



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 03 566 T2 2004.05.13**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 208 353 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 03 566.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP00/07898**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 951 504.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/011316**

(86) PCT-Anmeldetag: **10.08.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **15.02.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.05.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **25.06.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.05.2004**

(51) Int Cl.7: **G01B 15/02**
G01N 23/223

(30) Unionspriorität:
99202608 10.08.1999 EP

(73) Patentinhaber:
**Corus Aluminium Walzprodukte GmbH, 56070
Koblenz, DE**

(74) Vertreter:
Müller, Schupfner & Gauger, 80539 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:
**HASZLER, Johann, Alfred, D-56179 Valendar, DE;
GHAZIARY, Hormoz, Los Gatos, US**

(54) Bezeichnung: **RÖNTGENSTRAHLFLUORESCENZ-SENSOR ZUR BLECHDICKENMESSUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Intensität von element-spezifischen fluoreszierenden Röntgenstrahlen, die von einer Metallschicht eines Metallblechs ausgestrahlt werden, in der das fluoreszierende Element in einer Konzentration von weniger oder gleich 20% vorhanden ist, aufweisend Mittel zum Definieren einer Probenfläche zum Halten des Metallblechs, und weiterhin aufweisend Mittel zum Generieren und Lenken eines Strahlenbündels von mehrfarbigen Primärröntgenstrahlen, wobei das Strahlenbündel in die erste und die zweite Schicht eindringen kann, um primäre Röntgenstrahlen in für das chemische Element spezifische fluoreszierende Röntgenstrahlen umzuwandeln durch Absorption von primären Röntgenstrahlen und Re-emission von fluoreszierenden Röntgenstrahlen durch das chemische Element, und weiterhin aufweisend Mittel zum Ermitteln von element-spezifischen, fluoreszierenden Röntgenstrahlen und Bestimmen einer Intensität davon.

[0002] Eine solche Vorrichtung ist aus US 2,711,480 bekannt. In der bekannten Vorrichtung wird das Strahlenbündel aus Primärröntgenstrahlen in einem beliebigen Winkel auf Blechmaterial gelenkt, und die Ermittlungsmittel werden relativ zu dem Strahlenbündel aus Primärröntgenstrahlen in einem beliebigen Winkel ausgerichtet, um fluoreszierende Strahlung zu erhalten, die von dem Blech in alle Richtungen ausgeht. Die bekannte Vorrichtung kann in einem Verfahren zum Bestimmen der Dicke einer Materialschicht auf einem chemisch unterschiedlichen Basismaterial angewendet werden, indem die Dämpfung bzw. materielle Schwächung (Attenuation) von fluoreszierender Strahlung des am häufigsten im Basismaterial vorhandenen Materials beim Passieren durch die Schicht gemessen wird.

[0003] In vielen Fällen ist es jedoch nicht möglich, die Fluoreszenz des häufigsten Elements zu verwenden, insbesondere bei Metallblechen, die Legierungsschichten enthalten, die sehr ähnliche Zusammensetzungen haben. Innerhalb dieser Beschreibung wird der Begriff "Außenkaschierschicht" bzw. "Außenschicht" (cladding) verwendet, um die erste Schicht zu bezeichnen und der Begriff "Kaschierschicht" (clad layer) wird verwendet, um eine Unterschicht zu bezeichnen.

[0004] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Messung der Außenschichtdicke bereitzustellen, die zur Dickenbestimmung fluoreszierender Signale von Elementen verwenden kann, die in einer Schicht in einer geringen Konzentration vorhanden sind. Es weiterhin eine Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung bereit zu stellen, die sowohl die Dicke der Außenschicht als auch die Dicke des ganzen Metallblechs mit verbesserter Genauigkeit und in kürzerer Messzeit messen kann, so dass die Dicke der Außenschicht als Teil der Gesamtdicke des Blechs angegeben werden kann. Es

ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zum Messen der Außenschichtdicke und der Metallblechdicke mit verbesserter Bedienbarkeit und reduzierter Bedienfehlermöglichkeit bereitzustellen. Es ist eine weitere Aufgabe, eine Vorrichtung bereitzustellen, die zur Verwendung in einer Produktionsumgebung geeignet ist.

[0005] Gemäß der Erfindung werden eine oder mehrere dieser Aufgaben erreicht, indem eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff bereitgestellt wird, in die Mittel zur Ermittlung in einem Winkel mit Bezug auf das Primärröntgenstrahlenbündel angeordnet werden, abhängig von dem chemischen Element, aus dem die fluoreszierenden Röntgenstrahlen ermittelt werden sollen. Dadurch wird eine Verbesserung in der Ermittlungseffizienz erreicht, und die Messzeit wird entsprechend verkürzt. Es wird also eine Vorrichtung zur Verfügung gestellt, mit der jetzt Legierungen mit einer geringen Konzentration von fluoreszierenden Elementen analysiert werden können, um die Dicke einer Außenschicht zu bestimmen. Innerhalb dieser Beschreibung wird der Begriff "Ermittlungskanal" (detection channel) verwendet, um Ermittlungselemente zu bezeichnen, die so angeordnet sind, dass sie selektiv die für ein chemisches Element spezifische fluoreszierende Strahlung erhalten.

[0006] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die fluoreszierende Strahlung aus dem Metallblech in einem Ausgangswinkel austritt, der charakteristisch für die Wellenlänge der emittierten fluoreszierenden Röntgenstrahlen innerhalb eines Materialkomplexes ist. Wenn sie richtig angeregt werden, können chemische Elemente fluoreszierende Röntgenstrahlen in einem Wellenlängenspektrum emittieren, das charakteristisch für jedes fluoreszierende Element ist. Dadurch dass die Ermittlungselemente so angeordnet werden, dass sie die fluoreszierenden Röntgenstrahlen erhalten, die von der Oberfläche des Metallblechs unter einem bestimmten Austrittswinkel austreten, wird ein element-spezifischer Teil von Röntgenstrahlen, die aus dem Metallblech austreten, ermittelt. Die Ermittlungselemente erhalten also eine Vorauswahl von fluoreszierenden Röntgenstrahlen, und zwar der fluoreszierenden Röntgenstrahlen, die die relevante zu quantifizierende Information enthalten.

[0007] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält die Vorrichtung wenigstens zwei verschiedene Ermittlungskanäle, die in einem Winkel angeordnet werden, um fluoreszierende Röntgenstrahlen von unterschiedlichen chemischen Elementen zu erhalten. Damit wird eine Vorrichtung mit einer großen Flexibilität, viele verschiedene Metallblechtypen zu messen, zur Verfügung gestellt. Zusätzlich ist die Vorrichtung in der Lage, multiple Signale von fluoreszierenden Röntgenstrahlen, die in verschiedenen Elementen umgewandelt wurden, zu messen. Die Vorrichtung kann so ein Signal auswählen, das die vorteilhafteste Messung in einer vorgegebenen Dickenmessung ermöglicht. Ein weiterer Vorteil der Vorrichtung in der

vorliegenden Ausführungsform ist, dass es für jedes chemische Element, von dem Fluoreszenz ermittelt wird, möglich ist, die Dicke einer zusätzlichen (Unter-)Schicht im Metallblech zu messen.

[0008] In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Mittel zum Lenken des Strahlenbündels von primären Röntgenstrahlen so angeordnet, dass das Primärröntgenstrahlenbündel im Wesentlichen senkrecht zur Probenfläche gelenkt wird. Dadurch wird erreicht, dass die primären Röntgenstrahlen so tief wie möglich in das Metallblech eindringen, um in fluoreszierende Röntgenstrahlen umgewandelt zu werden. Diese Anordnung ermöglicht den größten Raum entlang der Probenfläche für zusätzliche Ermittlungskanäle über den gesamten azimutalen Bereich.

[0009] In einer Ausführungsform der Erfindung sind das Mittel zum Lenken eines Primärröntgenstrahlenbündels und das Mittel zum Ermitteln elementspezifischer, fluoreszierender Röntgenstrahlen in einer Messeinheit integriert. Dadurch erhält man eine einzige Messeinheit, die beispielsweise über ein großes Metallblech bewegt werden kann, um das Metallblech an verschiedenen Stellen zu analysieren. Neben anderen Möglichkeiten, die Bewegung der integrierten Einheit zu führen, ist es besonders vorteilhaft, für diesen Zweck Schienenelemente bereit zu stellen.

