

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50006/2012

(22) Anmeldetag: 17.01.2012

(45) Veröffentlicht am: 15.01.2014

(51) Int. Cl. : **H05B 6/06** (2006.01)

B29C 65/02 (2006.01)

G05B 17/02 (2006.01)

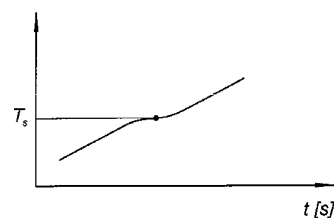
(56) Entgegenhaltungen:
US 5573613 A US 5760379 A
US 6455825 B1 US 5373143 A
EP 0014729 A1

(73) Patentinhaber:
KE-KELIT KUNSTSTOFFWERK
GESELLSCHAFT M.B.H.
4020 LINZ (AT)

(54) SCHALTUNG ZUM INDUKTIVEN ERWÄRMEN EINES METALLES

(57) Es wird eine Schaltung zum induktiven Erwärmen eines in ein nichtmagnetisches Bett eingebetteten Metalls mit einem Übertrager vorgeschlagen. Der Übertrager induziert im Metall in Abhängigkeit eines Erregerstromes I_L und einer Erregerspannung U_L Wirbelströme und bildet zusammen mit dem zu erwärmenden Metall eine Lastimpedanz X_L . Zudem ist eine Temperaturüberwachung für das zu erwärmende Metall vorgesehen. Um vorteilhafte Überwachungsverhältnisse zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass die Lastimpedanz X_L im Bereich ihrer Resonanzfrequenz betrieben wird, dass Erregerstrom I_L und Erregerspannung U_L sowie deren Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ zueinander beim Erwärmen des als Kaltleiter oder Heißleiter ausgebildeten Metalles gemessen und mitprotokolliert werden und dass ein der Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ proportionaler Temperaturverlauf aus Erregerstrom I_L , Erregerspannung U_L und Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ errechnet wird, wobei der Widerstand R_L bei Erreichen der Aufschmelztemperatur des Bettes bis zum Aufschmelzen des Bettes, zumindest nahezu konstant bleibt und erst nach einem Aufschmelzen wieder ansteigt, und wobei der aus dem Widerstandsverlauf errechnete Temperaturverlauf mit der dem Bettmaterial zueigenen Schmelztemperatur abgeglichen wird, bevor der Temperaturverlauf in einen Speicher abgelegt wird.

Temperatur [°C] FIG.3



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum induktiven Erwärmen eines gegebenenfalls in ein nichtmagnetisches Bett, insbesondere ein Kunststoffbett, eingebetteten Metalles mit einem Übertrager, der im Metall in Abhängigkeit eines Erregerstromes I_L und einer Erregerspannung U_L Wirbelströme induziert und der zusammen mit dem zu erwärmenden Metall eine Lastimpedanz X_L bildet, wobei eine Temperaturüberwachung für das zu erwärmende Metall vorgesehen ist.

[0002] Derartige in Schweißvorrichtungen integrierte Schaltungen werden beispielsweise zum Verbinden einzelner Schüsse einer Kunststoffleitung verwendet. Dazu werden Rohre oder Mantelrohre aus einem thermoplastischen Kunststoff miteinander über eine thermoplastische Verbindungsmuffe verbunden. Eine derartige Vorrichtung und ein zugehöriges Verfahren offenbart insbesondere die US 5 573 613 A, gemäß der ein Mitprotokollieren der Schweißdaten nicht vorgesehen ist. Des Weiteren ist es bekannt (WO 2007/128384 A2), zwischen der Muffe und den zu verbindenden Rohren aus thermoplastischem Kunststoff je einen in sich geschlossenen Ring aus einem Lochblech einzulegen, um dann mit Hilfe einer die Muffe im Bereich des Lochblechtrings umschließenden Induktionsspule im Lochblechring Wirbelströme zu induzieren, über die der Blechring mit der Folge erwärmt wird, dass der thermoplastische Kunststoff der Muffe und der zu verbindenden Mantelrohre im Verbindungsbereich aufgeschmolzen wird, sodass sich durch das Lochblech hindurch eine innige Schweißverbindung zwischen der Muffe und den Mantelrohren einstellt.

