

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Februar 2008 (21.02.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/019948 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 29/04 (2006.01)

SIEGEL, Michael [FR/DE]; Zedernweg 6, 46487 Wesel (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/058003

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. August 2007 (02.08.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
06017048.7 16. August 2006 (16.08.2006) EP

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

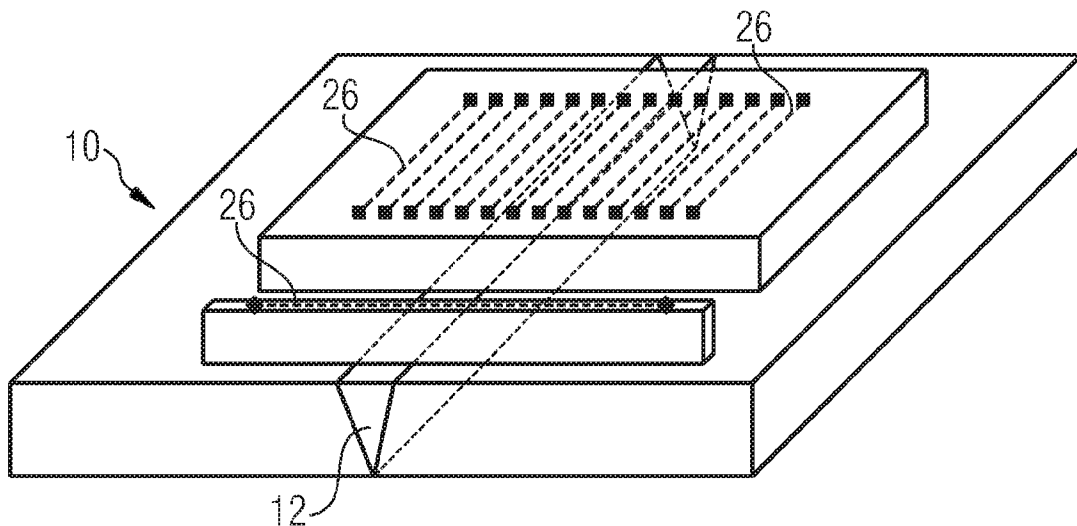
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): PUCHNER, Korbinian [DE/DE]; Mariengassl 4, 82234 Wessling (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR TESTING THE MICROSTRUCTURE OF A WELDED JOINT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM PRÜFEN DER GEFÜGESTRUKTUR EINER SCHWEISSVERBINDUNG



(57) Abstract: A method for testing the microstructure of a welded joint (10, 12, 14) for interior damage, for example, due to material creepage, comprises the following steps: creating at least one ultrasonic surface wave by means of a first test head (30), receiving of the at least one ultrasonic surface wave by means of a second test head (32, 42), determining the acoustic properties within the structural conditions on the basis of the relation between a created and received ultrasonic surface wave, and determining the degree of damage of the interior structural conditions on the basis of the acoustic properties ascertained.

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Prüfen der Gefügestruktur einer Schweißverbindung (10, 12, 14) auf eine innenliegende Schädigung, beispielsweise bedingt durch Werkstoffkriechen, umfasst die Schritte: Erzeugen mindestens einer Ultraschall-Oberflächenwelle mittels eines ersten Prüfkopfes (30), Empfangen der mindestens einen Ultraschall-Oberflächenwelle mittels eines zweiten Prüfkopfes (32, 42),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/019948 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Beschreibung

Verfahren zum Prüfen der Gefügestruktur einer
Schweißverbindung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen der
Gefügestruktur einer Schweißverbindung auf eine innenliegende
bzw. von der Außenoberfläche eines Bauteils sich bis in
tieferliegende Querschnitte erstreckende Schädigung,
10 beispielsweise bedingt durch Werkstoffkriechen.

Insbesondere in der Energietechnik werden an
Schweißverbindungen, beispielsweise an Turbinenkomponenten
wie Frischdampfrohrleitungen von einem Kessel zur
eigentlichen Turbine oder turbineninternen Rohrleitungen,
15 sehr hohe Anforderungen hinsichtlich der Qualität der
Gefügestruktur gestellt. Zugleich unterliegen diese
Schweißverbindungen sehr hohen Belastungen. Im Gegensatz zu
nur im Streckgrenzen- oder Warmstreckgrenzenbereich
beanspruchten Anlagen haben Bauteile, welche unter sehr hohen
20 Betriebstemperaturen arbeiten, eine durch Werkstoffkriechen
bedingte begrenzte Lebensdauer. Um die Sicherheit und
Verfügbarkeit solcher durch Werkstoffkriechen beanspruchter
Bauteile zu gewährleisten, sind zuverlässige Prüfungen,
insbesondere an den zugehörigen Schweißverbindungen
25 durchzuführen. Dies gilt insbesondere für die im
Zeitstandbereich betriebenen Frischdampfrohrleitungen.

