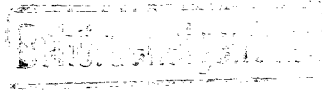


51

Int. Cl. 2:

B 23 K 11/10

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



DT 25 55 792 A 1

11

Offenlegungsschrift 25 55 792

21

Aktenzeichen: P 25 55 792.0-34

22

Anmeldetag: 11. 12. 75

43

Offenlegungstag: 23. 6. 77

30

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung: Verfahren zur Qualitätssicherung der Schweißverbindungen beim elektrischen Widerstandspunktschweißen

71

Anmelder: Eichhorn, Friedrich, Prof. Dr., 5100 Aachen

72

Erfinder: Schäfer, Rolf, Ing.(grad.); Singh, Sumanjit, Dipl.-Ing.; 5100 Aachen

Prüfungsantrag gem. § 28b PatG ist gestellt

DT 25 55 792 A 1

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Verbesserung der Reproduzierbarkeit der Qualität von Schweißverbindungen beim elektrischen Widerstandspunktschweißen,
dadurch gekennzeichnet,
daß vor Beginn der Widerstandspunktschweißung ein relativ zum Schweißstrom geringerer Vorwärmstrom über die Schweißstelle fließt, wobei die Umschaltung von Vorwärmstrom auf Schweißstrom beim Unterschreiten einer vorgegebenen zeitlichen Abnahme des Gesamtwiderstandes an der Schweißstelle erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Schweißstrom dann abgeschaltet wird, wenn der voreingestellte Elektrodenweg als Maß für die Wärmeausdehnung der Fügeteile und der entstandenen Schweißlinse innerhalb vorgegebener Grenzen der Normalschweißzeit erreicht ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß nach ein- oder mehrmaligem Erreichen oder Überschreiten einer vorgehbaren oberen oder unteren Grenze der Normalschweißzeit die Schweißstromstärke für die folgenden Schweißpunkte in Stufen erhöht oder vermindert wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Sollverlauf der Elektrodenbewegung während der

2555792

Schweißzeit vorgegeben und durch laufenden Vergleich mit dem Ist-Wert die Schweißstromstärke entsprechend erhöht oder erniedrigt wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß die Notwendigkeit eines Elektrodenwechsels angezeigt wird, falls durch Erhöhung der Stromstärke bis zu einer zulässigen Grenze der Soll-Elektrodenweg auch nach einer vorgebbaren Maximalschweißzeit nicht erreicht wird.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß der vorgegebene Sollwert des Elektrodenweges von Hand oder durch die Steuerung automatisch korrigiert wird, wenn Schwankungen der elektrischen Netzspannung und/oder der Anpreßkraft der Elektroden über einen gewissen Toleranzbereich hinaus auftreten.

709825/0077

Verfahren zur Qualitätssicherung der Schweißverbindungen beim elektrischen Widerstandspunktschweißen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Qualitätssicherung der Schweißverbindungen beim elektrischen Widerstandspunktschweißen.

Beim Widerstandspunktschweißen werden die zu fügenden Teile in überlappter Anordnung in einem Sekundär-Stromkreis niedrigerer elektrischer Spannung und hoher Stromstärke zwischen zwei Elektroden durch das Zusammenwirken von Druck und Widerstandserwärmung punktförmig zusammengeschweißt. Der Gesamtwerkstückwiderstand setzt sich zusammen aus den Stoffwiderständen der Werkstücke und den Kontaktwiderständen an den Übergangsstellen des Strompfades, wobei zu Beginn des Stromflusses der Anteil der Kontaktwiderstände überwiegt. Bei Stromfluß nehmen die Kontaktwiderstände sehr schnell ab. Deren zeitliche Abnahme sowie der erreichte Minimalwert ist stark vom Oberflächenzustand der Werkstücke, von der Stromstärke, der Elektrodenkraft und der Elektrodengeometrie abhängig. Außerdem ist die zeitliche Änderung der Widerstände an der Übergangsstelle Elektrode-Blech, infolge der unterschiedlichen Flächenpressung und Stromdichte, verschieden. Liegen Werkstücke mit ungleicher Oberflächenbeschaffenheit vor, wird bei gleicher Maschineneinstellung die Wärmeerzeugung an der Schweißstelle unterschiedlich und ungleichmäßig verteilt. Dadurch entstehen Schweißungen verschiedener Qualität.

