



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 4818/86

㉒ Anmeldungsdatum: 03.12.1986

㉔ Patent erteilt: 15.11.1989

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 15.11.1989

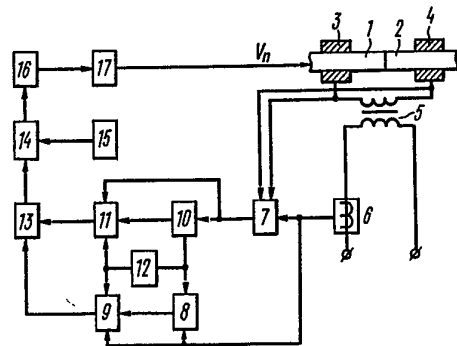
⑦③ Inhaber:  
Institut Elektrosvarki imeni E.O. Patona  
Akademii Nauk Ukrainskoi SSR, Kiev (SU)

⑦② Erfinder:  
Kuchuk-Yatsenko, Sergei Ivanovich, Kiev (SU)  
Bogorsky, Mikhail Vladimirovich, Kiev (SU)  
Krivenko, Valery Georgievich, Kiev (SU)  
Belyaev, Daniil Ivanovich, Kiev (SU)  
Samotryasov, Sergei Mikhailovich, Kiev (SU)  
Nizov, Anatoly Pavlovich, Kiev (SU)  
Gorishnyakov, Alexei Ivanovich, Kiev (SU)

⑦④ Vertreter:  
Patentanwälte Schaad, Balass & Partner, Zürich

⑤④ Verfahren zum Widerstands-Abbrennstumpfschweissen.

⑤⑦ Das Verfahren schliesst ein Abschmelzen der zu verschweisenden Teile (1 und 2) und ein Stauchen ein. Beim Abschmelzen werden gleichzeitig die elektrische Nutzleistung (P) und der Schweissstrom (J) des Abschmelzvorganges gemessen, der mit der elektrischen Nutzleistung (P) durch eine Extremwertabhängigkeit verbunden ist. Danach bestimmt man die Grösse und das Vorzeichen der Zunahme ( $\Delta P$ ,  $\Delta J$ ) der Leistung (P) und des Schweissstromes (J) in ein und derselben Zeitspanne. Die Annäherung der Teile (1 und 2) nimmt man bis zu einem Zeitpunkt vor, wo das Verhältnis ( $\Delta P / \Delta J$ ) sein Vorzeichen gegen ein umgekehrtes Vorzeichen umtauscht. Danach beginnt man die Teile (1 und 2) bis zu einem Zeitpunkt auseinanderzuführen, wo der Wert des Verhältnisses ( $\Delta P / \Delta J$ ) die vorgegebene Grösse erreicht, die in Abhängigkeit von dem Widerstandswert des Schweissstromkreises und der Grösse der Querschnittsfläche der zu verschweisenden Teile (1 und 2) gewählt wird.



### PATENTANSPRUCH

Verfahren zum Widerstands-Abbrennstumpfschweissen, bei dem die zu verschweissenden Teile (1, 2) abgeschmolzen und gestaut werden, wobei beim Abschmelzen der Teile (1, 2) die Richtung der Verstellgeschwindigkeit der zu verschweissenden Teile (1, 2) durch deren Annähern und Auseinanderführen geändert wird, dadurch gekennzeichnet, dass beim Abschmelzen der zu verschweissenden Teile (1, 2) die elektrische Nutzleistung (P) und der Schweissstrom (J) des Abschmelzvorganges gemessen werden, der mit der elektrischen Nutzleistung (P) durch eine Extremwertabhängigkeit verbunden ist, dass die Grösse und das Vorzeichen der Zunahme ( $\Delta P$ ,  $\Delta J$ ) der elektrischen Nutzleistung (P) und des Schweissstromes (J) des Abschmelzvorganges in ein und derselben Zeitspanne bestimmt wird, wobei die Annäherung der zu verschweissenden Teile (1, 2) bis zu einem Zeitpunkt vorgenommen wird, wo das Verhältnis ( $\Delta P/\Delta J$ ) zwischen der Zunahme ( $\Delta P$ ) der elektrischen Nutzleistung (P) und der Zunahme ( $\Delta J$ ) des Schweissstromes (J) des Abschmelzvorganges sein Vorzeichen gegen ein umgekehrtes Vorzeichen umtauscht, wonach die zu verschweissenden Teile (1, 2) bis zu einem Zeitpunkt auseinander geführt werden, wo der Wert des Verhältnisses ( $\Delta P/\Delta J$ ) zwischen der Zunahme ( $\Delta P$ ) der elektrischen Nutzleistung (P) und der Zunahme ( $\Delta J$ ) des Schweissstromes (J) des Abschmelzvorganges die vorgegebene Grösse erreicht, die in Abhängigkeit von dem Widerstandswert des Schweissstromkreises und der Grösse der Querschnittsfläche der zu verschweissenden Teile (1, 2) gewählt wird.