Zur Prüfung derartiger Schweißverbindungen sind bislang nur
konventionelle Gefügeabdrucktechniken (metallografische
Untersuchungen) an der unmittelbaren Bauteiloberfläche
30 bekannt. Dabei können aufgrund des hohen Aufwandes für solche
Prüfungen nur begrenzte und im Voraus definierte Bereiche
untersucht werden. Andere Bereiche bleiben hingegen
ungeprüft. Zudem erfordert diese arbeits- und zeitintensive
Prüftechnik sehr gut ausgebildetes und erfahrenes Personal.
35 Die Ergebnisse müssen vom Prüfpersonal schließlich noch

subjektiv beurteilt werden, so dass es zu stark unterschiedlichen Bewertungen kommen kann.

Es ist eine Aufgabe, der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Prüfen der Gefügestruktur einer Schweißverbindung
5 anzugeben, bei dem die oben genannten Nachteile zumindest verringert sind. Das Verfahren soll insbesondere weniger arbeits- und zeitintensiv und dadurch insgesamt kostengünstiger und zuverlässiger sein.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß mit einem Verfahren zum
10 Prüfen der Gefügestruktur einer Schweißverbindung auf eine innenliegende Schädigung, beispielsweise bedingt durch Werkstoffkriechen mit den im Anspruch 1 genannten Schritten gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen genannt.

15 Erfindungsgemäß wird zum Prüfen der Gefügestruktur einer Schweißverbindung auf eine innenliegende Schädigung ein Verfahren mit folgenden Schritten verwendet: Erzeugen mindestens einer Ultraschall-Oberflächenwelle mittels eines ersten Prüfkopfes, Empfangen der mindestens einen
20 Ultraschall-Oberflächenwelle mittels eines zweiten Prüfkopfes, Bestimmen der akustischen Eigenschaften, insbesondere der Schallgeschwindigkeit, in der Gefügestruktur der Schweißverbindung auf der Grundlage der Relation zwischen erzeugter und empfangener Ultraschall-Oberflächenwelle,
25 Bestimmen des Schädigungsgrades der innenliegenden Gefügestruktur der Schweißverbindung auf der Grundlage der ermittelten akustischen Eigenschaften.

Mit anderen Worten werden erfindungsgemäß zum Prüfen der Gefügestruktur einer Schweißverbindung Prüfköpfe angesetzt,
30 welche eine hochgenaue Messung der akustischen Eigenschaften, insbesondere der Schallgeschwindigkeit von Ultraschallwellen ermöglichen. Die Ultraschallwellen werden dabei von der Oberfläche aus in die Tiefe der Schweißverbindung ausgesendet und bewegen sich insbesondere als Ultraschallwellen
35 unterschiedlicher Eindringtiefe (Rayleigh-Oberflächenwelle) innerhalb der Gefügestruktur. Die Messung der akustischen

Eigenschaften erfolgt nicht, wie konventionell üblich mit Schallimpulsen, sondern mit Hilfe einer kontinuierlichen Oberflächenwelle. Mit diesem erfindungsgemäßen Verfahren können Schädigungen der Schweißverbindung insbesondere an
5 zeitstandgeschädigten Kraftwerkskomponenten bereits im Frühstadium auf sehr kostengünstige Weise erkannt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst ferner vorteilhaft die Schritte: Bestimmen der Phasenverschiebung zwischen der mindestens einen gesendeten und der mindestens einen
10 empfangenen Ultraschall-Oberflächenwelle und Bestimmen der akustischen Eigenschaften, insbesondere der Schallgeschwindigkeit, in der Gefügestruktur auf der Grundlage der ermittelten Phasenverschiebung. Zum Bestimmen der Phasenverschiebung zwischen der mindestens einen
15 gesendeten und der mindestens einen empfangenen Ultraschall-Oberflächenwelle werden bevorzugt breitbandige piezoelektrische Prüfköpfe mit einem entsprechenden Vorlaufkeil verwendet, die von einem Funktionsgenerator mit einem sinusförmigen Spannungssignal gespeist werden. Das
20 Sendesignal sowie ein vorverstärktes Empfangssignal werden simultan auf getrennte Kanäle eines Oszilloskops gegeben, wodurch die Phasenverschiebung zwischen beiden Signalen bestimmt werden kann.

