

新しいピンコンタクト法による爆発成形における 素板形状の測定

菅阪浩男*, 藤田 昌大**, 藤中雄三***,
今井純一*, 真鍋敏之

爆発成形や爆発圧着において、爆発のエネルギーによって急激に加速される金属板の変形状態を測定するために、ピンコンタクト法が利用される。この方法に用いるパルス発生器について目的によく適し、性能の優れた新しい回路を設計製作した。

このパルス発生器はその高速時間応答性と信号伝送能力についても良好であることを認めた。ついで適用の実際例として密閉型爆発成形機における成形素板の加速変形状況の測定に使用した結果について述べた。

成形素板として板厚 0.5mm の銅板を用いて成形範囲直径 100mm の半径方向各位置における速度分布の推移、及び変形形状の時間的推移がかなり明確に求められた。

1. 緒言

爆発圧着や爆発成形において素板の運動状況を観測するために、光学的¹⁾²⁾³⁾電氣的⁴⁾⁵⁾な種々の方法が用いられている。通常、ピンコンタクト法と呼ばれるピン形のコンタクトスイッチ（以後ピンプローブと呼ぶ）により、接触電気信号を検出する方法は、爆薬の爆速測定によく用いられるイオンギャップ法と類似の方法で、原理が簡単であり、装置の観測準備も手間がかからないため便利な方法である。光学的方法やX線によって写真撮影する方法と異って測定場所などの制約が小さい利点もある。しかしピンコンタクト法で空間分解能と時間分解能の高い正確な測定を行うために

は、ピンプローブの形状と配置及び測定用電気回路の時間応答性に十分考慮が払われていることが重要である。

本研究では、先ず筆者らが使用した従来のピンコンタクト法の問題点を述べ、それを解決できる測定用電気回路の設計と製作、時間応答性の検討、信号伝送距離の検討を行った。その結果とこれを爆発成形における素板の変形状態の測定に応用した例について報告する。

2. ピンコンタクト法の原理及び測定用電気回路の設計と製作

Fig. 1 は代表的なピンプローブの形を示すものである。これは素板との衝突に際して、素板の運動にできるだけ影響を与えないように十分に細い金属管に挿入した絶縁単線と金属管端面との接触導通を利用するよ

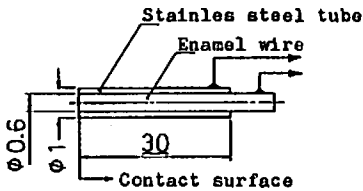
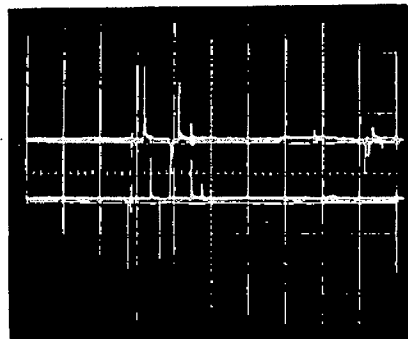