Das Bedürfnis nach einer Möglichkeit der automatischen Qualitätssicherung über eine Vielzahl von hintereinander mit derselben Einrichtung erstellten Schweißpunkten ist in der blechverarbeitenden Industrie groß. Bekannt sind Geräte zur Verbesserung der Reproduzierbarkeit der Qualität der Schweißergebnisse, die sich in 4 Klassen einteilen lassen:

- a) Meßinstrumente, die eine oder mehrere für den Schweißprozeß wesentliche Kenngrößen, wie z.B. die effektive Schweißstromstärke messen und anzeigen;

- b) Kontrollgeräte, welche die Qualität eines entstandenen Schweißpunktes anhand eines vorgegebenen verfahrensspezifischen Kriteriums, durch Vergleich mit dem Sollwert beurteilen und die Einhaltung bzw. Unter- oder Überschreitung der vorgegebenen Toleranz anzeigen. Bei zu großen Abweichungen vom Sollwert kann die Schweißeinrichtung stillgesetzt werden;
- c) Gütesicherungsgeräte entsprechend Punkt b), die jedoch zusätzlich steuernd eingreifen und eine Korrektur der Einstellung bestimmter Schweißparameter in der Zwischenzeit vor Erstellung des nächsten Punktes vornehmen;
- d) Regelgeräte, die unmittelbar während des laufenden Schweißvorganges über einen Soll-Ist-Wertvergleich von Prozeßführungsgrößen korrigierend in dessen Ablauf eingreifen.

Die unter den Punkten c) und d) aufgeführten Geräte arbeiten bisher nach einem der folgenden Prinzipien:

- 1.1 Konstanthaltung der Spannung und/oder des Stromes auf der Primärseite des Schweißtransformators;
- 1.2 Konstanthaltung der Spannung und/oder des Stromes auf der Sekundärseite des Schweißtransformators;
- 1.3 Spannungsintegration über der Schweißzeit mit Stromzeitbegrenzung;
- 1.4 Stromintegration über der Schweißzeit mit Stromzeitbegrenzung;
- 1.5 Integration der elektrischen Leistung als Produkt der Augenblickswerte von Spannung und Stromstärke über der Schweißzeit mit Stromzeitbegrenzung (Energiekonstanthaltung);
- 1.6 Steuerung der Schweißzeit über die Wärmeausdehnung oder die Wärmeausdehnungsgeschwindigkeit der Fügeteile an der Schweißstelle senkrecht zur Blechoberfläche.
- 1.7 Steuerung der Schweißzeit über den Verlauf des Gesamtwerkstückwiderstandes.

Keines dieser Geräte ist jedoch in der Lage, die Reproduzierbarkeit der Schweißergebnisse unter allen in der Praxis anzutreffenden Bedingungen zu gewährleisten.

Geräte, die elektrische Meßgrößen erfassen, können beispielsweise nicht feststellen, wieviel Strom im Nebenschluß über einen schon erstellten Nachbar-Schweißpunkt oder über einen Blechgrat fließt. Einrichtungen, die das Auseinanderrücken der Elektroden infolge der Ausdehnung der Fügeteile an der Schweißstelle durch Erwärmung als Meßgröße benutzen, vernachlässigen in der Regel die Maßtoleranzen in den Blechdicken und können den Elektrodenverschleiß und Schweißparameterschwankungen nur teilweise kompensieren.

Durch Störeinflüsse während des Prozeßablaufes sowie durch allmähliche Veränderungen der Prozeßparameter nach einer Anzahl von Schweißungen kann sich das Schweißergebnis bei derart geregelten Schweißmaschinen entweder sporadisch bei einem einzelnen Schweißpunkt oder allmählich nach einer Serie von guten Schweißungen in unzulässiger Weise verschlechtern, obwohl nach den an der vollautomatisch arbeitenden Schweißmaschine vorgegebenen Soll-Schweißbedingungen ein gutes Ergebnis zu erwarten wäre.

Es kommt daher in der blechverarbeitenden Industrie trotz guter Startbedingungen immer wieder zu Fehlschweißungen, die durch zerstörungsfreie Prüfverfahren nicht oder nicht hinreichend erkannt werden können. Manuelle Stichproben - Prüfungen mittels "Meißelprobe" - sind unsicher und unbefriedigend. Außerdem muß nach einer bestimmten Anzahl von Schweißungen der Arbeitsprozeß unterbrochen werden, um die Elektrode bzw. Elektrodenkappe auszutauschen und ggf. nachzuarbeiten, damit Einflüsse, die von der Veränderung der Elektrodenauflageflächen und der elektrischen Kontaktbedingungen herrühren und die durch die oben genannten Maßnahmen nicht zu kompensieren sind, ausgeschaltet werden.