Zum Bestimmen der Phasenverschiebung zwischen der mindestens
25 einen gesendeten und der mindestens einen empfangenen Ultraschall-Oberflächenwelle werden ferner die beiden Prüfköpfe bevorzugt relativ zueinander bewegt. Diese Bewegung der Prüfköpfe kann mittels mechanisierter Manipulatoren durchgeführt werden, welche insbesondere ein hochpräzises
30 Wegmesssystem umfassen. Auf diese Weise ist ein spielfreies und exakt reproduzierbares Verschieben der beiden Prüfköpfe möglich. Beim Verschieben des empfangenden Prüfkopfes relativ zum sendenden Prüfkopf ändert sich die Phasenverschiebung der oben genannten Schwingungen von Sender- und Empfängersignal
35 relativ zueinander. Die Phasenlage ist nicht nur durch Verschieben der Prüfköpfe zu ermitteln, sondern auch auf elektronischem Weg insbesondere über den Einsatz einer

Hochfrequenz-Komparatorschaltung. Dabei entfällt jegliche Manipulation der Prüfköpfe und auch das Wegmesssystem kann entfallen. Eine Änderung der Phasenverschiebung um einen kompletten Phasenumlauf von 2π entspricht einem Verfahrensweg
5 von exakt einer Wellenlänge.

Besonders bevorzugt werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Prüfköpfe relativ zueinander über eine Entfernung von der Länge mehrerer Wellenlängen bewegt und daraus die Wellenlänge der Ultraschall-Oberflächenwelle in
10 der Gefügestruktur gemittelt errechnet. Durch die Mittelung der Wellenlänge über den Verfahrensweg der Prüfköpfe ist eine sehr hohe Messgenauigkeit erreichbar.

Zum genauen Bestimmen von innenliegenden Schädigungen der Gefügestruktur einer Schweißverbindung mittels des
15 erfindungsgemäßen Verfahrens sind ferner die folgenden Schritte vorgesehen: Verändern der Frequenz der mindestens einen gesendeten Ultraschall-Oberflächenwelle und Bestimmen der akustischen Eigenschaften in der Gefügestruktur auf der Grundlage des Gradienten der entsprechenden Veränderung der
20 Wellenlänge der mindestens einen empfangenen Ultraschall-Oberflächenwelle. Über das derart ermittelte Geschwindigkeitsprofil von Ultraschallwellen innerhalb der Gefügestruktur können über den zugehörigen Werkstoffquerschnitt hinweg die notwendigen Rückschlüsse auf
25 eine Schädigung der Schweißverbindung gezogen werden. Als Bewertungskriterium dienen dabei wie genannt zum Einen die absolute Höhe der Schallgeschwindigkeit und zum Anderen der Gradient des Geschwindigkeitsprofils. Es können auch Relativmessungen durchgeführt werden. Dabei wird die Änderung
30 der Phasenlage bei einer konstanten Prüffrequenz über den Schweißnahtquerschnitt ausgewertet. Zusätzlich können Vergleichsmessungen an weniger beanspruchten Stellen desselben Bauteils durchgeführt werden.

Darüber hinaus ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren
35 bevorzugt zum Bestimmen der Phasenverschiebung zwei als Empfänger wirkende Prüfköpfe auf Phasengleichheit der von

ihnen empfangenen Ultraschall-Oberflächenwellen einzuregeln. Auf diese Weise ist eine weitere Erhöhung der Messqualität möglich, da bei einer solchen Kopf-an-Kopf-Anordnung der messtechnisch relevante Prüfkopfabstand durch einen mit der
5 Messfrequenz veränderlichen Wellenaustrittspunkt aus dem Vorlaufkeil des Prüfkopfes variieren könnte. Dies wird durch vergleichbare Bedingungen für die Signalaufnahme bei zwei als Empfänger wirkenden Prüfköpfen mit identischer Ausrichtung umgangen.

10 Um eine schichtweise Abtastung der erfindungsgemäß zu prüfenden Schweißverbindung zu ermöglichen, ist es von Vorteil aufeinander folgende Ultraschall-Oberflächenwellen zu erzeugen und zu empfangen, welche verschiedene Wellenlängen aufweisen, und auf diese Weise eine geschichtete Prüfung der
15 Schweißverbindung von der Oberfläche in die Tiefe zu generieren.

Schließlich ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren noch bevorzugt vorgesehen, zunächst ein grob gerastertes Abtasten der Schweißverbindung, insbesondere in deren Querrichtung,
20 und nachfolgend ein feingerastertes Abtasten einer ermittelten innenliegenden Schädigung der Gefügestruktur durchzuführen. Das feingerasterte Abtasten erfolgt dabei insbesondere bevorzugt in Längsrichtung der jeweiligen Schweißverbindung.