[0010] In einer Ausführungsform der Erfindung enthält die Vorrichtung Mittel, um die Messeinheit gegen die Probenfläche zu drücken. Dadurch wird erreicht, dass die Messeinheit während der Messung gegen die Oberfläche des untersuchten Metallblechs gedrückt werden kann. Dadurch wird sichergestellt, dass der Eingangs- und Ausgangswinkel von Röntgenstrahlen im Bezug zur Metallblechoberfläche gut definiert und konstant sind. Darüber hinaus wird ein enger Kontakt zwischen dem Metallblech und dem Mittel zum Halten des Metallblechs erreicht. Folglich kann die Vorrichtung mit Pressmitteln Messungen mit größerer Genauigkeit ausführen als ohne Pressmittel.

[0011] Die Pressmittel sind vorzugsweise pneumatische Pressmittel. Durch die Verwendung eines pneumatischen Systems wird ein hoher Grad an Steuerung der Presskraft gewährleistet. Ein anderer Vorteil ist, dass ein schneller Wechsel zwischen dem Zustand des Pressens der Einheit gegen einen Körper und dem Zustand des Loslassens möglich ist. Dies ermöglicht, dass eine schnelle Abfolge von Messungen an verschiedenen Stellen des zu untersuchenden Blechs ausgeführt werden kann.

[0012] In einer Ausführungsform der Erfindung enthält die Vorrichtung Mittel zum Speichern eines Identifizierungsetiketts und ein entsprechendes Standardergebnis für eine Mehrzahl von Standardmetallblechen und Mittel zum Verarbeiten und Vergleichen einer Messung von wenigstens einer Röntgenstrahlenfluoreszenzintensität mit dem Standard, um das Identifizierungsetikett des Standardmetallblechs zu finden, das der Messung am besten entspricht. Eine

solche Vorrichtung kann Metallbleche identifizieren. Dadurch wird sichergestellt, dass die geeigneten Materialparameter, wie z.B. die Schichtzusammensetzung, zur Verfügung stehen, um die korrekten Werte für die Dicke des Metallblechs und/oder einer Außenschicht zu gewinnen. Vorzugsweise werden Intensitäten einer Mehrzahl von Detektoren mit entsprechenden Standardintensitäten verglichen. Die Vorrichtung kann dann das am besten passende Metallblechidentifizierungsetikett unter Verwendung der kombinierten Intensitäten finden. In vielen praktischen Situationen unterscheidet sich die chemische Zusammensetzung der Schichten, in denen die fluoreszierenden Röntgenstrahlen umgewandelt wurden, von Metallblech zu Metallblech. Mit der Erfindung wird eine Vorrichtung bereit gestellt, die den Metallblechtyp im Prozess der Dickemessung ermittelt. Es wird außerdem erreicht, dass eine Korrektur der bestimmten fluoreszierenden Röntgenstrahlenintensität durchgeführt werden kann, für den Fall, dass das fluoreszierende Element in mehr als einer Schicht vorhanden ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Vorrichtung mit minimalem oder keinem Eingreifen des Bedieners verwendet werden kann, da die Vorrichtung aus dem Speichermittel die benötigte Information, wie z.B. Legierungsbestandteile, auswählt. Ansonsten wird erreicht, dass Fehler des Bedieners ermittelt werden können. In solchen Fällen passt die auf der Informationseinheit präsentierte Information nicht zu den Absichten des Bedieners. Typische Bedienfehler sind das Vertauschen von Metallblechproben oder Anordnen des Metallblechs mit der falschen Seite zu den Ermittlungs- und Messelementen. In einer anderen Ausführungsform enthält die Vorrichtung eine Informationseinheit zum Anzeigen des am besten passenden Standardmetallblechs oder des am besten passenden Standardmetallblechs und wenigstens eines anderen Identifizierungsetiketts, das einem Standardmetallblech entspricht, das am nächstbesten passt.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält das Mittel zum Halten des Metallblechs eine Unterlagenschicht bzw. eine Unterlage zum Umwandeln der primären Röntgenstrahlen in Unterlagenspezifische fluoreszierende Röntgenstrahlen durch Absorption der primären Röntgenstrahlen und Re-emission von fluoreszierenden Röntgenstrahlen durch die Unterlage, wobei die Unterlage so angeordnet wird, dass das Metallblech zwischen die Mittel zum Generieren und Lenken des Strahlenbündels von mehrfarbigen primären Röntgenstrahlen und der Unterlage angeordnet werden kann. Damit wird eine Vorrichtung bereit gestellt, die zusätzlich die Dicke des ganzen Metallblechs bestimmen kann, indem die Absorption der fluoreszierenden Röntgenstrahlen von der Unterlage gemessen wird. In bestimmten Anwendungen ist es nötig, die Dicke der Außenschicht als Teil der Gesamtdicke des Metallblechs auszudrücken. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann die Außenschichtdicke als Teil der Gesamtdicke des Me-

tallblechs ausdrücken.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung mit Unterlage enthält die Vorrichtung einen individuellen Ermittlungskanal zum Erhalten von Unterlage-spezifischen fluoreszierenden Röntgenstrahlen. Damit wird eine Vorrichtung bereit gestellt, die sowohl die Messung der Außenschichtdicke als auch der Gesamtdicke des Metallblechs ermöglicht, ohne dass ein erneuerter Einstellschritt vorgenommen werden muss, wenn ein Metallblech eingeführt wird, das sich vom vorhergehenden Metallblech unterscheidet. In einer Produktionsumgebung ist es nicht praktikabel, die Ermittlungselemente jedes mal neu einzustellen, wenn ein unterschiedliches Metallblech analysiert werden soll. Ein weiterer Vorteil einer Vorrichtung mit individuellen Ermittlungskanälen ist, dass sie gleichzeitig die Intensitäten von Fluoreszenz, die von der Unterlage und von einem oder mehr im Metallblech enthaltenen chemischen Elementen bestimmen kann. Dadurch ist die Vorrichtung geeignet, gleichzeitig Daten zum Bestimmen der Gesamtdicke des Metallblechs als auch der Außenschicht zu sammeln. Durch jedes chemische Element, von dem Fluoreszenz ermittelt wird, ist es möglich, die Dicke einer zusätzlichen (Unter-)Schicht zu ermitteln. Gleichzeitiges Ermitteln reduziert die Messzeit noch mehr.

[0015] Im Nachfolgenden werden einige Ausführungsformen der Erfindung beschrieben, die spezielle Vorteile für die Dickemessung von Aluminiumblech bieten. Innerhalb der Anmeldung wird festgelegt, dass Aluminiumblech Aluminiumlegierungsblech ist. Ein wichtiges Produkt, das Aluminiumlegierungsblech enthält, ist derzeit Lötblech. Lötblech wird typischerweise in Autoheizungen, Klimaanlageverdampfern, Wärmetauschern u.ä. verwendet. Lötblech ist ein Mehrstoffmaterial, das einen Aluminiumlegierungskern aufweist, wobei auf einer oder beiden Seiten eine oder mehrere Kaschierschichten aus unterschiedlichen Legierungen, meistens unterschiedlichen Aluminiumlegierungen, sind. Der Zweck der Außenkaschierschicht ist es, der Außenschicht des Blechs bestimmte Eigenschaften zu verleihen, wie z.B. Lötbarkeit, Korrosionsbeständigkeit, Erosionsbeständigkeit und Verschleißbeständigkeit, während die Kernlegierung andere nötige Eigenschaften wie Festigkeit verleiht.

[0016] Lötblechmehrstoffmaterial kann durch Heißwalzen hergestellt werden, bei dem eine Bramme aus Außenschichtmaterial zu einem Ingot des Kernmaterials plaziert wird. Der Heißwalzprozess wird auf dieser Kombination ausgeführt. Im Endprodukt sind der Kern und die Außenschicht stark miteinander verbunden, aufgrund der Tatsache, dass sie primär aus dem selben Metall mit unterschiedlichem Legierungselementgehalt sind. Typischerweise bestehen sowohl der Kern als auch die Hülle aus mehr als 80° Aluminium. Der Prozess ist äußerst schwierig und erfordert genaues Einhalten der Verarbeitungsvorgaben, da die Anforderungen an das Endblech

meist streng sind. Unter die Anforderungen, die erfüllt werden müssen, fällt auch die Außenschichtdicke und die Gesamtdicke des Lötblechs.

