

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

204 879

Int.Cl.³

3(51) B 29 C 27/02

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP B 29 C/ 2356 124

(22) 10.12.81

(44) 14.12.83

(71) siehe (72)

(72) VON DER OHE, JÜRGEN, DIPL.-ING.; HESSE, GÜNTER, DR.-ING.; JESCHKE, LOTHAR, DIPL.-ING.; DD;

(73) siehe (72)

(74) ZI FÜR SCHWEISSTECHNIK DER DDR, L-BFN "SCHWEISSTECHNIK", 4030 HALLE, KOETHENER STR. 33A

(54) **VERFAHREN ZUM HEIZELEMENTSTUMPFSCHEIßEN VON PLASTWERKSTOFFEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Heizelementstumpfschweißen von Plastwerkstoffen unter Verwendung von relativ gegen ein Heizelement verschieblicher Spannschlitten zur Aufnahme der Schweißteile, zur Automatisierung des Schweißprozesses bei reproduzierbarer, optimaler Verbindungsqualität. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, unabhängig von den Wegen der Spannschlitten, den Prozeßablauf so zu steuern, daß bei geringem Energieeintrag und kleinem Schweißwulst eine maximale Nahtfestigkeit erzielt wird. Diese Aufgabe wurde gelöst, indem sie zwischen Heizelement und Schweißteil wirkende Kraft und/oder die für ein optimales Angleichen, Anwärmen und Schweißen erforderlichen Spannschlittenwege während des Prozesses gemessen und die Meßgrößen zur Steuerung der Spannschlittenbewegung verwendet werden. Entsprechend des artspezifischen Werkstoffverhaltens wird stets eine konstante, dem jeweiligen Prozeßabschnitt vorbestimmte Kraft zwischen Schweißteil und Heizelement aufrechterhalten.

235612 4

Verfahren zum Heizelementstumpfschweißen von Plastwerkstoffen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Heizelementstumpfschweißen von Plastwerkstoffen unter Verwendung von relativ gegen ein Heizelement verschieblicher Spannschlitten zur Aufnahme der Schweißteile, welches eine weitgehende Automatisierung des Schweißprozesses ermöglichen soll.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist bekannt, daß beim Heizelementschweißen mit Wegbegrenzung beim Anwärmen und Schweißen gearbeitet wird. Dabei wird in der Anfangsphase ein relativ hoher Abschmelzdruck aufgebracht, um ein gleichmäßiges Anliegen des Bauteiles zu erreichen.

Weiterhin ist bekannt, daß die Parameter Druck p , Zeit t , Temperatur und Weg s die Qualität der Schweißverbindung beeinflussen und zur Steuerung des Arbeitsablaufes herangezogen werden. Der Schweißvorgang wird aber noch durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst, die nur schwer erfaßbar sind. Es handelt sich um:

- die Dichte
- die Fertigungstechnologie der einzelnen Bauteile
- die Toleranzen
- die geometrische Form
- die Wanddicke
- die Zuschlagstoffe
- die Farbgebung

Diese Faktoren beeinflussen den Temperaturverlauf im Werkstück und verändern damit die vorgegebenen Hauptparameter. Die Folge sind unterschiedliche Qualitäten der Verbindung bei gleichbleibenden, in der Maschine eingestellten Schweißparametern und in Auswertung dieser Fehlschweißungen einseitige, unbegründete Veränderungen der Schweißtechnologie. Weiter ist bekannt, daß durch das Abschmelzen viel Material in den Wulst gedrückt wird, das einerseits zu einer wesent-

lichen Erhöhung des Wulstes führt und damit z. B. bei Rohren die Durchflußleistung oder bei Formteilen die lichten Maße verringert und andererseits durch den hohen Energieanteil im plastizierten Material des Wulstes die Abkühlzeit vergrößert.

Die genannten Hauptparameter (p , t , T , s) sind gültig, wenn eine glatte allseitige Anlage der Schweißfläche am Heizelement erreicht ist. Dieses Anliegen ist erreicht, wenn ein gleichmäßiger geringer umlaufender Wulst vorhanden ist. Wann dieser Zeitpunkt erreicht ist, bestimmt beim mechanisierten Schweißen das Bedienpersonal. Beim automatisierten Schweißvorgang muß dieser Zeitpunkt exakt vorgegeben werden. Eine Lösung dieses Problems ist bisher nicht bekannt geworden.

