



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

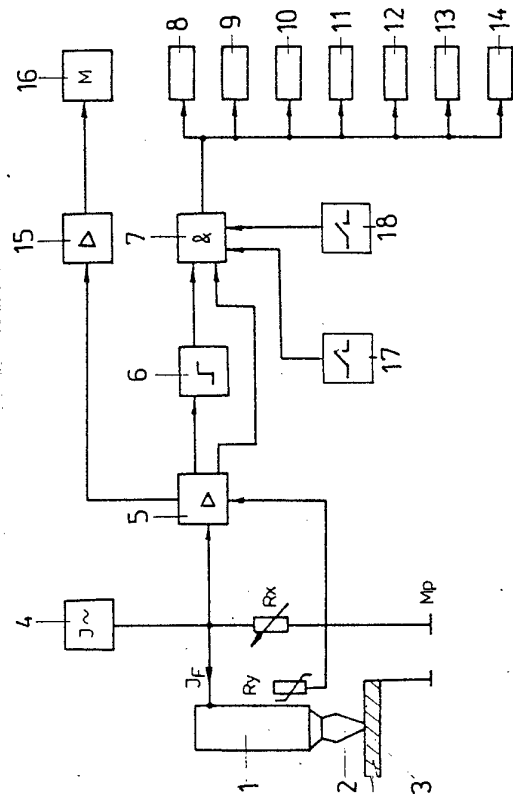
(19) DD (11) 249 598 A3

4(51) B 23 K 7/10

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21)	WP B 23 K / 274 193 6	(22)	18.03.85	(45)	16.09.87
(71)	Zentralinstitut für Schweißtechnik der DDR, Leit.-BfN „Schweißtechnik“, 4030 Halle, Köthener Straße 33a, DD				
(72)	Telzer, Hans-Joachim; Schauder, Volker, Dipl.-Ing.; Fröhlich, Hans, Dipl.-Ing.; Roloff, Hans-Joachim; Eger, Anando, DD				
(54)	Verfahren und Anordnung zur Prozeßkontrolle beim thermischen Trennen				

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und Anordnung zur Prozeßkontrolle beim thermischen Trennen unter Ausnutzung der elektrischen Leitfähigkeit des Gasplasmas zwischen Brenner und Werkstück. Ziel ist, das thermische Trennen durch eine bessere Überwachung und Steuerung effektiver zu gestalten. Aufgabengemäß soll direkt auf den thermischen Trennprozeß eingewirkt, prozeßspezifische Zustände erfaßt und steuerungstechnisch ausgenutzt werden. Kennzeichnend für die Erfindung ist, daß durch die Brennerflamme ein elektrischer Wechselstrom mit einer Frequenz um 1 kHz konstanter Amplitude sowohl in der positiven als auch in der negativen Halbwelle unterhalb der Sättigungsstromstärke beider Halbwellen im Gasplasma erfaßt und gespeichert und mit Vorgabewerten und untereinander verglichen werden, die Vergleichsresultate untereinander und mit den Prozeßgrößen Schnittgeschwindigkeit, Schneidsauerstoffdruck und Brennertemperatur logisch verknüpft und zur Steuerung von Prozeßabläufen ausgewertet werden. Figur



Patentansprüche:

