

最近の直流溶接機

KK 日立製作所 日立工場*
制御装置部制御盤第2設計課

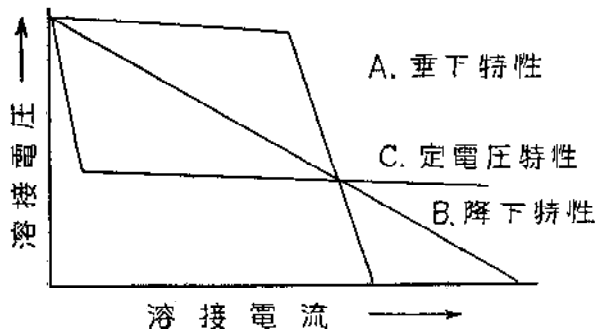
森 実 伸 明

1. 緒 論

直流アーク溶接機は交流アーク溶接機に比しアークの安定がよいので、薄板の小電流による溶接やスタッド溶接、不銹鋼、銅その他非鉄金属のアルゴン・アーク溶接等に数多く使用されている。

溶接のほかにアーク・エア・ガウジング、アーク・エマ・ブラスティング、プラズマカutting等の分野にも前述のように性能の良さと容易に適切な特性が得られることで直流アーク溶接機が使用されている。

用途別に特性を分けると第1図Aに示す垂下特性は一般溶接に、第1図Bに示す降下特性はガウジングに第1図Cに示す定電圧特性は半自動溶接に主として用いられる。



第1図 溶接特性

直流式は交流式に較べ価格は高いのに反し1台の溶接機で上述のように多種の作業が可能である利点のため最近では特性調整装置を付属して広い用途に向くものとしている。

直流アーク溶接機は大別して整流器式と直流発電機を使用する回転機式に分けられる。

本稿においては最近のこれらの直流アーク溶接機の詳細について述べる。

2. 整流器式直流アーク溶接機

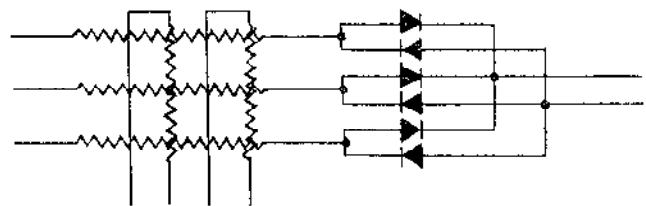
前述のように溶接機が溶接のみならず他の用途にも使用されることから、出力電流が大きくかつ垂下特性、降

下特性、定電圧特性などの切換可能なものが要求されている。これらの特性切換は整流器式では制御回路によって容易に得られる利点がある。整流器式溶接機の性能を決定するものは従来より使用されている可飽和リアクトルまたは最近使用されつつある磁気増巾器、それに整流器である。

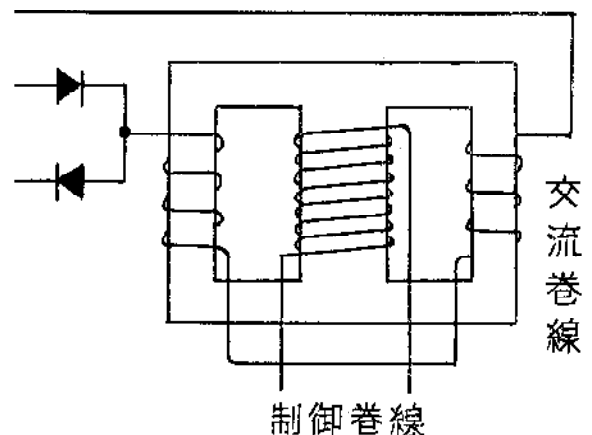
以下その各々について述べる。

(i) 可飽和リアクトルおよび磁気増巾器

可飽和リアクトルを使用した基本回路を第2図に示す。可飽和リアクトルは第3図に示すように三脚鉄心の両側に出力巻線を巻き、中間の脚に制御巻線を巻いたものが多く、出力巻線の接続により直列形、並列形と区別



第2図 可飽和リアクトル



第3図 可飽和リアクトル

して呼ばれる。

直列形について考えると成るサイクルにおいて一方の出力巻線は制御巻線電流による磁束と同方向となり磁束が増しつゝ飽和に達し他方の出力巻線による磁束は差として動作し飽和には達しない。

