

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. November 2004 (11.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/096480 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B23K 20/10**,
B29C 65/08, B06B 1/02

GMBH [DE/DE]; Hauptstrasse 97, 35435 Wettenberg
(DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/004532

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:

29. April 2004 (29.04.2004)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GORDON, Kevin**
[US/US]; 375 Ballardvale Street, Wilmington, Massachu-
setts 01887 (US).

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(74) Anwalt: **STOFFREGEN, Hans-Herbert**; Friedrich-
Ebert-Anlage 11b, 63450 Hanau (DE).

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

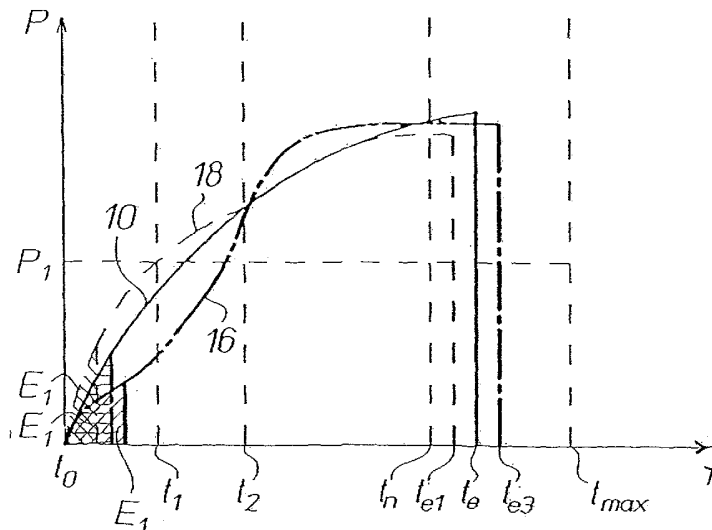
103 19 797.4 30. April 2003 (30.04.2003) DE
103 24 094.2 27. Mai 2003 (27.05.2003) DE

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR WELDING PARTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM VERSCHWEISSEN VON TEILEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for the ultrasonic welding of parts by means of an ultrasonic welding device comprising at least one generator, a converter and a sonotrode. Said ultrasonic welding device is used especially for welding cords, based on a desired curve (10) of a time-dependent welding parameter, corresponding to a welding connection of a defined request. The duration of welding corresponding to the desired curve extends between an initial moment t_0 and a final moment t_e . An actual curve (16, 18) of the time-dependent parameter is measured during welding of the parts, in order to obtain welding results having good reproducible qualities. The actual curve is compared to the desired curve in the period of time between t_0 and t_e and at least one process parameter influencing welding is modified according to a existing variation in such a manner that the actual and the desired curve are adjusted during further soldering.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/096480 A1



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Ultraschallverschweißen von Teilen mittels einer zumindest einen Generator, einen Konverter und eine Sonotrode umfassenden Ultraschallschweißvorrichtung, insbesondere zum Verschweißen von Litzen, unter Zugrundelegung einer gestellten Anforderungen genügenden Schweißverbindung entsprechenden Soll-Kurve (10) eines zeitabhängigen Schweißparameters, wobei die Schweißdauer entsprechend der Soll-Kurve zwischen einem Anfangszeitpunkt t_0 und einem Endzeitpunkt t_e verläuft. Um reproduzierbar gute Schweißergebnisse zu erzielen, wird vorgeschlagen, dass während des Verschweißens der Teile eine Ist-Kurve (16, 18) des zeitabhängigen Parameters gemessen wird, wobei im Zeitraum zwischen t_0 und t_e die Ist-Kurve mit der Soll-Kurve verglichen wird und in Abhängigkeit von bestehender Abweichung zumindest ein das Schweißen beeinflussender Prozessparameter derart verändert wird, dass eine Angleichung von der Soll- und der Ist-Kurve beim weiteren Verschweißen erfolgt.

Beschreibung

Verfahren zum Verschweißen von Teilen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Ultraschall-Verschweißen von Teilen mittels einer zumindest einen Generator, einen Konverter und eine Sonotrode umfassenden Ultraschallschweißvorrichtung, insbesondere zum Verschweißen von Litzen, unter Zugrundelegung einer gestellten Anforderungen genügenden Schweißverbindung entsprechenden Soll-Kurve eines zeitabhängigen Schweißparameters, wobei die der Soll-Kurve entsprechende Schweißdauer zwischen einem Anfangspunkt t_0 und einem Endzeitpunkt t_e verläuft.

Um Verbindungsteile ungleichartiger Materialien und ohne Vorversuche gut verschweißen zu können, ist nach der DE-A-198 10 509 vorgesehen, dass in das Schweißgut eingekoppelte Ultraschallwellen nach Wechselwirkung mit einer Fügeschicht als Messsignal erfasst werden, um sodann mittels eines Messdatenspeichers und einer Auswertereinheit für den Schweißprozess charakteristische Kenngrößen mit anschließender Ansteuerung der Sonotrode weiterzuverarbeiten.

Um Prozessparameter beim Ultraschallschweißen von Kunststoffteilen zu steuern bzw. zu regeln, sieht die DE-A-43 21 874 vor, dass zur Überwachung des Energieeintrags in die Fügestelle zwischen den zu verschweißenden Teilen die Fügekraft während des Schweißvorganges gemessen wird.

Nach der EP-B-0 567 426 wird die Schwingungsamplitude einer Kunststoffteile verschweißenden Sonotrode nach einem vorbestimmten Zeitintervall reduziert, um sodann während der verbleibenden Zeit des Verschweißens bei verringerter Schwingungsamplitude zu arbeiten. Ein diesbezügliches Steuersignal zum Reduzieren der Amplitude kann direkt oder indirekt auch in Abhängigkeit von der auf die zu verschweißenden Werkstücke übertragenen Leistung ausgelöst werden, wie dies z. B. der WO-A-98/49009, der US-A-5,855,706, der US-A-5,658,408 oder der US-A-5,435,863 zu entnehmen ist.

Aus der WO-A-02/098636 ist ein Verfahren zum Verschweißen von Kunststoffteilen bekannt, bei dem zur Optimierung des Schweißens während einer ersten Zeitspanne die Schwingungsamplitude einem vorgegebenen Verlauf folgend reduziert wird, um anschließend mit einem charakteristischen Parameter des Werkstücks zu messen und sodann in Abhängigkeit vom Wert des gemessenen Parameters mit konstanter Amplitude einer Ultraschallenergie übertragenden Sonotrode den Schweißprozess zu beenden.

Um durch Ultraschall-Drahtbonden hergestellte Verbindungen zu prüfen, sieht die DE-A-101 10 048 eine on-line-Überwachung unter Zugrundelegung von vorgegebenen bzw. gespeicherten Master-Werten vor, die Rückschlüsse auf die Festigkeit der Verbindung ermöglichen.

