

日立炭酸ガス半自動溶接機シリーズ

Hitachi Solid Wire Type Semiautomatic Arc Welders

The semiautomatic arc welder has been finding wider application in industries in recent years because of its high efficiency, the ease of welding operations and the feasibility of automation by the joint use of simple jigs. This article introduces "Hitachi TS-ARC" or Hitachi Solid Wire Type CO₂ Gas Semiautomatic Arc Welders, centering around "U Series" of the booster transformer tap changing system featuring easy operation and "F Series" of the thyristor system featuring high efficiency. These new type of welders were completed through analysis and improvement of the functions of each component part and circuit system and adoption of new materials.

杉本 錦司* *Kinji Sugimoto*
山本晃太郎* *Kōtarō Yamamoto*
麻生 正* *Tadashi Asō*
伊藤 剛雄* *Takeo Itō*

1 緒 言

半自動溶接方式は高能率であること、各種の溶接作業に必要な技量の修得が容易であること、簡単な治具との併用により完全自動溶接にも多くの応用性があることなどにより、ここ数年来業界において非常に普及しつつある。

現在、実用化されている半自動アーク溶接法には、使用する溶接用ワイヤとシールドガスの組合せや、ワイヤ送給方式と溶接用電源の組合せにより種々の方式がある⁽¹⁾が、軟鋼の溶接に対してはシールドガスとして炭酸ガスを使用し、0.9～1.6mmφ程度の細径ソリッド（細径複合を含む）ワイヤを用いる炭酸ガスアーク溶接法が、その操作性、経済性の面から最も普及している。

本稿では、各種標準日立半自動アーク溶接機のうち、炭酸ガス溶接法として最も一般的なFおよびUシリーズTSアークについて最近の技術の成果を紹介する。

FシリーズTSアークは、サイリスタ式高性能機として定評のある現在のサイリスタシリーズ（電源形式DR-Tおよび

DR-TB）に、溶接条件の設定を容易にするため後述する一元設定回路を追加するとともに、出力安定化回路をさらに強化して半自動から自動用に至るまでの万能機として開発したものである。

UシリーズTSアークは、独特の溶接条件ワンタッチ設定方式を開発採用した取扱い操作の簡単な汎用半自動機である。

図1はTS-300Uの、図2はTS-300Fの外観を示すものである。

2 溶接制御方式

2.1 溶接回路の基本構成

現在、広く市販されている炭酸ガス半自動アーク溶接機に採用されている出力電圧調整方式は、表1のように4方式に大別される。Fシリーズはサイリスタ式に、Uシリーズはトランスタップ切換式に含まれる。前者は半導体による完全無接点回路で構成されているのに対し、後者の回路はリレー、



図1 日立TS-300Uシリーズ 溶接用電源、ワイヤ送給装置、トーチ
その他付属品で構成される。

Fig. 1 Hitachi TS-ARC "U Series" 300A



図2 日立TS-300Fシリーズ ワイヤ送給装置、トーチは、図1と同一のものを使用する。

Fig. 2 Hitachi TS-ARC "F Series" 300A

* 日立製作所亀戸工場

電磁接触器で構成されているが、その接点は後述する溶接条件ロック回路により保護されている。

2.2 溶接条件の一元設定化

従来の溶接機では、溶接電流、電圧の調整機能が全く独立しているとか、回路構成上、一方を調整すれば必ず他方の修正を要するため、適正アーク状態を知らない初心者には調整設定が困難であった。また、頻繁に設定条件を変える必要がある作業の場合には、その都度2個のつまみを操作しなければならず、調整の簡素化が強く要望されていた。

炭酸ガスアーク溶接で一般に使用される溶接条件は、次のような原理から一つの調整つまみによる適正值設定（以下、一元設定と称す）が可能である。

ソリッドワイヤの溶接電流に対する適正送給量は図3(a)に示すような関係にある。また、適正溶接条件は同図(b)に示すとおりである。これら(a)、(b)から溶接電圧とワイヤ送給量との関係を求めると、同図(c)のようにワイヤ径をパラメータとする直線関係が得られる。ここに、直線関係が成り立つことから、この関係を満足する制御回路は比較的容易に構成でき、一元設定が実現できる。

サイリスタの位相制御により出力を調整するFシリーズとタップ切換によるUシリーズはそれぞれの特長を生かした信頼度の高い一元設定回路が構成されている。その基本構成は図4に示すとおりである。

本方式の採用により溶接条件の設定が非常にやりやすくなった。

表1 炭酸ガス半自動アーク溶接機の各種方式 一般的に実用されている溶接回路制御方式は、4種類に分類できる。

Table 1 Control Methods of CO₂ Gas Semiautomatic Arc Welders

方式	原理図	基本的特徴
1. サイリスタ方式		電子制御 無接点方式可能 各種自動制御可能
2. 可飽和リアクタ方式		電磁制御 動特性が遅い。 (スタート、安定性に影響) 入力大きい。
3. トランスタップ切換方式		リップル少ない。 連続調整不可 電源変動により条件変化。 接点数多い。
4. スライドトランス方式		リップル少ない。 リモートコントロール調整がやりにくい(ないのが普通)。 電源変動により条件変化。 カーボンブラシ使用(トランス寿命短い)。

2.3 サイリスタ式電源の特徴

日立製作所は、業界に先がけて溶接電源のサイリスタ化を実現し⁽²⁾、すでに5年余にわたる業績を持っている。後述するとおり従来一般に採用されてきた可飽和リアクタ式に比較して、サイリスタ式の過渡応答速度は速く、定電圧特性電源