[0017] Gegenwärtig werden diese Blechspezifikationen unter Verwendung von metallographischen und optischen Verfahren gemessen und überprüft, was die Schritte der Probenentnahme, Vorbereiten einer metallographischen Auflage, verschiedene Schritte des Polierens und der Oberflächenbehandlung und Bestimmen der Dicke der Außenschicht und der Gesamtdicke unter Verwendung von optischer Mikroskopie beinhaltet. Dieses Analyseverfahren ist sehr arbeitsintensiv und zieht inakzeptabel lange Durchlaufzeiten von wenigstens mehreren Stunden nach sich.

[0018] In der bevorzugten Ausführungsform enthält die Unterlage das Element Molybdän. Noch mehr bevorzugt wird, dass die Unterlage im Wesentlichen aus Molybdän besteht. Damit wird eine exzellente Quelle für fluoreszierende Röntgenstrahlen bereit gestellt. Die Dämpfung von Mo-K_α-Strahlung ist im Bezug auf die Ermittlungsgenauigkeit fast unabhängig von der Aluminiumlegierungszusammensetzung in den meisten Aluminiumlegierungen, was vorteilhaft bei der Auswertung der Messung ist. Die Dämpfung dieser Strahlung beim Durchgang durch das gesamte Metallblech im Wesentlichen aus Aluminiumlegierung ist gering genug, dass ein ausreichend großer Teil die Ermittlungselemente erreicht, um eine Intensität in einer akzeptablen Zeit zu messen, während die Dämpfung gleichzeitig ausreichend hoch ist, um eine genaue Bestimmung zu ermöglichen. Der typische Dickenbereich für Aluminiumlegierungsblech, beispielsweise für Lötblech, der in dieser Ausführungsform gemessen werden kann, ist zwischen 0,07 mm und 6,35 mm. Außerdem ist Molybdän ausreichend verschleißbeständig und relativ preiswert. Nicht weniger wichtig ist die Tatsache, dass Molybdän in Aluminiumlegierungen typischerweise nicht vorkommt, weder als Legierungselement noch als Streuelement. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die Unterlage dauerhaft an der Testfläche eines Messtisches angebracht, um die Probenfläche zu bilden.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält die Vorrichtung wenigstens einen Ermittlungskanal zum Erhalt von fluoreszierenden Röntgenstrahlen, die spezifisch für ein chemisches Element aus einer Cu, Mn, Zn, Fe umfassenden Gruppe sind, in einer Metallschicht, die hauptsächlich Al aufweist. Dadurch wird erreicht, dass eine Intensität von fluoreszierenden Röntgenstrahlen eines Legierungselements gemessen werden kann, das oft in einer Aluminiumkernlegierung verwendet wird. Die Vorrichtung kann also verwendet werden, um die Dämpfung in einer Außenschicht aus Metall- oder Aluminiumlegierung zu bestimmen aus fluoreszierenden Röntgenstrahlen von Legierungselementen von einer Kernschicht. Dies wiederum liefert die Information, die nötig ist, um eine Außenschichtdicke zu bestimm-

men. Durch die Einstellung der erfindungsgemäßen Ermittlungselemente kann die Dicke von Schichten unter Verwendung von fluoreszierenden Röntgenstrahlen nun sogar bei Legierungen mit einer geringen Konzentration von fluoreszierenden Elementen bestimmt werden. Weiterhin wird eine Vorrichtung bereit gestellt, die die Dicke einer Außenschicht bestimmen kann, die hauptsächlich das Element Aluminium besteht, auf einer weiteren Schicht, die hauptsächlich Aluminium enthält. Der Winkel, in dem sich die fluoreszierenden Röntgenstrahlen ausbreiten, hängt von der chemischen Art des Legierungselements und von seiner direkten Umgebung im Substratmetall ab.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält die Vorrichtung wenigstens verschiedene Ermittlungskanäle, die die fluoreszierenden Röntgenstrahlen von jedem chemischen Element der Cu, Mn, Zn, Fe umfassenden Gruppe erhalten sollen. Dadurch wird erreicht, dass eine Intensität von fluoreszierenden Röntgenstrahlen von einem oder mehreren Legierungselementen, die am häufigsten in der Kernlegierung verwendet werden, gleichzeitig gemessen werden kann. Die Vorrichtung kann also verwendet werden, um die Dämpfung von diesen fluoreszierenden Röntgenstrahlen in einer Außenschicht zu bestimmen, die sich zwischen dem Kern und den Mitteln zum Lenken und Ermitteln der Röntgenstrahlen befindet. Dies wiederum stellt die Information bereit, die nötig ist, um die Außenschichtdicke zu ermitteln. Ein Vorteil der separaten Ermittlungskanäle ist, dass die Vorrichtung sehr anpassungsfähig ist, die Kaschierschichten- und Außenkaschierschichtdicke von vielen Lötblechprodukten und anderen beschichteten Aluminiumprodukten, bei denen die Legierungselemente sich von einem Produkt zum nächsten unterscheiden, zu messen. Ein weiterer Vorteil von separaten Ermittlungskanälen ist, dass während des Betriebs ausgewählt werden kann, welcher Detektor für die Analyse am geeignetsten ist. Die Vorrichtung kann Mittel zum Auswählen, welcher der Detektoren der geeignetste für die Analyse ist, enthalten.

[0021] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist besonders für die Bestimmung der Dicke einer Schicht oder einer Unterschicht geeignet, die hauptsächlich ein bestimmtes Metall umfasst, auf einer weiteren Schicht, die hauptsächlich das gleiche Metall umfasst; sie kann auch die Dicke von Schichten aus unterschiedlichen Metallen messen.

[0022] Die Erfindung bezieht sich weiterhin auf die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Messen der Dicke einer Metallschicht, die eine oder mehrere Unterschichten aufweist, auf einer zweiten Schicht, die hauptsächlich aus Aluminium besteht.

[0023] Die Erfindung bezieht sich weiterhin auf die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Messen der Dicke einer Aluminiumlegierungsschicht, die eine oder mehrere Unterschichten auf-

weist, auf einer zweiten Schicht, die hauptsächlich Aluminiumlegierung aufweist. Die oben beschriebene Vorrichtung ist u.a. dafür geeignet, Aluminiumblech, wie z.B. Lötblech, zu bestimmen. Die Vorrichtung ist robust und zur Verwendung in einer Produktionsumgebung geeignet.

[0024] Die Erfindung wird nun am Beispiel einer Vorrichtung, die für die Verwendung an Aluminiumlötblech optimiert wurde, mit Bezug auf die Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

[0025] **Fig. 1** eine schematische Querschnittsansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung im Einsatz; [0026] **Fig. 2** eine Eigenschaftstabelle von fluoreszierenden Röntgenstrahlen, die für einige chemische Elemente spezifisch sind;

[0027] **Fig. 3** eine schematische Draufsicht in einer integrierten Messvorrichtung, die Mittel zum Generieren und Lenken eines Strahlenbündels von primären Röntgenstrahlen und Mittel zum Ermitteln fluoreszierender Röntgenstrahlen aufweist;

[0028] **Fig. 4** eine experimentelle Beziehung zwischen dem Intensitätsfaktor von Mo-K_α fluoreszierenden Röntgenstrahlen und der Dicke von Lötblech;

[0029] **Fig. 5** eine experimentelle Beziehung zwischen dem Intensitätsfaktor von Mn-K_α fluoreszierenden Röntgenstrahlen und der Dicke einer Außenschicht in Lötblech;

[0030] **Fig. 6** eine experimentelle Beziehung zwischen dem Intensitätsfaktor von Cu-K_α fluoreszierenden Röntgenstrahlen und der Dicke einer Außenschicht in Lötblech;

[0031] **Fig. 7** ein Beispiel eines Blechidentifizierungsspeicherinhalts;

[0032] **Fig. 8** ein Beispiel einer sichtbaren Benutzerschnittstelle;

[0033] **Fig. 9** ein Beispiel für eine experimentell ermittelte Sensitivitätskurve für Cu in Aluminium;

[0034] **Fig. 10** ein Beispiel für eine experimentell ermittelte Sensitivitätskurve für Mn in Aluminium.