Bei einem Verfahren der eingangs genannten Art zum Verschweißen von Litzen werden in Abhängigkeit vom Summenquerschnitt der zu verschweißenden Leiter abgespeicherte prozessrelevante Daten wie Druck, Amplitude, Frequenz, Werkzeuggröße und Energie abgerufen, sodann geschweißt, wobei anschließend von einem Einrichter der erzielte Schweißknoten auf seine Güte überprüft wird. Genügt dieser den gestellten Anforderungen, wird unter Zugrundelegung der Zeitdauer ($t_e - t_0$ mit t_e Schweißendzeitpunkt und t_0 Schweißanfangszeitpunkt), innerhalb der die dem abgespeicherten Energiewert entsprechende Leistung abgegeben wurde, ein sich an den Schweißendzeitpunkt t_e anschließendes Zeitfenster Δt festgelegt. Liegt der Schweißendpunkt beim Verschweißen von einem gleichen Summenquerschnitt aufweisenden Litzen vor dem Ende des Zeitfensters, also zwischen t_0 und $t_e + \Delta t$, wird unterstellt, dass das Schweißergebnis ein

gutes Ergebnis ist. Dabei beläuft sich das Zeitfenster auf eine Zeitspanne, die üblicherweise 10 % bis 20 % über der Zeitdauer liegt, die der abgespeicherten Zeitdauer des als ordnungsgemäß bewerteten Schweißknotens liegt. Ist die Schweißung, also der Energieeintrag nach dem Zeitfenster, also der Zeit $t_e + \Delta t$ abgeschlossen, so wird das Schweißergebnis als ungenügend bewertet.

Mit anderen Worten wird eine Leistungs-Zeitkurve festgelegt, dessen Fläche dem abgespeicherten Energieeintrag der zu verschweißenden Teile mit vorgegebenem Summenquerschnitt entspricht, wobei der Zeitendpunkt des Schweißens innerhalb der Soll-Kurve oder in einem nachfolgenden Zeitfenster liegen muss, um als verwertbares Schweißergebnis klassifiziert zu werden.

Werden ungeachtet gleichen Summenquerschnitts unterschiedliche Materialien benutzt oder die Litzen in dem Werkzeug, also zwischen Sonotrode und Amboss unterschiedlich positioniert oder treten Temperaturschwankungen oder Umwelteinflüsse auf, kann es gegebenenfalls zu Schwankungen in der Güte der Schweißergebnisse kommen.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zu Grunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass eine Optimierung der Schweißung erfolgt, wobei insbesondere gleichmäßige und reproduzierbare Schweißergebnisse erzielbar sein sollen, wobei insbesondere Unterschiede zwischen einzelnen Schweißungen bedingt durch z.B. Material, Positionierung der Teile, Temperatur- oder Umwelteinflüsse zu kompensieren sind.

Erfindungsgemäß wird das Problem im Wesentlichen dadurch gelöst, dass während des Verschweißens der Teile eine Ist-Kurve des zeitabhängigen Parameters gemessen wird, wobei im Zeitraum zwischen t_0 und t_e die Ist-Kurve mit der Soll-Kurve verglichen werden und in Abhängigkeit von bestehender Abweichung zumindest ein das Verschweißen beeinflussender Prozessparameter derart verändert wird, dass eine Angleichung von Soll- und Ist-Kurve beim weiteren Verschweißen erfolgt.

Insbesondere werden zumindest bei einem Zeitpunkt t_1 mit $t_0 < t_1 < t_e$ die Soll- und die Ist-Wert verglichen. Ein Vergleich der Kurven kann aber auch bei Vorliegen eines gleichen Leistungswertes von Soll- und Ist-Kurve oder bei Vorliegen eines gleichen Anteils des Energieeintrags entsprechend gleicher Fläche der über der Zeit gemessenen Leistung erfolgen.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass der oder die Prozessparameter in Abhängigkeit von zu verschiedenen Zeitpunkten $t_1, t_2 \dots t_n$ mit $n \geq 2$ erfolgenden Vergleichen zwischen Soll- und Ist-Kurve und den zu den entsprechenden Zeitpunkten auftretenden Abweichungen verändert werden.

Kann der zumindest eine Prozessparameter entsprechend gespeicherter Werte insbesondere schrittweise geändert werden, so besteht bevorzugterweise auch die Möglichkeit, eine Regelung des zumindest einen Prozessparameters in Abhängigkeit von den bestehenden Abweichungen zwischen der Soll- und der Ist-Kurve vorzunehmen.

Eine Änderung kann nicht nur unter Zugrundelegung gespeicherter Werte, z. B. aus Wertetabellen erfolgen, sondern auch aufgrund abgelegter mathematischer Funktionen berechnet werden.

Abweichend vom vorbekannten Stand der Technik, insbesondere zum Verschweißen von Metallteilen, aber auch von Kunststoffteilen, erfolgt nicht ein automatischer Schweißablauf derart, dass allein zuvor abgespeicherte Werte dem Schweißprozess zu Grunde gelegt werden, sondern dass ein Vergleich zwischen einer Soll- und einer Ist-Kurve erfolgt, um aufgrund der Abweichungen zumindest einen Prozessparameter, gegebenenfalls mehrere Prozessparameter zu verändern einschließlich eines zu verändernden Energieeintrages in die zu verschweißenden Teile, um eine Optimierung zu erzielen.

Insbesondere ist vorgesehen, dass als zeitabhängiger Schweißparameter abgegebene bzw. aufgenommene Leistung der Ultraschallschweißvorrichtung gewählt wird. Als zu ändernder Prozessparameter können Amplitude der Sonotrode, auf die zu verschwei-

ßenden Teile einwirkender Druck bzw. Kraft und/oder Energieeintrag und/oder Frequenz der Sonotrode gewählt werden.

Bei einem Vergleich von Leistungs-Zeitkurven als Soll- bzw. Ist-Kurven kann erwähnenswertenmaßen ein Vergleich auch in Abhängigkeit von erfolgtem Energieeintrag vorgenommen werden, der gleich dem integralen Wert der Leistungs-Zeitkurve zu einem bestimmten Zeitpunkt ist.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen -für sich und/oder in Kombination-, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispiels.

Es zeigen:

Fig. 1 Leistungs-Zeit-Kurven und deren Nutzung nach dem Stand der Technik für das Verschweißen von Litzen,

Fig. 2 Leistungs-Zeit-Kurven zur Regelung eines Schweißprozesses,

Fig. 3 Leistungs-Zeit-Kurven zur Regelung eines Schweißprozesses über Leistungswerte,

Fig. 4 Leistungs-Zeit-Kurven zur Regelung eines Schweißprozesses bei vorgegebener Energie,

Fig. 5 Leistungs-Zeit-Kurven zur Regelung eines Schweißprozesses unter Berücksichtigung eines Energieeintrages und

Fig. 6 eine Prinzipdarstellung eines Ultraschallschweißvorrichtung mit Peripherie.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von zu verschweißenden Litzen erläutert, ohne dass hierdurch eine Einschränkung erfolgen soll. Vielmehr erstreckt sich die Erfindung auch u. a. auf das Verschweißen von Kunststoffteilen.

Um nach dem Stand der Technik Litzen mittels Ultraschall zu verschweißen, werden in Abhängigkeit von deren Summenquerschnitt in einem Speicher abgelegte Werte in Bezug auf z. B. Druck, Amplitude, Werkzeuggröße und Energieeintrag abgerufen. Sodann erfolgt ein Verschweißen der Litzen, wobei eine Leistungs-Zeit-Kurve aufgenommen wird, die der Fig. 1 zu entnehmen und mit dem Bezugszeichen 10 gekennzeichnet ist. Die Fläche unter der entsprechenden durchgezogenen Kurve 10 entspricht folglich dem Energieeintrag

$$E = \int_{t=0}^{t=t_e} P dt$$

mit P = Leistung und t = Zeit.

