

(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **278 746 A1**

4(51) B 25 J 9/10

PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP B 25 J / 324 226 8	(22)	28.12.88	(44)	16.05.90
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71)	Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Universitätsplatz 1, Rostock, 2500, DD
(72)	Seyffarth, Peter, Prof. Dr. sc. techn.; Diesterbeck, Robert, Dr.-Ing., DD

(54)	Einrichtung zur Bahnsteuerung von Schweißgeräten
------	--

(55) Emissionsspektrometer; Strahlung; Führungseinrichtung; Bahnverlauf; Regressionsgleichungen
 (57) Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Bahnsteuerung von Schweißgeräten für das Fügen und Oberflächenbeschichten der verschiedensten Stähle durch Schweißverfahren mit offenem oder verdecktem Lichtbogen, mit Elektronenstrahl oder mit Laserstrahl. Sie ist insbesondere zur Automatisierung und Qualitätssicherung der Schweißfertigung einsetzbar. Durch die Erfindung werden die mittige Führung des Schweißgerätes und damit die Nahtform und Schweißqualität des Erzeugnisses in vorgegebenen Grenzen realisiert. Erfindungsgemäß wird dies dadurch gelöst, daß ein an sich bekanntes Emissionsspektrometer über Optik und Schnittstelle eines an sich bekannten Steuerrechners mit einer Führungseinrichtung derart verbunden ist, daß die mittels Regressionsgleichungen vorberechnete chemische Zusammensetzung des Schweißgutes verglichen wird mit der durch das Emissionsspektrometer permanent ermittelten und die Führungseinrichtung solange korrigiert wird, bis der Lichtbogen beide Fugenflanken gleichmäßig aufschmilzt und die chemische Zusammensetzung des Schweißgutes bei mittig brennendem Lichtbogen der vorausberechneten entspricht.

Patentansprüche:

1. Einrichtung zur Bahnsteuerung von Schweißgeräten, **dadurch gekennzeichnet**, daß an sich bekanntes Emissionsspektrometer (2) über Schnittstelle eines Steuerrechners (3) mit einer Führungseinrichtung (4) derart verbunden ist, daß zum Zwecke der mittigen Führung des Lichtbogens bei beliebigem Bahnverlauf emittierte Strahlung des Schweißgutes und Zusatzwerkstoffes mit vorgegebenen, nach Regressionsgleichungen

$$X_{SG} = n_X A X_{ZW} + (1 - A) X_{GW} \quad (1)$$

mit

X_{SG} = Element X im Schweißgut
 n_X = Übergangsfaktor des Elementes X vom Zusatzwerkstoff in das Schweißgut
 A = Anteil der Zusatzwerkstofffläche an der Gesamtquerschnittsfläche der Naht
 $1 - A$ = Anteil der Grundwerkstofffläche an der Gesamtquerschnittsfläche der Naht
 X_{GW} = Element X im Grundwerkstoff
 X_{ZW} = Element X im Zusatzwerkstoff
 und

$$n_X = a_0 + a_1 U_s + a_2 I_s + a_3 d_{Dr} + a_4 \% C + a_5 \% Si + a_6 \% Mn + \dots + a_n \% Ti \quad (2)$$

mit

$a_0 \dots a_n$ = durch Regressionsrechnung ermittelte Koeffizienten
 U_s = Lichtbogenspannung des Schweißlichtbogens
 I_s = Schweißstromstärke
 d_{Dr} = Schweißdrahtdurchmesser
 und

$$A = b_0 + b_1 I_s + b_2 U_s + b_3 d_{Dr} + b_4 v_s + \dots + b_n f_{Dr} \quad (3)$$

mit

$b_0 \dots b_n$ = durch Regressionsrechnung ermittelte Koeffizienten
 v_s = Schweißgeschwindigkeit
 f_{Dr} = freie Drahtlänge,

übrige Bezeichnungen wie in Gl. (1), (2), berechneten chemischen Zusammensetzungen verglichen wird und die Führungseinrichtung 4 solange korrigiert, bis der Lichtbogen beide Fugenflanken gleichmäßig aufschmilzt und die chemische Zusammensetzung des Schweißgutes der vorausberechneten bei mittig brennendem Lichtbogen entspricht.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Vorausberechnung chemischer Zusammensetzung des Schweißgutes nach Gl. (1) bis (3) die Zusammensetzung der Schweißhilfs- und Zusatzwerkstoffe, der Grundwerkstoffe, die Schweißdaten und die Übergangskoeffizienten benutzt werden.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Bahnsteuerung von Schweißgeräten für das Fügen und Oberflächenbeschichten der verschiedensten Stähle durch Schweißverfahren mit offenem oder verdecktem Lichtbogen, mit Elektronenstrahl oder mit Laserstrahl. Sie ist insbesondere zur Automatisierung und Qualitätssicherung der Schweißfertigung einsetzbar. Durch die Erfindung werden die mittige Führung des Schweißgerätes und damit die Nahtform und Schweißqualität des Erzeugnisses in vorgegebenen Grenzen realisiert.