1. Verfahren zur Prozeßkontrolle beim thermischen Trennen unter Ausnutzung der elektrischen Leitfähigkeit des Gasplasmas zwischen Brenner und Werkstück, **gekennzeichnet dadurch**, daß durch die Brennerflamme ein elektrischer Wechselstrom mit einer Frequenz um 1 kHz konstanter Amplitude sowohl in der positiven als auch in der negativen Halbwelle unterhalb der Sättigungsstromstärke des Gasplasmas geleitet wird und die Spannungsabfälle beider Halbwellen im Gasplasma erfaßt und gespeichert und mit Vorgabewerten und untereinander verglichen werden, die Vergleichsresultate untereinander und mit den Prozeßgrößen Schnittgeschwindigkeit, Schneidsauerstoffdruck und Brennertemperatur logisch verknüpft und zur Steuerung von Prozeßabläufen ausgewertet werden.
2. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß eine Stromquelle (4), ausgelegt für einen konstanten Wechselstrom um 1 kHz, sowie ein mit einem Anschluß auf Werkstückpotential (M_p) liegender Abgleichwiderstand (R_x) an den Brenner (1) angeschlossen sind und zusammen mit einem mit dem Brenner (1) in thermischen Kontakt liegenden Widerstand (R_y) mit einem von diesen Bauelementen galvanisch getrennten Trennverstärker (5) verbunden sind, der eine Einrichtung zur Spitzenwertgleichrichtung der positiven und negativen Meßspannungshalbwelle sowie einen Anstiegsdetektor für die Temperaturmeßspannung enthält, daß die Ausgänge des Trennverstärkers (5) mit einem Antriebsregler (15) für ein Motorventil (16) für Heizsauerstoff, einem Komparator (6) und einem Logikbaustein (7) verbunden sind, an dessen Eingängen der Trennverstärker (5) und den Zustand des Maschinenvorschubs und des Schneidsauerstoffdruckes darstellende Schaltglieder (17; 18) gelegt sind und daß die Ausgänge des Logikbausteines (7) mit Schaltgliedern der Prozeßzustände verknüpft sind.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und Anordnung zur Prozeßkontrolle beim thermischen Trennen unter Ausnutzung der elektrischen Leitfähigkeit des Gasplasmas zwischen Brenner und Werkstück.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es ist bekannt, daß die elektrische Leitfähigkeit des Lichtbogens zwischen Maschinenschneidbrenner und Werkstück gemessen wird (US-PS 2364645).

Die elektrische Leitfähigkeit hängt jedoch weitestgehend von dem Mischungsverhältnis der zugeführten Gase, der Höhe des Brenners zum Werkstück sowie der Oberflächentemperatur des Werkstückes ab. Es ist sehr schwierig, jeweils zwei Faktoren konstant zu halten, um auf diesem Weg den dritten Faktor ableiten zu können. Diese Voraussetzung ist in der Praxis kaum oder aber unter einem großen zusätzlichen Schaltungsaufwand nur teilweise zu erfüllen. Des weiteren treten bereits durch Verschiebung des in jeder industriellen Anlage vorhandenen und sich sporadisch verändernden Massepotentials Leitfähigkeitsunterschiede auf, die sich nachteilig auf die Auswertung des gewünschten Regelfaktors auswirken. In ähnlicher Weise arbeitet ein Verfahren, in DD-PS 141 637 beschrieben, welches ebenfalls die Leitfähigkeit der Flamme zur Höhenregelung des Maschinenschneidbrenners ausnutzt, wobei eine Störgröße, das nicht konstante Erdpotential, auf die Regelstrecke einwirkt und somit dieses Verfahren sehr störanfällig macht. Diese Methoden der Auswertung von Leitfähigkeitsänderungen für eine Höhenregulierung des Schneidbrenners haben sich, bedingt durch die nicht vom Prozeß ausgefilterten Störgrößen, nicht durchsetzen können.

Des weiteren ist bekannt, daß als Meßgröße das zwischen Düse und Werkstück auftretende elektrische Potential verwendet wird, um eine Aussage zwischen Schnitt und Fehlschnitt treffen zu können. Dieser Spannungsunterschied, der durch den sogenannten Klein-Effekt hervorgerufen wird, soll im wesentlichen unabhängig von der Gaszusammensetzung und dem Abstand der Düse zum Werkstück sein (DE-AS 1962 170). Diese Spannung, die einer inneren Spannung einer Spannungsquelle (EMK) gleichkommt, ist im starken Maße abhängig von den vorhandenen elektrischen Nebenwiderständen, da diese nur eine sehr geringe elektrische Leistung zur Verfügung stellt. Potentialschwankungen des vorhandenen Massepotentials wirken sich ebenfalls nachteilig auf die Auswertung des nach dem Klein-Effekt arbeitenden Verfahrens aus.