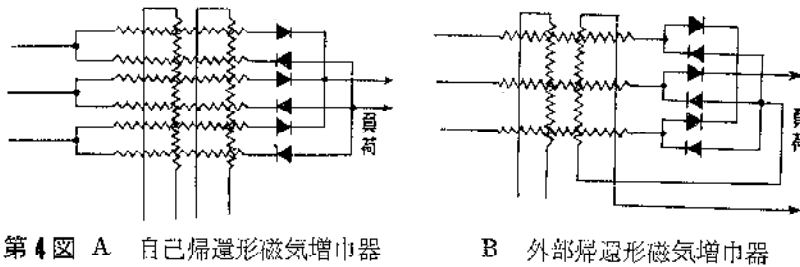
* 茨城県日立市

飽和に達するとそれまで大きなインピーダンスを持っていた出力巻線はインピーダンスが極めて小となり負荷には急激に電流が流れる。制御巻線に流す電流の調整により出力電流の流れる位相が変化し、出力電流値を制御する。出力巻線数を N_1, N_2 、制御巻線数を N_c とすると出力電流 I_L と制御電流 I_c には次の関係が成立する。

$$I_L (N_1 + N_2) = I_c N_c$$

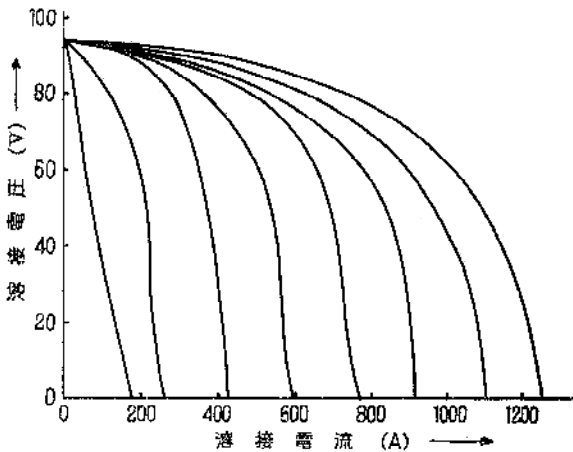
可飽和リアクトルでは帰還を行わないから大きな制御電力が必要となるが、 N_c を極端に増すと回路時定数が大きくなるなどの欠点がある。いずれにしても次に述べる磁気増巾器に較べて大形となり溶接機の重量は大きくなってしまふ。

一方磁気増巾器は第4図に接続図を示すが特性は可飽和リアクトルが第5図に示す垂下特性であるに対し、第6図に示すようにどちらかといえば定電圧特性に持っている。



第4図 A 自己帰還形磁気増巾器

B 外部帰還形磁気増巾器



第5図 可飽和リアクトル特性

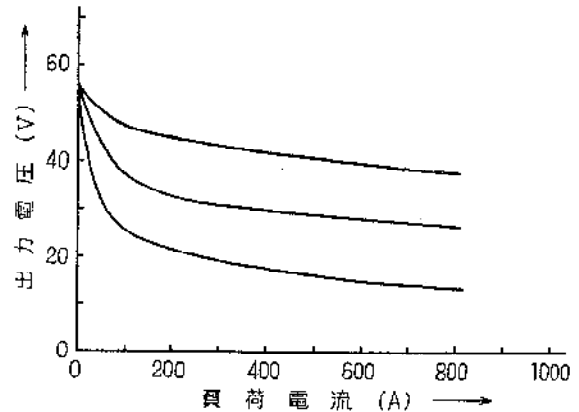
磁気増巾器は外部帰還形と、自己帰還（内部帰還ともいう）形に分けられ帰還により増巾度を大きくする。

第4図Bの外部帰還形は帰還巻線を必要とし低電圧大電流を要求する溶接機用としては太い導体を巻くため製作上困難な点があり、第4図Aに示す自己帰還形は帰還巻線を必要とせず出力巻線に直流が流れ帰還が行われるので製作は容易でありこの方式が主として用いられる。

帰還増巾している磁気増巾器は可飽和リアクトルにくらべ制御巻線数が少く小形となり時定数も小さい。

磁気増巾器の特性を決定するのは鉄心材料及び整流器

である。最近においてはカットコア等巻鉄心を使用することにより磁束密度が高くとり得る上に磁気特性が良く優れた増巾器ができています。



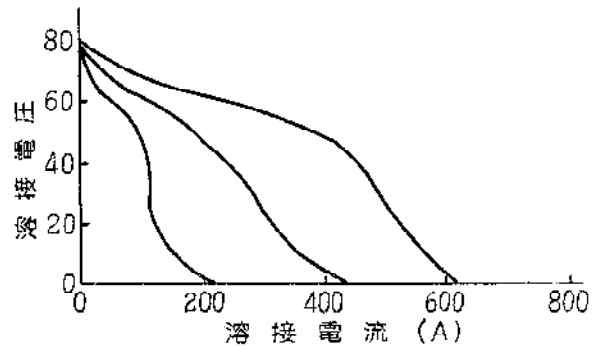
第6図 磁気増巾器特性

整流器は逆流が小さく、正方向電圧降下の小さいものがよいが、これらについては後述する。

磁気増巾器の出力電流・出力電圧特性曲線を第6図に示したが、この特性から各種溶接機特性を得るには負荷電圧を検出して制御する電圧帰還制御、出力電流を検出して制御する電流帰還制御が考