25 Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Prüfen der Gefügestruktur einer Schweißverbindung auf eine innenliegende Schädigung anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

30 Fig. 1 einen Querschnitt eines mit dem erfindungsgemäßen Verfahren geprüften Bauteils,

Fig. 2 den Verlauf von Messkurven an einem erfindungsgemäß geprüften, geschädigten Bauteil und einem erfindungsgemäß geprüften, ungeschädigten Bauteil,

Fig. 3 weitere Verläufe von Messkurven an derartigen Bauteilen,

Fig. 4 eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäß geprüften Bauteils bei einem so genannten Grob-Scanning,

5 Fig. 5 eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäß geprüften Bauteils bei einem so genannten Fein-Scanning,

Fig. 6 eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäß geprüften Bauteils mit dargestellter Lage von Messspuren,

10 Fig. 7 ein erstes Ausführungsbeispiel eines Messaufbaus für das erfindungsgemäße Verfahren,

Fig. 8 ein zweites Ausführungsbeispiel eines Messaufbaus für das erfindungsgemäße Verfahren,

Fig. 9 ein drittes Ausführungsbeispiel eines Messaufbaus für das erfindungsgemäße Verfahren und

15 Fig. 10 eine schematische Darstellung der Entwicklung von erfindungsgemäß ermittelten Messparametern über die Beanspruchungsdauer eines hochtemperaturbeanspruchten Bauteils hinweg.

In Fig. 1 ist ein Querschnitt eines Bauteils 10
20 veranschaulicht, an dem sich eine erste Schweißnaht 12 und eine zweite Schweißnaht 14 befindet. Diese beiden Schweißnähte 12 und 14 werden mit einem Verfahren zum Prüfen der Gefügestruktur auf eine innenliegende Schädigung, insbesondere auf eine Zeitstandschädigung, wie beispielsweise
25 bedingt durch Werkstoffkriechen, untersucht. Dabei wird an einer Oberfläche 16 des Bauteils 10 in einem in Fig. 1 nicht dargestellten Prüfkopf eine Ultraschall-Oberflächenwelle erzeugt, welche mittels eines in Fig. 1 ebenfalls nicht dargestellten zweiten Prüfkopfes empfangen bzw. aufgenommen
30 wird. Aus einem Vergleich der empfangenen Ultraschall-Oberflächenwelle mit der gesendeten Ultraschall-Oberflächenwelle und einer daraus errechneten Schallgeschwindigkeit in der Gefügestruktur des Bauteils 10

kann, wie nachfolgend näher erläutert wird, der Schädigungsgrad der Gefügestruktur bestimmt werden. Das Verfahren ermöglicht dabei eine tiefenabhängige Prüfung von zeitstandbeanspruchten bzw. zeitstandgeschädigten
5 Schweißverbindungen. Diese Prüfung ist selbst an einem bei Schweißverbindungen in der Regel vorzufindenden inhomogenen Gefügebau mit hohen örtlichen und auch tiefenabhängigen Unterschieden in den Werkstoffeigenschaften möglich.

Darüber hinaus ist mit dem Verfahren sichergestellt, dass das
10 Ergebnis rein auf physikalischen Größen basiert und objektiv erhoben wird.

Neben einer Erfassung der absoluten Höhe der Schallgeschwindigkeit in der Gefügestruktur des Bauteils 10 lässt sich durch eine Veränderung der Frequenz der gesendeten
15 Ultraschall-Oberflächenwellen deren Eindringtiefe verändern. Mit diesen so genannten Rayleigh-Wellen kann dann ein Tiefenprofil der Schallgeschwindigkeit in der Gefügestruktur des Bauteils 10 erstellt werden. Durch gezieltes integrales Erfassen der akustischen Eigenschaften bei unterschiedlichen
20 Eindringtiefen kann mit den Ultraschall-Oberflächenwellen auf diese Weise ein Schallgeschwindigkeitsprofil erstellt werden, dessen Verlauf durch einen Fortschritt einer Schädigung an dem Bauteil 10 empfindlich beeinflusst wird. Dies stellt einen erheblichen Erkenntnisgewinn insbesondere bei der
25 Beurteilung von Zeitstandschäden dar.

In Fig. 1 ist veranschaulicht, dass unter Annahme einer maximalen Porenkonzentration an der Oberfläche 16 eine
Ultraschall-Oberflächenwelle 18 geringer Eindringtiefe zunächst nur einen Bereich 20 der am stärksten geschädigten
30 Gefügestruktur durchdringt. Setzt man eine stetige Annahme der Schädigung mit der Tiefe des Bauteils 10 voraus, nimmt der von der Ultraschall-Oberflächenwelle 18 integral erfasste, weniger geschädigte Werkstoffanteil mit zunehmender Eindringtiefe anteilmäßig zu (siehe Fig. 1).

35 An der Oberfläche 16 wird deshalb als dem Ort der stärksten Schädigung ein Schallgeschwindigkeitsminimum gemessen,

während durch die mit zunehmender Eindringtiefe geringer werdende Porenkonzentration eine Zunahme der Schallgeschwindigkeit zu verzeichnen ist. In Fig. 1 ist dabei eine Variation einer Frequenz f von f_1 hin zu f_2

5 veranschaulicht, welche in einem Bereich von 400 KHz bis 3 MHz liegt. Im Gegenzug verändert sich die Wellenlänge der zugehörigen Ultraschall-Oberflächenwelle λ von einem Wert λ_1 hin zu einem Wert von λ_2 mit Eindringtiefen von zirka 1 mm bis zirka 8 mm.

