

 12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

 21 Anmeldenummer: **86105504.4**

 51 Int. Cl.⁴: **B 22 D 11/16**

 22 Anmeldetag: **21.04.86**

 30 Priorität: **07.05.85 LU 85878**

 71 Anmelder: **ARBED S.A., Avenue de la Liberté 19, L-2930 Luxembourg (LU)**

 43 Veröffentlichungstag der Anmeldung: **12.11.86 Patentblatt 86/46**

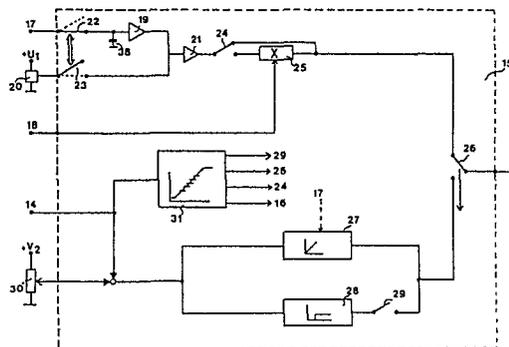
 72 Erfinder: **Kraus, André, 12 rue Victor Ewen, L-4113 Esch/Alzette (LU)**

 84 Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE**

 74 Vertreter: **Leitz, Paul et al, S.D.T.B. Administration Centrale de l'ARBED Case Postale 1802, L-2930 Luxembourg (LU)**

 54 **Verfahren zur automatischen Steuerung des Anfahrbetriebes einer Metall-Stranggiessanlage.**

 57 Spätestens vor dem Ansprechen der Füllstandsmessvorrichtung wird der Öffnungsgrad des Ausflusses (5) in Nähe des normalen Gieß-Öffnungsgrades gebracht und nach Erhalt eines eindeutigen Signales von der Füllstandsmessvorrichtung, oder beim Erreichen einer ersten vorbestimmten Füllstandshöhe, wird die Abzugsmaschine eingeschaltet und die Abzugsgeschwindigkeit zur Bestimmung des Öffnungsgrades des Ausflusses hinzugezogen. Hierzu wird die Geschwindigkeit der Rollen mittels eines Tachometers (18) gemessen, das abgegebene Signal normiert, dann mit dem den normalen Gieß-Öffnungsgrad bestimmenden Signal multipliziert und mit dem so erhaltenen Signal wird der Öffnungsgrad des Ausflusses gesteuert. Nach der Anlaufphase der Abzugsmaschine oder nach Erreichen einer zweiten vorbestimmten Füllstandshöhe, welche über obiger ersten Füllstandshöhe liegt, wird auf alleinige I-Regelung des Öffnungsgrades des Ausflusses und nach Erreichen einer dritten vorbestimmten Füllstandshöhe, welche etwa mit der normalen Soll-Füllstandshöhe übereinstimmt, wird auf eine I-P-Regelung übergegangen.



Verfahren zur automatischen Steuerung des Anfahrbetriebes einer
Metall-Stranggiessanlage.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Steuerung des
5 Anfahrbetriebes einer Metall-Stranggiessanlage. Bekanntlich besteht
eine derartige Anlage im wesentlichen aus einer wassergekühlten Ko-
kille welche von einem mit einer regelbaren Bodenausflussöffnung
versehenen Gefäss über ein Tauchrohr mit Schmelze versorgt wird so-
wie einer Abzugsmaschine für den sich verfestigenden Strang. Die
10 Kokille ist mit einer Füllstandsmessvorrichtung versehen, mittels
welcher während des Betriebes die Oeffnung des Bodenausflusses oder
im Freiläuferbetrieb die Drehgeschwindigkeit der Abzugswalzen ge-
steuert wird. Vor Giessbeginn wird die untere Kokillenöffnung mit
einem Kaltstrang verschlossen. Beim Angiessen verschweisst der flüs-
15 sige Stahl mit dem Anfahrkopf auf dem sich meistens Kühlschrott be-
findet. Mittels der wassergekühlten Kokille wird dem feuerflüssigen
Metall soviel Wärme entzogen, dass sich eine erstarrte Schale bil-
det. Sobald der Füllstand in der Kokille eine vorbestimmte Höhe er-
reicht hat, wird die Abzugsmaschine eingeschaltet und der Kaltstrang
20 wird mit dem sich verfestigenden Strang kontinuierlich abgezogen.
Das weitere Stranggiessen wird dann einer klassischen Giesspiegel-
regelung unterworfen.

Ein automatisches Angiessen ist problematisch, da die Füllstands-
25 messvorrichtung im Bereich der Soll-Höhe des Badspiegels angeordnet
ist und nur brauchbare Messwerte abgibt wenn sich der Badspiegel
seiner Soll-Höhe nähert. Zusätzlich muss bedacht werden, dass beim
Angiessen starke Badbewegungen und Spritzer entstehen, welche etwai-
ge Füllstandsmesswerte verfälschen oder deren Auswertung erschweren.