Anwendungsgebiete sind z.B. der Stahlbau, Schiffbau, Brückenbau, Hochbau, Chemieanlagenbau u.ä.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es ist bekannt, daß die chemische Zusammensetzung von metallischen Verbindungen, d.h. auch von Stählen, mittels der Spektralanalyse bestimmt werden kann. Durch einen Lichtbogen, der zwischen einer Elektrode und dem zu prüfenden Metall erzeugt wird, erfolgt ein lokales Aufschmelzen und Verdampfen des Metalls. Die Atome des aktivierten Metalls werden zur Emission charakteristischer Strahlung angeregt. Über die Intensität der Spektrallinien kann die chemische Zusammensetzung bestimmt werden.

Geräte zur Bahnsteuerung mittels Schweißprozeßüberwachung auf der Basis der Spektralanalyse sind bisher nicht bekannt geworden.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, auf eine neue Art eine adaptive Bahnsteuerung von Schweißgeräten zu realisieren und damit die für jedes Bauteil neu erfolgende und zeitaufwendige numerische Bahnbeschreibung zu ersetzen.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die technische Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zur Bahnsteuerung von Schweißgeräten zu schaffen, die bei beliebigem Bahnverlauf und beliebiger Schweißposition eine mittige Führung eines Schweißgerätes und damit die Nahtform und Schweißqualität des Erzeugnisses in vorgegebenen Grenzen realisiert.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein an sich bekanntes Emissionsspektrometer über Optik und Schnittstelle eines an sich bekannten Steuerrechners mit einer Führungseinrichtung derart verbunden ist, daß der Lichtbogen beide Fugenflanken der Schweißnaht gleichmäßig aufschmilzt und damit erreicht, daß die chemische Zusammensetzung des Schweißgutes mit den Regressionsgleichungen (1) bis (3)

$$X_{SG} = n_X A X_{ZW} + (1 - A) X_{GW} \quad (1)$$

mit

X_{SG} = Element X im Schweißgut

n_X = Übergangsfaktor des Elementes X vom Zusatzwerkstoff in das Schweißgut

A = Anteil der Zusatzwerkstofffläche an der Gesamtquerschnittsfläche der Naht

$1 - A$ = Anteil der Grundwerkstofffläche an der Gesamtquerschnittsfläche der Naht

X_{GW} = Element X im Grundwerkstoff

X_{ZW} = Element X im Zusatzwerkstoff

und für die Ermittlung der Übergangsfaktoren in Abhängigkeit von den Schweißdaten und der chemischen Zusammensetzung des Schweißzusatzwerkstoffes

$$n_X = a_0 + a_1 U_s + a_2 I_s + a_3 d_{Dr} + a_4 \% C + a_5 \% Si + a_6 \% Mn + \dots + a_n \% Ti \quad (2)$$

mit

$a_0 \dots a_n$ = durch Regressionsrechnung ermittelte Koeffizienten

U_s = Lichtbogenspannung des Schweißlichtbogens

I_s = Schweißstromstärke

d_{Dr} = Schweißdrahtdurchmesser

und analog dazu der Anteil der Zusatzwerkstofffläche an der Gesamtquerschnittsfläche der Naht in Abhängigkeit von den Schweißdaten

$$A = b_0 + b_1 I_s + b_2 U_s + b_3 d_{Dr} + b_4 v_s + \dots + b_n f_{Dr} \quad (3)$$

mit

$b_0 \dots b_n$ = durch Regressionsrechnung ermittelte Koeffizienten

v_s = Schweißgeschwindigkeit

f_{Dr} = freie Drahtlänge,

übrige Bezeichnungen wie in Gl. (1), (2),

vorausberechneten bei mittig brennendem Lichtbogen entspricht

Weicht die momentane von der berechneten chemischen Zusammensetzung ab, so erfolgt über eine Schnittstelle die Steuerung des Schweißgerätes. Dies erfolgt solange, bis die momentane gleich der vorgegebenen berechneten chemischen Zusammensetzung entspricht, womit erfindungsgemäß die Aufgabe der mittigen Bahnsteuerung erfüllt ist.

Beim Schweißen von Werkstücken aus Werkstoffen mit ähnlicher oder nahezu gleicher chemischer Zusammensetzung kann die Bahnsteuerung auf der Basis derjenigen Elementes erfolgen, in dem sich die beiden Werkstücke am meisten voneinander unterscheiden, was vor Prozeßbeginn durch die erfindungsgemäße Einrichtung geprüft wird.

Ausführungsbeispiel

Anhand eines Ausführungsbeispiels wird die Erfindung näher erläutert. Bild 1 stellt ein Blockschaltbild dar, das die Verknüpfung der einzelnen Baugruppen der Einrichtung für die Bahnsteuerung zeigt.