In keinem Fall können bisher die unterschiedlichen Ausgangsbedingungen, insbesondere hinsichtlich des elektrischen Widerstandes bei Beginn jeder Schweißung in der Maschine gezielt und systematisch beeinflußt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Prozeßablauf beim Widerstandspunktschweißen so zu steuern bzw. zu regeln, daß bei jeder Schweißung Schweißpunkte von gleichmäßig hoher Güte entstehen.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß man vor Beginn der eigentlichen Schweißung einen relativ zum Schweißstrom geringen Vorwärmstrom über Schweißelektroden und Fügeteile fließen läßt (Stufe I). Dabei arbeitet man zweckmäßigerweise mit einer gegenüber dem Schweißprozeß unveränderten Anpreßkraft der Elektroden. Der Zeitpunkt für das Umschalten vom Vorwärmstrom auf den Schweißstrom wird z.B. bestimmt durch das Unterschreiten eines als günstig ermittelten, vorgegebenen Absolutwertes (Grenzwert I) des elektrischen Gesamtwiderstandes an der Schweißstelle oder durch das Unterschreiten einer vorgegebenen Abnahmegeschwindigkeit des Gesamtwiderstandes (Grenzwert II). Durch eine empirische Festlegung der Grenzwerte in Vorversuchen werden die Ausgangsbedingungen in engen Grenzen bestimmt und der weitere Ablauf der Wärmeerzeugung und damit der Linsenbildung gezielt beeinflußt. Dadurch werden Voraussetzungen für die Entstehung von Schweißverbindungen gleichmäßiger Qualität geschaffen.

In Fig. 1 ist ein typischer Verlauf des elektrischen Gesamtwiderstandes während des Fließens eines Vorwärmstromes, z.B. in der Stärke von ca. 20 % bis 50 % des Schweißstromes dargestellt. Dieser Gesamtwiderstand wird beispielsweise bei Einphasenmaschinen durch Division der Augenblickswerte von Spannung und Stromstärke im Scheitelpunkt jeder Halbwelle des Stromverlaufs gemessen. Wird der vorgegebene Grenzwert des Gesamtwiderstandes unterschritten, so wird die Vorwärmphase beendet und auf Schweißstrom umgeschaltet. Ebenso ist es möglich, die zeitliche Abnahme des Gesamtwiderstandes in Form des Geschwindigkeits-Grenzwertes II als Schaltkriterium heranzuziehen.

In beiden Fällen sollte außerdem eine Maximalzeit, während der der Vorwärmstrom fließen soll, vorgesehen werden. Nach dieser Zeit wird spätestens auf Schweißstrom umgeschaltet. In diesem Fall kann auf einen Fehler geschlossen werden, der außerhalb der üblichen Toleranzen für Oberflächenveränderungen, z.B. durch Verschmutzung und für Änderungen der Werkstoffdicke liegt.

Zahlreiche Untersuchungen ergaben, daß die durchschnittliche Qualität von seriengefertigten Schweißpunkten namentlich bei verschmutzten und oberflächlich oxidierten Blechen dann wesentlich zunimmt, wenn das erfindungsgemäße Verfahren angewendet wird. Dabei wird zugleich der Streubereich der Festigkeitswerte der einzelnen Schweißpunkte stark eingeengt.

Eine weitere Einengung des Streubereiches der einzelnen Schweißpunkte und mithin eine weitere Steigerung der Gleichmäßigkeit der Qualität der Schweißpunkte wird durch eine weitere Ausgestaltung der Erfindung in Stufe II ermöglicht. Nach der Vorwärmung gemäß Stufe I wird die Schweißzeit so gesteuert, daß im Bereich der Schweißstelle bei allen Schweißungen eine gleiche Wärmeausdehnung erreicht wird. Die Messung der Elektrodenbewegung setzt erst bei Beginn des Schweißstromes ein. Die Elektrodenbewegung, infolge der Wärmeausdehnung der Fügeteile während des Schweißvorganges wird dabei in bekannter Weise innerhalb vorgegebener Zeitgrenzen ersatzweise als Maß für die Größe der entstandenen Schweißlinse herangezogen.

Außerdem kann eine obere Grenze für die Normalschweißzeit vorgegeben werden. Wird diese mehrmals hintereinander erreicht oder überschritten, kann über eine Vergrößerung des Stromflußwinkels eine Erhöhung der Stromstärke für die folgenden Schweißungen erfolgen.