Eine Automatisierung des Angiessvorganges ist bspw. aus der DE 32 21 708 bekannt. Das dort beschriebene Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass für ein schluckweises Füllen der Stranggiesskokille während des Zeitraumes von Beginn der Schmelzenzufuhr bis
5 zum Ausfüllen der Hohlräume im Bereich des Anfahrkopfes und/oder bis Abklingen der anfänglich starken Badbewegungen in der Stranggiesskokille die Bodenausflussöffnung intermittierend automatisch geöffnet wird.

10 Aus der BE 704.306 ist bekannt, die Kokille in einer ersten Phase kontinuierlich zu füllen und, wenn die Badspiegelhöhe von der Füllstandmessvorrichtung erfasst wird, die Ausflussöffnung wieder zu schliessen. Anschliessend wird die Abzugsmaschine gestartet und die Oeffnung des Bodenausflusses von einem P-Regler geregelt.

15

Doch versagen derartige Verfahren wenn man kleine Querschnitte vergiessen will. Hier ist das vom Stahl aufzufüllende Volumen sehr klein; die thermische Inertie des Stahl-Kokillen Systems vermindert sich drastisch. Zusätzlich muss bedacht werden, dass die Stopfen,
20 welche der Bodenausflussöffnung verschliessen, von den handelsüblichen Stellantrieben in etwa 0,8 Sekunden von offener bis zu geschlossener Stellung gebracht werden, d.h. gibt die Füllstandsmessvorrichtung die ersten Werte ab, könnte auch ein nur halboffener Ausfluss kaum mehr zeitig geschlossen werden.

25

Bei schluckweisem Füllen wird vor allem bei sehr kalt zu vergiessenden Chargen (ca. 20°C über Liquidus) die Gefahr gross, dass bei den kleinen Stopfenhuben die Wärmezufuhr pro Stopfen-Hub zu gering wird und deshalb öfters der Ausfluss oder das Tauchrohr zuschmiert. Beim
30 Angiessen nach Tauchrohr-Wechsel wird diese Gefahr vergrössert, da die Tauchrohre nicht vorgewärmt sind. Es wurde sogar beobachtet, dass bei sehr schlecht zu vergiessenden Qualitäten der Stahl in einer Hub-Pause im Tauchrohr einfrore und beim nächsten Hub das Tauchrohr sich vom Gefäss löste. Als Abhilfe wurde versucht, die
35 Stopfenhübe zu verlängern um dem Ausguss und dem Tauchrohr möglichst viel Hitze pro Hub zuzuführen. Dieses ist jedoch nur begrenzt möglich, weil ein Verlängern der Oeffnungszeit automatisch eine

Vergrösserung des Stopfenhubes nach sich zog und man dadurch riskierte mit sehr weit geöffnetem Stopfen in den Messbereich einzutreten, was zu Stahl-Ueberlauf führen kann. Ungünstig für das Einstellen des Ueberganges vom Angiessen zur Regelung ist ausserdem
5 die nicht definierte Stopfenposition beim Erreichen der Uebergangsposition.

Bei Chargen mit sehr hohem Al-Gehalt (ohne CaSi) werden diese Probleme nochmals vergrössert. Hier kommt erschwerend hinzu, dass bei
10 jedem Schliessen des Stopfens sich Tonerde am Ausguss aufbaut, so dass die Stopfen-Nullstellung sich nach oben verschiebt. Ein ungleichmässiges Aufbauen dieser Tonerde hat öfters einen nicht dicht schliessenden Stopfen zur Folge (sog. Stopfenläufer). Hier muss demnach noch stärker auf möglichst hohe Energiezufuhr geachtet werden
15 um ein Zuschmieren zu verhindern.

Aufgabe der Erfindung ist ein Verfahren zur automatischen Steuerung des Anfahrbetriebes vorzuschlagen, welches die oben genannten Nachteile überwindet und ein problemloses Angiessen von kleinen Querschnitten gewährleistet.
20

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.
25

Die durch die Erfindung erwirkten Vorteile sind im wesentlichen ein sicheres Angiessen, wobei die Regel und Steuereinheit aus billigen und bewährten elektronischen Teilen aufgebaut werden kann. Ausserdem wird die Möglichkeit geboten Stähle zu vergiessen, deren Temperatur
30 knapp über Liquidus liegt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen die

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Stranggiessanlage,
- 35 - Fig. 2 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemässen Steuerung des Anfahrbetriebes,
- Fig. 3 eine Variante einer erfindungsgemässen Steuerung und

