

# マイクロコンピュータの抵抗溶接制御装置への応用

## Application of Microcomputers to Spot-welder Control

最近、自動車工業に防錆対策用として亜鉛めっき鋼板が採用され始めたが、亜鉛めっき鋼板はスポット溶接での許容条件範囲が狭く溶接品質の管理が困難とされている。今回マイクロコンピュータによる電力制御装置であるパワーコントローラを、抵抗溶接制御装置に応用することにより溶接電流の定電流制御が可能となったほか、正確なプログラム制御も容易に実現され、スポット溶接の溶接品質の管理に画期的な改善策をもたらした。

地福順人\* Jifuku Yorito  
 守永大策\* Morinaga Daisaku  
 徳永紀一\*\* Tokunaga Norikazu  
 西村隆樹\*\*\* Nishimura Takaki

### 1 緒言

抵抗溶接、なかでもスポット溶接は、比較的生産性が高いため薄板構造品の量産に適しており、自動車工業をはじめ一般製造業に広く採用されている。しかし、溶接機構が簡単な反面、並列に運転される他の溶接機との重なり運転などによる電源電圧変動、電極チップの摩耗、二次ケーブルの発熱量と溶接機ガンの移動による回路インピーダンスの変動などにより溶接電流が変動し、溶接品質の均一性の確保に問題点が多い。更に、最近自動車工業で防錆対策を目的として採用され始めた亜鉛めっき鋼板は、溶接品質上管理すべき溶接電流の範囲が狭く、電極チップも損耗しやすいという問題がある。これらの問題点に対処して溶接品質を確保するために、従来、電源電圧変動補償などの試みがなされてきたが、マイクロコンピュータの出現により、より正確な制御が可能となってきた。そして現在、マイクロコンピュータを使用した定電流制御、定電流制御などの溶接機の電源を安定化する制御方式<sup>1),2)</sup>からナゲット形成状態を直接監視しながら溶接品質を管理する方式まで試みられつつある。

ここでは日立製作所のマイクロコンピュータによる電力制御装置であるパワーコントローラを応用し、既に二、三の自動車メーカーのラインに組み入れられている定電流制御方式抵抗溶接制御装置について述べる。

