

(12) **Ausschließungspatent**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **215 957 A5**3(51) **B 23 K 9/10****AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP B 23 K / 259 605 0
(31) 243/83(22) 25.01.84
(32) 26.01.83(44) 28.11.84
(33) HU

(71) siehe (73)

(72) Rétfalvi, Ferenc, Dr. Dipl.-Ing.; Lukács, László, Dipl.-Ing.; Molnár, László, Dr.; Szappanos, Ádám; Tóth, László, HU

(73) Kohaszati Gyarepítő Vallalat, Budapest, HU

(54) Verfahren zur interoperationsmäßigen Gewährung der Nahtqualität, zur Markierung der Fehlerstellen auf dem Werkstück und zur Bescheinigung der Qualität beim Schweißen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur interoperationsmäßigen Gewährung der Nahtqualität, zur Markierung der Fehlerstellen auf dem Werkstück und zur Bescheinigung der Qualität beim Schweißen. Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß die Istwerte und die errechneten Werte mit den empirisch angenommenen Optimalwerten verglichen werden, wodurch die absoluten Werte und die Richtungssignale sowie die Zeitdauer der Abweichungen festgestellt werden, die Durchschnittswerte von den Optimalwerten und der Richtungssignale in bezug auf eine im voraus angenommene Zeitdauer und der Quotient von der Zeitdauer der Abweichungen und der im voraus angenommenen Zeitdauer gebildet werden; weiterhin werden die auf diese Weise erlangten Durchschnittswerte und Quotient aufgeschrieben, damit gleichzeitig untersucht wird, wie sich die Durchschnittswerte der absoluten Werte zu einem ersten und einem zweiten Schwellenwert verhalten, und in dem Falle, wenn sie zwischen dem ersten und dem zweiten Schwellenwert liegen, erfolgt ein Warnsignal an den Schweißer. Figur

Berlin, den 9. 5. 84

63 494 13

Verfahren zur interoperationsmäßigen Gewährung der Nahtqualität, zur Markierung der Fehlerstellen auf dem Werkstück und zur Bescheinigung der Qualität beim Schweißen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, das die interoperationsmäßige Gewährung der Nahtqualität so ermöglicht, daß der Schweißer noch vor dem Eintritt eines Fehlers auf den Fehler aufmerksam gemacht wird. Das erfindungsgemäße Verfahren ist weiterhin für die Markierung der Stellen der auftretenden Fehler auf dem Werkstück sowie für Qualitätbescheinigung durch das kontinuierliche Registrieren der einlaufenden und verarbeiteten Signale (Fehlersignale) geeignet.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bei der Herstellung einer Stahlbaukonstruktion wird deren Qualität durch das Schweißen zur Verbindung der Konstruktionselemente entscheidend bestimmt, daher besteht ein beträchtlicher Anteil der Herstellungskosten aus den Schweiß- und Prüfungskosten. Neben den hohen Kosten beeinflusst das Schweißen auch die technologische Zeitdauer grundsätzlich, denn es gibt wenige Schweißer, die auf Grund der hohen Qualitätsforderungen befriedigende Nähte fehlerlos erzeugen können. Die Kosten und die technologische Zeitdauer werden auch dadurch zunehmen, daß die Nähte zwecks Kontrolle zu röntgen sind. Nach der Verbesserung der fehlerhaften Nähte sind diese Stellen wiederholt mittels Röntgenaufnahmen zu kontrollieren. Diese Verbesserung kann einen Grundstoffschaden zur

Folge haben, der eine vorzeitige Schadhafthwerdung der Konstruktionen ergibt bzw. deren Belastbarkeit herabsetzt.

Bisher versuchte man die-se Probleme so zu vermindern, daß man die Lichtbogenschweißeinrichtungen möglichst optimal einstellte und mit interoperationsmäßiger Regelung versah. Diese Lösung bewährte sich unter besonders harten Umständen weniger.

Ein Verfahren zur Einstellung von Schweißapparaten ist in der HU-PS 164 536 beschrieben. Dieses patentierte Verfahren geht davon aus, daß die Abschmelzung der Schweißelektroden und so die Eigenschaften des Schweißens von den elektrischen Parametern des Schweißens (Schweißspannung und Lichtbogenstrom sowie aus diesen errechenbare Kurzschlußzeit und Tropffrequenz) grundsätzlich bestimmt werden.

