

潜 弧 溶 接 機

Submerged Arc Welder

森 実 伸 明*
Nobuaki Morimitsu

内 容 梗 概

潜弧溶接はアーク溶接の一種であるが、他のアーク溶接に比べて大電流を流し、厚板を1層で高速溶接できるので自動溶接機として広く用いられている。

溶接技術の進歩により溶接の適用範囲は年々拡大しているが、本文で紹介する潜弧溶接機は単電極で、溶接電流1,000Aの可搬式溶接機で適用範囲の広いものである。

本機は、電源として垂下特性を有する可飽和リアクトルを使用し、溶接電流および心線送給、台車走行各電動機の制御素子としてシリコン制御整流器を使用しており、高性能でかつ保守点検の労力を軽減したものである。

1. 緒 言

潜弧溶接法はアーク溶接の一種であり、1930年ごろイナートガス溶接とほぼ同時に発明され、最近急速な進歩を遂げたもので、軟鋼やステンレス鋼の溶接に好適なばかりでなく、非鉄金属に対しても適用範囲は拡大している。

潜弧溶接法は溶接線上に沿って置かれた粒状フラックス中でアークを発生させて溶接を行なうもので、溶接電源が垂下特性を有するか、定電圧特性を有するかにより心線送給速度の制御方法は異なるが、常に一定アーク電圧、アーク電流となるよう自動的に溶接用心線を供給し、それにそって溶接ヘッドまたは被溶接物を移動させている。

心線送給電動機速度制御は電源が垂下特性を持つ場合、アーク電圧を検出し、設定電圧になるよう調整する。

本機においては、これら速度制御にシリコン制御整流器（以下SCRと略記する）を使用し、十分な性能を得ることができた。

2. 定 格 仕 様

本機は1個の電極を有する溶接ヘッドを台車に乗せた簡単な構造のもので、可搬式に構成されている。

以下にその仕様を列記する。

2.1 溶接電源仕様

- 一次入力電圧 100-180-200-220V 50, 60〜共用
- 一次入力 80kVA
- 二次無負荷電圧 80V
- 二次定格電圧 40V
- 二次定格電流 1,000A
- 電流調整範囲 250〜1,250A
- 時間定格 1時間
- 特 性 垂下特性

2.2 溶接ヘッド仕様

- 心線送給速度 0.4〜4 m/min
- 心線送給電動機 直流分巻電動機 80V 100W 6,000 rpm
- ヘッド昇降距離 ±60 mm
- ヘッド水平移動距離 ±60 mm
- ヘッド回転角(水平) ±90°
- ヘッド回転角(前後) ±15°
- フラックスホッパー容量 6 l
- 心線装荷 25 kg

* 日立製作所日立工場

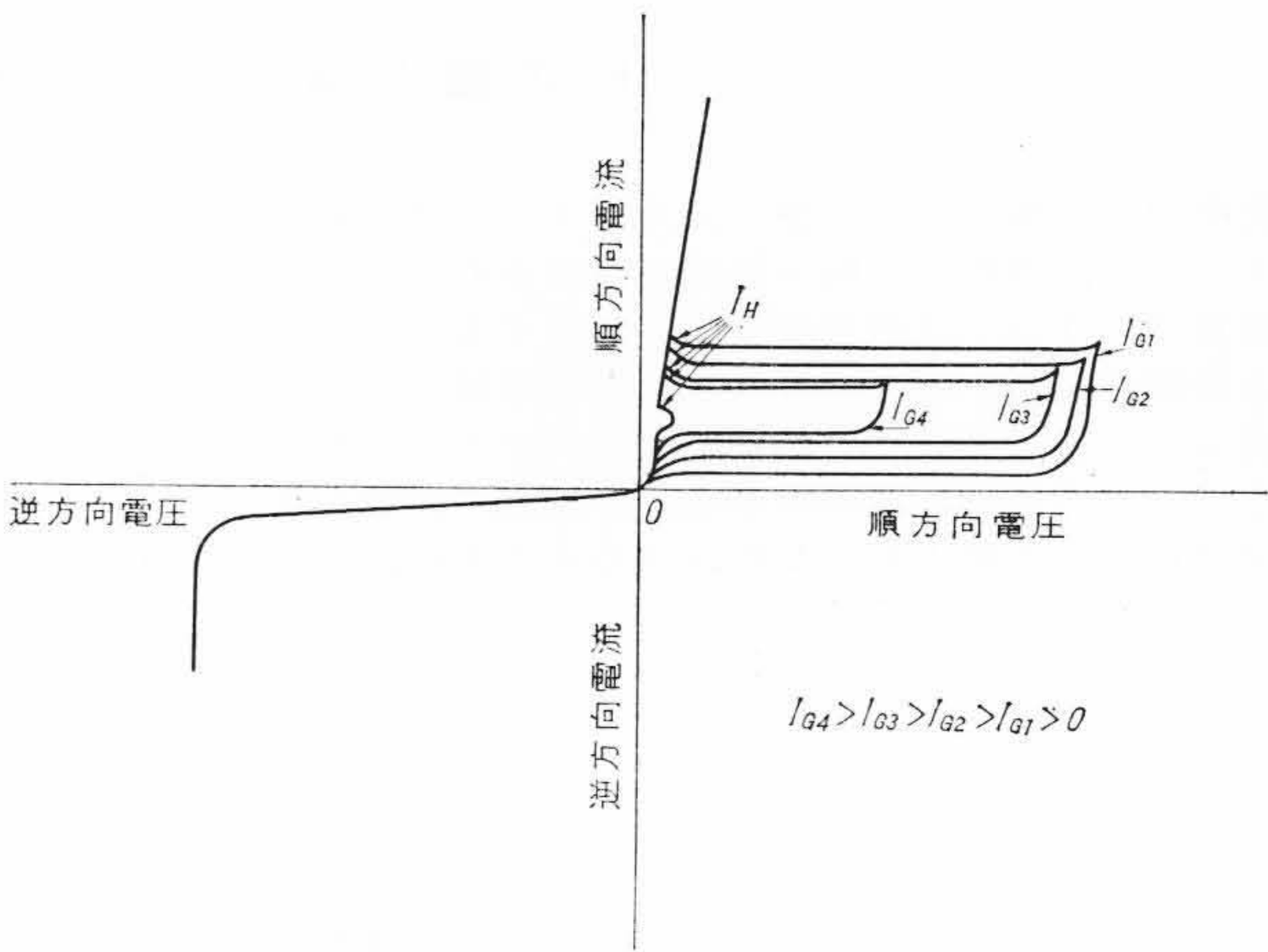
第1表 日立製作所製 SCR 定格仕様表

形 式	定格電流	定格せん頭逆電圧および最小ブレークオード電圧					
ZCSU 12B〜E	3A	100V	200V	400V			
ZCSS 15A〜F	10A	50V	100V	200V	300V	400V	500V
ZCSR 15A〜F	16A	50V	100V	200V	300V	400V	500V
ZCSN 13A〜F	50A	50V	100V	200V	300V	400V	500V
ZCSM 11A〜F	150A	50V	100V	200V	300V	400V	500V

末尾文字は下記のように定格せん頭逆電圧および最小ブレークオード電圧のクラスを示している。

末 尾 文 字	A	B	C	D	E	F
定 格 せん 頭 逆 電 圧 (V)	50	100	200	300	400	500
最小ブレークオード電圧 (V)	50	100	200	300	400	500

本溶接機に使用したSCR素子はZCSR15Cである。



(a) V-I 特性
第1図 S C R 特性

2.3 台車仕様

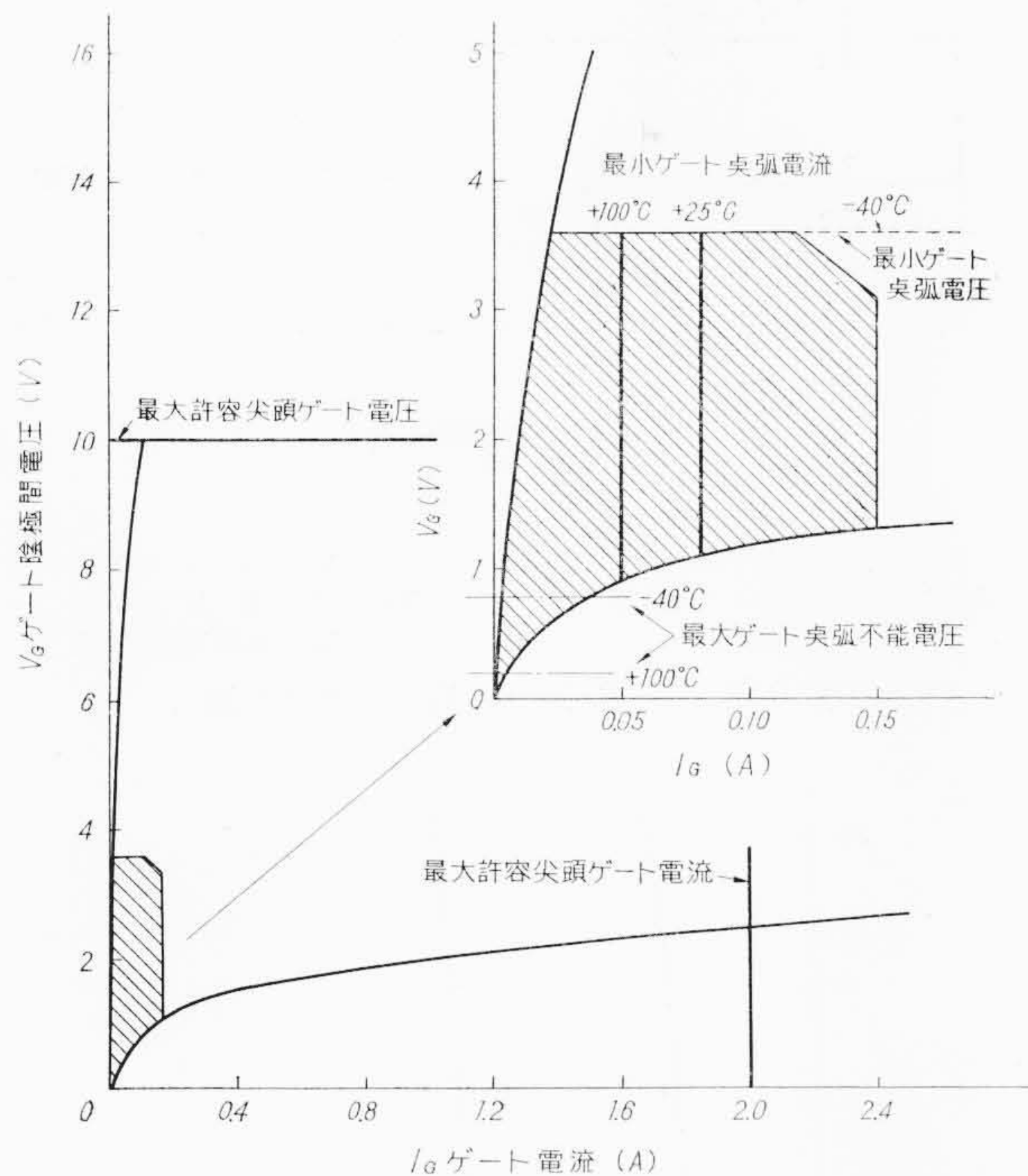
- 台車走行速度 0.2〜2 m/min
- 台車走行電動機 直流分巻電動機 80V 100W 6,000 rpm

