

(19)



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer:

AT 407 198 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1801/98
(22) Anmeldetag: 28.10.1998
(42) Beginn der Patentdauer: 15.05.2000
(45) Ausgabetag: 25.01.2001

(51) Int. Cl.⁷: **G01N 21/35**
G01N 22/02, 33/46

(73) Patentinhaber:
WERTH PETER DIPL.ING.
A-8010 GRAZ, STEIERMARK (AT).

(54) VERFAHREN UND ANLAGE ZUM LOKALISIEREN VON HARZEINSCHLÜSSEN IN HOLZ

(57) Verfahren und Vorrichtung zum Lokalisieren von Harzeinschlüssen in Holz, mit den Schritten:

Unterwerfen des Holzes einer Mikrowellenstrahlung über eine vorgegebene Zeitspanne,

Messen der Abstrahlung ausgewählter Oberflächenbereiche des Holzes im Infrarotbereich, und

Bestimmen eines Oberflächenbereiches als mit einem darunterliegenden Harzeinschluß behaftet, wenn seine Abstrahlung ein vorgegebenes Schwellwertkriterium erfüllt.

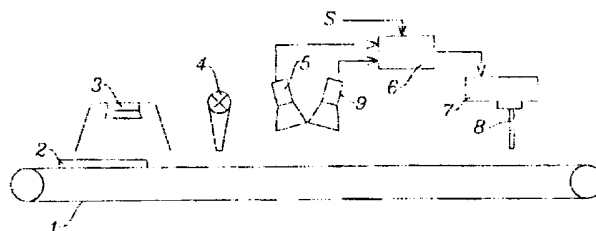


Fig. 1

AT 407 198 B

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zum Lokalisieren von Harzeinschlüssen in Holz.

In der Holzverarbeitenden Industrie stellen Harzeinschlüsse in Holz ein Problem dar, da sie von außen nicht erkennbar sind und erst bei der Verarbeitung (Sägen, Schleifen, Fräsen usw.) zutage treten. In diesem Fall muß die Verarbeitung unterbrochen werden, um den Harzeinschluß durch Ausfräsen und Verfüllen mit Holzkitt zu beseitigen. Nicht entdeckte Harzeinschlüsse bedeuten daher für den Endverarbeiter einen Qualitätsmangel und sind ein Grund zur Preisminderung.

Für Holzherzeuger wie Sägewerke usw. wäre es daher wünschenswert, Harzeinschlüsse im Holz erkennen und lokalisieren zu können, auch wenn sie unter der Oberfläche verborgen sind, einerseits um Holz nach harzfreien und harzbehafteten Qualitätsklassen sortieren zu können, andererseits um bereits selbst Maßnahmen zur Beseitigung der Harzeinschlüsse treffen zu können. Die Erfindung setzt sich zum Ziel, ein Verfahren und eine Anlage für diesen Zweck zu schaffen.

Die Erfindung erreicht dieses Ziel mit der Schaffung eines Verfahrens zum Lokalisieren von Harzeinschlüssen in Holz, das sich auszeichnet durch die Schritte:

Unterwerfen des Holzes einer Mikrowellenstrahlung über eine vorgegebene Zeitspanne,

Messen der Abstrahlung ausgewählter Oberflächenbereiche des Holzes im Infrarotbereich, und

Bestimmen eines Oberflächenbereiches als mit einem darunterliegenden Harzeinschluß behaftet, wenn seine Abstrahlung ein vorgegebenes Schwellwertkriterium erfüllt.

Unter dem Begriff "Infrarotbereich" wird in der vorliegenden Beschreibung der gesamte Bereich vom "nahen" Infrarot (NIR, in der Regel um etwa 1 μm) bis hin zum "fernen" (thermischen) Infrarot (FIR, im allgemeinen etwa 8-12 μm und darüber) verstanden.