えられる。

電流帰還制御は変流器を使用し、出力電流に比例する信号を制御巻線に流し所定特性を得ている。電圧帰還制御は負荷電圧を高次関数に近似させた回路を経て制御巻線に加え所定特性を得ている。この電圧帰還方式は変流器を使用しない利点を有している。一例として電圧帰還制御により得た垂下特性を第7図に示す。



第7図 電圧帰還による溶接機特性

降下特性は帰還を調整することによって得られ、定電圧特性は電動機制御その他で従来より用いられている方式を用いることにより得られる。

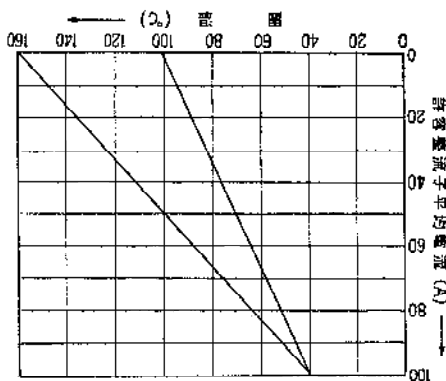
これらは回路を切換えたり、定数の変化によって得られ出力電流は可変抵抗器により最小値から最大値まで連続

的に調整できる。

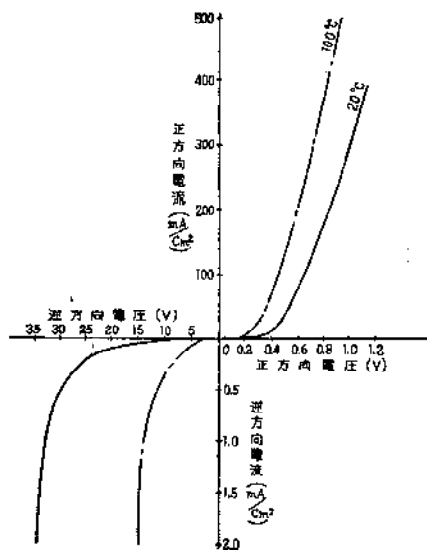
(ii) 整流器

現在最も多く用いられているのはセレン整流器であるがここ数年来ゲルマニウム、シリコンを使った半導体整流器が盛んに使用されており、特に温度特性の優れているシリコン整流器は電気化学工業、電気鉄道、一船動力等の分野に広く応用され整流器の王座を占めるにいたっている。第8図～第10図にセレン整流器とシリコン整流器の各特種を示すが、シリコン整流器はよく高温に耐え最高使用温度 150°C（セレン整流器は 100°C）であり、正方向電圧降下、逆流共に小さく、1素子の耐圧が高いので少い素子を使い非常にコンパクトにまとめることができる。シリコン整流器はサージに弱いという唯一の欠点は簡単な吸収回路の取付と適当な定格の素子を選ぶは何んら問題ではない。

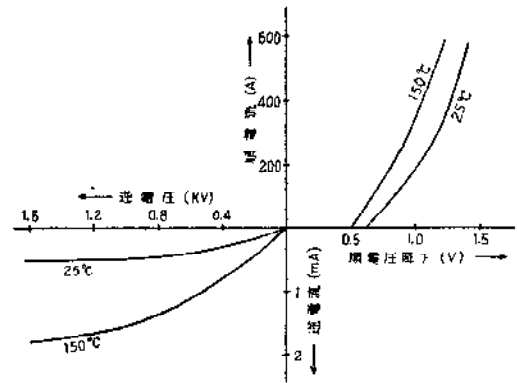
特に溶接機に内蔵する機器をH種絶縁とし、小形化すると共にシリコン整流器使用によりより装置の小形化が可能となる。また逆流の小さいことは磁気増巾器の増巾度が低下の主要因である逆流問題が解決し、増巾度の上



第8図 周温と許容電量



第9図 セレン整流器静特性



第10図 シリコン整流器静特性

昇によりきわめて小さな制御電力で充分な制御ができる。

第1表 シリコンスタックとセレンスタックの比較

	シリコンスタック	セレンスタック
定格電流	750 A	750 A
最大許容電圧	600V (PIV)	75V (rms)
最高動作温度	150 °C	100 °C
逆電流	0.6 mA	120 mA
正方向電圧降下	1.0 V	2.0 V
スタック構成	1 ^S 2 ^P 6 ^A	3 ^S 15 ^P ×6 ^A (200R)
スタック大きさ比(約)	0.45	1