3. 装置の概要

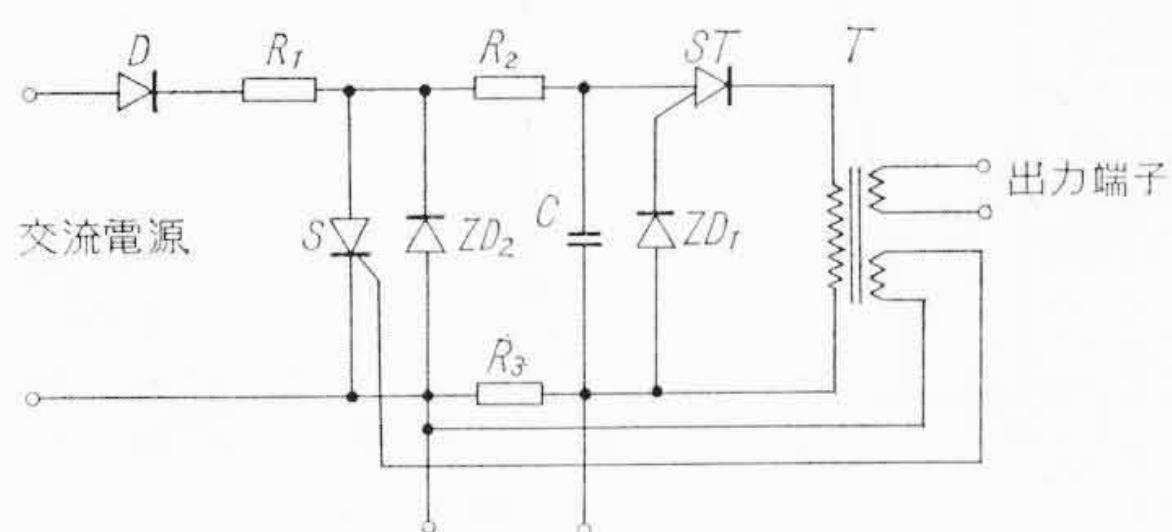
3.1 SCR およびその制御装置

本溶接機では電源装置の制御および心線送給、走行電動機の制御にSCRを使用しているが、その仕様および制御装置について説明する。

第1表に日立SCR素子の定格を、第1図(a)にSCRのV-I特性



第1図(b) SCR のゲート点弧特性



第2図 APPS 結線図

を示す。特性は従来のシリコン整流器と異なり、制御極(ゲート)に規定電流を流さなければ順方向に電圧を加えても高インピーダンス状態を保持し、SCRはoffの状態にある。さらに順方向電圧を高めるとともにゲートに電流を流すことにより第1図(a)の $I_{G1}, \dots, I_{G4}$ 曲線に示すようにSCRはon状態となる。

一度点弧したSCRは負荷インピーダンスに従って電流が流れ、この値が保持電流 I_H より大であれば、ゲート信号を除いてもSCRにはon状態を保持し、順電流が I_H 以下となってoffとなる。

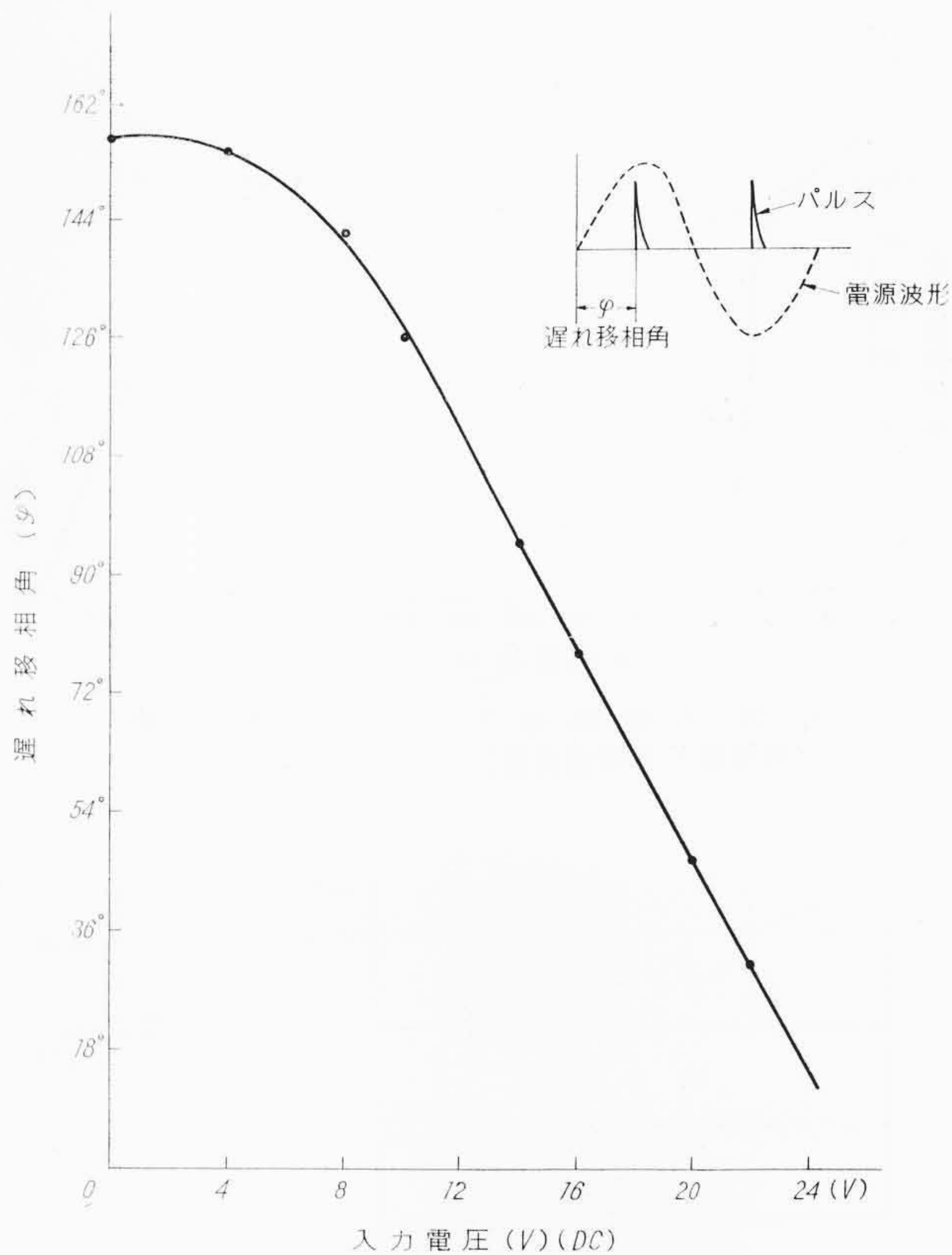
この動作はサイライトロンなどの制御格子放電管の動作と同一であるので固定サイライトロンとも呼ばれるのである。

SCRはゲート、カソード間に通電することにより点弧し得るが、第1図(b)に示すような点弧特性を持ち、斜線部分がジャンクション温度 $-40 \sim +100^\circ\text{C}$ の範囲で点弧しうることを示すとともに電流電圧の制限値を示す。したがってジャンクション温度や製品のバラツキに関係なく所要の位相で点弧するにはゲートに印加する電圧をパルスとして使用することが必要である。

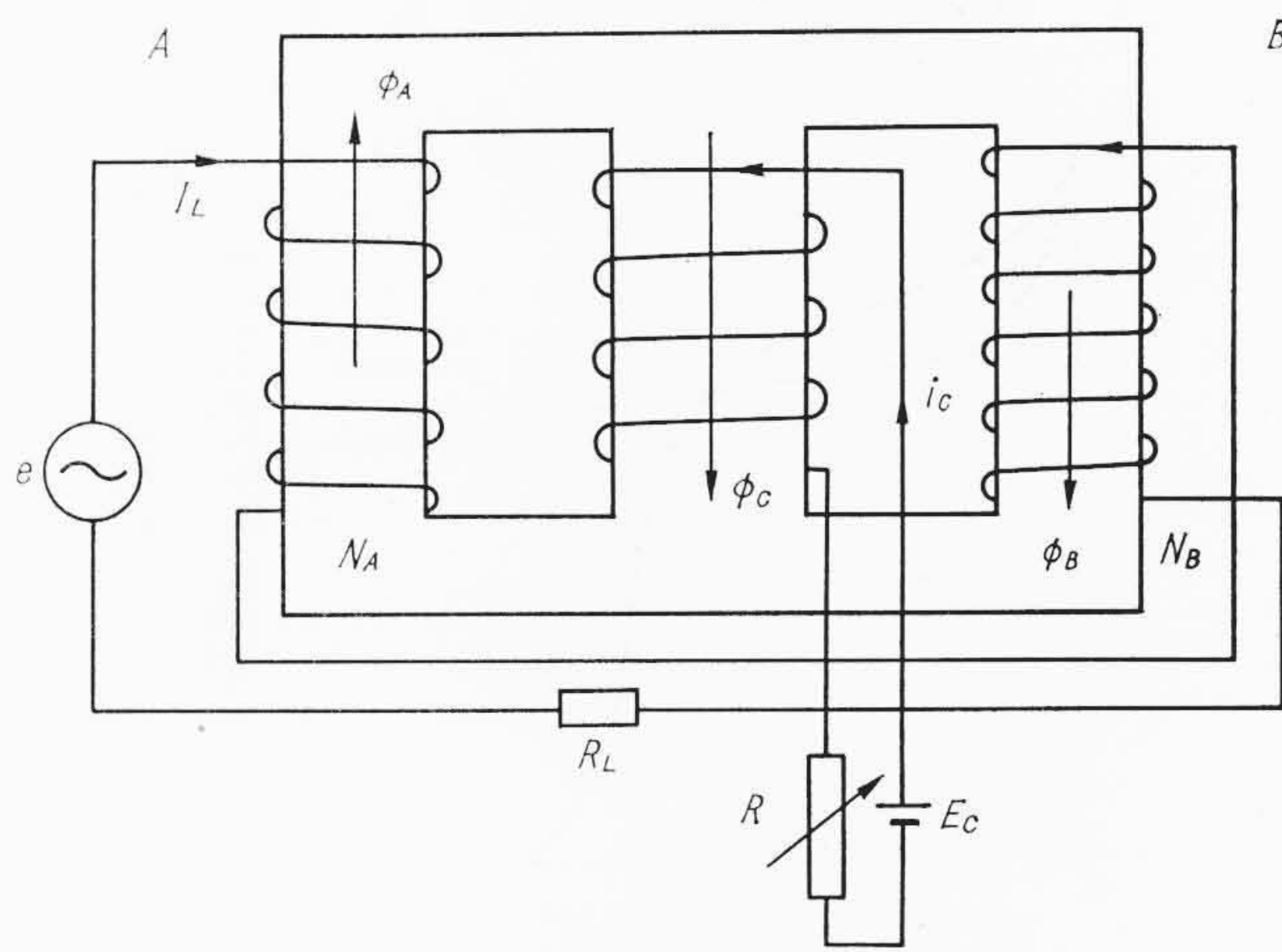
そのパルス発生器(自動パルス移相器、以下APPSと略記する)の原理図を第2図に示すが、その具備すべき条件としては