Das Verfahren beruht auf der Erkenntnis, daß die Suszeptibilität gegenüber Mikrowellenstrahlung von Holz und Harz unterschiedlich ist. Harzeinschlüsse werden sich unter der Einwirkung von Mikrowellenstrahlung rascher und stärker erwärmen als das sie umgebende Holz. Die anschließende Auswertung der Oberflächenabstrahlung des Holzes im Infrarotbereich ermöglicht somit eine Lokalisierung der Harzeinschlüsse. Je kleiner die gemessenen Oberflächenbereiche gewählt werden, d.h. je größer die geometrische Auflösung des Infrarotbildes ist, desto genauer ist die Lokalisierung. Je besser die spektrale, d.h. radiometrische Auflösung des Bildes ist, desto empfindlicher ist die Lokalisierung.

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus,

daß die Abstrahlung des Holzes in mehreren Raumrichtungen gemessen wird,

daß aus den Messungen der verschiedenen Raumrichtungen ein dreidimensionales Abstrahlungsbild des Holzes erzeugt wird, und

daß jene Volumsbereiche des dreidimensionalen Bildes, deren Abstrahlung das vorgegebene Schwellwertkriterium erfüllen, als mit einem Harzeinschluß behaftet bestimmt werden.

Dadurch wird eine Art "tomographisches" Infrarotbild des Holzes erzeugt, so daß die Harzeinschlüsse nicht nur in ihrer X/Y-Lage bezüglich der Holzoberfläche lokalisiert werden, sondern auch in ihrer Tiefe (Z-Richtung) bezüglich der Holzoberfläche, unter Berücksichtigung der Wärmeleitfähigkeit des Holzes je nach Maserung und Schnitt.

In jedem Fall wird bevorzugt das Schwellwertkriterium in Abhängigkeit der Abstrahlung einer Mehrzahl von Oberflächen- oder Volumsbereichen festgesetzt, d.h. mit anderen Worten kann das Bestimmungsergebnis auf den lokalen Wärmegradienten abgestimmt werden, auf die Hintergrundstrahlung, Mittelwerte usw. normiert werden, Bildfilteralgorithmen, z.B. Kantenschärfung, können zur Anwendung kommen, usw. Besonders bevorzugt wird als Schwellwertkriterium der lokale Abstrahlungsgradient benachbarter Oberflächenbereiche ausgewertet.

Die Abstrahlung kann beispielsweise mit Hilfe eines berührungslos abtastenden Infrarotsensors gemessen werden, der relativ bezüglich des Holzes bewegt wird, oder bevorzugt mit Hilfe einer Infrarotkamera, welche in einer Aufnahme ein gesamtes Abstrahlungsbild aufnimmt (Flächensensor).

Die Abstrahlung kann sowohl im nahen (NIR) als auch im fernen, thermischen (FIR) Infrarotbereich gemessen werden. Bevorzugt wird sie im thermischen Infrarotbereich gemessen, besonders bevorzugt im Bereich von 8 μm -12 μm , da sich hier die besten Bildkontraste ergeben.

Besonders vorteilhaft ist es ferner, wenn das Auswählen der Oberflächenbereiche mit Hilfe

einer optischen Kamera erfolgt. Dadurch kann das Ergebnis der Abstrahlungsmessung mit dem optischen Bild der Kamera in eine geometrische Beziehung gesetzt werden, um die Lokalisierung der bestimmten Bereiche zu präzisieren bzw. kalibrieren.

5 Gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, die ferner zum Entfernen der Harzeinschlüsse dient, umfaßt das Verfahren den weiteren Schritt des Ausfräsens des Holzes in den bestimmten Oberflächen- bzw. Volumsbereichen. Auf diese Weise kann eine komplette Bearbeitungsstraße gebildet werden, in welcher die zunächst lokalisierten Harzeinschlüsse anschließend vollständig entfernt werden.

10 Zwecks Automatisierung wird dabei das Ausfräsen bevorzugt mit Hilfe eines steuerbaren Fräsers durchgeführt, dem das Ergebnis der Bereichsbestimmung zur Steuerung zugeführt wird.