Des weiteren ist bekannt, daß zwischen der Düse und dem Werkstück eine Sinuswechelspannungsquelle angeschlossen wird, die eine Abweichung der Kennlinie des durch die Flamme fließenden Stromes von einer Bezugskennlinie registriert. Mit dieser Methode soll eine Aussage zwischen Schnitt und Fehlschnitt getroffen werden (DE-OS 1954030). Der große Nachteil dieser Auswertungsmethode liegt begründet in der Sinuswechelspannungsquelle, die sich nicht den jeweilig vorhandenen Ladungsträgern im Gasplasma angleichen kann. Das bedeutet, daß bei einer Veränderung des Flammenbildes bzw. der Gaszusammensetzung sich der Meßstrom durch das Gasplasma ändert und demzufolge auch zu Fehlmeldungen führt.

Es ist weiterhin bekannt, daß die Leitfähigkeit des Gasplasmas zur automatischen Einleitung von Folgeprozessen ausgenutzt werden kann (DD-PS 14 93 25). Bei diesem Verfahren geht man von optimalen, sich während des Meßvorganges nicht ändernden Prozeßbedingungen aus, die in der Praxis nicht erreichbar sind. Druckschwankungen in der Azetylenleitung machen sich so negativ bemerkbar, daß hier schon Folgeprozesse eingeleitet werden können, ohne daß das Zwischenminimum schon erreicht worden ist.

Ziel der Erfindung

Es ist Ziel der Erfindung, das thermische Trennen durch eine bessere Überwachung und Steuerung effektiver zu gestalten und den Anteil an menschlichem Arbeitsaufwand dabei drastisch zu reduzieren.

Das Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, direkt auf den thermischen Trennprozeß einzuwirken, prozeßspezifische Zustände zu erfassen und sie steuerungstechnisch auszunutzen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren gelöst, bei dem durch die Brennerflamme ein elektrischer Wechselstrom mit einer Frequenz um 1 kHz konstanter Amplitude, sowohl in der positiven als auch in der negativen Halbwelle unterhalb der Sättigungsstromstärke des Gasplasmas geleitet wird und die Spannungsabfälle beider Halbwellen im Gasplasma erfaßt und gespeichert und mit Vorgabewerten und untereinander verglichen werden, die Vergleichsresultate untereinander und mit den Prozeßgrößen Schnittgeschwindigkeit, Schneidsauerstoffdruck und Brenntemperatur logisch verknüpft und zur Steuerung von Prozeßabläufen ausgewertet werden.

Erfindungsgemäß wird nach einem Merkmal der Erfindung zuerst die Temperatur des Schneidbrenners erfaßt und mit einem Schwellwert verglichen und bei Überschreiten des Schwellwertes als „Brennerüberhitzung“ (Ü) definiert und zumindest mit Heiszsauerstoffregulierung „aus“ ausgewertet, daß danach beim Stromdurchlauf der negativen Halbwelle der Spannungsabfall durch das Gasplasma gemessen wird, daß dieser Spannungsabfall im Vergleich zu zwei Schwellwerten R3 und R4 ausgewertet wird, derart, daß bei zu geringem Spannungsabfall R3 die Heiszsauerstoffmenge O_2 verkleinert, bei zu großem Spannungsabfall R4 die Heiszsauerstoffmenge O_2 vergrößert wird, bis der gemessene Spannungsabfall dem Sollwert der Heizflamme (R3:R4) optimal (OF) entspricht, daß darauf beim Stromdurchlauf der positiven Halbwelle ebenfalls der Spannungsabfall durch das Gasplasma gemessen wird und mit mehreren definierten, voreingestellten Schwellwerten verglichen wird, derart, daß eine erster Schwellwert (R7) einem elektrischen Widerstand — 500 entspricht, der als Zustand „Kurzschluß Brenner-Werkstück“ (KS) definiert und mit „Brennschneidmaschine Stop“ und/oder „Brenner nach oben“ ausgewertet wird, daß ein zweiter Schwellwert einem elektrischen Widerstand zwischen 10 und 90% eines festgelegten maximalen Widerstandes des Gasplasmas entspricht, der beim Überschreiten als „Flamme aus“ (FL) definiert ist und mit zumindest „Brennschneidmaschine Stop“ ausgewertet wird, daß ein dritter Schwellwert einer Spannung entspricht, die gebildet wird durch den Vergleich der Beiträge der Spannungsamplituden beim Durchlaufen zweier aufeinanderfolgender Halbwellen und wobei der Betrag der Spannungsamplitude der positiven Halbwelle 10% größer ist als die Spannungsamplitude der negativen Halbwelle und als „Schnittkante erreicht“ (Ka) definiert und mit „Brennschneidmaschine Stop“ ausgewertet wird, daß ein vierter Schwellwert als minimaler Widerstand des Gasplasmas festgelegt im Ladungsträgerminimum als „Vorwärmtemperatur erreicht“ definiert und mit „Schneidsauerstoff ein, Vorschub ein“ ausgewertet wird, daß ein fünfter Schwellwert (R1) im linearen Teil der positiven Widerstandskennlinie des Gasplasmas unterhalb 90% des Sättigungsstromes als Zustand „Schnitt“ (SCH) signalisiert und mit „Trennprozeß optimal“ ausgewertet wird, daß ein sechster Schwellwert (R2) in Relation zur festgelegten Widerstandskennlinie des Gasplasmas festgelegt wird durch Erreichen des Sättigungszustandes, der als „Fehlschnitt“ (FSCH) definiert und mit zumindest „Fehlerhafter Brennschnitt“ ausgewertet wird.