Fig. 1 Pin-probe made with micro tube



Horiz; 100μS/DIV, Vert; 1V/DIV

Fig. 2 Examples of output signals of ordinary pulse generator

昭和59年11月20日受理

* 熊本工業大学機械工学科
〒860 熊本市池田 4-22-1
TEL 096-326-3111

** 熊本大学工学部生産機械工学科
〒860 熊本市黒髪 2-39-1
TEL 096-344-2111

*** 京都大学工学部資源工学科
〒606 京都市在京区吉田本町
TEL 075-751-2111

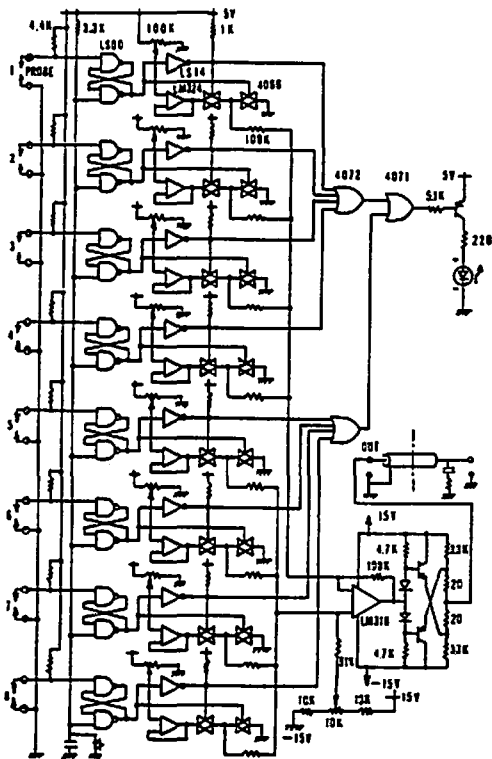
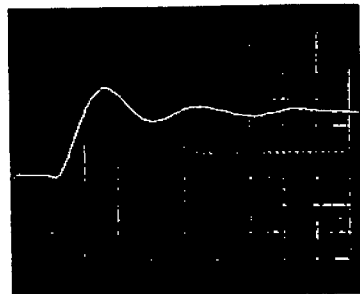


Fig. 3 Solid-state circuit diagram of pulse generator.

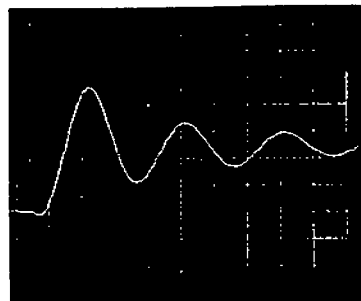
うに作られ、通常かなり多くのプローブを配置して用いている。実験の都合によっては、同図に示すようにピンプローブ単体の独立導通回路として用いるか、素板を共通極として単線のピンプローブを使用することにより、より外径の小さいピンプローブで行うことも考えている。

Fig. 2 に示される波形は、上に述べた種々の報告をはじめ多くの場合用いられている高速応答電源として、コンデンサと抵抗を組合わせた形式のパルス放電回路によるものである。同図の場合4本のピンプローブの接触導通に対応して、上下の変化を示す4つのパルスが各トレースに記録されている。記録された各パルスの間隔を読み取ることによって、ピンプローブ間の時間差が求められる。従って時間分解能を上げるためパルス波形は鋭く立上り幅の短いものが必要である。短時間性の鋭いパルスを得るためにコンデンサの容量を小さくすると、ピンコンタクトの漏洩電流、ケーブルの分布容量、外来ノイズなどの影響を受けやすくなる。パルス電圧の記録と読取りにはデジタルメモリタイプの記録器が便利であるが、パルス幅が狭く鋭い波形になるに応じて、デジタルメモリへの書き込み速度を早



Horiz ; 200nS/DIV, Vert ; 1V/DIV
output voltage ; 2.5 V
cable ; 5D-2V, 3m

Fig. 4 Rising distortion of output signal of pulse generator

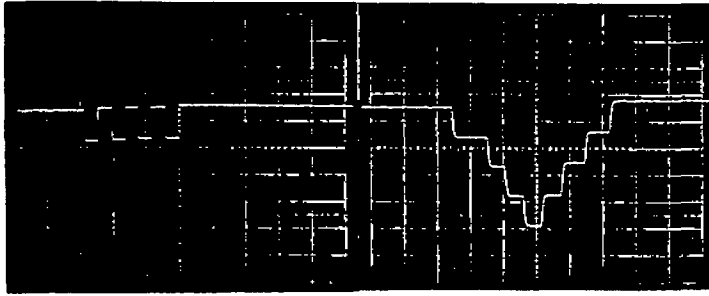


Horiz ; 200nS/DIV, Vert ; 1V/DIV
output voltage ; 2.5 V
cable ; 5D-2V, 50m

Fig. 5 Rising distortion of output signal of pulse generator

く設定しなければパルスがアパーチャ時間からはずれてサンプリングミスを引き起こしやすくなる。書き込み速度を早くすると書き込み総時間を長く取れないことも当然で、このことは実際上の困難さの理由の一つである。