10 In Fig. 2 ist veranschaulicht, dass eine oberflächennahe Kriechschädigung folglich zu deutlich unterschiedlichen Schallgeschwindigkeit zwischen der Oberfläche 16 und einem tiefer gelegenen Bereich des Bauteils 10 führt (siehe Messkurve 22), während bei einem schadigungsfreien bzw.
15 ungeschädigten Werkstoff ein nahezu tiefenkonstanter Verlauf (siehe Messkurve 24) zu beobachten ist. Aus dem Krümmungsverhalten der Messkurven 22 und 24 bzw. deren Kurvengradient kann somit auf den Schädigungsfortschritt in Bezug auf die Oberfläche 16 als Referenzbereich geschlossen
20 werden.

Es werden dabei mehrere Frequenzen gewählt, so dass sich eine Anzahl Schichten bzw. Stützstellen ergeben, die den Verlauf der Schallgeschwindigkeit im Verhältnis zum Abstand zur Oberfläche 16 beschreiben. Dabei werden, wie erwähnt,
25 Frequenzen zwischen zirka 400 KHz bis zirka 3 MHz gewählt, woraus sich bei den üblicherweise zu untersuchenden Werkstoffen eine Eindringtiefe von bis zu 8 mm ergibt. Die Messtiefe mit dem derartigen Verfahren ist also erheblich.

Zur Durchführung einer vergleichenden Bewertung der Verläufe der Messdaten bzw. der in Fig. 2 veranschaulichten Messkurven
30 22 und 24 wird deren Verlauf erfindungsgemäß mathematisch beschrieben. Ein beispielhafter Vergleich verschiedener realer Messdaten ist in Fig. 3 dargestellt. Dabei variieren die Tiefenverläufe der Schallgeschwindigkeiten hinsichtlich
35 der Parameter absolute Höhe der Schallgeschwindigkeit,

Tiefenverlauf der Schallgeschwindigkeit und Messbereich (minimale/maximale Eindringtiefe) teilweise beachtlich.

Um insbesondere eine rechnergestützte Beurteilung der Messdaten zu ermöglichen, wird daher eine mathematische Beschreibung der Daten angestrebt, ohne jedoch wichtige Informationen aus deren Verlauf zu unterdrücken. Eine umfangreiche Regressionsanalyse einer Vielzahl von Messdaten hat ergeben, dass der Tiefenverlauf der Messdaten durch einen logarithmischen Regressionsansatz der Form $c_{\text{int}} = K * \ln(t) + c_0$ beschrieben werden kann. Dabei ist t die Tiefenkoordinate, c_{int} ein integraler Messwert der Schallgeschwindigkeit, c_0 der Wert der absoluten Schallgeschwindigkeit bei $t = 0$ (Oberfläche 16) und K ein Gradientenkoeffizient bzw. eine Gradientenzahl.

Die Gleichung erfüllt die Anforderungen an ein mathematisches Beschreibungsmodell in weitgehend optimaler Weise. Zur Beschreibung sämtlicher Messkurven sind somit zwei charakteristische Größen hinreichend, nämlich die Angabe einer Oberflächenschallgeschwindigkeit c_0 sowie eines Gradientenkoeffizienten K .

Neben der Bestimmung der Schallgeschwindigkeit c_0 als Bestimmungsgröße für die absoluten Höhen von Schallgeschwindigkeiten innerhalb der Gefügestruktur des Bauteils 10 kann aus dem bekannten Kurvenverlauf die integrale Schallgeschwindigkeit an einer beliebigen Stelle im Inneren des Bauteils errechnet werden. Bei der Anwendung dieses Vorgehens auf Schweißverbindungen bzw. die in Fig. 1 dargestellten Schweißnähte 12 und 14 können so gemessene und errechnete Schallgeschwindigkeiten in tieferen Gefügestrukturen gegenüber gestellt werden.

In den Fig. 4 bis 6 ist die räumliche Vorgehensweise bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Prüfen der Gefügestruktur einer Schweißnaht 12 an einem Bauteil 10 veranschaulicht. Zunächst wird für eine Übersichtsbeurteilung ein so genanntes Grob-Scanning (Fig. 4) durchgeführt, wobei einzelne Messspuren 26 quer zur Längserstreckung der Schweißnaht 12

gerichtet sind. Diese Messspuren 26 stellen den Weg zwischen zwei (nachfolgend in den Fig. 7 bis 9 veranschaulichten) Prüfköpfen dar, welche einzeln oder gegebenenfalls zusammen längs dieser Messspuren 26 verschoben werden. Mit dem in Fig. 4 veranschaulichten Grob-Scanning werden Fehlstellen in der Gefügestruktur der Schweißnaht 12 sowie dem unmittelbar umliegenden Bauteil aufgespürt. In einem zweiten, in Fig. 5 veranschaulichten Verfahrensschritt, dem so genannten Fein-Scanning, werden nachfolgend einzelne Messspuren 26 parallel zur Längserstreckung der Schweißnaht 12 ausgerichtet. Auf diese Weise erfolgt eine detaillierte Beurteilung des Werkstoffvolumens. Aus den derart ausgerichteten Einzelmessungen erhält man sowohl ein Schallgeschwindigkeitsprofil als auch ein Gradientenprofil von Messkurven, wie sie in den Fig. 2 und 3 veranschaulicht sind. Aus der Veränderung dieser Messkurven während der Lebensdauer des zugehörigen Bauteils kann auf eine sich fortentwickelnde Schädigung der Schweißnaht 12 geschlossen werden.