Das vorgenannte erfindungsgemäße Verfahren ist weiterhin ebenfalls erfindungsgemäß so gestaltet, daß die Prozeßgrößen Schnittgeschwindigkeit (V), Schneidsauerstoffdruck (S) und Brenntemperatur (Ü) mit den Prozeßzuständen

- Kurzschluß Brenner-Werkstück (KS)
- Flamme aus (FL)
- Schnittkante erreicht (KA)
- Schnitt (SCH)
- Fehlschnitt (FSCH)
 - zu wenig O_2 ($O_2 \uparrow$)
 - zuviel O_2 ($O_2 \downarrow$)
 - optimale Heizflamme (OF)

und den Schwellwerten

- R1 (Schnitt = Trennprozeß optimal)
 - R2 (Fehlschnitt)
 - R3 (Heiszsauerstoffüberschuß)
 - R4 (Heiszsauerstoffmangel)
- verknüpft werden.

Ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen, kann das Verfahren auch so gestaltet sein, daß nur eine oder wenige ausgewählte Prozeßzustandsgrößen überwacht, verknüpft bzw. gesteuert werden.

Zur Durchführung des Verfahrens dient eine Anordnung, die dadurch gekennzeichnet ist, daß eine Stromquelle, ausgelegt für einen konstanten Wechselstrom um 1 kHz sowie eine mit einem Anschluß auf Werkstückpotential liegender Abgleichwiderstand an den Brenner angeschlossen sind und zusammen mit einem mit dem Brenner in thermischen Kontakt liegenden Widerstand mit einem von diesen Bauelementen galvanisch getrennten Trennverstärker verbunden sind, der eine Einrichtung zur Spitzenwertgleichrichtung der positiven und negativen Meßspannungshalbwelle sowie einen Anstiegsdefektor für die Temperaturmeßspannung enthält, daß die Ausgänge des Trennverstärkers mit einem Antriebsregler für ein Motorventil für Heiszsauerstoff, einem Komparator und einem Logikbauelement verbunden sind, an dessen Eingängen der Trennverstärker und den

Zustand des Maschinenvorschubs und des Schneidsauerstoffdruckes darstellende Schaltglieder gelegt sind und daß die Ausgänge des Logikbausteines mit Schaltgliedern der Prozeßzustände verknüpft sind.