Wie an Hand der unten beschriebenen Beispiele noch erläutert wird, hat es sich gezeigt, daß es günstig ist, wenn das Holz nach dem Mikrowellenbestrahlen und vor dem Messen über eine vorgegebene Zeitspanne abkühlen gelassen wird. Alternativ oder zusätzlich kann das Holz mit Hilfe eines Kühlgebläses gekühlt werden. Die Verfahrensparameter Auskühlzeit und Kühlleistung
15 können in Verbindung mit den Parametern Intensität und Dauer der Mikrowellenstrahlung zur Erreichung eines optimalen Abstrahlungscontrastes zwischen Harz und Holz variiert werden.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung besteht in der Schaffung einer Anlage zum Lokalisieren von Harzeinschlüssen in Holz. Diese Anlage zeichnet sich erfindungsgemäß aus durch

20 eine Strahlungsquelle zum Erzeugen von Mikrowellenstrahlung und zum Richten derselben auf das Holz über eine vorgegebene Zeitspanne,

eine Meßeinrichtung zum Messen der thermischen Abstrahlung ausgewählter Oberflächenbereiche des Holzes im Infrarotbereich, und

eine der Meßeinrichtung nachgeschaltete Vergleichseinrichtung zum Vergleichen der Abstrahlung eines Oberflächenbereiches mit einem vorgegebenen Schwellwertkriterium.

25 Bezüglich des Einsatzzweckes und der Vorteile der Anlage sei auf die vorangegangene Verfahrensbeschreibung verwiesen.

Eine vorteilhafte Variante der Anlage, mit welcher sich das erwähnte tomographische Verfahren durchführen läßt, weist

30 eine Antriebseinrichtung zum Erzeugen einer Relativbewegung des Holzes gegenüber der Meßeinrichtung auf, um die Abstrahlung des Holzes in mehreren Raumrichtungen zu messen, und

eine der Meßeinrichtung nachgeschaltete Auswerteeinrichtung zum Auswerten der Messungen der verschiedenen Raumrichtungen, um ein dreidimensionales Abstrahlungsbild des Holzes zu erzeugen, und zum Vergleichen der Abstrahlung eines ausgewählten Volumsbereiches des dreidimensionalen Bildes mit dem vorgegebenen Schwellwertkriterium.

35 Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der begleitenden Zeichnung, in welcher Fig. 1 eine erfindungsgemäße Anlage schematisch in der Seitenansicht zeigt, an Hand welcher auch der Verfahrensablauf beschrieben wird, und die Fig. 2a bis 2e Wärmeabstrahlungsbilder aus den Versuchen 1 bis 5 des nachstehend erläuterten Verfahrensbeispiels zeigen.

40 Zunächst wird unter Bezugnahme auf Fig. 1 eine im Durchlaufverfahren arbeitende Anlage beschrieben. Die Anlage umfaßt ein Fördermittel 1, z.B. ein Förderband, auf das ein zu untersuchendes Holz 2 aufgelegt wird. Die Förderrichtung des Holzes 2 ist in der Zeichnung von links nach rechts.

45 Das Holz 2 durchläuft auf seinem Weg auf dem Fördermittel 1 zunächst eine Strahlungsquelle 3, in welcher es einer Mikrowellenstrahlung über eine vorgegebene Zeitspanne unterworfen wird. Anschließend wird das Holz 2 über eine zweite vorgegebene Zeitspanne abkühlen gelassen oder alternativ oder zusätzlich mit Hilfe eines Gebläses 4 gekühlt.

50 Nach der Abkühlung durchläuft das Holz 2 eine Meßeinrichtung 5, in welcher die Infrarotabstrahlung ausgewählter Oberflächenbereiche des Holzes gemessen wird. Die Infrarotabstrahlung kann im "nahen" Infrarotbereich (NIR) und/oder im "fernen" (thermischen) Infrarotbereich (FIR) gemessen werden. Die Meßeinrichtung 5 ist im gezeigten Beispiel eine Infrarot-CCD-Kamera für den thermischen (FIR) Bereich, und die gemessenen Oberflächenbereiche werden durch den Bildausschnitt der Kamera und ihre geometrische Auflösung bestimmt. Im Falle einer CCD-Kamera
55 entspricht z.B. jeder Bildpunkt der Kamera einem Oberflächenbereich.