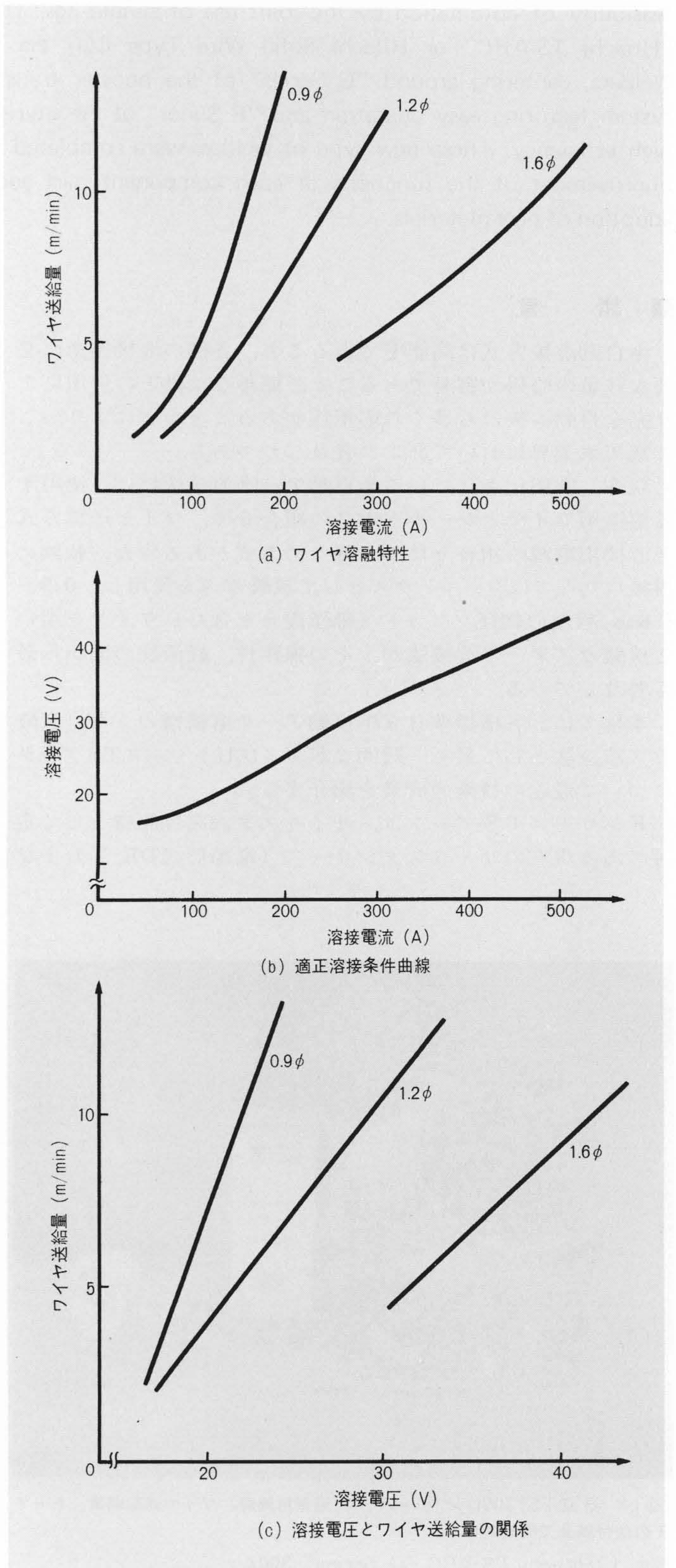


図3 溶接条件一元設定の原理 適正溶接条件を得るための溶接電圧とワイヤ送給量の相関はほぼ直線で近似できる。

Fig. 3 Consideration of One-Knob Control System

に固有のアークの自己制御作用をいっそう効果的にしてアークを安定化するとともに、アークスタートをやりやすくなる大きな特長を持っている。しかし、可飽和リアクタ式より波形制御が鋭敏であるため、リップルが増加し、特に低電圧に調整したときの溶接の不安定さを解決することが開発上重要

な問題であった。

二重星形整流方式にサイリスタを用いた場合、点弧角が90度を超えると出力電圧波形に欠けめが生じ、この間アークの持続は直流リアクタに蓄えられたエネルギーにのみ依存し、アークが切れやすくなる。