Fig. 3 は前述の種々の問題点を考慮して、新たに設計したデジタルゲートによるピンコンタクト用高速応答パルス発生器を示すものである。同図では後述の実験に適するように、ピンプローブを8組接続する回路が示されているが、使用するピンプローブ数の増減は自在である。この回路について簡単に説明すると下記のようなものである。まず図中左側の数字①~⑧はピンプローブを接続するターミナルである。どの入力ターミナルもその+側は4.7kΩの抵抗を通じて+5Vの電源に接続されている。ピンプローブがコンタクトするとこの入力のR-S フリップフロップ回路はセットされて出力が High となり、その後のピンプローブにチャタリングがあっても変化を生じず、実験後にリセット



Horiz ; 0,2S / DIV, Vert ; 0,5V / DIV output voltage ; 0,5V

Fig. 6 Examples of calibration of output signals

スイッチを ON するまで復旧しない。次段のインバータは2つのアナログスイッチを相補的に動作させるためのもので実験準備状態のとき全コンタクト回路がリセット状態にあることを表示するためのゲートを兼ねている。アナログスイッチの入力には、各コンタクトチャンネルごとに正または負の個別の値に設定でき、オペアンプによって低インピーダンス化されたチャンネル信号電圧が与えられている。この電圧はアナログスイッチの導通によって高速加減算オペアンプの加算点に与えられる。加算された信号電圧は正負にわたる任意の値に設定した基準電圧との差電圧として増幅され出力される。したがって各コンタクトがどの順序で閉じて、またチャタリングがあっても、それらに乱されない形、および各チャンネル識別用の固有の高さをもつ上りまたは下りの階段状電圧を得ることができる。

Fig. 4 はパルス発生器の時間応答特性を示すものである。このときの出力同軸ケーブル (5D-2V) は 3 m, インピーダンス整合用のコンデンサ容量は 250PF である。記録波形の立上り時間は約 250 nS であることがわかる。記録波形には若干のオーバーシュートがあり、それに続く一周半のリングングの後減衰していることが認められるが、立上り始めの点だけを読取ればよいからスルーレートの大きいことの方が重要である。各パルスの出力時間遅れ及びジッターについては、回路構成上問題となる水準でないことは言うまでもない。

Fig. 5 は出力同軸ケーブルが 50 m (分布容量 0.005 μ F) のときの波形を示すが、立上り部分の波形はほとんど変化していないことが認められる。加算回路のオペアンプには若干のゲインがあるので出力電圧として 0 ~ \pm 4.5V の値が得られる。

Fig. 6 はどのピンプローブについても出力電圧が +5V または -5V となるように設定しておき、①から⑧までのピンプローブを順次接地させて得られた出力信

号波形を、正負の組合わせを変えた 2 通りの形態を示すものである。ピンプローブごとの電圧値を変えてこのような較正波形をとっておけば、ピンプローブの接触順序が乱れても読取りを誤ることがない。

3. 爆発成形における素板の変形形態の測定

3.1 実験装置の概要

Fig. 7 は実験に用いた爆発成形機を示すものである。本機は水中圧力波によって、直径 100mm の薄板成形を行うもので、下記に本装置の組立て順序に従ってその概略を説明する。本装置は 3 分割されていて下から成形型部、圧力伝達部、火薬類保持部となっている。圧力伝達部の水圧室は、素板に作用する圧力波の分布を変化させるような形状に設計されている。爆発によって生じた圧力エネルギーは、水中圧力波を生じて素板にエネルギーを与えそれを急激に加速する。その際