Das Meßergebnis der Meßeinrichtung 5 wird einer Vergleichs- und Auswerteeinrichtung 6
 zugeführt, in der ein Vergleich der Abstrahlung eines Oberflächenbereiches mit einem vorge-
 gegebenen Schwellwertkriterium S erfolgt. Ein Erfüllen des Schwellwertkriteriums S zeigt einen
 Harzeinschluß an. Das Schwellwertkriterium S kann z.B. ein vorgegebener Schwellwert sein,
 dessen Überschreiten einen Harzeinschluß anzeigt. Das Schwellwertkriterium kann alternativ in
 5 Abhängigkeit der Abstrahlung einer Mehrzahl von Oberflächenbereichen festgesetzt werden, d.h.
 adaptiv bestimmten globalen oder lokalen Bildparametern folgen. Beispielsweise kann so der
 lokale Wärmeabstrahlungsgradient von einem Oberflächenbereich zum benachbarten ausgewertet
 und mit einem gesonderten Schwellwert verglichen werden; Bildglättungs- oder Bildschärfungs-
 10 algorithmen können berücksichtigt werden usw. Auch eine Verknüpfung verschiedenster Schwell-
 werte, z.B. eines Schwellwertes für den lokalen Wärmeabstrahlungsgradienten, eines weiteren
 Schwellwertes für die absolute Abstrahlung usw. zur Aufstellung eines bestimmten Schwellwert-
 kriteriums kann vorgenommen werden. Entsprechende Bildverarbeitungs- und -auswertungsalgo-
 rithmen sind in der Technik bekannt.

Der Ausgang der Vergleichs- und Auswerteeinrichtung 6 steuert einen in Bilderstreckungs-
 richtung der Meßeinrichtung 5 beweglichen Fräser 7 mit Fräskopf 8 derart, daß die als mit einem
 Harzeinschluß behaftet bestimmten Oberflächenbereiche des Holzes bis zu einer vorgegebenen
 Tiefe, gegebenenfalls unter visueller Kontrolle einer Bedienungsperson, ausgefräst werden.

Der Vergleichs- und Auswerteeinrichtung 6 kann ferner der Ausgang einer optischen Kamera 9
 20 zugeführt werden, um eine geometrische Lagekalibrierung des Bildkoordinatensystems der Infra-
 rotkamera 5 zu ermöglichen.

In einer Variante der Anlage bzw. des Verfahrens kann das Holz 2 mit Hilfe einer (nicht
 dargestellten) Antriebseinrichtung gegenüber der Meßeinrichtung 5 gedreht werden oder umge-
 kehrt, um seine Infrarotabstrahlung, insbesondere thermische Abstrahlung in mehreren unter-
 25 schiedlichen Raumrichtungen zu messen. Aus den unter verschiedenen Raumrichtungen ge-
 messenen Wärmeabstrahlungsbildern kann die Auswerteeinrichtung mit Hilfe aus der Computer-
 tomographie hinlänglich bekannter Bildverarbeitungsverfahren ein dreidimensionales Wärme-
 strahlungsbild erzeugen, das aus einzelnen Volumsbereichen aufgebaut ist. Diese können jeweils
 mit dem Schwellwertkriterium S verglichen werden, um ihre Harzeinschlußbehaftung festzustellen.

Das Verfahren der Erfindung kann sowohl im Durchlaufverfahren wie in Fig. 1 gezeigt als auch
 30 chargenweise mit Hilfe von den einzelnen Verfahrensschritten zugeordneten Anlagen durchgeführt
 werden. Beispielsweise kann das Mikrowellenbestrahlen des Holzes 2 in einem herkömmlichen
 Mikrowellenofen erfolgen; anschließend wird das Holz unter eine Infrarotkamera gelegt; und an
 Hand des Infrarotabstrahlungsbildes wird die Bestimmung der harzeinschlußbehafteten Ober-
 35 flächen- und/oder Volumsbereiche visuell durchgeführt. Das Entfernen der Harzeinschlüsse kann
 anschließend auch per Hand erfolgen.