[0003] Eine derartige Vorrichtung ist zudem in der A 2058/2010 beschrieben. Einer der wesentlichen Vorteile eines damit möglichen Schweißverfahrens liegt darin, dass für die Zuleitung der erforderlichen Schweißenergie zur Anschlussmuffe keine Anschlussdrähte erforderlich sind. Dadurch gibt es keine, wie bei Heizwendelwiderstandsschweißverfahren im Durchtrittsbereich der Anschlussdrähte entstehenden Störzonen am Übergang zwischen geschweißtem und ungeschweißtem Material. Wie bei allen Verfahren ist es jedoch erstrebenswert, den Schweißprozess temperaturmäßig zu überwachen, gegebenenfalls auch regeln zu können. Dies kann bislang nur mit einem im Schweißbereich vorgesehenen Temperatursensor bewerkstelligt werden, was aber aus montage-technischen Gründen unpraktikabel ist

[0004] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Schaltung zum induktiven Erwärmen eines gegebenenfalls in ein nichtmagnetisches Bett eingebetteten Metalles, insbesondere zum induktiven Verschweißen einer Muffe mit dem Mantelrohr einer Fernwärmeleitung, so auszugestalten, dass eine Bestimmung des Temperaturverlaufes im Schweißbereich möglich wird, ohne das sichere Verschweißen zu gefährden. Insbesondere sollen nach einer Weiterbildung der Erfindung eine Überwachung eines vollständigen Aufschmelzens des Schweißbereiches und eine Protokollierung der Schweißnaht möglich sein.

[0005] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass die Lastimpedanz X_L im Bereich ihrer Resonanzfrequenz betrieben wird, dass Erregerstrom I_L und Erregerspannung U_L sowie deren Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ zueinander beim Erwärmen des als Kaltleiter oder Heißeiter ausgebildeten Metalles gemessen und mitprotokolliert werden und dass ein der Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ proportionaler Temperaturverlauf aus Erregerstrom I_L , Erregerspannung U_L und Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ errechnet wird, aus welchen Werten im Betrieb stets der Widerstand des Metalles errechnet und mitprotokolliert wird, wobei der Widerstand R_L bei Erreichen einer Aggregatzustandsänderung, insbesondere bei Erreichen der Aufschmelztemperatur des Bettes bis zum Aufschmelzen des Bettes, zumindest nahezu konstant bleibt und erst nach einem Aufschmelzen wieder ansteigt, und wobei der aus dem Widerstandsverlauf errechnete Temperaturverlauf mit der dem Bettmaterial zueigenen Schmelztemperatur abgeglichen wird, bevor der Temperaturverlauf in einen Speicher abgelegt wird.

[0006] In der Zeichnung ist die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel schematisch dargestellt. Es zeigen

[0007] Fig. 1 ein vereinfachtes Schaltbild der erfindungsgemäßen Schaltung

[0008] Fig. 2 ein die Enthalpie über der Zeit während des Schweißprozesses einer Kunststoffmuffe darstellendes Diagramm und

[0009] Fig. 3 ein den Temperaturverlauf im Schweißbereich einer Kunststoffmuffe über der Zeit darstellendes Diagramm.

[0010] Um die Systemschwächen- die mit der Zu- oder Einleitung von elektrisch leitenden Kabeln oder Drähten sowohl für die Schweißung als auch für die Temperaturüberwachung in die Schweißzone verbunden sind gänzlich zu vermeiden, ist erfindungsgemäß eine berührungslose indirekte Temperaturmessung vorgesehen.

