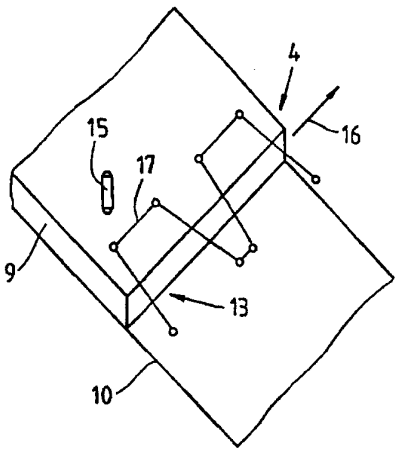
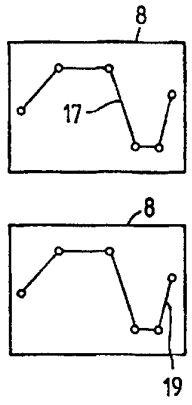


PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : B23K 9/127	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/02484 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 26. Januar 1995 (26.01.95)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP94/02333 (22) Internationales Anmeldedatum: 15. Juli 1994 (15.07.94) (30) Prioritätsdaten: P 43 23 924.2 16. Juli 1993 (16.07.93) DE (71) Anmelder: KUKA SCHWEISSANLAGEN + ROBOTER GMBH [DE/DE]; Blücherstrasse 144, D-86165 Augsburg (DE). (72) Erfinder: RIPPL, Peter; Friedrich-Deffner-Strasse 19b, D-86163 Augsburg (DE). STADLER, Josef; Schlössleweg 6, D-86316 Wulfertshausen (DE). KAIMER, Horst; Pfarrstrasse 6, D-89346 Bibertal (DE). SAUER, Miroslav; Egerstrasse 4b, D-86356 Neusäß (DE). MÜHLBERGER, Dieter; Zugspitzstrasse 66, D-86163 Augsburg (DE). (74) Anwälte: ERNICKE, Hans-Dieter usw.; Schwibbogenplatz 2b, D-86153 Augsburg (DE). (81) Bestimmungsstaaten: europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>		
(54) Title: WELDING METHOD (54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM SCHWEISSEN  		
(57) Abstract The invention concerns a welding method, in particular an inert-gas-shielded arc-welding method, using a welding tool (3) which is moved by means of a manipulator (1) along a predetermined path. The location and/or time at which the heat energy is supplied to the welding area (13) is changed to suit the material and/or shape of the workpiece (4). This is preferably done by causing the welding tool (3) to execute a suitable periodic motion and/or by causing the process parameters to change periodically. In particular, the periodic changes in the process parameters are synchronized with at least one periodic welding-tool motion.		

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schweißen, insbesondere zum Lichtbogen-Schutzgasschweißen, mit einem Schweißwerkzeug (3), das von einem Manipulator (1) entlang einer vorgegebenen Bahn geführt wird. Die an der Schweißstelle (13) eingebrachte Wärmeenergie wird in Anpassung an das Material und/oder die Geometrie des Werkstücks (4) örtlich und/oder zeitlich verändert. Dies geschieht vorzugsweise durch eine entsprechende mechanische Pendelbewegung des Schweißwerkzeugs (3) und/oder ein Pendeln der Prozeßparameter. Insbesondere wird das Pendeln der Prozeßparameter mit mindestens einer mechanischen Pendelbewegung synchronisiert.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

B E S C H R E I B U N G

Verfahren zum Schweißen

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schweißen, insbesondere zum Lichtbogen-Schutzgasschweißen, mit den Merkmalen im Oberbegriff des Hauptanspruchs. Beim mechanisierten und automatischen Schweißen wird das Schweißwerkzeug von einem Manipulator entlang einer
- 10 vorgegebenen Bahn geführt. Beim Schutzgasschweißen (MIG/MAG) kommt je nach Werkstoff, Blechdicke und Schweißaufgabe der Kurz-, Sprüh- oder Pulslichtbogen unter Verwendung von Inert- oder Mischgasen zur Anwendung. Beispielsweise wird beim Einsatz von Kohlendioxid mit
- 15 Kurz- oder Langlichtbogen geschweißt. Die Prozeßparameter und damit die Lichtbogenart bleibt über die gesamte Schweißnahtlänge konstant. Im Dünnblechbereich und bei Wurzelschweißungen im Dickblechbereich sowie bei spaltbehafteten Bauteilen muß im unteren Parameterfeld mit
- 20 Kurzlichtbogen geschweißt werden. Bei Nichteisenmetallen wie Aluminium wird mit transistorisierten Stromquellen unter Verwendung inerter Gase im Pulslichtbogenbereich geschweißt.
- 25 Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, für die unterschiedlichen Schweißaufgaben eine größere Prozeßsicherheit zu erreichen.

- Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen im
- 30 Hauptanspruch. Durch die erfindungsgemäße Veränderung der an der Schweißstelle eingebrachten Wärmeenergie in Abhängigkeit von Material und/oder Geometrie des Werkstücks wird eine höhere Gleichmäßigkeit der Schweißbedingungen erreicht. Hierdurch wird eine größere
- 35 Prozeßtiefe auch bei wechselnden Bauteiltoleranzen erzielt. An der Schweißstelle kann es nicht mehr zu Überhitzungen, zu einem Durchbrennen der Naht an dünnen

Blechen, zu einem ungleichmäßigen Füllen von Nähten, zu einem Aufbrennen beschichteter Bleche oder zu sonstigen Schweißfehlern kommen.

- 5 Besondere Vorteile ergeben sich beim Schweißen unterschiedlicher Werkstücke, die im Werkstoff und/oder der Geometrie, z.B. der Blechdicke, differieren. Gleiches gilt auch bei Werkstücken mit unterschiedlichen Schweißbedingungen, bei denen z.B. die Wärme an der
- 10 Schweißstelle verschieden schnell abgeführt wird. Für die beiden Werkstücke läßt sich mit der Erfindung die Wärmezufuhr unterschiedlich einstellen und dabei optimieren.
- 15 Die Steuerung der eingebrachten Wärmeenergie kann auf verschiedene Weise erfolgen. Einerseits läßt sich dies über eine Bewegung des Schweißwerkzeuges, d.h. z.B. über die Verweildauer oder den Abstand bzw. die Lichtbogenlänge, steuern. Je länger die Verweildauer
- 20 und/oder je kürzer der Lichtbogen, desto höher ist der Einbrand. Die mechanischen Bewegungen können quer zur Bahn bzw. Schweißnaht oder in deren Längsrichtung ablaufen. Vorzugsweise handelt es sich dabei um Pendelbewegungen, die sich periodisch wiederholen.
- 25 Andererseits kann die eingebrachte Wärmeenergie auch über den Prozeßparameter gesteuert werden, beispielsweise die Stromhöhe oder die Drahtvorschubgeschwindigkeit. Beim Impulsschweißen kann auch über die Pulssteuerung Einfluß
- 30 genommen werden. Die Prozeßparameter können ebenfalls pendeln und sich vorzugsweise periodisch verändern.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden mit den mechanischen Pendelbewegungen

35 synchron auch die Prozeßparameter verändert. Hierdurch läßt sich die Wärmeeinbringung besonders gut steuern.

In der bevorzugten Ausführungsform werden die mechanischen
Bewegungen und die Veränderungen der Prozeßparameter von
der Manipulatorsteuerung aus gesteuert, vorzugsweise über
einen Funktionsgenerator. Dies ermöglicht eine besonders
gute Beherrschung der Einstellungen und eine sichere
Synchronisation.

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte
Ausgestaltungen der Erfindung angegeben.

10

15

20

25

30

35

Die Erfindung ist in den Zeichnungen beispielsweise und schematisch dargestellt. Im einzelnen zeigen:

- 5 Fig. 1: einen Manipulator mit einem
 Schweißwerkzeug und einer
 Manipulatorsteuerung nebst
 Funktionsgenerator,
- 10 Fig. 2: mehrere Programmierfenster für den
 Funktionsgenerator mit verschiedenen
 Pendeleinstellungen und
- 15 Fig. 3 bis 5: verschiedene Schweißaufgaben mit
 zugehörigen Pendeleinstellungen.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Anordnung einen
mehrachsigem Manipulator (1), vorzugsweise einen sechs-
20 oder mehrrachsigem Industrieroboter, der an seiner Hand (2)
ein Schweißwerkzeug (3) angeflanscht hat. Hierbei handelt
es sich vorzugsweise um einen Schweißbrenner (15) zum
Lichtbogen-Schutzgasschweißen. Alternativ kann es aber
auch ein beliebiges anderes Schweißwerkzeug sein.

25 Der Manipulator (1) führt das Schweißwerkzeug (3) entlang
einer vorgegebenen Bahn (16) an einem Werkstück (4). Fig.
3 bis 5 zeigen hierzu Einzelbeispiele.

30 Eine Schweißstromquelle (5) ist mit dem Schweißwerkzeug
(3) verbunden. Zu der Anordnung gehören noch eine
Schutzgasquelle und gegebenenfalls eine Versorgung und ein
Antrieb für einen Schweißdraht, der am Schweißbrenner (15)
austritt. Letztere sind der Übersicht halber nicht
35 dargestellt.

Der Manipulator (1) besitzt eine Manipulatorsteuerung (6), die einen Rechner mit mindestens einem Prozessor und einem oder mehreren Datenspeichern für Programme, Parameter und dergleichen Daten aufweist. In der Manipulatorsteuerung (6) ist die zu verfolgende Bahn (16), d.h. die Schweißnaht in ihrem Verlauf und ihrer Lage am Werkstück (4) gespeichert. Durch geeignete Maßnahmen wird die Ist-Lage der Bahn (16) gesucht und die gespeicherte Soll-Lage in der Manipulatorsteuerung (6) entsprechend abgeglichen. Danach verfolgt der Manipulator (1) exakt die programmierte Bahn (16).