In gleicher Weise kann auch z.B. im Hinblick auf die Gefahr des "Spritzens" eine untere Grenze für die Schweißzeit festgelegt werden. Entsprechend wird dann für die Folgeschweißungen die Stromstärke verringert. Dabei wird eine selbsttätige schrittweise Optimierung des Schweißstromes bei vorgegebenen Grenzen für die Normalschweißzeit durchgeführt, sofern sich die Schweißbedingungen stetig verändern. Einmalige, unsystematische Prozeßstörungen bleiben unberücksichtigt.

Darüber hinaus wird eine Maximal-Schweißzeit vorgegeben, falls die Soll-Ausdehnung der Schweißstelle nicht erreicht wird. Wird dies trotz Korrektur der Stromstärke nach mehrmaligem Über-

schreiten der oberen Grenze für die Normalschweißzeit nicht erreicht, wird angezeigt, daß die Elektrodenstandzeit erreicht und somit ein Elektrodenwechsel notwendig ist.

Der für die Steuereinrichtung der Stufe II vorzugebende Elektrodenweg ist anhand einer Probeschweißung unter idealen Bedingungen (Nenn-Blechdicke, kein Nebenschluß, einwandfreie Elektrodengeometrie und -oberfläche, saubere Werkstückoberflächen, keine elektrische oder mechanische maschinenseitige Störung usw.) für jede Schweißaufgabe empirisch in bekannter Weise zu ermitteln.

Weicht die Anpreßkraft der Elektroden vom Sollwert ab, kann durch eine Ergänzung der Steuerung in Stufe II der Elektrodenweg entsprechend korrigiert werden. Sporadisch auftretender Nebenschluß wird durch eine Verlängerung der Schweißzeit kompensiert. Treten z.B. Schwankungen der Netzspannung auf, so wird von der Steuereinheit eine entsprechende Korrektur des Stromflußwinkels und damit des Schweißstromes vorgenommen.

In Fällen, in denen die Haupteinflußgrößen beim Widerstandspunktschweißen starken und von Schweißpunkt zu Schweißpunkt veränderlichen Schwankungen unterliegen, (insbesondere für Veränderungen der Schweißspannung, der Schweißstromstärke, der Anpreßkraft der Elektroden sowie der Oberflächenbeschaffenheit und Blechdicke der Fügeteile) kann das erfindungsgemäße Verfahren dahingehend weiter ausgestaltet werden, daß in Stufe III nach der Vorwärmung eine Regelung des Schweißstromes während einer Schweißung erfolgt. Dabei wird ein Soll-Verlauf der Elektrodenbewegung während der Schweißzeit vorgegeben und durch einen laufenden Vergleich mit dem Ist-Wert die Schweißstromstärke entsprechend erhöht oder erniedrigt. Der Soll-Verlauf der Elektrodenbewegung wird in Vorversuchen unter optimalen Schweißbedingungen in bekannter Weise empirisch ermittelt.

Voraussetzung für die in Stufe II und Stufe III genutzte Ersatzgröße des Elektrodenweges für eine mittlere Temperatur im Bereich Schweißstelle ist, daß die Anpreßkraft der Elektroden

- 4.

und die elektrische Netzspannung zum Schweißen innerhalb einer gewissen Toleranz liegen. Wird nun vor Beginn oder während der Schweißung festgestellt, daß die Anpreßkraft der Elektroden und / oder die Netzspannung weit vom Sollwert abweichen, kann daraus geschlossen werden, daß die Temperaturverteilung im Bereich der Schweißstelle dadurch wesentlich verändert wird. In diesem Fall ist es zweckmäßig, den ursprünglich vorgegebenen Sollwert des Elektrodenweges zu korrigieren. Die Abweichung des Elektrodenweges vom Sollwert in Abhängigkeit von der Netzspannung und der Elektrodenanpreßkraft wird empirisch ermittelt.

Die Stufe III läßt sich zu einem Schweißrechner ausbauen. Hierbei können z.B. Daten über verschiedene Werkstoffe und Blechdicken in Zusammenhang mit den einzustellenden Schweißdaten und erforderlichen Elektrodengeometrien gespeichert werden. Die Daten können fest verdrahtet, in Steckkartenform oder mit Hilfe von Programmen eingegeben werden. Durch den Einsatz eines entsprechenden Schweißrechners können alle im Bereich des Widerstandspunktschweißens vorliegenden Schweißaufgaben optimal gelöst werden.