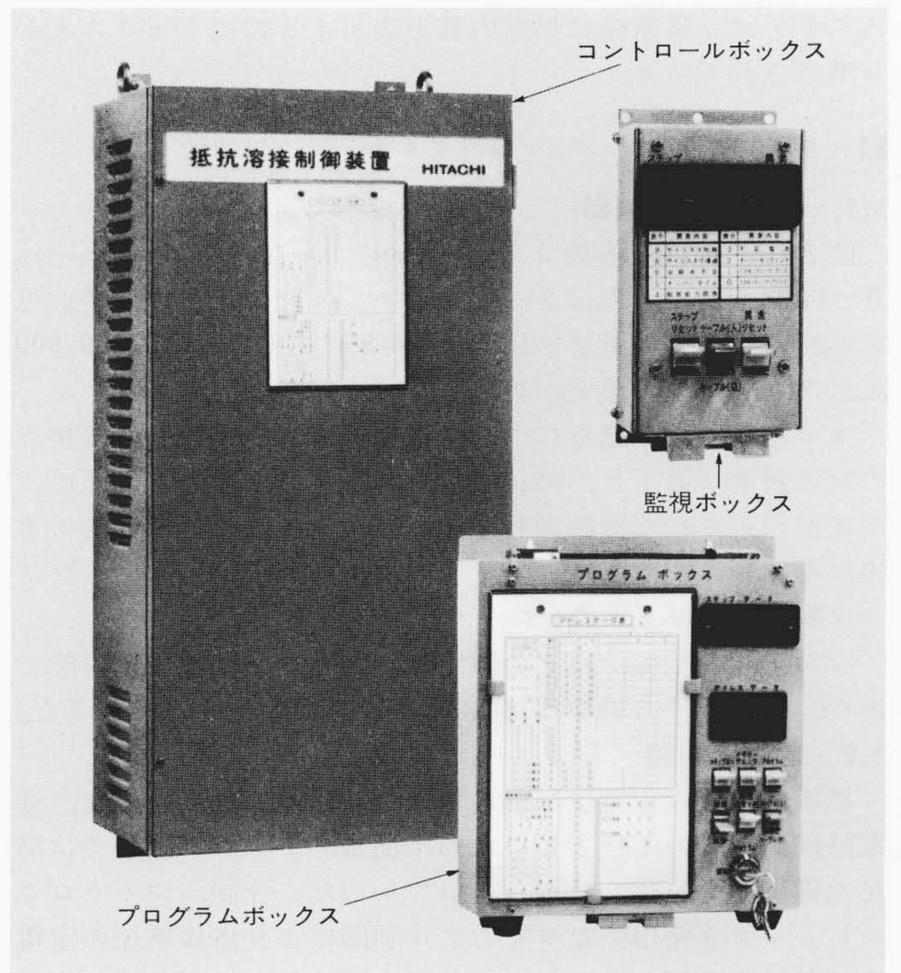


図2 抵抗溶接制御装置の外観 コントロールボックスは幅400×奥行250×高さ800(mm)、プログラムボックスは幅250×奥行73×高さ250(mm)及び監視ボックスは幅80×奥行50×高さ140(mm)である。

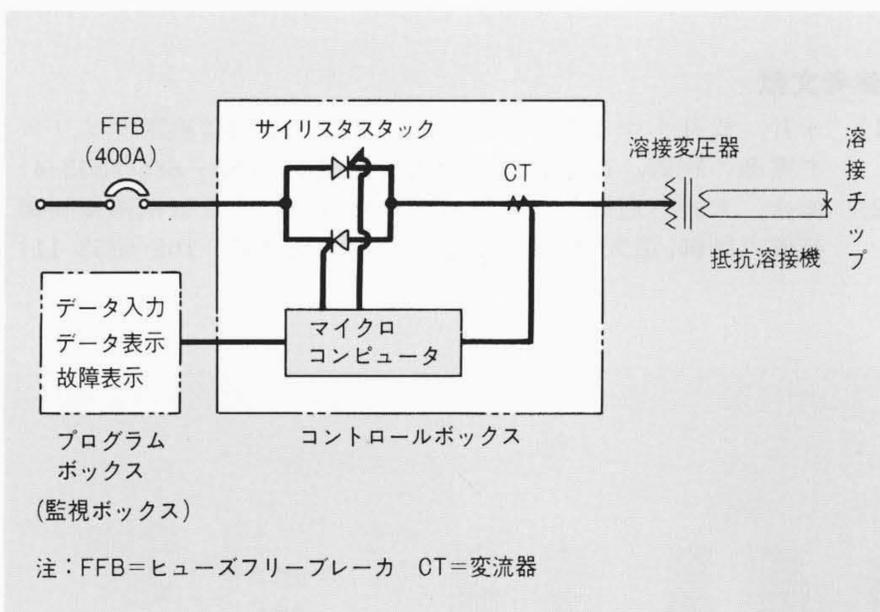


図1 抵抗溶接制御装置の構成 電源電圧は400Vで、サイリスタスタックはEサイズを使用している。

### 2 装置の概要

図1にこの制御装置の構成を、図2にその外観を示す。スポット溶接機の制御装置としては、用途の性格上電氣的ノイズ、雰囲気の中で極めて厳しい条件にさらされる一方、量産ラインに組み入れられるケースが多いため、生産ラインの他の機械設備の稼働を妨げない信頼性が要求される。これらの条件を満たすために、マイクロコンピュータは必要最小限の構成としたカスタム形を設計し適用した。

マイクロプロセッサには8ビットのHD46800を採用し、RAM(Random Access Memory)は電源がしゃ断したときでもユーザーでインプットしたデータが消えないようにバッテ