Ziel der Erfindung

Es ist Ziel der Erfindung, ein Verfahren zum Heizelementstumpfschweißen von Plastwerkstoffen zu schaffen, welches in automatischen Schweißeinrichtungen einsetzbar, reproduzierbare Schweißverbindungen mit einer optimalen Qualität herzustellen gestattet.

Das Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den unbekannten, undefinierten Anfangszustand der Bauteile zu erfassen und unabhängig von Ziel und Weg bei Erreichen bestimmter Parameter, die mit der aufgebrachten oder aufzubringenden Kraft

gekoppelt sind, den technologischen Ablauf so zu beeinflussen, daß die eingebrachte Energie und die Höhe des Schweißwulstes ein Minimum erreichen, daß die Festigkeit der Verbindung jedoch ein Maximum erreicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, indem die zwischen Heizelement und Schweißteil wirkende Kraft und/oder die Spannschlittenwege, ausgehend von einer Nullstellung, während des gesamten Prozesses gemessen und mit diesen Meßgrößen eine optimale Kraft zwischen Heizelement und Schweißteil eingesteuert wird. Die Steuerung erfolgt derart, daß eine vorbestimmte Kraft zwischen Heizelement und Schweißteil durch eine prozeßabhängige Spannschlittenbewegung entsprechend des artspezifischen Abschmelz-, Ausdehnungs- und Viskositätsverhaltens der jeweils zu verschweißenden Plasttypen aufrechterhalten wird. Sie wird für den jeweiligen Prozeßabschnitt vorbestimmt.

Die Erfindung geht davon aus, daß der gesamte Schweißprozeß durch mehrere Faktoren beeinflusst wird. Bei der Anlieferung insbesondere einzeln und getrennt gefertigter Bauteile ist jedoch nicht bekannt, welche Faktoren bei dem speziellen Teil von Einfluß sind. Bekannt ist aber, daß durch die Einwirkung der Energie des Heizelementes ein Temperaturfeld entsteht, diesem Temperaturfeld ein bestimmter Viskositätsverlauf zugeordnet werden kann und ein bestimmter Viskositätsbereich eine optimale Festigkeit ergibt.

Die Steuerung des technologischen Ablaufes kann mit Hilfe der Kraft und/oder des Weges erfolgen.

Bei der Kraftsteuerung lag folgender Gedanke zugrunde. Die Schweißebene liegt nicht sofort gleichmäßig am Heizelement an. Durch die Energiezufuhr kommt es zum Abschmelzen unter Druck und bei Beibehaltung der Abschmelzposition infolge der Volumenzunahme zu Deformationen. Die Steuerung des Heizelement-Schweißvorganges mit Hilfe der Kraft läuft in folgenden

Etappen ab: Die in ihrem thermischen Verhalten unbekannten Bauteile werden in die entsprechenden Werkzeuge eingelegt, fixiert und gespannt. Die Schlitten fahren das Werkstück an das Heizelement. Der dem Verfahren bei Anliegen entgegengebrachte Widerstand ist anfänglich geringer als der, der aufgrund der geometrischen Form bei gleichmäßigem Anliegen errechnet wurde. Durch das Abschmelzen der Unebenheiten vergrößert sich die Kontaktfläche und damit auch der Widerstand. Liegt die gesamte Fläche an, entspricht der Widerstand dem errechneten. Dieser errechnete Wert ist vorgegeben, so daß bei Erreichen dieses Grenzwertes der Vorschubdruck verringert wird, oder gegen Null geht. Es beginnt die Anwärmzeit. Damit wird erreicht, daß nur soviel Material in den Primärwulst gedrückt wird, bis ein gleichmäßiges Anliegen erreicht ist, unabhängig wie hoch die Abweichung des Bauteils vom Nennmaß tatsächlich ist. Da die Volumenzunahme durch die Energiezufuhr vom Heizelement mit einem Kraftanstieg verbunden ist, fährt der Schlitten zum Kraftausgleich in Etappen zurück und zwar dann, wenn eine Grenzgröße überschritten wird, jedoch nur soweit, daß der bestehende Kontakt nicht oder nur gering unterbrochen wird. Nach Ablauf der Anwärmzeit und dem Ausschwenken des Heizelementes erfolgt das Schweißen. Die beiden Werkstücke fahren solange zusammen, bis die vorgegebene und eingestellte Kraft erreicht ist. Diese Kraft ist abhängig von der Fläche des Bauteiles und der Viskosität.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

