



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 0 571 353 B2**

(12) **NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Entscheidung über den  
Einspruch:  
**26.01.2000 Patentblatt 2000/04**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **C23C 2/28**

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**31.01.1996 Patentblatt 1996/05**

(21) Anmeldenummer: **93890053.7**

(22) Anmeldetag: **23.03.1993**

(54) **Verfahren zum Verzinken eines Bandes sowie Anlage zur Durchführung des Verfahrens**

Process of galvanizing a strip and arrangement for carrying out the process

Procédé pour galvaniser un feuillard et installation pour la mise en oeuvre de ce procédé

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE DE ES FR GB IT LU NL SE**

(30) Priorität: **31.03.1992 AT 65492**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**24.11.1993 Patentblatt 1993/47**

(73) Patentinhaber:  
• **VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU  
GMBH  
4020 Linz (AT)**  
Benannte Vertragsstaaten:  
**BE DE ES FR GB IT LU NL SE AT**  
• **VOEST-ALPINE Stahl Linz GmbH  
A-4020 Linz (AT)**  
Benannte Vertragsstaaten:  
**BE DE FR GB IT AT**

(72) Erfinder:  
• **Faderl, Josef, Dipl.-Ing.  
A4493 Wolfers (AT)**  
• **Maschek, Manfred, Dipl.-Ing.  
A-4030 Linz (AT)**  
• **Stadlbauer, Alois, Dipl.-Ing.  
A-4040 Linz (AT)**  
• **Zeman, Klaus, Dr., Dipl.-Ing.  
A-4020 Linz (AT)**

(74) Vertreter:  
**Weinzinger, Arnulf, Dipl.-Ing. et al  
Patentanwälte  
Sonn, Pawloy, Weinzinger & Wolfram  
Riemergasse 14  
1010 Wien (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 473 154 BE-A- 652 482**  
**FR-A- 2 563 537 FR-A- 2 576 037**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 294 (C-0732)26. Juni 1990 & JP-A-02 093 056 (KAWASAKI STEEL CORP) 3. April 1990**
- **DATABASE WPI Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 85-253888C41 'determining alloying degree in galvanised steel' & JP-A-60 169 553 (KAWASAKI STEEL) 3. September 1985**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 007 (C-673)10. Januar 1989 & JP-A-01 252 761 (KAWASAKI STEEL CORP) 9. Oktober 1989**
- **Proceedings of the International Conference on Zinc alloy coated Steel Sheet- GALVATECH, 1989, Tokio, The Iron and Steel Institute of Japan, Seiten 138-145**
- **NKK Technical Review Nr. 63 (1991), Seiten 23-31**
- **KAWASAKI Alloy Sensor, Continuous Measuring System for the Fe of Galvannealed Coating, gedruckt in Japan Okt. 1988**
- **Transactions ISIJ, Vol. 23, 1983, Seite B-336**
- **Proceedings of the International Conference on Zinc and Zinc alloy coated Steel Sheet- GALVATECH, 1989, Tokio, The Iron and Steel Institute of Japan, Seiten 3-12.**

**EP 0 571 353 B2**

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verfahren zum Verzinken eines Bandes, insbesondere eines Stahlbandes, wobei das Band kontinuierlich im Durchlaufverfahren entweder elektrolytisch mit Zink oder gemäß dem Feuerverzinkungsverfahren in einem Zinkbad mit Zink beschichtet wird, anschließend zur Bildung einer Zn-Fe-Schicht einer Wärmebehandlung in einem Durchlaufofen und weiters einer on-line-Kontrolle der Zinkschicht unter Messen des Eisengehaltes der Zinkschicht mittels Röntgenfluoreszenz unterzogen wird, wobei der Verzinkungsvorgang in Abhängigkeit des Eisengehaltes der Zinkschicht gesteuert wird, sowie eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens.

**[0002]** Bei modernen Verzinkungsverfahren dieser Art (bekannt aus der EP-A 0 473 154) zur Herstellung von sogenanntem "galvannealtem" Band, worunter man ein wärmetechnisch nachbehandeltes, metallisch beschichtetes Stahlband versteht, wird das bereits verzinkte Band kontinuierlich im Durchlaufverfahren einem Nachglühen (Galvannealen) unterzogen. Dabei wird das Band nach Durchlaufen des Verzinkungsteiles (Zinkbad + Abstreifsystem bei Feuerverzinkungsanlagen, Verzinkungszellen bei elektrolytischen Verzinkungsanlagen) durch einen als Durchlaufofen ausgebildeten Nachglühofen (Galvannealingofen und Halteofen) geführt. Dieser Ofen kann z.B. induktiv oder mit Gas betrieben werden.

**[0003]** Durch den Nachglühvorgang wird die Reinzinkschicht durch Eindiffundieren von Eisen in eine Zn-Fe-Schicht umgewandelt. Je nach Eisengehalt der Zn-Fe-Legierung bildet sich ein Produkt mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften (z.B. Zähigkeit, Härte) aus, wodurch das Einsatzgebiet (Abriebverhalten, Schweißbarkeit, Lackierbarkeit, Korrosionswiderstand, Tiefziehvermögen) entscheidend bestimmt wird. Der Fe-Gehalt kann durch entsprechende Meßgeräte (z.B. mittels Röntgenfluoreszenz, Röntgenbeugung oder ähnliche Verfahren) am laufenden Band, d.h. on-line, gemessen werden, wie dies z.B. in der EP-A 0 473 154 beschrieben ist, wobei das Meßergebnis in der Regel etwa einen Mittelwert des Fe-Gehaltes über die Dicke der Zn-Fe-Schicht darstellt.

**[0004]** Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, das eingangs beschriebene Verfahren dahingehend weiterzuentwickeln, daß ein verzinktes Band mit einem definierten Schichtaufbau hergestellt werden kann, wobei direkt und unmittelbar in den Herstellungsprozeß zur Sicherstellung einer gleichmäßigen Qualität des verzinkten Bandes eingegriffen werden kann und die Produktion von Ausschußware minimiert wird. Insbesondere soll das erfindungsgemäße Verfahren die automatische Berücksichtigung beabsichtigter Veränderungen von Verfahrensparametern ebenso ermöglichen wie deren unbeabsichtigte Veränderungen, so daß der Herstellungsprozeß laufend und ohne manuelle Eingriffe optimiert ist.