上記は溶接機用整流器として完成したものを示す。

(i) (ii) に磁気増巾器、整流器について述べてきたが、これら優れた部品を使用し、溶接機特性の優れたものが作られているが次に述べる各種付属機構を備えることにより更に使い易いものとするよう考慮している。

(iii) 付属装置

(a) 電撃防止装置

溶接停止時および予備作業中作業者が電撃を受けたり、或いはその他の災害を発生する危険があるので最近の溶接機には本装置を付属するものが多い。

原理的には無負荷電圧または溶接終了時の零電流を検出して一定時間後に主変圧器の1次側または2次側に入っている電磁接触器を開路して主回路を遮断し、作業開始時には溶接棒と被溶接物との接触により主回路を投入するのである。

この装置は補助接触器および時限要素としてタイマーまたはCRによる時間遅れ回路により構成されている。使用頻度が非常に激しいので無接点論理素子（日立商品名ヒタログ）を補助接触器、時限継電器の代わりに使用することにより保守点検が容易となり寿命は半永久的とな

る。

(b) ホットスタート回路

溶接起動時には一定時間だけ設定溶接電流より大きな電流を流し溶接起動を容易にし、かつ溶接ビードの始めに発生し易いブローホールの発生を防止する方式をホットスタート起動と云っている。

可飽和リアクトル又は磁気増巾器の制御巻線の1つを使用し時限継電器により一定時限制御電流を増加し大きな溶接電流を流す。

(c) クレータフィルター回路

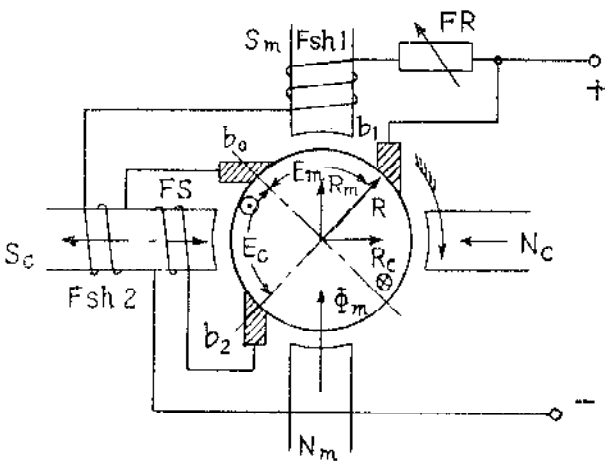
溶接終了前の一定時間は設定溶接電流より小さな電流を流し溶接ビード終端のクレータを最小としクレータクラックの発生を防止するもので可飽和リアクターまたは磁気増巾器の制御巻線に流れる電流をスイッチの操作により変化させて溶接電流を制御している。

現在の溶接機には上記の付属装置のうち全部又はその1部が付いており、互にインターロック回路が設けてあり誤った操作をしても安全ではあるが作業者は事前に充分な注意を払い適正な使い方をすることが必要である。

2. 回転機式アーク溶接機

発電機を使用する回転機式アーク溶接機については制御方式その他に大きな変化はないが、最近の絶縁物材料の進歩および鉄心材料の進歩により機器の小形化には著しいものがある。例えば現在なお稼働している昭和12年製日立直流通アーク溶接機(400A25V連続定格)が900kgであつたが現在製作している日立直流通アーク溶接機(400A 40V 50%ED)のものは容量的に大きいにもかかわらず400kg程度と約45%となつていることから明らかである。