Im Ausführungsbeispiel entspricht die Kurve 10 einer sogenannten Soll-Kurve, die zu einem befriedigenden Schweißergebnis der zu verschweißenden Litzen geführt hat. Unter Berücksichtigung des der Kurve 10 entsprechenden Schweißendes t_e werden sodann weitere einen gleichen Summenquerschnitt aufweisende Litzen verschweißt, wobei ein gleicher Energieeintrag erfolgt wie bei der der Soll-Kurve 10 entsprechenden Schweißung. Für jede Schweißung wird sodann eine entsprechende in der Fig. 1 mit den Bezugszeichen 12 (punkt-linierte Kurve) oder 14 (gestrichelte Kurve) gekennzeichnete Ist-Kurven ermittelt, deren jeweilige Fläche gleich der der Soll-Kurve 10 ist. Entsprechend dem jeweiligen Verlauf der Leistung P ist folglich der Schweißvorgang zu verschiedenen Zeitpunkten t_{e1} bzw. t_{e2} beendet. Aufgrund von empirisch gesammelter Daten werden sodann die Schweißungen, bei denen das Schweißende vor t_e der Soll-Kurve 10 oder in einem sich anschließenden Zeitfenster Δt fällt, als gut befunden. Im vorliegenden Fall ist folglich die der Ist-Kurve 12 zuzuordnende Schweißung als ordnungsgemäß zu bewerten, da das Schweißen zum Zeitpunkt t_{e1} abgeschlossen ist und dieser Zeitpunkt innerhalb $t_e + \Delta t$, im Ausführungsbeispiel im Zeitfenster Δt , liegt.

Demgegenüber liegt der Zeitendpunkt t_{e2} der Ist-Kurve 14 nach dem Zeitendpunkt $t_e + \Delta t$ der Soll-Kurve 10, so dass infolgedessen die Schweißung verworfen wird.

Das Zeitfenster Δt beträgt üblicherweise 10 bis 20 % der Zeitdauer des Schweißens, der der Soll-Kurve 10 entspricht, also der Zeitdifferenz $t_e - t_0$.

Um sicherzustellen, dass eine Optimierung der Schweißung erfolgt, da unterschiedliche Materialien, Temperatur oder Umwelteinflüsse bzw. Positionierung der zu verschweißenden Litzen in dem von Sonotrode und Amboss gebildeten Verdichtungsraum die Schweißergebnisse beeinflussen, bzw. um auszuschließen, dass eine Schweißung erst nach dem Zeitfenster Δt , also nach einer Gesamtschweißzeit $t_e + \Delta t$ beendet ist, erfolgt erfindungsgemäß dem Grunde nach ein Regeln des Schweißprozesses unter Zugrundelegung einer ermittelten Soll-Kurve, die in Fig. 2 ebenfalls mit dem Bezugszeichen 10 gekennzeichnet ist.

Erfindungsgemäß erfolgt ein Vergleich zwischen der den Schweißungen gleichen Querschnitts bzw. Summenquerschnitts zu Grunde zu legenden Sollkurve 10 mit jeweiliger bei einer Schweißung ermittelter Ist-Kurve. Dabei kann der Vergleich bei zuvor festgelegten Zeitpunkten, bei Vorliegen gleichen Leistungswertes von Soll- und Ist-Kurve oder bei Vorliegen eines gleichen Anteils des Energieeintrages erfolgen, der gleicher Fläche der über der Zeit aufgetragenen Leistung entspricht.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 erfolgt zu Zeitpunkten t_1 und t_2 ein Vergleich zwischen der Soll-Kurve 10 und einer jeweils beim Schweißen ermittelten Ist-Kurve 16 bzw. 18. Die Ist-Kurve 16 verläuft zum Zeitpunkt t_1 unterhalb der Soll-Kurve 10. Aufgrund von zuvor abgespeicherten aus Messungen ermittelten Werten werden sodann Schweißparameter geändert. So kann z. B. Amplitude der Sonotrode und/oder über die Sonotrode auf die zu verschweißenden Teile einwirkende Kraft im Vergleich zu dem den Werten der Sollkurve 10 entsprechenden Schweißvorgang verändert und - auf die der Ist-Kurve 10 entsprechenden Schweißung bezogen - erhöht werden.

Liegt folglich die Ist-Kurve unterhalb der Soll-Kurve erfolgt grundsätzlich eine Erhöhung der einstellbaren Schweißparameter, wohingegen dann, wenn die Ist-Kurve oberhalb der Soll-Kurve verläuft, ein Reduzieren erfolgt.

Hierdurch bedingt erfolgt eine Verlaufsanpassung der Ist-Kurve 16 an die Soll-Kurve 10, d. h. erstere nähert sich letzterer. Zu einem Zeitpunkt t_2 erfolgt eine erneute Messung. Im vorliegenden Fall verläuft die Ist-Kurve 16 oberhalb der Soll-Kurve 10, so dass eine Anpassung z.B. durch Reduzierung der Amplitude und/oder Kraft erfolgen kann, ohne dass eine Änderung des Energiewertes erfolgen muss. Alternativ oder ergänzend kann gegebenenfalls auch der einzuleitende Gesamtenergieeintrag während der Schweißung verändert werden.

Anzumerken ist, dass die erfindungsgemäße Regelung bei verschiedenen Frequenzen ν der Ultraschallschweißvorrichtung durchgeführt werden kann, so z. B. mit $\nu = 20$ kHz, 35 kHz, 40 kHz etc.

In Abhängigkeit von dem festgelegten bzw. geänderten Energiewert wird sodann die Schweißung beendet, und zwar im Ausführungsbeispiel zu einem Zeitpunkt t_{e3} , der nach dem Zeitendpunkt t_e der Soll-Kurve 10 liegt. Dabei ist es abweichend vom Stand der Technik gemäß der Fig. 1 nicht erforderlich, dass der Zeitpunkt t_{e3} in oder vor einem nach dem Stand der Technik vorgegebenen Zeitfenster liegt. Vielmehr kann der Zeitendpunkt t_{e3} größer oder kleiner t_e sein. Selbstverständlich muss der Schweißvorgang vor einer definierten Endzeit abgeschlossen sein, um ein endloses Regeln zu vermeiden. Dieser Zeitendpunkt ist in Fig. 2 mit t_{\max} gekennzeichnet.

In Fig. 2 ist des Weiteren eine zweite Ist-Kurve (linierte Kurve) eingezeichnet. Diese verläuft zum Zeitpunkt t_1 oberhalb der Soll-Kurve 10. Demzufolge sind Schweißparameter zu verändern, d. h. zu reduzieren, um die Ist-Kurve 18 an die Soll-Kurve 10 anzunähern. Zum Zeitpunkt t_2 stimmt die Sollkurve 10 mit der Ist-Kurve überein. In Abhängigkeit des zuvor abgespeicherten oder aufgrund der Abweichung zwischen Soll- und Ist-Kurve 10 bzw. 18 der zum Zeitpunkt t_1 geänderten Schweißparameter wird der

Schweißvorgang zu einem Zeitpunkt t_{e1} beendet, der vor dem Zeitpunkt t_e der Soll-Kurve 10 liegt.