Bei bekannten chemischen Zusammensetzungen der Werkstücke und des Zusatzwerkstoffs, die mit dem Emissionsspektrometer bestimmt werden, wird bei Kenntnis der Wirkzusammenhänge zwischen den chemischen Zusammensetzungen der Ausgangswerkstoffe und den Schweißparametern die sich beim Schweißen ergebende chemische Zusammensetzung des Schweißgutes berechnet. Das für diese Kalkulation erforderliche mathematische Modell berücksichtigt u. a. folgende Einflußfaktoren:

Schweißstrom, Schweißspannung, Schweißgeschwindigkeit, Drahtdurchmesser, freie Drahtlänge, Gaszusammensetzung, Gasmenge, chemische Zusammensetzung des Zusatzwerkstoffes, Übergangskoeffizienten der Legierungselemente des Zusatzwerkstoffes in Abhängigkeit von den Schweißdaten.

Durch einen rechnergestützten Soll-Ist-Vergleich wird geprüft, ob die chemische Zusammensetzung des vorliegenden Schweißgutes der vorausberechneten entspricht. Weicht sie von der vorausberechneten infolge außermittiger Führung des Lichtbogens ab, wird die Schweißeinrichtung über eine Schnittstelle zur Führungseinrichtung solange nachgestellt, bis der Lichtbogen beide Fugenflanken gleichmäßig aufschmilzt und damit erreicht, daß die chemische Zusammensetzung des Schweißgutes wieder der vorausberechneten bei mittig brennendem Lichtbogen entspricht, was durch die optische Spektralemission und deren rechnergestützte Auswertung kontrolliert und angezeigt wird.

Die durch den brennenden Lichtbogen emittierte Strahlung wird über eine Optik 1 aufgenommen, verarbeitet und die chemische Zusammensetzung des Schweißgutes im Emissionsspektrometer 2 ermittelt. Diese wird im Rechner 3 mit der vorausberechneten chemischen Zusammensetzung des Schweißgutes unter der Voraussetzung einer sich bei mittiger Führung ergebenden Vermischung aus gleichen Anteilen der beiden zu fügenden Teile im Soll-Ist-Vergleich geprüft. Die Vorausberechnung der chemischen Zusammensetzung erfolgt nach o. g. Gleichungen (1) bis (3). Bei Abweichungen der vorausberechneten von der durch das Emissionsspektrometer bestimmten chemischen Zusammensetzung erfolgt die Ansteuerung der Führungseinrichtung 4, die mit dem Schweißbrenner mechanisch fest gekoppelt ist. Die Auslenkung der Führungseinrichtung quer zum Nahtverlauf erfolgt solange, bis der von der Führungseinrichtung geführte Schweißbrenner mittig auf der Schweißfuge brennt und damit das Differenzsignal aus dem Rechner gleich Null wird.

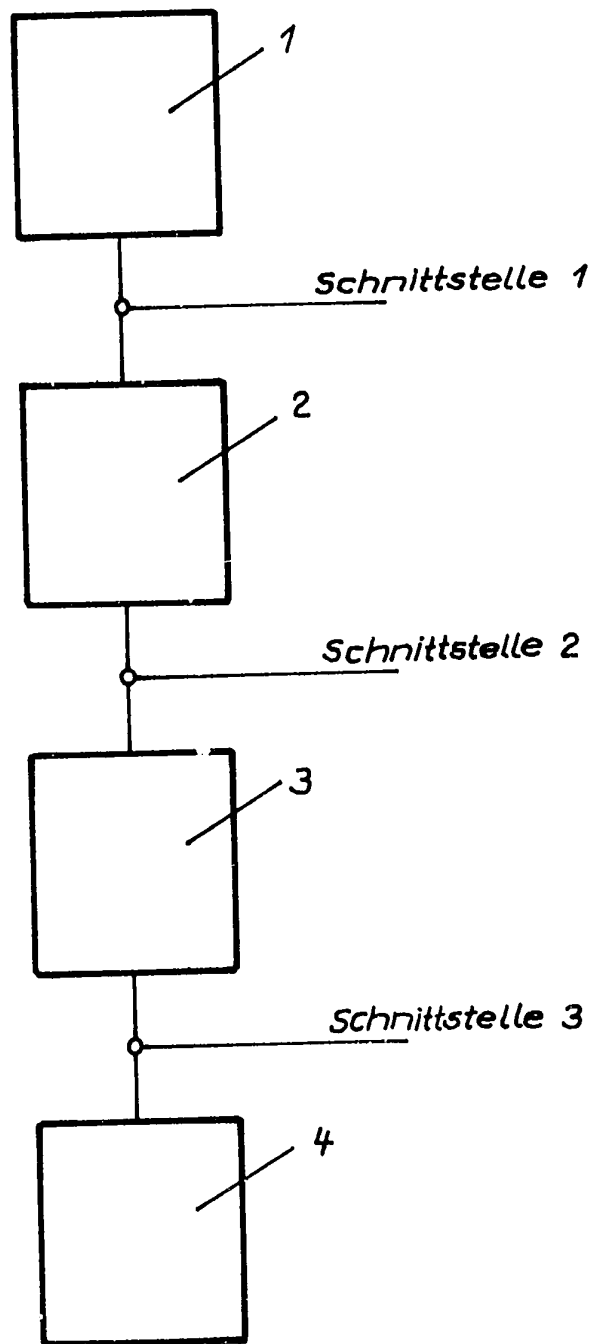


Bild 1: