoelastic measurement for unsaturated polyesters.

試 料	橋かけ密度 mole/g	ゴム弾性率 dyne/cm ²	ΔT , °C
ET-2 3 4	2.29×10^{-3}	2.8×10^8	13
	2.06×10^{-3}	1.4×10^8	11
	1.71×10^{-3}	7.1×10^7	12
ME-2 3 4	2.46×10^{-3}	4.7×10^8	16
	2.30×10^{-3}	2.5×10^8	16
	2.16×10^{-3}	2.1×10^8	15
ES-2 3 4 5	1.73×10^{-3}	1.5×10^8	20
	1.27×10^{-3}	9.6×10^7	8
	8.32×10^{-4}	2×10^7	-2
	4.87×10^{-4}	$< 10^7$	-4
ET-3 5 6 7	2.06×10^{-3}	1.5×10^8	11
	1.44×10^{-3}	1.0×10^8	5
	9.01×10^{-4}	6×10^7	-3
	5.15×10^{-4}	1.4×10^7	-5
ME-3 5 6 7	2.31×10^{-3}	2.5×10^8	16
	1.56×10^{-3}	8.4×10^7	4
	9.45×10^{-4}	6×10^7	0
	5.29×10^{-4}	$< 10^7$	1

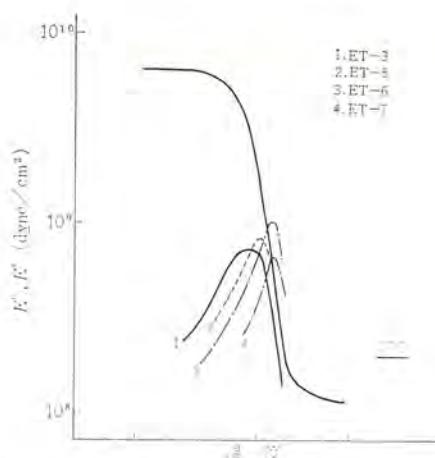


図 3.10 スチレン量をえた ET 系列の規格化粘弾性曲線

Normalized viscoelastic curves for ET series with different styrene content.

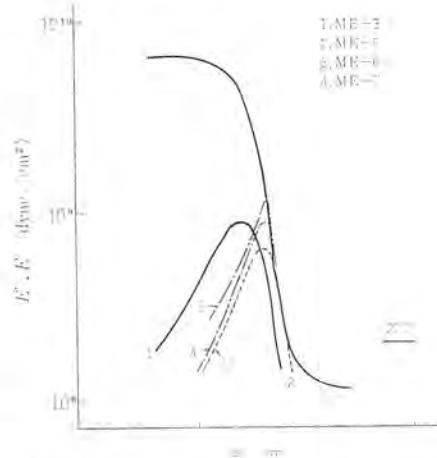


図 3.11 スチレン量を変えた ME 系列の規格化粘弾性曲線

Normalized viscoelastic curves for ME series with different styrene content.

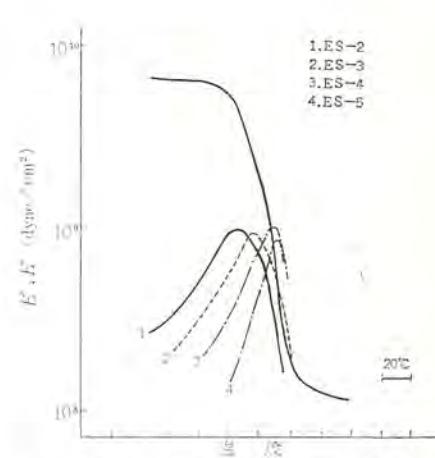


図 3.12 スチレン量を変えた ES 系列の規格化粘弾性曲線

Normalized viscoelastic curves for ES series with different styrene content.

(ES-2, 3, 4, 5), ET(ET-3, 5, 6, 7) および ME(ME-3, 5, 6, 7) 系列ともスチレン単量体量が多くなるほど ΔT は小さくなる傾向にある。各系列間で比較した場合、 ΔT の変化は ES 系列が最も大きくなり次いで ET 系列、ME 系列が1番小さい。一般に E' は、1サイクルの変形の間にたくわえられる弾性エネルギー、 E'' は、熱として消散するエネルギーである⁽⁴⁾。したがって E' と E'' の間隔を表す因子 ΔT は、熱消散にあずかる運動 (E'' の増加) が網目弾性の減少 (E' の減少) における効率をあらわす尺度となる。

網目弾性の減少を考える場合、橋かけやからみ合いの差による効果はゴム弾性域で有効となるものであり、ガラス転移域でその効果は小さいと考えられるので、現在の考察からははぶかれる。橋かけ密度を変えても ΔT が変わらないことはうえのことを支持する。

網目弾性にはエネルギー弾性とエントロピー弾性がある。網目弾性の減少のエネルギー的な原因として水素結合や双極子—双極子結合の熱解離が、エントロピー的な原因としてポリエステル鎖の構成単位の違いによる、いろいろな程度の立体障害をもたらすような網目のトポジカルな差が考えられる。

ポリエステル鎖長を変えずスチレン単量体量を変化させた系で、 ΔT が大きく変わり、 $ME < ET < ES$ と分子鎖の極性の大きさの順に ΔT の変化の程度が大きくなっていることから、網目弾性の減少は、水素結合および双極子—双極子の結合の熱解離によるとところが大きいと考えられる。しかしスチレン単量体の配合量を一定にし、ポリエステル鎖長をえた系で、極性の小さい ME 系列のほうが ET 系列より ΔT の変化の程度が大きいことから、網目のトポジカルな差による原因を否定することはできない。

ここで考えられた原因の中どちらがより有効であるかについては、

粘弾性挙動を周波数分散の形でさらに詳しく調べることが必要であるが、ポリエステル鎖の構成単位によって、水素結合や双極子—双極子結合の程度の差、あるいは立体障害の程度の異なる網目のトポジカルな差が生じ、それがスチレン橋かけ不飽和ポリエステルにおいて、分子間相互作用に大きな影響を与えることがわかった。

4. む す び

ポリエステル鎖の構成単位の種類をかえて作った、スチレン橋かけ不飽和ポリエステルの動的力学性質の測定を行ない、ポリエステル鎖の構成単位の種類の違いが、不飽和ポリエステルの分子間相互作用におよぼす効果を調べた。

ポリエステル鎖の構成単位によって、水素結合や双極子—双極子結合の程度の差あるいは立体障害の程度の異なる網目のトポジカルな差が生じ、それがスチレン橋かけ不飽和ポリエステルにおいて、分子間相互作用に大きな影響を与えることがわかった。

ここで得られた知見は、使用目的に応じて不飽和ポリエステルワニスを作る場合に有益である。

参 考 文 献

- (1) G. Pohl, S. Kästner : J. Polymey Sci., C-16, 4133-4140 (1968)
- (2) K. Shibayama, Y. Suzuki : J. Polymer Sci., A, 3, 2637-2651 (1965)
- (3) 中島：電気試験所研究報告 647 号, P 55 (昭 39)
- (4) J. D. Ferry : Viscoelastic Prop. of Polymers, John Wiley & Sons (1961)

コントロール センタの生産管理システム “OFIS”

宇野木 弘一郎*・町野 康男**・鈴木 淑之**

Production Management System of Motor Control Center “OFIS”

Head Office Koichiro UNOKI

Nagoya Works Yasuo MACHINO・Yoshiyuki SUZUKI

Recently there is a trend that the taste of customers is increasingly diversified while the time of delivery is demanded as short as possible. To cope with it the industry considers it a great problem to set up production structure to satisfy them simultaneously. From this viewpoint systematizing the industry with stock control of parts made as the key point is becoming the basis of the production management to aim at the enlargement of yield through quantity production. In the control center section of Mitsubishi Nagoya works, positive policy has been taken against the change of productive condition and it has been tried to develop and introduce overall production management by making use of computers with the object of establishing elastic production structure and elevating the management level in line with the market tendency.

1. まえがき

ますます多様化する仕様と納期の短縮化を積極的に吸収する生産管理を確立することをねらって、昭和45年コントロールセンタの生産管理システム OFIS の開発を計画した。低圧誘導電動機の集中制御盤であるコントロールセンタは、個別生産の形態をとっているが、本システムでは部材の標準化とその先行仕込生産、受注後は迅速な組立開始ができる方式を目標に46年には導入を完了し、現在にいたっている。変わりゆく企業環境の中でシステム開発の手順はいかにあるべきか、生産管理システム OFIS の報告と合せてご検討願えれば幸甚である。

2. コントロールセンタの生産

2.1 概要

低圧コントロールセンタは、600V以下の誘導電動機や抵抗負荷などの開閉制御や、その保護を目的として作られた集合電磁制御盤である。主回路開閉器類や監視制御器具などは、単位ごとにまとめられてユニット化し、集合的に閉鎖形の外箱に組込まれている。外箱には各箱ごとに垂直母線を通し、その垂直母線はさらに外箱を水平に貫通する水平母線によって接続されている。各ユニットは自動的に連結できる構造になっており、ユニットの点検・取換えは簡単に行なえる。図2.1はその外観を示す。

これらのコントロールセンタは、主として各種工業プラントの電磁制御盤として非常に有効で、プラントの大形化・信頼度の向上・運転の連続性、そして計画の容易さなどの要求からなくてはならぬものになっている。このような仕様で各種のプラントに納入されるコントロールセンタは、当然受注生産の形態をとらざるを得ず、標準寸法の外箱やユニット構造にもかかわらず、多岐にわたる仕様の要求により、非常に多様化した製品となっている。したがってその生産形態も量産化ラインを指向しながら、多機種少量生産の形態から脱しきれない。さらにここ1年来、大形プラント設備の減少とともに、オーダ当たりの生産ロットは小さくなり、多種少量の形態に拍車をかける形となつた。

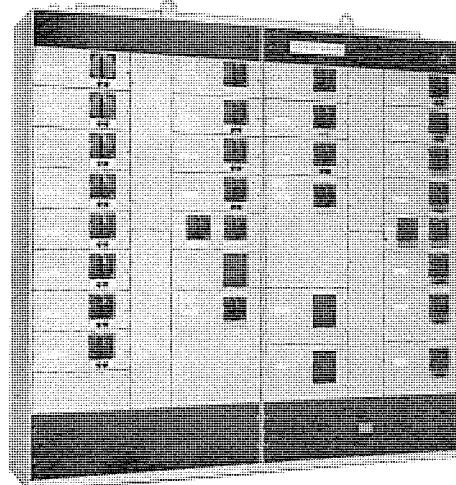


図2.1 E形コントロールセンタ
Type E motor control center.

2.2 環境条件の変化

コントロールセンタの製造に電子計算機を利用する試みは、まず設計計算から始められ、すでに10年の歴史をもっている。当時はIBM-650や7090が利用され、そのシステム開発をCC-1プロジェクトとしてスタートした。その後IBM-360に代わり、そのシステムもCC-1から2、3へと改訂を重ね、現在では7となり、さらにCC-11の新設計システムへと受けつながれている。この関係の経過はすでに本誌Vol. 39 No. 5(昭40年)に発表済みである。この間における設計のマンパワー効率の向上と設計技術者の効果的活用は、増大する受注にもかかわらずよく消化してかなりの成果を約めることができた。当時の設計部門における計算機利用の方向は、一般に設計計算に重点がおかれて、オーダ処理のための設計業務そのものの機械化はその例が少なかった。その後このプロジェクトの試みは見積業務の機械化へと進み、さらに部品調達を中心とした工程管理へとその発展が試みられたのである。

昭和44年2月より製品が旧NC形に代わって新しいE形コントロールセンタが開発された。このコントロールセンタは、製品として単に機

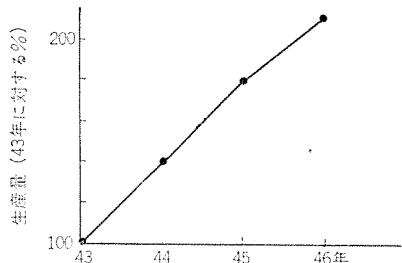


図 2.2 生産量
Production amount of control center.

能上の要求を十分満足するのみならず、生産管理の方式に大幅な改良が加えられるよう設計された。特に単品部品からレベルバイレベルに外箱・ユニットを組立てる生産方式は、Job shop を progressive assembly line にかえる試みであり、45年には組立専門工場も完成して、その生産設備も近代的なものとなった。コントロールセンタの生産は、昭和40年代に入ってその増加はめざましく図2.2のとおりで、製造部門としては、設計の電算化拡大、新工場の設備と合せて生産管理システムのEDP化は当然の成行きとして、チャレンジすべきテーマであった。

当時の環境を今一度整理してみると、

(1) 過去における図面のコード化や帳票システムの合理化では、42年以後の急激な需要の増大や仕様の多様化に対して処理しきれず、手作業による情報処理はすでにその限界にあった。

(2) 仕様変更、図面の出図遅れなどによる生産情報の混乱は、現象的には営業や設計からの一方的なかく(攪)乱と受け取られているが、この問題は製造の管理体制を総合的に見直して解決されるべきものである。

(3) MIC計画が提案されて工程計画など、間接部門のEDP化による近代的な脱皮が活発になってきた。

などであるが、特に製造部門の総合的なシステムからみて、工程計画部門としてとりあげられた問題は、

- (1) 日程計画をより精度の高いものとするための情報収集の不足
- (2) 在庫品や先行品の明確なとりきめがない
- (3) 在庫品の投入量が勘と経験によっている
- (4) 在庫品の保管場所の面積、保管方式
- (5) 組立工場への部品の払出しの手続き

など、従来より改善提案として提起されながらも部分的なものとなっていましたが、本システム開発を契機に設計から製造をとおした一貫したシステムとして、もうもろのテーマが大きく取り上げられることになった。

3. 生産管理システムへの展開

3.1 生産形態と生産管理方式

前記したようにますます多様化する客先仕様と、納期の短縮化を積極的に吸収する生産体制を確立することが、コントロールセンタ生産の最大課題であり、この観点から基本的な生産方式としては、部材を徹底的に標準化して部品の仕込生産を行ない、仕様確定後は、迅速に製品が組立てられるよう単一部品や組立部品の在庫をもつ方式が採られ、一方生産活動の適切な管理メッシュとして、オーダー処理をすべて“旬”単位で管理することにして、これをABC管理とした。すなわち月の上中下旬をそれぞれABCとするもので、将来のよ

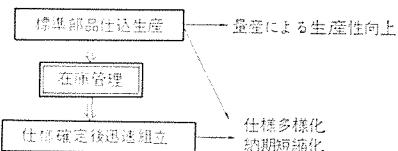


図 3.1 生産管理方式のねらいと機能
Aim and function of production management.

短納期化に対する布石でもあった。そこでこの生産方式を円滑に運営する管理システムとして、次のような機能を有することが要求される。

(1) 受注する客先仕様をあらかじめ見越して、部品の先行手配を行なわねばならない。

(2) 先行手配される部品は、量産化の効果が發揮されるよう仕込計画が立てられねばならない。

(3) 受注工事の仕様の確定度に追随し、かつ客先仕様の変更を吸収できるように、最新の設計内容を常に更新されたファイルを持つこと、および部品在庫量管理と手配残管理がなされなければならない。

(4) 要求が出される時点において、必要かつ十分な在庫量を確保するとともに払出した実績量は、次の手配のための基準情報になるようフィードバックされねばならない。

3.2 システム開発の動機とそのねらい

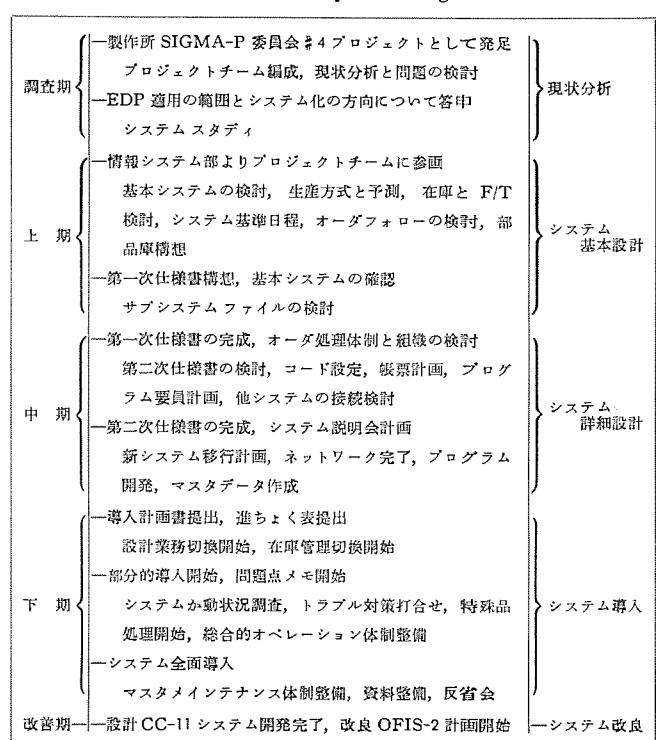
上述の基本的な考え方は旧来より発想され順次実行に移されていたものであるが、前記のような環境条件の変化により、コンピュータを活用した管理システムへレベルアップを図ることが課題であり、あらためてそのねらいを整理してみると、次のようである。

客先要求納期を厳守しつつ、間接部門の効率化（処理の迅速化と省力化）と、管理精度の向上による仕掛残高の適正化をねらいとして、総合的な生産管理のコンピュータ化を進める。

3.3 システム開発の経緯

システム開発にあたっては、上記のような経過から、SIGMA計画

表 3.1 システム設計の手順
Procedure of system design.



(電子計算機を利用し、情報の一元化による経営の近代化を図らんとする全社プロジェクトの呼称)の一環として、44年名古屋製作所 SIGMA 計画委員会においてプロジェクトが設定され、コントロールセンタ 製造部門を中心とし、機械計算部門・生産技術部門からメンバーが参画し、現状分析と問題点の発掘から検討を開始した。

開発の手順を大きく分けると三つの大きな期間に分けられる。まず開発を開始してシステムの基本設計になる第一次仕様書の作成までが上期、システムの詳細設計になる第二次仕様書が完了してプログラムの作成を終了しつつ導入計画書を作成したときまでが中期、新システムに業務の切換えを実施しつつ導入を完了し、資料やドキュメントの整備を行なったときまでが下期といえる。さらにプロジェクト設定後開発を開始するまでの半年が調査期であり、導入を完了して後述されるように改良システムの計画を開始した現在が改良システムの改善期である。今、時系列的にこの間のおもな諸事項を列挙すると表3.1のとおりである。

4. システムの概要

4.1 システムの構成

当システムは前記したねらいをもって、コントロールセンタの受注から出荷に至る一連の生産管理活動を効果的に運営せんとするもので、その手段としてコンピュータ(名古屋製作所に設置の MELCOM-3100/40D)を媒体とした情報処理を行なうものである。そしてこのシステムは次の四つのサブシステムから構成され、そのバックにはABC作戦が共通のベースとして存在している。

(1) 基準情報管理システム (Master Information Control System)

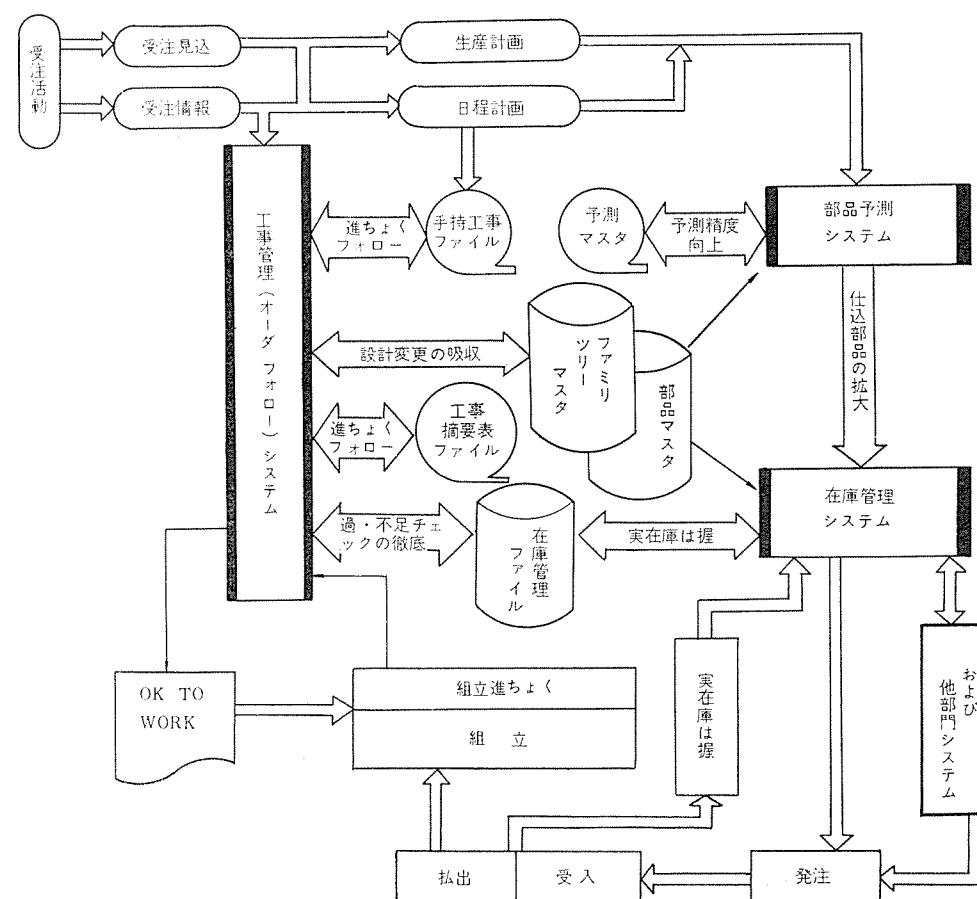


図 4.1 システムの機能図
Function of production management system.

- (2) 部品派出予測システム (Parts Forcasting System)
- (3) 在庫管理システム (Inventory Management System)
- (4) 工事管理システム (Order Follow system)

これらのサブシステムは前述のねらいを具体的に展開し、システムに要求される機能として受けとめられたものであり、それぞれ相互に連携を保って運営されるものである。各サブシステム間の結びつきと、その機能および課題を表わしたもののが図4.1 システム機能図である。

4.2 基準情報管理システム

このサブシステムは図4.2に示すように当システムの中核をなすもので、他の各サブシステムに対して基準情報を提供するものである。そういう意味から以下に示す六つのファイルの中で在庫マスターを除けば、他システムから独立して運用が可能である。

- (1) ファミリツリー ファイル (F/T : Family Tree File)

部品の親子関係を表わすものであり部品構成表から作成される。なお部品の構成がファミリツリーの概念にしたがっているので、特にP/S (Product Structure File)と呼ばず、この名称を用いている。

- (2) 部品 ファイル (P/N : Parts Number Master File)

F/Tを構成する部品対応にその部品の固有情報(たとえば材料寸法・加工工程・在庫区分など)をもっている。

- (3) コードマスター (C/M : Code Master File)

器具部品のキーワードに対する部品コードの変換マスターであり、ここでキーワードとは設計者のインプットの便宜上、一般に用いられている器具部品の呼び方(たとえば電磁開閉器なら MSO-150, 100 V 3 T NOTH)にある程度規定を加えて設定したものである。

- (4) スペックマスター (S/M : Spec. Master File)

器具部品はコントロールセンタのユニット部分のスペック選択プログラムにおいて、コントロールセンター一覧表としてアウトプットされるが、このときの器具部品のコードをキーと呼んでいる。この主キーからキーおよび部品コードへの変換のテーブルである。

- (5) 在庫マスター (I/M : Inventory Master File)

在庫管理対象品の管理基準と、在庫・手配残・派出予測量および派出実績などのデータファイルである。

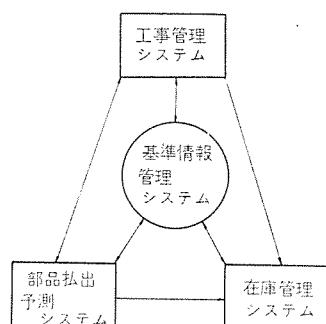


図 4.2 基準情報管理システムの機能
Function of master data management system.

(6) 予測マスタ(F/M : Forecasting Master File)

仕込部品の払出手出予測計算のための予測算式、あるいは配分率テーブルなどから成っている。

4.3 部品払出手出予測システム

仕込部品に対する使用量の予測を行なうシステムである。コントロールセンタに使用される部品は機種の性格上、仕様の内容が受注オーダにより大幅に変わり、使用量が大きく変動する。したがってこれに対して単に過去の実績を基礎とした予測手法（たとえば指数平滑法など）を適用した場合には、予測の精度が十分でなく、どうしても客先の仕様に関する情報を活用せざるを得なくなる。そこで当システムにおいては、手持ちおよび見込みの工事について仕様をインプットし、予測マスタファイルを利用して、部品グループごとに設定した予測算式ならびに配分率テーブルによって、在庫管理指定レベルの親部品に展開する方式を採用している。

予測システムで、さらにF/TおよびI/Mファイルを使って子部品の使用量を予測しているものもある。なお予測はフィーダ部門での加工期間を考慮すると、払出手出先行45日が必要であり、予測のサイクルは図4.3のようになっている。すなわち工事完了に対して2ヵ月間先行し、たとえば8月末に11月工事分に対する1ヵ月の使用量を予測する。

4.4 在庫管理システム

部品の最適発注量の算出と実在庫および手配残の的確な（把）握を行なうことが、このサブシステムの主たる機能である。特に実在庫のは握については工事管理システムにおいて「OK to WORK」の発行を有効ならしめるために、物と情報の一致をはかることが課題である。

4.4.1 発注方式

当システムでは仕込部品の発注を、次の三つの方式に分けて運用している。

(1) 定期発注方式

(2) 引当発注点方式

(3) 払出手出発注点方式

これらの各方式の内容を説明する。

(1) 定期発注方式

この方式で発注される部品は、上述の予測システムで使用量の予測が可能なものに限られる。この場合発注計算は2ヵ月先の予測された使用予定量と、工事管理システムから集計された払出手出の確定量を基に毎月月初めに1回行なう。算式により手配を必要とする量が算出されると、最小発注ロットサイズなどの発注基準に照らし合せて発注を行なう。

(2) 引当発注点方式

予測算式が求められず使用量のばらつきが大きく、単価の高い部品に適用する。この方式は旬単位に処理されるもので、工事管理システムにおいて集計された払出手出確定量を各部品の現在在庫と手配残の累計に引当を行ない、この引当済量と設定された発注点とを比較

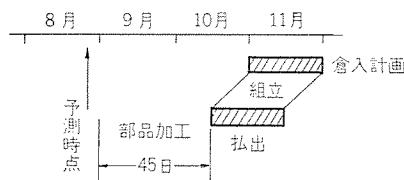


図4.3 予測システムのサイクル
Cycles of estimation system.

して発注か否かを決定する。なおこの場合の発注点は、（調達所要日数-15）日分の使用量程度となる。

(3) 払出手出発注点方式

この方式は使用量の安定した小物部品などを中心に適用する。これはデイリに処理される受払管理（払出手出カードおよび納入カードによる在庫ファイルの更新）の中で発注点との引当を行ない、現在在庫と手配残の和が発注点を下回っている場合に、設定された基準発注量を発注する。

4.4.2 部品庫管理

このシステムにおいて発注計算あるいはOK to WORKの発行などは、すべて実在庫をベースにして処理している。したがって受入・払出手出に対しては徹底的なイン・アウトのチェックを行ない、確実な実在庫が把握されなければならない。そのために実際の在庫と計算機システムの中のファイルの情報を一致させる、すなわち物と情報の一致を果すよう、部品庫の管理には特に次の点でユニークな試みを取り入れている。

(1) 部品庫への担当者以外の入場を制限する。

(2) 払出手出要求票に基づく完全払出手出しを実施する。

(3) 納入に際しては納入カードを、また払出手出しに際しては払出手出カードを発行することを徹底させる。

(4) 部品庫の保管棚（棚）に名板および払出手出カードポケットを用意して、品物とコード番号の一致を確実にする。

4.5 工事管理システム（オーダフォロー システム）

受注が確定し工事命令書が発行された段階から、出荷完了までの工事管理（オーダフォロー）を行なうことがこのシステムの目的である。このシステムでは、設計と工作の一体化をポイントとしてシステムを設計しており、特に最新の設計内容で常にメンテナンスされたファイルを持つことによって、工作部門からタイミングにその内容を検索できる体制をとったこと、および部品在庫管理とオーダ管理との接点を、徹底的な在庫過不足チェックを行なうことにより果していることが特長である。以下各ブロックの処理内容を説明する。

4.5.1 手持工事ファイルの更新と管理資料作成

工事命令書が発行された段階で、要求納期と工場負荷の状況を勘案して大日程（しゅん（竣）期・出図期限など）が計画される。そのデータと工事命令書および仕様書から、コントロールセンタ工事基本データを作成して手持工事ファイルに登録する。なお登録された工事の仕様などの変更は、デイリ処理で更新し最新の状態を維持する。このファイルは部品の使用量予測計算において手持分仕様のインプットとして使用されるほか、各処理でのオーダのチェックおよび在庫レビューのための日程チェックなどに用いられる。またこのファイルを用いて次の資料が出力される。

(1) 手持工事一覧表

(2) 組立日程表

(3) 設計出図管理表

(4) 出荷明細、集計表など

4.5.2 オーダ設計と設計情報ファイルの保守

設計計算については前記したように、このシステム開発の以前から稼働していたオーダ設計プログラム（参考文献を参照）があり、現在ではIBM-370/165を用いて計算を行ない、そのアウトプットを磁気テープで受け、これを設計情報ファイル（工事摘要表ファイル・工事器具ファイル）にインプットしている。なおこの二つのファイルは当システムのデータファイルとしてその中核をなすもので、これらのファイルの更

新の精度維持が、製造情報への展開の意義をになっている。

4.5.3 部品展開と所要量計算

引当指示のあった旬に対応するオーダを手持工事ファイルから抜き出し、抜き出したオーダを工事摘要表ファイル・工事器具ファイルと照合し、引当のための必要な摘要表と器具部品を選び出す。

摘要表については前記の F/T, P/N のファイルを利用して、在庫管理レベルまで部品展開を行なう。また器具部品については、器具展開マスタを利用して展開する。この結果オーダ別・部品別に集計し、所要部品ファイルを作成し、引当と払出指示のためのインプットとする。

4.5.4 引当と払出指示

引当の対象旬ごとに所要部品を集計し、在庫マスタと照合し、部品別に各旬ごとの過不足チェックを行なう。引当は来旬に払出しが始まる工事（第二次引当工事）と、来々旬に払出が始まる工事（第一次引当工事）に対して行なう。そのとき第二次引当工事に対しては、払出指示表および特注品状況表（工事対応手配部品の取りそろえ状況を示す）を作成する。

4.5.5 特注品手配と設計情報の取り出し

設計情報ファイルをメインテナスする時点で変化量ファイルを作成し、このファイルを利用して工事番号別・部品別に集計してP/Nファイルと照合し、特注品を割り出して発注処理を行なう。なお特注品については、設計者があらかじめ摘要表に指定したものを処理する場合と、設計計算から手配まですべて自動で処理する場合がある。

設計情報ファイルはその他次のような情報をリクエストにより任意に取り出して作成することができる。

- (1) 客先用承認図面
- (2) 組立指示書
- (3) 扟出指示書
- (4) 倉入価格表

以上が本システムの概要であるが、図 4.4 に上述のサブシステムの関連を示す。

5. システム開発に当たっての条件整備

当プロジェクトにおいては、システム開発をバックアップして次のような諸施策がこれに先行しあるいは同期して展開された。このことは、他におけるシステム開発の推進に大きな示唆を与えるものと思われる。

5.1 ファミリツリーの導入と基準情報の整備

昭和44年ファミリツリーの概念が導入され、コントロールセンタ製造部門ではいちはやくその思想をそしゃくし、設計と工作の一体化が進められ、部品の標準化が積極的に取組まれた。特に組立ラインにおける組立ブロックや、在庫レベルの設定を考慮して図面を見直し、図面構成基準をファミリツリーダイヤグラムを基に改訂した。またファミリツリーダイヤグラムの各レベルでの標準化をはかり、基準品の範囲を明確にした。これらを基にしたことによって、部品構成表・工程諸元表・在庫管理台帳のデータ整備が非常に短期間で行なわれた。

5.2 ABC 作戦の展開

生産活動における日程計画を一貫して進めるため、基本的な生産サイクルとしてABC日程管理システムを確立した。（この計画をABC作戦と呼称した）。これは図 5.1 に示すとく受注オーダをすべて

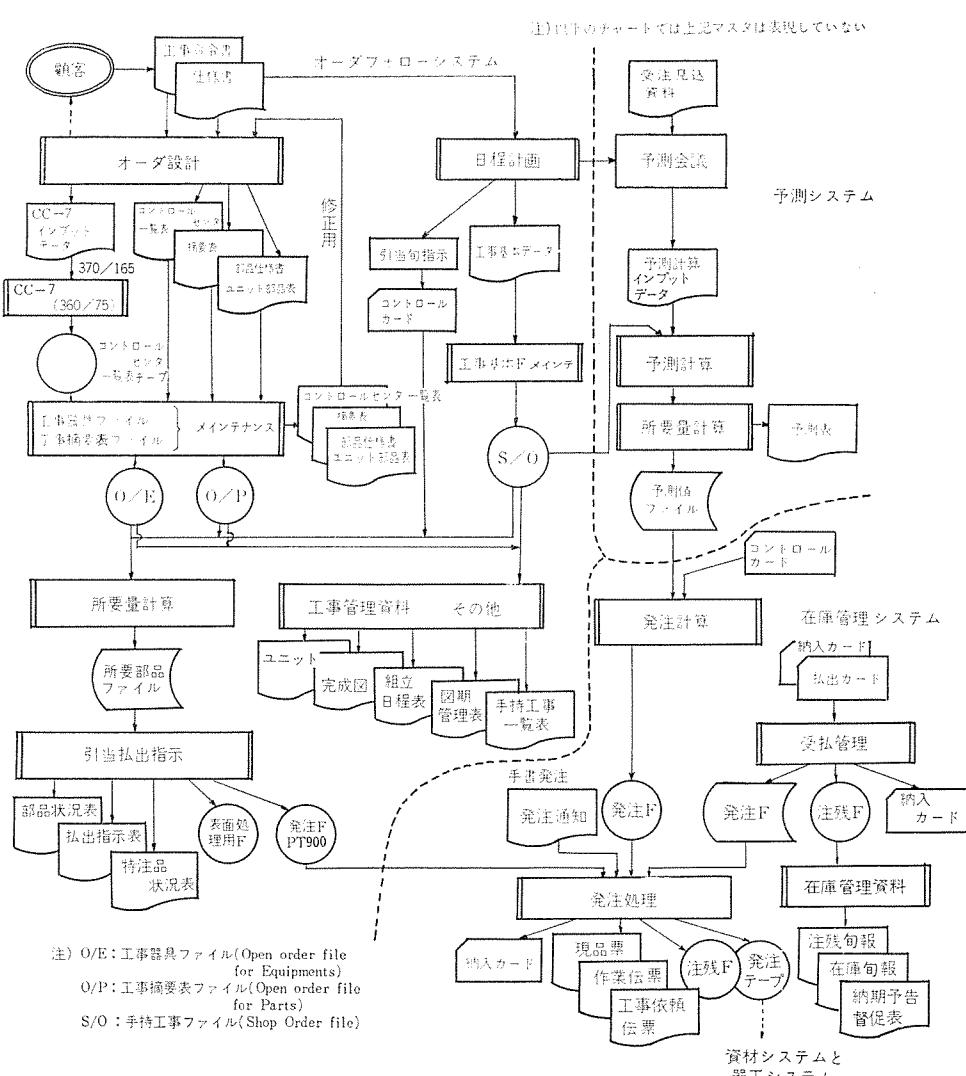
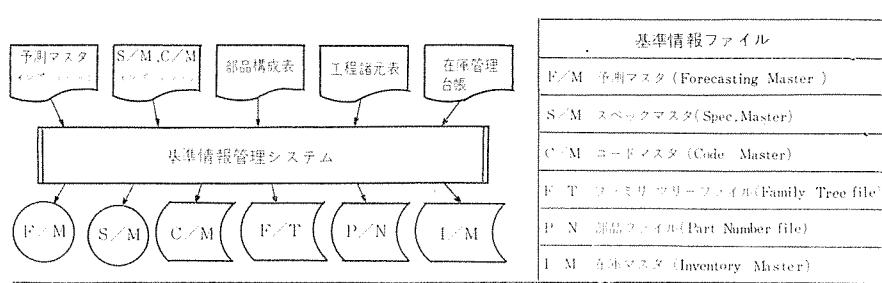


図 4.4 OFIS システムチャート System chart of OFIS.

出荷時点を基準にして月と旬で表示し、日程管理のキーとしたものである。ABC 日程管理とシステムアクションとの関連（タイミング）を示している。

5.3 部品庫の整備

生産の拡大にともなう工場移転を契機として、実在庫のは握が徹底されるよう特に次の点に留意して部品庫の整備をはかった。

- (1) 部品の保管場所を集中化する。
- (2) 庫内は部品別管理とし、部品などを投入工程別にブロック化する。
- (3) 特注品についてはオーダ対応のラックを用意する。
- (4) 部品受入時の荷さばき場を計画的に確保する。
- (5) 大物部品については、分割納入を考慮したスペースを用意する。

またこれらのほかにデータ収集および現品管理のため、次のような改良を施した。

- (1) 部品保管たなには写真入り名札を張る。
- (2) 払出カードのカードポケットを用意する。
- (3) 払出カード・納入カードの回収用の投かん(函)ポストを用意する。
- (4) 担当者以外の入場を制限するため、部品庫に仕切りを設ける。
- (5) 払出しが払出指示表に基づき4時間サービスとする。

などである。

5.4 組織の再編成

システム導入に当たって新しい機能・職務に対応した設計ならびに工作部門の再編成と、人の配置換えを行なった。その後システムの全面か動にともない、次のようなシステム管理グループを新たに編成発足させた。

5.4.1 新グループ発足の主旨

コントロールセンタ製造部門としての組織は、これまで当システム導入以前から組織の総合的な効率化を目指してダイナミックな運用を続けてきたが、今回受注から生産出荷に至る一貫した生産管理システムの導入によって、その情報処理の影響範囲は全体に及んできた。そこでこれをコントロールセンタ生産における全体プロセスとしてとらえ、営業—開発—オーダ設計—工程計画—現品管理—組立—試験—入庫という機構と、コンピュータを中心とした情報処理との調和のとれた運営管理の行なわれることを意図して、図5.2のようなブロックで行なうこととした。

5.4.2 システム管理グループのおもな機能

生産管理システムの中心は、図5.3でわかるようにシステム管理グループであるSMGがその中心になっており、システムコントロールとシステムオペレーションに分かれ、それぞれ次のような機能をもっている。

- (1) システムコントロールグループの機能
 - (a) OFISの総合管理、運営
 - (b) マスタファイルの総合管理
 - (c) OFISの改良、トラブルシューティング

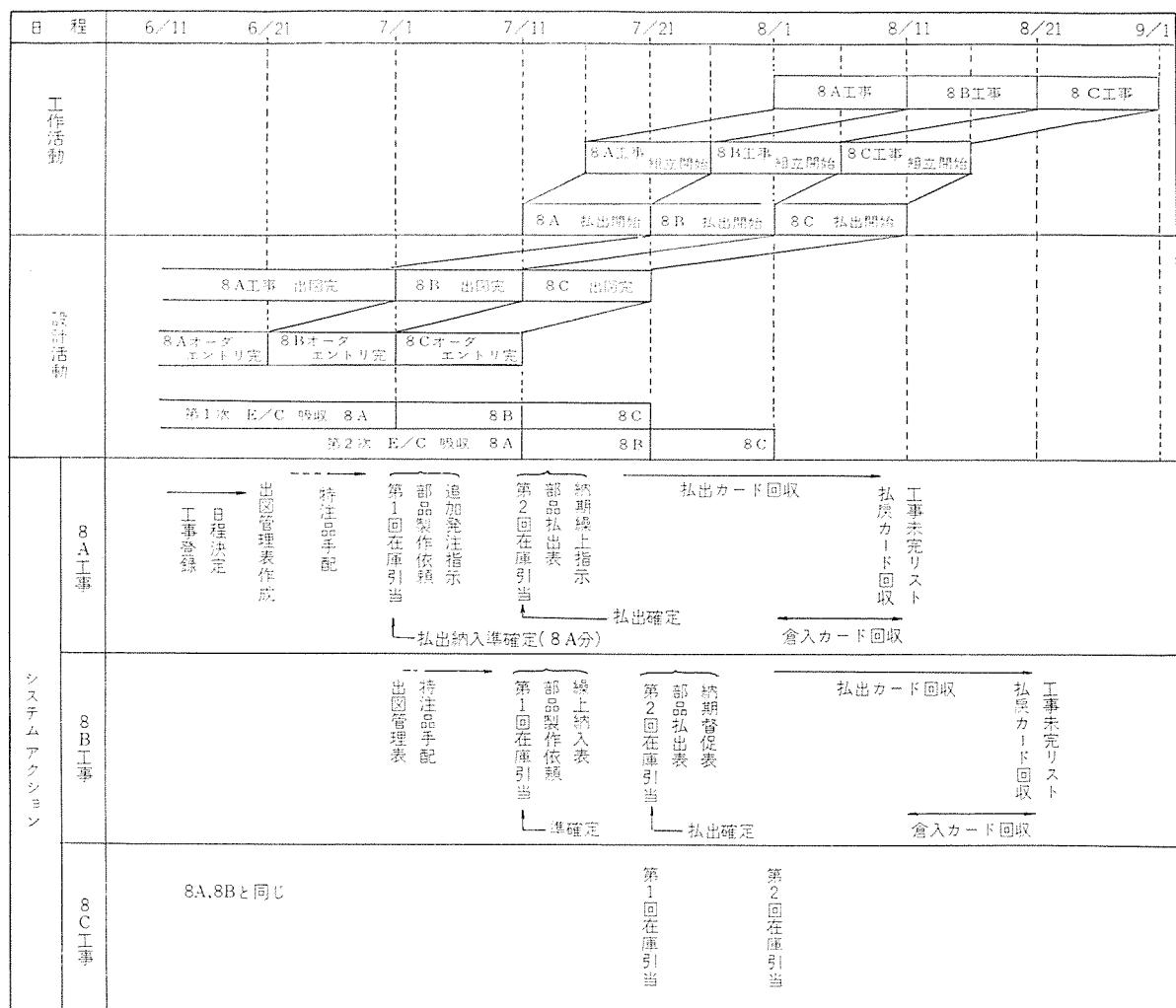


図 5.1 ABC 日程管理 ABC scheduling.

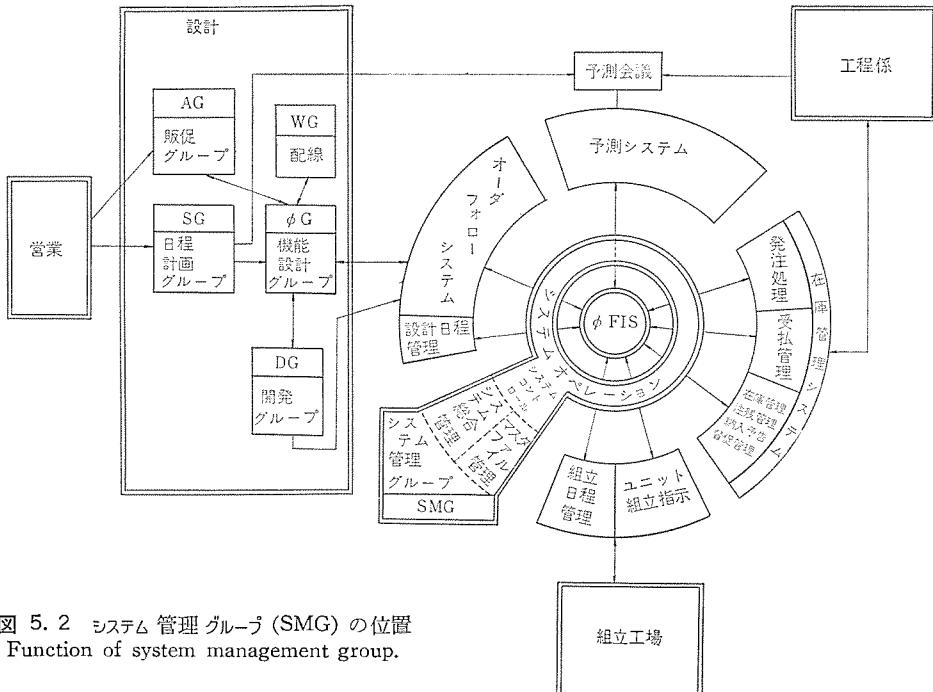


図 5.2 システム管理グループ(SMG)の位置
Function of system management group.

- (d) 新しいEDPシステムの開発
- (2) システムオペレーショングループの機能
- (a) OFISのインプット、アウトプットのオペレーション
- (b) 部品計画およびアウトプットリストの配布
- (c) 設計—工程—工作部門間の相互のシステム情報管理

6. 導入と評価

新システムの移行に際して、他部門へのPRはもちろん担当部門内においても新システムとしての指示を徹底するため、このシステムをOFISと名付けた。これは前記したようにOrder follow parts Forecasting and Inventory management Systemの頭文字をとったものである。また移行に際して新旧両システムの並行実施期間を設けることは、その数カ月の間に新システムのもつてゐる欠陥あるいは設定したルールの誤りや不足を早期に発見したり、またプログラム上の問題点をしらべ、対策を講ずるため必要なことである。また新しい画面や伝票の様式・ルールなどに慣れるためにも、計画的な段階移行は必要なことであり、この移行中はシステムデザイナ、プログラム担当者および機械計算課の担当部員は、共にシステム設計当時と同じく、それ以上に緊密な連携をとりながら業務推進のフォローを行なった。これらの活動により新システムは、本当に実際的なものになり安定化して効果的なものになっていった。以下にその概要を示す。

6.1 導入の段階

- (1) 第1段階(条件整備の活動)

条件整備が主体で、すでに5章に述べたとおりである。

(2) 第2段階(実在庫管理の実施と設計のオーダ情報のファイル開始)

- (a) 設計部門では、設計計算プログラムと工事管理システムの一部との接続を計り、設計のオーダ情報の蓄積を開始した。すなわち客先仕様をインプットすることにより、Spec.選択を行ない設計情報ファイルの登録を開始して、必要な器具部品の所要量計算を自動的に行ない、ファイルする一連のシステムである。

- (b) 工程部門では、払出カード・入着カードを使用して実在庫管

理をスタートした。この段階では注残ファイルへの登録は人手により行なった。

(3) 第3段階(営業情報の処理と工事管理資料の作成)

営業部門から発令されるオーダをインプットとして、手持工事ファイルの登録または修正を行ない、

- (a) 手持工事一覧表
- (b) 組立日程表
- (c) 設計出図管理表
- (d) 出荷明細集計表

などを随時作成することができるようになした。

(4) 第4段階(予測手配および在庫引当)

設計情報ファイルを月別・部品別に払出予定量の計算を行ない、在庫引当を開始した。また手持工事ファイルの仕様別受注台数を月別に取り出し、予測計算処理を行ない定期発注を可能にした。なおこの段階では手配資料作成までとし伝票類の発行はしていない。

(5) 第5段階(特殊部品の発注と伝票の作成)

第4段階までは主として在庫部品の処理を重点項目としていたが、この段階では、フィーダ部門への部品製作依頼伝票を自動的に作成するシステムを導入した。

(6) 第6段階(払出指示表の作成および組立指示表の作成)

この段階までは、工事管理システムから出される集計表を参照して人手により払出指示表を作成していたが、リクエストにより設計情報ファイルから自動作成することになった。一方組立においても設計から出される図面(設計情報ファイルの内容と同じ)から、組立に必要な作業指示を従来は人手により作成していたが、この段階でリクエストにより自動作成となった。

6.2 新システムの評価

コントロールセンタ生産管理システムの使命と役割は先に記述したとおり、システムのねらいとして明示している。部分的には、画面摘要表の自動作成や帳票類発行の機械化といったオペレーションシステムを包含しながらも、生産管理の水準の向上に向って努力するマネジメントシステムアプローチである。それゆえこの機械化の効果については、機械化費用と対比される人件費・事務コストの節減などの消極的效果と、計画判断の最適化による短納期生産や多様化製品を積極的に拡大でき、会社経営上に貢献する積極的効果についても評価しなければならない。

設計部門についてはオーダ設計者の創造業務への転換、工程部門担当者についていえば、従来の勘と経験による日常業務から解放されて、計算機による業務処理をさらに計画する今までとまったく異質の体質に変換できることなど、量的な評価のむずかしい効果にもスポットをあてなければならない。現在は次章に述べるように、要改善項目がありながらシステムを固定しているため、全面的に評価を確かめる段階ではないが、システムの目的として提示された項目を中心に検討をすすめると次のことがいえる。

(1) 積極的短納期生産の効果

受注の傾向はここ1年前より鉄鋼・石油関係の大形プラントが減少

し、各種の工業プラントに移っており図6.1に示すとおりである。この傾向は当然のことながら短納期化の傾向となり、仕様面でも多様化の傾向に拍車をかけることになる。市場のニーズからくる納期の日数をシステム開発当時と現在を比較すると図6.2のとおりである。システム導入後、QDS仕様(Quick Delivery Service)として35日納期で引受ける体制を打出し、この体制で納期遅れを出していない現実をみると、OFIS生産の体制は十分評価に値するものと思っている。

(2) 工場仕掛回転率

部品管理が充実すればおのずと仕掛管理の改善への道は開かれる。仕掛品の適正化と回転率向上をねらいとした、OFIS生産管理の成果を図6.3に示す。導入当時は部品庫内におけるLiving, Sleeping, Deadの区分も明確でなかったが、徐々に環境整備も軌道にのり、部品庫管理の強化や前項に記述の日程管理の整備によるWork in processの仕掛けが減少してOFISによる成果に相乘する結果となった。

コンピュータアウトプットと現品数の差の出やすい部品は、納入・払回数・保管面積・レイアウト・マテハンなどに起因することが大きく、物と情報の一致としての精度向上への手掛けが得られたことも大きな収穫であった。

(3) 間接業務の合理化による質の転換

設計部門では、従来のオーダ処理工数を25%節減して開発や技術コンサルタント業務の強化に振り向けられている。工程工作部門では、帳票の合理化により旧7名が4名に減員、工作部門では、作業指示表や欠品リストなど情報の提供により準備時間の工数が低減されて工数にして約3名分の減員、その他関係部門の間接工数合理化を合せると、開発当時予定していた機械計算の費用と対比した数字に近い線で効果を表わしている。さらに副次的な効果として、工場間接業務者のレベルが向上して、一部のものはファイルのデータを利用して各種の管理資料を作成することに成功した。次項はこの関係のプログラムである。

(4) たな卸し集計処理プログラムの開発

開発当初の仕様にはなかったがOFISが導入されたことによって可能となり、システム導入後開発されたものである。このプログラムの特長は、たな卸し時に作成された部品レベルのたな卸し情報を用いて、集計処理を行なうものである。集計計算を行なうに先立って、部品ごとに材料費・加工費などの原価情報を持った部品単価ファイルを整備しておき、たな卸し作業により収集された情報をインプットして集計計算を行ない、たな卸集計表・部品単価表を作成するものである。期ごとに行なわれるたな卸は今まで人海戦術で処理していたが、部品庫の整備やこのプログラムなどにより従来の70%程度の工数で処理することができ、大いに合理化の実が上がった。

(5) 在庫品のABC分析

前記した在庫マスター(I/M)にある払回実績量と部品単価ファイルにより、期間使用の部品別材料費を集計するプログラムである。このアウトプットは在庫品のABC分析として、仕掛コントロール・発注区分の見直しなどのほか、原価低減活動に有効である。

7. 今後の方向

7.1 OFISプロジェクトの改善計画

生産の合理化を目的とした新しいシステムは、それ自体の開発計画を予定どおり実行することも一つの大きな目標であった。それゆえ

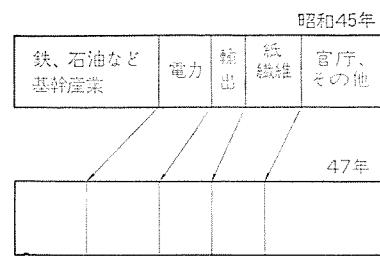


図6.1 需要分野の変遷
Change of demand field.