Beispiel

In den folgenden Verfahrensbeispielen wurden lagergetrocknete Fichtenholzproben aus
 40 industrieller Sägewerkfertigung untersucht, die auf ein Maß von 170 mm x 150 mm x 40 mm zuge-
 schnitten wurden. Die Proben wurden jeweils in einem herkömmlichen Mikrowellenherd über eine
 vorgewählte Zeit mikrowellenbestrahlt und anschließend an Umgebungsluft bei einer Umgebungs-
 temperatur von 21°C über eine vorgegebene Zeitspanne abkühlen gelassen. Anschließend wurde
 ein Wärmeabstrahlungsbild jeder Probe in einer ausgewählten Raumrichtung mit Hilfe einer han-
 45 delsüblichen Infrarotkamera aufgenommen. Der Aufnahmespektralbereich der Infrarotkamera
 betrug 8 µm bis 12,5 µm Wellenlänge.

Es wurden fünf Versuche durchgeführt. Die in jedem Versuch zum Einsatz kommende
 Mikrowellenleistung, Mikrowelleneinwirkungsdauer und Abkühlzeit sind in der nachstehenden
 50 Tabelle 1 angeführt.

Tabelle 1

	Versuch Nr.	Leistung Mikrowelle [W]	Dauer Mikrowelle [s]	Dauer Abkühlung [s]	Thermokamera- bild Fig.
5	1	90	20	60	2a
	2	90	100	60	2b
	3	180	120	30	2c
10	4	200	200	30	2d
	5	180	180	120	2e

Es ergaben sich die in den Fig. 2a bis 2e dargestellten Abstrahlungsbilder. Die hellen Bereiche sind jeweils wärmer als die dunklen, wobei die Temperaturspanne (dunkel bis hell) unter jedem Bild angegeben ist. Die Temperaturspanne wurde jeweils linear in 16 Abstufungen aufgelöst. Die hellen Bereiche zeigen Harzeinschlüsse im Holz an.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zum Lokalisieren von Harzeinschlüssen in Holz, gekennzeichnet durch die Schritte:
Unterwerfen des Holzes einer Mikrowellenstrahlung über eine vorgegebene Zeitspanne,
Messen der Abstrahlung ausgewählter Oberflächenbereiche des Holzes im Infrarotbereich,
und
Bestimmen eines Oberflächenbereiches als mit einem darunterliegenden Harzeinschluß behaftet, wenn seine Abstrahlung ein vorgegebenes Schwellwertkriterium erfüllt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß die Abstrahlung des Holzes in mehreren Raumrichtungen gemessen wird,
daß aus den Messungen der verschiedenen Raumrichtungen ein dreidimensionales Abstrahlungsbild des Holzes erzeugt wird, und
daß jene Volumsbereiche des dreidimensionalen Bildes, deren Abstrahlung das vorgegebene Schwellwertkriterium erfüllen, als mit einem Harzeinschluß behaftet bestimmt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Schwellwertkriterium in Abhängigkeit der Abstrahlung einer Mehrzahl von Oberflächen- oder Volumsbereichen festgesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Schwellwertkriterium der lokale Abstrahlungsgradient benachbarter Oberflächenbereiche ausgewertet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstrahlung im thermischen Infrarotbereich, bevorzugt im Bereich $8\text{ }\mu\text{m}$ - $12\text{ }\mu\text{m}$, gemessen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Auswählen der Oberflächenbereiche mit Hilfe einer optischen Kamera erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, ferner zum Entfernen der Harzeinschlüsse, mit dem weiteren Schritt des Ausfräsens des Holzes in den bestimmten Oberflächen- bzw. Volumsbereichen.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausfräsen mit Hilfe eines steuerbaren Fräasers durchgeführt wird, dem das Ergebnis der Bereichsbestimmung zur Steuerung zugeführt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Holz nach dem Mikrowellenbestrahlen und vor dem Messen über eine vorgegebene Zeitspanne abkühlen gelassen wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Holz nach dem Mikrowellenbestrahlen und vor dem Messen mit Hilfe eines Kühlgebläses gekühlt

wird.