[0011] Dazu ist es notwendig, aus Parametern die über eine Primärspule beim Induktionsschweißen in den Schweißgenerator übertragen und dort ausgewertet werden, die Temperatur in der Sekundärspule, also dem geschlossenen Heizmetall, beispielsweise ein Heizmetallband, bestimmen zu können. Die Lösung dieser messtechnischen Aufgabe wird nachfolgend beschrieben.

[0012] Im gegenständlichen Anwendungsfall erfolgt die Energieübertragung induktiv von einer primären Luftspule auf die Sekundärseite, das zu erwärmende Metall, ein Metallband. Die Temperatur des Metallbandes muss aus Verfahrens- und Prüftechnischen Gründen ohne direkte Messung erfasst werden.

[0013] Das Metallband hat je nach verwendetem Material einen mehr oder weniger hohen positiven oder negativen Temperaturkoeffizient, besteht also aus Materialien, die den Strom bei tieferen Temperaturen besser leiten als bei höheren. Ihr elektrischer Widerstand vergrößert sich also bei steigender Temperatur. Diese Tatsache wird benutzt um den Temperaturverlauf während des Schweißprozesses zu erfassen. Wie aus der Skizze des Prinzipschaltbildes (Fig. 1) ersichtlich, wird der überwiegend induktive Lastkreis mit einer Parallelkapazität kompensiert. In Fig. 1 ist C1 eine Parallelkapazität, X1 eine Streuinduktivität, X2 eine Induktivität für die Magnetisierung, X3 eine Sekundärinduktivität (umgerechnet auf die Primärseite) und R_L der temperaturabhängige Metallwiderstand, also im Beispiel der Bandwiderstand. Diese Widerstände zusammen bilden die an einer Versorgung liegenden Lastimpedanz X_L , an welcher der Erregerstrom und die Erregerspannung anliegen.

[0014] Im dargestellten Modell bewirkt eine Widerstandsänderung ΔR_L des Bandwiderstandes eine Änderung des Gesamtwiderstandes Z_L der Gesamtschaltung. Dies bewirkt unabhängig von sonstigen Einflüssen wie Leistungs-, Spannungs-, sowie Stromänderungen eine Phasenverschiebung in der Energieversorgung, zwischen Versorgungsspannung U_V und Versorgungsstrom I_V . Wird die Schaltung im Bereich der Resonanzfrequenz betrieben, führt dies zu sehr brauchbaren Ergebnissen. Im Besonderen ist ΔR_L ist proportional zu ΔZ_L und ΔZ_L ist äquivalent zu $\Delta \varphi$, also ist ΔR_L äquivalent zu $\Delta \varphi$. Durch Messung Versorgungsspannung U_V und Versorgungsstrom I_V über der Zeit, insbesondere in Echtzeit, können somit Phasenverschiebung $\Delta \varphi$ in der Energieversorgung und in weiterer Folge der Widerstand R_L des Metalles mit Hilfe des mathematischen Modelles errechnet werden. Somit lässt sich der Widerstandsverlauf während des Schweißprozesses mitprotokollieren. Dieser Widerstandsverlauf ist wegen der Kaltleitereigenschaften des Metalles, also wegen der Temperaturabhängigkeit, proportional dem Temperaturverlauf während des Schweißprozesses.

$$R_L = R_0 * e^{b(T_L - T_0)}$$

[0015] Mit R_0 als Nennwiderstand bei beispielsweise Raumtemperatur T_0 , mit b als Materialkonstante und mit T_L der zu bestimmenden, dem jeweiligen errechneten Widerstand R_L zugeordneten und zu messenden Temperatur.

[0016] Eine Eichung der Schaltung kann beispielsweise damit durchgeführt werden, dass die Eingangsfrequenz F der Spannungsversorgung um ΔF verändert wird. Dies bewirkt auf Basis der Modellrechnung eine Änderung der Lastimpedanz X_L , in Folge eine definierte Bandwiderstandsänderung ΔR_L und einen definierten Messwert von $\Delta \varphi$.