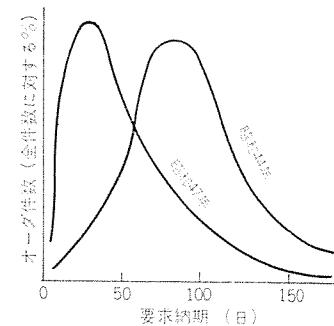


図6.2 要求納期 Due date.

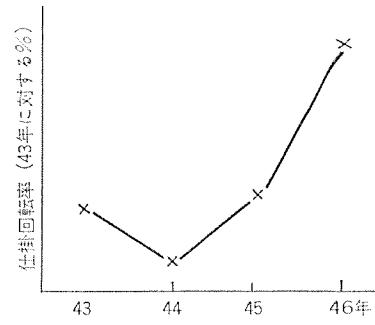


図6.3 工場仕掛け回転率
Turnover rate of work in process.

多少のむりを承知で仕様を固定し、また難解な処理方法や手続きを是認してきた。これはシステム開発上重要なことではあるが、このため外部環境の変化にすっきり対応できないところもあって、改良計画の立案は必然の成行である。

導入開始後約1年目の47年OFISプロジェクトは、OFIS-2として改善計画の仕様書を完成させた。これは開発手順のところですでに触れたが、OFIS-1のトラブル対策の進め方として次のような方針がとられていた。すなわち、

- (1) トラブル発生に対しては直ちにトラブルメモを発行する。
- (2) 問題点の緊急処理はOFIS業務メモの規準による。
- (3) 方針的な対策はOFIS-2において処理する。

などである。これらはすでに改良プロジェクトの動機となるものである。今一つは現在使用中の計算機 MELCOM-3100-40D が、48年には新しくMELCOM-7700に切り換えることになったためである。このような次第で、OFISプロジェクトは新しくOFIS-2としてすでにスタートを開始している。

7.2 OFIS-2プロジェクト第一次仕様書の概要

OFIS計画の今後の方向を示すものとして、ここにOFIS-2プロジェクト第一次仕様書の概要を紹介してこの章の説明にかえたい。

- (1) OFIS-2開発のねらいと方針

システム設計はその完成時点を100%とすれば、第1回のシステム設

計が完了して導入開始時点が 30 %、その導入の問題点を整理して一応の形態が整ったときが 60 % と評価し、今回の OFIS-2 を完成させたときが 100 % である。それゆえ OFIS-2 の開発方針は、

- (a) 基本スペックの見直し——外部環境の変化と管理の向上
- (b) システムおよびプログラムの単純化——費用節減と継続拡大できる体質
- (c) 製作所内総合ファイルとの結びつき——他システムとの関連
- (d) さらに実効のある設計と工作の結びつき——機能責任への脱皮

の 4 項をあげ、この方針のもとに特に検討すべき項目を、

- (a) 設計面からは、システムオペレーション部門の効率化。
- (b) 在庫面からは、予測部品の範囲の拡大。
- (c) 統一ファイルの面からは、導入が簡単でファイルの効果的利用ができるシステム

の 3 点にしぼった。さらにシステム技術上の問題として、

- (a) マスタ情報のターンアラウンドタイムの短縮
現システムでは F/T→P/N→I/M の順でメインテナンスするが、先行するブロックの結果をみて次のブロックにデータを入力するシステムになっている。今回これを 1 回の処理ですべて完了しようとするものである。
- (b) 予測手配部品の範囲の拡大
現在は在庫品に限定しているが、ユーザによる特殊部品が固定されていることに注目して、特殊部品の予測が可能なシステムとする。
- (c) 短納期工事に関する処理
現システムでは旬ごとに引当を行なっているが、引当完了後に出図された超短納期工事がもれるため、日ごとに部品展開・引当を行なうシステムにする。
- (d) 処理時間を短くする
現行システムを改善してリクエストの処理効率をあげ、オペレーションの単純化を計る。

(e) エラーデータ処理方法の改良

現在は Job step 別にエラーリストを出力しているが、これを工事番号別にリストアップし、一方データは処理待ちファイルに登録して、翌日周囲条件を整えれば再処理できるシステムにする。

などである。その他の項目としては開発計画の中に、大日程計画・推進体制・作業スケジュールと進ちょく管理・ハードウェアの構成など、システムの概要としては、OFIS-1 と同様その機能・構成・運用およびサブシステムの仕様を説明している。

8. むすび

企業の活動は常に生きものであり、システム設計を計画した 45 年と現在の 47 年ではまったく企業をとりまく環境も変わってしまった。コントロールセンタの需要も、今までの基幹産業中心から大きく転進しているが、このような時期に開発の成果を報告できるのは、非常に幸いといわねばならない。

システムをとりまく環境の変化による経営の要請と、システムデザインの改善意欲により、今後の OFIS が 3, 4 と修正継続されて、ますます効果あるものとなることを信じてこの報告を終わりたい。最後にこの試みが比較的順調に進み、しかもかなりの成果を納めることができたのは、全社的な方針の明確化、本社情報システム部の協力、製作所内のシステム推進委員会の体制、そして各関係部門の協力によるものであり、ここに深く感謝する次第である。またこのプロジェクトに参加した人々の強力なチームワークの賜であったことも、ぜひ報告しなければならない事柄であり、あらためて感謝する次第である。

参考文献

- (1) 町野、桐生：コントロールセンタ 製造への電子計算機の導入、三菱電機技報 39, No. 5 (昭 40)
- (2) 木村：三菱 E 形 コントロールセンタ の特長と今後の市場要件、三菱電機技報 45, No. 3 (昭 46)

電子計算機の設計自動化のためのデータベースシステム(EDMS)

小島 一男*・田中千代治*・田渕謹也*・清尾克彦*・国岡美千子*

Engineering Data Management System for Computer Aided Design of Digital Computers

Kamakura Works

Kazuo KOJIMA・Chiyoji TANAKA・Kinya TABUCHI
Katsuhiko SEO・Michiko KUNIOKA

Remarkable is the progress in the latest computers, especially the employment of MSI and LSI and high speed high performance operation are striking. To cope with the sharp increase of design data, a number of trials have been made for unitary control of the design and manufacturing data and their mediums in order to improve the efficiency of DA work. But examples of applying the general purpose file systems are not yet found. This paper describes an automated design system of which the design data base is constructed by the general purpose file processing system (MELCOM-7000 DMS) capable of handling network structure and is combined with the DA programs. It also gives an outline of the performance of system based on execution examples.

1. まえがき

現在論理装置の設計・製造・検査に計算機の利用は欠かせないものとなっており、設計の各ステップでの自動化的範囲も拡大し、取扱う設計データも飛躍的に増大している。このように種々雑多な設計情報が各ステップで利用され、蓄積されると必然的に重複作業が発生し、スペースと時間の浪費をまねくとともに、誤用・見落しなど作業の効率が著しく低下する傾向が生ずる。

これらのDA作業の多様化と運用の煩雑さに基因するロスを少なくする対策には、二つの側面がある。

第1は、各設計ステップに適した設計言語を用いて記述されるデータおよび自動設計サポートを介して、生成されるデータを一括してファイル化し、そのデータを多目的に利用できる形で維持する。いわゆる“設計のデータベース”を構成することである。

第2の点は、運用作業そのものの自動化ないしは操作の簡単化、すなわち作業管理サービスの強化(DAモニタの強化)である。

たとえば、プログラム・共通データの管理・データの秘密保全・エラからの回復・情報媒体管理・実行管理・連続JOBの実行などがこれに相当する。

本システムは、実装設計データ・リソース(情報媒体・プログラム)を一括管理するための“データベース”を構成するもので、既存の自動設計プログラムを情報システムとして体系化する試みであり、対象として電子計算機の開発設計における主として実装設計サポートと、関連する製造、検査工程の省力化を計ることを目的としている。また本システムは、計算機にはMELCOM-7700を使用し、データベースの構成には、ネットワーク構造を取扱うことのできるはん(汎)用ファイル処理システム(DMS)⁽¹⁾を使用している。

本文では、このEDMS(Engineering Data Management System)の概要と自動設計プログラムとの関係、各サブシステムの構成と機能について述べ、実施例にもとづく性能について概説する。

2. データベースシステム(EDMS)の概要

図2.1に示すように、システムは大別して四つのサブシステムと対応するファイル群から構成される。各サブシステムには、関連する自動設

計サポートプログラムが含まれ、全体として論理装置の実装設計自動化システムを構成するが、本章では、主としてデータベースの構成要素であるファイルとその生成、変更処理を行なう部分に注目し、個々の自動設計プログラムには触れない。

2.1 データベースの構成

2.1.1 用語の定義⁽¹⁾

(i) ファイル

ある論理的構造をもつ閉じたデータ群の集合で、ここで閉じているとは、他のファイルのデータへのポインタを直接持たないことを言い、Keyed Access は相互に可能であってもよい。

ファイルの集合をファイル群といふ。

(ii) メンバ

同じ論理的構造(ファイル)で内容の異なるデータ群を、そのファイルのメンバと呼ぶ。

(iii) スキーマ

データベースを構成するファイルの構造定義ファイルをいう。

(iv) サブスキーマ

スキーマの論理的サブセットで、大きなデータベースの一部のみをアクセスする場合には、その部分を指定するサブスキーマを指定する。

(v) データベース

ファイルとスキーマ(サブスキーマ)の一対からなるロジカルファイルをいう。

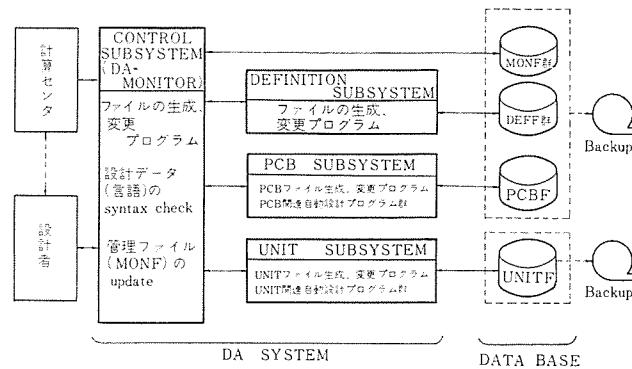


図2.1 システムの構成
System outline.

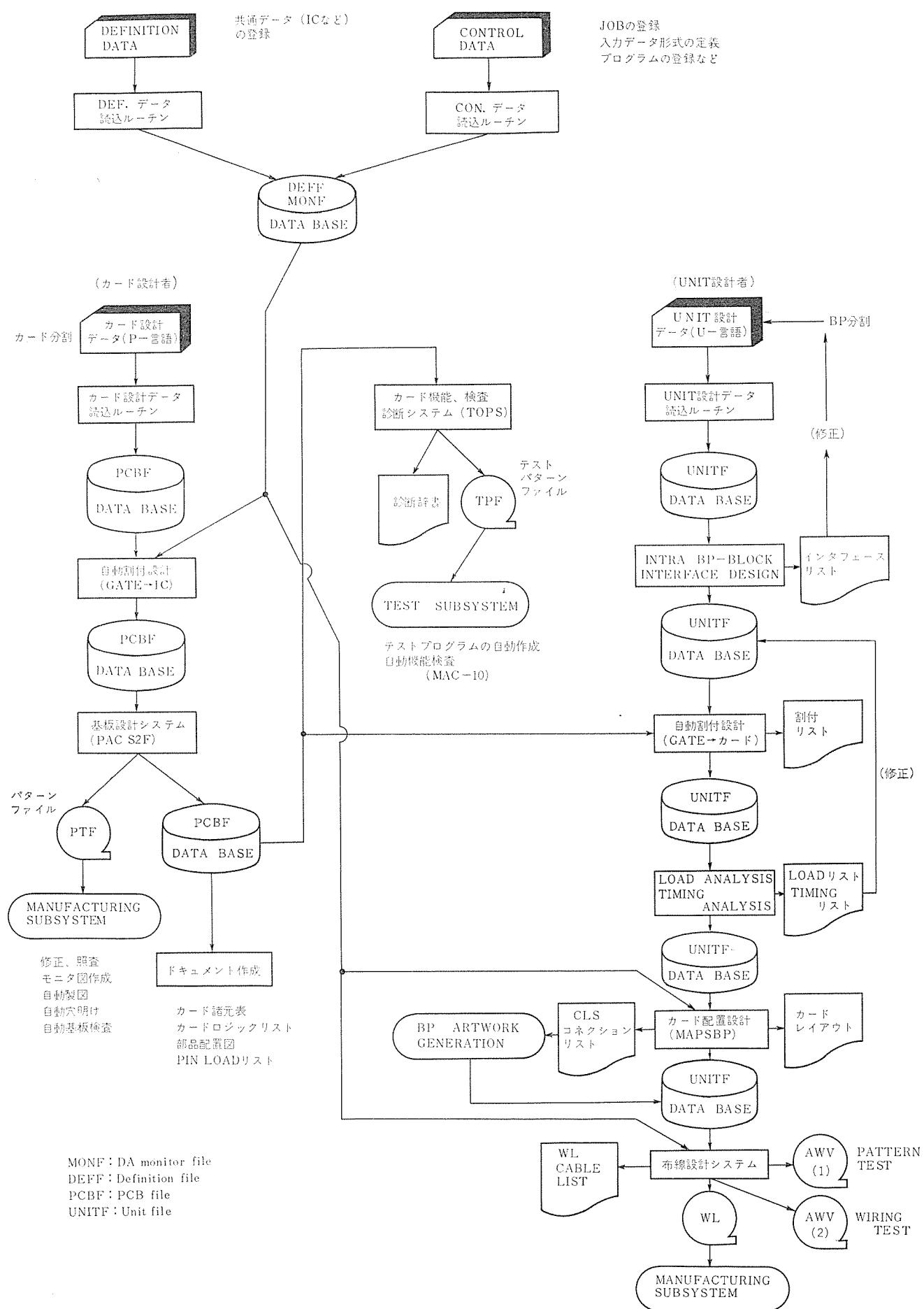


図 2.2 設計作業手順 (機種ごと)

Flow chart of the design process.