[0035] **Fig. 1** zeigt schematisch einen Querschnitt der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Sie umfasst eine Unterlage (1), Mittel (2) zum Generieren und Lenken eines Strahlenbündels von primären Röntgenstrahlen (3) auf ein Metallblech (4) und Mittel (51, 52) zum Ermitteln und Bestimmen einer Intensität von elementspezifischen fluoreszierenden Röntgenstrahlen (61, 62), im Stand der Technik auch als XRF oder röntgenstrahleninduzierte Fluoreszenz bekannt. Das Metallblech ist im Querschnitt dargestellt und seine Dicke ist in der Zeichnung stark vergrößert, um einige der Schichten im Blech sichtbar zu machen. Das Mittel zum Lenken des Strahlenbündels von primären Röntgenstrahlen kann eine bekannte Röntgenstrahlen-Quelle aufweisen. Es wurde beispielsweise herausgefunden, dass eine 30 kV-Röntgenröhre, die ein Wolframtarget hat, eine exzellente Quelle für polychrome Röntgenstrahlen ist, die geeignet sind, fluoreszierende Röntgenstrahlen in den meisten Legierungselementen von Aluminium anzuregen. XRF-Strahlung ist spektral charakteristisch für das

Element, das die Fluoreszenz emittiert und wird damit mit einer spitzwinkligen Verteilung übertragen. Dies wird in **Fig. 1** dargestellt, wo ein Element, das in der Unterlage (1) enthalten ist, charakteristischerweise fluoreszierende Röntgenstrahlen in spitzen Winkeln α_1 emittiert, während ein Element, das in einer Schicht des Metallblechs enthalten ist, charakteristischerweise in unterschiedlichen spitzen Winkeln α_2 ausstrahlen kann. Es wird davon ausgegangen, dass dies ein Ausdruck der Bragg-Gleichung ist, und die lokalen Dichte von Zuständen (im Legierungskomplex), die die Fermi-Regel einführt. Die Ermittlungselemente werden so angeordnet, dass sie selektiv die charakteristische Fluoreszenz von vorselektierten Elementen erhalten, d.h. dass sie selektiv die Fluoreszenz erhalten, die in einem vorgewählten Winkel mit Bezug auf das Primärstrahlenbündel austritt. Elementspezifische Fluoreszenz von elementaren K_α -Leveln ist für diesen Zweck normalerweise recht geeignet. In **Fig. 2** wird eine Tabelle dargestellt, die die Eigenschaften von fluoreszierenden Röntgenstrahlen des K_α -Typs von Mn, Fe, Cu, Zn und Mo enthält. Aus der Tabelle können die Einstellwinkel der Ermittlungselemente, bei denen die optimale Ermittlung erreicht wird, hergeleitet werden.

[0036] Die Mittel zum Ermitteln fluoreszierender Röntgenstrahlen und zum Messen ihrer Intensität können aus den im Stand der Technik bekannten ausgewählt werden. Sie können einen Kollimator, ein Dispersionskristall (wie z.B. LiF) und eine proportionale Zählvorrichtung aufweisen. Ein Ermittlungskanal, der eine geschlossene proportionale Zählröhre enthält, wird als sehr geeignet erachtet. Die Mittel zum Lenken und Ermitteln von Röntgenstrahlen könnten in einer (verschiebbaren) integrierten Einheit (11), die mit einem Röntgenstrahlenfenster (8) ausgestattet ist, enthalten sein.

[0037] Bekannt sind im Allgemeinen zwei Verfahren zur Verwendung von XRF-Strahlung, um die Dicke von Blechmaterial oder die Dicke einer ersten Materialschicht auf einer zweiten Schicht zu messen: (a) ein Verfahren, das in US 2,926,257 offenbart wird, in dem die Intensität der Fluoreszenz der analysierten Schicht selbst ungefähr proportional zur Dicke der Schicht ist, und (b) ein Verfahren, das in US 2,711,480 offenbart wird, bei dem die Dämpfung der Fluoreszenz der Schicht oder Unterlage unter der untersuchten Schicht in untersuchten Schicht oder Blech ein Maß für die Dicke ist. Die Erfindung stellt eine Vorrichtung bereit, die im Prinzip beide Verfahren verwenden kann, abhängig von den mathematischen Berechnungen, mit der die gemessenen Intensitäten verarbeitet und ausgewertet werden.

[0038] Für die weiteren Erläuterungen wird davon ausgegangen, dass die Vorrichtung Verfahren (b) anwendet. Es wird nun auf **Fig. 1** Bezug genommen. Die Dicke des Metallblechs (4) wird also hergeleitet von der Dämpfung von XRF-Strahlung (61) von in der Unterlage (1) enthaltenen fluoreszierenden Elementen in dem das Metall enthaltenden Blech. Wenn das

Metallblech unterschiedliche Schichten aufweist, z.B. einen Kern (42), der auf beiden Seiten von Kaschierschichten (41, 43) umgeben ist, kann die Dicke einer Außenkaschierschicht (41), die sich zwischen dem Kern und den Mitteln zum Lenken und Ermitteln befindet, bestimmt werden, indem analog die Fluoreszenz (62) von Elementen, z.B. von im Kern enthaltenen Legierungselementen (42), verwendet wird.

[0039] Die Dämpfung der jeweiligen Röntgenstrahlen wird durch veröffentlichte Dämpfungs- und Absorptionskoeffizienten für spezifische Materialien und Röntgenstrahlenwellenlängen quantifiziert. Im Allgemeinen wird die Dämpfung von Röntgenstrahlen, die sich über eine bestimmte Distanz verbreiten, durch das Lambert-Beersche Gesetz beschrieben. Um einen richtigen Wert für die Schichtendicke aus einer Intensitätsratio von XRF-Strahlung vor und nach der Verbreitung durch die Schicht zu ermitteln, sind eine genaue chemische Analyse des Metallblechs und/oder korrekte Werte für den Absorptionskoeffizienten und die Dichte des Metallblechs nötig. In der Praxis enthält die Vorrichtung deshalb Mittel zum Speichern von Kalibrierdaten.

[0040] **Fig. 3** zeigte eine schematische Draufsicht auf die Anordnung in einer integrierten Messeinheit mit fünf Ermittlungskanälen (51, 52, 53, 54, 55), die radial um ein Röntgenstrahlenfenster (8) angeordnet sind. Es können weniger oder mehr Ermittlungskanäle verwendet werden. Jeder Ermittlungskanal ist bezüglich des Strahlenbündels von primären Röntgenstrahlen ausgerichtet, um so selektiv die Fluoreszenz zu erhalten, die für ein vorgewähltes Element charakteristisch ist, z.B. eines K_α -Typs, die sich durch das Metallblech in einem charakteristischen Winkel ausbreitet. In einer Vorrichtung, die zur Messung von Aluminiumlötlblech ausgelegt ist, können die Ermittlungskanäle einen individuellen Kanal für jedes der Elemente Mo (51), Mn (52), Cu (53), Zn (54), Fe (55) oder anderer Elemente, von denen erwartet wird, dass sie als Legierungselement oder Hauptbestandteil einer der Schichten verwendet werden, haben.

[0041] **Fig. 4** zeigt ein Beispiel für Kalibrierdaten, die in der Vorrichtung gespeichert werden können. Labormessungen der Intensitätsratio IF von Mo- K_α Fluoreszenz wurden an einer Aluminiumblechserie ausgeführt, die auf einer Mo-Unterlage angeordnet und mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gemessen wurde.

[0042] Die Dicke der Testbleche wurde unabhängig unter Verwendung eines metallographischen/optischen Verfahrens, wie oben beschrieben, gemessen und reichte von 0,24 bis 1,34 mm. Dann wurde die Intensitätsratio gemessen. Für jedes Testblech wurde die Dicke in den in **Fig. 4** dargestellten Graph gegen die Intensitätsratio eingetragen. Wie ersichtlich ist, variierte die Intensitätsratio für den untersuchten Dickenbereich von 1,7 bis 40,5 in einer stetig monotonen Funktion. Es sollte belichtet werden, dass davon ausgegangen wird, dass die Wellenlänge von Mo- K_α -Strahlung weit genug von den Absorptionre-

sonanzen in den meisten Al-Legierungen, insbesondere den meisten Lötblechen, entfernt ist, so dass davon ausgegangen wird, dass der Dämpfungskoeffizient für die Mo-K_α-Strahlung innerhalb der Messgenauigkeit unabhängig von der von der Legierungszusammensetzung ist.

[0043] Die Linie in **Fig. 4** passt auf folgende Gleichung:

$$\text{Dicke} = a + b \cdot \text{IF} + c \cdot \ln(\text{IF}) + d \cdot \exp(-\text{IF}),$$

wobei a, b, c und d experimentell ermittelte Parameter sind. Wie ersichtlich beschreibt die Linie genau die experimentellen Daten.