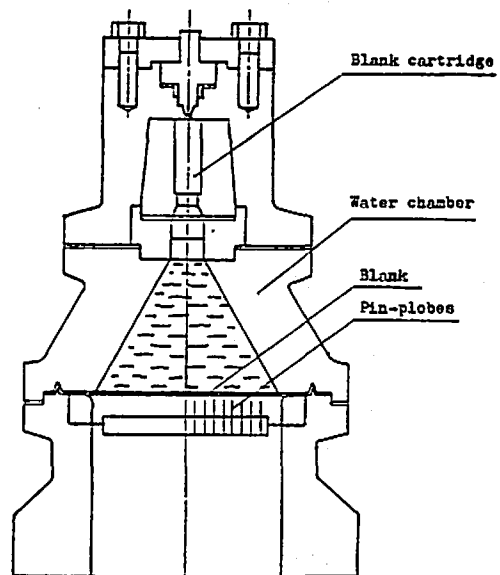


Fig. 7 Closed system apparatus of explosive forming

度を知ることであるから、このような飛翔終末の状況については余り考慮していない。

Fig. 12はFig. 11で得られた素板の飛翔速度分布より第1近似として、半径方向位置における時間と速度の積を変位としてプロットし、変形形状を求めた結果を示すものである。ただしいずれの変形曲線も素板中心を基準として時間を求めた。本実験に用いた薄い円板の変形は等分布衝撃圧力の場合、台形状に変形が進行し最終的に球殻状に変形することが知られているが、同図に示された変形過程は、変形始めから円弧状断面で変形が進行していることを表わしている。これは本成形機の圧力波分布から予想されていたことであるが、実際に確認することができた。

4. 結 言

爆発成形や爆発圧着時の高速変形素板の変形過程をピンコンタクト法で測定することを目的としてデジタルゲートによるパルス発生回路を設計製作した。このパルス発生器は十分な時間分解能をもつとともに、従来用いられていた回路とくらべてはるかに弁別性にすぐれ、かつ安定な出力波形を与えることが確かめられた。またコンタクト法では避けにくいチャタリングに対して全くその影響を受けないことも大きい特長と考えている。このパルス発生器の出力を記録、観測するにあたっての時間応答特性は、出力ケーブルとして同軸ケーブル(5D-2V, 分布容量100PF/m)を3m~50m接続した場合の立上り時間にして約250nSであった。パルス波形のリングング、ピンプローブの加工及び組立精度などを総合的に考慮した場合、素板の変形

過程を500nSの分解時間で測定できることが認められた。

実際の爆発加工時における応用例として、密閉型爆発成形機の成形素板の変形過程についての測定を行った。この際の密閉容器の形状のもとでの素板の変形は、変形開始後約60 μ Sまで急激に加速され、以後は次第に減速しながら変形が進行し、約370 μ S経過後からは急速に減速していることが認められた。また素板の飛翔速度分布から算出した変形形状の推移は、一般的な衝撃的変形によるものと異り本成形機の水圧室形状によるものと思われる独特のものであった。

本研究に使用した火薬類は旭化成㈱より提供された。また実験には熊本大学衝撃エネルギー実験所日俱教育の協力を受けた。あわせてここに謝意を表する。

文 献

- 1) O. R. Bergmann, G. R. Cowan, A. H. Holtzman; Trans. Metallurg. Soc, AIME 238, No 5, 646 (1966)
- 2) 西山卯二郎, 井上卓; 塑性と加工, 8, No 72, 10 (1967)
- 3) U. Nishiyama and T. Inoue; Research on Explosive and Electrohydraulic Forming using High Speed Photography; Annals of the C. I. R. P. 16
- 4) 藤田昌大, 千葉昂, 苧阪浩男, 昭54精機長崎講論 25 (1981)
- 5) J. L. Duncan, W. Johnson; Proc. Int. Mech. Engrs. 179, 1-7, 234 (1964-65)

**Measurement of Deformation of the Blank in an Explosive Forming
by Means of a New Instrumentation with Pin-contact Plobes.**

by Hiroo OSAKA*, Masahiro FUJITA**, Yuzo FUJINAKA***,
Jun-ichi IMAI*, and Toshiyuki MANABE**

In explosive forming and welding, deformation of a blank, which is accelerated hastily by explosion pressure, is normally measured by means of "Pin-contact method". In this method electric pulse generator is used with pin-probes.

A special generator made from solid-state circuits was designed to respond with high sensitivity as pin-contact. Time resolution and transmission ability of its output signal are practically examined in actual conditions.

This instrumentation is adapted for measurement of the deformation of the blank under the closed system apparatus of explosive forming. Velocity distribution in the radial direction of the blank, whose dimensions are 100mm in diameter and 0.5mm in thickness, is measured momentarily. Then according to the velocity distribution, deformation of the blank changing momentarily is calculated and graphically shown.

(*Department of Mechanical Engineering, Kumamoto Institute of
Technology, Kumamoto, Japan.

**Department of Mechanical Engineering, Kumamoto University,
Kumamoto, Japan.

***Department of Mineral Science and Technology, Kyoto University,
Kyoto, Japan.)