In Fig. 6 ist nochmals veranschaulicht, dass gemäß der erfindungsgemäßen Vorgehensweise eine vollständige Charakterisierung einer Schweißnaht 12 in deren räumlicher Ausdehnung möglich ist, wobei sich diese räumliche Ausdehnung aus der Länge der Messspuren 26, der Anzahl und dem Abstand der Einzelmessungen sowie der Eindringtiefe der Ultraschall-Oberflächenwellen ergibt.

In Fig. 7 ist ein erstes Ausführungsbeispiel eines Messaufbaus 28 zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens veranschaulicht. Es ist ein erster, als Sender für Ultraschall-Oberflächenwellen wirkender Prüfkopf 30 sowie ein zweiter, als Empfänger der Ultraschall-Oberflächenwellen wirkender Prüfkopf 32 vorgesehen. Die beiden Prüfköpfe 30 und 32 sind an einem Manipulator 34 angeordnet, mittels dem ein nahezu spielfreies und exakt reproduzierbares Verschieben der beiden Prüfköpfe 30 und 32 auf dem zu prüfenden Bauteil 10 entlang einer Geraden gewährleistet ist. Die relative

Verfahrposition der beiden Prüfköpfe 30 und 32 wird über ein hochpräzises Wegmesssystem 36 aufgezeichnet.

Der als Sender wirkende Prüfkopf 30, welcher als ein breitbandiger piezoelektrischer Prüfkopf mit entsprechendem Vorlaufkeil gestaltet ist, wird von einem Funktionsgenerator 5 38 mit einem sinusförmigen Spannungssignal gespeist und erzeugt dabei eine kontinuierliche Ultraschall-Oberflächenwelle. Diese Ultraschall-Oberflächenwelle breitet sich an der Oberfläche 16 des Bauteils 10 entlang einer Achse 10 des Prüfkopfes 30 aus und wird durch den vorliegend entgegengerichtet angeordneten Prüfkopf 32 aufgenommen. Das Sendersignal sowie das vorverstärkte, vom Prüfkopf 32 empfangene Signal werden simultan auf getrennte Kanäle eines Oszilloskops 40 gegeben, wodurch eine Phasenverschiebung 15 zwischen beiden Signalen bestimmt werden kann.

Zugleich wird der als Empfänger wirkende Prüfkopf 32 relativ zum als Sender wirkenden Prüfkopf 30 verschoben, wodurch sich eine Phasenverschiebung der Senderschwingung relativ zur Empfängerschwingung ergibt. Eine Änderung der 20 Phasenverschiebung um einen kompletten Phasenumlauf von 2π entspricht einem Verfahrensweg von exakt einer Wellenlänge.

Der Verschiebeweg während eines Messvorgangs beträgt je nach den Abmessungen des zu prüfenden Bauteils 10 und der Größe der verwendeten Prüfköpfe 30 und 32 zirka 50 mm bis zirka 100 25 mm, wobei die Änderung der Phasenverschiebung als eine Funktion der Messlänge aufgezeichnet wird. Die derart ermittelten Daten ermöglichen aufgrund einer Berücksichtigung der Anzahl der überstrichenen Phasenverschiebungen und der Länge der Messtrecke die Berechnung einer mittleren 30 Wellenlänge der Ultraschall-Oberflächenwelle im Bauteil 10. Die Schallgeschwindigkeit c im Bauteil 10 wird dann anhand der Wellenlänge λ und der Frequenz f , welche durch den Frequenzgenerator 38 vorgegeben ist, berechnet. Durch die Mittelung der Wellenlänge über den Verfahrensweg der Prüfköpfe 35 30 und 32 ist auf diese Weise eine sehr hohe Messgenauigkeit erreichbar.

Wie oben erläutert, führt bei dem derartigen Messverfahren eine oberflächennah vorliegende Schädigung der Gefügestruktur einer Schweißnaht 12 oder 14 am Bauteil 10 zu einem tiefenabhängigen Gradienten der ermittelten

5 Schallgeschwindigkeit c und durch eine Auswertung des Geschwindigkeitsprofils über den Querschnitt der Schweißnaht 12 oder 14 sind Rückschlüsse auf deren Schädigungsgrad möglich.