- (a) 立ち上りの早いパルスを発生すること
- (b) 温度や電源電圧の影響が少ないこと
- (c) 交流電源に同期したパルスであること
- (d) 小信号でパルス位相の変化が可能なこと、および移相範囲が十分大きいこと
- (e) 小形軽量であり高信頼度であること

などである。本機に使用したAPPSの入力電圧 V -移相角 ϕ 特性を



第3図 APPS 特性曲線



第4図 可飽和リアクトル原理図

第3図に示す。

SCRは他の増幅装置より増幅率が大きく、時定数の小さい利点があるので最近制御要素として盛んに使用されている。

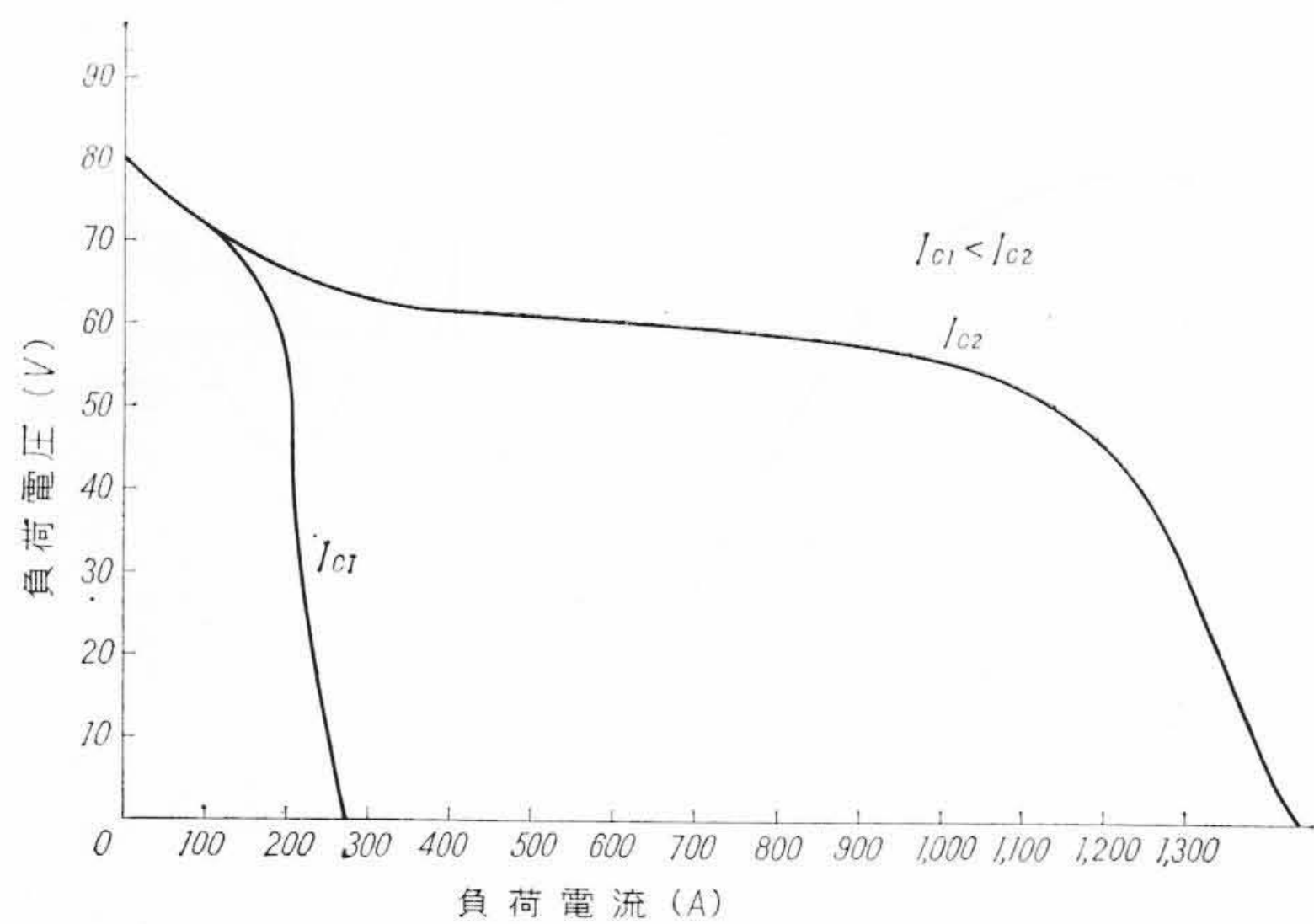
3.2 溶接電源装置

アーク溶接は比較的低い電圧で大電流を流すのであるが、無負荷電圧はアーク発生とアークを安定に保持するために比較的高いことが必要である。したがって溶接電源特性は第5図に示すような垂下特性(定電流特性)であることが望ましい。特に交流電源においては電源周波数に応じアークが点滅するので垂下特性が必要である。

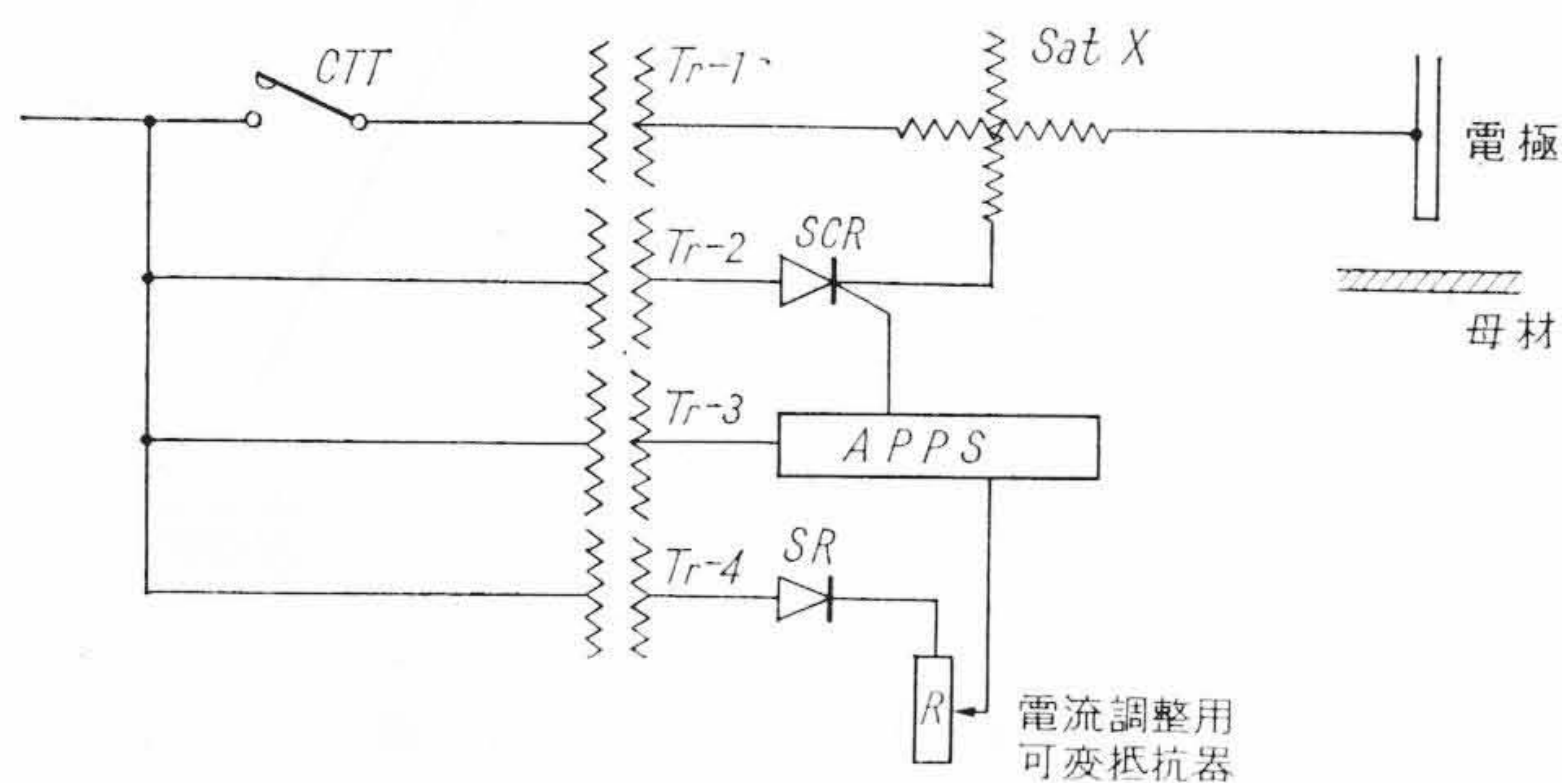
垂下特性を電源に持たせる方法として、一般に用いられているのは漏えい変圧器方式で、可動鉄片形、可動コイル形などがある。