**[0005]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Verzinken eines Bandes, insbesondere eines Stahlbandes, gelöst, wobei das Band kontinuierlich im Durchlaufverfahren entweder elektrolytisch mit Zink oder gemäß dem Feuerverzinkungsverfahren in einem Zinkbad mit Zink beschichtet wird, anschließend zur Bildung einer Zn-Fe-Schicht einer Wärmebehandlung in einem Durchlaufofen und weiters einer on-line-Kontrolle der Zinkschicht unter Messen des Eisengehaltes der Zinkschicht mittels Röntgenfluoreszenz unterzogen wird, wobei der Verzinkungsvorgang in Abhängigkeit des Eisengehaltes der Zinkschicht gesteuert wird, wobei ein Wert des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht als Führungsgröße bestimmt wird, der Istwert des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht mit der Führungsgröße verglichen und eine Regelabweichung über einen Regler in einem geschlossenen Regelkreis mit Hilfe eines Rechners, der unter Berücksichtigung der Banddimension, des Grundmaterials des Bandes hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung und/oder Gefüge, der Zinkschichtdicke, der Zusammensetzung des Zinkbades, wie z.B. dessen Al-Gehalt, der Bandgeschwindigkeit sowie gegebenenfalls weitere Parameter, wie der Temperatur des Bandes am Einlauf des Durchlaufofens und der Umgebungstemperatur, die Regelabweichung registriert und mittels Stellbefehle die Heizleistung des Durchlaufofens regelt, ausgeglichen wird.

**[0006]** Das erfindungsgemäße Verfahren beruht auf der Erkenntnis, daß die Diffusionsvorgänge des Eisens in die Zinkschicht (Diffusionsgeschwindigkeit, Eisengehalt) primär von der Temperatur und der Dauer der Wärmebehandlung im Durchlaufofen abhängig sind. Die Temperaturführung im Durchlaufofen beeinflusst den Aufbau der galvannealten Schicht entscheidend und daher auch die mechanischen Eigenschaften des Produktes.

**[0007]** Derzeit ist jedoch eine Temperaturerfassung des Bandes im Bereich des Nachglühofens nicht möglich, da kein kostengünstiges herkömmliches, berührungslos arbeitendes Temperaturmeßgerät zur Verfügung steht, welches unter diesen Bedingungen die Temperatur ausreichend genau messen könnte. Erfindungsgemäß ist daher vorgesehen, die Ofentemperatur indirekt über die Heizleistung einzustellen und damit eine gleichmäßige Qualität des beschichteten Bandes zu sichern.

**[0008]** Gemäß einer bevorzugten Verfahrensweise wird zusätzlich zur Bestimmung des Istwertes des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht die Strahlungsemission (Strahlungsintensität oder Strahlungsleistung) der Oberfläche des Bandes nach oder während der Wärmebehandlung mittels mindestens eines Pyrometers gemessen. Hierdurch ist es möglich, unabhängig vom Eisengehalt der Zn-Fe-Schicht festzustellen, ob die Schicht bis zur Oberfläche durchreagiert ("durchgalvannealt") ist oder ob sich noch Reinzink an der Oberfläche befindet, in welchem Fall die Heizleistung des Durchlaufofens entsprechend eingestellt wird.

**[0009]** Vorzugsweise wird hierbei so vorgegangen, daß an der Banddurchlaufstrecke durch Messung mittels mehrerer

in Bandlaufrichtung hintereinander angeordneter Pyrometer jene Stelle bestimmt wird, ab der die Zn-Fe-Schicht durchreagiert ist, und durch Regelung der Heizleistung des Durchlaufofens diese Stelle in Bandlaufrichtung vor eine Grenzstelle, ab der die Zn-Fe-Schicht spätestens durchreagiert sein muß, gebracht wird.

**[0010]** Die Regelung wird in einem geschlossenen Regelkreis mit Hilfe eines Rechners durchgeführt, der die Regelabweichung registriert und mittels Stellbefehle die Heizleistung des Durchlaufofens regelt, wobei der Rechner zur Erhöhung der Reproduzierbarkeit der Qualität des erzeugten Bandes die Banddimension, das Grundmaterial des Bandes hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung und/oder Gefüge, die Zinkschichtdicke, die Zusammensetzung des Zinkbades, wie z.B. dessen Al-Gehalt, die Bandgeschwindigkeit sowie gegebenenfalls weitere Parameter, wie die Temperatur des Bandes am Einlauf des Durchlaufofens und die Umgebungstemperatur, berücksichtigt.

**[0011]** Eine bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß die Heizleistung und damit die Temperatur innerhalb des Durchlaufofens in einzelnen Heizzonen unterschiedlich einstellbar ist.

**[0012]** Hierbei ist vorteilhaft zur Berücksichtigung von über die Bandbreite unterschiedlichen Meßwerten des Eisengehaltes der Eisen-Zink-Legierung die Heizleistung in in Richtung der Bandbreite nebeneinanderliegenden Heizzonen unterschiedlich einstellbar.

**[0013]** Gemäß einer anderen Ausführungsform ist vorteilhaft die Heizleistung in in Bandlaufrichtung hintereinander liegenden Heizzonen unterschiedlich einstellbar, wodurch die Aufwärmgeschwindigkeit des Bandes bzw. die Haltezeit des Bandes auf einer bestimmten Temperatur zur Erzielung einer optimalen Bandqualität variiert werden kann.

**[0014]** Zweckmäßig wird die Messung des Eisengehaltes und/oder der Strahlungsemission an über die Bandbreite verteilt angeordneten Positionen durchgeführt.

**[0015]** Eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens mit einer ein Band kontinuierlich entlang einer Bandlaufstrecke führenden Bandführungseinrichtung, einer an der Bandlaufstrecke angeordneten Zinkbeschichtungseinrichtung, einer nachfolgend angeordneten, von einem Durchlaufofen gebildeten Wärmebehandlungseinrichtung für das Band und einer ebenfalls an der Bandlaufstrecke liegenden, der Wärmebehandlungseinrichtung nachgeordneten Meßeinrichtung zum Messen des Eisengehaltes der Zinkschicht, ist dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung mit einem mit einem Prozeßrechner verbundenen Regler gekoppelt ist, der über eine Steuerleitung mit der Heizeinrichtung der Wärmebehandlungseinrichtung gekoppelt ist.

**[0016]** Zur Berücksichtigung einer Vielzahl von die Qualität des beschichteten Bandes beeinflussenden Parametern ist vorteilhaft der Regler mit einem Prozeßrechner gekoppelt.

**[0017]** Zur Feststellung der Durchreaktion der Zn-Fe-Schicht ist zweckmäßig mindestens eine zusätzliche: als Pyrometer ausgebildete Strahlungs-Meßeinrichtung an der Bandlaufstrecke nach oder in der Wärmebehandlungseinrichtung vorgesehen, die ebenfalls mit dem Regler gekoppelt ist.