### BESCHREIBUNG

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Widerstands-Abbrennstumpfschweissen gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches.

Die Erfindung kann beim Schweissen von dickwandigen Teilen oder Teilen von einem grossen kompakten Querschnitt in Maschinen zum Widerstands-Abbrennstumpfschweissen mit gutem Erfolg ihre Anwendung finden.

Bekannt ist ein Verfahren zum Widerstands-Abbrennstumpfschweissen mit Vorwärmung (GB-PS Nr. 984 296, Cl. B 23K, 1965), bei dem im Anfangsstadium des Schweissvorganges die Teile nach einem Widerstandsverfahren erwärmt werden. Dabei wird das Erwärmen der Teile durch einen periodischen kurzzeitigen Schweissstromdurchgang verwirklicht. Eine Stromunterbrechung wird entweder durch die Unterbrechung des Schweissstromkreises bei der hin- und hergehenden Bewegung eines der Teile, oder durch eine periodische Abschaltung der Primärwicklung des Schweissstromtransformators vom Netz vorgenommen. Die Teile werden periodisch bis zur Herstellung eines stabilen Kontaktes zwischen den sich berührenden Flächen derselben einander näher gebracht, wonach sie bis zur Unterbrechung des Schweissstromkreises auseinandergeführt werden.

Das bekannte Verfahren gewährleistet jedoch kein gleichmässiges Erwärmen der Teile über den Querschnitt und folglich keine hohe Qualität der Schweissverbindung.

Bekannt ist auch ein Verfahren zum Abbrennstumpfschweissen ohne Vorwärmung (SU-Urheberscheinsschrift Nr. 226 745, IPK HO5 B, bekanntgemacht 1968), das eine hohe Qualität der Schweissverbindung gewährleistet, wobei die Annäherungsgeschwindigkeit der zu verschweissenden Teile periodisch kurzzeitig erhöht wird. Bei einer schroffen Erhöhung der Geschwindigkeit nimmt die Anzahl der zwischen den Flächen der zu verschweissenden Teile entstehenden elementaren Kontakte stark zu, und, wenn die Ge-

schwindigkeit abnimmt, bleibt die Anzahl von gleichzeitig bestehenden Kontakten eine Zeitlang unverändert. Die Geschwindigkeitsänderung wird derart geregelt, dass man nach einem Stromanstieg (Spannungs-, Leistungsanstieg) bis zu einem bestimmten Wert beginnt, die Geschwindigkeit bis zum Ausgangswert zu vermindern, wodurch ein Kurzschluss zwischen den Stirnflächen der Teile vermieden wird. Bei der Senkung der Geschwindigkeit gelingt es praktisch nicht, eine Unterbrechung des Schweissstromkreises zu verhindern, wodurch im Abschmelzvorgang Pausen entstehen. Das führt dazu, dass die Schweisszeit verlängert werden muss, wodurch die Leistung sinkt.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Widerstands-Abbrennstumpfschweissen mit solchen technologischen Parametern zu entwickeln, die einen stabilen Verlauf des Abschmelzvorganges bei einem hohen Wert der elektrischen Nutzleistung, die in den zu verschweissenden Teilen erzeugt wird, gewährleisten.