Zur Optimierung der Schweißbedingungen wird während des Bahnvorschubs die an der Schweißstelle (13) eingebrachte Wärmeenergie in Anpassung an das Material und/oder an die Geometrie des Werkstücks (4) örtlich und/oder zeitlich verändert. Die Einbringung der Wärmeenergie kann auf verschiedene Weise, beispielsweise auf mechanischem und/oder prozeßtechnischem Weg beeinflußt werden.

Die Höhe der eingebrachten Wärmeenergie hängt von der Zeit und/oder der Intensität ab. Die Zeit kann beispielsweise über die Verweildauer des Schweißbrenners (15) bzw. des Lichtbogens gesteuert werden. Im Grunde ist dies auch auf prozeßtechnischem Weg möglich, beispielsweise durch Ein- und Ausschalten des Schweißstroms. Die Intensität läßt sich auf mechanischem Weg über den Abstand des Schweißbrenners (15) von der Schweißstelle (13) bzw. über die Länge des Lichtbogens steuern. Auf prozeßtechnischem Weg ist dies über eine entsprechende Veränderung der Prozeßparameter, beispielsweise des Schweißstroms, der Pulsfrequenz, der Pulsbreite, der Drahtvorschubgeschwindigkeit oder dergleichen möglich.

Die mechanischen Bewegungen und/oder die Veränderungen der Prozeßparameter können in einem frei definierbaren Funktionsverlauf vorgenommen werden. So können

symmetrische oder asymmetrische, dreiecks-, trapez- oder sinusförmige oder beliebige andere Verläufe definiert werden. Fig. 2 zeigt hierzu einige beispielhafte Kurvenverläufe in Fenstern (8). Vorzugsweise handelt es sich hierbei um periodische Veränderungen in der Art einer Pendelbewegung.

Die mechanischen Bewegungen des Schweißwerkzeugs (3) untergliedern sich vorzugsweise in zwei Bereiche.

10

Dies ist einerseits das sogenannte Geometriependeln (17), bei dem das Schweißwerkzeug (3) seitlich zur Bahn (16) bzw. zur Schweißnaht ausgelenkt wird. Dies beinhaltet, daß die Auslenkbewegung horizontal, aber auch vertikal oder in einer beliebigen Ebene schräg erfolgen kann. Die Auslenkbewegung kann zudem im rechten Winkel quer zur Bahn (16), aber auch schräg gerichtet sein.

Das sogenannte Geschwindigkeitsspendeln (18) besteht in einer Veränderung der Bahnvorschubgeschwindigkeit, indem das Schweißwerkzeug (3) längs der verfolgten Bahn (16) beschleunigt und/oder gebremst wird. Im Extremfall kann sich eine Start/Stop-Bewegung oder sogar eine Rückwärtsbewegung ergeben.

25

Die Veränderung der Prozeßparameter wird als Technologiependeln (19) bezeichnet. Hierbei kann ein einzelner Prozeßparameter, z.B. der Schweißstrom, verändert werden. Es ist aber auch möglich, mehrere Prozeßparameter zu modulieren.

30

Die Steuerung der eingebrachten Wärmeenergie kann über eine einzelne der vorerwähnten Modulationsmöglichkeiten erfolgen. Vorzugsweise kommt jedoch das Technologiependeln (19) zum Einsatz, das zudem mit einem Geometriependeln (17) und/oder einem Geschwindigkeitsspendeln (18) kombiniert ist. Das Technologiependeln (19) läuft hierbei

35

synchron zu den mechanischen Pendelbewegungen ab.

Die drei vorerwähnten Pendelarten können auf beliebigen konstruktiv technischen Wegen erzielt und gesteuert werden. Zum Beispiel lassen sich die mechanischen Pendelbewegungen durch ein Pendelgerät mit Kurvenscheiben realisieren. In ähnlicher Weise läßt sich auch der Drahtantrieb beeinflussen. Über angesteuerte Potentiometer oder dergleichen können beispielsweise die elektrischen Prozeßparameter verändert werden. Zudem ist es möglich, Kennlinien für den Schweißstrom an der Schweißstromquelle (5) umzuschalten, insbesondere wenn es sich hierbei um eine transistorisierte Schweißstromquelle handelt.

In der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Steuerung aller Pendelbewegungen über die Manipulatorsteuerung (6). Diese weist dazu einen Funktionsgenerator (7) auf. Er besteht ebenfalls aus einem Rechner mit mindestens einem Prozessor und einem oder mehreren Datenspeichern sowie zugehöriger Software. In der bevorzugten integrierten Ausführungsform kann der Funktionsgenerator (7) auf die Hardware der Manipulatorsteuerung (6) zurückgreifen. Er kann auch als Softwarefunktion in der Manipulatorsteuerung (6) realisiert sein. Der Funktionsgenerator (7) kann modular aufgebaut sein und mehrere Pendelarten gleichzeitig und synchron steuern.