**[0018]** Die Erfindung ist nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert, wobei Fig. 1 in schematischer Darstellung eine Anlage zum Verzinken eines Bandes veranschaulicht. In dem in Fig. 2 dargestellten Diagramm ist die Abhängigkeit des Eisengehaltes von der Heizleistung veranschaulicht. Fig. 3 zeigt eine Abweichung des Eisengehaltes in der Zn-Fe-Schicht in Abhängigkeit der Bandbreite, Fig. 4 die Abhängigkeit der Strahlungsemission von der Haltezeit.

**[0019]** Wie aus Fig. 1 ersichtlich, wird ein zu verzinkendes Stahlband 1 mittels einer Bandführungseinrichtung, die eine Mehrzahl von Bandführungsrollen 2 aufweist, kontinuierlich entlang einer Bandlaufstrecke 3 von einer nicht dargestellten Abwickelstation zu einer ebenfalls nicht dargestellten Aufwickelstation geführt. An der Bandlaufstrecke 3 gelangt das Stahlband zunächst zu einer Zinkbeschichtungseinrichtung 4, die beim dargestellten Ausführungsbeispiel als Feuerverzinkungseinrichtung ausgestaltet ist. Diese weist ein Zinkbad 5 und eine in Bandlaufrichtung 6 nachgeordnete Abstreifeinrichtung 7 zur Sicherstellung einer konstanten und über die Bandbreite gleich dicken Zinkschicht auf.

**[0020]** Anschließend danach wird das Stahlband 1 über eine Heiß-Dickenmeßanlage 8 zur Messung der Dicke der Zinkschicht und über eine Temperaturmeßeinrichtung 9 in eine zwei Durchlauföfen 10, 11 aufweisende Wärmebehandlungseinrichtung 13 eingeleitet. Im ersten Durchlaufofen 10 erfolgt in erster Linie die Aufheizung des verzinkten Stahlbandes 1 auf die erforderliche Glühtemperatur. Im nachfolgend angeordneten weiteren Durchlaufofen 11 wird das Stahlband 1 in erster Linie auf einer konstanten Glühtemperatur gehalten.

**[0021]** Nach Austritt des Stahlbandes 1 aus dem zweiten Durchlaufofen 11 wird mittels eines Pyrometers 14 die Strahlungsemission des fertig geglühten Stahlbandes 1 gemessen. Anschließend sind an der Bandführung Kühleinrichtungen 15 angeordnet. An einer der Wärmebehandlungseinrichtung 13 nachgeordneten Stelle der Bandlaufstrecke 3 ist weiters eine Meßeinrichtung 16 zum Messen des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht vorgesehen, die vorzugsweise, wie durch den Doppelpfeil 17 angedeutet, über die Bandbreite verschiebbar ist so daß an verschiedenen Stellen der Bandbreite eine Messung durchgeführt werden kann. Die Meßeinrichtung arbeitet nach dem Röntgenstrahlverfahren.

**[0022]** Ein mit einem Prozeßrechner 18 gekoppelter Regler 19 ist mit Heizeinrichtungen der beiden Durchlauföfen 10, 11 zwecks Einstellung der Heizleistung gekoppelt, wie dies durch die Doppelpfeile 20 veranschaulicht ist.

**[0023]** Die Funktion der Anlage ist wie folgt:

**[0024]** Das im Zinkbad 5 gelöste Aluminium bildet aufgrund seiner höheren Affinität zum Eisen zunächst am Stahlband eine Eisen-Aluminium-Schicht ( $\text{Fe}_2\text{Al}_5$ ), welche eine Reaktion des Eisensubstrates des Stahlbandes 1 und der Zinkschicht verhindert. Dieses System (Stahlband 1 + Fe-Al-Schicht + flüssige Zn-Schicht) gelangt in den ersten

Durchlauföfen 10 und wird auf eine Temperatur von 450°C bis 700°C gebracht. Im zweiten Durchlauföfen 11 wird das Stahlband 1 auf einer bestimmten Temperatur gehalten oder noch weiter erwärmt. Der hierbei einsetzende Diffusionsprozeß des Eisens in die Zinkschicht wandelt die Reinzinkschicht in eine Zink-Eisen-Schicht um.

**[0025]** Hierbei wird zuerst die im Zinkbad gebildete Fe-Al-Sperrschicht durch das Zn-Fe-Wachstum an den Korngrenzen des Grundmaterials aufgebrochen, und ein pilzförmiges Wachstum der Zn-Fe-Komplexe beginnt. Je nach Eisengehalt bilden sich unterschiedliche metallurgische Phasen aus, die unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.

**[0026]** Die wichtigsten Phasen sind in nachstehender Tabelle aufgelistet:

| Phase    | % Fe    | Kristallstruktur | Härte (MPa) |
|----------|---------|------------------|-------------|
| Eta ..   | < 0,03  | Hexagonal        | 300 - 500   |
| Zeta ..  | 5 - 6   | Monoklinisch     | 1800 - 2700 |
| Delta .. | 7 - 12  | Hexagonal        | 2500 - 4500 |
| Gamma .. | 21 - 28 | Kubisch          | 4500 - 5500 |

**[0027]** Wie aus der obigen Tabelle ersichtlich ist, werden die Phasen mit zunehmendem Eisengehalt immer härter bzw. spröder. Dies kann bei anschließender Verformung (z.B. Tiefziehen) zu erhöhtem Abrieb führen, wodurch die Haftung der Zn-Fe-Schicht sehr schlecht wird.

**[0028]** Im Fall von elektrolytischen Verzinkungsanlagen ist der Vorgang analog, wobei der Al-Gehalt jedoch eine untergeordnete Rolle spielt.

**[0029]** Zur Einstellung des optimalen Eisengehaltes, d.h. eines Eisengehaltes, der eine Verformung des verzinkten Stahlbandes 1 ohne Schwierigkeiten zuläßt, wird mit einer on-line-Röntgenfluoreszenzmessung mit Hilfe des Meßgerätes 16 der Eisengehalt der Fe-Zn-Schicht bestimmt, vorzugsweise über die gesamte Bandbreite und auch über die gesamte Bandlänge. Dieser Istwert des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht wird mit Hilfe des Reglers 19 mit einem als Führungsgröße vorgegebenen Wert des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht verglichen. Eine eventuelle Regelabweichung wird über den Regler 19 durch eine Änderung der als Stellgröße dienenden Heizleistung des ersten bzw. auch des zweiten Durchlauföfens 10, 11 ausgeglichen. Ist etwa der gemessene Eisengehalt geringer als der gewünschte, wird die Heizleistung des Durchlauföfens so lange erhöht, bis die Regelabweichung Null wird oder unter einen vorgegebenen Wert abgesunken ist (Totband), wie dies anhand der Fig. 2 nachfolgend erläutert ist:

**[0030]** Der Verlauf I gibt den Zusammenhang zwischen Fe-Gehalt der Zn-Fe-Schicht und Heizleistung an. Dieser wird empirisch ermittelt und z.B. als formelmäßiger Zusammenhang oder in Tabellenform dem Regelungsrechner (Regler 19) zur Verfügung gestellt.