Nach einem Merkmal der Anordnung kann für die Steuerung nur einer oder weniger ausgewählte Prozeßzustandsgrößen in entsprechend reduziertem Aufwand ausgeführt sein. Die besonderen Wirkungen und Vorteile der Erfindung beruhen auf der Erkenntnis, daß bei der thermischen Bearbeitung von elektrisch leitenden Stoffen durch die Anwendung einer Stromquelle definierter Stärke im Zusammenwirken mit einem relativ niedrigen aber nahezu konstanten Nebenwiderstand des Brenners gegenüber Massepotential eine störsichere Bestimmung der Zahl, Art und Bewegungsrichtung der im Gasplasma der Brennerflamme vorhandenen Ladungsträgeranzahl mit Hilfe besonderer Maßnahmen möglich ist. Eine Trennung der Prozeßinformationen aus der Leitfähigkeit des Gasplasmas über Schnitt oder Fehlschnitt erfolgt am sichersten, wenn man die Größe des Meßstromes so wählt, daß man sich beim Schnitt im linearen Teil der Widerstandskennlinie des Gasplasmas, die hierbei relativ viel Ladungsträger enthält, befindet und beim Fehlschnitt im Sättigungsbereich der entsprechenden Kennlinie, da während dieser Phase wesentlich weniger Ladungsträger im Gasplasma enthalten sind. In überraschender Weise wurde nun festgestellt, daß durch getrennte unmittelbar aufeinanderfolgende, also quasi gleichzeitige Erfassung der Leitwerte des Gasplasmas in positiver und negativer Stromflußrichtung und deren Verknüpfung mit weiteren Zustandssignalen möglich ist, ein Maximum an Informationen aus der Leitfähigkeitsänderung des Gasplasmas zu gewinnen sind.

Wesentlich für die Erfindung ist die neue Erkenntnis, daß die Leitfähigkeit des Gasplasmas bei negativ gepoltem Schneidbrenner und bei konstantem Abstand Schneidbrenner-Werkstück nur noch von der Zusammensetzung des Heizgasgemisches abhängt. Damit ist eine Regelung dieser Prozeßgröße möglich, wodurch deren negativer Einfluß auf die Leitfähigkeit des Gasplasmas bei positiver Stromflußrichtung Schneidbrenner-Werkstück verhindert wird.

Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Lösung kann auf relativ einfache Art und Weise der Brennschneidprozeß nahezu vollständig überwacht und gesteuert werden, was neue Möglichkeiten für die Einführung von Schneidautomaten und -robotern eröffnet.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel und der dazugehörigen Zeichnung näher erläutert werden, welche die Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt.

Zwischen dem Brenner 1 und dem Werkstück 3 befindet sich das Gasplasma 2 der Brennerflamme. Am Brenner 1 sind elektrisch leitend angeschlossen:

- der Widerstand Rx
- die Stromquelle 4
- der Trennverstärker 5

Das Werkstück 3 und der Widerstand Rx sind am gleichen Bezugspotential M_p angeschlossen, geerdet. Am Trennverstärker 5 sind der als Temperaturfühler veränderliche Widerstand R_y , der thermischen Kontakt zum Brenner 1 hat, der Komparator 6, der Logikbaustein 7 und der Antriebsregler 15 angeschlossen. Der Komparator 6 ist gleichermaßen mit dem Logikbaustein 7 verbunden. Der Logikbaustein 7 ist über entsprechende gesonderte Schaltungsausgänge, die nicht einzeln dargestellt sind, mit den Relais 8–14 sowie mit den Schaltgliedern 17 und 18, die den Ein- oder Auszustand des Maschinenvorschubs (Schnittgeschwindigkeit V) bzw. des Schneidsauerstoffdruckes S wiedergeben, verbunden.