Durch das Messen des Lichtbogenstromes und der Lichtbogen-spannung werden zu einer gegebenen Aufgabe gehörende Parameter bestimmt. Der optimale Wert der Stromveränderungs-geschwindigkeit wird durch die Veränderung des induktiven Widerstandes der Schweißmaschine eingestellt. Der Schwei-ßer führt seine Arbeit mittels dieser optimal eingestell-ten Maschine durch.

Nach der US-PS 4 103 141 ist es nicht ausreichend, die Schweißmaschine vor dem Arbeitsbeginn einmal einzustellen, sondern sie ist kontinuierlich zu regeln, um den Lichtbo-genstrom und die Lichtbogenspannung an einem im voraus be-stimmten Wert zu belassen. Auf diese Weise läßt sich ein

Qualitätsschweißen durchführen.

Es ist weiter eine Vorrichtung bekannt, die den Schweißer während seiner Arbeit kontrolliert.

Eine solche Vorrichtung ist in der US-PS 4 063 075 beschrieben. Nach dieser Lösung kontrolliert und registriert eine zentrale Rechenmaschine durch die an die einzelnen Arbeitsstellen angesetzten Meßstellen die Tätigkeit der Arbeiter (höchstens 100 Arbeitsstellen). Sie registriert die Anzahl der Zündungen, die Zeitdauer und Parameter des kontinuierlichen Schweißens sowie die Menge der verbrauchten elektrischen Energie.

Die zuvor aufgeführten, sich auf Schweißvorrichtungen beziehenden Patente betreffen nur die Untersuchung und die Kontrolle des Schweißprozesses, aber sie brachten keine völlig befriedigende Lösung, denn die Praxis zeigt, daß mit optimal eingestellten und mit Regelung ausgerüsteten (halbautomatischen) Schweißmaschinen auch nur gutausgebildete Schweißerfacharbeiter fehlerlose Nähte erzeugen können und die Ermüdung, Unachtsamkeit, schlechte Kondition usw. die Qualität dieser Nähte verschlechtern. Die große Anzahl kontrollierender Röntgenprüfungen kann nicht befriedigen.

Die an sich bekannte, die Schweißer kontrollierende Vorrichtung brachte auch keine Lösung, denn sie kontrolliert praktisch nur die Leistung und die Arbeitsdisziplin des Arbeiters, aber sie gewährt keine gute Nahtqualität.

Die langzeitigen praktischen Erfahrungen deuten eindeutig

darauf hin, daß die Nahtqualität hauptsächlich von dem Schweißer und nur zweitrangig von der Vorrichtung abhängt, denn die Fachkenntnis, Erfahrung und Geschicklichkeit des Schweißers können die geringeren Einstellungsfehler und die schlechte Funktion der Regelung kompensieren, gleichzeitig aber ergeben sich Nahtfehler, auch mittels gut eingestellter Maschinen.

Die Schweißer führen die grundsätzliche Schweißphase auf vielfältige, eigenartige Weise, z. B. durch andersartige Handhabung aus, die die Schweißleistung und die Nahtqualität beeinflusst. Durch eine Analyse der Arbeit der Schweißer läßt sich eine allgemeine Arbeitsmethode feststellen, die von hervorragenden Schweißern angewandt wird.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die vorgenannten Nachteile zu vermeiden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur interoperationsmäßigen Gewährung der Nahtqualität, zur Markierung der Fehlerstellen auf dem Werkstück und zur Bescheinigung der Qualität beim Schweißen zur Verfügung zu stellen.

Mit der vorliegenden Erfindung sollen folgende Aufgaben gelöst werden:

- die Steigerung "des Wissens und der Geschicklichkeit" der Schweißer durch Informationsangaben;
- das Vorausanzeigen der Kondition des Schweißers am

Schichtanfang durch den gemessenen Fehlerprozentsatz;

- die Anzeige der augenblicklichen Fehler beim Schweißer und an sonstigen Kontrollstellen, z. B. beim Meister;
- die Markierung der Stelle der möglichen fehlerhaften Nähte auf dem Werkstück (die zerstörungsfreie Prüfung läßt sich auf diese Strecken begrenzen);
- die Bescheinigung der Qualitätsgewährung;
- das Qualifizieren des Schweißers.