電流調整はその可動部分を制御用電動機で駆動しているが、本機においては可動部分をなくし、かつ電流調整を容易にするため可飽和リアクトルを使用している。

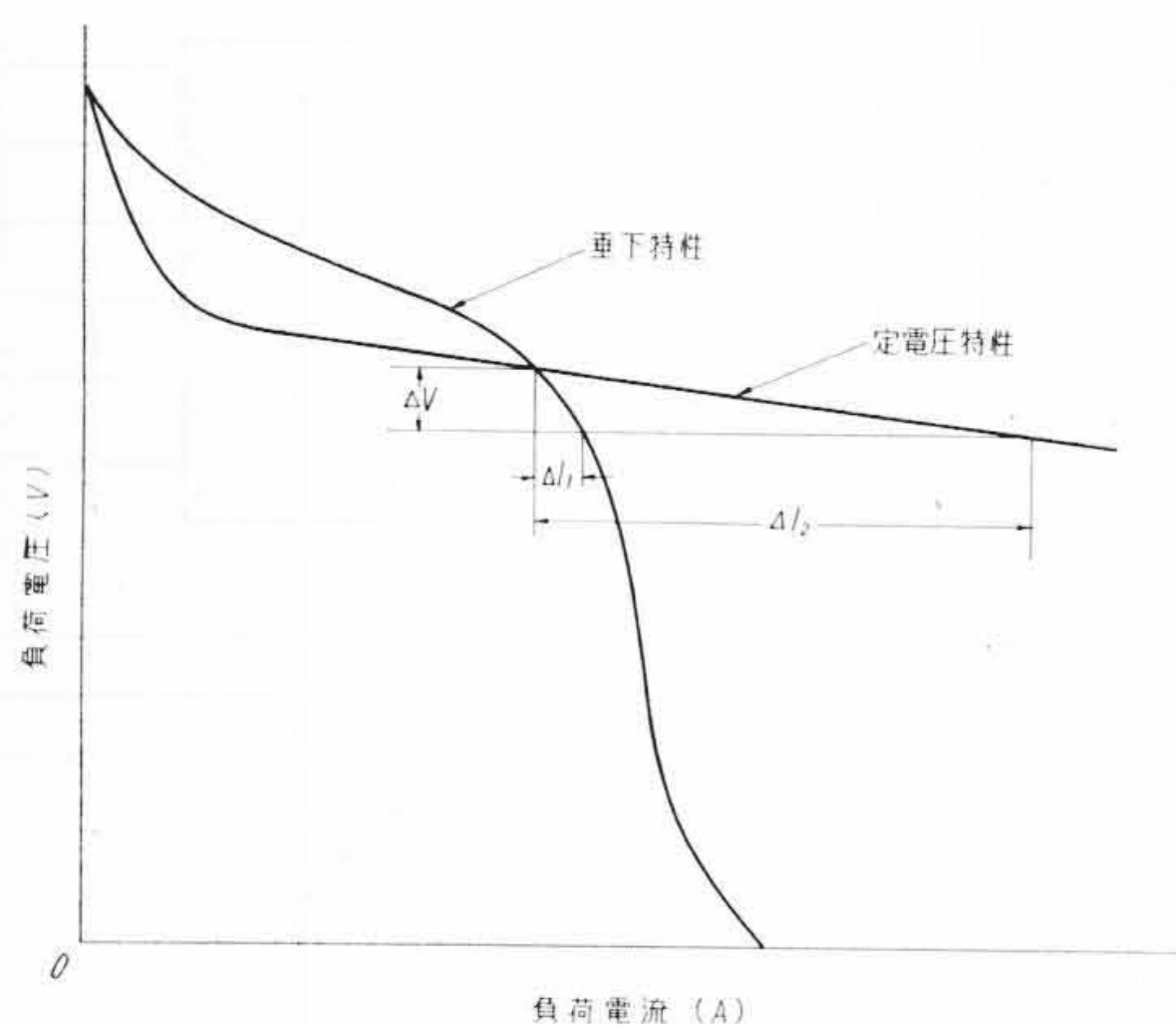
可飽和リアクトルは第4図に示すように三脚鉄心の両側に出力巻



第5図 可飽和リアクトル特性曲線
(溶接機外部特性曲線)



第6図 溶接電源接続図



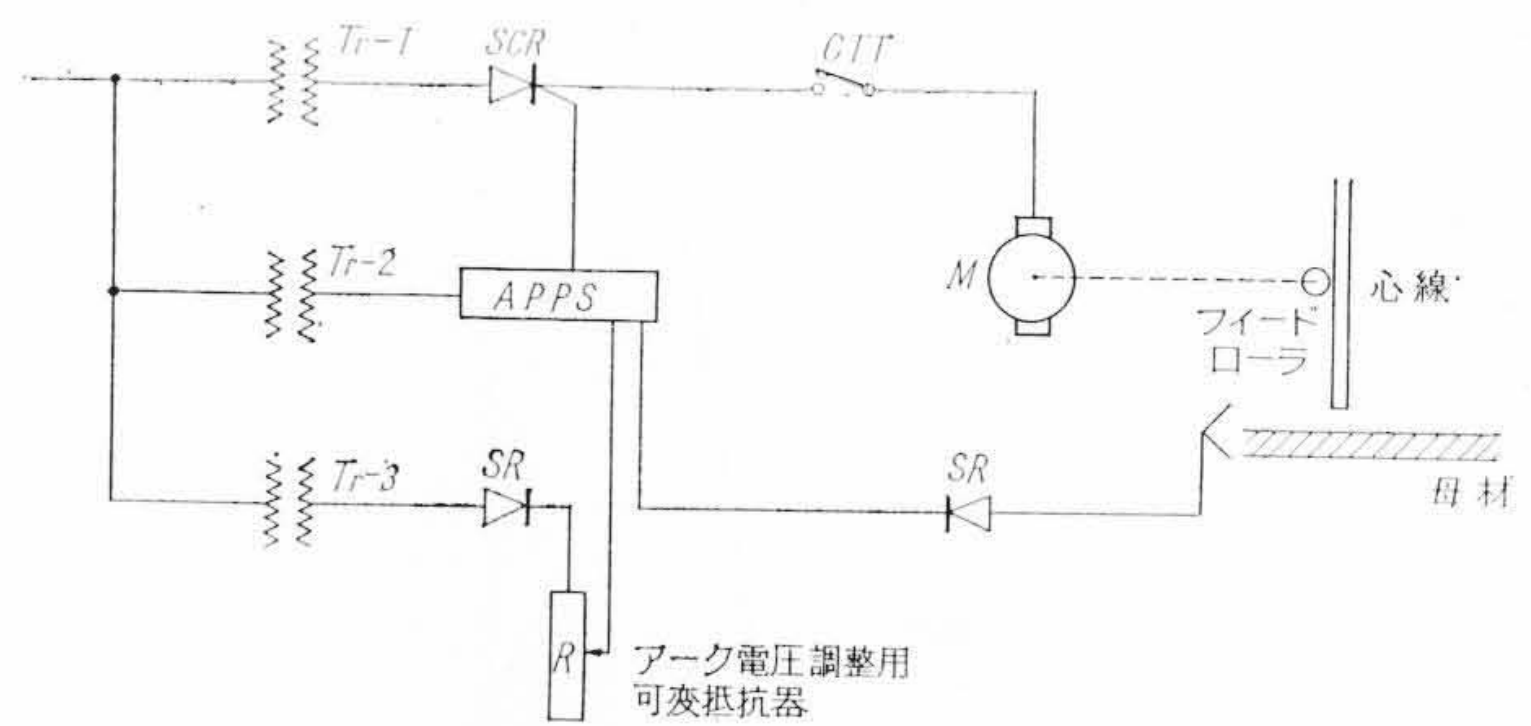
第7図 溶接電源垂下特性

線を巻き、中間の脚に制御巻線を巻いたものが多く、本機に使用した溶接電源もこれと同じ構造である。

第4図について説明すると、いま制御巻線に制御電流 I_c を流すと Φ_c なる磁束が発生する。出力巻線回路に交流電圧 e を印加するとそれぞれ図に示すように磁束 Φ_A , Φ_B が発生する。A, Bの鉄心の磁束はそれぞれ $\Phi_A + \Phi_c$, $\Phi_B - \Phi_c$ となり e の増加に伴い $\Phi_A + \Phi_c$ は飽和して磁束は増加しなくなる。磁束が e により増加または減少している間は巻線のインピーダンスは高く、供給電圧の大部分は巻線に加わり、 R_L には電圧を発生しない。

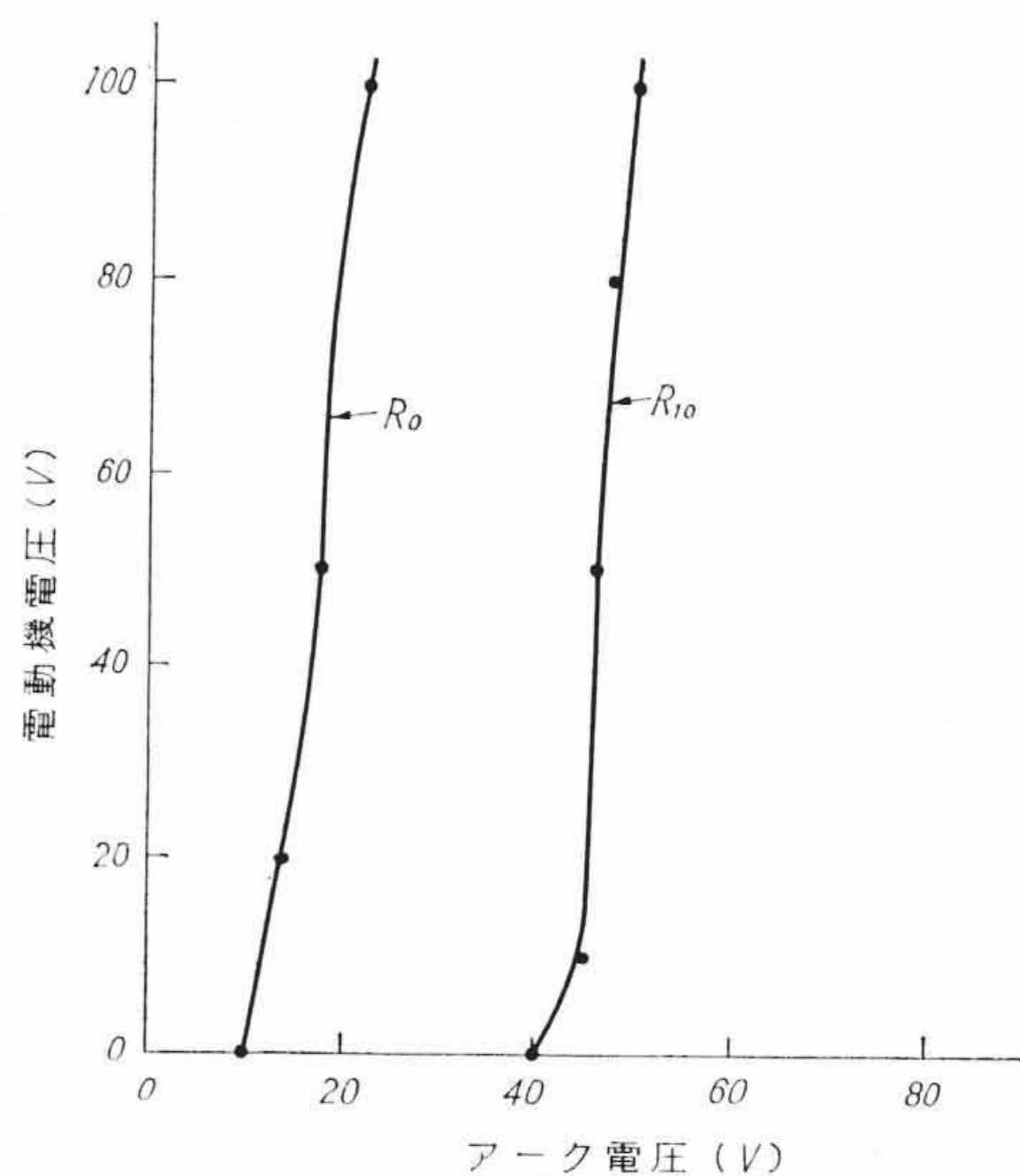
磁束が飽和すると巻線Aのインピーダンスは非常に小さくなり、B鉄心も飽和していないが、インピーダンスは小さくなり、負荷 R_L に電源電圧が印加され、回路に電流が流れる。半サイクルごとにA, B巻鉄心は交互に飽和し、負荷 R_L に大電力を供給する。