Die mechanischen Pendelbewegungen und/oder die Prozeßpendelbewegungen werden in mehreren Funktionsabschnitten gleicher oder zumindest proportionaler Größe im Funktionsgenerator (7) eingegeben. Dies geschieht über eine Benutzeroberfläche, die Fenster (8) mit normierter Größe zur Verfügung stellt. Der Funktionsgenerator (7) verfügt im gezeigten Ausführungsbeispiel über drei Fenster (8), in die verschiedene Parameter für die unterschiedlichen

Bewegungen und/oder Prozesse eingegeben werden können. Die Fensterzahl kann bei geeigneter Auslegung von Hardware und Software beliebig kleiner oder größer sein. Die Parameter werden als Wertepaare in den normierten Fenstern (8) eingegeben. Hierbei handelt es sich um qualitative Daten. Sie werden durch Bezugsgrößen, insbesondere Offset-Faktoren und/oder Verstärkungsfaktoren quantifiziert. Aus den einzelnen Wertepaaren bzw. Parametern können im Funktionsgenerator (7) sogenannte Splines errechnet werden.

Aus den Wertepaaren in den Fenstern (8) und den hieraus gewonnenen Splines werden Funktionen für die mechanischen und prozeßtechnischen Pendelbewegungen berechnet. Die Funktionen laufen in den eingangs erwähnten Funktionsabschnitten synchron ab. Die Synchronisation erfolgt vorzugsweise über den Weg des Bahnvorschubs (16). Der Funktionsgenerator (7) startet vorzugsweise mit Beginn der Manipulatorbewegung (1) entlang der Bahn (16) die erwähnten Funktionsabschnitte. Der Start erfolgt gleichzeitig, wobei die Funktionsabschnitte mit den darin vorgegebenen Funktionen synchron und simultan abgearbeitet werden. Die Funktionsabschnitte werden am Ende gemeinsam und zugleich abgeschlossen und erneut gestartet. Dadurch werden die Funktionsabschnitte zyklisch wiederholt, wobei sie Start und Ende nach dem Synchronisationsbezug, hier den Bahnvorschub richten. Der Zyklus bzw. der Takt bleibt vorzugsweise gleich.

Die Parameter bzw. die daraus berechneten Funktionen bleiben zumindest für die Dauer des Funktionsabschnittes im Funktionsgenerator (7) gespeichert. Je nach Komplexität der Bewegungen und/oder Prozesse können die Funktionen wiederholt oder verändert werden. Im einfachsten Fall wird die gleiche Funktion ständig wiederholt, indem beispielsweise eine gleichbleibende, mit jedem Funktionsabschnitt sich periodisch wiederholende

Pendelbewegung erzeugt wird.

Es ist aber auch möglich, die Funktionen permanent oder periodisch zu verändern. Hierzu können die Funktionen oder die Wertepaare bzw. Parameter in Datenspeichern festgehalten und nach Vorgabe eines Programms einzeln und selektiv abgerufen werden. Hierbei könnten im einfachsten Fall die Parameter eingegeben und hieraus im Funktionsgenerator (7) Funktionen berechnet werden. Alternativ können auch gleich die fertigen Funktionen bereitgestellt und eingespielt werden.

Fig. 3 bis 5 verdeutlichen in Einzelbeispielen die Erfindung.

Fig. 3 verdeutlicht eine Schweißaufgabe, bei der ein dickes Blech (9) und ein dünnes Blech (10) miteinander zu verschweißen sind. Hierbei führt der Schweißbrenner (15) eine asymmetrische Pendelbewegung (17) (sogenanntes Geometriependeln) aus. Er verweilt auf dem dicken Blech (9) länger als auf dem dünnen Blech (10). Durch die längere Verweilzeit des Lichtbogens ergibt sich eine stärkere Wärmeeinbringung und damit ein tieferer Einbrand im dicken Blech (9). Das dünne Blech (10) wird hingegen nur kurzzeitig thermisch belastet, so daß die Naht am dünneren Blech (10) nicht durchfällt. Es ergibt sich eine gleichmäßige Schweißnaht.

Vorzugsweise wird das Geometriependeln (17) von einem angepaßten Technologependeln (19) begleitet. Hierbei werden gemäß der angepaßten Funktion die Prozeßparameter, insbesondere der Schweißstrom entsprechend den mechanischen Pendelbewegungen hoch und tief geschaltet. Auf dem dicken Blech (9) sind die Prozeßparameter höher als auf dem dünnen Blech (10).

In ähnlicher Weise kann auch bei zwei Werkstücken aus unterschiedlichen Werkstoffen verfahren werden. Das thermisch empfindlichere und damit schneller aufheizbare Blech entspricht dem dünneren Blech (10) und erhält
5 weniger Wärme als das andere Blech. Auf diese Weise lassen sich auch besonders kritische Werkstückpaarungen bearbeiten, die sich im Material und in der Geometrie unterscheiden.