Zur Verwirklichung der obigen Zielsetzungen führen folgende Erkenntnisse:

- a) bei jedem Schweißen läßt sich ein optimaler Arbeitspunkt auf der Kurve vom Lichtbogenstrom/Lichtbogenspannung (empirisch) feststellen und es sind eine optimale Lichtbogenleistung bzw. Bereich;
- b) ähnlicherweise existieren eine optimale Kurzschlußzeit und auch eine Tropffrequenz bzw. Bereich;
- c) die hergestellten Nähte sind von einwandfreier Qualität, wenn die Durchschnittswerte der Lichtbogenparameter (Strom, Spannung, Tropffrequenz, relative Kurzschlußzeit sowie Lichtbogenleistung) in eine bestimmte Umgebung der Optimalpunkte fallen, während im Falle des Zusammenfallens oder Außerhalbliiegens Nahtfehler mit großer Wahrscheinlichkeit entstehen.
- d) ein Nahtfehler wird dann eintreten, wenn die Abweichungsgeschwindigkeit des Durchschnitts von Lichtbogenparametern einen kritischen Wert erreicht;
- e) durch ein Vergleichen der Abweichungszeiten der augen-

blicklichen Werte (Istwert) von den Optimalwerten und durch eine Extrapolation der Tendenz lassen sich die Kon-
dition des Arbeiters bzw. der zu erwartende Fehlerprozent-
ansatz im voraus zeigen.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die augenblick-
lichen Werte (Istwerte) der/des für das Schweißverfahren
charakteristischen Lichtbogenspannung und Lichtbogenstromes
kontinuierlich gebildet und aus diesen kontinuierlich die
relative Kurzschlußzeit, Tropffrequenz und Leistung des
Lichtbogens kontinuierlich errechnet.

Das Wesen der Erfindung liegt darin, daß diese Istwerte und
die errechneten Werte mit den empirisch angenommenen Opti-
malwerten verglichen werden, wodurch die absoluten Werte
und die Richtungssignale sowie die Zeitdauer der Abweichungen
festgestellt werden, die Durchschnittswerte von Optimalwer-
ten und den Richtungssignalen in bezug auf eine im voraus
angenommene Zeitdauer und der Quotient von der Zeitdauer der
Abweichungen und der im voraus angenommenen Zeitdauer gebil-
det werden. Diese Durchschnittswerte und der Quotient wer-
den registriert. Gleichzeitig mit diesem Registrieren wird
untersucht, wie sich die Durchschnittswerte von den absolu-
ten Werten zu einem ersten und einem zweiten Schwellenwert
verhalten. In dem Falle, wenn sie zwischen den ersten und
zweiten Schwellenwerten liegen, erfolgt ein Warnsignal an
den das Schweißen durchführenden Arbeiter. In dem Falle
aber, wenn die Durchschnittswerte den zweiten Schwellenwert
übersteigen, erfolgt ein weiteres Signal und damit gleich-
zeitig eine Fehlermarkierung auf dem Werkstück, und zwar

solange, bis die Durchschnittswerte den zweiten Schwellenwert nicht unterschreiten.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden der eben gebildete Durchschnittswert der absoluten Werte und der Quotient der Zeitdauer mit dem im voraus gebildeten und registrierten Durchschnittswert und dem Quotienten verglichen. Bestimmt wird die Geschwindigkeit der Veränderung, und falls sie einen dritten Schwellenwert übersteigt, so erfolgt ein Warnsignal, bevor die Durchschnittswerte den ersten Schwellenwert übersteigen würden.

Zwecks Vorausanzeigens der zu erwartenden Fehler geht man erfindungsgemäß vor, daß die Anzahl der binnen längerer Zeiteinheit, vorzugsweise einer Stunde, auffallenden Überschreitungen des ersten und zweiten Schwellenwertes und, wenn sie einen weiteren Schwellenwert überschreiten, jeweils ein Signal auslösen.

Zur Festlegung der möglichen Fehlerstellen wird nach der Erfindung zweckmäßig so vorgegangen, daß neben der Fehlermarkierung auch Zeitmarkierungen auf das Werkstück zeiteinheitlich aufgetragen werden.

Die Fehlermarkierung und die Zeitmarkierung erfolgen mittels Anstrichmitteln unterschiedlicher Farben.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird in einem Ausführungsbeispiel an Hand der beigefügten Zeichnung näher erläutert. Darin wird eine mögliche Ausführungsform der nach dem erfindungsgemäßen Ver-

fahren arbeitenden Vorrichtung veranschaulicht. So wird das Verfahren durch die Funktion der Vorrichtung dargelegt.