**[0031]** Verhält sich das Stahlband 1 genau entsprechend dem Verlauf I, so erreicht man mit der Leistungseinstellung  $P_1$  den gewünschten Sollwert des Fe-Gehaltes  $Fe_1$  (Punkt A). Verhält sich das Band etwas unterschiedlich, z.B. nach Verlauf II, durch unbeabsichtigte Veränderungen von Verfahrensparametern, wie z.B. Drift der Umgebungstemperatur, Drift in der Transformatorenleistung bei elektrischer Heizung der Durchlauföfen oder bei Auftreten sonstiger Störungen, so ergibt sich am Band ein Fe-Gehalt  $Fe_2$ , der vom Sollwert  $Fe_1$  abweicht (Punkt B).

**[0032]** Die Heizleistung wird nun z.B. in Abhängigkeit von der Steigung  $dP/dFe$  im Punkt A des Verlaufes I verändert, z.B. um den Wert

$$k \cdot \frac{dP}{dFe} \cdot \Delta Fe$$

**[0033]** Für den Verstärkungsfaktor  $k = 1$  ist die geänderte Leistung im Bild mit  $P_2$  eingezeichnet. Es ergibt sich ein verbesserter Wert des Fe-Gehaltes (Punkt C). Die Regelung erfolgt, solange eine Regelabweichung festgestellt wird ( $Fe\text{-Gehalt} \neq Fe_1$ ).

**[0034]** Ungleichmäßige Fe-Gehaltsprofile über die Bandbreite können durch verschiedene Effekte entstehen:

- 1) ungleichmäßige Beschichtungsdicke
- 2) Querwölbung des Bandes
- 3) Bandprofil
- 4) ungleichmäßige Heizleistung über die Bandbreite
- 5) ungleichmäßige Temperaturverteilung über die Bandbreite beim Eintritt des Bandes in den Galvannealingöfen

usw.

Primär ist die Beschichtungsdicke innerhalb enger Toleranzen gleichmäßig über die Bandbreite einzustellen (bekannte Verfahren zur Schichtdickenregelung). Trotz gleichmäßiger Schichtdicke über die Bandbreite entsteht durch die Ursachen 2) bis 5) usw. ein ungleichmäßiger Fe-Gehalt über die Bandbreite. Der Einfluß ungleichmäßiger Wärmeeinbringung in das Stahlband 1 kann z.B. zu dem in Fig. 3 dargestellten Fe-Gehalt führen, obwohl die Beschichtungsdicke gleichmäßig über die Bandbreite ist.

Gewünscht werden aber eine möglichst gleichmäßige Beschichtungsdicke und ein gleichmäßiger Fe-Gehalt über die Bandbreite (und -länge).

Durch Reduktion der Heizleistung der Durchlauföfen 10, 11 in Heizzonen 12, die hauptsächlich auf die Bandmitte wirken, oder durch Erhöhung der Heizleistung in Heizzonen 12', die hauptsächlich auf die Bandränder wirken, kann die Gleichmäßigkeit des Fe-Gehaltes über die Bandbreite verbessert werden.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich weiters noch folgende Beeinflussungen berücksichtigen:

6) Die Dicke der Zinkschicht:

Mit der Schichtdicke verändern sich die Diffusionswege und daher auch der Gefügebautbau der Beschichtung. Unter gleichen Ofenleistungsverhältnissen führt eine kleinere Schichtdicke (geringere Schichtauflage) zu einem höheren Eisengehalt. Man kann dies bei den Bandkanten beobachten, die eine andere Schichtdicke als im Bandmittigenbereich aufweisen können.

7) Der Aluminiumgehalt im Zinkbad:

Das im Zinkbad 5 gelöste Aluminium lagert sich vor allem in folgenden zwei Schichten ab:

a) Grenzschrift zwischen Eisensubstrat und Zinkschicht: Durch seine hohe Affinität zum Eisen bildet das Aluminium im Zinkbad zuerst eine  $\text{Fe}_2\text{Al}_5$ -Sperrschicht aus, die ein vorzeitiges Wachstum der spröden Zn-Fe-Phase verhindert. Diese muß beim Galvannealingprozeß durchbrochen werden, um das Zink-Eisen-Wachstum zu starten.

b) Oberflächenoxidschicht: Ein Großteil des Aluminiums liegt als  $\text{Al}_2\text{O}_3$  an der Oberfläche der Zinkbeschichtung vor.

8) Die Geschwindigkeit, mit der das Stahlband 1 durch die Anlage bewegt wird:

Sie beeinflußt die Aufenthaltsdauer (Haltezeit) des Stahlbandes 1 in den Durchlauföfen 11, 12 und somit die Temperaturführung für das Stahlband 1. Dadurch wird die Reaktionszeit verändert, und dies beeinflußt den Eisengehalt.

9) Die chemische Zusammensetzung des Stahlbandes 1 und dessen Gefüge:

Da das Wachstum der Zn-Fe-Komplexe hauptsächlich an den Korngrenzen beginnt, hängt die Reaktionsfähigkeit auch von der Grundmaterialzusammensetzung und dem Gefüge ab.

10) Des weiteren beeinflussen die Bandabmessungen die Wärmeeinbringung und damit die Diffusionsbedingungen.

**[0035]** All die oben aufgezählten, den Eisengehalt beeinflussenden Faktoren können erfindungsgemäß dadurch berücksichtigt werden, daß diese Faktoren festlegende Daten in den Prozeßrechner 18 eingegeben werden und infolge der Kopplung des Prozeßrechners 18 mit dem Regler 19 von letzterem bei der Festlegung der Heizleistung der Wärmebehandlungseinrichtung 13 berücksichtigt werden.