[0017] Mit der Erfindung kann ein Rechenwert ermittelt werden, der proportional zur Heizbandtemperatur ist und anhand dessen Verlauf die relative Änderung des Temperaturwertes im Schweißbereich sehr gut abbildet werden kann. Alle Induktionswärmeverfahren (z. B. auch das Pfannenbodenmaterial bei Induktionsherde), bei der die Sekundärwicklung aus Material mit einem positiven Temperaturkoeffizienten besteht, könnten nach dieser Methode auf eine relative Temperaturänderungsaussage geeicht und somit überwacht werden.

[0018] Eine verbesserte und genauere Zuordnung zu einer physikalischen Messgröße ($^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{K}$) ist mit der in weiterer Folge beschriebenen Schaltung möglich. Fig. 2 und 3 zeigen schematisch das Aufschmelzverhalten eines teilkristallinen Polymers (z.B. Polyethylen). Mit steigender Temperatur (T) nimmt der Enthalpiegehalt H (Energienmenge je Gramm) des Stoffes zu. Polymere haben aufgrund ihrer molekularen Struktur keinen definierten Schmelzpunkt sondern einen Schmelzbereich, der als Fläche unterhalb der Kurve des schraffierten Bereichs angenommen werden kann.

[0019] Mit dieser Stoffeigenschaft wird im Aufschmelzprozess bei Thermoplasten bei gleicher Leistungszufuhr, vor und nach dem Aggregatzustandswechsel ein einigermaßen konstanter Temperaturanstieg erfolgen (Fig. 3). Im Bereich der kristallinen Aufschmelzung (bei PE, 142°C) wird bei gleichbleibender Energiezufuhr, eine Temperaturzunahme in der Schweißlinse erst dann wieder erfolgen, wenn das Material um das Heizmetall überwiegend in den plastifizierten Zustand übergegangen ist. Diese Verzögerung in der Temperaturzunahme an diesem Temperaturpunkt ist in Fig. 3 dargestellt.

[0020] Dieser Umstand wird erfindungsgemäß dahingehend genutzt, dass im Betrieb stets der Widerstand des als Kaltleiter ausgebildeten Metalles errechnet und vorzugsweise mitprotokolliert wird, wobei der Widerstand bei Erreichen der Aufschmelztemperatur des Bettes bis zum Aufschmelzen des Bettes zumindest nahezu konstant bleibt und erst nach einem Aufschmelzen wieder ansteigt, und dass der aus dem Widerstandsverlauf errechnete Temperaturverlauf mit der dem Bettmaterial zueigenen Schmelztemperatur abgeglichen wird, bevor der Temperaturverlauf in einen Speicher abgelegt wird.

[0021] Mit Hilfe entsprechender Softwareunterstützung werden die bei jedem Schweißvorgang die erfassten Messdaten nach Durchschreiten dieses Temperaturpunktes an die kristalline Schmelzpunkttemperatur „angeheftet“ - und so der Temperaturverlauf echten Messwerten zuordenbar. Sämtliche Werte davor und danach können somit einer exakten, auf wenige Grad Celsius genauen, Schweißbandtemperatur zugeordnet und die Logdateien in Form entsprechender Temperaturkurven ausgewiesen werden, wenn ein Abgleich zwischen dem aus dem Widerstandsverlauf errechneten Temperaturverlauf mit der dem Bettmaterial zueigenen Schmelztemperatur erfolgt. Dazu wird die Kurve des errechneten Temperaturverlaufes im errechneten Schmelzbereich beispielsweise um die materialcharakteristische Schmelztemperatur in Richtung der Temperaturachse verschoben.

[0022] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein nicht näher dargestelltes Induktionsschweißgerät, insbesondere für Induktionsverbindungs muffen zum Schmelzverbinden schweißbarer Thermoplastkörper, mit einer vorbeschriebenen Schaltung.