Die gestellte Aufgabe wird dadurch gelöst, dass das vorgeschlagene Verfahren zum Widerstands-Abbrennstumpfschweissen mit den im Kennzeichen des Patentanspruches umschriebenen Schritten durchgeführt wird.

Die vorliegende Erfindung gestattet es, die Erwärmungsintensität für die zu verschweissenden Teile zu erhöhen und die Schweisszeit zu verkürzen.

Im folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand konkreter Durchführungsbeispiele und der beigefügten Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Abhängigkeit der elektrischen Nutzleistung  $P_m$ , die im Kontakt zwischen den zu verschweissenden Teilen erzeugt wird, von der Leitfähigkeit G des Funkenspaltes (oder vom Strom J im Schweissstromkreis) gemäss der Erfindung;

Fig. 2 die Blockschaltung einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäss der Erfindung;

Fig. 3 Zeitdiagramme, welche den Betrieb der Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens erläutern.

Die Abhängigkeit der elektrischen Nutzleistung P die im Kontakt zwischen den zu verschweissenden Teilen erzeugt wird, von der Leitfähigkeit G des Funkenspaltes oder vom Strom J des Schweissstromkreises hat die Gestalt, die in Fig. 1 dargestellt ist (S.I. Kuchuk-Jatsenko, V.K. Lebedev, Abbrennstumpfschweissen aus dem Kalten. Kiev, Verlag «Naukova dumka», 1976, S. 51, Fig. 28). Bei ein und derselben Nutzleistung P sind zwei Abschmelzzustände möglich, die durch Punkte A und B gekennzeichnet werden. In Punkt A wird der Abschmelzzustand als stabil angesehen, weil in diesem Fall alle Bedingungen für eine Selbstregelung des Prozesses bestehen, d.h. einer positiven Stromzunahme entspricht eine positive Leistungszunahme. Der Abschmelzzustand in Punkt B kann nicht als stabil angesehen werden, weil einer positiven Stromzunahme eine negative Zunahme der elektrischen Nutzleistung entspricht, und beim Abschmelzen ein Kurzschluss entstehen kann.

Die Abhängigkeit der Nutzleistung P vom Strom J im Schweissstromkreis hat einen extremalen Charakter. Die maximale Nutzleistung  $P_m$  wird im Kontakt bei einem Schweissstrom  $J_m$  erzeugt, wo der Widerstand des Funkenspaltes dem Kurzschlusswiderstand des Schweissstromkreises gleich ist, was einem Abschmelzzustand im Punkt C in Fig. 1 entspricht.

Folglich ist es zweckmässig, den Abschmelzvorgang bei einem Betriebszustand zu führen, der durch solche Werte des Schweissstromes J und der elektrischen Nutzleistung P gekennzeichnet ist, wo er von dem linken Teil der Kennlinie  $P = f(J)$  bezeichnet wird, der an dem Wert  $P = P_m$  nahe liegt. Dabei wird ein stabiles Abschmelzen bei hohen Werten der

elektrischen Nutzleistung  $P$ , die in den zu verschweißenden Teilen erzeugt wird, gewährleistet.