10 Fig. 4 zeigt eine Variante für die Verschweißung zweier im wesentlichen gleich dicker Bleche (9) mit einem dazwischenliegenden Spalt (11). Bei dieser Schweißaufgabe kommt eine symmetrische Pendelbewegung (17)
(Geometriependeln) zum Einsatz. Analog werden wiederum die
15 Prozeßparameter beim Technologiependeln (19) hoch und tief geschaltet. In der Auslenkphase ist beispielsweise der Schweißstrom höher als im Bereich des Spaltes (11). Durch den stärkeren Einbrand an den Nahträndern erfolgt hier ein stärkeres Abschmelzen als im Spalt (11) und damit eine
20 gleichmäßigere Füllung des Spaltes (11).

Die in Fig. 4 gezeigte Technik kann auch zum Wurzelschweißen verwendet werden. Sie kann außerdem bei Kehlnähten und Überlappverbindungen sowie bei der
25 Überbrückung von Bauteiltoleranzen sowie bei größeren Nahtquerschnitten an Dickblechen in Wannenlage zur Anwendung gelangen.

Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform für das kombinierte
30 Geschwindigkeits- und Technologiependeln (18,19). Dies wird beispielsweise zum Schweißen von Blechen (9) mit einer Beschichtung (12) eingesetzt, insbesondere zum Schweißen verzinkter Bleche. Der konstanten
Bahnvorschubgeschwindigkeit wird in Längsrichtung der Bahn
35 (16) eine modulierte Geschwindigkeitsänderung überlagert. Der Schweißbrenner (15) wandert dabei abwechselnd langsamer und schneller vor. Die Prozeßparameter werden

- hierbei gegenläufig (19) gesteuert. Beim langsamen Vorschub werden der Schweißstrom oder ein anderer Prozeßparameter hochgeschaltet. Durch die Erhöhung der Wärmeeinbringung und der Temperatur im Bauteil kann die Beschichtung (12), z.B. eine Zinkschicht, ausgasen. Beim schnellen Vorschub werden die Prozeßparameter niedrig geschaltet. Das Werkstück kann dadurch zum Schutz von Überhitzung wieder etwas abkühlen.
- 10 Diese Vorgehensweise ist z.B. auch beim Schweißen von temperaturempfindlichen Werkstoffen, wie Aluminium etc., von Vorteil. Durch die gesteuerte Wärmeeinbringung mit den zwischengeschalteten Kühlphasen wird ein Einbrennen der Schweißbahn verhindert. Ferner läßt sich die Aufheizung des Werkstücks und der Einfluß der Restwärme besser kontrollieren.

In Variation zur gezeigten Ausführungsform kann das Geschwindigkeitsspendeln (18) mit einem Geometriependeln (17) in Form einer Abstandsänderung kombiniert werden. Durch entsprechende Stop- und Rückwärtsbewegungen kann sich dadurch eine im linken Teil von Fig. 5 dargestellte Rollbewegung ergeben. Der Lichtbogen brennt abwechselnd auf den Nahtflanken des Grundwerkstoffs und je nach überlagerter Rückzugsgeschwindigkeit mehr oder minder auf dem Schweißbad aus der Vorlaufbewegung. Damit kann der Einbrand vor allem bei spaltbehafteten Bauteilen beeinflusst und somit die Gefahr des Durchbrennens vermieden werden.

Die Pendelfrequenzen bewegen sich vorzugsweise im Bereich zwischen 0,2 und 5 Hz. Die beim mechanischen Pendeln (17,18) und beim Technologiependeln (19) verwendeten Frequenzen können sich jedoch unterscheiden, indem beispielsweise die Prozeßparameter mit doppelter Frequenz gegenüber den mechanischen Bewegungsparametern pendeln. Dabei wird jedoch, wie auch in den vorbeschriebenen

Ausführungsbeispielen, sichergestellt, daß die Synchronisation der verschiedenen Pendelarten (17,18,19) erhalten bleibt, um im Sinne der Erfindung örtlich gezielt einen schwankenden Energieeintrag am Werkstück (4) zu erzeugen.

In den vorbeschriebenen Ausführungsbeispielen werden die verschiedenen Pendelbewegungen (17,18,19) nach Vorgaben und Sollwerten gesteuert. Die Vorgaben und Sollwerte können durch Probeschweißungen, aber auch durch Berechnungen über die Energiebilanz oder dgl. ermittelt werden.

Die Vorgaben und Sollwerte können für den Schweißjob vorab fest programmiert und dann abgefahren werden. Es ist alternativ auch möglich, die Steuerung variabel und bauteilbezogen vorzunehmen, beispielsweise über einen geeigneten voreilenden Sensor (14), der den Spalt vermißt und entsprechend die Vorgabewerte einstellt und gegebenenfalls auch während des Schweißjobs ändert. Bei unterschiedlichen Werkstücken mit differierender Wärmeeinbringung kann auch eine getrennte Steuerung erfolgen, wobei für jedes Werkstück ein oder mehrere eigene Sensoren eingesetzt werden können. In allen Fällen eignet sich der Funktionsgenerator (7) besonders.