**[0036]** Gewollte Veränderungen von Verfahrensparametern, wie z.B. ein Wechsel der Dimension des Stahlbandes 1, ein Wechsel der chemischen Zusammensetzung des Stahlbandes 1, ein Wechsel der Zinkschichtdicke bzw. ein Wechsel der Fördergeschwindigkeit des Stahlbandes 1, werden zur Berücksichtigung der Heizleistung der Wärmebehandlungseinrichtung dem Prozeßrechner 18 eingegeben.

**[0037]** Da sich bei der Umwandlung der Zinkschicht in eine Zn-Fe-Schicht der Emissionsgrad der Beschichtung sprunghaft verändert, sobald die Oberfläche der Zn-Fe-Schicht Eisen aufweist (vgl. Fig. 4), kann eine Strahlungsemissionsmessung mit Hilfe eines Pyrometers 14 zur Beurteilung der galvannealten Schicht herangezogen werden. Das Pyrometer 14 kann nach oder in der Wärmebehandlungseinrichtung 13 (z.B. zwischen Galvannealingofen 10 und Halteofen 11) angeordnet werden. Bei dieser Messung handelt es sich um eine Information über die rein von der Oberfläche des Stahlbandes 1, d.h. dessen Zn-Fe-Schicht, emittierte Strahlungsenergie, die eine Funktion der Temperatur und der Emissionszahl des Oberflächenzustandes ist. So liegt die Emissionszahl einer Reinzinkoberfläche bei unter 0,2 und die einer durchreagierten Fe-Zn-Oberfläche bei etwa 0,6. Ist die Zn-Fe-Schicht an der Stelle des Pyrometers noch nicht durchreagiert, wird die Heizleistung der Durchlauföfen 10, 11 mit Hilfe des an einen Prozeßrechner 18 angeschlossenen Reglers 19, dem der Meßwert des Pyrometers eingegeben wird, erhöht, bis eine Durchreaktion mit Hilfe des Pyrometers feststellbar ist. Die Heizleistung bildet hier die Stellgröße des Regelvorganges.

**[0038]** Durch die starke Änderung des Emissionsgrades im Falle des Eintretens der sogenannten Durchreaktion, d.h.

wenn das Eisen bis an die Oberfläche der Zn-Schicht vordringt, ist es weiters möglich, jene Stelle in Bandlaufrichtung 6 zu erkennen, ab der die Durchreaktion abgeschlossen ist. Dies kann z.B. dadurch erfolgen, daß zwei oder mehrere Pyrometer in Bandlaufrichtung 6 hintereinander angeordnet werden. Durch die Kenntnis über den Emissionsgradsprung beim Durchreagieren der Zn-Fe-Schicht und aus den gemessenen Strahlungsintensitäten der Pyrometer 14 kann auf jene Stelle der Bandlaufstrecke 3 geschlossen werden, ab der die Zn-Fe-Schicht bereits durchreagiert ist.

**[0039]** Die Heizleistung der Durchlauföfen 10, 11 wird nun mit Hilfe des Reglers 19 so geregelt, daß die Durchreaktion ab einer bestimmten gewünschten Stelle abgeschlossen ist. Eine weitere Möglichkeit, die Stelle in Bandlaufrichtung zu erkennen, an der die Durchreaktion abgeschlossen ist, besteht darin, die Pyrometermessung mit einer thermischen Modellrechnung zu vergleichen.

**[0040]** Dazu wird der Pyrometermessung einmal der empirisch ermittelte Emissionsgrad für die Reinzinkschicht und ein zweites Mal der empirisch ermittelte Emissionsgrad der durchreagierten Schicht zugrundegelegt. Dies ergibt rechnerisch zunächst zwei entsprechend den unterschiedlichen Emissionszahlen verschiedene Pyrometer-Temperaturwerte für das laufende Band.

**[0041]** Durch Vergleich dieser beiden Werte mit einer parallel für den betreffenden Bandabschnitt durchgeführten Modellerrechnung der Temperatur, die sich aus der Eintrittstemperatur des Stahlbandes in die Wärmebehandlungseinrichtung und der dieser zugeführten Leistung errechnen läßt, wird festgestellt, welcher der beiden Pyrometer-Temperaturwerte mit der errechneten Temperatur übereinstimmt. Dieser Temperaturwert wird dann als richtige Temperatur des laufenden Stahlbandes 1 angesehen. Der zugehörige Emissionsgrad gibt an, ob das Stahlband noch eine Reinzinkauflage aufweist oder ob die Beschichtung bereits durchreagiert ist. Die Heizleistung der Wärmebehandlungseinrichtung wird so geregelt, daß die Durchreaktion an der Stelle des Pyrometers 14 abgeschlossen ist.

**[0042]** Für die Qualität des Produktes ist es von großer Bedeutung, daß die Zn-Fe-Schicht einen Fe-Gehalt innerhalb enger Grenzen aufweist und daß gleichzeitig die Beschichtung vollständig durchreagiert ist. Da aus der Information über den Fe-Gehalt der Zn-Fe-Schicht alleine nicht unmittelbar geschlossen werden kann, daß die Beschichtung auch durchreagiert ist, ist es von Vorteil, die Heizleistungsverteilung über die Länge der Wärmebehandlungseinrichtung aufgrund einer Kombination der beiden Informationen, nämlich des Fe-Gehalts der Zn-Fe-Schicht und der Emissionsgradbestimmung, einzustellen.

**[0043]** Jedes der oben beschriebenen Regelverfahren wird in einem geschlossenen Regelkreis betrieben.

**[0044]** Die Stellgrößen für die Wärmebehandlungseinrichtung 13 werden von einem Rechner des Reglers 19 aus den gemessenen Werten und der Soll-Ist-Abweichung für den Eisengehalt und gegebenenfalls für den Emissionsgrad berechnet. Dabei können die Meßwerte aus der Heißmessung (Schichtdickenmessung) und/oder einer vor dem Nachglühofen angeordneten Temperaturmessung, die Bandgeschwindigkeit, die zugeführte Heizleistung in den einzelnen Zonen der Wärmebehandlungseinrichtung 13 herangezogen werden, um die Treffsicherheit des Regelvorganges zu erhöhen, wie dies durch die Pfeile 20, 21 angedeutet ist.

**[0045]** Die Berechnung der Stellgrößen erfolgt mit Hilfe eines Regelmodells, das entsprechend den an der konkreten Anlage zur Verfügung stehenden Meßgeräten und Stelleinrichtungen unterschiedlich sein kann. Für eine konkrete Anlagenkonfiguration wird das Regelmodell durch Modellparameter beschrieben. Diese Modellparameter können für unterschiedliches Grundmaterial, Banddimension, Al-Gehalt im Zinkbad verschieden sein. Grundmaterial, Banddimension, Al-Gehalt im Zinkbad können von einem übergeordneten Rechner (z.B. Produktionsplanungsrechner) oder einer externen Eingabeeinheit an den Prozeßrechner 18 übertragen werden. Sie können mit dem für das herzustellende Produkt gültigen Sollwert an den Rechner des Reglers 19 übertragen werden, vgl. Pfeil 22.