Während des Schweißens werden die für den Schweißprozeß charakteristischen Istwerte des Lichtbogenstromes und der Lichtbogenspannung mittels vorzugsweise an den Ausgängen der mit Schweißstrom versehenen Lichtbogenschweißanlage angeschlossenen Lichtbogenstromfühlers 1 und Lichtbogenspannungsfühlers 2 gemessen. Aus diesen Ist-werten werden die Istwerte der relativen Kurzschlußzeitdauer, der Tropffrequenz und der Leistung des Lichtbogens mittels einer Signalbildungseinheit 4 für Tropffrequenz, einer Signalbildungseinheit 5 für relative Kurzschlußzeitdauer sowie einer Recheneinheit 6 für Lichtbogenleistung errechnet. Die Signale der Istwerte werden an die Signaleingänge einer Differenzbildungseinheit 7 geleitet. Die Bezugssignaleingänge der Differenzbildungseinheit 7 sind an den Ausgängen eines Optimalwertgebers 8 angeschlossen, der die Werte der für die gegebene Schweißaufgabe empirisch angenommenen optimalen Lichtbogenparameter ergibt. Mittels der Differenzbildungseinheit 7 vergleicht man die gemessenen und die errechneten Werte der Lichtbogenparameter mit den entsprechenden optimalen Werten, wobei man die Absolutwerte der Abweichungen und die zugehörigen Richtungssignale feststellt. Diese Signale werden einerseits in die Durchschnittsbildungseinheit 9, andererseits in die Feststellungseinheit 15 für den Abweichungszeitraum eingeleitet.

In der Durchschnittsbildungseinheit 9 werden die Absolutwerte und der Durchschnitt der Richtungssignale in bezug auf eine empirisch angenommene Zeitdauer (die sich aber von der

Aufgabe abhängig verändert) gebildet. Die in der Durchschnittsbildungseinheit 9 gebildeten Durchschnittswerte und Richtungssignale werden einerseits an die Eingänge der Vergleichseinheit 11, andererseits an die Eingänge des Registers 19 und zu dritt an die Eingänge des Speichers 10 geleitet. Die Durchschnittswerte und die Richtungssignale der Abweichungen werden mittels des Speichers 10 zeitweilig, mittels des Registers 19 endgültig gespeichert. Diese Signale leitet man weiter an einen Anzeiger 29 zur Fehlerart und an einen Eingang der Vergleichseinheit 14.

Mittels der Vergleichseinheit 11 untersucht man, ob die Durchschnittswerte zwischen einem ersten Schwellenwert und einem zweiten Schwellenwert liegen, oder größer sind als der zweite Schwellenwert. Die Schwellenwertsignale erfolgen von dem ersten Schwellenwertgeber 12 und von dem zweiten Schwellenwertgeber 13. In dem Falle, wenn die Durchschnittswerte zwischen dem ersten und zweiten Schwellenwert liegen, erfolgt ein Warnsignal. Das erfolgte Warnsignal hängt auch noch von dem durchschnittlichen Richtungssignal der Abweichungen ab, also davon, ob der Durchschnitt unter dem optimalen Wert liegt, dann erfolgt das erste Warnsignal. Wenn dieser aber darüber liegt, so erfolgt das zweite Warnsignal an dem ersten und zweiten Ausgang der Vergleichseinheit 11. Wenn aber der Schweißer um die optimalen Werte arbeitet, erfolgt kein Signal.

Mittels der ersten und zweiten Warnsignale und des im Schutzschild des Arbeiters eingebauten, Warnungssignale 3 bzw. 23 abgebenden Signalgebers kann man den Arbeiter auf

den Eintritt eines zu erwartenden Fehlers und dessen Vermeidung rechtzeitig aufmerksam machen. Damit kann auch ein Schweißer mit durchschnittlicher Fähigkeit Qualitätsnähte erzeugen.

In dem Falle, wenn die Durchschnittswerte den zweiten Schwellenwert übersteigen, erfolgt ein drittes Fehlersignal an dem dritten Ausgang der Vergleichseinheit 11. Das dritte Fehlersignal erscheint auch bei dem Arbeiter durch den Fehlersignalgeber 22 und den Anzeiger 29 für Fehlerart, wo auch die Durchschnittswerte der Abweichungen der Schweißparameter gleichzeitig erscheinen. Weiterhin markiert der Fehlersignalmarkierer 29 den fehlerhaften Nahtteil auf dem Werkstück durch Farben während des Fortbestehens.