\* 日立製作所日立工場 \*\* 日立製作所日立研究所 \*\*\* 日立製作所機電事業本部

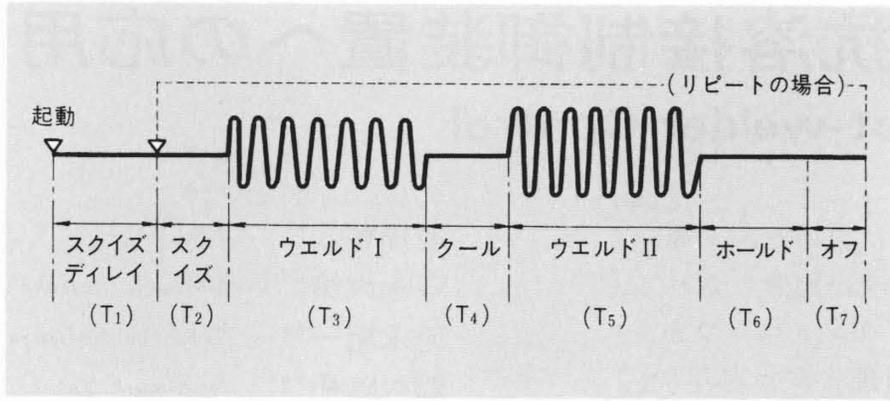


図3 溶接シーケンス 一打点の溶接シーケンスを示す。

リーバックアップ方式を採用した。

制御装置は本体としてのコントロールボックスのほかにデータ入力用のプログラムボックス、運転時次項に述べるステップと異常時に異常内容を表示する監視ボックスとから構成されている。

### 3 制御機能

#### 3.1 プログラム制御

図3に1打点の溶接シーケンスを示す。T<sub>1</sub>～T<sub>6</sub>はそれぞれ0～60サイクル、T<sub>7</sub>は3～60サイクルの間で任意の設定が可能であり、溶接電流I<sub>1</sub>及びI<sub>2</sub>は溶接対象に応じて5,000～19,900Aまで100A単位の設定が可能となっている。

また溶接回数が進むにつれて電極チップが摩耗して溶接点の電流密度が低下し、溶接不良を起こすことを防ぐために、溶接が設定された回数進行すると、設定された分だけ溶接電流が増加し、電流密度の低下を補償する5段階のステップアップ制御も採り入れた。

なお上記の制御データの設定は、3～6系列独立に可能であり、溶接条件の異なる溶接を連続的に行なうことができる。

#### 3.2 定電流制御

抵抗溶接機の定電流制御は従来より試みられていたが、通電時間が数分の1秒と短いため、通常のアナログ制御では十分な制御結果を得るに至っていなかった。今回、マイクロコンピュータを使用したデジタル制御により溶接電流の定電流制御に成功した。

溶接機用変圧器の一次からみて、溶接機負荷は等価的に抵抗分Rとインダクタンス分Lの直列回路で表わされ、電流は次式で表わされる。

$$i = \frac{\sqrt{2}E \{ \sin(\omega t + \alpha - \varphi) - e^{-\frac{Rt}{L}} \sin(\alpha - \varphi) \}}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \dots(1)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R} \dots(2)$$

- ここに
- $i$  : 等価溶接電流(A)
  - $E$  : 電源電圧(V)
  - $\omega$  : 角周波数(rad)
  - $\varphi$  : 等価力率角
  - $R$  : 等価回路抵抗分
  - $L$  : 等価回路インダクタンス
  - $\alpha$  : 制御遅れ角

(1)式から電流は負荷の等価力率角 $\varphi$ によりサイリスタの点弧遅れ角 $\alpha$ に対する変化量が変わるため、電流制御には次のような方法を用いた。