**[0046]** Der Rechner des Reglers 19 berechnet dann unter Berücksichtigung dieser Modellparameter des Regelungsmodells die entsprechenden Stellbefehle.

**[0047]** Je nach Bauart der Durchlauföfen 10, 11 kann die Gesamtleistung oder die Leistung von Teilen der Durchlauföfen 10, 11 (Zonen in Bandlängsrichtung) innerhalb gewisser Grenzen eingestellt werden. Von besonderem Vorteil ist es, wenn die Verteilung der Wärmeeinbringung auf das Band, also die Heizleistung der Durchlauföfen 10, 11, über die Breite ebenfalls innerhalb gewisser Grenzen einstellbar ist, da es hierdurch möglich ist, die in Fig. 3 dargestellte Abweichung des Fe-Gehaltes der Zn-Fe-Schicht, die trotz gleichmäßiger Dicke der Zn-Fe-Schicht auftreten kann, auszugleichen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Verzinken eines Bandes (1), insbesondere eines Stahlbandes (1), wobei das Band (1) kontinuierlich im Durchlaufverfahren entweder elektrolytisch mit Zink oder gemäß dem Feuerverzinkungsverfahren in einem Zinkbad mit Zink beschichtet wird, anschließend zur Bildung einer Zn-Fe-Schicht einer Wärmebehandlung in einem Durchlaufofen (10, 11) und weiters einer online-Kontrolle der Zinkschicht unter Messen des Eisengehaltes der Zinkschicht mittels Röntgenfluoreszenz unterzogen wird, wobei der Verzinkungsvorgang in Abhängigkeit des Eisengehaltes der Zinkschicht gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wert des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht als Führungsgröße bestimmt wird, der Istwert des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht mit der Führungs-

größe verglichen und eine Regelabweichung über einen Regler (19) in einem geschlossenen Regelkreis mit Hilfe eines Rechners, der unter Berücksichtigung der Banddimension, des Grundmaterials des Bandes (1) hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung und/oder Gefüge, der Zinkschichtdicke, der Zusammensetzung des Zinkbades, wie z.B. dessen Al-Gehalt, der Bandgeschwindigkeit sowie gegebenenfalls weitere Parameter, wie der Temperatur des Bandes (1) am Einlauf des Durchlaufofens (10, 11) und der Umgebungstemperatur, die Regelabweichung registriert und mittels Stellbefehle die Heizleistung des Durchlaufofens (10, 11) regelt, ausgeglichen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwecks Feststellung einer Durchreaktion der Zn-Fe-Schicht die Strahlungsemission der Oberfläche des Bandes (1) nach oder während der Wärmebehandlung mittels mindestens eines Pyrometers (14) gemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß an der Banddurchlaufstrecke (3) durch Messung mittels mehrerer in Bandlaufrichtung (6) hintereinander angeordneter Pyrometer (14) jene Stelle bestimmt wird, ab der die Zn-Fe-Schicht durchreagiert ist, und durch Regelung der Heizleistung des Durchlaufofens (10, 11) diese Stelle in Bandlaufrichtung (6) vor eine Grenzstelle, ab der die Zn-Fe-Schicht spätestens durchreagiert sein muß, gebracht wird.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizleistung und damit die Temperatur innerhalb des Durchlaufofens (10, 11) in einzelnen Heizzonen (12, 12') unterschiedlich einstellbar ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizleistung in in Richtung der Bandbreite nebeneinanderliegenden Heizzonen (12, 12') unterschiedlich einstellbar ist.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizleistung in in Bandlaufrichtung hintereinander liegenden Heizzonen unterschiedlich einstellbar ist.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung des Eisengehaltes und/oder der Strahlungsemission an über die Bandbreite verteilt angeordneten Positionen durchgeführt wird.

8. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, mit einer ein Band (1) kontinuierlich entlang einer Bandlaufstrecke (3) führenden Bandführungseinrichtung (2), einer an der Bandlaufstrecke (3) angeordneten Zinkbeschichtungseinrichtung (4), einer nachfolgend angeordneten, von einem Durchlaufofen (10, 11) gebildeten Wärmebehandlungseinrichtung (13) für das Band (1) und einer ebenfalls an der Bandlaufstrecke (3) liegenden, der Wärmebehandlungseinrichtung (13) nachgeordneten Meßeinrichtung (16) zum Messen des Eisengehaltes der Zinkschicht, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung (16) mit einem Regler (19) gekoppelt ist, der über eine Steuerleitung mit der Heizeinrichtung der Wärmebehandlungseinrichtung (13) gekoppelt ist.

9. Anlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Regler (19) mit einem Prozeßrechner (18) gekoppelt ist.

10. Anlage nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine zusätzliche, als Pyrometer (14) ausgebildete Strahlungs-Meßeinrichtung an der Bandlaufstrecke (3) nach oder in der Wärmebehandlungseinrichtung (13) vorgesehen ist, die ebenfalls mit dem Regler (19) gekoppelt ist.

## Claims

1. A process of galvanizing a strip (1), in particular a steel strip (1), wherein the strip (1) is continuously coated with zinc in a continuous process either electrolytically or in a zinc bath according to the hot dip galvanizing method, subsequently is subjected to a heat treatment in an open-ended furnace (10, 11) for the formation of a Zn-Fe layer and, furthermore, to an on-line control of the zinc layer by measuring the iron content of the zinc layer by means of X-ray fluorescence, wherein the galvanizing procedure is controlled as a function of the iron content of the zinc layer, characterized in that a value of the iron content of the Zn-Fe layer is determined as a reference input value, the actual value of the iron content of the Zn-Fe layer is compared to the reference input value, and a control deviation is compensated for via an automatic control (19) in a closed control circuit by aid of a computer which regis-

ters the control deviation by taking into account the dimension of the strip, the base material of the strip (1) in terms of its chemical composition and/or structure, the thickness of the zinc layer, the composition of the zinc bath, such as, e.g., its Al-content, the strip speed as well as, optionally, additional parameters, such as the temperature of the strip (1) at the entry of the open-ended furnace (10, 11) and the ambient temperature, and controls the calorific output of the open-ended furnace (10, 11) via actuating commands.