Ein Vergleich von Soll- und Ist-Kurven kann nicht nur zu bestimmten Zeitpunkten t_n , sondern auch bei Vorliegen gleichen Leistungswertes oder erfolgtem gleichen Energieeintrags erfolgen. Dies ist ebenfalls rein prinzipiell der Fig. 2 zu entnehmen. So kann bei gleicher Fläche E_1 von Soll-Kurve 10 und Ist-Kurven 16, 18 ein Vergleich erfolgen, um entsprechend der Abweichung die Schweißparameter in zuvor beschriebener Art zu verändern. Eine Änderung von einem oder mehreren Schweißparametern kann auch auf Grund eines Vergleichs der Kurven bei gleichem Leistungswert P_1 erfolgen. Dies wird ebenfalls an Hand der Fig. 2 prinzipiell verdeutlicht.

Werden Soll- und Ist-Kurven 10, 16, 18 bei gleichem Leistungswert P_1 verglichen, so wird erkennbar, dass der der Ist-Kurve 16 zugeordnete Schweißprozess dahingehend geändert werden muss, dass ein oder mehrere Schweißparameter zu erhöhen sind. Bezüglich der der Ist-Kurve 18 entsprechenden Schweißung erfolgt eine Reduzierung.

Hinsichtlich eines Vergleichs zwischen den Kurven 10, 16, 18 bei Vorliegen gleichen Energieeintrags E_1 ergibt sich aus dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2, dass die der Ist-Kurve 16 entsprechende Schweißung dahingehend geändert werden muss, dass ein oder mehrere Schweißparameter erhöht und bezüglich der Schweißung nach der Ist-Kurve 18 reduziert werden müssen.

Den Fig. 3 bis 5 sind weitere Leistungs-Zeit-Kurven zu entnehmen, anhand der die erfindungsgemäße Lehre erläutert werden soll. Dabei sind die jeweils mit Ist-Kurven zu vergleichenden Soll-Kurven mit dem Bezugszeichen 10 entsprechend der Fig. 1 und 2 gekennzeichnet.

Wie im Zusammenhang mit der Fig. 2 bereits erläutert worden ist, kann eine Regelung des Schweißvorganges einer Ultraschallschweißvorrichtung in Abhängigkeit etwaiger Abweichungen zwischen der Soll-Kurve 10 und einer Ist-Kurve 20 bei vorgegebenen Leistungswerten $P_1 \dots P_n$ erfolgen. Somit erfolgt ein Triggern in Abhängigkeit von der

Abweichung zwischen der Soll-Kurve 10 und der Ist-Kurve 20 bei unterschiedlichen Leistungswerten $P_1 \dots P_n$. Werden z. B. Soll- und Ist-Kurve 10, 20 bei dem Leistungswert P_2 verglichen, so sind ein oder mehrere Schweißparameter zu erhöhen, um eine Anpassung der Kurven 10, 20 zu erreichen. Unabhängig hiervon ist jedoch der Gesamtenergieeintrag von zu regelndem Schweißprozess und dem, der der Soll-Kurve 10 zu Grunde liegt, gleich. Der Zeitendpunkt t_{e1} , bei dem der Schweißvorgang entsprechend der Ist-Kurve 20 beendet ist, liegt zwischen t_1 und t_{max} .

Die Fig. 4 soll verdeutlichen, dass eine Leistungsregelung zwischen der Soll-Kurve 10 und einer Ist-Kurve 22 ausschließlich in Abhängigkeit des erfolgten Energieeintrags erfolgt. Weichen die Ist-Kurve 22 und die Soll-Kurve 10 in Bezug auf den zum jeweiligen Messzeitpunkt $t_1, t_2 \dots t_n$ erfolgten Energieeintrag

$$E = \int_{t=0}^{t=t_1 \dots t_n} P dt$$

ab, so erfolgt entsprechend der erfindungsgemäßen Lehre eine Veränderung der Schweißparameter. Unabhängig hiervon wird der Gesamtschweißvorgang dann beendet, wenn der Energieeintrag nach der Leistungs-Zeit-Ist-Kurve 22 gleich dem der Soll-Kurve 10 ist.

Abweichend von dem der Fig. 4 zu Grunde liegenden Regelungsprozess wird nach Fig. 5 zur Optimierung eines Schweißvorgangs, also dessen Regelung, nicht nur ein Prozessparameter wie Druck oder Amplitude verändert, sondern zusätzlich oder allein alternativ erfolgt eine Erhöhung des Energieeintrages. Dies wird dadurch verdeutlicht, dass dann, wenn das Integral unter der mit dem Bezugszeichen 24 versehenen Ist-Kurve gleich dem der Soll-Kurve 10 ist, ein weiterer Energieeintrag ΔE_{zus} erfolgt, bevor der Schweißvorgang zum Zeitpunkt t_x abgeschlossen ist. Ein Vergleich zwischen Ist- und Soll-Kurve 24 bzw. 10 erfolgt ebenfalls zu verschiedenen Zeitpunkten $t_1 \dots t_n$.

Anzumerken ist in diesem Zusammenhang allerdings, dass nicht zwingend dann, wenn mehrere Schweißparameter zu verändern sind, diese sämtlichst erhöht bzw. reduziert

werden müssen. Vielmehr erfolgt eine Abstimmung der Schweißparameter untereinander derart, dass eine Anpassung von Soll- und Ist-Kurve zur Erzielung eines optimierten Schweißergebnisses erfolgt.

Zur Bestimmung der Leistungs-Zeitkurve wird die Leistungsabgabe des Generators bzw. Leistungsaufnahme der Sonotrode bzw. des Schwingers über der Zeit ermittelt.

In der Fig. 6 ist rein prinzipiell eine Anordnung dargestellt, mittels der ein erfindungsgemäß geregelter Ultraschallschweißprozess durchgeführt werden kann. Hierzu ist eine Ultraschallschweißvorrichtung oder -maschine 26 vorgesehen, die in gewohnter Weise einen Konverter 26, ggf. einen Booster 28 sowie eine Sonotrode 30 umfasst. Der Sonotrode 30 bzw. einer Fläche dieser ist eine Gegenelektrode 32 zugeordnet, die entsprechend der Lehre der US-A-4,596,352 oder der US-A-4,869,419 mehrteilig ausgebildet sein kann, um einen im Querschnitt verstellbaren Verdichtungsraum, innerhalb dem die zu verschweißenden Elemente wie Leiter eingebracht werden, zur Verfügung zu stellen. Der Konverter 26 wird über eine Leitung 34 mit einem Generator 36 verbunden, der seinerseits über eine Leitung 38 mit einem Rechner (PC) 40 verbunden ist, um Schweißparameter bzw. Querschnitt von zu verschweißenden Leitern einzugeben. Die Leistungsabgabe des Generators 36 kann sodann bestimmt werden, um mittels eines in dem Rechner 40 abgespeicherten Programms die jeweilige Ist-Kurve eines Schweißprozesses zu bestimmen und mittels des Rechners 40 zu berechnen sowie mit einer zuvor festgelegten Soll-Kurve im Sinne der erfindungsgemäßen Lehre zu vergleichen, um sodann regelnd den Schweißprozess zu beeinflussen.