[0044] **Fig. 5** zeigt ein Beispiel für Kalibrierdaten für eine Außenschicht-(41)-Dicke, die unter Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung für eine Serie von Aluminiumlötblechen gemessen wurde. In diesem Fall wurde ein Lötblech mit einem Kern (42), der eine Mn-enthaltende Legierung umfasst, verwendet, und die Intensitätsratio von Mn-K_α-Fluoreszenz wurde als Funktion der Dicke der Außenschicht (41) bestimmt. Eine Außenschichtdicke von 0,022 mm entspricht einer IF von 4,0, während 0,057 mm einer IF von 175 entsprechen, dazwischen wurde ein monoton variierendes Verhalten beobachtet. Wie ersichtlich ist, ist die Mn-K_α-Fluoreszenzdämpfung in der Aluminiumlegierung sehr viel stärker als die von Mo-K_α-Fluoreszenz.

[0045] **Fig. 6** zeigt ein Beispiel von Kalibrierdaten für die Außenschichtdicke, die auf die gleiche Art und Weise wie in **Fig. 5** gemessen wurde, wobei ein Cu-Ermittlungskanal statt eines Mn-Ermittlungskanals verwendet wurde. Wie ersichtlich ist, entspricht eine Außenschichtdicke von 0,040 mm einer IF von 3,8, während eine Außenschichtdicke von 0,130 mm einer IF von 27 entspricht.

[0046] Die Linien von **Fig. 5** und 6 entsprechen am besten folgender Gleichung:

$$\text{Dicke} = a \cdot \exp(b/\text{IF}),$$

wobei a und b experimentell ermittelte Parameter sind. Diese Formel beschreibt die gemessenen Daten zufriedenstellend, wie aus **Fig. 5** und 6 ersichtlich ist. Es wird jedoch nicht ausgeschlossen, dass andere Formeln nützlich sein können, um diese Beziehung zwischen Dicke und IF zu beschreiben.

[0047] Damit die Vorrichtung einen Wert für IF erhalten kann, muss eine Referenzintensität bekannt sein. Eine Referenzintensität für eine Außenschichtdickemessung in einem Metallblech könnte beispielsweise in einer Probe, bei der die Außenschicht entfernt ist, ermittelt werden. Es wird jedoch bevorzugt, dass der Wert für eine Referenzintensität von einer Messung des ganzen Blechs erhalten wird, da dies nicht das Entfernen einer Schicht vom restlichen Blech nach sich zieht. Zu diesem Zweck verfügt die Vorrichtung vorzugsweise über Mittel zum Berechnen einer Referenzintensität, indem die Konzentration

von fluoreszierenden Elementen innerhalb des Metallblechs (z.B. eines Kerns und einer Hülle) und die Intensität von primären Röntgenstrahlen sowie die Intensität von Unterlagen-bezogener fluoreszierender Strahlung, die in das Metallblech emittiert wird, berücksichtigt werden, da sowohl die primären Röntgenstrahlen als auch die Unterlagen-bezogenen fluoreszierenden Röntgenstrahlen absorbiert werden können von fluoreszierenden Elementen im Metallblech, um in fluoreszierende Röntgenstrahlen, die für diese Elemente charakteristisch sind, umgewandelt zu werden. Solche Effekte müssen auch berücksichtigt werden, wenn die Vorrichtung in Verfahren (a) wie oben definiert verwendet wird. Zusätzlich kann eine Anzahl von anderen Korrekturfaktoren berücksichtigt werden, einschließlich Hintergrundgeräusche und Einfluss von identischen fluoreszierenden Elementen in anderen Schichten.

[0048] Zu diesem Zweck kann die Vorrichtung Mittel zum Speichern eines Identifizierungsetiketts und eines entsprechenden Standardergebnisses für eine Mehrzahl von Standardmetallblechen aufweisen. **Fig. 7** zeigt eine Anzahl von Aufzeichnungen, die in dem Speichermittel enthalten sein können, die zum Beispiel unter Verwendung eines Computer erfasst werden können. Die Figur zeigt verschiedene Felder in einer Aufzeichnung, z.B. Name, Kerntyp und Standardermittlungszählraten für fluoreszierende Röntgenstrahlen, die sich auf Mn, Cu, Zn und Fe beziehen. Die Standardzählraten können experimentell unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in Kombination mit unabhängigen Charakterisierungsmitteln ermittelt werden. In einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung bestimmt sie Zählraten für einige fluoreszierende Elemente, die im zu untersuchenden Metallblech vorhanden sind, z.B. unter Verwendung der verschiedenen Ermittlungskanäle wie in **Fig. 3** dargestellt. Die Vorrichtung vergleicht dann die bestimmten Zählraten mit den Standardwerten im Speicher, z.B. unter Verwendung einer Routine der kleinsten Quadrate oder anderer Kriterien. Der daraus resultierende am besten passende Metallblechtyp im Speicher kann dann auf einer Informationseinheit dargestellt werden, von der ein Beispiel in **Fig. 8** dargestellt wird.

[0049] Wie aus **Fig. 5** und 6 ersichtlich ist, ist die Dämpfung einer Cu-K_α-Fluoreszenz in einer Aluminiumlegierungsaußenschicht weniger stark als die von Mn-K_α. Abhängig davon welche Elemente beispielsweise in der Kernlegierung und in der Kaschierlegierung vorhanden sind und abhängig beispielsweise von ihren entsprechenden Konzentrationen und abhängig beispielsweise von der Dicke der Schichten, kann eine Entscheidung getroffen werden, welcher Ermittlungskanal verwendet wird. In manchen Fällen ist die Entscheidung offensichtlich, aber wenn man mit einer großen Vielfalt von Produktspezifikationen zu tun hat, wird sie schwieriger. Mn wird beispielsweise als geeignetes fluoreszierendes Element für die Dickemessung von Außenschichten bis

0,04 mm angesehen, wenn der Anteil von Mn in der Kernlegierung höher als 0,5 Gewichts-% ist. Mn ist jedoch oft auch in der Kaschierschicht vorhanden und wenn die Menge von Mn in der Kaschierschicht zu hoch ist, dominiert die Fluoreszenz von Mn in der Kaschierschicht das Signal, das in einem Mn-Fluoreszenzermittlungskanal bestimmt wurde. Die Dickergebnisse werden ungenau oder sogar fehlerhaft, aber es für den Bediener schwer, dies zu merken. Deshalb wird es vorgezogen, dass die Vorrichtung Berechnungsmittel aufweist zum Bestimmen, welches fluoreszierende Legierungselement verwendet werden soll, um die Schichtdicke zu erhalten, ohne dass der Bediener eingreift.

[0050] Um den ganzen in den Ermittlungskanälen erhältlichen Bereich zu nutzen, kann ihr Output normalisiert werden, indem eine experimentell ermittelte Transferfunktion oder Sensitivitätskurve verwendet wird. Diese Sensitivitätskurve regiert die Beziehung zwischen den ermittelten fluoreszierenden Röntgenstrahlen und dem Gewichtanteil des betrachteten fluoreszierenden Elements oder der Zählrate pro Gewichts-% des Elements. Dies ermöglicht es dem System, nicht nur dann zu arbeiten, wenn die Ermittlerreaktion linear ist, sondern auch wenn sie nicht linear ist, besonders wenn die Häufigkeit von fluoreszierenden Elementen in einer Legierung oder ihre fluoreszierende Effizienz gering sind, oder wenn die Schichten stark absorbieren oder dick sind. Beispiele für Sensitivitätskurven werden in den **Fig. 9** und **10** jeweils für Cu und Mn dargestellt. Die Daten aus den Figuren wurden experimentell ermittelt. Wie aus **Fig. 9** ersichtlich ist die Zählrate pro Prozentsatz Cu in einer Aluminiumlegierung ungefähr konstant, wenn die Konzentration von Cu ungefähr 0,2% übersteigt. Es beginnt jedoch ein nicht-linearer Bereich, wenn die Konzentration von Cu geringer als ungefähr 0,2% ist. Die Zählrate pro %Cu steigt unter 0,2% stark an. Dies ist besonders wichtig, wenn die Fluoreszenz von sehr geringen Mengen von Cu in einer Außenschicht kompensiert wird, die zu der Fluoreszenzintensität von Cu im Kern mit einem unterschiedlichen Gewichtungsfaktor kommt. Ein qualitativ ähnliches Verhalten ist für den Sensitivitätsfaktor von Mn in Al ersichtlich (**Fig. 10**). Die Konzentration, unter der die nichtlineare Reaktion von Mn einsetzt, ist ungefähr 0,5%. Die Linien in **Fig. 9** und **10** entsprechen am besten folgender Formel:

$$\text{Sensibilität} = a + b/\%,$$

wobei a und b geeignete Parameter sind und % die Konzentration des fluoreszierenden Elementes bezeichnet.