2. A process according to claim 1, characterized in that for determining the complete reaction of the Zn-Fe layer, the radiation emission of the surface of the strip (1) is measured after or during the heat treatment by means of at least one pyrometer (14).

3. A process according to claim 2, characterized in that along the strip conveying path (3) that site is determined by measurement by means of several pyrometers (14) consecutively arranged in the strip conveying direction (6), from which the Zn-Fe layer has completely reacted, and that this site, by controlling the calorific output of the open-ended furnace (10, 11), is brought in front of a boundary site, seen in the strip conveying direction (6), from which the Zn-Fe layer must have completely reacted at the latest.

4. A process according to one or several of claims 1 to 3, characterized in that the calorific output and thus the temperature within the open-ended furnace (10, 11) are adjustable to be different in individual heating zones (12, 12').

5. A process according to claim 4, characterized in that the calorific output is adjustable to be different in heating zones (12, 12') adjacently arranged in the sense of the strip width.

6. A process according to claim 4 or 5, characterized in that the calorific output is adjustable to be different in heating zones consecutively arranged in the strip conveying direction.

7. A process according to one or several of claims 4 to 6, characterized in that measurement of the iron content and/or of the radiation emission is effected at positions distributed over the strip width.

8. An arrangement for carrying out the process according to one or several of claims 1 to 7, comprising a strip guiding means (2) guiding a strip (1) continuously along a strip conveying path (3), a zinc coating means (4) arranged on the strip conveying path (3), a consecutively arranged heat treating means (13) for the strip (1), formed by an open-ended furnace (10, 11), and a measuring means (16) for measuring the iron content of the zinc layer also located on the strip conveying path (3) downstream of the heat treating means (13), characterized in that the measuring means (16) is coupled with an automatic control (19), which, in turn, is coupled with the heating means of the heat treating means (13) via a control line.

9. An arrangement according to claim 8, characterized in that the automatic control (19) is coupled with a process computer (18).

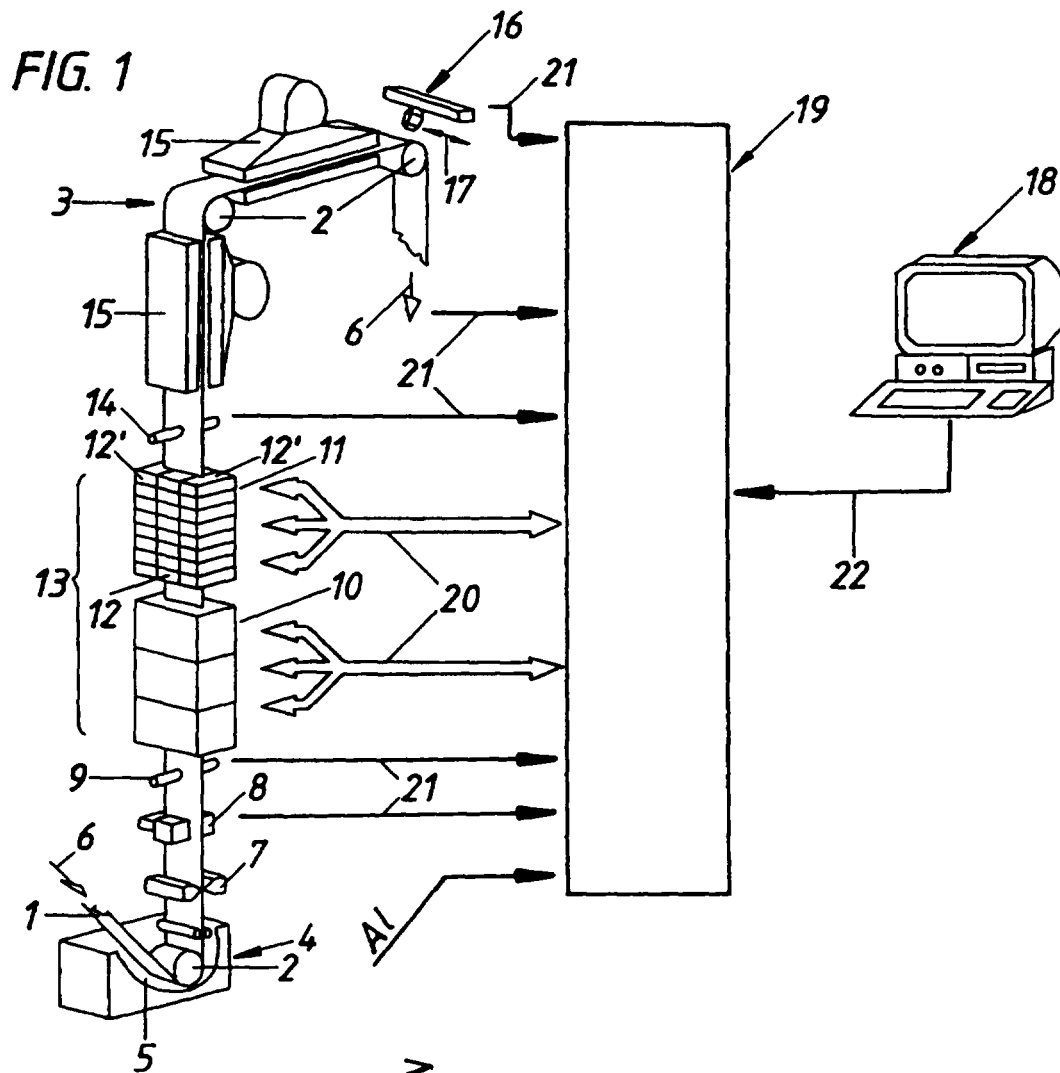
10. An arrangement according to claim 8 or 9, characterized in that at least one additional radiation measuring means designed as a pyrometer (14) is provided on the strip conveying path (3) downstream of, or within, the heat treating means (13), and also is coupled with the automatic control (19).