第5図は本機に使用された可飽和リアクトルの特性曲線で、垂下特性を示し、溶接電源として最適なものである。



SCR: 制御格子付シリコン整流器
APPS: 自動パルス移相器
CTT: 電磁接触器
SR: シリコン整流器
Tr-1~3: 変圧器
M: 心線送給電動機

第8図 心線送給用制御回路



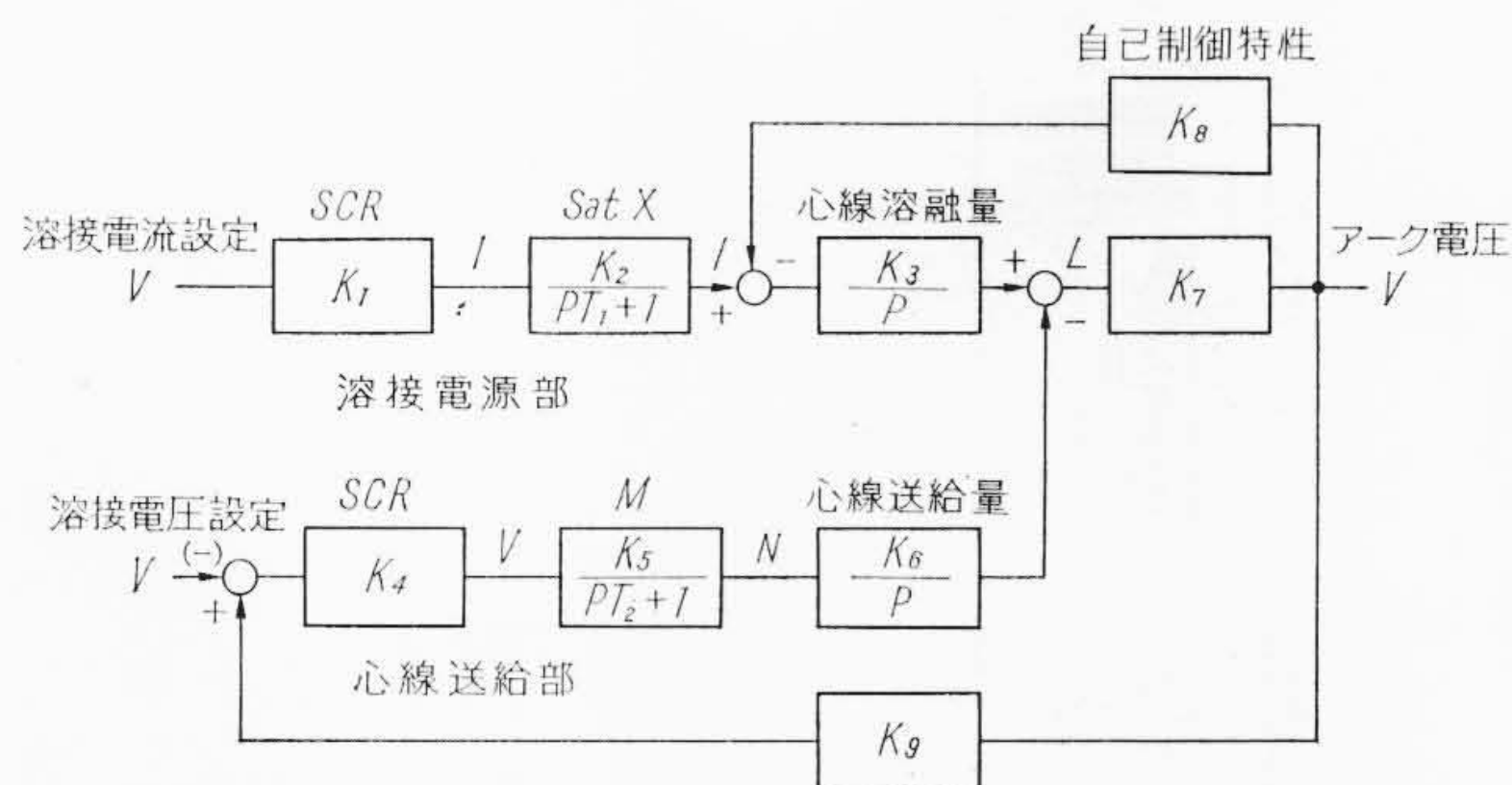
第9図 アーク電圧—電動機電圧特性曲線

また可飽和リアクトルにおいては制御電流 I_c と負荷電流 I_L の間にはそれぞれの巻線数を N_c , N_L とすると $I_c N_c = I_L N_L$ の関係 (等アンペアターンの法則) が成立し、制御電流に応じて負荷電流を調整できるが、本機では第6図に示すように制御電流 I_c はSCRにより供給されている。

3.3 心線送給装置

心線送給装置は本機のように垂下特性を持つ電源を使用する場合装置のレスポンスが溶接結果に大きな影響を与える。第7図は垂下特性を有する溶接電源特性を示すが、A, Bの垂下、定電圧の2特性においてなんらかの原因によってアーク電圧が V から ΔV だけ減少するとそれぞれ ΔI_A , ΔI_B だけアーク電流は増加し、B特性のほうが電流増加量は大きい。したがって心線溶融量の増加もB特性のほうが大きく、それに伴ってアーク電圧が大きくなり、設定アーク電圧に復帰しやすい。このことをB特性のほうが自己制御特性が大であるという。垂下特性の電源を持つ電源を使用する自動溶接においては常にアーク電圧を検出し、設定アーク電圧に保持するよう心線送給電動機の手動制御を行っており、電源の自己制御特性は小さいので電動機に課せられる制御性能は高度なものが要求される。本機においては溶接電源が交流であるため、アークの安定を図り、垂下特性としたので電源の自己制御特性は小さく、心線送給電動機は早いレスポンスが要求される。レスポンスの遅い場合は十分な制御が行なえず溶接速度が早くなるとビードはちょうどへびが卵を飲んだような形状となる。

心線送給電動機の制御は、直接アーク電圧を電動機に印加する方法と設定アーク電圧に比例する基準電圧とアーク電圧との差を増幅



- SCR : 制御格子付シリコン整流器
 Sat X : 可飽和リアクトル
 M : 電動機
 K_1, K_4 : 増幅器ゲイン定数
 K_2 : リアクトルゲイン定数 (設定電流付近の微小変化に対するもの)
 K_3 : 溶接電流心線径などによって変化する定数
 K_5 : 電動機ゲイン定数
 K_6 : ギヤ減速によるゲイン定数
 K_7 : アーク長アーク電圧ゲイン定数
 K_8 : 設定電流付近の自己制御特性定数
 K_9 : 帰還ゲイン定数

第10図 溶接制御ブロック図

して電動機に印加する方法とがある。後者の場合、通常サイラトロンが主として用いられているが、寿命が約3,000時間、容器がガラス製、予熱時間が必要などにより保守点検が容易でない。本機においては欠点の多いサイラトロンの代わりに SCR で電動機を制御することとした。第8図にその制御回路を示す。

アーク電圧の設定はアーク電圧の入力調整またはバイアス電圧を調整することによって行なわれる。アーク電圧と電動機端子電圧(回転数に比例)との関係を示す特性曲線を第9図に示す。