Eine Begrenzung der Annäherung der Teile bis zum Erreichen eines negativen Verhältniswertes zwischen der Zunahme der elektrischen Nutzleistung und der Zunahme des Schweißstromes gestattet es, den Schweißvorgang in der Zone eines stabilen Abschmelzens zu führen. Bei einer geringen Verlagerung des Schweißvorganges vom Punkt C nach rechts (das Verhältnis  $\Delta P/\Delta J < 0$ , instabiler Abschmelzvorgang) beginnt ein Auseinanderführen der Teile, und der Abschmelzvorgang übergeht erneut in einen stabilen Zustand, wobei er durch Kurvenabschnitt mit einem positiven Wert des Verhältnisses  $\Delta P/\Delta J$  gekennzeichnet wird. Das Auseinanderführen der Teile erfolgt bis zum Erreichen des vorgegebenen positiven Wertes des Verhältnisses  $\Delta P/\Delta J$ , der mit Rücksicht auf die Gewährleistung eines Abschmelzvorganges ohne Schweißstromunterbrechungen und der Aufrechterhaltung eines hohen Wertes der elektrischen Nutzleistung festgelegt wird. Werden die Teile bis zum Erreichen eines Wertes des Verhältnisses  $\Delta P/\Delta J$ , der den vorgegebenen Wert übersteigt, auseinandergeführt, sind Schweißstromunterbrechungen und eine Senkung der elektrischen Nutzleistung möglich.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe beginnt man bei der eingeschalteten Schweißspannung die zu verschweißenden Teile mit eingestellter Geschwindigkeit einander näher zu bringen. Je nach der Annäherung der Teile und der Herstellung der Kontakte nimmt der Wert des Schweißstromes  $J$  und der elektrischen Nutzleistung  $P$  zu. Dabei misst man die Zunahme der Werte  $\Delta P$  und  $\Delta J$  der elektrischen Nutzleistung  $P$  und des Stromes  $J$  in einer und derselben Zeitspanne. An dem gesamten Kurvenabschnitt von dem Punkt 0 bis zum Punkt C weist das Verhältnis  $\Delta P/\Delta J$  einen positiven Wert auf. Bei einer weiteren Vergrößerung der Anzahl der Kontakte wird der Wert des Stromes  $J$  den Wert  $J_m$  übersteigen, und dem positiven Wert der Zunahme  $\Delta J$  wird der negative Wert der Zunahme  $\Delta P$  entsprechen, der in ein und derselben Zeitspanne gemessen ist. Das wird als ein Signal zum Auseinanderführen der zu verschweißenden Teile mit vorgegebener Geschwindigkeit sein. Die Anzahl der Kontakte beginnt dabei abzunehmen und der Schweißstrom fällt ab; das Verhältnis  $\Delta P/\Delta J$  nimmt erneut einen positiven Wert an. Eine Begrenzung des Auseinanderführens der zu verschweißenden Teile bis zum Erreichen eines bestimmten positiven Wertes des Verhältnisses  $\Delta P/\Delta J$  gestattet es, Schweißstromunterbrechungen zu vermeiden. Beim Widerstands-Abtrennstumpfschweißen von Teilen, die einen Schweißquerschnitt von 2000 bis 10 000  $\text{mm}^2$  aufweisen, auf Schweißmaschinen mit einem Kurzschlusswiderstand von  $80 \cdot 10^{-6}$  bis  $250 \cdot 10^{-6}$  Ohm wurde der positive Wert des Verhältnisses  $\Delta P/\Delta J$  in einem Bereich von 2 bis 10 W/A gewählt.

Das erfindungsgemäße Verfahren gestattet es, die Schweißleistung zu erhöhen; es gewährleistet eine Intensivierung des Erwärms der abzuschmelzenden Teile durch eine Reduzierung der Anzahl der Schweißstromunterbrechungen. Ausserdem wird der Abschmelzvorgang bei Betriebszuständen geführt, die an den Betriebszuständen mit maximaler elektrischer Nutzleistung nahe liegen.

Die Blockschaltung einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist in Fig. 2 wiedergegeben.

Die zu verschweißenden Teile 1 und 2 sind in Klemmbacken 3 und 4 einer Schweißmaschine eingespannt, an welche Klemmbacken die Sekundärwicklung eines Schweißtransformators 5 angeschlossen ist. An die Primärwicklung des Transformators 5 ist ein Messstromwandler 6 angeschlossen, dessen Ausgang mit einem der Eingänge eines Multiplizierblockes 7, dessen andere Eingänge mit den Klemmbacken 3 und 4 verbunden sind. Ausserdem ist der

Ausgang des Messstromwandlers 6 an den Eingang eines Speicherblocks 8, der zum Speichern der Werte des Schweißstromes bestimmt ist, und an den Eingang eines Subtraktionsblockes 9 angeschlossen, der zur Bestimmung der Zunahme des Schweißstromes  $J$  in einer bestimmten Zeitspanne vorgesehen ist.