11. Anlage zum Lokalisieren von Harzeinschlüssen in Holz, gekennzeichnet durch eine Strahlungsquelle (3) zum Erzeugen von Mikrowellenstrahlung und zum Richten derselben auf das Holz (2) über eine vorgegebene Zeitspanne,
 5 eine Meßeinrichtung (5) zum Messen der Abstrahlung ausgewählter Oberflächenbereiche des Holzes (2) im Infrarotbereich, und
 eine der Meßeinrichtung (5) nachgeschaltete Einrichtung (6) zum Vergleichen der Abstrahlung eines Oberflächenbereiches mit einem vorgegebenen Schwellwertkriterium (S).
12. Anlage nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch eine Antriebseinrichtung zum Erzeugen
 10 einer Relativbewegung des Holzes (2) gegenüber der Meßeinrichtung (5), um die Abstrahlung des Holzes (2) in mehreren Raumrichtungen zu messen, und wobei die Einrichtung (6) sowohl zum Auswerten der Messungen der verschiedenen Raumrichtungen, um ein dreidimensionales Abstrahlungsbild des Holzes (2) zu erzeugen, als auch zum
 15 Vergleichen der Abstrahlung eines ausgewählten Volumsbereiches des dreidimensionalen Bildes mit dem vorgegebenen Schwellwertkriterium (S) ausgebildet ist.
13. Anlage nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung (5) als Kamera, bevorzugt CCD-Kamera, für den thermischen Infrarotbereich ausgebildet ist.
14. Anlage nach einem der Ansprüche 11 bis 13, gekennzeichnet durch eine optische Kamera
 20 (9) zum Auswählen der Oberflächenbereiche des Holzes (2), welche bevorzugt die Einrichtung (6) steuert.
15. Anlage nach einem der Ansprüche 11 bis 14, ferner zum Entfernen der Harzeinschlüsse, gekennzeichnet durch einen steuerbaren Fräser (7), der vom Ausgang der Einrichtung (6) gesteuert ist.
16. Anlage nach einem der Ansprüche 11 bis 15, gekennzeichnet durch ein der Strahlungs-
 25 quelle (3) nach- und der Meßeinrichtung (5) vorgeordnetes Kühlgebläse (4) zum Abkühlen des Holzes (2).

HIEZU 4 BLATT ZEICHNUNGEN

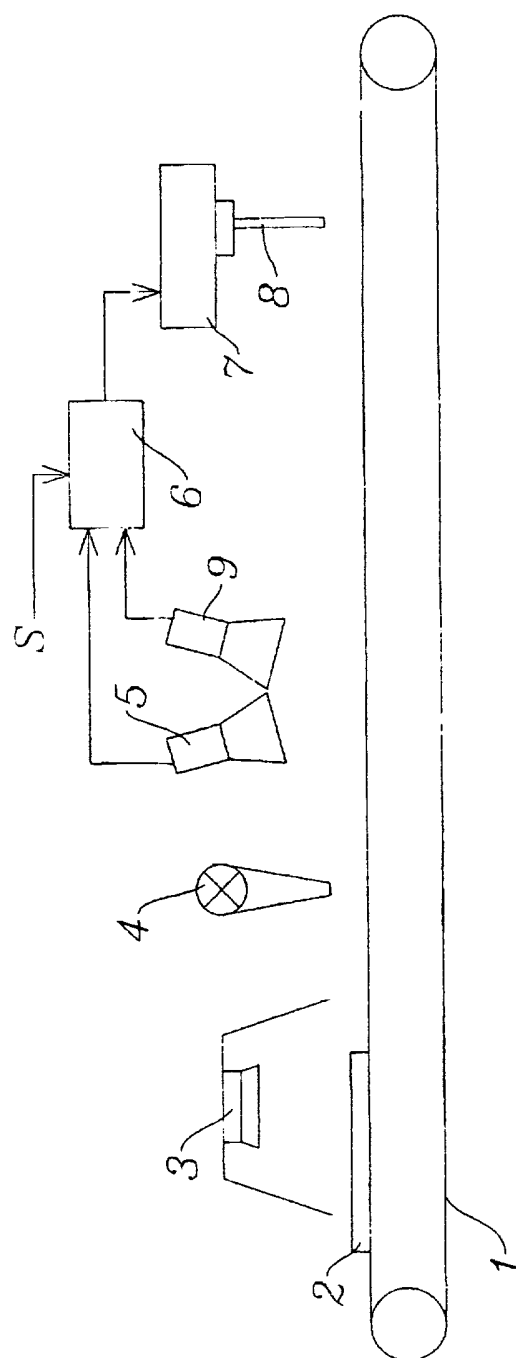


Fig.1