電動機の選定は

- (a) 時定数の小さいこと
- (b) 形状の小さいこと (減速ギアボックスも含む)
- (c) 重量が軽いこと
- (d) 瞬時過負荷耐量の大きいこと

などの条件を満たすものが望ましい。

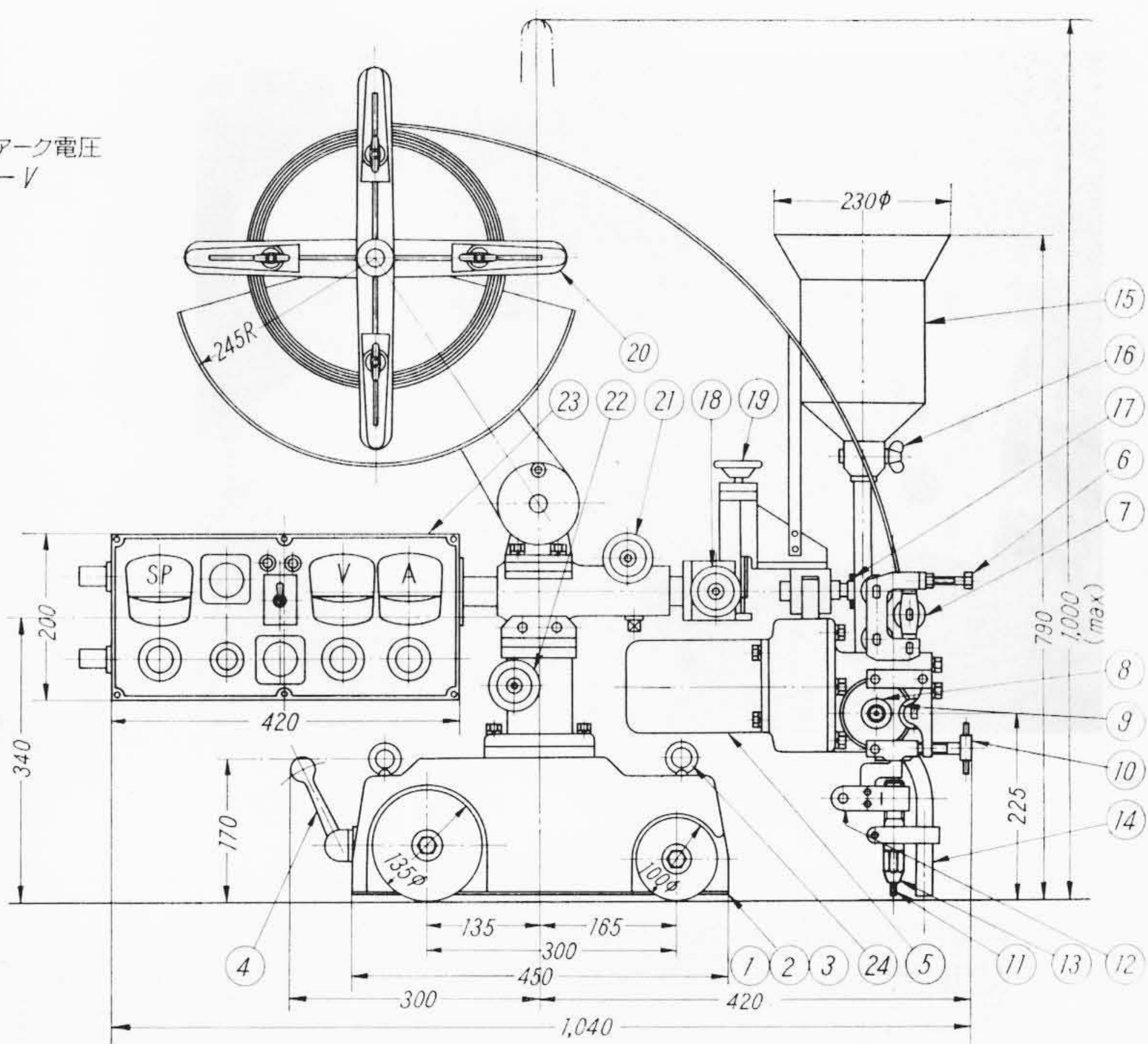
使用心線径および溶接電流がきまると送給に必要なトルクおよび心線送給速度が決定でき、その条件のもとで回転数を高く、電機子の慣性モーメントを小さくし、必要とする時定数を得るようし、できるだけ形状を小さくした。

溶接ヘッドは従来から行なわれているように電動機とギアボックスをフランジカップリングとし、ヘリカルギヤによって2段減速し、最終段はウォームギヤにより減速し、フィードローラに直結し、心線を送給している。

第10図は本溶接機の制御ブロック線図を示しており、電源のリアクトルの特性と自己制御性から心線溶融量が変わり、アーク電圧を調整するループとアーク電圧と設定値との差により心線送給量を調整し、アーク電圧を一定に保つループ組み合わせとなっている。

3.4 溶接線走行装置

本装置は用途に応じ種々の方式が採用されており、大形な装置では台車上に溶接電源、制御装置を乗せ、回転するコラムに昇降および走行可能なビームを設置し、その先端に1個以上の溶接ヘッドとペンダントボックスを備えたマニプレータ方式、ビームのみでその先端に溶接ヘッド、ペンダボックスを備えたサイドビーム方式、任意に移動できるレール上を溶接ヘッドとペンダントボックスを乗せ



- | | | |
|---------------|-----------------|------------------|
| ① キャリッジ | ⑨ プレッシュローラ | ⑰ ヘッド首振り調整ボルト |
| ② 台車走行電動機 | ⑩ プレッシュローラ調整ボルト | ⑱ 水平調整ハンドル |
| ③ 減速機 | ⑪ ノズルホルダ | ⑲ 垂直調整ハンドル |
| ④ クラッチレバー | ⑫ チップボディ | ⑳ ワイヤリール |
| ⑤ 心線送給電動機 | ⑬ チップ | ㉑ 微調整ハンドル |
| ⑥ ガイドローラ調整ボルト | ⑭ フラックスチューブ | ㉒ スイベルスクリュー |
| ⑦ ガイドローラ | ⑮ フラックスホッパ | ㉓ リモートコントロールボックス |
| ⑧ フィードローラ | ⑯ フラックス調整ナット | ㉔ つり金具 |

フラックス送給装置 (一方クラッチ式逆転防止付) はご要求に依り本機に付属納入いたします

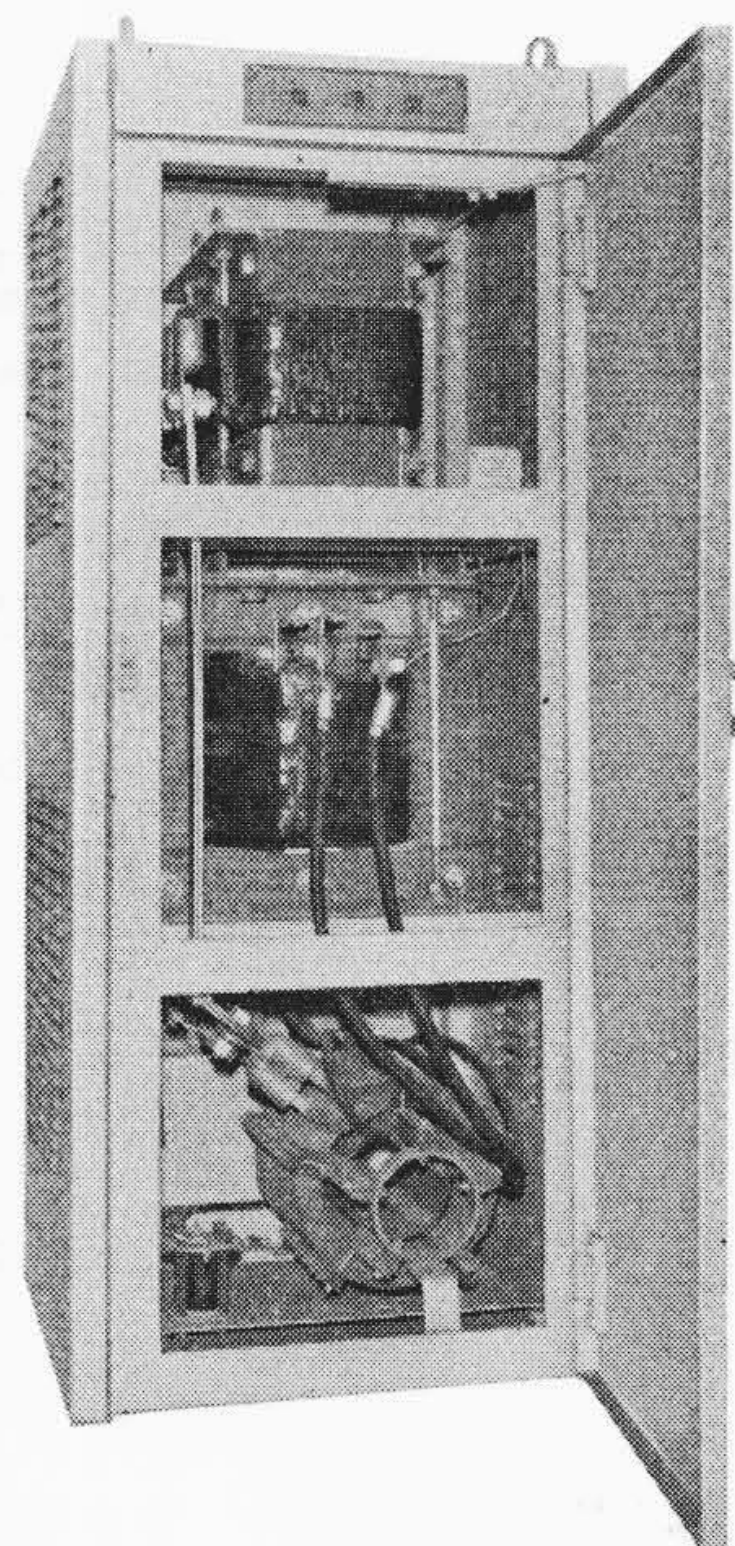
第11図 溶接機寸法図

た台車が走行する簡単な台車方式など、溶接物の形状および数量によって専用機または汎用機とすることができる。

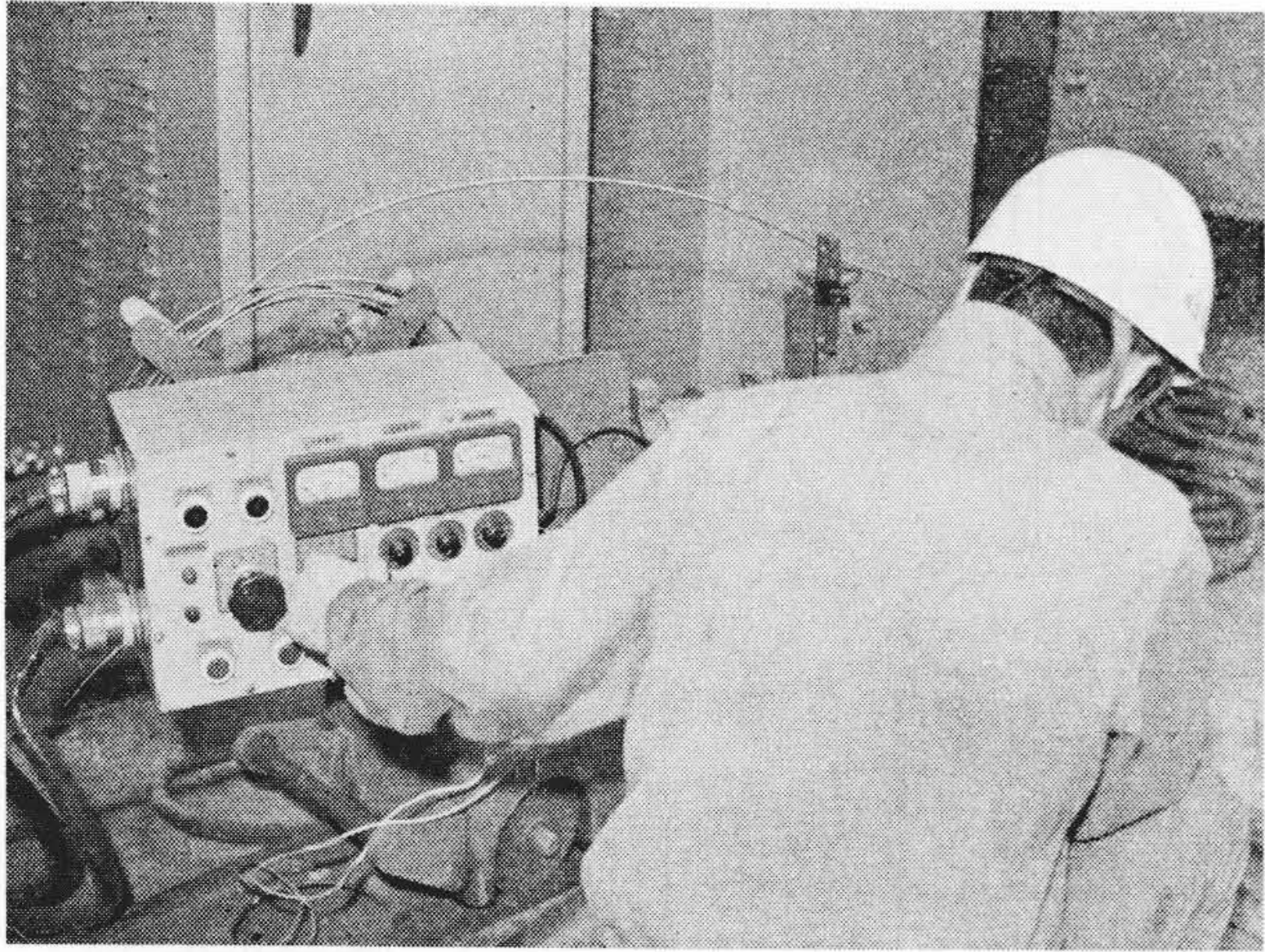
本機は第11図に示すような台車を使用した汎用機である。台車走行電動機は速度制御は前述の心線送給電動機と同様に SCR によって制御している。