[0051] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann zum Bestimmen von verschiedenen Kaschierschichtdicken verwendet werden. Dafür wählt die Vorrichtung für jede Kaschierschicht in der Außenschicht ein geeignetes fluoreszierendes Element aus, abhängig beispielsweise von der relativen Häufigkeit

der fluoreszierenden Elemente in jeder Schicht, und zwar unter Verwendung einer oben beschriebenen Vorgehensweise. Nach dem Ermitteln der Fluoreszenzintensität von jeder Schicht, kann die Dicke der Schichten über dieser Schicht unter Verwendung der Kalibrierkurven ermittelt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bestimmen einer Intensität von elementspezifischen fluoreszierenden Röntgenstrahlen, die aus einer Metallschicht eines Metallblechs ausgestrahlt werden, in der das fluoreszierende Element in einer Konzentration von weniger oder gleich 20% vorhanden ist, aufweisend Mittel zum Definieren einer Probenfläche zum Halten des Metallblechs, und weiterhin aufweisend Mittel zum Generieren und Lenken eines Strahlenbündels von mehrfarbigen Primärröntgenstrahlen, wobei das Strahlenbündel in die Schicht eindringen kann, um Primärröntgenstrahlen in für das chemische Element spezifische fluoreszierende Röntgenstrahlen umzuwandeln durch Absorption von primären Röntgenstrahlen und Re-emission von fluoreszierenden Röntgenstrahlen durch das chemische Element, und weiterhin aufweisend Mittel zum Ermitteln von elementspezifischen, fluoreszierenden Röntgenstrahlen und Bestimmen einer Intensität davon, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlungsmittel in einem Winkel in Bezug auf das Primärröntgenstrahlenbündel angeordnet sind, abhängig vom chemischen Element, von dem die fluoreszierenden Röntgenstrahlen ermittelt werden sollen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung wenigstens zwei unterschiedliche Ermittlungskanäle aufweist, die in einem Winkel angeordnet sind, um fluoreszierende Röntgenstrahlen von unterschiedlichen chemischen Elementen zu erhalten.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Lenken des Primärröntgenstrahlenbündels so angeordnet sind, dass das Primärröntgenstrahlenbündel im Wesentlichen senkrecht zur Probenfläche gelenkt wird.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Lenken des Primärröntgenstrahlenbündels und die Mittel zum Ermitteln elementspezifischer, fluoreszierender Röntgenstrahlen in einer Messeinheit integriert sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung Mittel zum Pressen der Messeinheit gegen die Probenfläche aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung Mittel zum Speichern eines Identifikationsetiketts und eines entsprechenden Standardergebnisses für eine Mehrzahl von Standardmetallblechen aufweist, und Mittel zum Verarbeiten und Vergleichen einer Messung von wenigstens einer fluoreszierenden Röntgenstrahlenintensität mit dem Standard, um das Identifizierungsetikett des Standardmetallblechs, das der Messung am besten entspricht, zu finden.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zum Halten des Metallblechs eine Unterlagenschicht bzw. eine Unterlage aufweist zum Umwandeln der Primärröntgenstrahlen in Unterlagen-spezifische fluoreszierende Röntgenstrahlen durch Absorption von Primärröntgenstrahlen und Re-emission von fluoreszierenden Röntgenstrahlen durch die Unterlage, wobei die Unterlage so angeordnet ist, dass das Metallblech zwischen die Mittel zum Generieren und Lenken eines Strahlenbündels von mehrfarbigen Primärröntgenstrahlen und der Unterlage angeordnet werden kann.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung einen individuellen Ermittlungskanal zum Erhalt von für die Unterlage spezifischen fluoreszierenden Röntgenstrahlen aufweist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterlage das Element Molybdän aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung wenigstens einen Ermittlungskanal zum Erhalt von fluoreszierenden Röntgenstrahlen aufweist, die für ein chemisches Element einer Cu, Mn, Zn, Fe aufweisenden Gruppe spezifisch sind, in einer Metallschicht, die hauptsächlich Al enthält.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung wenigstens unterschiedliche Ermittlungskanäle aufweist, die fluoreszierende Röntgenstrahlen von jedem chemischen Element aus der Cu, Mn, Zn, Fe aufweisenden Gruppe erhalten sollen.

12. Benutzung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9 zum Messen der Dicke des Metallblechs, wobei die Dicke des Metallblechs von der Dämpfung von re-emittierten Röntgenstrahlen von der Unterlage in dem im Blech enthaltenen Metall hergeleitet wird.

13. Benutzung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12 zum Messen der Dicke einer ersten Schicht, die eine oder mehrere Unterschichten aufweist, auf einer zweiten Schicht eines Metall-

blechs, wobei das Strahlenbündel von mehrfarbigen Primärröntgenstrahlen in die erste und zweite Schicht gelenkt wird, und die Dicke der ersten Schicht aus der Dämpfung der elementspezifischen fluoreszierenden Röntgenstrahlen der in der zweiten Schicht enthaltenen fluoreszierenden Elemente im in der ersten Schicht enthaltenen Metall hergeleitet wird.

14. Benutzung nach Anspruch 13, wobei die zweite Schicht hauptsächlich Aluminiumlegierung aufweist.

15. Benutzung nach Anspruch 14, wobei die erste Schicht eine Aluminiumlegierung aufweist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

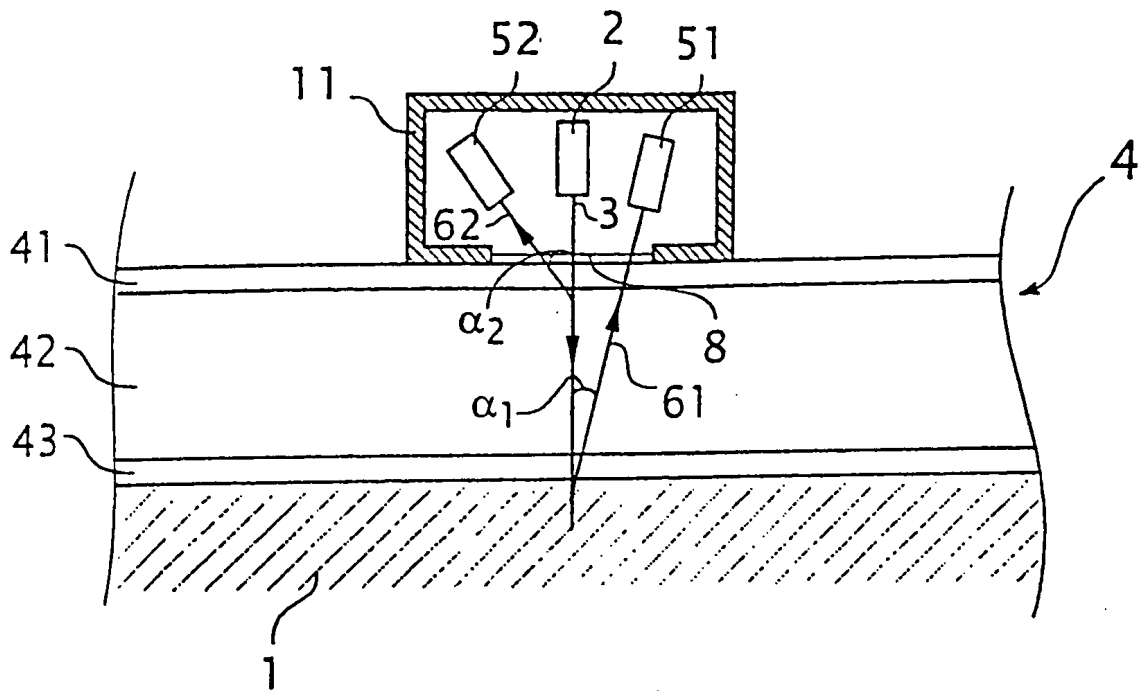


Fig. 1

Element	Ordnungszahl	Linie	Wellenlänge (Angstrom)	2θ Winkel (Grad) +/- 0.005°
Mn	25	Kα	2.103	62.97
Fe	26	Kα	1.937	57.52
Cu	29	Kα	1.541	45.03
Zn	30	Kα	1.436	41.80
Mo	42	Kα	0.710	20.33