発電機式溶接機は小電流においても波形がよくきわめて安定したアークを発生し、効率はアーク溶接機中最も優れており、今後ますます小形軽量高性能化が進むものと思われる。



第11図 第3刷子発電機原理図

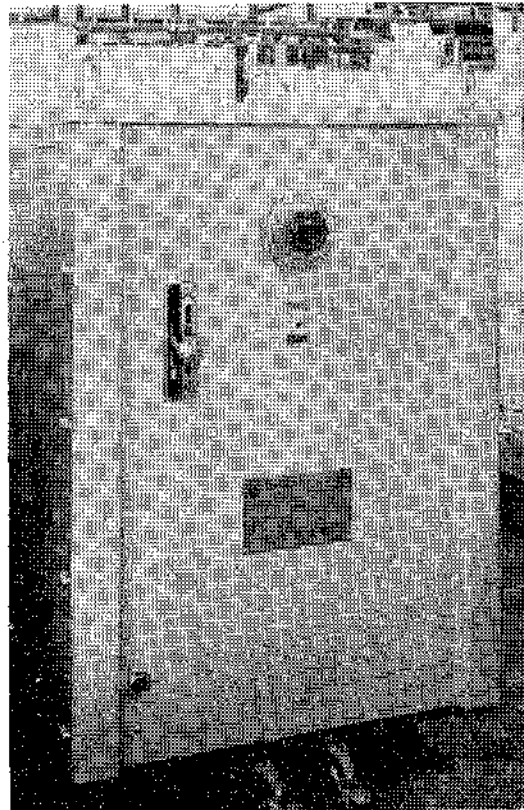
溶接機電源としての発電機は差動複巻発電機、ローゼンベルヒ発電機、第3刷子ベルグマン発電機が使用されており本稿においては優れた特性を持つ第3刷子ベルグマン発電機について述べる。

(i) ベルグマン式発電機

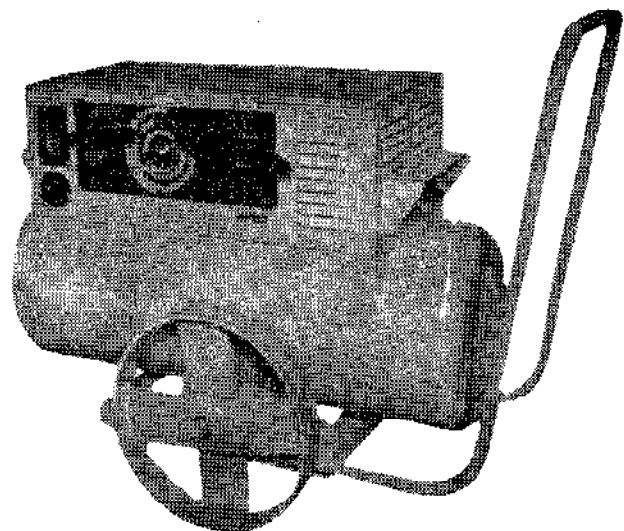
本発電機は分巻々線の接続により定電圧、定電流とに分けられ、溶接機用としては後者が用いられる。

以下定電流形について述べる。

動作は第11図に示すように整流子は主軸 b_1 b_2 の他に第3刷子 b_0 がある。磁極は4極に見えるが動作は2極



第12図 シリコン式直流通アーク溶接機



第13図 電動機式直流通アーク溶接機

として作用し、電機子は2極の巻線構造を持ち無負荷時の端子電圧は界磁調整用可変抵抗器により任意に調整することができる。

主磁束 Φ_m の磁路は飽和し易く、交叉磁束 Φ_c の磁路は不飽和性で、電機子が回転している場合 Φ_m により E_m なる起電力が $b_1 b_0$ 間に発生し Φ_c により E_c なる電圧が $b_0 b_2$ 間に発生してその和 $E_m + E_c$ が $b_1 b_2$ 間に現されて端子電圧となる。

無負荷の場合分巻々線 F_{sh1} と F_{sh2} の作る磁束によつて電圧を発生しているが、負荷電流が流れると電機子反作用 R が矢印の方向に生じ、主磁束 Φ_m 及び交叉磁束 Φ_c に対し分力 R_m , R_c となつて作用する。

Φ_m の磁束は飽和しており R_m により大きく影響され E_c は低下し起電力 $E_c + E_m$ は減少する。

また Φ_c の磁路には差動巻線 F_s があるので負荷電流増加に伴う負荷電圧の減少は著しく定電流特性を示す。

(ii) 駆動装置

上記発電機を駆動する方式は電動機による方法と、ガソリンまたはディーゼルエンジンによる方法に大別でき

る。

電動機として一般に用いられるのは三相誘導電動機であり、直接全電圧起動する方式が採られる。ガソリンまたはディーゼルエンジンによるものは災害等による応急用、電源設備のない場所における作業、船上作業等使用目的が特殊である場合が多く、溶接発電機に補助発電機を直結し、電動工具、照明器具等を使用する補助電源を持つもの、および燃料の消費を最小にするためにスローダウン装置を備えるなど多くの努力が払われている。

4. 結 論

第12図にシリコン式直流アーク溶接機、第13図に電動機式直流アーク溶接機を示しているが、最近の直流アーク溶接機はコ々に作業者が使い易いようにと進歩すると共に小形化に努力が払われている。

又シリコン制御素子を磁気増巾器と整流器に代つて使用する時も近々くるものと思われるが、装置の静止化、溶接点化、簡潔化により保守が容易であることも大切なことであると思う。