Patentansprüche

Verfahren zum Verschweißen von Teilen

1. Verfahren zum Ultraschallverschweißen von Teilen mittels einer zumindest einen Generator, einen Konverter und eine Sonotrode umfassenden Ultraschallschweißvorrichtung, insbesondere zum Verschweißen von Litzen, unter Zugrundelegung einer gestellten Anforderungen genügenden Schweißverbindung entsprechenden Soll-Kurve eines zeitabhängigen Schweißparameters, wobei die Schweißdauer entsprechend der Soll-Kurve zwischen einem Anfangszeitpunkt t_0 und einem Endzeitpunkt t_e verläuft,
dadurch gekennzeichnet,
dass während des Verschweißens der Teile eine Ist-Kurve des zeitabhängigen Parameters gemessen wird, wobei im Zeitraum zwischen t_0 und t_e die Ist-Kurve mit der Soll-Kurve verglichen wird und in Abhängigkeit von bestehender Abweichung zumindest ein das Schweißen beeinflussender Prozessparameter derart verändert wird, dass eine Angleichung von der Soll- und der Ist-Kurve beim weiteren Verschweißen erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei einem Zeitpunkt t_1 mit $t_0 < t_1 < t_e$ die Ist-Kurve mit der Soll-Kurve verglichen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ist-Kurve mit der Soll-Kurve bei einem gleichen Leistungswert verglichen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 ,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ist-Kurve mit der Soll-Kurve bei gleichem Energieeintrag ausgehend vom
Beginn des Schweißens verglichen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass in Abhängigkeit von der Abweichung zwischen der Ist-Kurve und der Soll-
Kurve zumindest ein Prozessparameter entsprechend gespeicherter Werte bzw.
Funktionen geändert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der zumindest eine Prozessparameter schrittweise geändert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Anpassung der Ist-Kurve an die Sollkurve durch einen Regelprozess er-
folgt.
8. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der zumindest eine Prozessparameter in Abhängigkeit von zu verschiedenen
Zeitpunkten $t_1, t_2 \dots t_n$ mit $n \geq 2$ erfolgenden Vergleichen zwischen Soll- und Ist-
Werten geändert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Regelung des zumindest einen Prozessparameters in Abhängigkeit von
gegebenen Abweichungen zwischen der Soll-Kurve und der Ist-Kurve zu den
Zeitpunkte $t_1, t_2 \dots t_n$ mit $n \geq 2$ erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als zeitabhängiger Schweißparameter abgegebene bzw. aufgenommene Leistung der Ultraschallschweißvorrichtung gewählt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als zu ändernder Prozessparameter Amplitude und/oder Frequenz der Sonotrode und/oder auf die zu verschweißenden Teile einwirkender Druck bzw. einwirkende Kraft und/oder Energieeintrag in die zu verschweißenden Teile gewählt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein oder mehrere Prozessparameter einzeln oder zusammen verändert werden.
13. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Verschweißen über dessen Gesamtdauer oder zeitweise in Abhängigkeit von der jeweiligen momentanen Abweichung von Soll- und Ist-Kurve geregelt wird.