Fig. 2

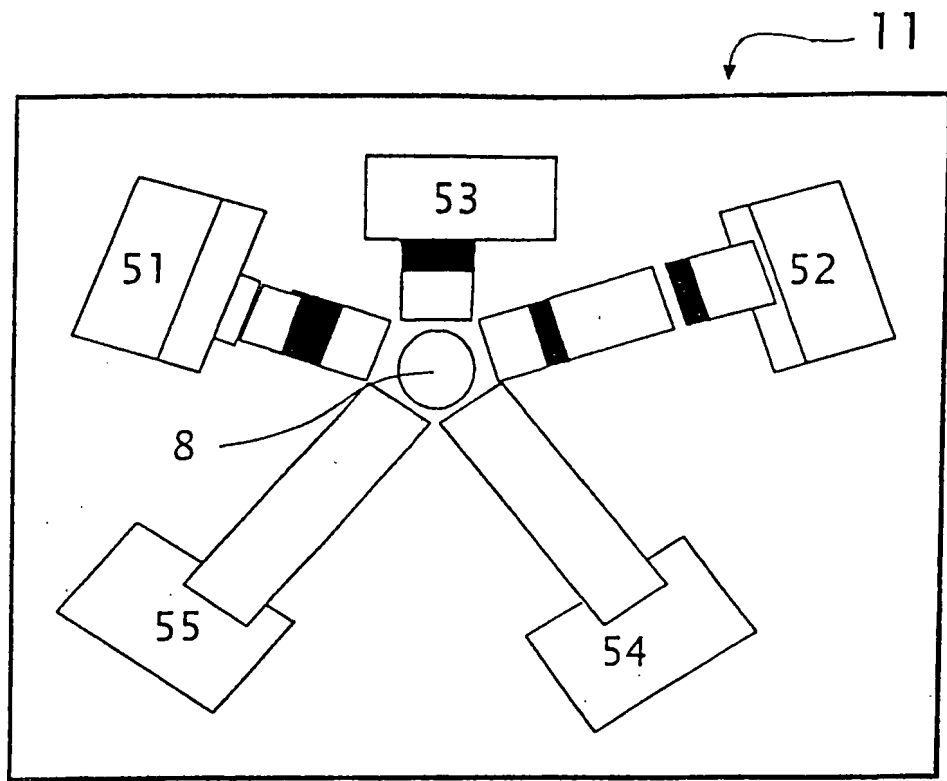


Fig. 3

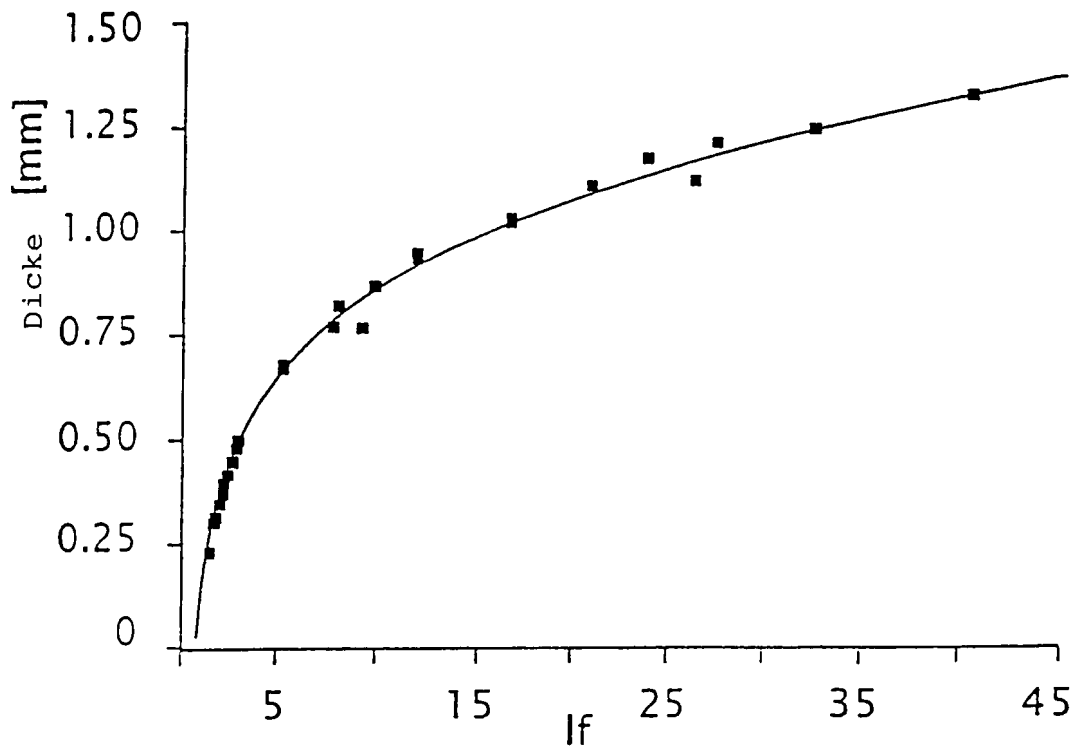


Fig. 4

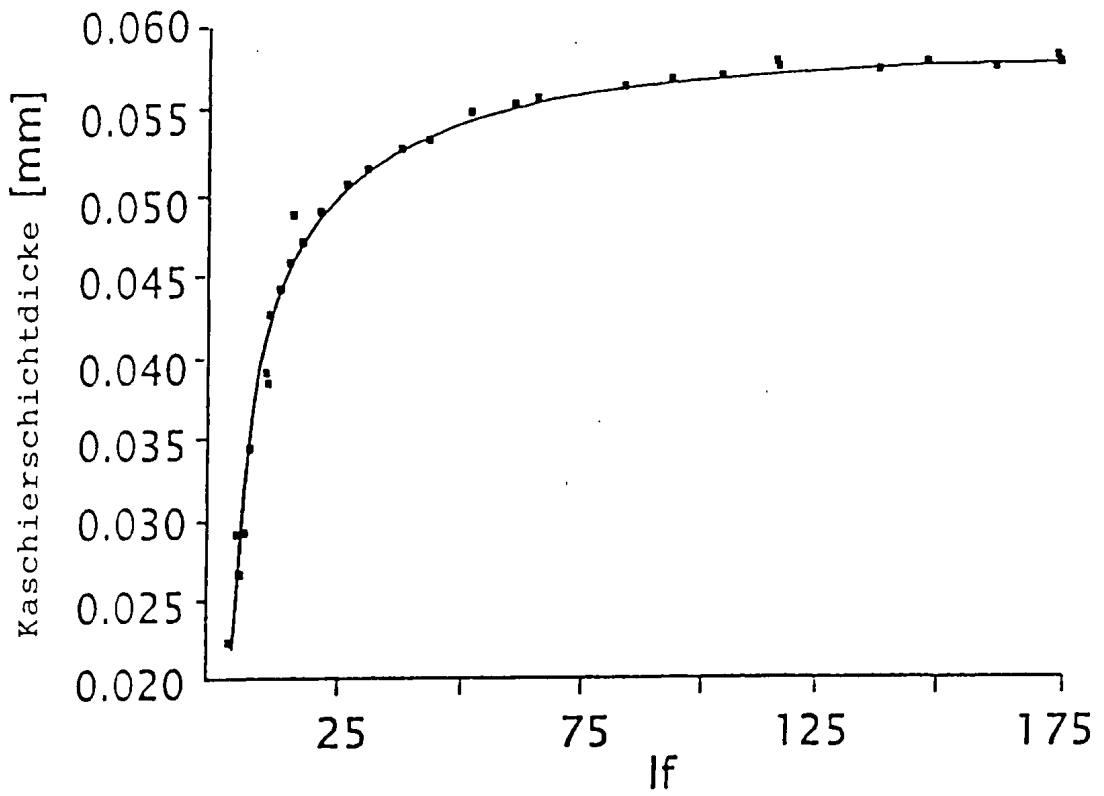


Fig. 5

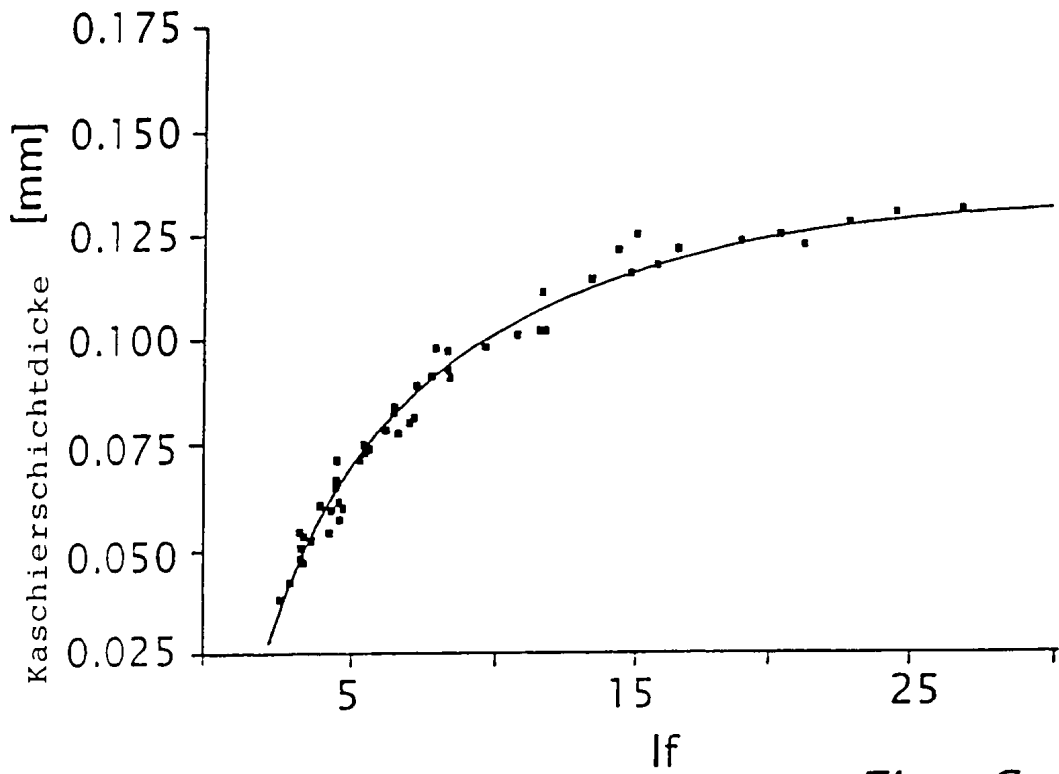


Fig. 6

Name	Kern	Mn	Cu	Zn	Fe
3560	Kern	4476	3323	3650	4950
3560	Kern	4815	2359	4167	5727
3560	Kern	4815	2359	4167	5727
3570	Kern	3131	5740	3427	4988
3570	Kern	3153	5635	2473	4783
4100	Kaschierschicht	1776	4518	3760	2980
4100	Kaschierschicht	1812	1676	4128	4094
4100	Kaschierschicht	1858	1675	4140	4098