Neben einer variablen Steuerung ist auch eine Regelung der Pendelbewegungen (17,18,19) möglich. Hierzu werden aussagefähige Daten über die Schweißqualität, die Werkstückbelastung oder dgl. aufgenommen und in die Steuerung, insbesondere den Funktionsgenerator (7), rückgeführt. Dies kann beispielsweise in einer Temperaturerfassung und einer Thermorückführung bestehen.

B E Z U G S Z E I C H E N L I S T E

- | | | |
|----|----|---|
| | 1 | Manipulator |
| | 2 | Hand |
| 5 | 3 | Schweißwerkzeug |
| | 4 | Werkstück |
| | 5 | Schweißstromquelle |
| | 6 | Manipulatorsteuerung |
| | 7 | Funktionsgenerator |
| 10 | 8 | Fenster |
| | 9 | Blech, dick |
| | 10 | Blech, dünn |
| | 11 | Spalt |
| | 12 | Beschichtung |
| 15 | 13 | Schweißstelle |
| | 14 | Sensor |
| | 15 | Schweißbrenner |
| | 16 | Bahn, Bahnvorschub |
| | 17 | Pendelbewegung, Geometriependeln |
| 20 | 18 | Pendelbewegung, Geschwindigkeitspendeln |
| | 19 | Pendelbewegung, Technologiependeln |

25

30

35

P A T E N T A N S P R Ü C H E

- 1.) Verfahren zum Schweißen, insbesondere zum
5 Lichtbogen-Schutzgasschweißen, mit einem
Schweißwerkzeug, das von einem Manipulator entlang
einer vorgegebenen Bahn geführt wird, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, daß die an der
Schweißstelle (13) eingebrachte Wärmeenergie in
10 Anpassung an das Material und/oder die Geometrie des
Werkstücks (4) örtlich und/oder zeitlich verändert
wird.
- 2.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch
15 g e k e n n z e i c h n e t, daß durch eine
mechanische Pendelbewegung des Schweißwerkzeugs (3)
und/oder ein Pendeln der Prozeßparameter die an der
Schweißstelle (13) eingebrachte Wärmeenergie
periodisch verändert wird.
- 20 3.) Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, daß das Pendeln der
Prozeßparameter mit mindestens einer mechanischen
Pendelbewegung synchronisiert ist.
- 25 4.) Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß beim
mechanischen Pendeln das Schweißwerkzeug (3)
seitlich von der verfolgten Bahn (16) ausgelenkt
30 wird.
- 5.) Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß beim
mechanischen Pendeln das Schweißwerkzeug (3) längs
35 der verfolgten Bahn (16) beschleunigt und/oder
gebremst wird.

- 6.) Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß das
mechanische und das prozeßtechnische Pendeln von der
Manipulatorsteuerung (6) gesteuert wird.
- 5
- 7.) Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß das
mechanische und das prozeßtechnische Pendeln von
einem Funktionsgenerator (7) in der
10 Manipulatorsteuerung (6) gemeinsam und synchron
gesteuert wird.
- 8.) Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß die
15 Pendel-Frequenz ca. 0,2 bis 5 Hz beträgt.
- 9.) Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß die an der
Schweißstelle (13) eingebrachte Wärmeenergie
20 geregelt wird.