本機は減速機構としてプラネタリーギヤを使用し、ギヤの効率を高めている。

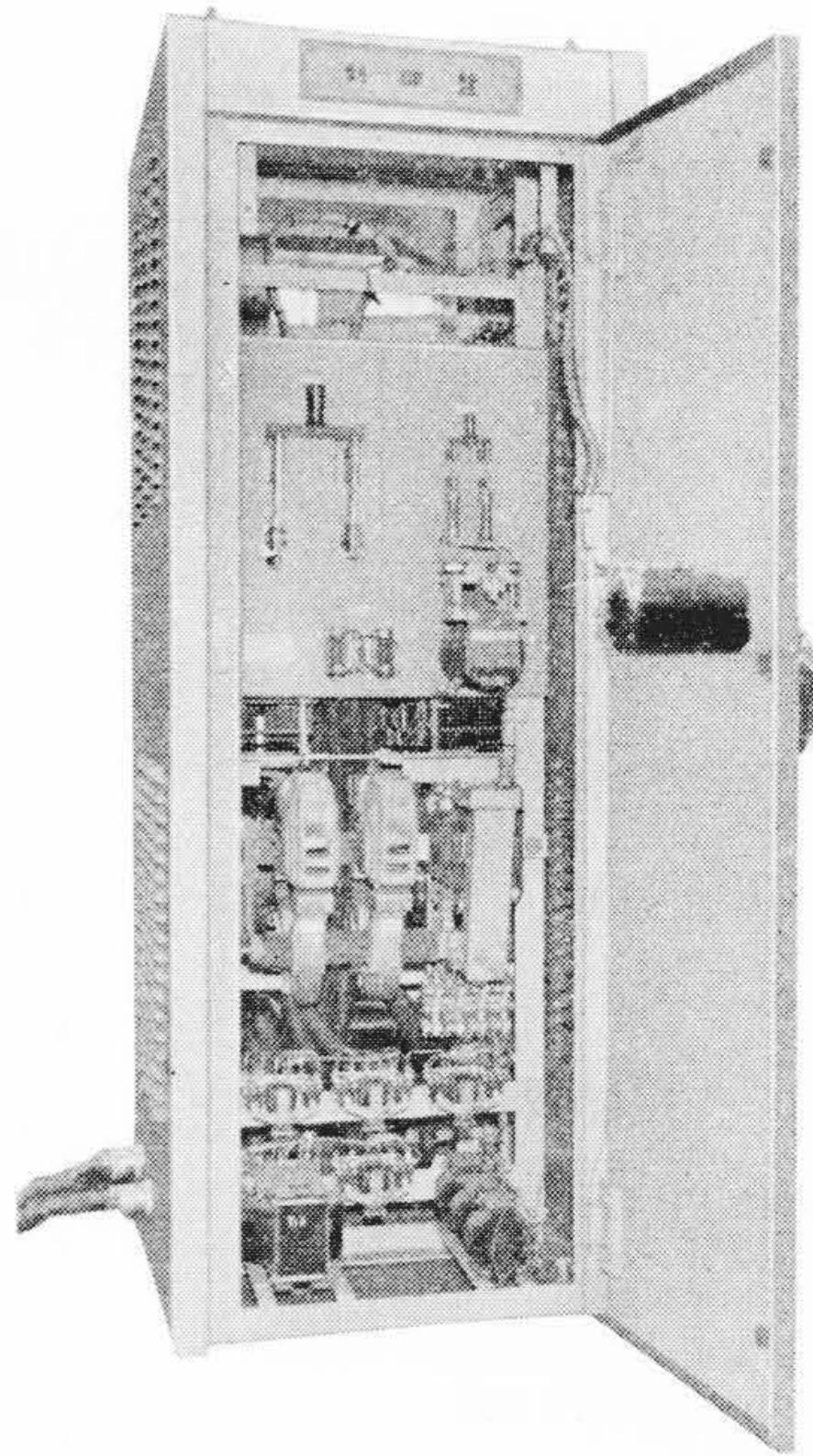
第12図は電源装置を、第13図は機械本体を、第14図は制御装



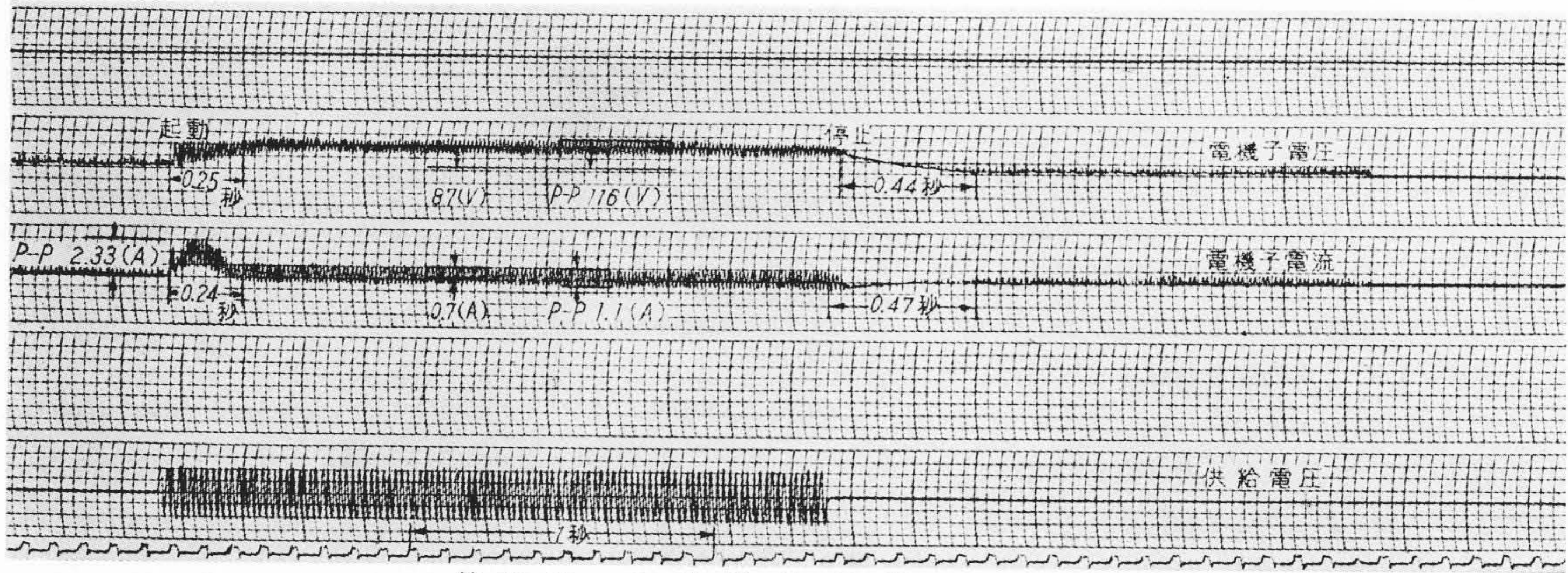
第12図 電源装置外観



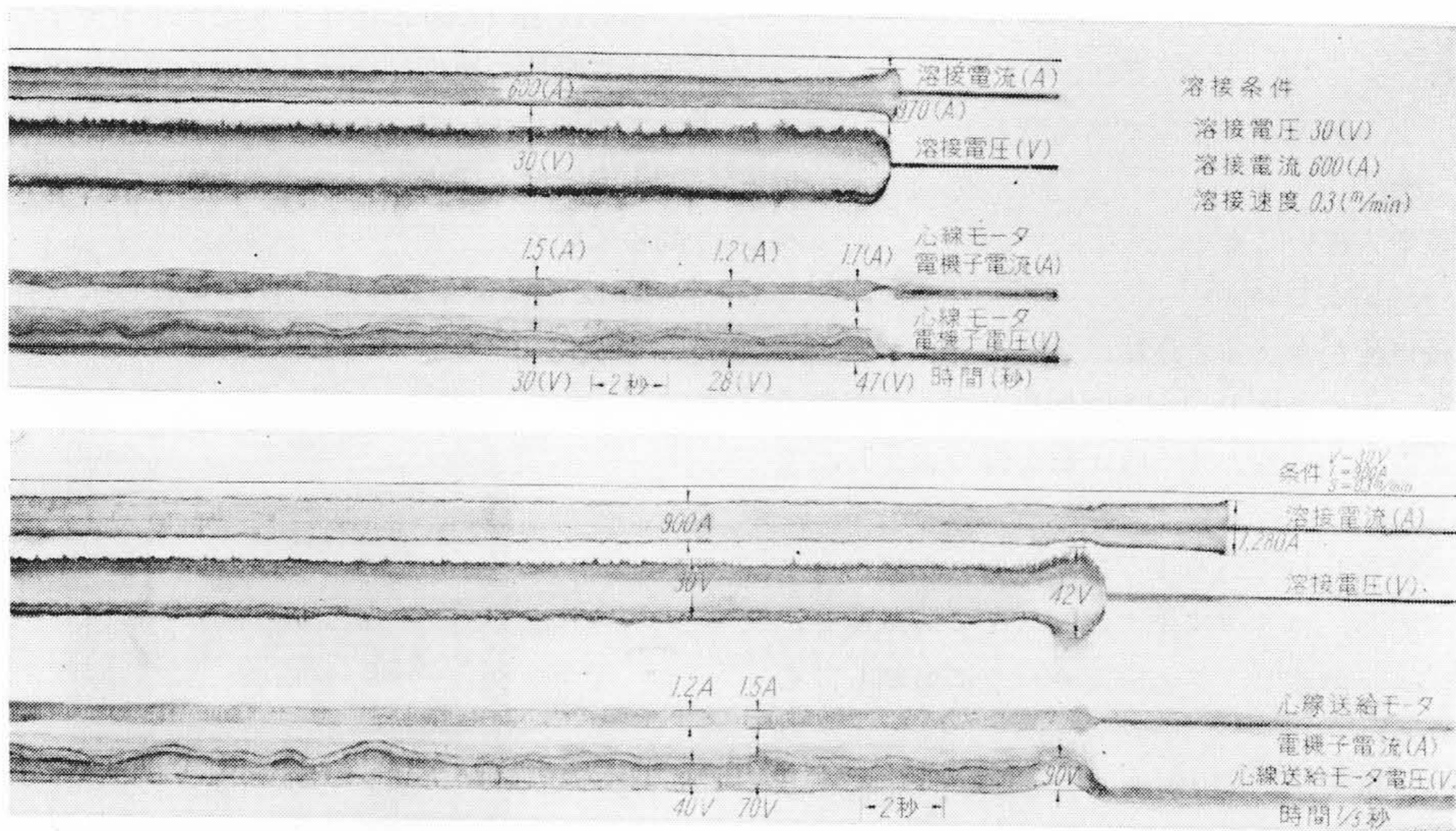
第 13 図 機 械 本 体 外 観



第 14 図
制 御 装 置 外 観



第 15 図 心 線 送 給 制 御 レ ス ポ ン ス



第 16 図 溶 接 特 性 オ シ ロ グ ラ ム

置の写真を示している。

4. 性能および試験結果

4.1 溶 接 電 源

制御電流 I_c をパラメータとした静特性の実測値は第 5 図に示すとおりである。

4.2 心線送給装置

本装置は溶接機として最も重要なものであり、実測特性は第 9 図

(アーク電圧-電動機電圧特性)、第 15 図(レスポンス特性)に示すとおりである。

4.3 溶 接 試 験

第 16 図は溶接試験における溶接電流電圧波形および心線送給電動機の電流電圧波形を示す。

第 17 図は本機で溶接を行なったビード形状のマクロ写真を示す。試験結果が示すとおり良好なビードを作ることができ、SCR の採

用による真価が発揮されている。すなわち製罐作業場は一般に電源の変動が激しく、かつ波形も正弦波にほど遠いことがあり、また溶接作業の性質上サージ電圧の発生も多いので、半導体素子の欠点である過電圧、過電流に弱いことに対しては適正な逆耐圧を持ち十分な電流容量を持つ素子を選び、かつサージアブソーバを用いることにより、それらの欠点を除き、制御性能のよさをいかんなく発揮させることができた。

5. 結 言

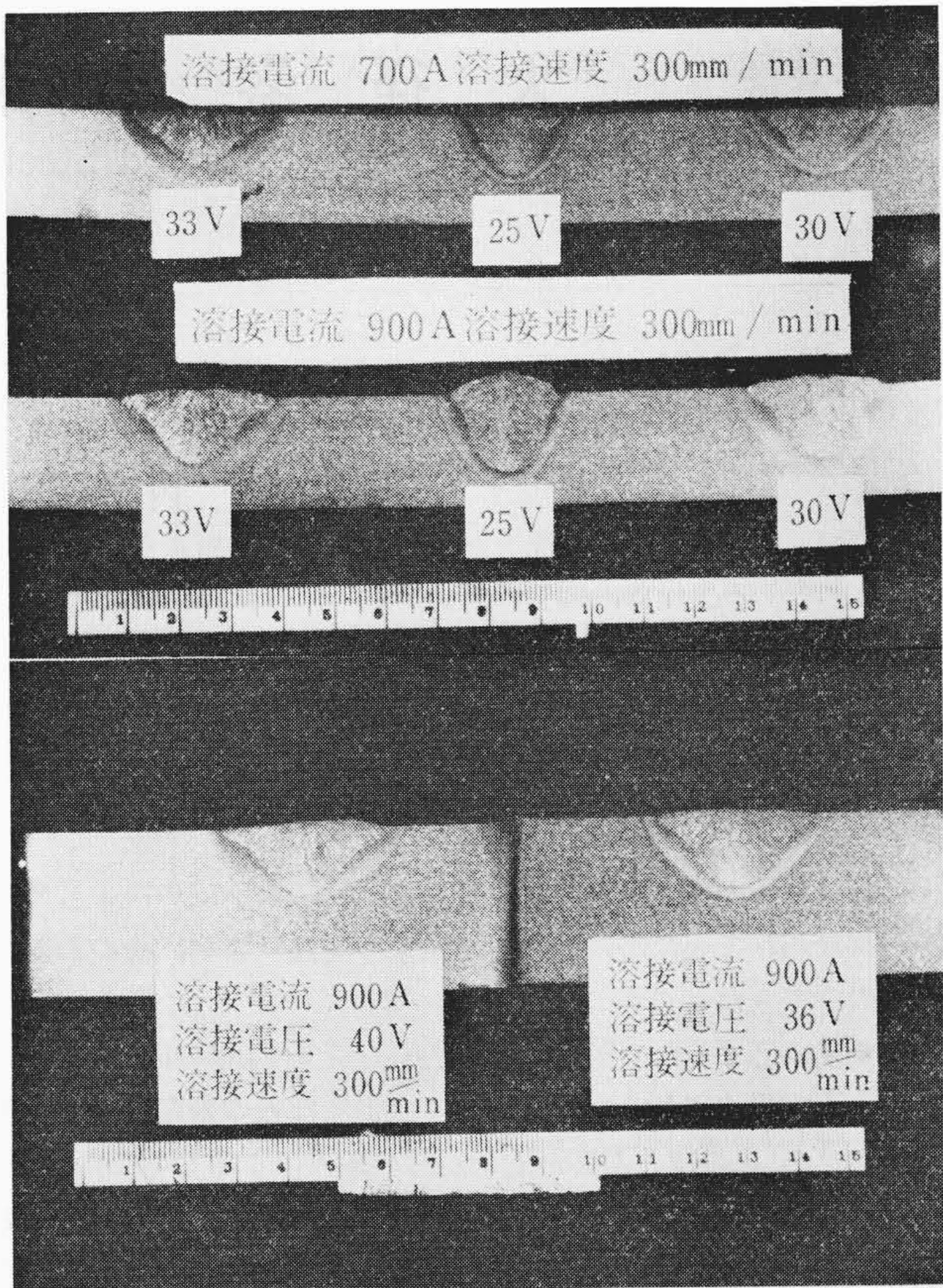
潜弧溶接法は大電流で溶接速度が早いので溶け込みが深く、相当厚い板（30 mm）でも1層で溶接ができるので作業能率が高く、適用範囲はきわめて広く、溶接の自動化に欠くことのできないものである。

移動装置を溶接物に適應する形状とすることによって適用範囲はますます増大するものと思われる。

また溶接機の一部に SCR を使用することにより保守点検を容易にしたが、今後の課題としては溶接機の完全無接点化、無接点开先追尾装置の採用などがあり、これにより操業をいっそう容易にし、作業能率の向上が期せられると思う。

参 考 文 献

- (1) 近藤, 草鹿: 日立評論 43, 3 (昭 36-3)
- (2) 岩田, 浅野, 高橋: 日立評論 43, 3 (昭 36-3)
- (3) 木原: 新しい電気溶接 (オーム社)
- (4) 茂木: 磁気増幅器とその応用 (オーム社)



第 17 図 溶 接 マ ク ロ 写 真

特 許 と 新 案

最 近 登 録 さ れ た 日 立 製 作 所 の 特 許