Durch das oben erläuterte Grob-Scanning (Fig. 4) ist ein
10 Aufspüren von Fehlstellen innerhalb kurzer Zeit möglich, wobei anschließend auffällige Messstellen in einem verfeinerten Prüfvorgang (unter Anwendung mehrerer Messfrequenzen) einem detaillierten Fein-Scanning (Fig. 5) unterzogen werden.

15 In Fig. 8 ist eine alternative Ausführungsform eines Messaufbaus 28 veranschaulicht, bei dem zwei Prüfköpfe 30 und 32 jeweils in einer festen Prüfkopfanordnung angeordnet sind. Diese Prüfköpfe 30 und 32 sind jeweils wieder an einen Funktionsgenerator 38 und ein Oszilloskop 40 angeschlossen.
20 Im Unterschied zum in Fig. 7 dargestellten Messaufbau 28 ist vorliegend nicht ein Verschieben der Prüfköpfe 30 und 32 mittels eines Manipulators vorgesehen, sondern die Prüfköpfe 30 und 32 sind ortsfest angeordnet und es wird an ihnen als veränderlich Größe die Messfrequenz variiert. Aufgrund dieser
25 Vorgehensweise entfallen die Kosten für den Manipulator und das Wegmesssystem. Die Messung kann ferner voll automatisch ablaufen.

Die Anordnung gemäß Fig. 8 kann auch dazu verwendet werden, um bei konstantem Prüfkopfabstand eine Änderung der
30 Phasenlage zwischen beiden Signalen relativ zu einer Bezugsgröße (z.B. Grundwerkstoff) auszuwerten. Dazu wird die starre Anordnung der Prüfköpfe 30 und 32 über die Schweißnaht hinweg bewegt und die örtlichen Änderungen der Phasenlage als Reaktion auf Werkstoffveränderungen
35 ausgewertet. Dies kann elektronisch geschehen

(Komparatorschaltung). Der Frequenzbereich und damit die Tiefenwirkung des Verfahrens bleiben davon unberührt.

In Fig. 9 ist eine Ausführungsform eines Messaufbaus 28 veranschaulicht, bei dem insgesamt drei ortsfeste Prüfköpfe 5 30, 32 und 42 vorgesehen sind, von denen der Prüfkopf 30 an einen Funktionsgenerator 38 und die Prüfköpfe 32 und 42 als Empfänger wirkend an ein Oszilloskop 40 angeschlossen sind. Die Signale der beiden als Empfänger wirkenden Prüfköpfe 32 und 42 werden auf Phasengleichheit eingeregelt. Dadurch kann 10 die Präzision der Messung weiter erhöht werden, da bei einer Kopf-an-Kopf-Anordnung der messtechnisch relevante Prüfkopf Abstand durch einen mit der Messfrequenz veränderlichen Austrittspunkt aus dem Vorlaufkeil des zugehörigen Prüfkopfes variieren könnte, dies aber durch die 15 vorliegend bereitgestellten vergleichbaren Bedingungen für die Signalaufnahme an den beiden als Empfänger wirkenden Prüfköpfen 32 und 42 mit identischer Ausrichtung umgangen werden kann.

In Fig. 10 ist eine Auswertung von Verläufen der Höhe der 20 Schallgeschwindigkeit über den Querschnitt einer der Schweißnähte 12 oder 14 veranschaulicht. Die Fig. 10 veranschaulicht, dass durch das Schallgeschwindigkeitsprofil eine Beschreibung des Schädigungszustandes der Gefügestruktur an einer Schweißnaht möglich ist.

25 Fig. 10 zeigt insgesamt vier Kurven 44, 46, 48 und 50, welche jeweils den Verlauf des Gradienten der Schallgeschwindigkeit über eine Position quer zu einer Längserstreckung einer Schweißnaht veranschaulichen. Dabei zeigt die Linie 44 eine Schweißnaht im Neuzustand, die Linie 46 eine 30 betriebsbeanspruchte Schweißnaht, die Linie 48 eine fortgeschritten betriebsbeanspruchte Schweißnaht und Linie 50 schließlich eine Schweißnaht mit geschädigter Gefügestruktur.

Die Linie 44 weist grundsätzlich eine M-Form auf, welche sich mit ihren beiden Maxima jeweils im Bereich von Schmelzlinien 35 52 und 54 erstreckt. Diese Schmelzlinien bilden jeweils den

Grenzbereich zwischen einer Seite der Schweißnaht und dem angrenzenden Bauteil.

Neben dem Schallgeschwindigkeitmaxima im Bereich der Schmelzlinien 52 und 54 erfolgt nach einer Phase der Homogenisierung ein massiver Schallgeschwindigkeitseinbruch an den Wärmeeinflusszonen der Schweißnaht. Eine abnehmende Tendenz der Schallgeschwindigkeit ist zudem sowohl im Schweißgut der Schweißnaht als auch im Grundwerkstoff des zugehörigen Bauteils zu verzeichnen.