- Fig. 4 ein Zeit-Stopfenstellung Diagramm beim Angiessen.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, wird das obere Ende der wassergekühlten Stranggiesskokille 1 über ein Tauchrohr 2 mit Schmelze 3 versorgt. Die Schmelze 3 befindet sich in einem Zwischenbehälter 4 dessen Ausflussöffnung 5 mit einem Stopfen 6 verschliessbar ist. Die Lage des Stopfens 6 wird durch ein hydraulisches Stellglied 17 bestimmt. Die Lage des Stellgliedes wird mittels des Stellungsreglers 7 beeinflusst. Die untere Seite der Kokille ist mit dem Anfahrkopf 8, auf dem sich Kühlschrott 11 befindet, verschlossen; der daran angeschlossene Kaltstrang 9 ist in die Abzugsrollen 10 eingespannt. Am oberen Ende der Kokille 1 ist eine sich über eine Höhe H erstreckende Strahlenquelle 12, üblicherweise Co-60, angeordnet. Die von der Quelle 12 stammende Strahlung wird von einem Sensoren 13 aufgenommen. Nach entsprechender Verstärkung und Aufbereitung (siehe Bezugszeichen 14) wird das empfangene Signal an die Regel und Steuereinheit 15 weitergeleitet. Aus der Strahlungsschwächung wird auf die Badspiegelhöhe geschlossen. In der weiteren Beschreibung wird die Füllstandshöhe in Prozenten des Messbereiches angegeben. So beträgt bspw. die Soll-Füllstandhöhe 70%, d.h. der Soll-Füllstand ist erreicht wenn ein Ausgangssignal von 70 Prozent des Maximalwertes ansteht.

Die Regel und Steuereinheit 15 welche etwas detaillierter auf Fig. 2 dargestellt ist, bekommt vom Verstärker 14 die Füllstandswerte und vom Stellglied 17 die jeweilige Lage des Stopfens 6 mitgeteilt und wirkt auf den Stellungsregler 7 sowie auf die Steuerung 16 der Abzugsmaschine. Ueber einen an einer Abzugsrolle angebauten Tachometer 18 wird der Regel- und Steuereinheit 15 ausserdem die jeweilige Abzugsgeschwindigkeit des (Kalt-)Stranges mitgeteilt.

Aus der Fig. 2 kann man Einzelheiten der Regel- und Steuereinheit entnehmen. Dargestellt ist die Lage der verschiedenen Schalter vor Giessbeginn. Mittels bekannter elektronischer Massnahmen ändern die Schalter die Lage nur einmal, d.h. fällt während des Giessens der Metallspiegel, können die Schalter nicht in ihre Anfahrbetriebsstellung zurückfallen.

Der Kondensator 38 hält die augenblickliche Null-Stellung des Stopfens fest. Am Potentiometer 20 wird eine Spannung abgegriffen welche erfahrungsgemäss etwa zur normalen Stopfenstellung beim Giessen führt, während über das Potentiometer 30 die erwünschte
5 Soll-Badhöhe in der Kokille eingestellt wird. Der Grenzwertmelder 31 wirkt auf die Schaltvorrichtungen 24, 26 und 29, sowie auf die Steuereinheit 16 sobald das Metall vorbestimmte Füllstände in der Kokille erreicht hat. Im Multiplizierbaustein 25 wird die über das Potentiometer 20 eingestellte Stopfenstellung (dessen Null-Stellung
10 mittels des Kondensators 38 und des Verstärkers 19 berücksichtigt wird) mit einem der Abzugsgeschwindigkeit des Stranges proportionalen Wert multipliziert. Weiterhin umfasst die Schaltung einen I-Regler 27 sowie einen P-Regler 28, wobei die Regler nicht nur zur Steuerung des Anfahrbetriebes sondern auch zur Regelung des normalen
15 Giessbetriebes eingesetzt werden.

Die Arbeitsweise beim Anfahren ist wie folgt: Der Schalter 23 wird geschlossen und zugleich wird der Schalter 22 geöffnet. Die Nullstellungskorrektur des Stopfens ist somit im Kondensator festgehalten und der am Potentiometer festgelegte Oeffnungssollwert wird nach
20 einer Nullkorrektur durch den Addierer 21 direkt an den Stellungsregler 7 durchgegeben. Dieser Oeffnungssollwert entspricht, wie oben angegeben, vorteilhafterweise der mittleren Stopfenstellung beim Giessen. Jedenfalls sollte die Bodenausflussoeffnung weder zu weit
25 geöffnet werden, weil sonst ein Stahl-Ueberlauf vorprogrammiert wird, noch zu klein, weil dann der Ausguss oder der Stopfen zuschmiert.