Zur Unterlagenführung des ganzen Schweißprozesses dient das Register 19, das die Durchschnittswerte von den Abweichungen der Schweißparameter, die ersten und zweiten Warnsignale sowie die dritten Fehlersignale in Abhängigkeit von der Schweißzeitdauer registriert. Um die registrierten Angaben von dem Register 19 mit der auf dem Werkstück befindlichen Naht identifizieren zu können, bringt der Fehlersignalmarkierer 24 Zeitmarkierungen von der Farbe der Fehlermarkierungen abweichender Farbe auf das Werkstück auf.

Wie bereits vorher beschrieben, schließen sich die Ausgänge der Differenzbildungseinheit 7 auch an die Eingänge der Einheit 15 zur Abweichungszeitbestimmung an. An den Ausgängen der Einheit 15 zur Abweichungszeitbestimmung bestehen die Abweichungszeitsignale solange, wie die Schweiß-

parameterabweichung von dem optimalen Wert gegeben ist.

Diese Abweichungszeitsignale werden zur Quotientbildungseinheit 16 geleitet, und so wird der Quotient der Abweichungszeitdauer im Verhältnis zu einer im voraus bestimmten Zeitdauer gebildet. Die Ausgangssignale der Quotientbildungseinheit 16 werden einerseits an die Eingänge des Speichers 10 geleitet, andererseits zur Vergleichseinheit 14 und zu dritt zur Extrapolationseinheit 28. In dem Speicher 10 werden also die Durchschnittswerte, Richtungssignale und die Quotienten eines ersten Zeitabschnittes gespeichert. Danach werden diese gespeicherten Signale in dem darauffolgenden Zeitabschnitt mit den dann gebildeten gleichen Signalen mittels der Vergleichseinheit 14 verglichen. Die Veränderungsgeschwindigkeit der als Ergebnis dieses Vergleichs entstandenen Signale wird mittels der Differenzquotientbildungseinheit 17 bestimmt. Die entstandenen Geschwindigkeitssignale werden mit den vom Sollwertgeber 32 erfolgten Schwellenwertsignalen in der Vergleichseinheit 18 verglichen, und wenn das Geschwindigkeitssignal größer ist, erfolgt ein erstes bzw. zweites Warnsignal, das davon abhängt, wie das Richtungssignal für den augenblicklichen Durchschnitt der Schweißparameterabweichung nach den eingeleiteten vierten Richtungssignalen gewesen ist. Auf diese Weise kann man den Arbeiter noch vor dem Übersteigen des ersten Schwellenwertes aufmerksam machen.

Die ersten und zweiten Warnsignale sowie die dritten Fehlersignale leitet man in den Zähler 20 ein und läßt die Anzahl dieser Signale für eine Stunde damit zählen. Beim Zählen zieht man das dritte Fehlersignal mit mehrfacher

Verschärfung, vorzugsweise drei- bis vierfach in Betracht. Die Anzahl der Signale für eine Stunde vergleicht man mit dem vom Schwellenwertgeber 27 erfolgten Schwellenwert mittels der Vergleichseinheit 26 und, wenn das Ergebnis positiv ist, zeigt man dies durch den Signalgeber 30 für Qualitätsverminderung an. Durch die Bestimmung von mehreren unterschiedlichen Schwellenwertmengen kann man die Arbeit sowie auch die Arbeiter qualifizieren.

Das Ausgangssignal des Zählers 20 wird an den anderen Eingang der Extrapolationseinheit 28 geleitet, an deren ersten Eingang sich die Quotientensignale der Zeitdauer des Fehlerfortbestehens befinden. Mittels der Extrapolationseinheit 28 kann aus der Änderung dieser Signale am Arbeitszeitanfang, zum Beispiel am Ende der ersten Arbeitsstunde, auf die zu erwartende Fehlermenge für die ganze Arbeitszeit geschlossen werden. Der an den Ausgang der Extrapolationseinheit 28 angeschlossene Anzeiger 31 für die zu erwartende Fehlermenge stellt diesen Wert dar und gibt dem Meister Information über die Kondition des Arbeiters an demselben Tag.

Die in Einklang gebrachte Betätigung der Einrichtung bedarf zahlreicher Zeitsignale, diese Zeitsignale "a...k" erfolgen von dem Zeitsignalgeber 21.