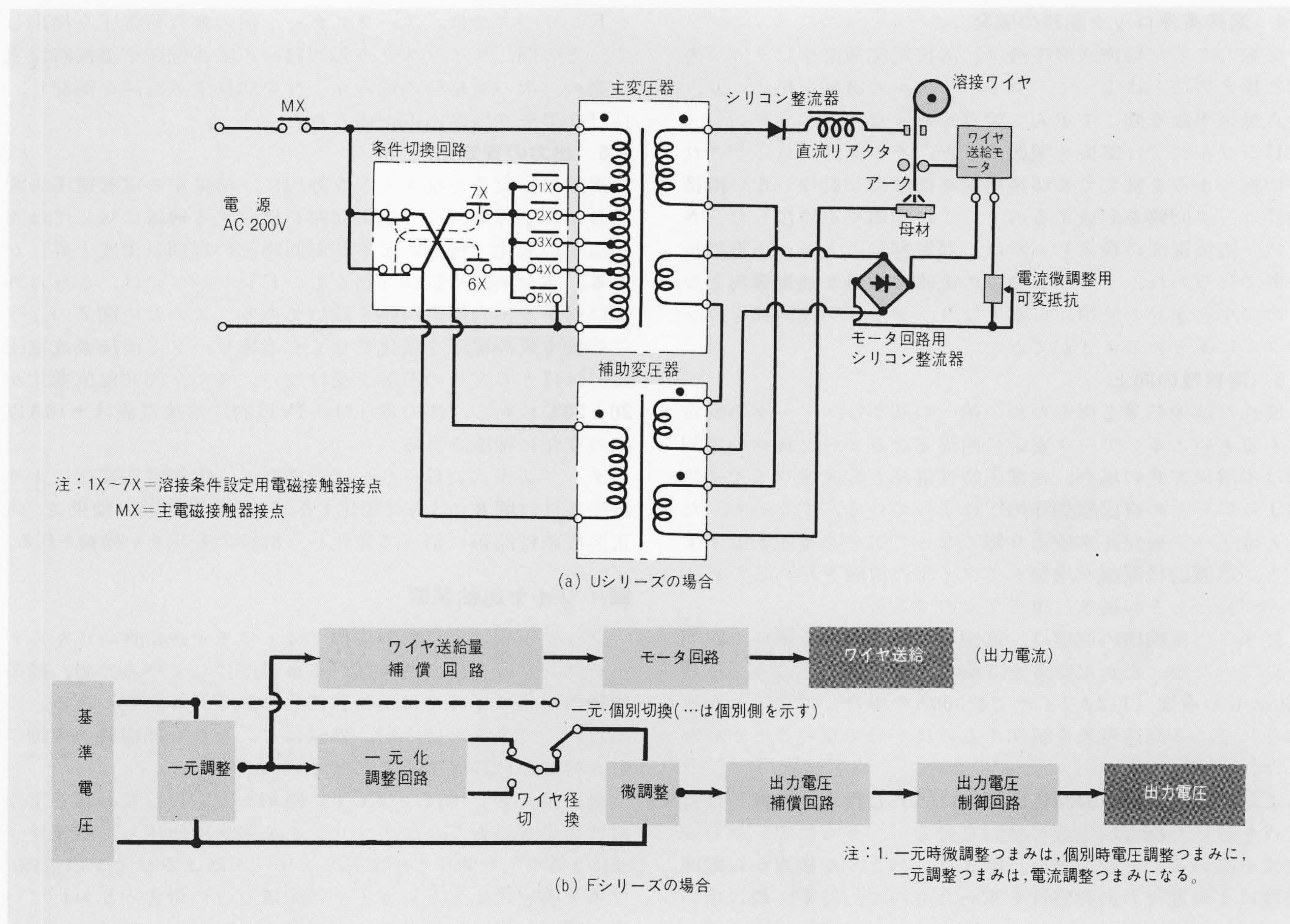


図4 一元設定回路(原理図) 実際の回路は、三相電源を用いる。Fシリーズの場合は、制御部のみをブロック図で示す。

Fig. 4 Basic Circuit Diagram of One-Knob Control System

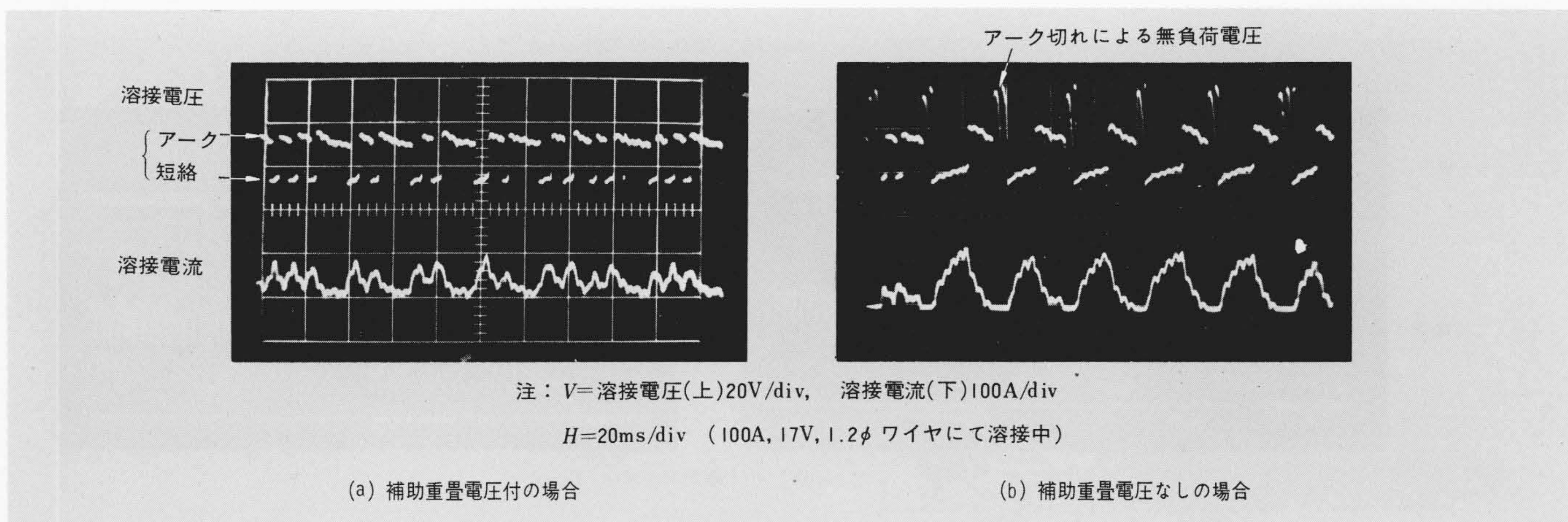


図5 短絡移行溶接中の電圧・電流波形 補助重畳電圧の効果でアーク切れもなく、安定な短絡移行溶接が可能となった。

Fig. 5 Effect of Superposed Voltage Circuit
(Wave Forms of Short Arc Voltage and Current)

そこで、サイリスタ化にあたり、シリコン整流器と適当な電流制限用抵抗を直列に接続したものを主制御サイリスタと並列に接続し、電圧波形の欠けめを補う方法を考案した。その効果は図5に示すとおりである。この補助重畳電圧回路の付加によりショートアーク溶接領域でのアーク安定性は、従来の可飽和リアクタ式より向上し、サイリスタ化が可能になった。

2.4 溶接条件ロック回路の開発

従来のタップ切換式溶接機は、溶接電流通電中にタップを切り換えることによって、スイッチ接点の消耗を早めたり、接点焼損事故を起こす重大な欠点があった。

Uシリーズでは溶接を開始すると、その条件にロックされて切換つまみを回しても切換用電磁接触器が動作しない溶接条件ロック回路を形成するので、この問題点を解消した。さらに、溶接電流の投入しゃ断は、通電容量の大きい主電磁接触器で行なわれ、タップ切換用の電磁接触器が通電専用となるので小容量品の使用が可能となり、タップ切換回路をコンパクトにまとめることができた。

2.5 溶接性の向上

優れた溶接結果を得るための第一の基本は、アークの安定にあるといえる。アーク安定の前提となるアーク長の一定制御は本溶接方式の場合、定電圧特性電源と定速度ワイヤ送給によるアークの自己制御作用⁽¹⁾によっている。すなわち、たとえばアーク長が正常値より短くなってアーク電圧が低下すると、過渡的に電流が増加してワイヤの溶融を早めるため、アーク長がもとの長さに復帰するのである。

従来この種機構の原理は、電源の静特性曲線を用いて説明されていたが、たかだか2～3mmのアーク長のところへ毎秒200mmもの速度(1.2φワイヤで約300Aの場合)でワイヤが送給されてくる高速現象を解明するには十分でないことが分かった。

このため、電源の静特性曲線では表わし得ない過渡特性に重点をおいた総合的定数の検討を行ない、さらにアークの安定性を高めることができた。図6はこのような観点から電源特性による電流の過渡特性を求めたもので、従来一般に用いられてきた可飽和リアクタ式に比べて他の方式のほうがアークの自己制御作用が強力に働くことが分かる。

安定なアークへ移行するために重要なアークスタート時の

現象は、次のように説明される。すなわち、ワイヤ先端が母材に接触したとき大きな短絡電流が流れ、最も抵抗発熱の大きい先端の接触部のみが溶融飛散してアークに移行する。ただし、この電流の立上りが十分でないとチップから突出した部分のワイヤ全体が過熱溶断する結果、アークが長すぎ消弧したり、チップへの溶着を起こしてスムーズなアークスタートが行なわれなくなる。