Sobald die Giesspiegel-Messvorrichtung einen 20% Füllstand angibt, wird die Giessmaschine gestartet. Gleichzeitig wird die Schaltereinheit 24 umgeschaltet; der Stopfen-Oeffnungssollwert wird somit zusätzlich mittels des Multiplizierbausteines 25 in Abhängigkeit von der aktuellen Giessgeschwindigkeit verändert. Es versteht sich, dass das vom Tachometer abgegebene Signal hierzu normiert wird, d.h. der
35 Multiplikatorwert liegt zwischen 0 (Giessmaschine steht) und 1 (Soll-Geschwindigkeit ist erreicht). Dadurch wird erwirkt, dass der Stopfen zuerst kurz in Schliessrichtung gefahren wird (Giessge-

schwindigkeit ist klein) und dann proportional zur Hochlaufkurve der Abzugsmaschine geöffnet wird. Sollte eine Panne in der Abzugsmaschine vorliegen wird die Ausflussöffnung schnellstens geschlossen. Der Multiplikatorwert kann linear oder aber bspw. in einer ersten Geschwindigkeitsspanne logarithmisch dann linear und zum Schluss exponentiell von der Giessgeschwindigkeit abhängig sein. Insbesondere bei sehr kleinen Querschnitten (kleiner als 100mm^2) muss man mittels routinemässigen Versuchen sorgfältig ausprobieren welche mathematischen (Teil)-Abhängigkeiten des Multiplikatorwertes von der Giessgeschwindigkeit einen Durchbruch oder ein Ueberlaufen beim Angiessen optimal verhindern.

Beim Erreichen eines 50% Füllstandes wird obige Lageregelung durch eine Niveauregelung ersetzt und zwar wird durch Umschalten der Schaltereinheit 26 ausschliesslich der I-Zweig 27 der Regelung eingeschaltet. Es versteht sich, dass bis zu diesem Zeitpunkt der I-Regler 27 in der oben beschriebenen gesonderten Lagerelung der Stellung des Stopfens nachgeführt wurde (siehe gestrichelten Pfeil und Bezugszeichen 17), da er andernfalls zu diesem Zeitpunkt seine Sättigungsgrenze erreicht hätte und beim Umschalten der Schaltereinheit 26 ein brutales Hochreissen des Stopfens bewirken würde.

Ab etwa 70% des Füllstandes, der wie oben vermerkt dem Soll-Füllstand entspricht, wird dann durch Schliessen der Schaltereinheit 29 der P-Kanal 28 der Regelung zugeschaltet. Nunmehr wird die Stopfenstellung einer klassischen I-P Regelung unterworfen, bei der der vom Verstärker 14 abgegebene Istwert mit einem vom Potentiometer 30 festgelegten Sollwert verglichen wird und die Stopfenstellung bei Abweichung verändert wird. Erfahrungsgemäss bringt ein verfrühtes hinzuziehen des P-Zweiges heftige Schwankungen in der Metallmengen-zufuhr sowie ein vergrössertes Stahl-Ueberlaufisiko mit sich. Auf keinen Fall darf der P-Regler vor dem I-Regler eingeschaltet werden.

Anstatt wie vorhin beschrieben, den Oeffnungsgrad des Ausflusses sofort in Nähe des normalen Giess-Oeffnungsgrades zu bringen, kann es zwecks unverzüglicher Zufuhr einer grossen Wärmemenge beim Start von Vorteil sein, zuerst einen grösseren Schluck Metall in die

Kokille einlaufen zu lassen und dann den Oeffnungsgrad des Ausflusses in Nähe des normalen Giess-Oeffnungsgrades zurückzunehmen. Zu diesem Zweck werden statt eines Potentiometers 20 deren zwei verwendet (siehe Bezugszeichen 120 und 220 auf Fig. 3, welche den
5 oberen Teil, mit Aenderungen, des Blockschaltbildes nach Fig. 2 zeigt), wobei mit dem Potentiometer 220 der dem grossen Schluck Metall entsprechende Oeffnungsgrad und mit dem Potentiometer 120 wie in Verband mit Fig. 2 beschrieben, die mittlere Stopfenstellung W_c beim Giessen eingestellt wird. Weitere auf Fig. 3 dargestellte Bau-
10 teile entsprechen denen der Fig. 2, wobei bei gleichen Teilen das Bezugszeichen um hundert erhöht wurde.