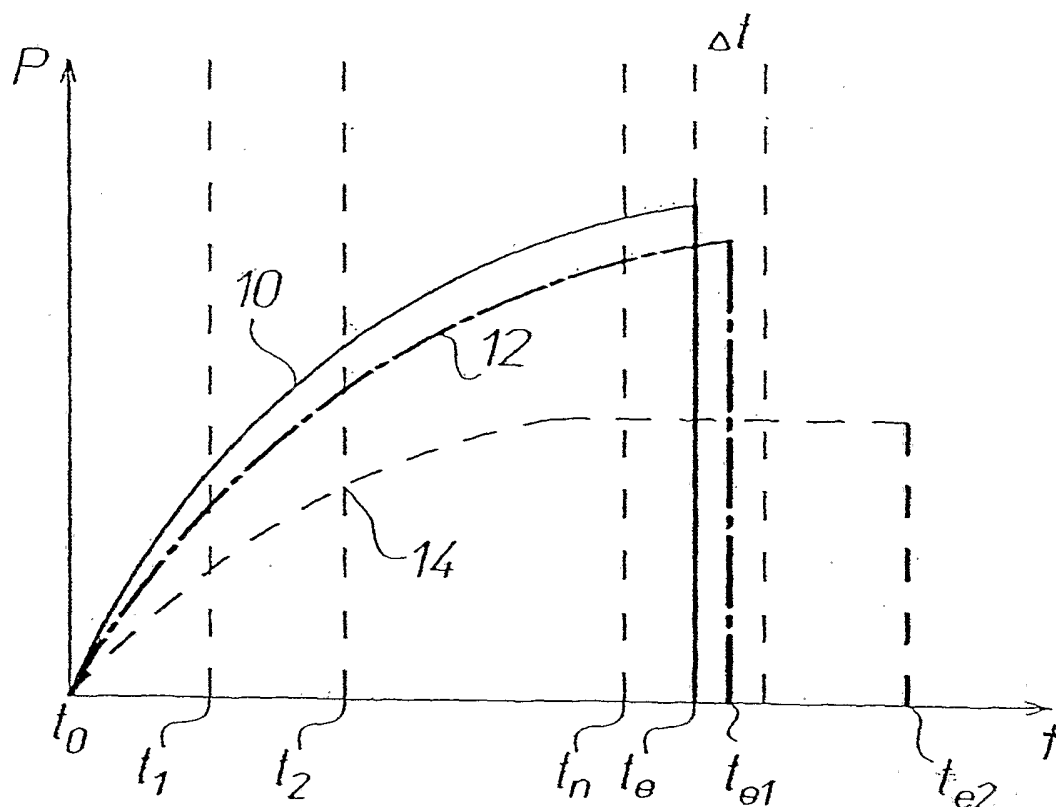


Fig.1

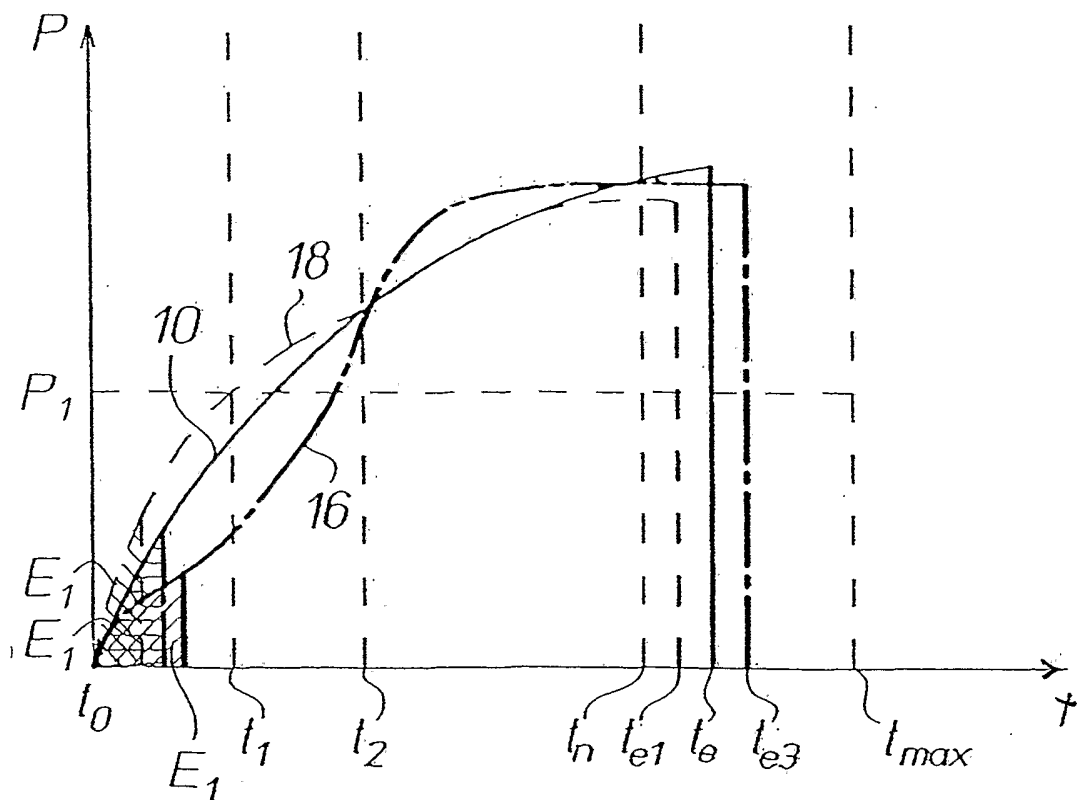


Fig.2

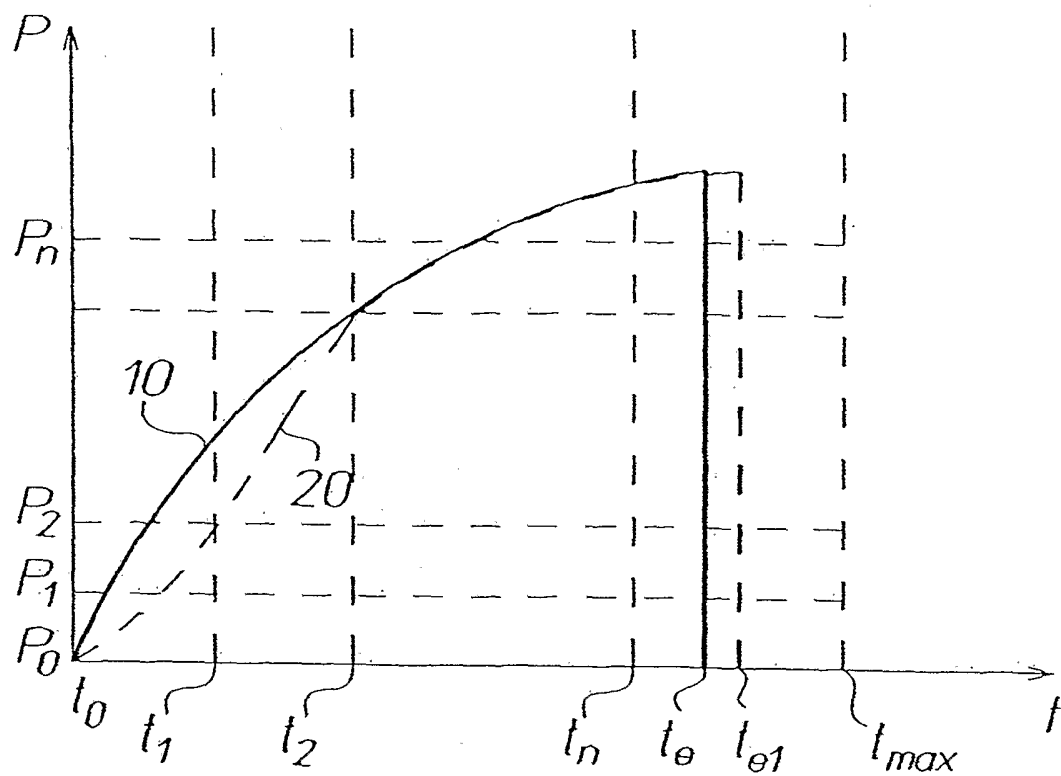


Fig.3

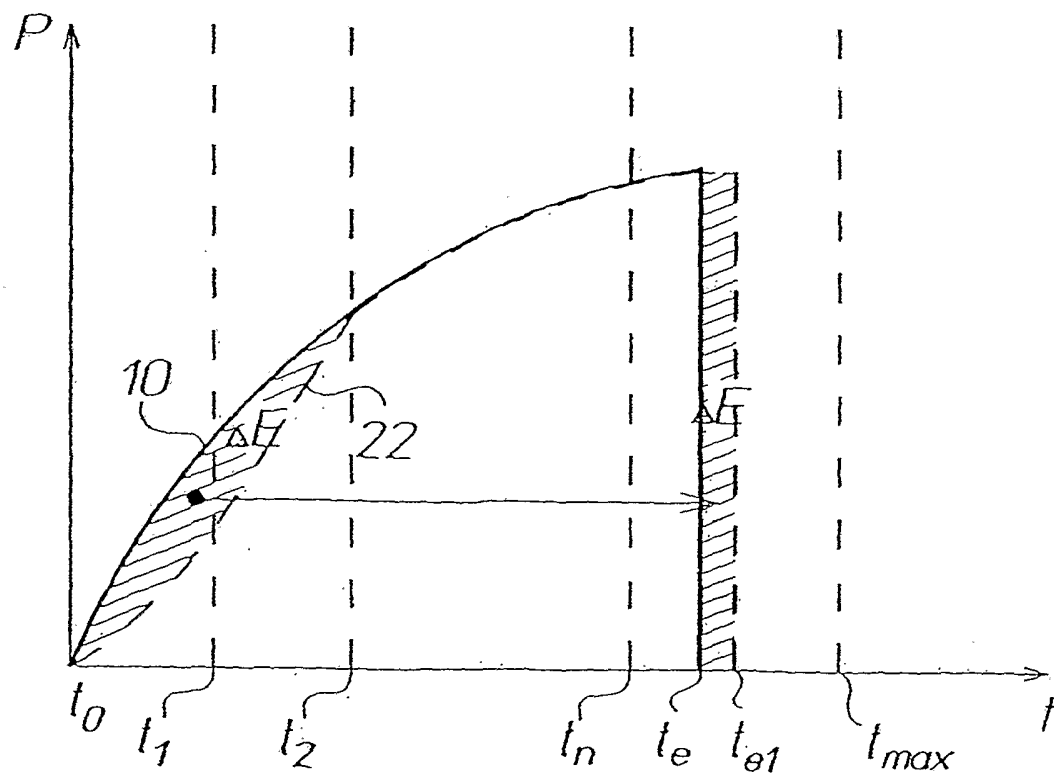


Fig.4

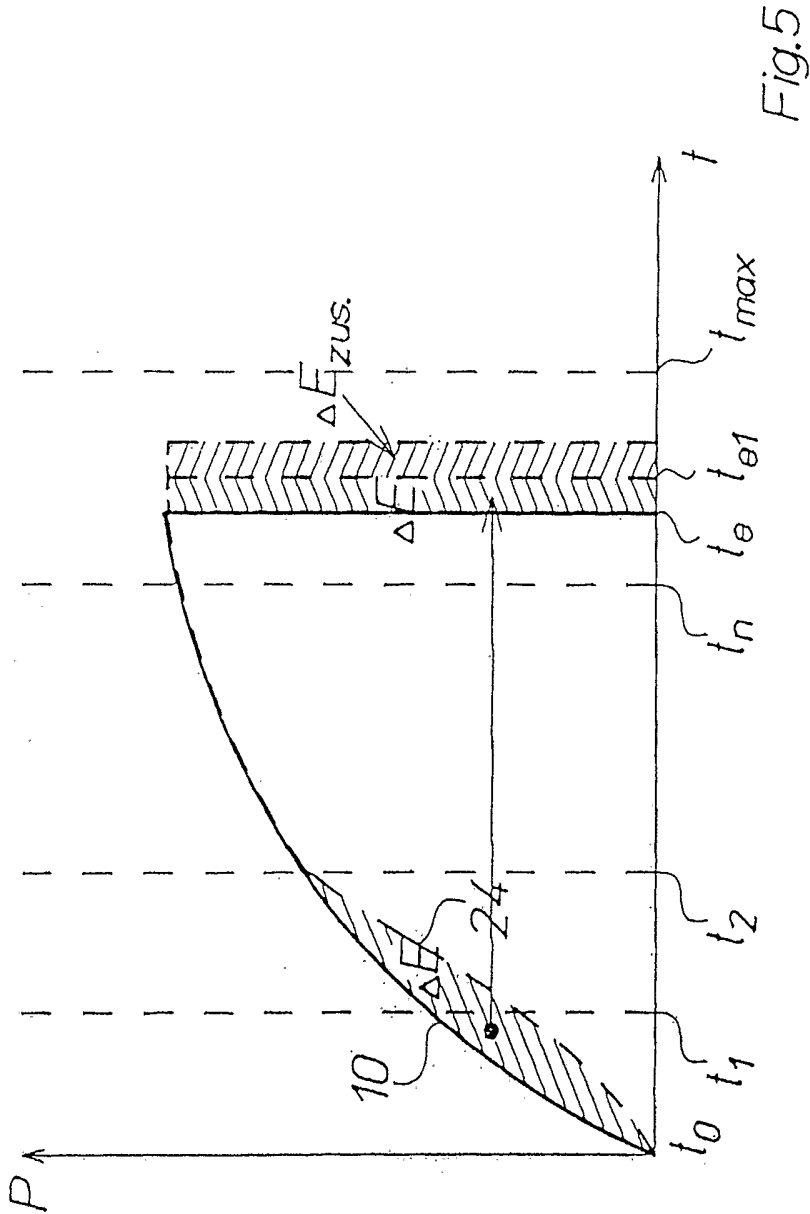


Fig.5

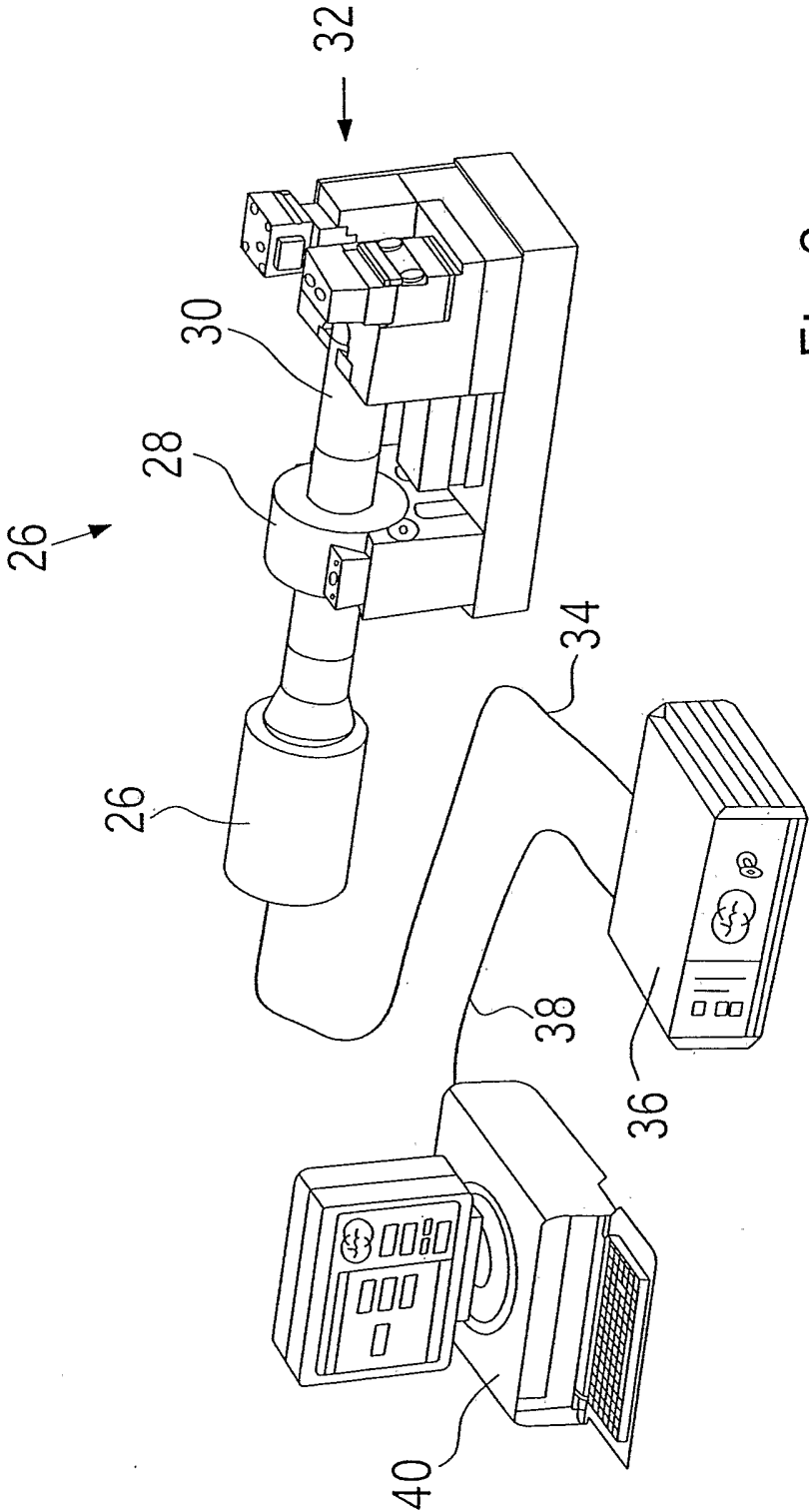


Fig.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/004532

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 B23K20/10 B29C65/08 B06B1/02		
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 7 B29C 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) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 34 29 776 A (SIEMENS AG) 13 February 1986 (1986-02-13) claim 1	1-13
X	----- GUALTIERO PICCHIO: "NOVITA NELLA SALDATURA A ULTRASUONI" INTERPLASTICS, TECHNIQUE NUOVE. MILAN, IT, vol. 14, no. 4, 1 July 1991 (1991-07-01), pages 84-86, XP000271298 ISSN: 0392-3800 Siehe insbesondere Seite 84, zweite Spalte, erster Absatz und Seite 85, dritte Spalte, erste Zeile bis Seite 86, erste Spalte. Zeile 5. ----- <div style="text-align: center;">-/--</div>	1-13
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. </div>		
* Special categories of cited documents :		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>*E* earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>*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)</p> <p>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>*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</p> <p>*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</p> <p>*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.</p> <p>*&* document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search <div style="text-align: center;">6 September 2004</div>		Date of mailing of the international search report <div style="text-align: center;">15/09/2004</div>
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 <div style="text-align: center;">Dupuis, J-L</div>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/004532