Der Ausgang des Multiplizierblockes 7 ist mit dem Eingang eines Speicherblocks 10, der zum Speichern der Werte der elektrischen Nutzleistung dient, sowie mit dem Eingang eines Subtraktionsblockes 11 verbunden, der zur Bestimmung der Zunahme der elektrischen Nutzleistung in einer bestimmten Zeitspanne vorgesehen ist. Die Eingänge der Speicherblöcke 8 und 10 und der Subtraktionsblöcke 9 und 11 sind an den Ausgang eines Taktimpulsgenerators 12 angeschlossen. Die Ausgänge der Subtraktionsblöcke 9 und 11 sind an die Eingänge eines Divisionsblockes 13 angeschlossen, der zur Bestimmung des Verhältnisses  $\Delta P/\Delta J$  zwischen der Zunahme  $\Delta P$  der elektrischen Nutzleistung  $P$  und der Zunahme  $\Delta J$  des Schweißstromes  $J$  vorgesehen ist. Der Ausgang des Divisionsblockes 13 ist an einen der Eingänge einer Vergleichseinheit 14 zum Vergleichen eines Signals, das dem berechneten Wert des Verhältnisses  $\Delta P/\Delta J$  entspricht, mit dem Signal, das dem gewählten Wert desselben Verhältnisses entspricht, angeschlossen. Der andere Eingang der Vergleichseinheit 14 ist mit einem Sollwertgeber 15 verbunden, während sein Ausgang mit dem Eingang eines Ventils 16 mit elektrohydraulischer Verstellung in Verbindung steht, das mit einem hydraulischen Antrieb 17 verbunden ist, der mit dem Klemmbacken 3 und mit dem Teil 1 in kinematischer Verbindung steht.

In Fig. 3 sind dargestellt:

$U = u(t)$  — Diagramm der Taktimpulse, die vom Taktimpulsgenerator 12 (Fig. 2) erzeugt werden;

$P = p(t)$  — Kennlinie der elektrischen Nutzleistung;

$J = i(t)$  — Kennlinie des Schweißstromes.

Die Vorrichtung hat folgende Wirkungsweise.

Im Anfangsstadium des Schweißvorganges wird im Sollwertgeber 15 (Fig. 2) ein Signal mit einem vorgegebenen Spannungspegel erzeugt. Dieses Signal wird dem Eingang der Vergleichseinheit 14 zugeführt. Beim Vergleich dieses Signals mit dem Nullsignal, welches vom Ausgang des Divisionsblockes 13 zugeführt wird, wird von der Vergleichseinheit 14 ein Signal erzeugt, das mittels des Ventils 16 mit elektrohydraulischer Verstellung und des hydraulischen Antriebes 17 eine Annäherung der Teile 1 und 2 gewährleistet. Gleichzeitig wird zu den Teilen 1 und 2 eine Spannung von dem Schweißtransformator 5 über die Klemmbacken 3, 4 zugeführt. Bei der Herstellung der Kontakte an den Stirnflächen der Teile 1 und 2 entsteht in Sekundärwicklung des Schweißtransformators 5 ein Schweißstrom. Das Ausgangssignal des Messstromwandlers 6 wird einem der Eingänge des Multiplizierblockes 7 sowie den Eingängen des Speicherblockes 8 und des Subtraktionsblockes 9 zugeführt. Dem anderen Eingang des Multiplizierblockes 7 wird ein Signal zugeführt, das der Spannung an den Enden der Teile 1 und 2 zwischen den Klemmbacken 3, 4 entspricht. Im Block 7 wird das von den Klemmbacken 3, 4 abzunehmende Signal in einem bestimmten Massstab mit dem Signal multipliziert, das vom Ausgang des Messstromwandlers 6 zugeführt wird. Dadurch wird am Ausgang des Multiplizierblockes 7 ein Signal erzeugt, das dem Wert der elektrischen Nutzleistung der Schweißmaschine proportional ist. Dieses Signal wird dem Eingang des Speicherblockes 10 und dem Eingang des Subtraktionsblockes 11 zugeführt.