In der dazugehörenden Zeichnung zeigen:

Fig. 1: Steuerungsdiagramm des Schweißprozesses über die wirkende Kraft

Fig. 2: Steuerungsdiagramm des Schweißprozesses über den Weg des Spannschlittens

In die Spannschlitten einer Heizelementst umpfgeschweißmaschine werden zwei Schweißteile in üblicher Weise eingelegt und gespannt. Nach Fig. 1 werden die Druckverhältnisse über die Zeit bei einem Schweißteil A in Form eines Spritzgußteiles mit einer Dichte von 0,945 und einem Schweißteil B als Extrusionsteil mit einer Dichte von 0,918 dargestellt. Schweißteil A ist durch innere Spannungen verzogen; die Schweißebene liegt nicht parallel zur Ebene des Heizspiegels. Das Schweißteil B wird vom Strang getrennt, so daß die Schweißebene parallel zu dieser Ebene liegt. Die Schweißfläche beträgt 8 cm^2 . Die Abschmelzkraft P_1 wird mit 15 Ncm^{-2} vorgegeben, so daß die Widerstandskraft des Schweißteiles A = 120 N betragen muß. Dieser Wert wird als Grenzwert vorgegeben. Nach dem Auslösen der Startfunktion fährt zuerst nur Schweißteil A an den Heizspiegel heran, wobei seine Schweißfläche nur zu einem kleinen Teil am Heizspiegel zur Anlage kommt. Damit beginnt die Abschmelzzeit t_{ab} . Die zwischen Heizspiegel und Schweißteil wirkende Kraft P liegt bei Pneumatik- oder Hydraulikantrieben über dem Nennwert der Abschmelzkraft P_N , bei Antrieben mit Geschwindigkeitsregelung, beispielsweise elektromotorischen Antriebe, unter dem Nennwert. Wird der Nennwert P_N von 120 N erreicht, fährt Schweißteil B an den Heizspiegel und die Vorschubbewegung wird = 0. Damit beginnt der eigentliche Schweißvorgang mit der Ausgangszeit t_0 , wonach sich die tabellarisch vorgegebene Anwärmzeit t_{an} , die im Ausführungsbeispiel 40 s beträgt, anschließt. Während der Anwärmzeit t_{an} soll die Kraft P = Null sein. Mit der Er-

wärmung kommt es zu einer Volumenzunahme und dadurch zu einem Druckanstieg innerhalb der Schweißbereiche der Teile A und B. Die Volumenzunahme beträgt bei Thermoplasten bis zu 25 % in einem Temperaturintervall von Raumtemperatur bis 200° C. Da die Volumenzunahme von der Dichte beeinflusst wird, ist der Anstieg der wirkenden Reaktionskraft P bei A geringer als bei Schweißteil B. Bei einer für die Anwärmzeit t_{an} vorgegebenen Grenzkraft P_G von beispielsweise 4,0 N, fahren Schweißteil A oder beide Schweißteile A und B beim Erreichen dieses Wertes zurück, jedoch nicht bis zum Ablösen vom Heizspiegel. Die Adhäsionskräfte dürfen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht überschritten werden. Ist die Anwärmzeit t_{an} abgelaufen, liegen in beiden Schweißteilen A und B bestimmte, aber unterschiedliche Temperaturfelder vor: Im Schweißteil A ist das Temperaturfeld tiefer ausgebildet als im Schweißteil B. In gleicher Weise verhalten sich die Viskositätsbereiche. Damit ist die Neigung zu einer Wulstbildung beim Zusammenfahren nach der Entfernung des Heizspiegels innerhalb der Umstellzeit t_u sehr gering. Die Schweißkraft P_s steigt mit der Zunahme des Weges. Die ermittelte Schweißkraft P_s beträgt beim Ausführungsbeispiel 76 N entsprechend der bekannten Gleichung.

$$P_s = \gamma \cdot \eta \cdot B \cdot d \cdot 10^{-6} \text{ (N)}.$$

wobei P_s = Schweißkraft

γ = Schergeschwindigkeit

B = Breite der Schweißfläche und

d = Materialdicke

η = Viskosität

bedeuten.