Die Leitfähigkeit im Gasplasma 2 ruft einen sich ändernden Spannungsabfall über der Flamme hervor. Zwischen Werkstück 3 und Brenner 1 wird eine Potentialverschiebung im Vergleich zum Bezugspotential M_p hervorgerufen. Der Widerstand Rx dient zum Abgleich des Systems auf einen definierten, dem Gasplasma 2 parallelliegenden Widerstand, da die Widerstände der nicht dargestellten Gasschläuche zum Brenner 1 von Einsatzfall zu Einsatzfall verschieden sein können. Die gesteuerte Stromquelle 4 stellt einen Wechselstrom konstanter Größe mit einer Frequenz um 1 kHz bereit. Da die Last der Stromquelle 4 einseitig nicht auf Bezugspotential M_p liegt, ist die Stromversorgung dieser Baugruppe zu den anderen Baugruppen galvanisch getrennt. Das am Brenner 1 anliegende Meßpotential wird dem Trennverstärker 5 zugeführt. In diesem erfolgt neben der Signalverstärkung eine Spitzenwertgleichrichtung der positiven und negativen Meßspannungshalbwelle. Mit der Unterscheidung, ob der Gleichanteil der Meßspannung positiv oder negativ ist, wird ein Signal Kante (Ka) erzeugt, welches in der Logikbaugruppe 7 mit den Schaltzuständen der Schnittgeschwindigkeit V und Schneidsauerstoffdruck 8 verknüpft und zur Ausgabe an das Steuerrelais 8 gelangt und damit das Schaltsignal „Kante erreicht“ (Ka) bereitstellt. Des Weiteren ist im Trennverstärker 5 ein Anstiegsdetektor enthalten. Seine Ausgangsspannung wird positiv, wenn die bereitgestellte Meßspannung steigt und wird negativ, wenn sie sinkt. Dieses Signal wird im Logikbaustein 7 verknüpft und zum Start der Folgeprozesse „Schneidsauerstoffdruck — EIN“, „Schnittgeschwindigkeit — EIN“ über das Relais 9 realisiert. Das über den Trennverstärker 5 entkoppelte Meßsignal wird nachfolgend in den Komparator 6 eingespeist. Hier werden die zu vergleichenden Eingangsmessgrößen mit voreingestellten, aus dem Trennprozeß abgeleiteten Spannungswerten verglichen. Die jeweiligen Schaltspannungen werden dann in dem Logikbaustein 7 verarbeitet und steuern die Relais 10–14 mit folgender Zuordnung:

- Relais 10 = Schnitt
- Relais 11 = Fehlschnitt
- Relais 12 = Flamme aus
- Relais 13 = Kurzschluß
- Relais 14 = optimale Heizflamme

Für den Logikbaustein 7 gelten folgende Verknüpfungen:

Flamme vorhanden:	$FL = FL$
Brennerüberhitzung:	$\bar{U} = \bar{U}$
Kurzschluß:	$KS = KS$
Kante:	$KA = S \cdot \bar{K} \bar{a}$
Schnitt:	$SCH = R2 \cdot V \cdot S \cdot R1$
Fehlschnitt:	$FSCH = V \cdot S \cdot R2 \cdot \bar{K} \bar{a}$
zu wenig Sauerstoff:	$O_2 \uparrow = R3 \cdot \bar{U}$
optimale Heizflamme:	$OF = R3 \cdot \bar{R}4 \cdot \bar{U}$
zuviel Sauerstoff:	$O_2 \downarrow = R3 \cdot R4 \cdot \bar{U}$

wobei folgende Zuordnungen vereinbart sind

Vorschub eingeschaltet = V

Schneid-O₂ ein = S

Brennerüberhitzung = Ü

R_{FL+} größer R_{FL-} = Ka

Die Signale

R_{FL-} kleiner Schwellwert 5 = KS

R_{FL-} größer Schwellwert 3 = R 3

R_{FL-} kleiner Schwellwert 4 = R 4

R_{FL+} kleiner Schwellwert 2 = R 2

R_{FL+} größer Schwellwert 1 = R 1

R_{FL+} kleiner Schwellwert 6 = FL

werden vom Komparator 6 bereitgestellt.

Die Widerstandsänderung des Gasplasmas 2 bei Stromfluß entgegen der Gasbewegungsrichtung R_{FL-} ist weitestgehend von der Gaszusammensetzung abhängig. Dieses am Trennverstärker 5 anliegende Signal wird im Antriebsregler 15 verstärkt und anschließend dem Motorventil 16 zugeführt. Mit dem temperaturabhängigen Widerstand R_y wird die Temperatur des Schneidbrenners erfaßt und im Trennverstärker 5 mit einem definierten Signal verglichen. Steigt die zu messende Größe über dieses vorgegebene Maß, wird der Signalweg zum Antriebsregler 15 unterbrochen.