4100	Kaschierschicht	246	1115	1359	2769
4100	Kaschierschicht	252	1120	1375	2779
4100	Kaschierschicht	2617	1142	1189	2678
4100	Kaschierschicht	278	1533	1330	2461
4100	Kaschierschicht	280	1244	1455	2519
4100	Kaschierschicht	285	1015	1115	2170
4100	Kaschierschicht	290	1025	1123	2190

Fig. 7

Legierung	Typ	% Abweichung
4430	Kaschierschicht	0.016
4433	Kaschierschicht	7.459
4100	Kaschierschicht	15.963

Fig. 8

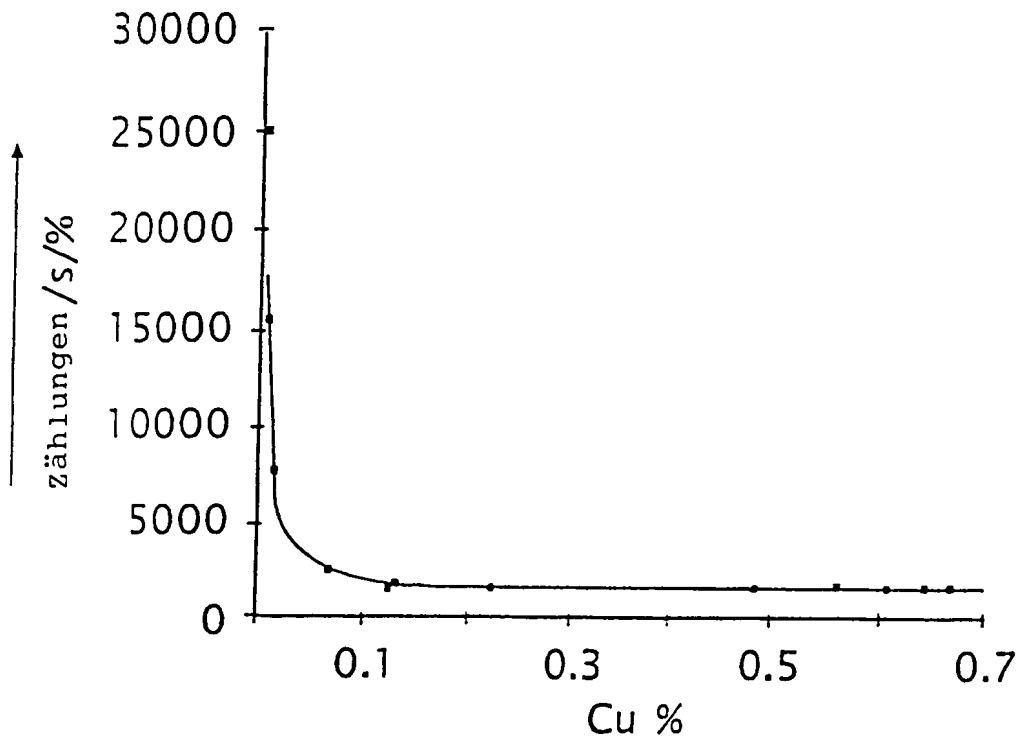


Fig. 9

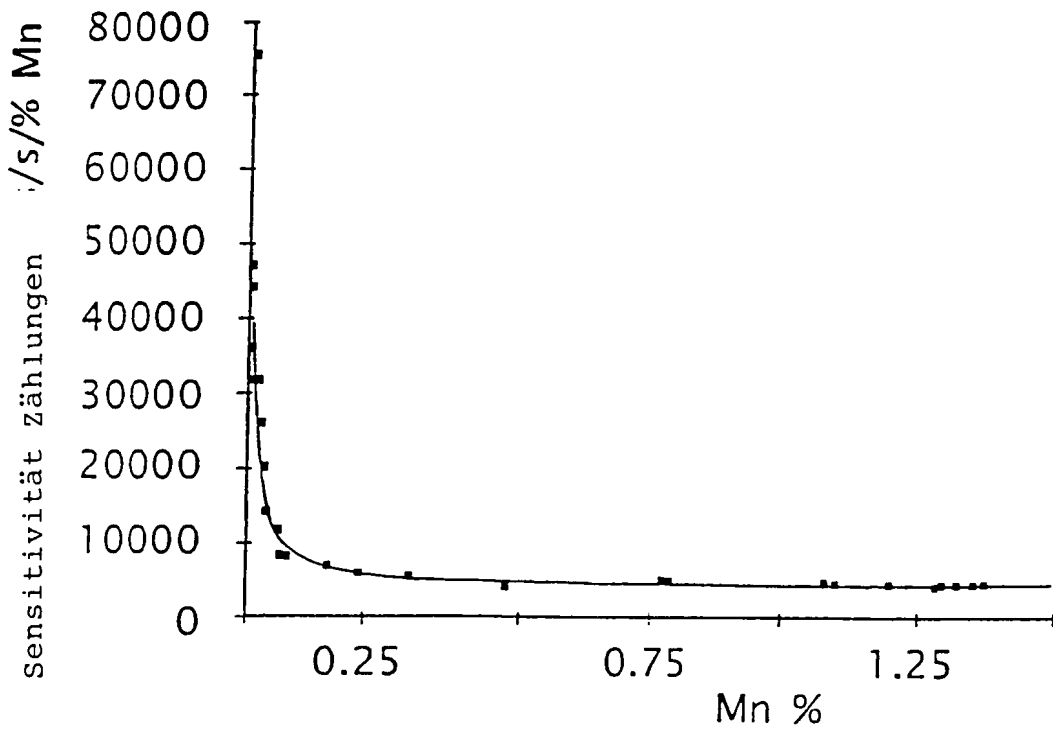


Fig.10