Patentansprüche

1. Verfahren zum induktiven Erwärmen eines gegebenenfalls in ein nichtmagnetisches Bett, insbesondere ein Kunststoffbett, eingebetteten Metalles mit einem Übertrager, der im Metall in Abhängigkeit eines Erregerstromes I_L und einer Erregerspannung U_L Wirbelströme induziert und der zusammen mit dem zu erwärmenden Metall eine Lastimpedanz X_L bildet, wobei eine Temperaturüberwachung für das zu erwärmende Metall vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lastimpedanz X_L im Bereich ihrer Resonanzfrequenz betrieben wird, dass Erregerstrom I_L und Erregerspannung U_L sowie deren Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ zueinander beim Erwärmen des als Kaltleiter oder Heißeiter ausgebildeten Metalles gemessen und mitprotokolliert werden und dass ein der Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ proportionaler Temperaturverlauf aus Erregerstrom I_L , Erregerspannung U_L und Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ errechnet wird, aus welchen Werten im Betrieb stets der Widerstand des Metalles errechnet und mitprotokolliert wird, wobei der Widerstand R_L bei Erreichen einer Aggregatzustandsänderung, insbesondere bei Erreichen der Aufschmelztemperatur des Bettes bis zum Aufschmelzen des Bettes, zumindest nahezu konstant bleibt und erst nach einem Aufschmelzen wieder ansteigt, und wobei der aus dem Widerstandsverlauf errechnete Temperaturverlauf mit der dem Bettmaterial zueigenen Schmelztemperatur abgeglichen wird, bevor der Temperaturverlauf in einen Speicher abgelegt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erregerfrequenz F der an der Lastimpedanz X_L anliegenden Erregerspannung U_L zur Eichung um ΔF verändert wird, was eine Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ und eine Lastimpedanzänderung ΔX_L bewirkt, die vorzugsweise mitprotokolliert wird, wobei aus dem zugeordneten Erregerstrom I_L , der zugeordneten Erregerspannung U_L und der zugeordneten Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ aus einem mathematischen Modell der Lastimpedanz X_L die Widerstandsänderung ΔR des als Kaltleiter oder Heißeiter ausgebildeten Metalles errechnet wird.
3. Induktionsschweißgerät, insbesondere für Induktionsverbindungs muffen zum Schmelzverbinden schweißbarer Thermoplastkörper, mit einer nach einem Verfahren nach Anspruch 1 und 2 arbeitenden Schaltung.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