Von dem Taktimpulsgenerator 12 werden phasenentgegengesetzte Taktimpulse (siehe Kennlinie  $U = u(t)$  in Fig. 3) erzeugt. Beim Zuführen eines positiven Taktimpulses werden

im Speicherblock 8 (Fig. 2) der Wert des Stromes  $J_1$  (Fig. 3, Kennlinie  $J = i(t)$ ) und im Speicherblock 10 (Fig. 2) – der Wert der Leistung  $P_1$  (Fig. 3, Kennlinie  $= p(t)$ ) gespeichert. Die diesen Werten  $J_1$  und  $P_1$  entsprechenden Signale werden jeweils dem Subtraktionsblock 9 und Subtraktionsblock 11 (Fig. 2) zugeführt, wobei den anderen Eingängen dieser Blöcke Signale zugeführt werden, die den Augenblickswerten des Schweißstroms und der elektrischen Nutzleistung entsprechen.

Bei der Erzeugung der negativen Taktimpulse (Fig. 3, Kennlinie  $U = u(t)$ ) durch den Generator 12 werden im Block 9 (Fig. 2) die Operation  $\Delta J = J_1 - J_2$  und im Block 11 – die Operation  $P = P_1 - P_2$  durchgeführt. Das der Zunahme  $\Delta J$  entsprechende Signal wird vom Ausgang des Blockes 9 und das der Zunahme  $\Delta P$  entsprechende Signal – vom Ausgang des Blockes 11 den Eingängen des Divisionsblocks 13 zugeführt, in dem die Divisionsoperation

$$\frac{\Delta P}{\Delta J}$$

durchgeführt wird. Vom Ausgang des Divisionsblocks 13 wird das dem Wert

$$\frac{\Delta P}{\Delta J}$$

proportionale Signal dem Eingang der Vergleichseinheit 14 zugeführt.

Bei der Änderung der zu verschweißenden Teile 1 und 2 nimmt der Schweißstrom  $J$  (Fig. 1) ständig zu, und der Punkt, welcher den Abschmelzvorgang bezeichnet, verschiebt sich über eine Kurve bis zum Punkt C. Das Verhältnis  $\Delta P/\Delta J$ , das bis jetzt einen positiven Wert hatte, nimmt in Punkt C den Nullwert und bei einer weiteren Zunahme des Stroms  $J$  einen negativen Wert an.

4

Beim Zuführen eines negativen Signals aus dem Divisionsblock 13 (Fig. 2) in die Vergleichseinheit 14 findet eine Umschaltung der Vergleichseinheit 14 statt, wodurch in dieser Vergleichseinheit 14 ein konstantes Signal erzeugt wird, das mittels des Ventils 16 mit elektrohydraulischer Verstellung des hydraulischen Antriebes 17 ein Auseinanderführen der Teile 1 und 2 gewährleistet.

Beim Auseinanderführen der Teile 1 und 2 nimmt der Schweißstrom  $J$  (Fig. 1) ab, und nach dem Durchgang durch den Punkt C nimmt das Verhältnis  $\Delta P/\Delta J$  einen positiven Wert an und beginnt zuzunehmen. Wenn das positive Signal, das dem Wert des Verhältnisses  $\Delta P/\Delta J$  proportional ist, beim Vergleich in der Vergleichseinheit 14 (Fig. 2) dem Signal gleich wird, das vom Sollwertgeber 15 erzeugt wird, wird von der Vergleichseinheit 14 ein konstantes Signal erzeugt, das mittels des Ventils 16 mit elektrohydraulischer Verstellung und des hydraulischen Antriebes 17 eine Annäherung der Teile 1 und 2 gewährleistet.

Auf diese Weise gestattet es die vorliegende Erfindung, ein Widerstands-Abbrennstumpfschweißen durchzuführen, bei dem eine Führung des Abschmelzvorganges in der Stabilitätszone bei einem hohen Wert der elektrischen Nutzleistung gewährleistet wird, wodurch die Intensität des Erwärmens der zu verschweißenden Teile 1 und 2 erhöht und eine Verkürzung der Schweißzeit erreicht werden.