Fシリーズでは、アークスタート前の無負荷電圧を検出して、その間、サイリスタ点弧回路バイアス電圧を溶接時以上に高め、次の短絡時の電流立上りを助長する回路を開発し、良好なアークスタートが得られた。

2.6 出力の安定化

溶接の安定さを乱す大きな要因に、溶接中の電源電圧の変化および半導体回路で制御回路を構成する機器に対しては周囲温度の変化(稼動による制御回路部の雰囲気温度上昇)がある。完全無接点制御回路をもつFシリーズには、これら外乱に対する出力補償回路を設けてある。このため図7のように溶接中電源電圧を変化させても溶接ビードと溶接電流電圧波形はほとんどその影響を受けない。また、周囲温度変化が $20\pm 20^{\circ}\text{C}$ に対し、出力電圧は $\pm 1\text{V}$ 以内、溶接電流は $\pm 10\text{A}$ 以内の変化に補償される。

タップ切換式のUシリーズの場合は、電源電圧変化により溶接条件は図8のように変化する。一元設定回路の効果で、適正溶接条件曲線に沿って変化し、溶接の安定さが維持される。

3 ワイヤ送給装置

プッシュ式の半自動溶接機では、ワイヤ送給性の点からトーチコンジットの長さを3～4m程度にしているため、被溶接物の形状によっては送給装置を移動させる必要がある。このため、できるだけ小形、軽量にし、しかも運搬時の激動に耐え得るだけの強度をもたせている。

送給装置としては、ワイヤの送給が安定に行なわれるよう慣性の小さい大トルクのプリントモータを使用し、矯正ローラによるワイヤ曲りくせ除去、クリーナによるワイヤの清掃、ワイヤ座屈の生じないガイドの配置などの考慮が払われている。図9はワイヤ送給部の主要部を示したものである。また、ワイヤの交換を容易にするため、ワイヤスプールのワンタッチ着脱、自動開放レバーなどの機構を備えている。