2.1.2 設計データベースの構成

論理装置の設計データは、種々のファイルを含み、設計から製造に至る一貫した流れの中で、次第にデータが増殖してゆく性質をもち、設計の各段階で要求するデータは、その処理内容によって、任意の詳しさ(レベル)で効率よくアクセスできることが要求される。図2.1の構成では、処理対象によって必要とするファイルの部分集合を個別に定義しておき、大きなデータベースの部分領域のみをアクセスするようしている。

たとえば、プリント基板上の部品配置設計、パターン設計は、PCBファイルのみを対象として処理できるのに対し、カードテストパターン作成、ICへのゲート割付設計では、PCBファイルとDEFファイルが対応するサブスキーマとなる。こうすることにより、プログラムの作業領域を小さくでき、データ構造の変更に伴うプログラム変更を少なくできる。またサブシステムの開発の都度、サブスキーマを定義してデータベースを徐々に拡大してゆくことができる。

2.2 DA-Monitor ファイル(MONF)群

Controlサブシステム(DA-Monitor)において使用されるファイルであり、設計者がDAプログラムを使用して、各種の設計作業を行なうときの補助を統一的に行なうもので、作業の円滑化を計り、設計作業に付随する負担を軽減することを目的としている。このファイル群を使用して、JOB管理・実行管理・プログラム管理・入力データの形式チェックなどが行なわれるが、詳細は3章でのべる。

2.3 Definition ファイル(DEFF)群

論理装置設計者が、設計過程で共通に使用するいわゆるライブラリデータであり、IC、MSIなどの部品仕様・標準実装仕様などの設計基礎資料、各設計ステップで使われる設計基準、制限条件のライブラリが含まれる。Definitionサブシステムの詳細は4章でのべる。

2.4 PCB ファイル(PCBF)

すべてのプリントカードについて、内部論理情報・実装情報を保持する。このファイルはカード設計以外に、Unitファイルを展開してシミュレーション用の論理構造データを取出す場合、またUnitの布線設計を行なう過程で、カード内の電気設計条件を取込むために使用され、おののの場合に別々のサブスキーマに所属する。PCBサブシステムの詳細は5章でのべる。

2.5 Unit ファイル(UNITF)

ここで言うUnit(装置)とは、一つのまとまった設計単位であり、ユニットレベルの設計言語で、設計済みのカードを使用してマクロに記述される。このファイルは、装置を実装するバックパネルへの分割設計、バックパネル間の接続ケーブル設計、バックパネル内布線設計などに使用される。Unitサブシステムについては6章で記述する。

2.6 設計手順

図2.2に、論理装置の実装設計を中心とした自動化システムの設計フローを示す。この図からわかるように、現状では自動化システムが実装オリエンティッドな形態のものとなることが多い。この理由としては、次の2点があげられよう。まず論理分割設計の評価基準が複雑であるため、実用に耐える有効な設計アルゴリズムが見つかっていない。このために、分割単位を人手で指定して設計データを記述する必要があるため、図2.2のようにPCB設計フロー・Unit設計フローが分離してしまうことになる。第二の点は、布尔式から使用できる論理素子レポートリに翻訳する論理合成の有効なアルゴリズムが見つかっていないために、論理設計では、使用IC(MSI)に対応した記述から出発せざるを得ない事情がある。

図2.2の設計手順は、次の三つの作業に大別できる。

2.6.1 共通データ・管理データの作成

MONFならびにDEFFを実設計作業を始める前に、まず作成しておかなければならない。この作業には、設計者の登録、設計者の実行作業範囲、共通部品ライブラリ、標準実装仕様の登録などが含まれる。

2.6.2 カード設計

カード設計データをもとに、割付設計・基板設計・診断テスト生成を行なう作業で、基板の製造・検査、カードの試験システムへ接続され、必要なドキュメントが作成される。

2.6.3 Unit 設計

Unit設計データをもとに、バックパネルへの分割・負荷分析・カード配置設計・布線設計を行なう作業で、バックパネルの製造・自動配線・自動配線検査システムに接続される。

3. DAモニタ

DAモニタは、DAデータベースシステム(以下DAシステムと略す)の円滑な運営を計り、DAシステムの使いやすさを向上させ、自動設計作業の管理を行なうことをおもな目的としている。DAモニタを中心としたDAシステムの概略を図3.1に示す。

DAシステムディスクには、DAモニタの実行に必要な情報を持つDAモニタファイル、DAデータベースの構造を定義したスキーマファイル、およびDAモニタのもとで実行されるDAプログラムのロードモジュールが格納されている。

各DAプログラムは、DAモニタコントロールコマンド(以下DAコマンドと略す)の指示に基づき、DAモニタのもとで、DAシステムディスクよりコアにロードされて実行される。

3.1 機能

DAモニタは以下の機能を行なう。

(1) Authority Check

DAシステムを利用する使用者が、あらかじめ登録されているかどうか、および使用者の実行が、あらかじめ登録されたDAシステムにおける実行許可範囲内にあるかどうかのチェックを行なう。これは使用者の勝手な使用を禁止し、DAシステムのプロテクションおよび秘密保持のために行なわれる。

(2) Catalogued Procedure

DAプログラムの実行を指示し、実行時に必要な各種情報を与えるDAコマンドの組を一つのプロシージャとして定義し、実行時にDAコマ

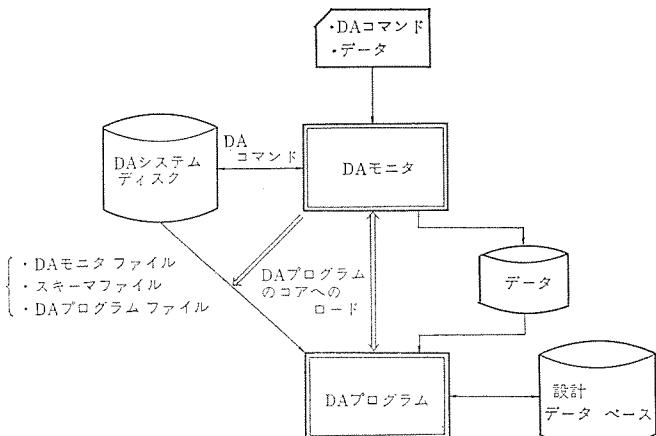


図3.1 DAモニタの概略図
Functional flow of DA monitor.

ンドでそのプロシージャを指定するだけで、正しく DA システムの実行を行なうことができる。定義されたプロシージャの内容は、実行時に任意に修正することができる。

これにより DA コマンドの量は大幅に減少し、使用者によるつまらないミスを除くことができる。

(3) 実行管理

DA モニタのもとで実行される複数個のプロシージャは、それぞれのプロシージャで指定される優先度にしたがって実行される。この優先度は DA システムのサブシステムごとに定められており、たとえば、Definition サブシステムのプロシージャは、PCB サブシステムのプロシージャよりも先に実行されるようになっている。

また、各 DA プログラムの実行は、以前に行なわれた DA プログラムの結果(発生エラーカウント・最高エラーレベル)が、DA コマンドで指定した値よりも小さい場合にのみ行なわれる。

(4) 入力ストリームの編集

入力ストリーム中の任意の位置にあらかじめファイルに登録されたデータをそろ(挿)入したり、入力ストリーム中の任意の一部をファイルに登録することができる。

(5) DA システムの管理情報の保持

DA モニタは 3.2 節の DA モニタファイルにより、各使用者・各プロシージャの使用実績と、各プロシージャの実行による DA モニタの履歴情報を保持する。これらの情報は各種管理・運営資料となる。

3.2 DA モニタ

DA モニタは、その実行にあたって次の四つの DMS によるファイルを必要とする。

(1) Authority ファイル

DA システムを利用する使用者に関する情報(アカウント番号・マンナンバー・氏名・所属部課など)、その使用者が実行を許可された DA システム内の範囲(サブシステム、プロシージャなど)に関する情報、および各使用者の使用実績に関する情報(登録日・最近実行日・実行回数・総実行時間)を保持する。(図 3.2 参照)

Authority Check、および各使用者の使用実績は(把)握のために使用される。

(2) Execution ファイル

DA コマンドにより実行時に DA モニタにより作成され、DA モニタの実行を制御する。このファイルは実行終了後もそのまま残され、DA システムの履歴情報となる。

(3) Format Definition ファイル

DA コマンドのフォーマットの定義情報を保持し、DA コマンドのシンタックスチェックに使用される。また他の DA プログラムの入力データに対する定義情報を保持し、それらに対しても統一的にシンタックスチェックが行なわれる。

(4) Program Definition ファイル

DA システムで利用されるプロシージャに関する定義情報(一連の DA コマンド、所属サブシステム、作成者など)と、そのプロシージャの使用実績に関する情報(登録日・最近実行日・総実行回数)を保持する。Catalogued Procedure 機能とプロシージャの使用実績は握るために使用される。(図 3.3 参照)

3.3 DA コマンド

DA モニタの実行は、すべて以下の DA コマンドによって制御される。

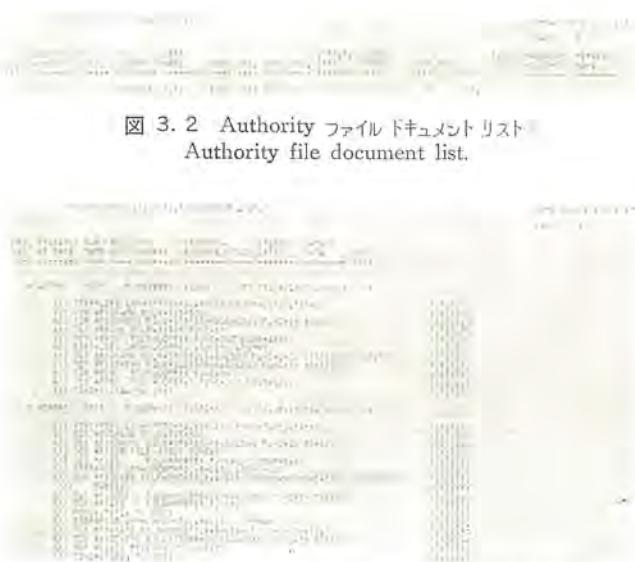


図 3.2 Authority ファイルドキュメントリスト
Authority file document list.



図 3.3 Program definition ファイルドキュメントリスト
Program definition file document list.

(1) SYS コマンド

DA システムディスクの定義を行なう。

(2) EXEC コマンド

実行すべきプロシージャを指定し、使用者のアカウント番号・マンナンバーなどを与える。

(3) STEP コマンド

DA プログラムの実行を指示し、実行打切時間・実行打切エラーカウント・実行打切エラーレベルなどを与えることができる。

(4) DCB コマンド

DA プログラムで使用する I/O に関する情報を与える。

(5) COND コマンド

DA プログラムを実行する場合の条件(以前に実行された DA プログラムのエラーカウントあるいは最大エラーレベルが指定した値より小さい)を与える。

(6) DATA コマンド

以下にデータが続くことを示す。

(7) INCL コマンド

入力ストリーム中のこの部分に、指定したファイルの内容を組み込むことを指示する。

(8) FILE, EOF コマンド

両者のコマンドにはさまれた入力ストリームの部分を指定したファイルに出力することを指示する。

(9) END コマンド

データの区切りを示す。

4. Definition サブシステム

Definition サブシステムは、論理実装設計において共通に使用される標準データ(基本論理素子定義データ、部品定義データ、部品・カード構造データなど)をファイルに登録し、その管理を行なうサブシステムである。共通データをファイルとして管理することにより、入力(特に重複)作業は軽減し、データミスも減少し、さらに異なった機種間で共用できるために標準化の促進をはかることができる。また共通データの改訂による波及効果をはかることが容易になる。図 4.1 に Definition サブシステムの概略を示す。

4.1 構成ファイル

Definition サブシステムを構成するおもなファイルは以下のもので、それぞれのファイルには、メインテナンスプログラムおよびドキュメントプログラムが用意されている。

(1) Logic Component ファイル (LCF)

AND, ORなどの論理要素(LE), 100Ω の抵抗等の非論理要素(NLE), LEを実装するIC・MSIなどの論理部品(LC), およびNLEを実装する抵抗などの非論理部品(NLC)の電気的特性(供給電圧・消費電力・平均遅延時間など), 物理的特性(形状など)および論理的特性(論理式など)に関する情報を保持したライブラリファイルである。これらの情報は、LE(NLE)のLC(NLC)への自動割付けプログラム、論理シミュレータ・カード機能検査のための故障診断プログラム、負荷分析プログラムおよびカード基板設計プログラムなどに供給される。

(2) PCB Dimension ファイル (PCBDF)

カードの構造情報(外形寸法, パターン領域, 基本格子, 電源・グランド信号パターン, 共通孔, IC配列間隔など)を保持し、カード基板設計プログラムにそのデータを供給する。

(3) Back Pannel Dimension ファイル (BPDF)

バックパネルの構造情報(外形寸法, パターン領域, 基本格子, 電源・グランド信号パターン, 共通孔, カード配列間隔, 段列情報など)を保持し、布線設計プログラムにそのデータを供給する。

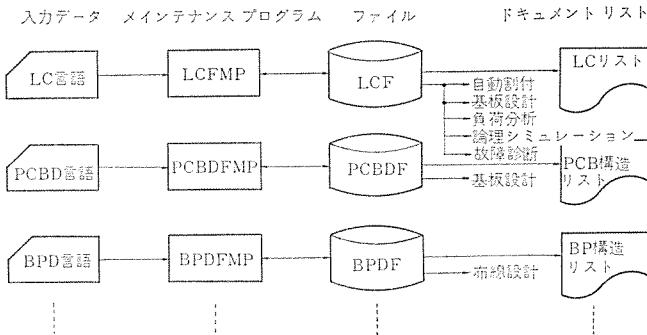


図 4.1 Definition サブシステムの概要
Outlines of the definition subsystem.

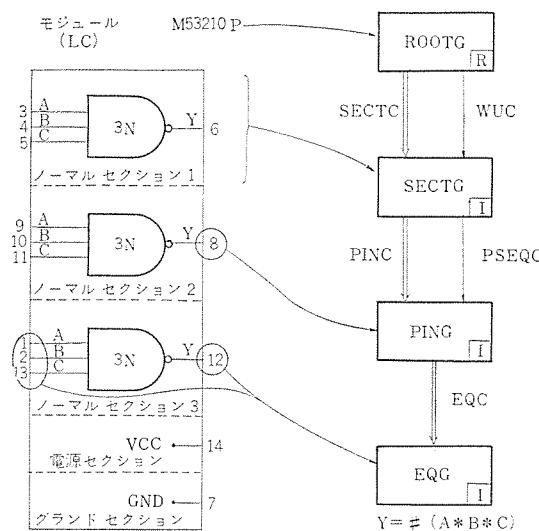


図 4.2 LC ファイルの構造
LC file structure.

4.2 Logic Component ファイル

LC ファイルは DMS によるファイルで、その構造と保持されるモジュール(LE, NLE, LC, NLC からなる)との関係を図 4.2 に示す。以下 LC ファイルのおもなグループとチェーンについて説明を行なう。

(1) Root グループ (ROOTG)

モジュールを定義し、そのモジュールに関する情報(略名・製作メーカ・外形・タイプ・消費電力・平均遅延時間・部品コードなど)を保持している。

(2) Section グループ (SECTG)

モジュール内の分割可能な回路部分(セクション)を定義し、そのセクションに関する情報(回路番号・回路タイプなど)を保持する。LE(NLE)のLC(NLC)への割付けはセクション単位に行なわれる。

(3) Pin グループ (PING)

セクションに含まれる端子を定義し、その端子に関する情報(端子名、端子番号、端子クラス、ファン・イン／アウト、オープン時の論理値、PCB 言語の LE データ上での端子順序など)を保持する。

(4) Equation グループ (EQG)

端子間の論理関係を論理式で定義し、出力端子のもとに生成される。

(5) Section チェーン (SECTC)

モジュールに含まれるセクションをグループ化する。

(6) Where Used チェイン (WUC)

LE(NLE)を含むLC(NLC)をグループ化する。

図 4.3 プロシージャ LCFMP の実行例 (M-53210 P)
Execution example of the procedure 'LCFMP'.

LOGIC COMPONENT DOCUMENT LIST									
NO.	MODULE NO.	MEMORY	MANUFACTURER	TYPE	LINE (MM)	TIME (NS)	PART NO.	LC OUT POR DELAY	
								LC	P-1
1	M53210P	ME102	MECC	LC	P-1	10	4.72114-2076		
				SECT C					
				SECT G	1				
				PINC					
				PSEQC					
				PING	1				
				EQC					

図 4.4 LC ファイル ドキュメントリスト (M-53210 P)
LC file document list.

4.3 LC 言語

LC ファイルをメインテナス(生成・削除・修正など)するための言語で、各グループに対応してそれぞれデータが存在する。

- LC データ : ROOTG をメインテナスする。
- SECT データ : SECTG をメインテナスする。
- PIN データ : PING をメインテナスする。
- EQ データ : EQG をメインテナスする。

図 4.2 に示したモジュール M-53210 P についての記述例を図 4.3 の(2)に示す。

4.4 実施例

モジュール M-53210 P に関するプロジェクト LCFMP (Logic Component File Maintenance Program) の実行例を図 4.3 に、その LC ファイルドキュメントリストを図 4.4 に示す。

5. PCB サブシステム

PCB ファイルは、プリントカードについての内部論理情報および実装情報を保持しているファイルであり、P 言語と呼ばれる入力言語で記述される PCB 設計データにより、メインテナスされる。PCB 設計データには、create と update の二つのモードがあり、P 言語は、update 指示も create と同じ形式で記述することができる。PCB の負荷分析・割付設計・配置設計・パターン設計などをを行う各 DA プログラムは、PCB ファイルから必要なデータを受けとる。また、PCB ファイルは、故障診断サブシステムへデータを供給する。

5.1 PCB ファイルの構造

PCB ファイルは、論理素子間の接続情報とその実装情報のほかに、非論理素子の接続情報と実装情報、実装部品端子(コネクタ、モニタ端子 etc)への接続情報なども保持している。また、空ゲートや空端子の表現や、繰返して使用される論理ブロックの表現も可能である。

PCB ファイルは、図 5.1 に示すようなネットワーク構造をしており、次の六つのグループから成っている。

(1) PCROOTG (PCB root group)

PCB ファイルの各メンバ(カード単位)の識別を与えるグループ

(2) PCSECG (PCB section group)

カード内の論理分割単位・空ゲート・電源・GNDなどを分類するグループ

(3) PCPUG (PCB packaging unit group)

プリント板上の実装単位素子(IC, MSI, コネクタ etc)、または未割付論理を分類するグループで、実装素子の種別、名称、配置位置、大きさなどの情報を維持する。

(4) PLEG (PCB logic element group)

論理素子単位のデータを保持するためのグループで、論理素子の種別、名称、回路番号などの情報を維持する。

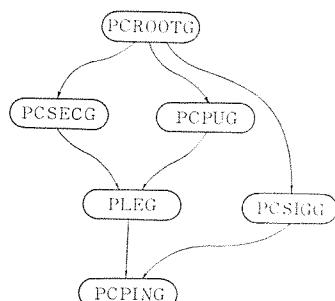


図 5.1 PCB ファイルの構造 PCB file structure.