25

30

35

Fig. 1

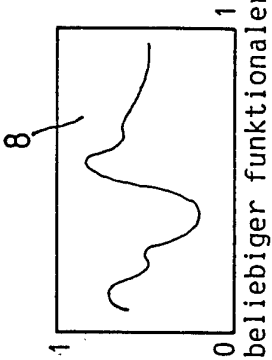
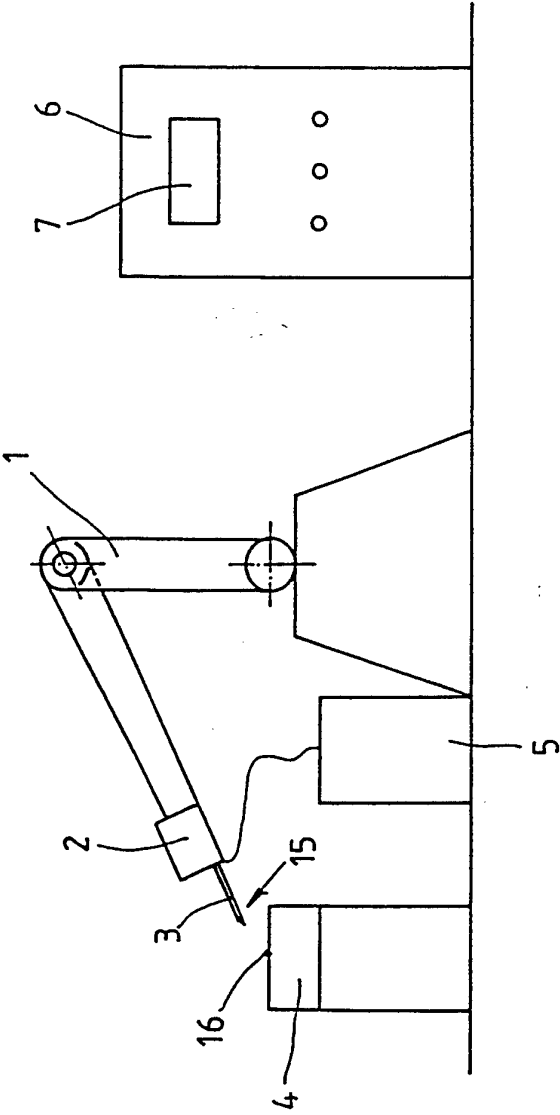
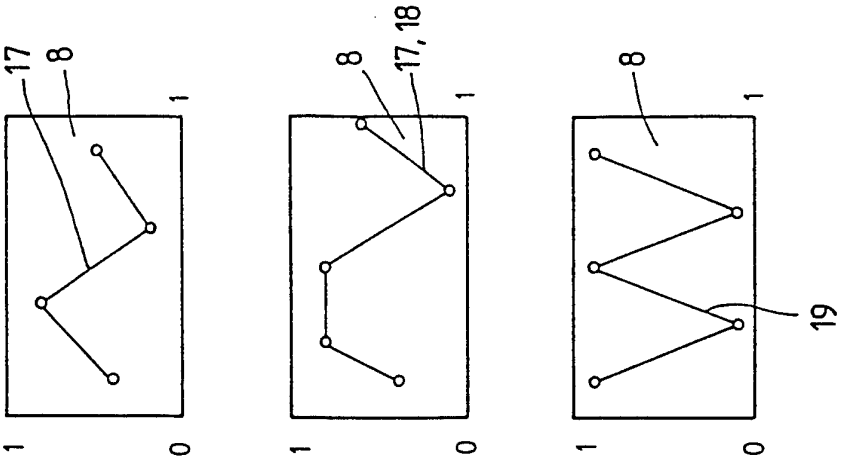


Fig. 2



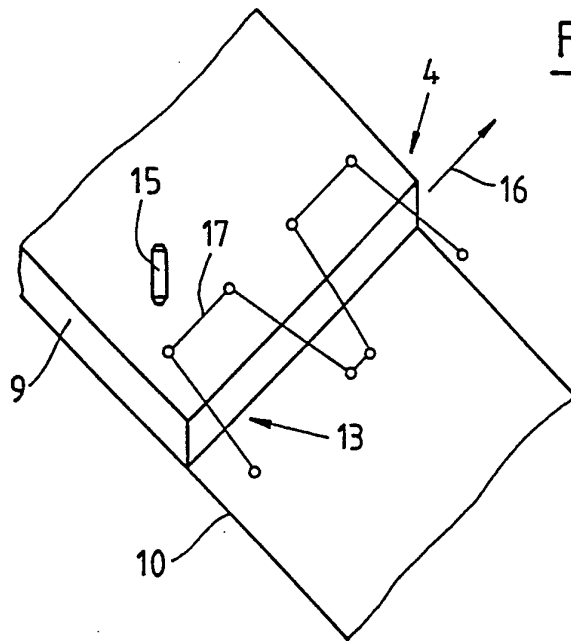


Fig. 3

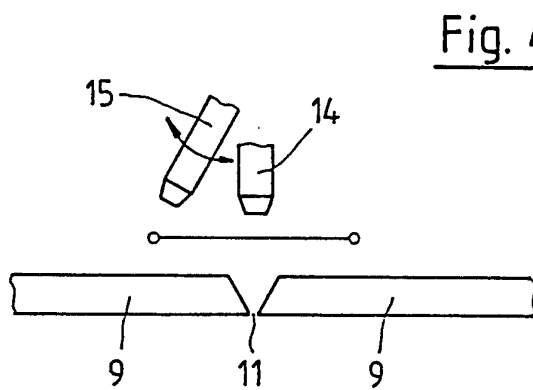
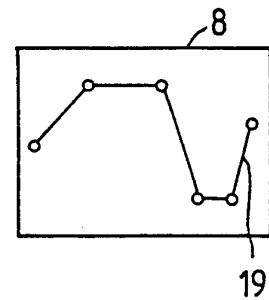
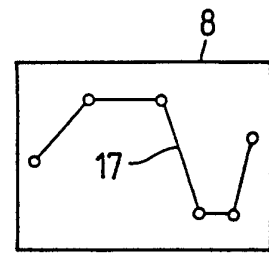