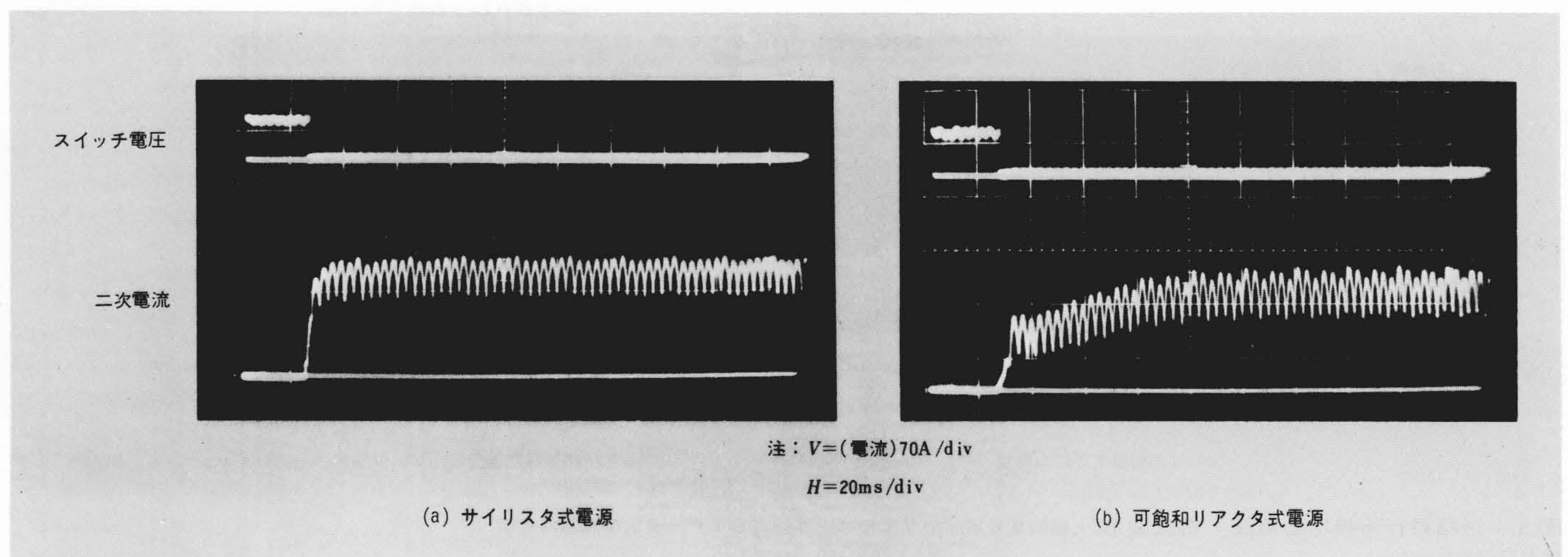


図6 電流の立上り特性 サイリスタ式は可飽和リアクタ式の数倍の速さの応答速度をもつ。

Fig. 6 Response of Secondary Current

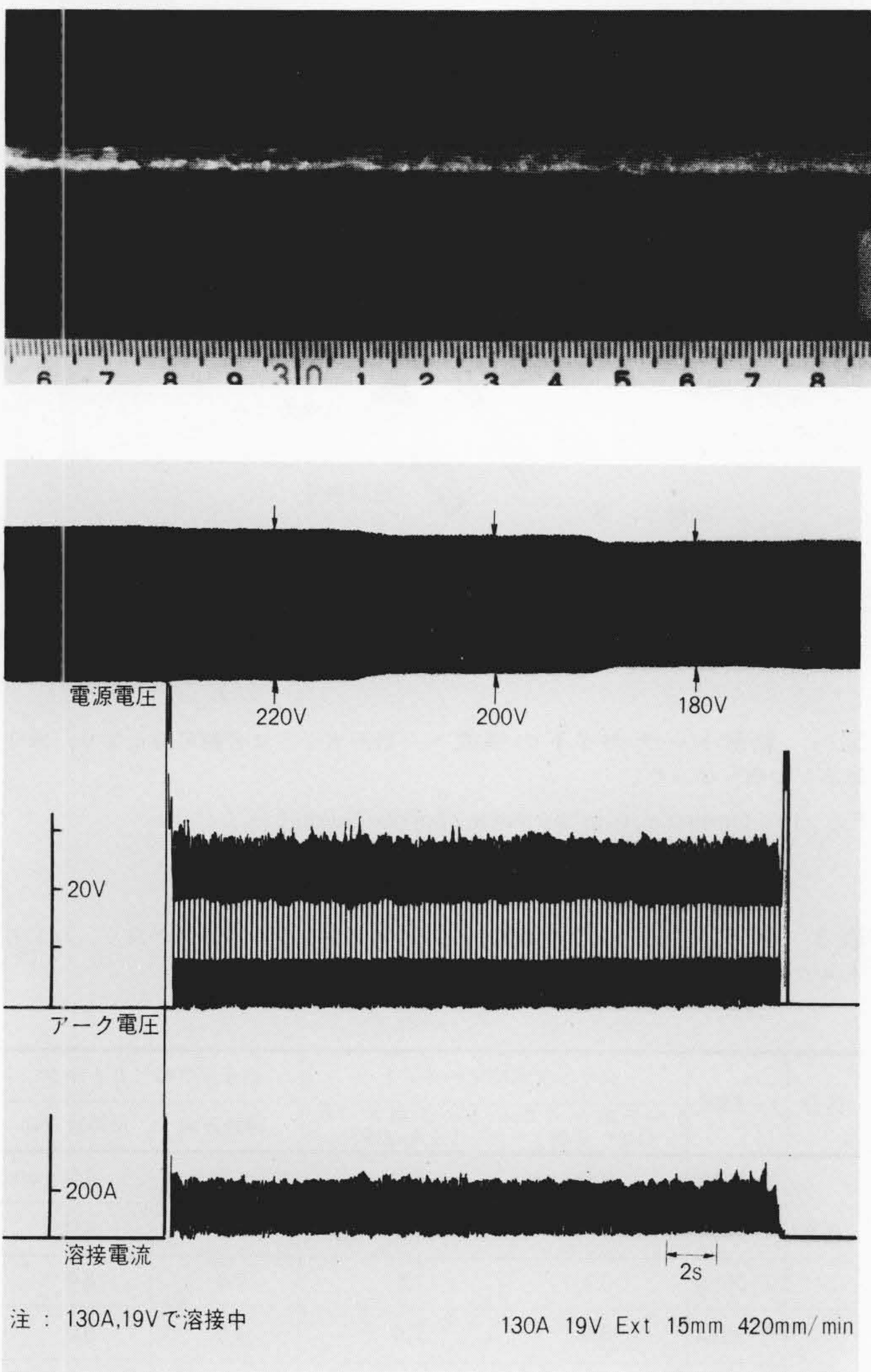


図7 電源変動補償回路の効果 電源電圧が $\pm 10\%$ 変動しても、安定な溶接が持続している。

Fig. 7 Effect of Voltage Regulating Circuit

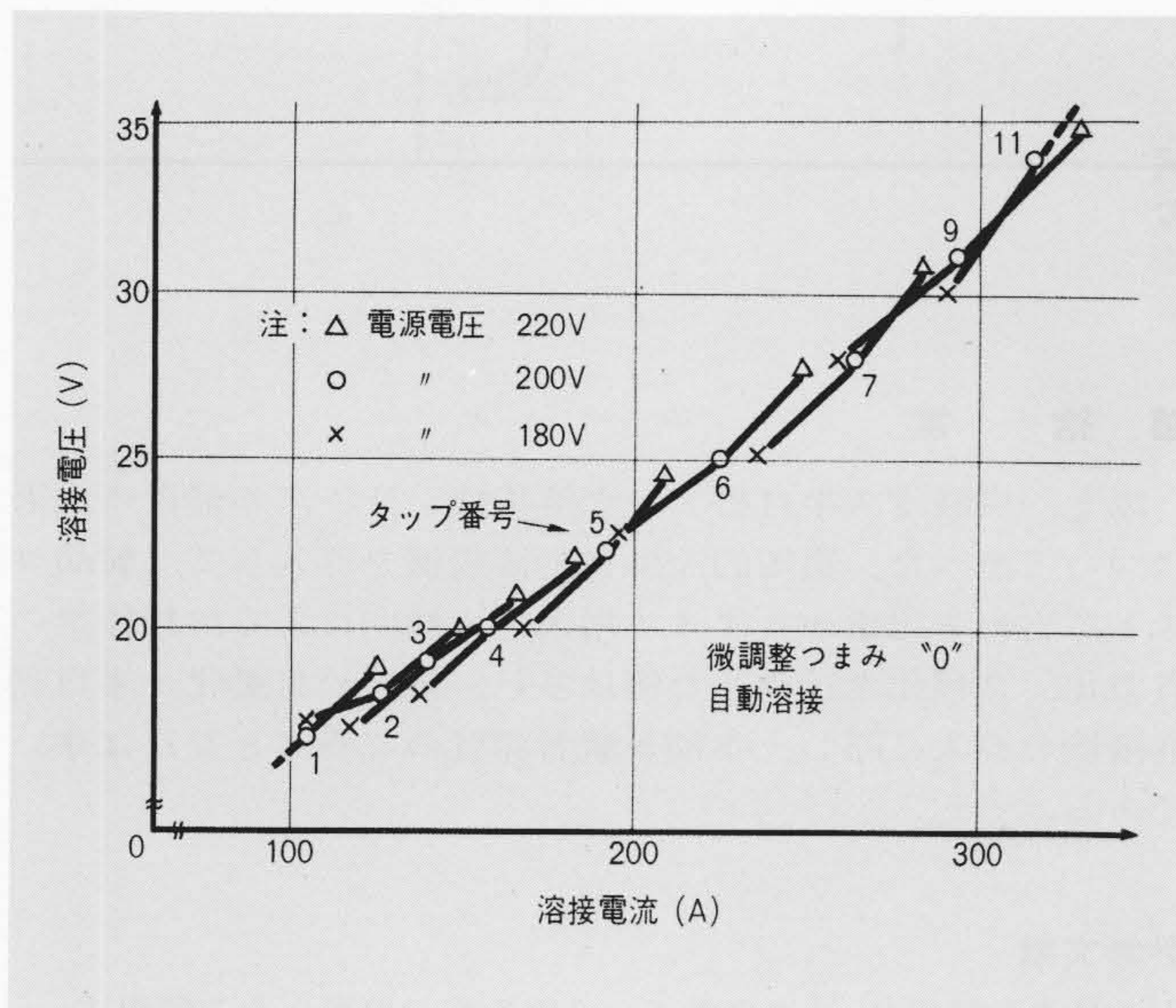


図8 日立TS-300Uシリーズ各タップにおける電源変動時の出力変化 適正溶接条件に沿って変化するので、溶接の安定さは維持される。

Fig. 8 Output Change with Primary Voltage Change of TS-300U

4 トーチ

トーチは作業者が直接手にもって操作するものであるため、その操作性の良否は溶接機全体の性能上重要な要素となる。トーチは常にアーク熱にさらされ、使われ方もかなり過酷なためその耐久性は操作性とともに不可欠の要素であり、さらに保守、部品交換費を含めた総合的な性能が要求される。