Sowohl bei Stufe III als auch in der Weiterentwicklung zum Schweißrechner, wird die Notwendigkeit eines Elektrodenwechsels angezeigt, wenn durch das Nachregeln der Schweißstromstärke innerhalb von vorgebbaren Grenzen der Soll-Elektrodenweg nicht erreicht werden kann.

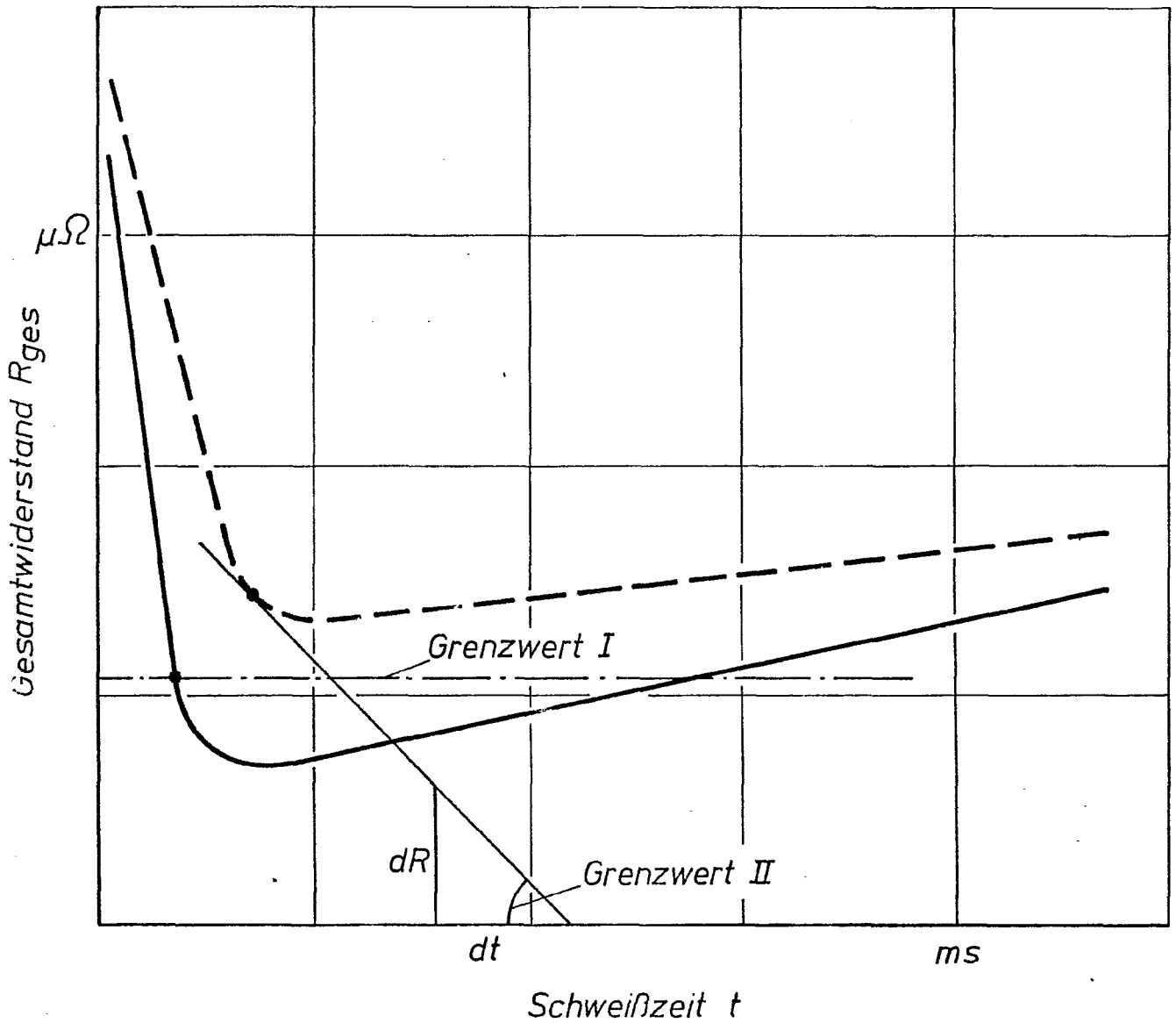
10

Leerseite

Nummer: 25 55 792
Int. Cl.²: B 23 K 11/10
Anmeldetag: 11. Dezember 1975
Offenlegungstag: 23. Juni 1977

2555792

• 11 •



709825/0077