Der positive Effekt wird dadurch erzielt, dass man gleichzeitig die elektrische Leistung  $P$  und den Schweißstrom  $J$  misst, den Wert des Verhältnisses  $\Delta P/\Delta J$  zwischen der Zunahme  $\Delta P$  der elektrischen Nutzleistung  $P$  und der Zunahme  $\Delta J$  des Schweißstromes  $J$  in ein und derselben Zeitspanne bestimmt, und dass man bestrebt ist, den Abschmelzvorgang derart zu führen, dass das Verhältnis  $\Delta P/\Delta J$  für eine geraume Zeit keinen negativen Wert annimmt, wobei man den positiven Wert des Verhältnisses  $\Delta P/\Delta J$  auf eine Grösse beschränkt, die in Abhängigkeit vom Widerstand des Schweißstromkreises und der Querschnittsfläche der zu verschweißenden Teile 1 und 2 bestimmt wird.

40

45

50

55

60

65

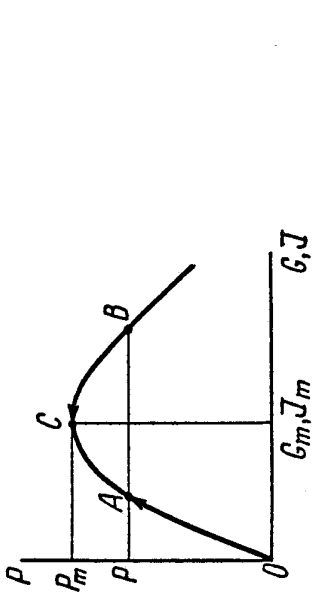


FIG. 1

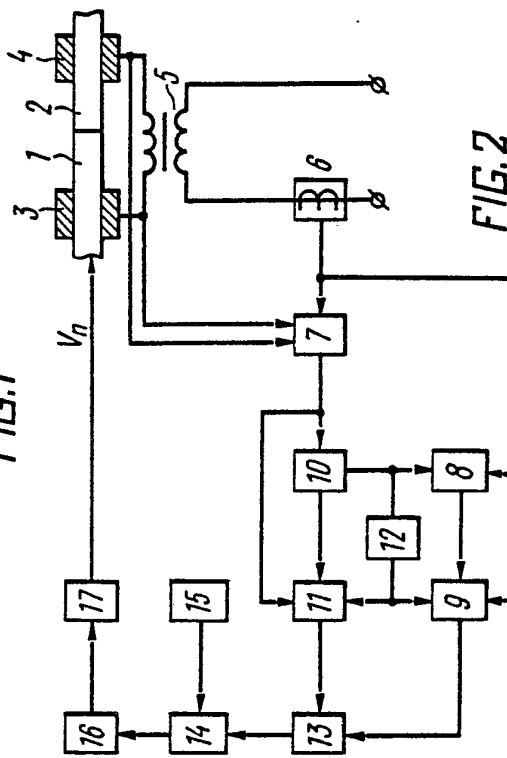


FIG. 2

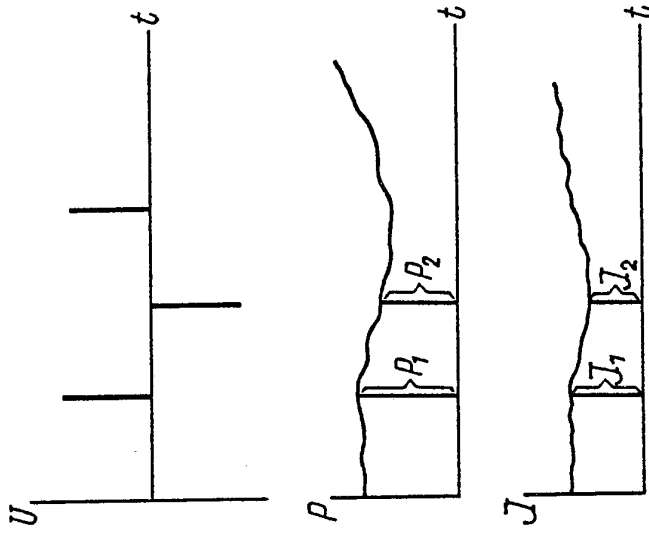


FIG. 3