ここでは、最近日立製作所で開発した新形トーチのおもな改良点につき、従来形のものと比較して紹介する。

4.1 操作性の向上

トーチの操作性には、コンジット（ワイヤ、溶接電流供給用ケーブル）のウエイトが大きい。

コンジットは絶縁物の耐熱温度により発熱量が抑えられ導体断面積が決まるので、耐熱性の高い絶縁物を使用し断面積を減らすことによりコンジットの軽量化、細径化を実現した。

図10はコンジット用絶縁物の耐熱性比較である。新形用絶縁物は一般に使用されているネオプレンやハイパロンゴムに比較し同一寿命で約 25°C 以上の許容温度差があるため、重量、外径が表2に示すように小さくなっている。

またトーチは、コンジットの重量により後ろに回されるモーメントを受けるため、コンジットとガイドの固定部をグリップ前方にしトーチのバランスを向上している。

表3は実際の溶接姿勢でのトーチの操作性の比較を示したものである。トーチのバランス、すなわちグリップ保持モーメントおよびウィーピングのやりやすさに影響の大きなグリップねじりトルクとも新形は小さくなり、操作性の向上したことが分かる。

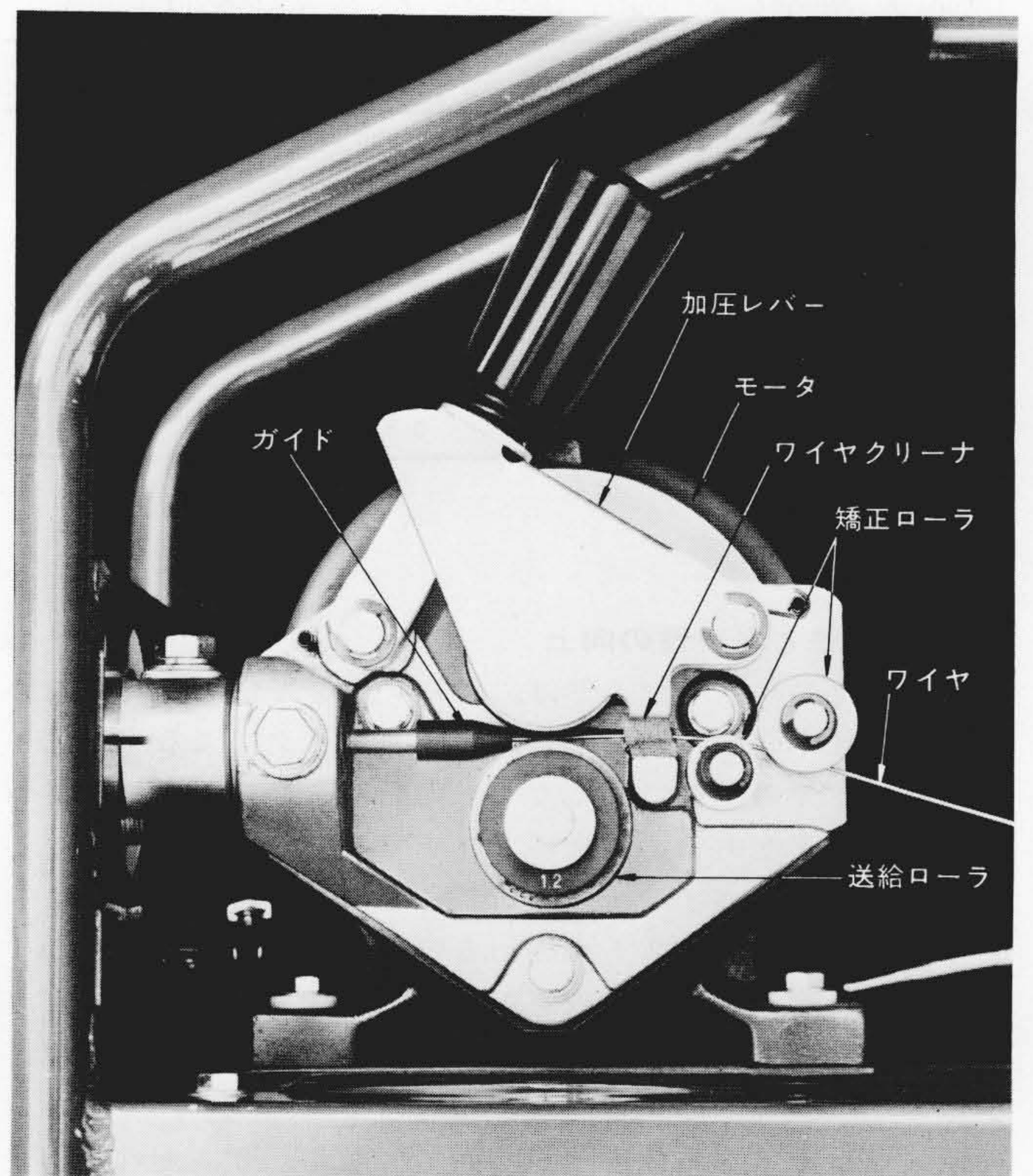


図9 ワイヤ送給部主要部 ワイヤ矯正ローラ、クリーナ、ガイドなどの機構を備えたワイヤ送給装置主要部を示す。

Fig. 9 Wire Feed Section

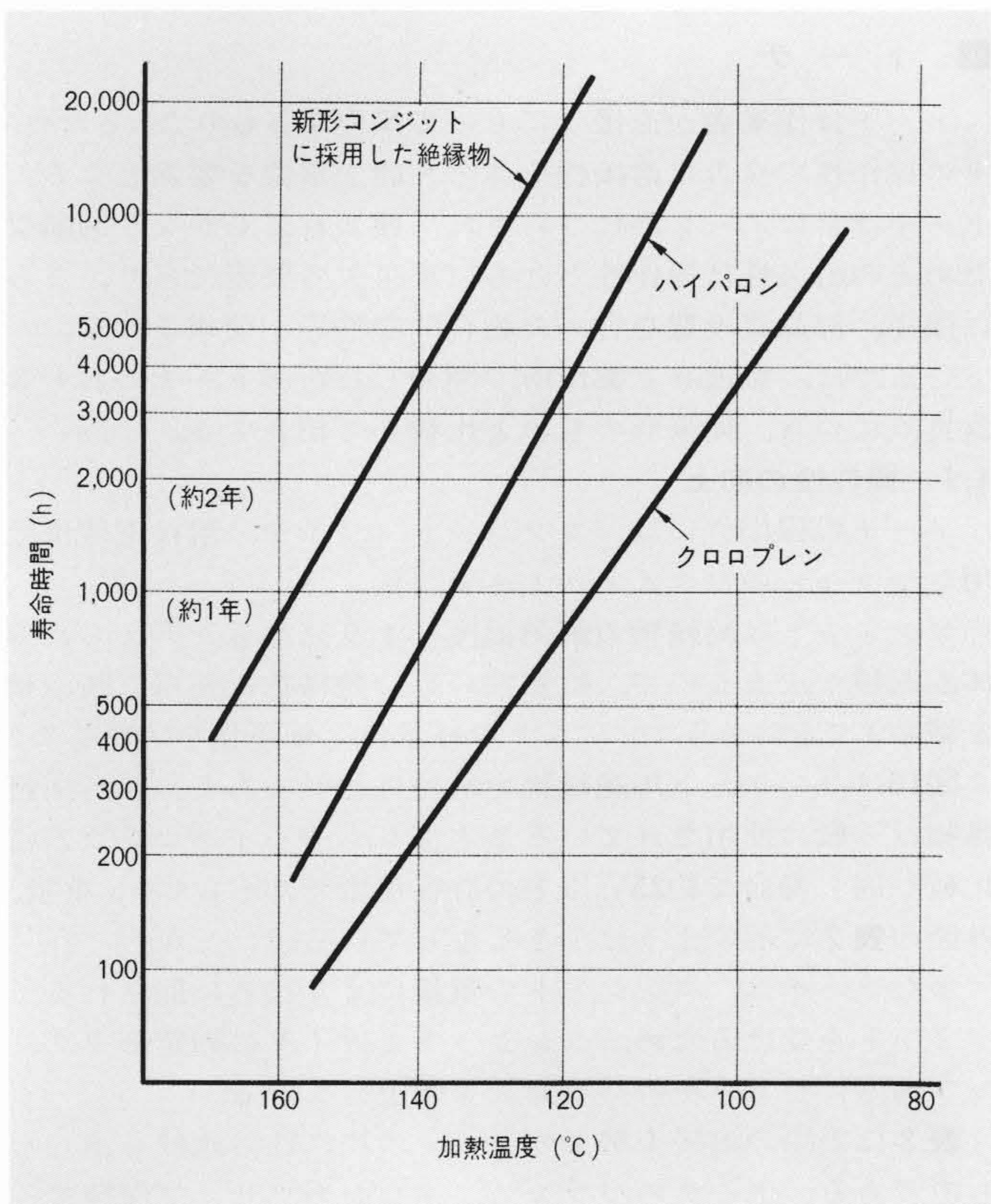


図10 コンジット絶縁物の耐熱寿命特性 新形コンジット用絶縁物の耐熱性が一般のものより25℃以上の許容温度差がある。
Fig. 10 Comparison of Insulators for Conduit Cable

表2 コンジットケーブルの軽量，細径化 新形絶縁物の採用により，コンジット重量，外径とも軽減され操作性が向上した。

Table 2 Weight and Outer Diameter of New Conduit Cable

区 分	トーチ形式	重 量 (kg / m)	径 (mm)
新 形	T-365A	0.395	14.1
	T-465A	0.480	15.7
	T-565A	0.625	17.0
旧 形	T-363A	0.450	15.1
	T-461A	0.570	16.8
	T-561A	0.810	19.4

4.2 耐久性と保守性の向上

トーチ部品のうちガイドは，アーク近くで使用されるため比較的損耗率が高い。たとえば溶接スパッタによる先端部の損傷，ワイヤの摩擦によるガイド内面の摩耗，チップ取付ねじの損耗などがある。従来のトーチでは，一部の破損に対して比較的高価なガイド全体を新しいものと交換しなければならず，ランニングコストを高める要素となっていた。

図11は新形ガイドの構成を示したもので，ガイド本体とガイドヘッドは袋ナットによりテーパで接続し，インナーガイドはガイドヘッドとキャップのねじにより固定されている。キャップはガイド本体とテーパ面で接触し，ガス漏れを防止している。インナーガイドは，キャップを回してねじを外せば取り出すことができる。すなわち，損耗率の大きなガイドヘッド，インナーガイドのみの交換が低コストで可能となった。