Fig. 4

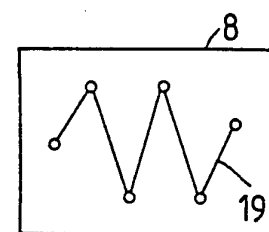
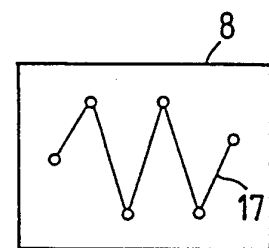
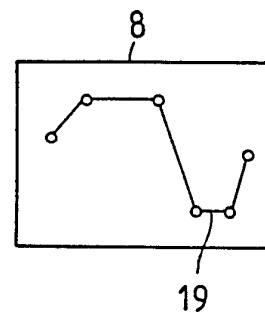
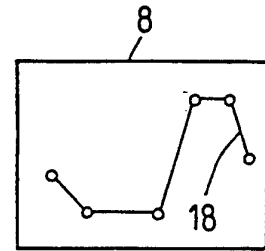
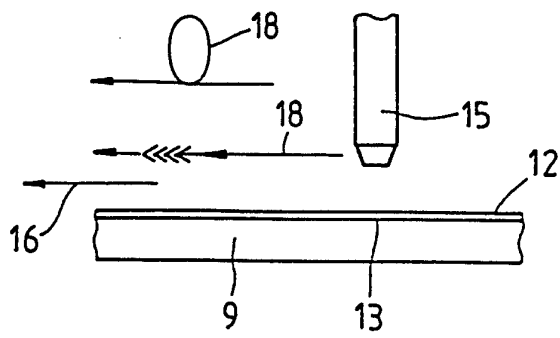


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Appl. No.

PCT/EP 94/02333

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 B23K9/127

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4, no. 135 (C-025) 20 September 1980 & JP,A,55 084 573 (NIPPON STEEL CORP) 25 June 1980 see abstract ---	1-4,6,7, 9
X	DATABASE WPI Section Ch, Week 9038, Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M23, AN 90289131 TONKAL ET AL. & SU,A,1 547 995 (AS UKR ELECTRODYNAMICS) 7 March 1990 see abstract --- -/--	1,2,4-6

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 November 1994

Date of mailing of the international search report

11.11.94

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Rausch, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Appl. No.

PCT/EP 94/02333

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP,A,0 195 089 (FANUC LTD) 24 September 1986 see page 5, line 24 - page 6, line 7; figures 1,3 ---	1,2,4,7, 9
X	US,A,4 544 825 (GEORGE E. COOK) 1 October 1985 see column 4, line 55 - column 5, line 13; figures 1,3 ---	1-3,6
A	DE,A,24 10 866 (FA. CARL CLOOS) 11 September 1975 ---	
A	US,A,4 990 743 (KUGAI ET AL.) 5 February 1991 ---	
A	EP,A,0 301 098 (FANUC LTD.) 1 February 1989 -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 94/02333

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0195089	24-09-86	JP-A- 61078564 DE-A- 3585030 WO-A- 8602029 US-A- 4831235	22-04-86 06-02-92 10-04-86 16-05-89
US-A-4544825	01-10-85	NONE	
DE-A-2410866	11-09-75	NONE	
US-A-4990743	05-02-91	US-A- 5130514	14-07-92
EP-A-0301098	01-02-89	JP-A- 63180371 WO-A- 8805362 US-A- 4906814	25-07-88 28-07-88 06-03-90

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 94/02333

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 B23K9/127

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4, no. 135 (C-025) 20. September 1980 & JP,A,55 084 573 (NIPPON STEEL CORP) 25. Juni 1980 siehe Zusammenfassung ---	1-4,6,7, 9
X	DATABASE WPI Section Ch, Week 9038, Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M23, AN 90289131 TONKAL ET AL. & SU,A,1 547 995 (AS UKR ELECTRODYNAMICS) 7. März 1990 siehe Zusammenfassung --- -/--	1,2,4-6

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. November 1994

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11.11.94

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Rausch, R

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP,A,0 195 089 (FANUC LTD) 24. September 1986 siehe Seite 5, Zeile 24 - Seite 6, Zeile 7; Abbildungen 1,3 ---	1,2,4,7, 9
X	US,A,4 544 825 (GEORGE E. COOK) 1. Oktober 1985 siehe Spalte 4, Zeile 55 - Spalte 5, Zeile 13; Abbildungen 1,3 ---	1-3,6
A	DE,A,24 10 866 (FA. CARL CLOOS) 11. September 1975 ---	
A	US,A,4 990 743 (KUGAI ET AL.) 5. Februar 1991 ---	
A	EP,A,0 301 098 (FANUC LTD.) 1. Februar 1989 -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 94/02333

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A-0195089	24-09-86	JP-A- 61078564	22-04-86
		DE-A- 3585030	06-02-92
		WO-A- 8602029	10-04-86
		US-A- 4831235	16-05-89
US-A-4544825	01-10-85	KEINE	
DE-A-2410866	11-09-75	KEINE	
US-A-4990743	05-02-91	US-A- 5130514	14-07-92
EP-A-0301098	01-02-89	JP-A- 63180371	25-07-88
		WO-A- 8805362	28-07-88
		US-A- 4906814	06-03-90