Wird dieser Wert erreicht, wird das Zusammenfahren unterbrochen und die Zustellbewegung ist Null; es läuft die Ab

kühlzeit t_K .

Nach etwa 10 s wird das Schweißteil A oder B aus der Einspannung gelöst, so daß ein Ausgleich der Volumenspannung erfolgen kann.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 werden zwei Spritzgußteile mit unterschiedlicher Dichte geschweißt. Schweißteil A hat eine Dichte von 0,945 und Schweißteil B eine Dichte von 0,918. Die Schweißflächen sind nicht parallel; die Schweißfläche beträgt 8 cm^2 .

Nach dem herkömmlichen Einlegen in die Spannschlitten und dem Fixieren wird die Startfunktion ausgelöst, wodurch die Abschmelzzeit t_{ab} beginnt. Auf Grund der unterschiedlichen Wärmeleitung infolge der Dickenunterschiede und der Oberflächenbeschaffenheit fährt Schweißteil B und die Zeitdifferenz Δt_{ab} verzögert an den Heizspiegel. Erreichen die Schweißteile A; B den Nennwert der Abschmelzkraft P_N ist die Abschmelzzeit t_{ab} beendet und es erfolgt eine Feststellung der Position der Spannschlitten mit Hilfe eines zugeordneten Wegmeßsystems. Diese Punkte werden als Ausgangspunkt x_{01} bei Schweißteil A und x_{02} bei Schweißteil B betrachtet. Die Positionsermittlung erfolgt am Beginn des eigentlichen Schweißvorganges bei t_0 . Sind diese Ausgangspunkte x_0 registriert, ist ein definierter Prozeßablauf ermöglicht und die Anwärmzeit t_{an} von beispielsweise 40 s kann ausgelöst werden. Da die Volumenzunahme beim Schweißteil A geringer ist als beim Schweißteil B, fährt Schweißteil A nach 10; 20; 30 s jeweils um 0,1 mm zurück. Schweißteil B hingegen fährt etwa nach 15 und 30 s jeweils um 0,1 mm zurück. Diese Werte sind Diagrammen entnommen, die bei entsprechenden Versuchsschweißungen zu ermitteln waren. Nach Ablauf der Anwärmzeit t_{an} fahren beide Schweißteile A; B innerhalb der Umstellzeit t_u um je 5 mm vom Heizspiegel zurück. Wie beim ersten Ausführungsbeispiel sind die Temperaturfelder in den Schweißteilen A und B und damit die Tiefe des schweißfähigen Be-

reiches unterschiedlich. Der für den Schweißvorgang günstige Bereich beträgt beim Schweißteil A = 0,65 mm, beim Schweißteil B = 0,45 mm.

Diese Werte sind abhängig von der Schergeschwindigkeit $\dot{\gamma}$, der Scherspannung τ , der Viskosität η , der Dichte ρ , den thermischen Eigenschaften des Werkstoffes sowie von der Einfärbung.

Entsprechend der Gleichung

$$T_x = (e^{A+Bx}) \cdot K$$

wobei T_x = Temperatur an der Stelle x des Werkstückes
A;B= Faktoren, die sich aus den thermischen Eigenschaften und der Dichte errechnen.