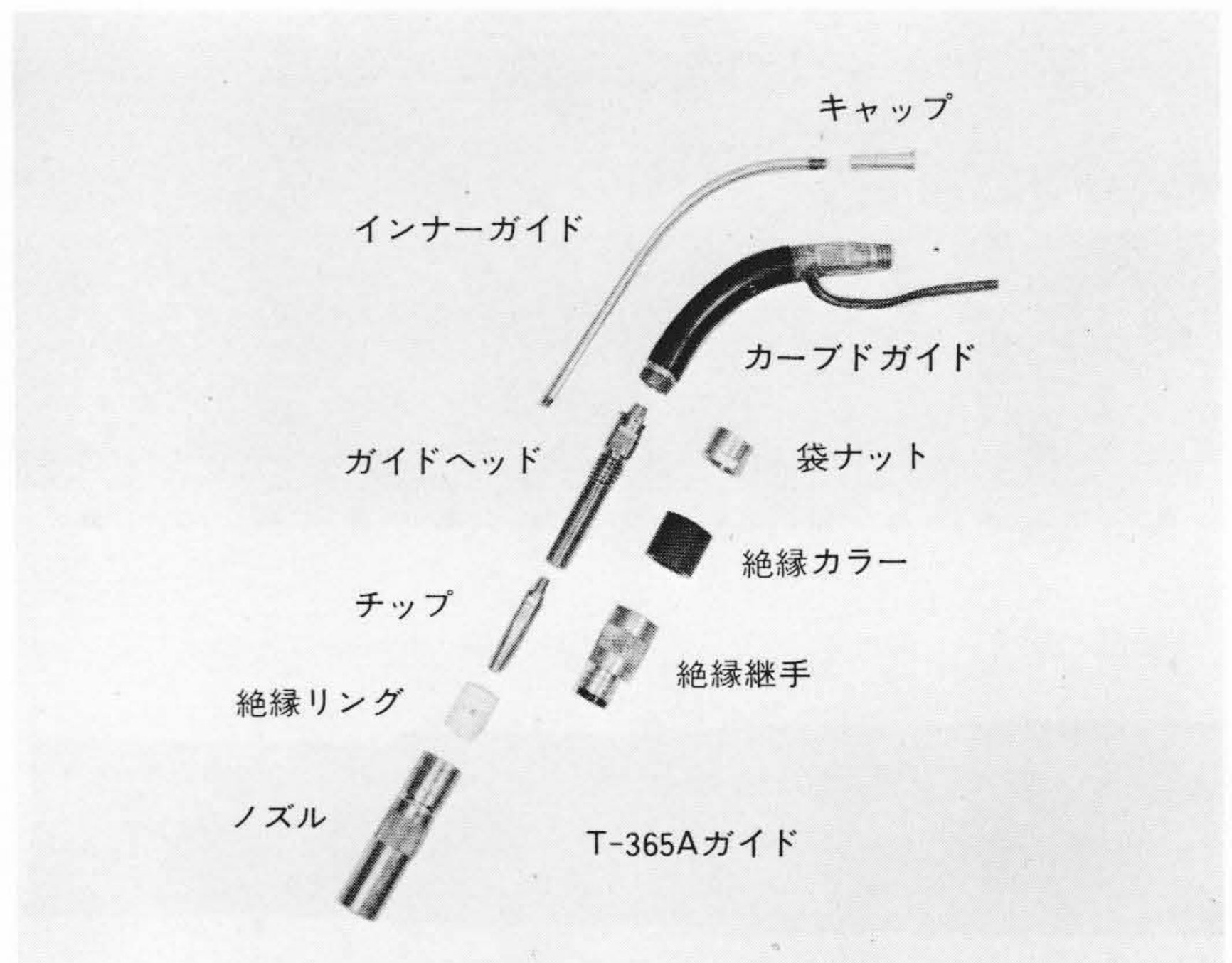
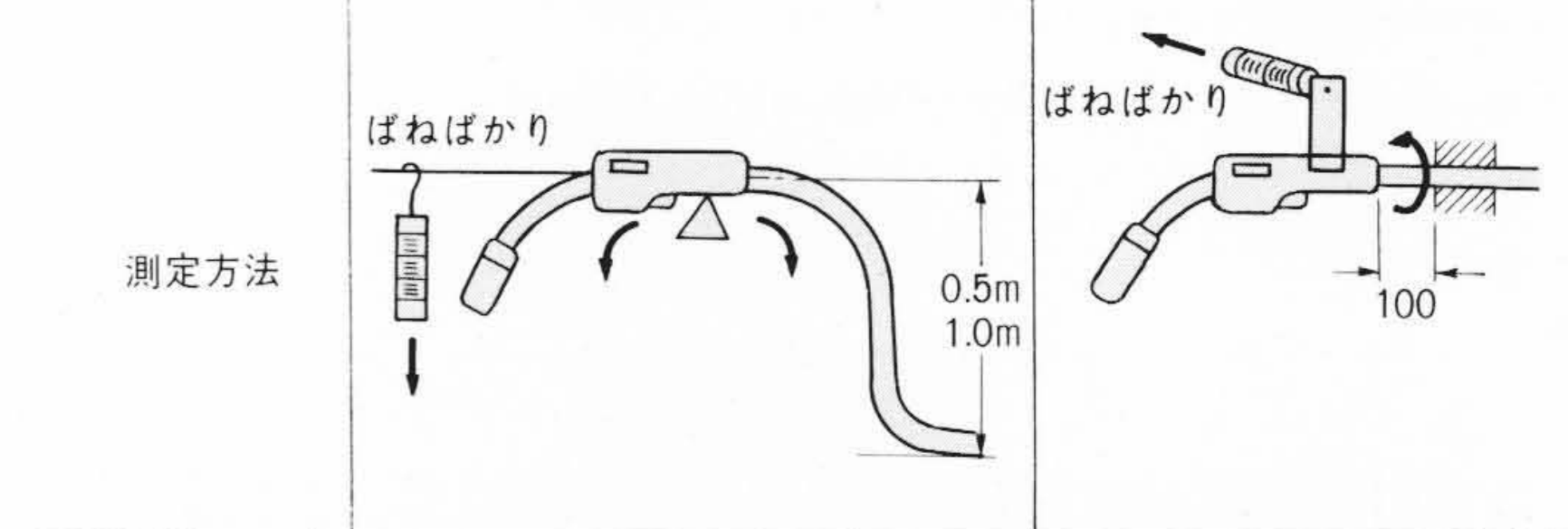


図11 新形トーチガイドの構成 新形ガイドは分割可能となり，保守部品が安価となった。

Fig. 11 Construction of New Torch-Guide

表3 新旧トーチ操作性比較 新形トーチはバランスが良く，ねじりトルクが小さくなっている。

区分	トーチ形式	グリップ保持モーメント		グリップねじりトルク	
		トーチ高さ 0.5m (座り姿勢)	トーチ高さ 1m (立ち姿勢)	時計方向	反時計方向
新形	T-365A	0.3kg・cm	6 kg・cm	4.5kg・cm	4.5kg・cm
	T-465A	0	4.5	6.0	6.0
	T-565A	0.3	7.5	7.0	8.0
旧形	T-363A	3.0	7.5	4.5	9.0
	T-461A	2.4	9.9	6.0	21.0
	T-561A	3.6	16.0	16.0	23.0



5 結 言

以上，炭酸ガス半自動アーク溶接機シリーズの最近の成果について述べた。実用的な半自動溶接機を導入して，製品コストに占める比重がますます増大する傾向にある溶接作業の省力化，合理化を達成した例は多い。溶接の自動化，半自動溶接機の導入に際し，本稿が読者諸賢のご参考となれば幸いである。

参考文献

- (1) 日本溶接協会，「半自動アーク溶接法の原理とその使用法」，溶接技術16，1，13-37（昭43-1）
- (2) 製品紹介，「サイリスタ式日立TS形半自動アーク溶接機」，日立評論52，287（昭45-3）