Vor Giessbeginn ist der Schalter 221 geschlossen; der Schalter 222 ist somit geöffnet. Beim Angiessen wird der Schalter 123 geschlossen
15 (Zeitpunkt t_0 - siehe Fig. 4) und der Stopfen 6 bewegt sich von der Null-Stellung W_0 bis zu dem vom Potentiometer vorgegebenen Maximalwert W_M . Nach ca. 1 Sekunde (Zeitpunkt t_1) wird der Schalter 123 geöffnet (Schalter 122 wird geschlossen) und der Stopfen bewegt sich zurück in seine neue, von erhärtetem Metall bedingte Null-Stellung
20 W_0 . Etwa gleichzeitig mit dem Schalter 123 werden die Schalter 221 und 222 umgeschaltet, so dass nunmehr der im Potentiometer 120 eingestellte Sollwert die Stellung des Stopfens steuert sobald der Schalter 123 (Zeitpunkt t_3) wieder geschlossen wird. Die Wartezeit t_2 bis t_3 hängt von der Verteilerart, vom Ueberhitzungsgrad der
25 Schmelze, von der Stahlgüte usw. ab und beträgt zwischen 0 und ca. 15 Sekunden. Es hat sich, auch wenn eine Pause nicht erforderlich ist, als vorteilhaft erwiesen, die Bodenausflussöffnung kurzzeitig ganz zu schliessen, um beim anschliessenden Verfahrensschritt, mittels des Kondensators 118, die augenblickliche Null-Stellung des
30 Stopfens W_0 berücksichtigen zu können. Ab Zeitpunkt t_3 wird wie oben angegeben verfahren d.h. der Stopfen bewegt sich in eine Stellung W_c , welche von der am Potentiometer 120 abgegriffenen Spannung sowie der Ladung des Kondensators 138 abhängt. Bei dem Zeitpunkt t_5 ist ca. 20 % des Füllstandes erreicht, die
35 Abzugsmaschine wird gestartet; bei 30 % des Füllstandes übernimmt der I-Regler die Steuerung usw.

Wichtig ist, während des Angiessens das Verschlussorgan in eine Stellung zu fahren, in der ein Schliessen der Giessöffnung noch gegeben ist, wenn die Messvorrichtung erste brauchbare Werte abgibt und dann den Oeffnungsgrad in Abhängigkeit von der Giessgeschwindigkeit zu verändern. Ein möglichst schnelles Hochlaufen des Stranges auf Soll-Geschwindigkeit ist erwünscht und hat sich bei dem erfindungsgemässen Steuer-Verfahren als vorteilhaft erwiesen.

Obwohl das Verfahren mittels analogen Schaltungen näher erläutert wurde, besteht natürlich auch die Möglichkeit, die automatische Steuerung und Regelung in digitaler Technik auszuführen, wobei hier jedoch auf genügend kurze Zykluszeiten zu achten ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Steuerung des Anfahrbetriebes einer Metall-Stranggiessanlage welche im wesentlichen aus einer wasser-
5 gekühlten Kokille (1), die von einem mit einer regelbaren Bodenausflussöffnung versehenen Gefäss (4) mit Schmelze (3) versorgt wird, sowie einer Abzugsmaschine für den sich verfestigenden Strang besteht, wobei die Kokille mit einer Vorrichtung (12, 13) zur Messung des Füllstandes versehen ist, dadurch gekennzeichnet,
10 dass zumindest kurz vor dem Ansprechen der Füllstandsmessvorrichtung der Oeffnungsgrad des Ausflusses (5) in Nähe des normalen Giess-Oeffnungsgrades gebracht wird und, dass nach Erhalt eines eindeutigen verwertbaren Signales von der Füllstandsmessvorrichtung, oder beim Erreichen einer ersten vorbestimmten Füllstandshöhe,
15 die Abzugsmaschine eingeschaltet wird und die Geschwindigkeit der Rollen zur Bestimmung des Oeffnungsgrades des Ausflusses hinzugezogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man von
20 Giessbeginn bis zum Erhalt eines eindeutigen verwertbaren Signales von der Füllstandsmessvorrichtung, oder bis zu einer ersten vorbestimmten Füllstandshöhe, den Oeffnungsgrad des Ausflusses in Nähe des normalen Giess-Oeffnungsgrades lässt.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man beim Giessbeginn einen grösseren Schluck Metall in die Kokille einlaufen lässt, wobei der Oeffnungsgrad des Ausflusses grösser ist als der normale Oeffnungsgrad beim Giessen.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass besagter Oeffnungsgrad des Ausflusses mindestens doppelt so gross ist als der normale Oeffnungsgrad beim Giessen.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet,
35 dass man anschliessend die Bodenausflussöffnung zumindest kurzzeitig schliesst, bevor der Oeffnungsgrad in Nähe des normalen Giessöffnungsgrades gebracht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man die
Geschwindigkeit der Abzugsrollen mittels eines Tachometers (18)
misst, das abgegebene Signal normiert, dann mit dem den normalen
Giess-Oeffnungsgrad bestimmenden Signal multipliziert und mit dem
5 so erhaltenen Signal den Oeffnungsgrad des Ausflusses steuert.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man nach
der Anlaufphase der Abzugsmaschine oder nach Erreichen einer
zweiten vorbestimmten Füllstandshöhe, welche über obiger erster
10 Füllstandshöhe liegt, auf alleinige I-Regelung des Oeffnungs-
grades des Ausflusses übergeht.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass man nach
Erreichen einer dritten vorbestimmten Füllstandshöhe, welche etwa
15 mit der normalen Soll-Füllstandshöhe übereinstimmt, auf eine I-P-
Regelung des Oeffnungsgrades übergeht.