特許番号	名 称	氏 名	特許年月日	特許番号	名 称	氏 名	特許年月日
404901	空 気 遮 断 器	仲 野 善 一	38. 3. 25	306867	電子ビームの直径を測定できるようにした微小部 X 線分析装置	渡 辺 宏	38. 4. 3
404902	ワードレオナード方式における制御装置	鈴 木 幸 雄	"	306868	非対称交流増幅または表示装置	高 天 砂 常 義	"
404903	誘導電動機の緩速起動装置	大井田 浩明	"	306869	差 動 増 幅 回 路	阿 部 善 右 衛 門	"
404904	ワードレオナード装置の過負荷電流制限装置	前 川 敏 明	"	306870	充 電 発 電 機 装 置	阿 猪 瀬 山 仁 一	"
404905	パルス変圧器型高電圧発生装置	木 村 浩 嗣	"	306871	液 面 変 動 検 出 装 置	大 森 岡 井 英 進	"
404906	変 圧 器 巻 線	武 田 康 邦	"	306872	サ イ ド ガ イ ド 装 置	森 井 島 藤 康	"
404907	電気集塵器における粘着剤撒布方法	笹 倉 健 太郎	"	306873	移 動 通 信 符 号 伝 送 方 式	石 田 村 尚 一	"
404908	移 動 通 路	小 栗 健 道 也	"	306874	ネ オ ン ラ ン プ 点 灯 回 路	木 村 尚 文	"
404909	印刷配線基板の製造方法	笹 倉 健 太郎	"	306875	2 現 象 記 録 装 置	猪 瀬 岡 井 一 之 健	"
404910	印刷配線基板の製造法	谷 北 村 健 作	"	306876	充 電 機 装 置	森 渡 外 和 高	"
404911	印刷配線基板の製造法	谷 北 村 健 作	"	306877	異なる X 線管電圧を同時に与えることのできる X 線装置	清 田 正 静	"
404912	レオナード電動機の定電流自動制御装置	西 加 藤 一 春	"	306878	多数共同電話における秘話装置	高 宮 弘 次	"
404913	直流電動機の定速運転装置	小 菅 富 士 夫	"	306879	ブ ラ ウ ン 管	高 山 崎 田 映 嘉	"
404914	電 刷 子 接 続 装 置	江 川 仁 一	"	306880	電 子 レ ン ズ 構 成 部 片	山 宮 桐 井 信 二	"
404915	電 子 線 加 工 装 置	木 村 博 一	"	306881	磁 界 型 弱 励 磁 電 子 レ ン ズ	片 土 井 桐 井 信 二	"
404916	電子線による加工装置	木 村 博 一	"	306882	半 導 体 装 置 の 製 法	片 土 井 藤 林 一	"
306864	陽面焼機に於ける自動裁断機	木 小 石 伊 渡 竹 内 万 嘉 雄	38. 4. 3	306883	多段周波数通倍式超高周波電子管	佐 小 沢 金 子 良 洋	"
306865	カラーテレビジョン受像方式	松 本 嘉 雄	"				
306866	空 気 分 離 装 置	松 本 嘉 雄	"				