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	"ULTRASCHALLSCHWEISSMASCHINE MIT PROGRAMMSPEICHER" 1 April 1989 (1989-04-01), KUNSTSTOFFE, CARL HANSER VERLAG. MUNCHEN, DE, PAGE(S) 314 , XP000050261 ISSN: 0023-5563 the whole document	1-13
X	POTENTE H ET AL: "PROZESSOPTIMIERUNG UND ONLINE-PROZESSUBERWACHUNG BEIM ULTRASCHALLSCHWEISSEN" 1 May 1994 (1994-05-01), PLASTVERARBEITER, ZECHNER UND HUETHIG VERLAG GMBH. SPEYER/RHEIN, DE, PAGE(S) 68,70,73-74,76 , XP000442498 ISSN: 0032-1338 siehe insbesondere Figur 2, wonach Energie als Prozessgrösse ausgewertet und geregelt wird.	1-13
X	DE 31 38 520 A (SCHREIBGE STAMMBETRIEB MARKANT) 5 January 1983 (1983-01-05) page 3, lines 12-16	1-13
X	EP 0 567 426 A (EMERSON ELECTRIC CO) 27 October 1993 (1993-10-27) claim 11	1-13
A	DE 44 29 684 A (SCHUNK ULTRASCHALLTECHNIK GMBH) 29 February 1996 (1996-02-29) column 6, lines 26-38; figure 2	1-13
A	EP 0 421 018 A (SIEMENS AG) 10 April 1991 (1991-04-10) column 5, lines 46-57; figures 7-9	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/004532

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3429776	A	13-02-1986	DE 3429776 A1	13-02-1986
DE 3138520	A	05-01-1983	DD 154343 A1	17-03-1982
			DE 3138520 A1	05-01-1983
EP 0567426	A	27-10-1993	CA 2094425 A1	22-10-1993
			DE 69307179 D1	20-02-1997
			DE 69307179 T2	15-05-1997
			DE 567426 T1	03-02-1994
			EP 0567426 A2	27-10-1993
			JP 6007745 A	18-01-1994
			US 5435863 A	25-07-1995
			US 5658408 A	19-08-1997
			US 5855706 A	05-01-1999
			US 5846377 A	08-12-1998
DE 4429684	A	29-02-1996	DE 4429684 A1	29-02-1996
			DE 59501890 D1	20-05-1998
			EP 0701876 A1	20-03-1996
			ES 2116020 T3	01-07-1998
EP 0421018	A	10-04-1991	EP 0421018 A1	10-04-1991
			DE 58907246 D1	21-04-1994

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/004532

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B23K20/10 B29C65/08 B06B1/02

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B29C 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)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 34 29 776 A (SIEMENS AG) 13. Februar 1986 (1986-02-13) Anspruch 1	1-13
X	----- GUALTIERO PICCHIO: "NOVITA NELLA SALDATURA A ULTRASUONI" INTERPLASTICS, TECHNIQUE NUOVE. MILAN, IT, Bd. 14, Nr. 4, 1. Juli 1991 (1991-07-01), Seiten 84-86, XP000271298 ISSN: 0392-3800 Siehe insbesondere Seite 84, zweite Spalte, erster Absatz und Seite 85, dritte Spalte, erste Zeile bis Seite 86, erste Spalte. Zeile 5. ----- -/--	1-13



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

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. September 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

15/09/2004

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

Dupuis, J-L

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/004532

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>"ULTRASCHALLSCHWEISSMASCHINE MIT PROGRAMMSPEICHER"</p> <p>1. April 1989 (1989-04-01), KUNSTSTOFFE, CARL HANSER VERLAG. MUNCHEN, DE, PAGE(S) 314 , XP000050261</p> <p>ISSN: 0023-5563</p> <p>das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	1-13
X	<p>POTENTE H ET AL: "PROZESSOPTIMIERUNG UND ONLINE-PROZESSUBERWACHUNG BEIM ULTRASCHALLSCHWEISSEN"</p> <p>1. Mai 1994 (1994-05-01), PLASTVERARBEITER, ZECHNER UND HUETHIG VERLAG GMBH. SPEYER/RHEIN, DE, PAGE(S) 68,70,73-74,76 , XP000442498</p> <p>ISSN: 0032-1338</p> <p>siehe insbesondere Figur 2, wonach Energie als Prozessgrösse ausgewertet und geregelt wird.</p> <p>-----</p>	1-13
X	<p>DE 31 38 520 A (SCHREIBGE STAMMBETRIEB MARKANT) 5. Januar 1983 (1983-01-05)</p> <p>Seite 3, Zeilen 12-16</p> <p>-----</p>	1-13
X	<p>EP 0 567 426 A (EMERSON ELECTRIC CO)</p> <p>27. Oktober 1993 (1993-10-27)</p> <p>Anspruch 11</p> <p>-----</p>	1-13
A	<p>DE 44 29 684 A (SCHUNK ULTRASCHALLTECHNIK GMBH) 29. Februar 1996 (1996-02-29)</p> <p>Spalte 6, Zeilen 26-38; Abbildung 2</p> <p>-----</p>	1-13
A	<p>EP 0 421 018 A (SIEMENS AG)</p> <p>10. April 1991 (1991-04-10)</p> <p>Spalte 5, Zeilen 46-57; Abbildungen 7-9</p> <p>-----</p>	1-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/004532

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3429776 A	13-02-1986	DE 3429776 A1	13-02-1986
DE 3138520 A	05-01-1983	DD 154343 A1	17-03-1982
		DE 3138520 A1	05-01-1983
EP 0567426 A	27-10-1993	CA 2094425 A1	22-10-1993
		DE 69307179 D1	20-02-1997
		DE 69307179 T2	15-05-1997
		DE 567426 T1	03-02-1994
		EP 0567426 A2	27-10-1993
		JP 6007745 A	18-01-1994
		US 5435863 A	25-07-1995
		US 5658408 A	19-08-1997
		US 5855706 A	05-01-1999
		US 5846377 A	08-12-1998
DE 4429684 A	29-02-1996	DE 4429684 A1	29-02-1996
		DE 59501890 D1	20-05-1998
		EP 0701876 A1	20-03-1996
		ES 2116020 T3	01-07-1998
EP 0421018 A	10-04-1991	EP 0421018 A1	10-04-1991
		DE 58907246 D1	21-04-1994