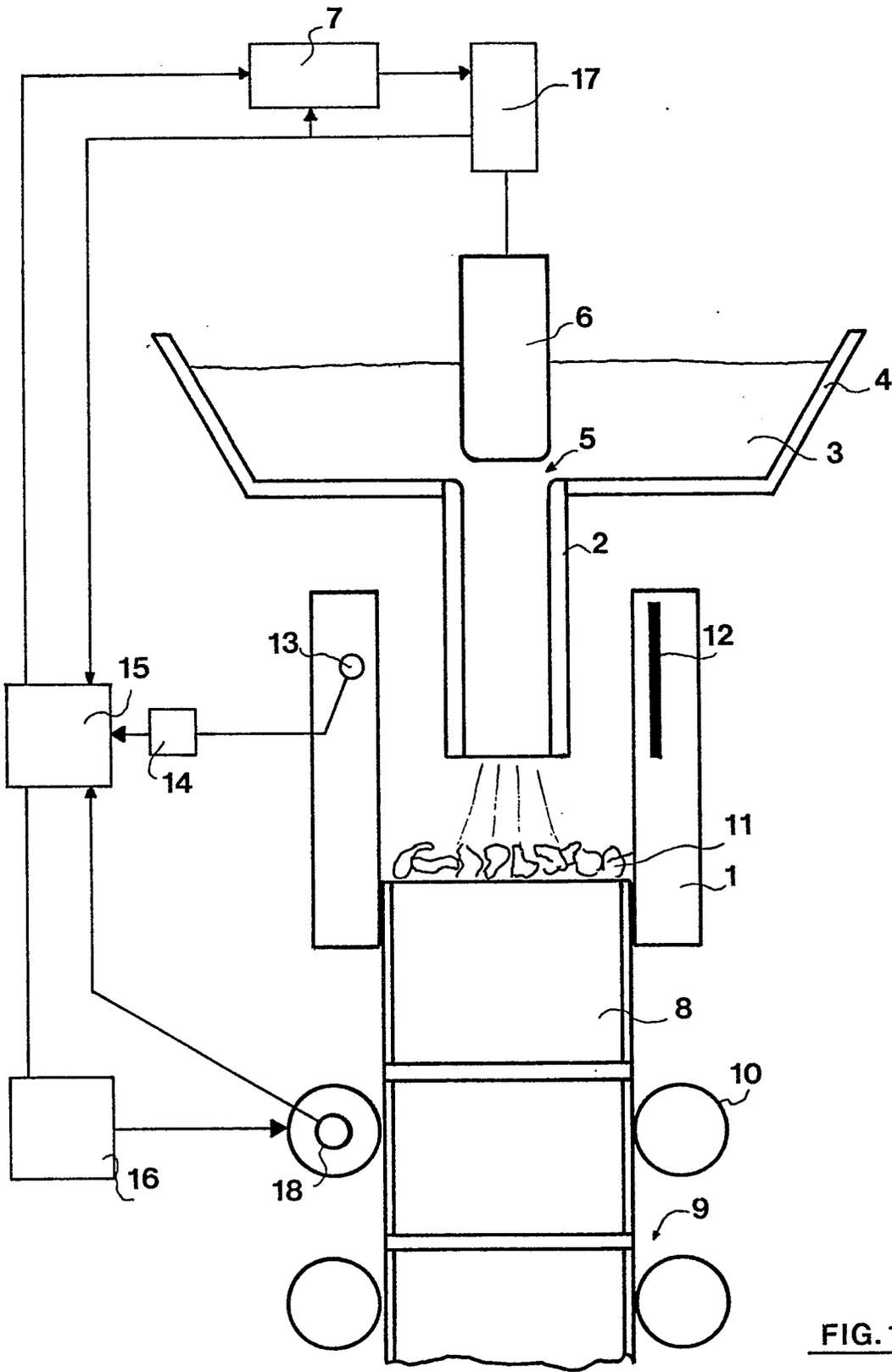


FIG. 1