## Revendications

1. Procédé pour la galvanisation d'une bande (1), en particulier d'une bande en acier (1), dans lequel la bande (1) est revêtue en continu de zinc dans un procédé de passage continu, soit de façon électrolytique, soit selon le procédé de galvanisation à chaud dans un bain de zinc, et ensuite, cette bande est soumise à un traitement à chaud dans un four de passage continu (10, 11) pour former une couche Zn-Fe, et de plus elle est soumise à un contrôle en ligne de la couche de zinc en mesurant la teneur en fer de la couche de zinc au moyen de la fluorescence aux rayons X, l'opération de galvanisation étant commandée en dépendance de la teneur en fer de la couche de zinc, caractérisé en ce que l'on détermine une valeur de la teneur en fer de la couche Zn-Fe en tant que grandeur pilote, on compare la valeur réelle de la teneur en fer de la couche Zn-Fe avec la grandeur pilote, et on compense un écartement de réglage via un régulateur (19) dans un circuit de réglage fermé à l'aide d'un ordinateur qui enregistre l'écartement de réglage et qui règle au moyen d'ordres de réglage la puissance calorifique du four de passage continu (10, 11), en prenant en considération la dimension de la bande, le matériau de base de la bande (1) en ce qui concerne sa composition chimique et/ou sa structure, l'épaisseur de la couche de zinc, la composition du bain de zinc, comme par exemple sa teneur en Al, la vitesse de la bande, et le cas échéant d'autres paramètres, comme

la température de la bande (1) à l'entrée du four de passage continu (10, 11) et la température ambiante.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que pour la détection d'une réaction entière de la couche Zn-Fe, l'émission de rayonnement de la surface de la bande (1) est mesurée après ou pendant le traitement thermique au moyen d'au moins un pyromètre (14).
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'on détermine, sur le trajet de passage de bande (3), par mesure au moyen de plusieurs pyromètres (14) agencés les uns derrière les autres en direction de circulation de bande (6), cet emplacement à partir duquel la couche Zn-Fe a entièrement réagi, et en ce que par réglage de la puissance calorifique du four de passage continu (10, 11), cet emplacement est amené en direction de circulation de bande (6) avant un emplacement limite à partir duquel la couche Zn-Fe doit au plus tard avoir réagi entièrement.
4. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la puissance calorifique et ainsi la température peuvent être réglées différemment à l'intérieur du four de passage continu (10, 11) dans des zones de réchauffement individuelles (12, 12').
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la puissance calorifique peut être réglée différemment dans des zones de réchauffement (12, 12') situées les unes à côté des autres en direction de la largeur de bande.
6. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 4 et 5, caractérisé en ce que la puissance calorifique peut être réglée différemment dans des zones de réchauffement situées les unes derrière les autres en direction du passage de la bande.
7. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que la mesure de la teneur en fer et/ou de l'émission de rayonnement s'effectue à des emplacements agencés en répartition sur la largeur de la bande.
8. Installation pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 7, comportant un dispositif de guidage de bande (2) guidant une bande (1) le long d'un trajet de passage de bande (3), un dispositif de revêtement de zinc (4) agencé sur le trajet de passage de bande (3), un dispositif de traitement thermique (13) agencé à la suite et formé par un four de passage en continu pour la bande (1), et un dispositif de mesure (16) situé également sur le trajet de passage de bande (3) et agencé en aval du dispositif de traitement thermique (13), pour mesurer la teneur en fer de la couche de zinc, caractérisée en ce que le dispositif de mesure (16) est accouplé à un régulateur (19) qui est accouplé via une ligne de commande au dispositif de chauffage du dispositif de traitement thermique (13).
9. Installation selon la revendication 8, caractérisée en ce que le régulateur (19) est accouplé à un ordinateur de traitement (18).
10. Installation selon l'une ou l'autre des revendications 8 et 9, caractérisée en ce qu'il est prévu au moins un dispositif de mesure de rayonnement supplémentaire réalisé sous la forme d'un pyromètre (14) agencé sur le trajet de passage de bande (3) après ou dans le dispositif de traitement thermique (13), qui est également accouplé au régulateur (19).



**FIG. 4**

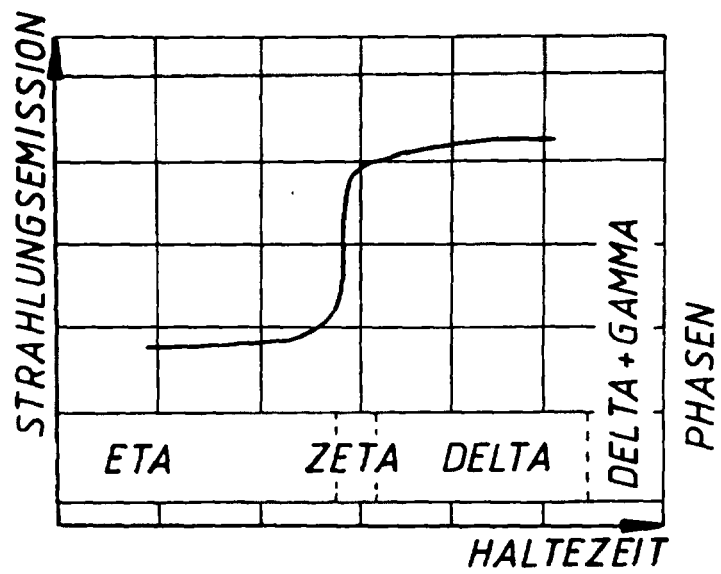


FIG. 2

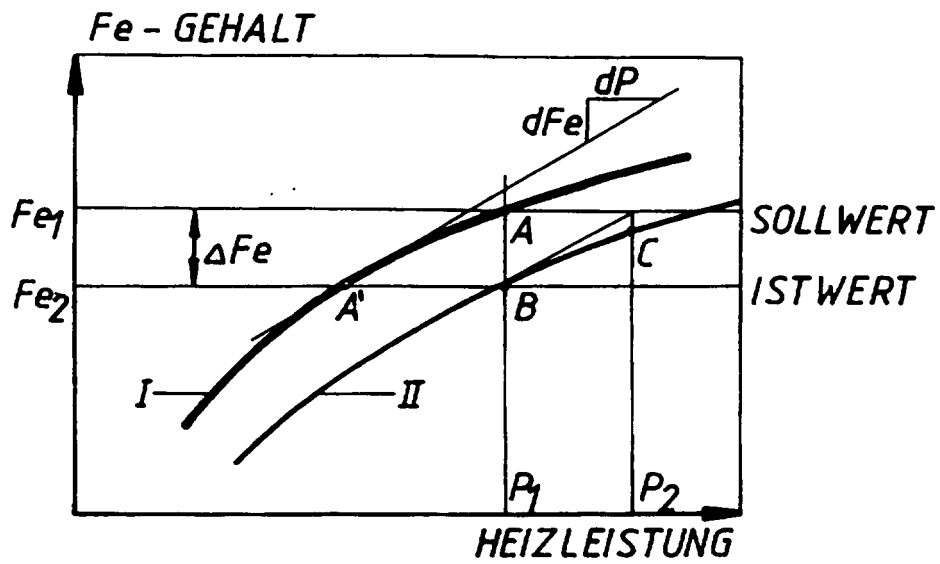


FIG. 3