Es ist ersichtlich, daß die erfindungsgemäß zur rechten Zeit abgegebenen ersten und zweiten Warnsignale dem Arbeiter bei der Vermeidung der Nahtfehler helfen, denn die Warnsignale erfolgen, wenn sich die Nahtfehler noch vermeiden lassen, und sie geben Information auch noch darüber,

wie ein Arbeiter seine Tätigkeit ändern soll, d. h. wie auch ein Schweißer mit durchschnittlicher Fähigkeit und Erfahrung nach einer kurzen Anlernzeit eine einwandfreie Naht erzeugen kann, und zwar eine solche Naht, die ohne Benutzung dieser Erfindung nur Arbeiter mit großer Erfahrung und hoher Qualifikation erzeugen können.

Die Erfindung gewährt zahlreiche andere Vorteile, zum Beispiel, daß sich durch die Fehlerstellenmarkierung die Zeitdauer und die Kosten der zerstörungsfreien Nahtprüfung herabsetzen lassen. Dabei sollen nur die markierten fehlerhaften Strecken untersucht werden, da die Registrierung die Nahtqualität für die weiteren Strecken dokumentiert, usw.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur interoperationemäßigen Gewährung der Nahtqualität, zur Markierung der Fehlerstellen auf dem Werkstück und zur Bescheinigung der Qualität beim Schweißen, wobei die für das Hand- und Maschinenschweißen charakteristischen Bogenstrom- und Bogenspannungswerte kontinuierlich gemessen und aus diesen Meßwerten die Istwerte der relativen Kurzschlußzeit, der Tropffrequenz sowie der Leistung des Bogens kontinuierlich errechnet werden, gekennzeichnet dadurch, daß diese Istwerte und errechneten Werte mit den empirisch angenommenen Optimalwerten verglichen werden, wodurch die absoluten Werte und die Richtungssignale sowie die Zeitdauer der Abweichungen festgestellt werden, die Durchschnittswerte von den Optimalwerten und der Richtungssignale in bezug auf eine im voraus angenommene Zeitdauer und der Quotient von der Zeitdauer der Abweichungen und der im voraus angenommenen Zeitdauer gebildet werden, und daß weiterhin die auf diese Weise erlangten Durchschnittswerte und der Quotient aufgeschrieben werden, damit gleichzeitig untersucht wird, wie sich die Durchschnittswerte der absoluten Werte zu einem ersten und einem zweiten Schwellenwert verhalten, und in dem Falle, wenn sie zwischen dem ersten und dem zweiten Schwellenwert liegen, erfolgt ein Warnsignal an den Schweißer, und in dem Falle, wenn die Durchschnittswerte den zweiten Schwellenwert übersteigen, erfolgt ein weiteres Signal und damit gleichzeitig eine Fehlermarkierung auf dem Werkstück, und zwar solange bis die Durchschnittswerte den zweiten Schwellenwert nicht unterschreiten.

2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß der eben gebildete Durchschnittswert der absoluten Werte und der Quotient der Zeitdauer mit dem im voraus gebildeten und aufgeschriebenen Durchschnittswert und Quotienten verglichen werden, wodurch die Geschwindigkeit der Änderung festgestellt wird, und daß für den Fall, daß diese Geschwindigkeit einen dritten Schwellenwert übersteigt, ein Warnsignal erfolgt, bevor die Durchschnittswerte die ersten Schwellenwerte übersteigen.
3. Verfahren nach den Punkten 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Anzahl der binnen längerer Zeiteinheit, vorzugsweise einer Stunde, auffallenden Überschreitungen des ersten und zweiten Schwellenwertes, und, wenn sie einen weiteren Schwellenwert überschreiten, jeweils ein Signal auslösen.
4. Verfahren nach den Punkten 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß neben der Fehlermarkierung auch Zeitmarkierungen auf das Werkstück zeiteinheitlich aufgetragen werden.
5. Verfahren nach Punkt 4, gekennzeichnet dadurch, daß die Fehlermarkierung und die Zeitmarkierung mittels Anstrichmitteln von unterschiedlichen Farben erfolgen.
6. Verfahren nach den Punkten 1 bis 4, gekennzeichnet dadurch, daß nach dem bei der Übersteigung des ersten Schwellenwertes abgegebenen Warnsignal je ein Signal in Abhängigkeit von dem Durchschnitt der Richtungssignale erfolgt.

- Hierzu 1 Seite Zeichnungen -