まず、一サイクル目に固定の $\alpha$ (120度)で電流を流してその時の通流角から回路力率を知るとともに、電流の実効値を測定計算して設定電流に対する過不足量を計算する。次のサイクルでは、前のサイクルの結果とあらかじめ記憶された(1)式の近似式から設定電流に対応する $\alpha$ の値を算出し、電流が設定値に一致するように制御する。通流結果は同様に測定計算され、設定電流との間に誤差があればその次のサイクルで同様に修正する。なお、点弧角 $\alpha$ は溶接機用変圧器の偏磁を避けるために正負半波とも同一角とした。

図4にこの制御装置で制御された溶接電流波形の一例を示す。

#### 3.3 故障診断

マイクロコンピュータの特性を生かし、サイリスタの短絡、不導通、冷却水不足などのハードウェア上の故障のほか、溶接電流の設定値に対する一定率以上の過不足、各シーケンス動作時間が設定値をオーバーした場合、あるいはメモリに異常が生じた場合などにもそれぞれの異常内容をフリッカ表示し、溶接品質管理の一助とした。

### 4 結 言

以上述べたように、マイクロコンピュータを抵抗溶接制御装置に適用することにより、溶接電流の定電流制御が可能となり、溶接品質の管理に画期的な改善をもたらすとともに、増打ちあるいは過剰な溶接電流の抑制に伴う省エネルギー、スパッタの抑制による労働環境の改善など、今後大きな効果が期待され、実証されつつある。

この制御装置の実用化に当たり、特別の御指導をいただいたトヨタ自動車工業株式会社をはじめ、御協力をいただいた関係各位に対し深く謝意を表わす次第である。

#### 参考文献

- 1) 永井, 松井: マイクロコンピュータによる溶接機用サイリスタ電源の制御, 電気学会全国大会論文集, 685～686(昭53-4)
- 2) 徳永, 天野, 地福: マイクロプロセッサによる抵抗溶接制御装置の制御, 電気学会東京支部大会論文集, 167～168(昭53-11)

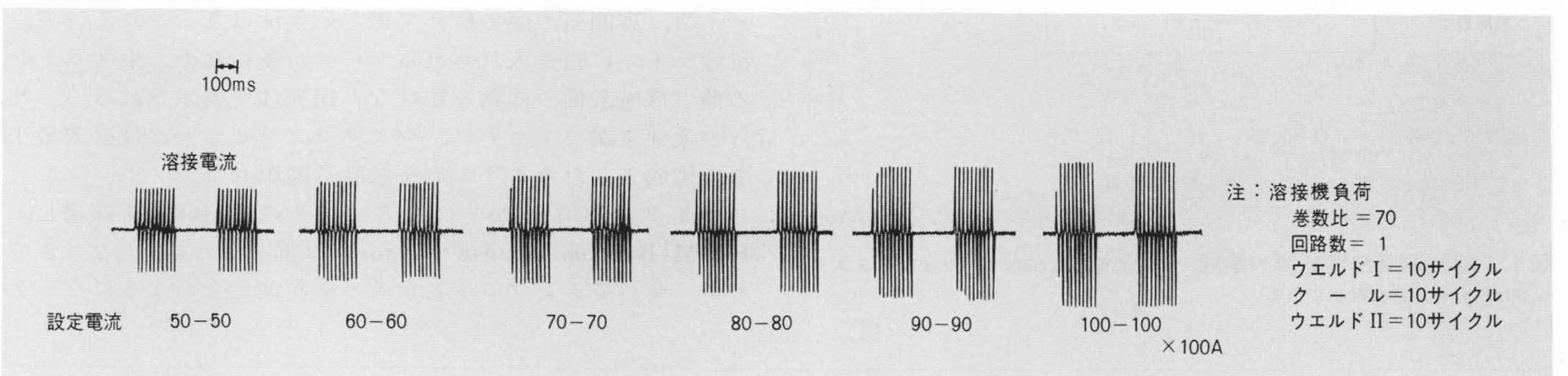


図4 溶接電流 通電サイクルの設定値はウエルド I, ウエルド II 共に10サイクルである。