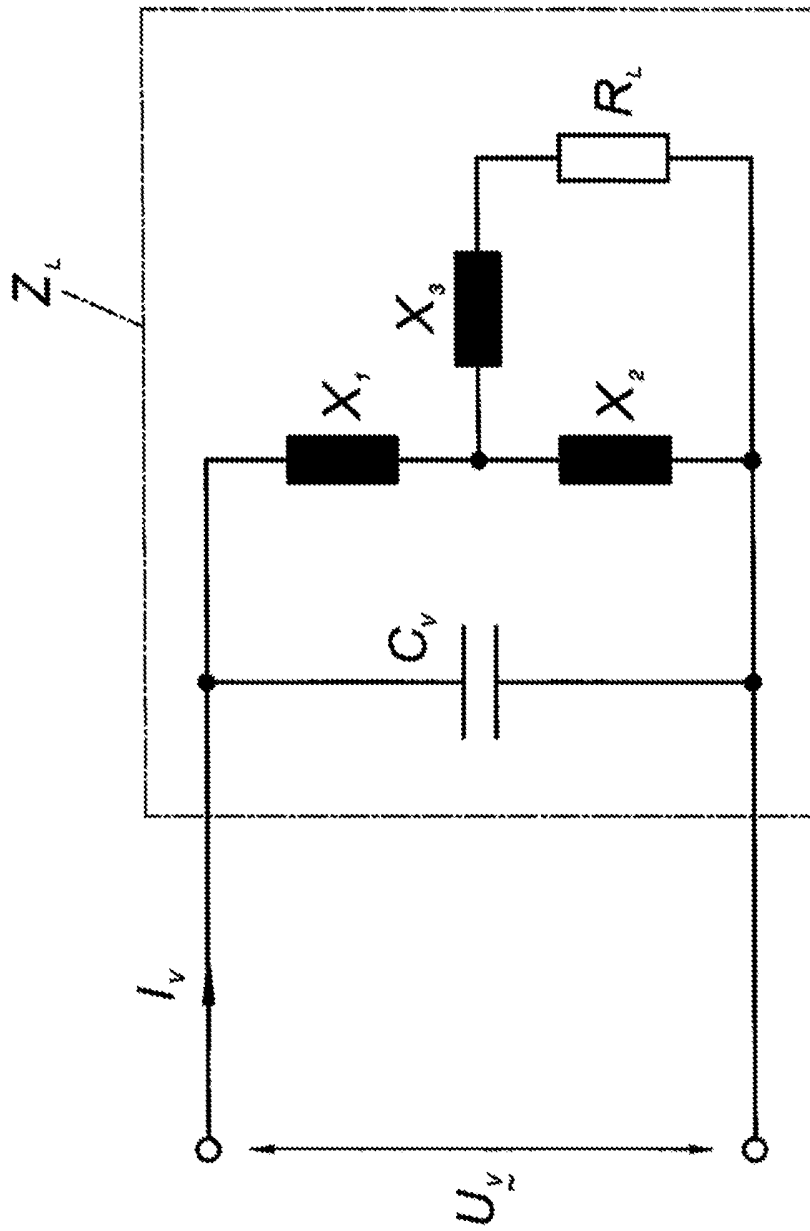


FIG.1

FIG. 2

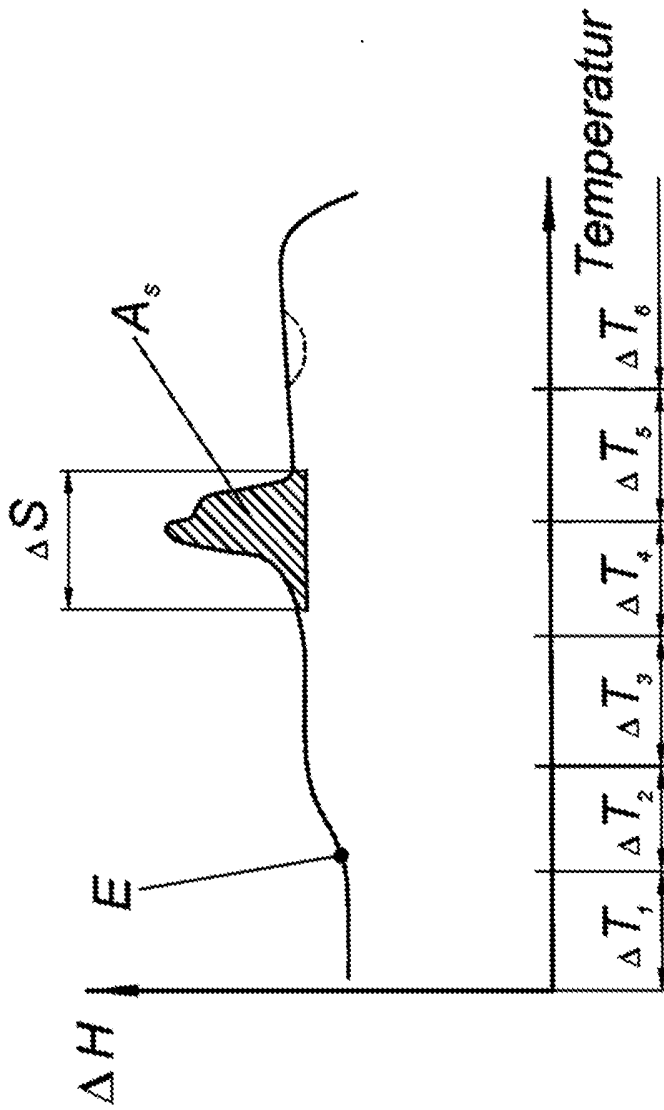


FIG.3