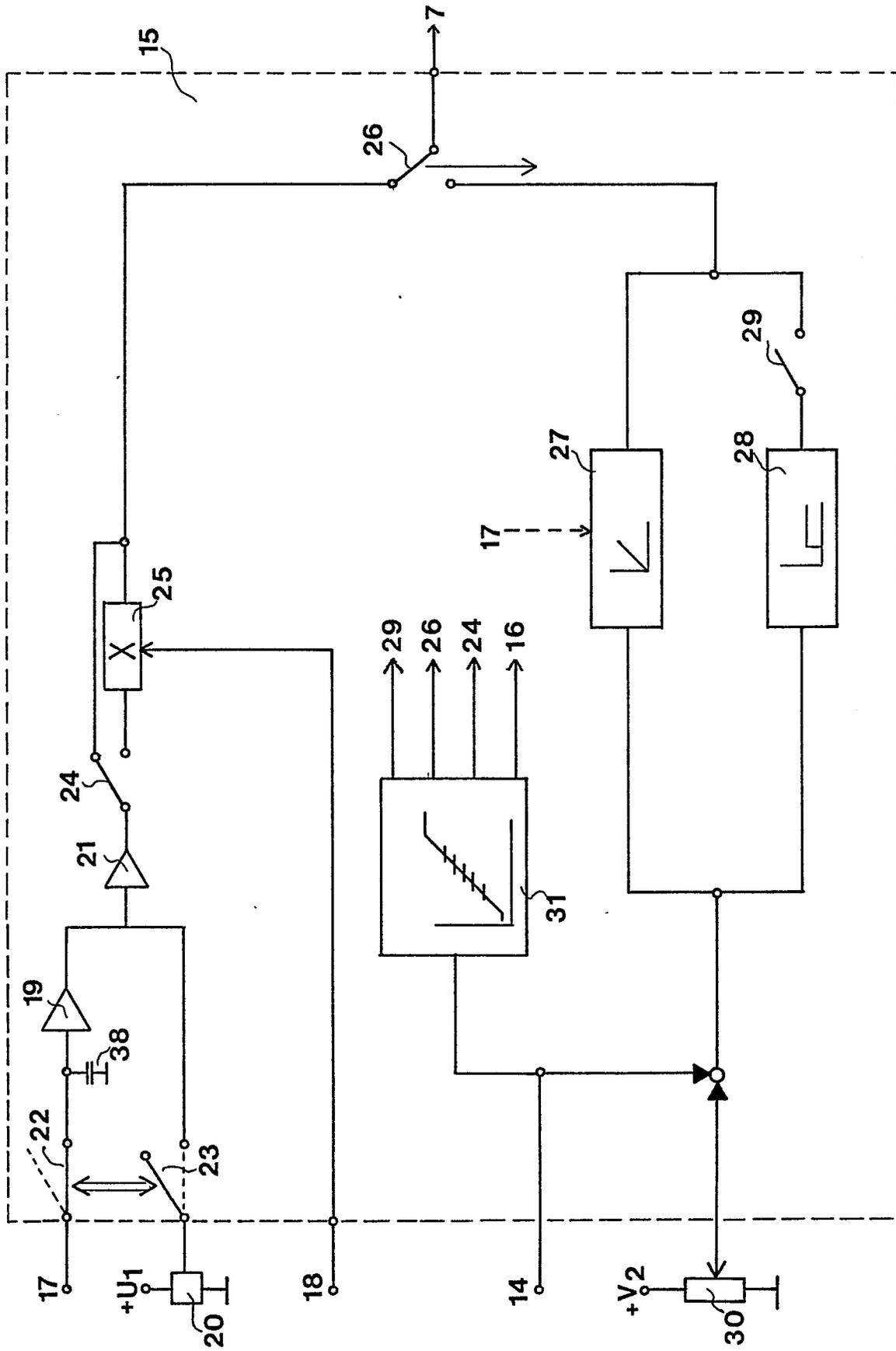


FIG.2

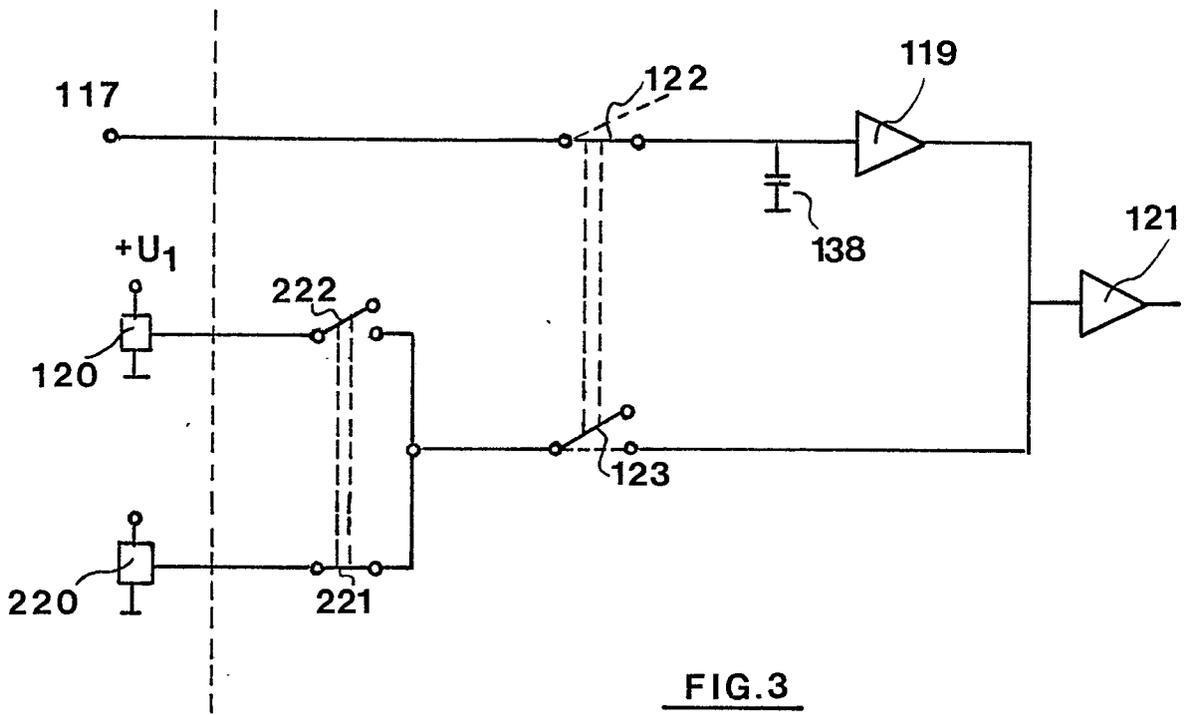


FIG.3

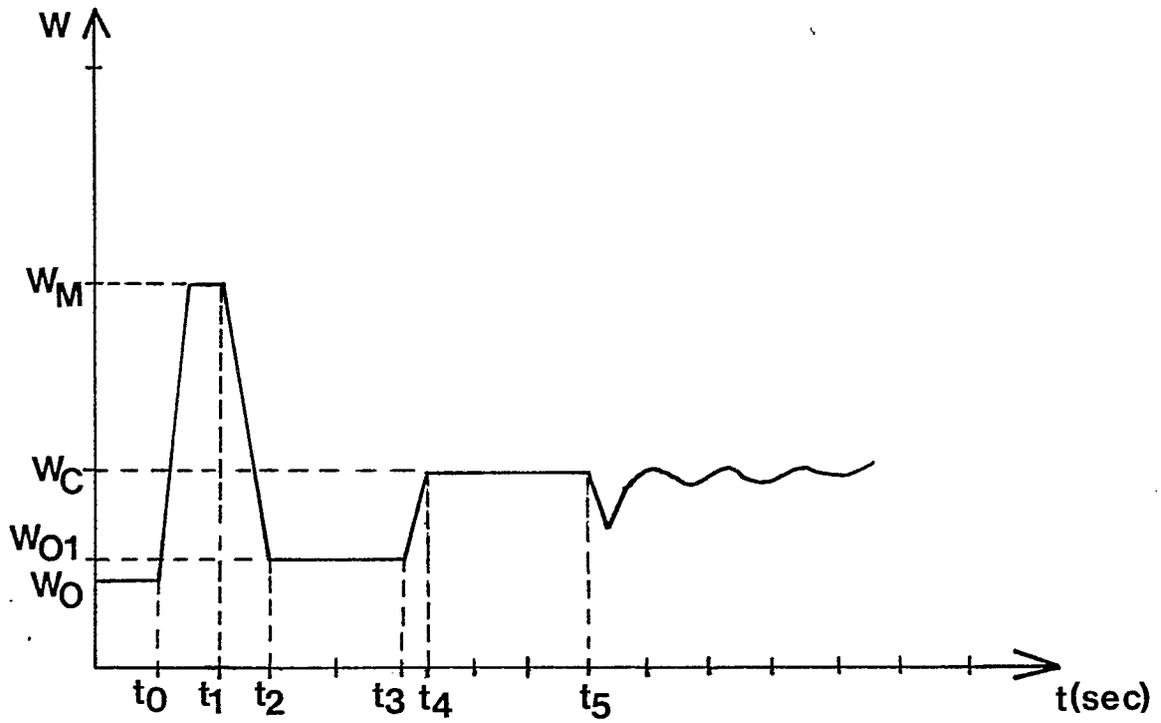


FIG.4