K = Korrekturfaktor, abhängig von Füllstoffen und Einfärbung

kann die Temperatur berechnet werden und für die Viskosität

η gilt

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

Diese Werte als Funktion der Temperatur können vom Sachkundigen mit jedem Reometer entsprechend der gültigen Prüfbestimmungen bestimmt werden. Zum Schweißen fährt nur Schweißteil A nach vorn gegen den Spannschlitten mit Schweißteil B. Der vorgegebene Schweißweg in die Schweißposition x_{u1} ergibt sich mit 41,6 mm, d. h. der Schlitten mit Schweißteil A fährt in die Position $x_s = 36,3$ mm, wenn der Ausgangspunkt $x = 0$ ist. Während der Anwärmzeit t_{an} fährt Schweißteil A um den Betrag $x_{u1} = 0,3$ mm und nach der Anwärmzeit t_{an} innerhalb der Umstellzeit t_u um 5 mm zurück. Das ist ein Gesamtweg von 5,3 mm. Da $x_{01} = 0$ als Bezugspunkt gilt, befindet sich Schweißteil A in der Position $x_{01} = - 5,3$ mm und Schweißteil B entsprechend in der Position $x_{01} = - 5,2$ mm; das entspricht der Position x_{u2} für Schweißteil B. Der Heizspiegel selbst ist 30 mm dick. Da der Schlitten mit

Schweißteil B feststeht, muß Schweißteile A den gesamten Weg einschließlich der plastizierten Bereiche zurücklegen. Die Position für Schweißteil A errechnet sich aus:

Weg von Position bei t_u nach x_{01} :	5,3 mm
Heizspiegeldicke:	30,0 mm
Weg von Position bei t_u nach x_{02} :	5,2 mm
Schweißweg/Schweißteil A:	0,65mm
Schweißweg/Schweißteil B:	0,45mm
Gesamtweg:	41,60mm

Das Schweißteil A fährt von der Position $x_{01} = 5,3$ mm in die Position $x_{01} = + 36,3$ mm.

E r f i n d u n g s a n s p r u c h

1. Verfahren zum Heizelementstumpfschweißen von Plastwerkstoffen unter Verwendung von relativ gegen ein Heizelement verschieblicher Spannschlitten zur Aufnahme der Schweißteile, gekennzeichnet dadurch, daß die zwischen Heizelement und Schweißteil wirkende Kraft und/oder die für ein optimales Angleichen, Anwärmen und Schweißen erforderlichen Spannschlittenwege während des gesamten Prozesses gemessen und mit den gewonnenen Meßgrößen die Spannschlittenbewegung so gesteuert wird, daß entsprechend des artspezifischen Abschmelz-, Ausdehnungs- und Viskositätsverhaltens eine stets konstante, dem jeweiligen Prozeßabschnitt vorbestimmte Kraft zwischen Schweißteil und Heizelement aufrechterhalten wird.

- Hierzu 1 Blatt Zeichnung -

Fig.1

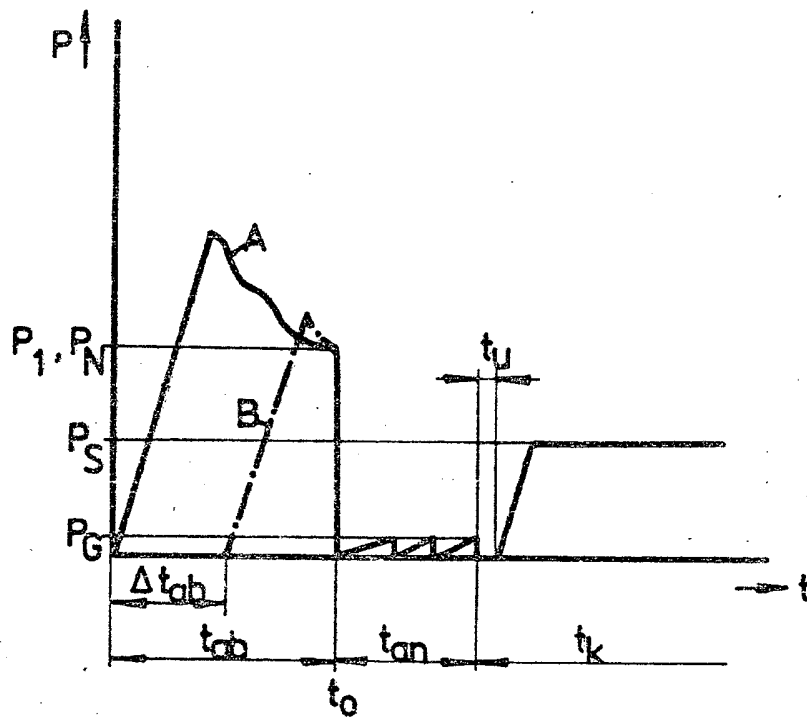


Fig.2