(5) PCPING (PCB pin group)

プリント板上のすべての端子(IC 端子・コネクタ端子・電源端子・GND 端子 etc)について、このグループを発生させる。

(6) PCSIGG (PCB signal group)

PCB 上の全信号(電源、GND、空端子のためのホールト信号も含む)について、このグループを発生させる。

5.2 P 言語 (PCB 設計データ)

PCB 設計データは、PCB 単位に論理分割された後に、各カードごとに作成される。

P 言語は、PCB 設計データを記述するための言語であり、次のような機能を持っている。

(i) カード内の論理分割(セクション)の指定 (SEC カード)

(ii) 論理素子(LE)の宣言と接続関係の記述 (LE カード)

(iii) 境界端子(BT)の宣言と接続関係の記述 (BT カード)

(iv) 電源信号の指定と接続関係の記述 (PS カード)

(v) GND 信号の指定と接続関係の記述 (GND カード)

(vi) 接続関係の変更指示 (NET カード)

(vii) 人手による実装条件の指定

部品配置の指定 (LOC カード)

論理素子の実装素子への割付指定 (ASN カード)

以上の 8 種類のカードのほかに、PCB カードがあり、これは一組の PCB 設計データの最初に必ず置かれ、その PCB の登録・検索・削除を指示する。P 言語を構成するこれらの transaction カードは、図 5.2 に示すような階層構造をしている。

図 5.4 に、P 言語による PCB 設計データの記述例を示す。これは、図 5.3 の X カードについて記述したものである。

1; X というカードを PCB ファイルに登録する。

2; 以下の LE と BT は、セクション 1 に属することを示す。

3; LE, GA01 は 3 NAND で、出力信号が S06、入力信号が、S02, S03, S04 であることを示す。

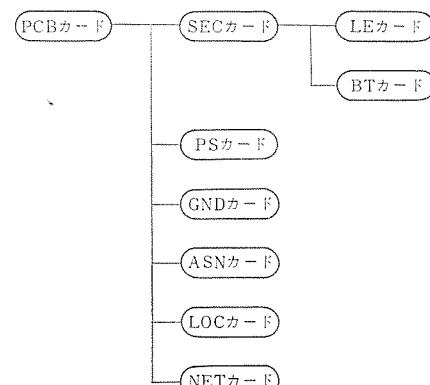


図 5.2 P 言語の階層構造 The hierarchy of P-language.

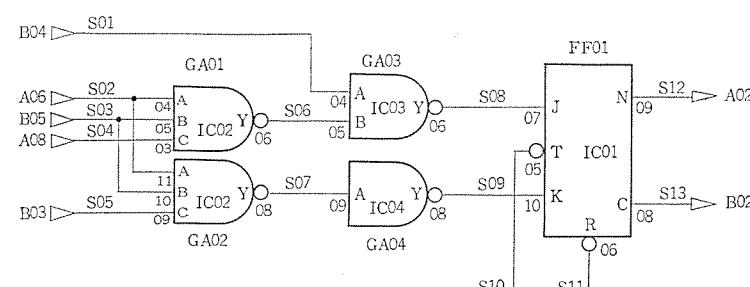


図 5.3 X カード接続図 Logic diagram of X card.

MELCOM INPUT DATA FORM

PROGRAMMER RECORD		MAIN PROGRAM NAME	KEYPUNCH RECORD		NO. OF CARDS
PROBLEM CODED BY	MODIFICATION DATE		KEYPUNCHED BY VERIFIED BY	DATE	
B A T A P O R M					
1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66
67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78
79	80	81	82	83	84
85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96
97	98	99	100	101	102
A	P C B = X		PCB#-F		
A	S E C = 1		SEC#-F		
A	3 N G A 0 1 S 0 6 S 0 2 S 0 3 S 0 4				
A	3 N G A 0 2 S 0 7 S 0 2 S 0 3 S 0 5				
A	2 N G A 0 3 S 0 8 S 0 1 S 0 6				
A	1 N G A 0 4 S 0 9 S 0 7				
A	L E = (D J K F , P P 0 1) J = S 0 8 T = S 1 0 K = S 0 9				
	R . = S 1 1 N = S 1 2 C = S 1 3				
A	B T = (C & N ,) B 0 4 = S 0 1 A 0 6 = S 0 2 B 0 5 = S 0 3				
A	A 0 8 = S 0 4 B 0 3 = S 0 5 A 0 2 = S 1 2 B 0 2 = S 1 3				
A	A S N G A 0 1 M 2 1 0 I C 0 2 2				
A	A S N G A 0 2 M 2 1 0 I C 0 2 3				
A	A S N G A 0 3 M 2 0 0 I C 0 3 2				
A	A S N G A 0 4 M 2 0 4 I C 0 4 4				
A	A S N F F 0 1 M 2 7 3 I C 0 1 2				
A	L S C I C 0 1 = B 0 1 I C 0 2 = B 0 1 I C 0 3 = A 0 1				
	I C 0 4 = A 0 2				
A	P S = (5 , P S T) B 0 1 = (C & N ,) B 2 4 = (C & N ,)				
A	G N D = G N D A 0 1 = (C & N ,) A 2 4 = (C & N ,)				
20					

図 5.4 P 言語による記述例

Example of P-language.

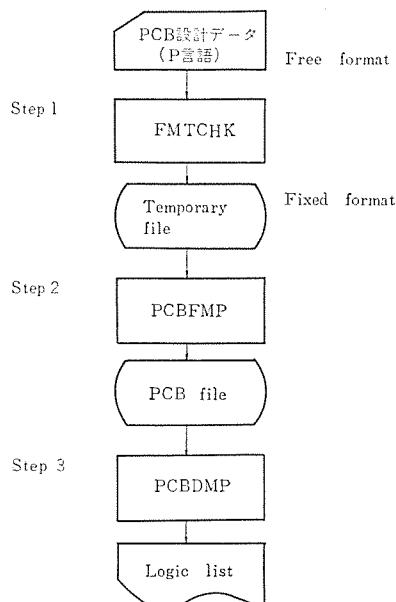


図 5.5 プロシージュ ‘PCBFMP’
Procedure ‘PCBFMP’.

LE カードには、free format (3~6) と alignment format (7) の 2 種類の形式がある。

9; B04 はコネクタ端子であり信号 S01 に接続することを示す。
11; GA01 という LE を、IC02 の第2回路に割付けることを
指示する。M210 は、IC のタイプをあらわす mnemonic で

ある。

18； B01 と B24 はコネクタ端子で、電源（電源値 5V）に接続していることを示す。P5V は、default 信号名である。

19 ; A01 と A24 はコネクタ端子で、GNDに接続していることを示す。GND は、default 信号名である。

5.3 使用方法と実施例

図5.5に示すように、プロジェクト‘PCBFMP’(PCB File Maintenance Program)は三つのステップから成っている。

電気自動車の運動性能の入力特性 (EDMS) / 木原 田中 田淵 清尾 国際

337

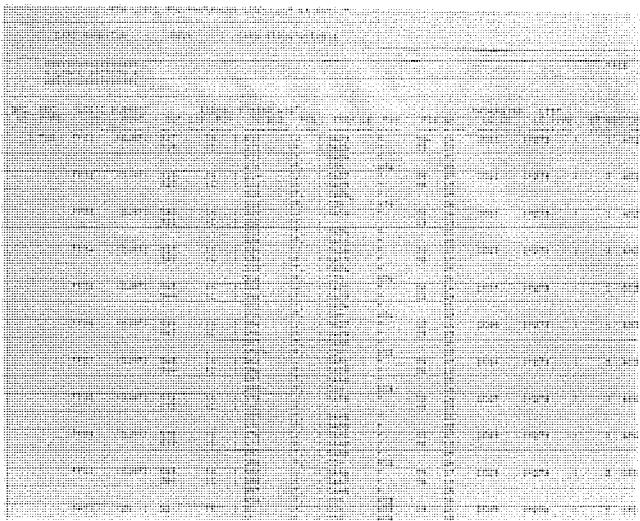


図 5.7 ロジックリスト
Logic list.

- (1) ステップ 1 : P 言語で記述された PCB 設計データのフォーマットチェックを行ない、free format から fixed format へ変換する。
- (2) ステップ 2 : P 言語を解読して PCB ファイルのメインテナンスを行なう。
- (3) ステップ 3 : ロジックリストを出力する。

図 5.6 に、TUS カードについてプロジェクト 'PCBFMP' の実施例を示す。図 5.7 はロジックリストである。

6. Unit サブシステム

Unit サブシステムは、装置 (Unit) 単位に、各 バックパネル の設計補助、設計自動化さらに製造検査工程の自動化・省力化を計るために使用される一群の DA プログラム、およびファイルメインテナンス プログラムの集合からなり、図 2.2 に示す手順で使用される。以下 Unit サブシステムの機能について概説する。

(1) 設計データの維持

Unit 設計は、バックパネルへの論理分割を人手で行なうことを前提とし、論理設計結果を、設計済みの機能カードの外部コネクタ端子から見た相互接続情報として表現する (U-言語)。またはん用カードで実現する論理を、未割付けのままで記述し、あらかじめ設計されているはん用カードへの割付けは計算機にまかせることもできる。

このとき未割付けの論理ブロック (回路 Section) は、カードレポート (PCB ファイル) に定義されているものでなければならない。

この初期設計データの登録およびファイルの修正を U-言語を用いて行ない、図訂履歴を設計者の指示により保存することができる。

(2) バックパネル (BP) 単位への分割設計

バックパネルへの分割設計サポートとして、仮分割の行なわれた設計結果から、同一 Unit の BP 間インターフェース信号を抽出し、リストを出力する。図 2.2 に示すように、このリストを見ながら、分割を変更してはリストを印刷し、妥当なインターフェースケーブル数と BP 間インターフェース信号を定める。BP 間インターフェース信号の定まった時点での信号をインターフェースピンに割付けることにより、インターフェース設計を終了する。

(3) 自動割付設計

はん用カードを使用するとき、特定のカード中の回路 Section を指定しないで、設計結果を記述した場合に、割付けを線長の減少、

カード数の減少という人手設計に準じた基準にもとづき設計する。

(4) 負荷分析

設計結果の直流的な負荷のバランス (Fan In/Out) を、Unit 設計のレベルにおいてチェックし、Fan Out Over の信号についてはエラ表示を行なう。

(5) カード配置設計 (MAPSBD)

バックパネル単位に、カードpin 間の相互接続情報が与えられているとき、カードの最適配置を、信号に重みづけを許した相互接続線長を最短にすることを設計基準として求める。同一 BP 内でサイズの異なるカードの混在する場合や、カードの集合を特定のブロック (複数の位置) に、最適配置する問題にも適用することが可能である。(位置のあらかじめ限定されたインターフェースコネクタの最適配置など)。

(6) 布線設計

IC の高速化に対応して、設計上考慮すべき要因が増加した。布線設計品質の向上を計るために、新たに考慮している要因には下記のものがある。

(a) 特定の信号間干渉 (平行線長) を計算し、より線を少なくするように設計し、より線のリターンワイヤの接続指示も行なう。

(b) 布線密度は均一になるようにし、布線条件によってバックパネル上に終端回路を自動的に選択してそう入できる。

(c) 図訂に伴う再設計計算は、信号ストリングごとに再計算し、変更リストを出力できる。

(d) 布線設計上考慮すべき、カード内パラメータは自動的に組込まれる。

(7) ドキュメントの作成

(1)～(6) で述べた DA プログラムの生成する設計、製造、検査資料も含めて Unit ファイルから次の資料を作成する。

(a) Unit 単位のロジックリストおよび割付けリスト

(b) カード配置図および BP 間インターフェースリスト

(c) PIN LOAD リストおよび布線表 (WL)

(d) 検査 (AWV……Automatic Wiring Verifier) テープ

(e) 配線 (AWP……Automatic Wiring Positioner) 紙 テープ

7. 実施例の評価

データベースシステムの性能は、ただ単に所要記憶容量、メインテナンスの実行時間だけで評価されるべきものではなく、データの一元化による入力 (重複) 作業の軽減化、データの修正による図訂管理・波及効果測定、データの同時性、プロテクション機能、システムの拡張性、運用形態などの総合的な面から評価されるべきものである。しかしシステムをこれらの面から定量的に評価することは困難なので、ここでは LC ファイルと PCB ファイルに関して一つの侧面 (所要記憶容量・メインテナンス時間・バッファサイズなど) から、評価を行なってみた。また最後に現在のシステムを運用した結果から得られた利点、および問題点について述べる。

なお、本システムは、大部分 FORTRAN で作成され MELCOM-7700 で実行されている。

7.1 LC ファイル

いろいろな LC データに対するファイル生成についての実行結果を、表 7.1 に示す。LC ファイルは、ライブラリとして使用されるためにメインテナンス時間よりもむしろ検索時間が短く、しかも所要記憶容量ができるだけ小さいことが望ましいが、実行結果よりほぼ満足な結果が得られている。

7.2 PCB ファイル

いろいろな PCB データに対するファイル生成と検索についての実行結果を、表 7.2 に示す。また所要記憶容量、バッファサイズとファイル生成時間との関係を、図 7.1, 7.2 に示す。

これらの結果より

(1) ファイル生成は、ネットワーク構造のチェーン生成のために実行時間が長く、ほぼ所要記憶容量の 2 乗に比例している。

(2) ファイル検索は、チェーンをシーケンシャルに追うのでファイル生成に比べ非常に高速である。またファイル修正も比較的高速に行なわれる。

(3) 所要記憶容量がバッファサイズを越すに従い、ディスクアクセスの回数が増大し実行時間は長くなる。

ということがわかる。

PCB ファイルは、カード設計者により論理設計の最初に一度生成され、それ以後は設計作業の進展とともに、修正と実装情報の付加が行なわれ、しだいに増殖されていく。このようなことからファイル生成時間は、幾分長すぎる気はするがほぼ満足のいく結果である。

7.3 全体の評価と問題点

本システムを試験的に運用した結果、従来のテーブベースの DA シス

表 7.1 LC データ実行例
Execution examples for LC data.

モジュール名	3 A	M-53210 P	SN-74198 N
認 明	3 人力 AND ゲート	3 人力 3 NAND ゲート	8 ピットシフトレジスタ
タ イ プ	LE	LC	LC
セクション数	1	5	3
ビ ナ 数	4	14	24
グループ数	8	21	29
所要記憶容量 (kW)	91	201	285
Execution time (m)	0.016	0.032	0.048
I/O time (m)	0.072	0.073	0.073
Overhead time (m)	0.019	0.044	0.043
Total time (m)	0.107	0.149	0.164
ディスクアクセス回数	105	111	106

バッファサイズ = 5 kW

表 7.2 PCB データ実行例
Execution examples for PCB data.

	シングルカード		ダブルカード		トリプルカード	
	A	B	C	D	E	
ゲート数	42	58	66	128	210	
実装素子数	15	16	31	40	57	
端子数	220	240	423	734	841	
信号数	65	88	151	166	約 300	
グループ数	357	417	686	1,080	約 1,420	
所要記憶容量 (kW)	5.3	6.0	10.0	16.5	約 20.8	
ファイル生成	Execution time (m)	2.343	2.802	5.487	11.011	20.977
	I/O time (m)	1.149	0.565	2.695	10.166	19.823
	Overhead time (m)	0.586	0.536	1.173	3.087	6.422
	Total time (m)	4.078	3.903	9.355	24.264	47.222
ファイル検索	ディスクアクセス回数	3,373	1,845	6,784	25,664	55,122
	Execution time (m)	0.478	0.490	0.825	1.068	1.881
	I/O time (m)	0.069	0.081	0.158	0.185	0.578
	Overhead time (m)	0.143	0.140	0.246	0.330	0.551
	Total time (m)	0.690	0.711	1.229	1.583	3.010
	ディスクアクセス回数	274	293	461	488	1,342

バッファサイズ = 5 kW

テムに比べて、次のようなシステムとしての利点が確認された。

(1) 設計データの一元的管理により、設計者の入力データ作成作業およびミスが大幅に減少した。

(2) 設計データの変更・検索が高速である。

(3) データベースは、設計データの修正に対し常にその最新情報を保持し、設計作業との同時性を保つことができる。

(4) Definition サブシステムのファイルのように、各機種間の共通データをライブラリとして保持することにより、データ量の削減、標準化の促進を促すことができる。

(5) DA モニタの採用によりシステムの使いやすさを向上させ、運営・作業管理を容易にした。

(6) DMS というはん用データベースシステムを採用したことにより、DA プログラムの開発工期が短縮し、また各種の要求、新技術への対応が容易になった。

(7) 設計言語のフォーマットの統一により、設計者の設計データの作成は容易になり、データのシンタックスチェックを、一つのプログラムで集中的に行なうことができるようになった。

しかしまだまだ解決されなければならない問題が山積されている。以下におもな問題点を列挙する。

(1) データの一元化を徹底的に押し進めた結果、設計データのファイルの構造が複雑なネットワーク構造となり、I/O およびオーバヘッド

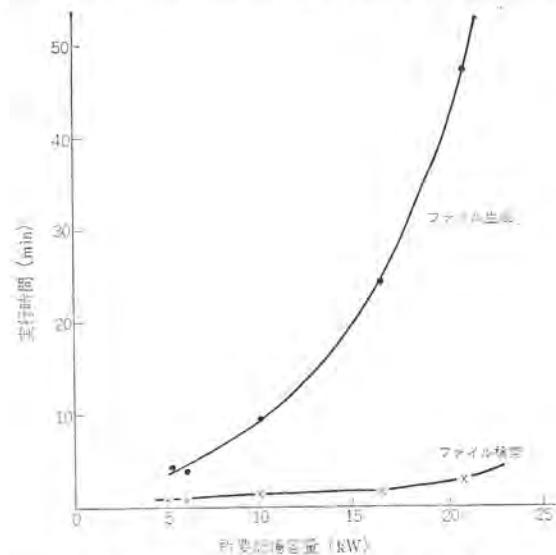


図 7.1 所要記憶容量と実行時間の関係
(バッファサイズ = 5 kW)
Execution time vs. required storage area.

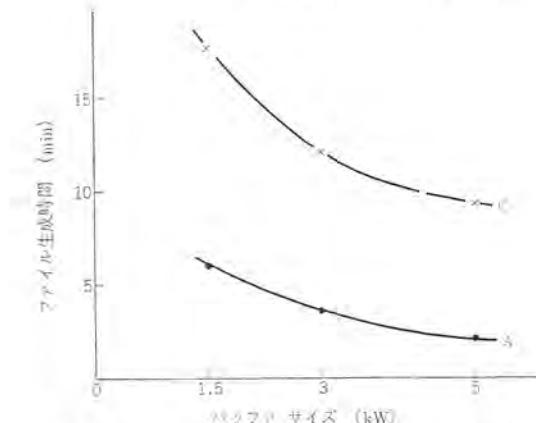


図 7.2 バッファサイズとファイル生成時間の関係
File creation time vs. buffer size.

時間が増大した。しかも今後はデジタル機器の大形化にともない、ますますデータ量はふえる傾向にある。

(2) プログラムの虫、データの誤り、オペレーションミスなどによるデータベースの破壊は必ず存在するので、バックアップ体制およびリカバリ体制を十分に確立しておかなければならない。

(3) ライブライアリ的性格を持つデータは各機種間で共用されるために、使用部品・命名法などについて十分な標準化がなされねばならない。

(4) DA システムは、現在のようなカードベースによるバッチ処理では限界があり、今後は CRT ディスプレイなどによる人と計算機の会話形処理を採用する必要がある。

(5) 本システムでははん用データベースシステム(DMS)を採用したが、処理時間が長く、サブスキーマ機能が完全でないなど、まだまだ問題があり今後の改良が待たれる。

8. むすび

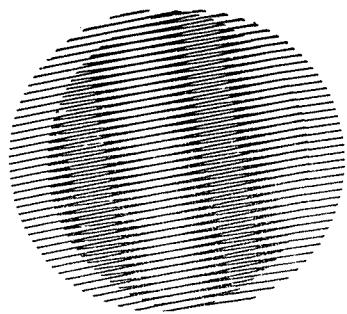
本システムは、Control, Definition, PCB サブシステムの大部分が完

成し、現在これらの改良と既存の DA プログラムとの接続、UNIT サブシステムの作成に取りかかっている。

DA データベース確立のため、これまでいろいろお力添えをいただいたかたがたに謝意を表するとともに、今後の技術革新にともなう拡張と改良および当システムの運営に、よりいっそうのご援助をお願いしたい。

参考文献

- (1) M-7500/7700 データマネージメントシステム (DMS) 説明書
- (2) 小島、三上、清尾、田中、蒲原：論理図を入力とする自動設計システム (LODS)，三菱電機技報，45，No. 3, 387 (昭46)
- (3) 三上、田中、田淵、清尾：論理装置設計自動化のためのデータ構造，昭47信学全大，S7-6
- (4) 論理装置の設計・製造自動化専門委員会：電気学会技術報告，(I部) No. 94, 1 (昭45)



新製品紹介

ワイヤ カッティング放電加工機の発売

当社は、放電加工機の新しい分野として注目されているワイヤ カッティング 放電加工機 DWC-50 形を発売した。

ワイヤ カッティング 放電加工機は、従来の放電加工機と異なり電極を必要とせず、細いワイヤ（銅線あるいはタンクステン線）で二次元に切断加工する方式のユニークな機械で、その加工機構上通常の放電加工機に比べ、電極製作が不要、電極消耗を無視できる等の大きなメリットを持っている。

また、精密部品加工、通常放電加工機の電極製作およびプレス抜型の金型加工等、その応用範囲は広く、近年大きくクローズアップされてきている。

今回、当社が発売したワイヤ カッティング 放電加工機は、光学式図面ならい装置を備えた新方式のもので、金型加工分野に大きく寄与するものと期待している。

■ 特長

(1) 図面ならい装置により無人運転ができる

図面ならい装置（ライトレーザ）が装備されているので、図面を作成すればどんな複雑な形状も無人で図面どおり加工ができる。

(2) 高い精度の加工が可能

図面に描かれた形状を 1/5 から 1/100 まで 6 段階に縮少した加工ができるので、図面ならい誤差を小さくした高精度加工ができる。また、ワイヤ支点間距離およびテンションの調整ができる、ワイヤ振動を最小限に押えた高精度加工が可能である。

(3) サーボ送り方式の採用

テーブルの加工送りにサーボ送りを行なっている。したがって、加工送りを設定する必要がなく、あらゆる加工状態において常に能率の一番高い加工速度で安定に加工ができる。

(4) ダイスとポンチ用電極等の同時加工可能（特許申請中）

電源を追加することによって分割加工が可能である。したがって、ダイスとポンチ用電極の同時加工ができ、加工時間の短縮ができる。

(5) コンパクトな設計

操作盤・制御盤・電源および加工液供給装置をすべて機械本体に内蔵しているので、非常にコンパクトでスペースを取らない。

(6) 新電源の採用

ワイヤ カッティング 用の迅速微細加工回路を開発し、従来の RC 回路に比較して加工速度が向上している。

(7) ワイヤ カッティング 放電加工機 DWC-50 形の仕様

被加工体寸法(参考) : 240×210×80(mm)

被加工体最大重量 : 35 kg

テーブル寸法 : 240×210(mm)

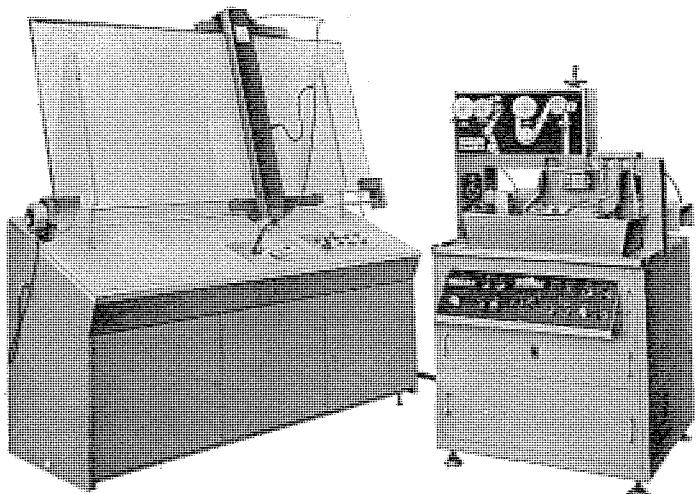
テーブル移動距離 : 200(左右) (mm)

150(前後) (mm)

ワイヤ径 : 0.05~0.25 φ(mm)

最大ワイヤ送り速度 : 35(mm/s)

ならい方式 : 光学式図面ならい方式



光学式図面ならい装置 1 ライトレーザ

ワイヤ カッティング 放電加工機 DWC-50 形

ワイヤ カッティング 放電加工機 DWC-50 形

新製品紹介

図面最大寸法: 1,350×850(mm)
図面縮少比率: 1/5, 1/10, 1/20, 1/25, 1/50, 1/100
線径オフセット量: ±0.6(mm)
加工液タンク容量(水): 60(l)

[名古屋製作所]

ダイアックス放電加工機 EP 電源シリーズ、新発売

「金属加工技術の革命を目指す三菱電機」を基調テーマに、発展を遂げてきたダイアックス放電加工機は、このたび新しい思想のもとに、当社の持つ総合技術力を結集した、放電加工機用モジュール化電源「EP 電源シリーズ」を発売することになった。

放電加工機の電源には、フライス盤をしのぐ超高速の加工速度を有するものから、ラッピング面に近い1ミクロン以下の微細仕上げ加工の可能なものや、1台の電源で多数個分割加工のできるものまで、多くの特性が要求されているが、新電源シリーズは、これらの要求をすべて満足しているほかに多くの特長・機能を有している。

この電源シリーズを加えた当社放電加工機は、さらに一段と強化され、金属加工分野の発展に一段と寄与することになる。

■ 特長と機能

(1) OP-3 回路

定常アーカーの前駆現象を検出し、最適の加工条件を自動的に選定する適応制御回路により、常に安定した加工が得られる。したがって加工中ほとんど人手を必要とせず、そのうえ加工能率も向上する。

(2) F 回路

F回路を組むことにより、電極消耗比1%以下で $5 \sim 6 \mu\text{R}_{\max}$ まで加工可能となった。また鉄対鉄の加工が可能のため、直接パンチによる抜型加工や、パーティングライン合せに応用できる。EP電源ではすべての加工セッティング領域までF回路が使える。

(3) M回路

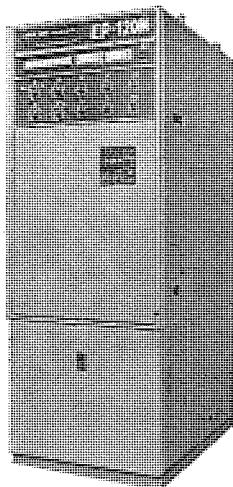
Mタイプ電源は、1台の電源で分割加工が可能となり、効果的に使用できる。

(4) SF-N 回路 (トランジスタ式コンデンサ し(弛)張発振回路)

定常アーカーが解消、波形制御によりデューティサイクルを上げたため、加工速度が、従来の仕上加工領域におけるコンデンサ回路に比較して3~5倍向上し、ラッピング面に近い微細加工面が得られる。

(5) 放電安定装置

電極を定期的に上・下させて、加工粉の除去を良くして加工を安定にする装置で、能率が向上する。時間設定は、連続的に調整できるので任意の時間が選択できる。



三菱 ダイアックス EP 電源
EP-120 M 形

(6) 無段階の加工条件設定

パルス幅と休止幅の設定は、段階的(ステップ)に設定できるほかにステップ間の値も連続的に選定できる。これにより初歩者から熟練者まで十分満足して使用可能になった。

(7) 高出力・高周波スイッチング

新回路方式の採用により、従来のトランジスタ電源より出力・周波数ともに大幅にアップしたため、高周波でピーク電流の高い加工が可能となり、荒加工領域はむろん、仕上加工領域でも加工速度が向上した。

(8) パルス波形制御

パルス波形制御により、放電発生の効率を高め、放電ギャップの制御を加工中のデューティファクタの変化に影響されず一定化したため、加工速度・加工性能ともに著しく向上した。

(9) ブースタ電源の接続

ブースタ電源を接続することにより 50~60 g/min の高速加工を可能にしたため、大きな金型をブランクから直接放電加工できるようになった。

(10) 多電源接続

同一形名の電源を多台並べて、マルチリード加工・パワーアップ加工を行なう電源接続のアプリケーションが可能。

EP 電源シリーズ仕様

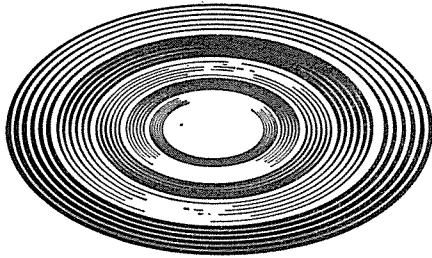
電源形名		EP-30 M	EP-30 K	EP-60 M	EP-60 K	EP-120 M	EP-120 K	EP-250 B	EP-500 B
性 能	最 大 加 工 速 度 g/min 電極(+) 銅, グラファイト※	2.5~3	2.5~3	6~7	6~7	15~16	15~16	25~30	50~60
最良加工面 あらさ ()は 低消耗条件	T P S F N	μR max μC. L. A.	3~4 (5~6) 0.8~1 (1.3~1.5)	3~4 (5~6) 0.8~1 (1.3~1.5)	3~4 (5~6) 0.8~1 (1.3~1.5)	3~4 (5~6) 0.8~1 (1.3~1.5)	3~4 (5~6) 0.8~1 (1.3~1.5)	—	—
最 大 平 均 加 工 電 流 A		30	30	60	60	120	120	250	500
電 源 入 力 kVA		4	4	7.5	7.5	15	15	25	50
外 形 尺 寸 高さ×幅×奥行 mm		1,550×600×700	1,550×600×700	1,650×600×850	1,650×600×850	1,800×600×1,000	1,800×600×1,000	2,050×800×1,325	2,050×800×1,325
電 極 消 耗 比		1% 以下	1% 以下	1% 以下	1% 以下	1% 以下	1% 以下	—	—
電 極 分 割 数 (TP・電極+)		2	—	2	—	4	—	2	4
機能回路 内蔵	OP-3 回路※※※	●	●	●	●	●	●	※※	※※
	F 回路	●	●	●	●	●	●	—	—
	M 回路	●	—	●	—	●	—	●	●
	放電安定	●	●	●	●	●	●	※※	※※
	SF-N 回路	●	●	●	●	●	●	—	—
	多電源接続	●	—	●	—	●	—	—	—
	ブースタ接続	—	—	—	—	●	—	—	—
加工適性	底付穴特性	●	●	●	●	●	●	●	●
	貫通穴特性	●	●	●	●	●	●	●	●

注 1) ※ マルチリードタイプ(M)は、電極を分割しないで1本の電極で加工したときの加工速度を表わす。

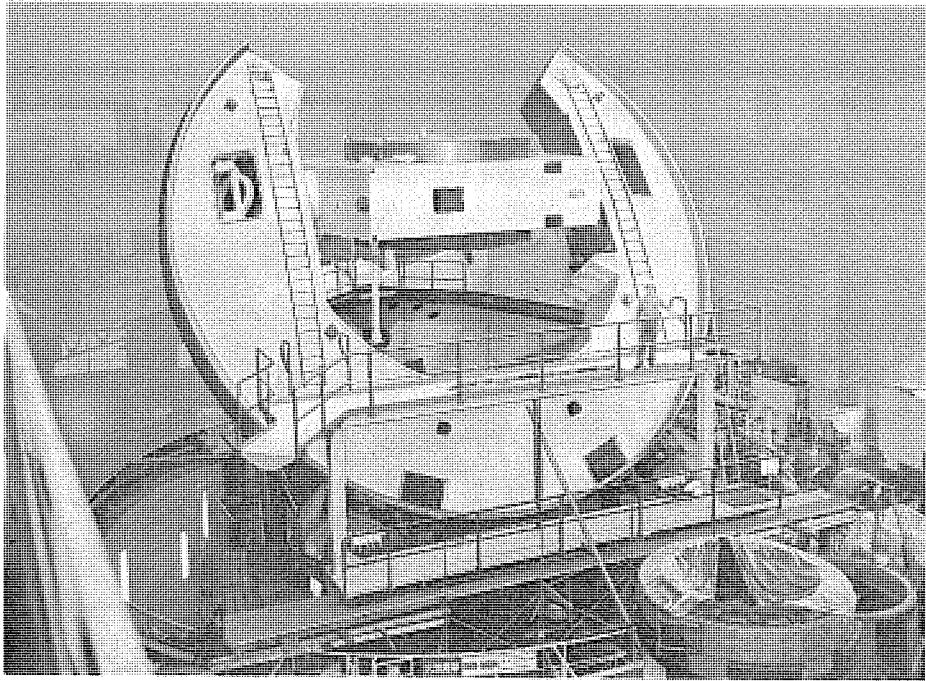
2) ※※ EP-120 タイプの機能で代用される。

3) ※※※ OP-3 は標準装備品であるが、必要でないとき、取りはずすこともできる。取りはずしたとき、x1 という形名で表わす。

[名古屋製作所]



NEWS FLASH



豪州向け 150 インチ反射形 天体望遠鏡の主要設備完成

——南半球最大、最高性能を目指す

ニューサウス ウェールズ州サイディング スプリング天文台向け——

三菱電機株式会社では、一昨年初め 英・豪両政府が共同で計画している豪 ニューサウス ウェールズ 州 サイディング スプリング 天文台の 150 インチ 反射形 天体望遠鏡建設の国際入札に参加、その主要設備を受注し鋭意製作中であったが、このほど工場内仮組立工事を完了し、出荷する運びとなった。

このプロジェクトは、かねてより英・豪両国政府が共同で進めているもので、設備の主な構成要素は次のとおりである。

望遠鏡光学系本体

架台

駆動装置機械系および電気系

電子計算機

建屋

ドーム

これらの設備は個別に国際入札が行なわれ、世界有数のメーカーで製作されているが、三菱電機ではこのうち架台と駆動装置の詳細設計・製作・据付けならびに光学系の組立工事を受注していたものである。この受注契約は昨年1月に「英・豪望遠鏡庁」と三菱電機の契約窓口である豪州三菱商事との間で締結され、受注金額は約8億円(円建て)である。

この望遠鏡システムは既設・既設計のものを参考に一段と性能向上を図った主反射鏡の直径 150 インチ の大形光学天体望遠鏡をコンピュータで制御し、正確に目標とする天体を追尾し観測できる機能を持つように設計されている。本望遠鏡は大形であるのみならず高性能超精密な機器であるため、英・豪両国は特に建設にあたって国際協力のもとに各構成要素には高度の製造技術・機械加工技術を取り入れて完成することを要望しており、三菱電機

が製作担当した設備についても衛星通信地上局の大形アンテナでつちかった国産技術に加え米国、英国、スイスなどの協力による国際分業体制をとり、最高級のシステムとして取りまとめ、特に次のような高い水準の技術を駆使している。

(1) 二つの油圧軸受面(直径12mのホースシューの円筒面および直径6mのノースエンドの球面)は現在技術的に可能な高度の技術により超精密に機械加工されている。

(2) 約270トンの極軸回転部をささえる5個の油圧パッドから成る高容量静圧軸受を米国フランクリン研究所の指導を得て実用化した。

(3) 望遠鏡駆動用の2組の高精度歯車箱の製作

(4) 直径3.6mの2枚の主駆動歯車の製作。歯切りおよび研磨は特に超精密に行なう要がありスイス、マーグ社にて下請された。

(5) 赤緯軸用2組のローラ軸受は、英國ランサムホフマンアンドポラード社にて下請製作された。

これら三菱電機担当設備の製作・仮組立は通信機製作所および神戸製作所で行ない、これには本プロジェクトのコンサルタントである英國の「フリーマンフォックスアンドパートナーズ社」の技師が立ち合いのもとにすべての工場試験を終了し、来月オーストラリアへ船積みされる予定である。この工場における仮組立の成功により当初より目ざしている性能は大略達成可能であることが確認され、また現地で予想される問題点もほとんど仮組立中に解決できたという点で高く評価されており、本プロジェクト成功へ大きく前進したと言える。

架台はいったん解体した上、来月現地に運び4月より据付工事に取りかかり、英國で製作中の望遠鏡光学系をはじめとする各装置が組み込まれていくことになっている。工事は今年中に完了し、その暁には南半球最大かつ世界最高級のシステムの一つとして天体観測に大いに活躍するものと期待されている。

三菱電機では従来の衛星通信地上局用アンテナをはじめ、さらに高い精度を要求される電波望遠鏡も手掛けているが、今回の経験と技術を生かし同種の光学望遠鏡プロジェクトにも積極的に参加していく方針である。

[本社]

当社の登録実用新案

名 称	登録番号	考 案 者	名 称	登録番号	考 案 者
エレベータの操作装置	944355	岡本政典・伊藤正勝	コード処理具	944358	福田興司
合成変成器	944356	{小野達男・横山栄一 野口肇	電動はさみ	944359	服部信道・穂坂修六
内燃機関の排気ガス浄化装置	943453	星川光清・篠亨	真空掃除機のアタッチメント	944364	武井久夫
リードスイッチ取付装置	944374	高橋一智	トースター	944372	小川昇・岡部勇
機関点火装置	944376	浅山嘉明	食器洗濯機のろ過装置	943457	関根文男
ガバナスイッチ	944377	浅山嘉明	衣類乾燥器	944368	{町原義太郎・鶴谷嘉正 三ヶ田文彦・上原幹夫
繼電器装置	944365	吉田太郎・宮崎修	着地ベルト	943458	藤井学
扇風機の羽根車取付装置	944348	市岡洋・金井孝素	交流電動機用速度制御装置	944362	藤井学
扇風機の送風方向調整装置	944349	糸魚川佐富	トランジスタラジオ受信機の雑音制御回路	944366	高橋広光
扇風機スタンド	944350	糸魚川佐富	送風装置	944380	小原英一
扇風機スタンド	944351	糸魚川佐富・白石和雄	リミッタ回路	944354	近藤輝夫・山崎紀男
扇風機のスタンド	944352	長瀬卯三郎	バネ調整装置	945707	原邦芳
石油ストーブ	944379	{杉内豊・加藤栄一 安藤春雄	内燃機関の蒸発燃料制御装置	945710	辰巳巧
ジグザグミシンのボタンホール縫成装置	944353	辻本忠司	扇風機の羽根車	947112	原優
ジェット渦巻ポンプ	943464	井上誠治	扇風機用羽根車	947113	白石和雄
電動井戸ポンプの自動空気補給装置	943465	吉田久信	誘導電動機の制動装置	947116	酒井勝正・高木茂
密閉型電動圧縮機	943462	渡辺征三	自動製氷機の制御回路	945718	酒井誠記
冷蔵庫	943466	高田弘昭・中島勇	製氷機	945719	酒井誠記
密封形端子接続装置	944371	河村求・大日方興信	製氷機	945720	酒井誠記
高圧噴霧液体燃焼機の空気抜装置	944378	近藤潔	冷水供給装置付製氷機	945723	酒井誠記・船橋靖幸
角金	943461	辰巳春雄	卷胴装置	945704	宮内貞夫
電力変換装置	944345	冬広力	船用冷凍圧縮機の油溜装置	945714	陣内敏太
インバータ装置	944346	太田幹雄	卷胴装置	945705	宮内貞夫
整流器の故障検出装置	944347	横畠洋志	冷凍用密閉型電動圧縮機	945713	越桐喜一
液化ガス抽出管凍結防止装置	943451	神頭徳治・小寺溢男	冷媒圧縮機	945715	宮内貞夫
イオン流変調空洞	944367	大塩一治	電動井戸ポンプの自動空気補給装置	945716	佐々静男・福田博人
粒子加速装置	944373	{上田和宏・広三寿 大塩一治	製氷機の給水タンク	945717	芹沢市夫・荒野皓也
電磁式除鉄装置	944360	諏訪寧・閑歳弘通	軸封装置	945721	村岡正隆
テープレコーダ	944363	近藤武男	凝縮器の取付装置	947115	木南勤・中島勇
トラッキングエラー補正装置	944375	堀江登	分離形空気調和装置	947118	木南勤
入出力機器の制御装置	944361	渡辺照久	第三軌条集電装置	945708	八木謹一・石倉正男
ストリップ線路形移相器	944369	{中林昭次郎・紅林秀都司 溝淵哲史	密閉形高電圧設備の外被接続部	945712	元吉暉
光磁気共鳴磁力計の吸収コイル	944370	近藤倫正・伊藤勇	湯沸器	947117	岸木茂雄
直流電動機器	943452	福田興司・熊田泰治	位置決機構	947119	林幸平
電気掃除機	943454	南日国伸・加藤悟	位置決機構	947120	河島清・山口彰弘
振動式カミソリの内刃取付装置	943455	福田興司	電気アイロンのハンドル	945284	東山昇・織田博靖
電気カミソリ	943456	鶴崎喜一郎	食器洗濯機	945706	荒木勲・石井寛夫
電気掃除機	943459	武井久夫・加藤悟	噴き上げ式製氷機	945709	高沢正三・関根文男
電気掃除機	943460	武井久夫・加藤悟	噴き上げ式製氷機の製氷セル	945711	大場健次・大槻昭義
液体過熱器の空焼歯止装置	943463	日比野好一・市村信夫	ロータリーバーナー	945714	大場健次・大槻昭義
電動はさみ	944357	服部信道・穂坂修六	エレベータの乗場ドア装置	949505	小原英一
			蓄電池の保護装置	948741	谷口道夫
			真空開閉器	948744	島田政代士
					杉尾憲一・古茂田勇

本社・営業所・研究所・製作所・工場所在地

本 社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル) (西 100) (電) 東京 (03) 218局2111番

大阪 営業 所	大阪市北区梅田町8番地(西阪神ビル) (西 530)	(電)	大 阪 (06)	343局1231番
名古屋 営業 所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル) (西 450)	(電)	名古屋 (052)	565局3111番
静岡 出張 所	静岡市伝馬町16の3番地(明治生命静岡支社) (西 420)	(電)	静 岡 (0542)	54局4681番
福岡 営業 所	福岡市中央区天神2丁目12番1号(天神ビル) (西 810)	(電)	福 岡 (092)	72局2111番
長崎 出張 所	長崎市丸尾町7番8号(長崎底曳会館) (西 852)	(電)	長 崎 (0958)	61局6101番
札幌 営業 所	札幌市中央区北2条西4丁目1番地(北海道ビル) (西 060-91)	(電)	札 幌 (011)	261局9111番
仙台 営業 所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル) (西 980)	(電)	仙 台 (0222)	21局1211番
富山 営業 所	富山市桜木町1番29号 (西 930)	(電)	富 山 (0764)	31局8211番
広島 営業 所	広島市中町7番32号(日本生命ビル) (西 730)	(電)	広 島 (0822)	48局5311番
岡山 出張 所	岡山市駅前町1丁目9番地(明治生命館) (西 700)	(電)	岡 山 (0862)	25局5171番
高松 営業 所	高松市鶴屋町2番1号 (西 760)	(電)	高 松 (0878)	51局0001番
新潟 営業 所	新潟市東大通1丁目2番地23号(北陸ビル) (西 950)	(電)	新 潟 (0252)	45局2151番
東京商品 営業 所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル) (西 100)	(電)	東 京 (03)	218局2111番
関東商品 営業 所	大宮市大成町4丁目298番地(三菱電機大宮ビル) (西 330)	(電)	大 宮 (0486)	65局3211番
大阪商品 営業 所	大阪市北区堂島北町8番地の1 (西 530)	(電)	大 阪 (06)	344局1231番
名古屋商品 営業 所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル) (西 450)	(電)	名古屋 (052)	565局3111番
静岡機器 営業 所	静岡市小鹿2丁目1番22号 (西 420)	(電)	静 岡 (0542)	82局2061番
浜松機器 営業 所	浜松市海老塚町479の1 (西 430)	(電)	浜 松 (0534)	54局4121番
福岡商品 営業 所	福岡市中央区天神2丁目12番1号(天神ビル) (西 810)	(電)	福 岡 (092)	72局2111番
札幌商品 営業 所	札幌市中央区北2条西4丁目1番地(北海道ビル) (西 060-91)	(電)	札幌 (011)	261局9111番
仙台商品 営業 所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル) (西 980)	(電)	仙 台 (0222)	21局1211番
北陸商品 営業 所	金沢市小坂町西97番地 (西 920)	(電)	金 沢 (0762)	52局1151番
広島商品 営業 所	広島市中町7番32号(日本生命ビル) (西 730)	(電)	広 島 (0822)	48局5311番
高松商品 営業 所	高松市鶴屋町2番1号 (西 760)	(電)	高 松 (0878)	51局0001番
東京機器 営業 所	東京都港区北青山1丁目2番3号(青山ビル) (西 107)	(電)	東 京 (03)	404局0336番
大阪機器 営業 所	大阪市北区堂島北町8番地の1 (西 530)	(電)	大 阪 (06)	344局1231番
中央 研究 所	尼崎市南清水字中野80番地 (西 661)	(電)	大 阪 (06)	491局8021番
生産技術 研究所	尼崎市南清水字中野80番地 (西 661)	(電)	大 阪 (06)	491局8021番
商品 研究 所	鎌倉市大船2丁目14番40号 (西 247)	(電)	鎌 倉 (0467)	44局6111番
神戸 製作 所	神戸市兵庫区和田崎町3丁目10番地の1 (西 652)	(電)	神 戸 (078)	67局5041番
伊丹 製作 所	尼崎市南清水字中野80番地 (西 661)	(電)	大 阪 (06)	491局8021番
三田 工場	三田市三輪町父々部85番地 (西 669-13)	(電)	三 田 (07956)	3局4371番
赤穂 工場	赤穂市天和651番地 (西 678-02)	(電)	赤 穂 (07914)	3局2221番
長崎 製作 所	長崎市丸尾町6番14号 (西 850-91)	(電)	長 崎 (0958)	61局6211番
稻沢 製作 所	稻沢市菱町1番地 (西 492)	(電)	稻 沢 (0587)	32局8111番
和歌山 製作 所	和歌山市岡町91番地 (西 640-91)	(電)	和歌山 (0734)	36局2111番
鎌倉 製作 所	鎌倉市上町屋325番地 (西 247)	(電)	鎌 倉 (0467)	44局1111番
通信機 製作 所	尼崎市南清水字中野80番地 (西 661)	(電)	大 阪 (06)	491局8021番
北伊丹 製作 所	伊丹市瑞原4丁目1番地 (西 664)	(電)	伊 丹 (0727)	82局5131番
熊本第一工場	熊本市竜田町弓削720番地 (西 862)	(電)	熊 本 (0963)	38局7211番
熊本第二工場	熊本県菊池郡西合志町御代志997 (西 861-11)	(電)	熊 本 (09624)	2局0151番
名古屋 製作 所	名古屋市東区矢田町18丁目1番地 (西 461)	(電)	名古屋 (052)	721局2111番
旭 工場	尾張旭市下井町下井 (西 488)	(電)	尾張旭 (05615)	3局5101番
福岡 製作 所	福岡市西区今宿青木690番地 (西 819-01)	(電)	福岡今宿 (09295)	6局0431番
福山 製作 所	福山市緑町1番8号 (西 720)	(電)	福 山 (0849)	21局3211番
相模 製作 所	相模原市宮下1丁目1番57号 (西 229)	(電)	相模原 (0427)	72局5131番
姫路 製作 所	姫路市千代田町840番地 (西 670)	(電)	姫 路 (0792)	23局1251番
静岡 製作 所	静岡市小鹿3丁目18番1号 (西 420)	(電)	静 岡 (0542)	85局1111番
中津川 製作 所	中津川市駒場町1番3号 (西 508)	(電)	中津川 (05736)	6局2111番
大船 製作 所	鎌倉市大船5丁目1番1号 (西 247)	(電)	鎌 倉 (0467)	44局6111番
郡山 製作 所	郡山市栄町2番25号 (西 963)	(電)	郡 山 (0249)	32局1220番
群馬 製作 所	群馬県新田郡尾島町大字岩松800番地 (西 370-04)	(電)	尾 島 (02765)	2局1111番
藤岡 工場	静岡市本郷字別所1173番地 (西 375)	(電)	藤 岡 (02742)	2局1185番
京都 製作 所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字岡所1番地 (西 617)	(電)	京 都 (075)	921局4111番
長野 工場	長野市大字南長池字村前 (西 380)	(電)	長 野 (0262)	43局1101番
札幌 営業 所	札幌市中央区北2条東12丁目98番地 (西 060)	(電)	札幌 (011)	231局5544番
札幌 工場				

次号予定

三菱電機技報 Vol. 47 No. 3

衛星通信と宇宙開発特集

《特集論文》

- 卷頭言
- 茨城衛星通信所第3アンテナ設備
- エクアドル納入衛星通信地球局
- 電離層観測衛星の開発
- ETS-I・ISS チェックアウト装置
- 電離層観測衛星管制施設
- ロケットとう載電子機器 (LSC-6)

○ 中距離追尾レーダ装置

○ 精測レーダ

—角度追尾系への要求とその解決—

○ 衛星とう載用アンテナの開発

○ 航行衛星用狭帯域トランスポンダ

《普通論文》

- サイリスト高性能転流法とその応用
- パターン情報処理の研究開発

三菱電機技報編集委員会

委員長 正木茂雄

常任委員 湊武雄

副委員長 神崎邇

常任委員 武藤正

常任委員 上田重夫

常任委員 吉松誠一

" 宇佐見重夫

委員 北垣成一

" 北川和人

委員 武田忠夫

" 古賀亨

委員 田附和夫

" 外野範吾

委員 中尾致一

" 塚本信雄

委員 南日達郎

" 福家章

委員 林昇寿

" 堀謙二郎

委員 待鳥正

" 牧野六彦

(以上 50音順)

昭和48年2月22日印刷 昭和48年2月25日発行「禁無断転載」定価1部 金200円(送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

正木茂雄

印 刷 所

東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地
(郵便番号 162)

大日本印刷株式会社

印 刷 者

東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地

高橋武夫

發 行 所

東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 (郵便番号 100)

「三菱電機技報社」

(電話) (03) 218局2323番

發 売 元

東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (郵便番号 101)

株式会社オーム社書店

(電話) (03) 291局0912番 振替口座 東京 20018番