Die derartig grundsätzlich M-förmige Linie 44 flacht über die zunehmende Betriebsdauer des zugehörigen Bauteils hinweg zunehmen ab (siehe die Linien 46 und 48 in Fig. 10). Im geschädigten Zustand der Schweißnaht ergibt sich schließlich eine grundsätzlich W-förmige Linie 50, wobei diese Änderung des Gradientenkoeffizienten K von einer M-Form im Neuzustand über eine Abflachung im betriebsbeanspruchten Zustand zu einer W-Form im geschädigten Zustand deutlich den qualitativen Entwicklungsverlauf an der zugehörigen Schweißnaht zeigt.

Mittels einer Analyse der probenspezifischen Verläufe der Gradientenkoeffizienten K und einer Gegenüberstellung der Tiefenverläufe der Schallgeschwindigkeiten c an den jeweiligen Messstellen ist somit eine präzise Beurteilung von Schweißnähten möglich.

Der qualitativ ähnliche Verlauf des Gradientenkoeffizienten K und der Schallgeschwindigkeit c ist dabei rein zufällig. Den in den beiden Größen K und c zum Ausdruck gebrachten Werkstoffveränderungen liegen vielmehr unterschiedliche Vorgänge zugrunde. Während die Schallgeschwindigkeit c den Gefügestand bezüglich einer Lebensdauerkurve beschreibt, gibt der Gradientenkoeffizient K Auskunft über den tiefenabhängigen Verlauf der akustischen Eigenschaften.

Im Ausgangszustand einer Schweißnaht weist die Gefügestruktur insbesondere im Bereich der Schmelzlinien

(Erstarrungsstruktur) eine sehr inhomogene Verteilung

unterschiedlicher Zustände auf. Dies äußert sich innerhalb der Messkurven bzw. Linien 44 bis 50 durch lokal auf diese Bereiche begrenzte Gradientenkoeffizienten K hoher Ausprägung. Wenn eine Einebnung im Verlauf des

5 Gradientenkoeffizienten K über den Schweißnahtquerschnitt festzustellen ist, erfolgt der messtechnische Nachweis einer langzeitigen Betriebsbeanspruchung auf hohem

10 Temperaturniveau. Eine derartige Beanspruchung führt nämlich über eine so genannte Erholungsglühung zum fortschreitenden Abbau dieser lokalen Inhomogenitäten und damit zu geringeren Unterschieden der akustischen Eigenschaften innerhalb der Schweißnaht. Eine derartige Entwicklung ist an

15 zeitstandbeanspruchten Rohrbögen vielfach bestätigt worden und äußert sich dort durch einen Anstieg der Schallgeschwindigkeit während dieser "Homogenisierungsphase", bis schließlich mit Eintritt einer irreversiblen Schädigung ein Absinken der absoluten Werte der Schallgeschwindigkeit c zu beobachten ist.

An Schweißverbindungen führt eine Zeitstandschädigung

20 offensichtlich zu einer tiefenunabhängigen Schädigung der Bereiche an den Schmelzlinien 52 und 54, was sich durch die lokale Herabsetzung der Schallgeschwindigkeit c über die gesamte Eindringtiefe der zugehörigen Ultraschall-

25 Oberflächenwelle belegen lässt. Während sich im Ausgangszustand dieser Messeffekt auf ein größeres Werkstoffvolumen im Bereich der Schmelzlinie 52 und 54 erstreckt, ist nach einem Eintreten einer

30 Zeitstandsschädigung sowohl eine Verschiebung des Schwerpunktes der Schädigung in Richtung der Wärmeschmelzlinien 52 und 54 festzustellen. Insbesondere das

Werkstoffgefüge bzw. die Werkstoffstruktur innerhalb der Schmelzlinien 52 und 54 (Feinkornzone) reagiert somit besonders sensibel auf eine zeitabhängige

35 Werkstoffveränderung und stellt somit die Funktion eines Frühindikators dar. Eine Gegenüberstellung der genannten Parameter der Schallgeschwindigkeiten und deren Ausprägung vor allem quer über eine Schweißnaht hinweg stellt somit

bereits im frühen Schädigungsstadium eine sensible Methode zur Zustandscharakterisierung von Schweißnähten dar.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen der Gefügestruktur einer
5 Schweißverbindung (10, 12, 14) auf eine innenliegende
Schädigung, beispielsweise bedingt durch Werkstoffkriechen,
mit den Schritten:
- Erzeugen mindestens einer Ultraschall-Oberflächenwelle
mittels eines ersten Prüfkopfes (30),
 - 10 - Empfangen der mindestens einen Ultraschall-Oberflächenwelle
mittels eines zweiten Prüfkopfes (32, 42),
 - Bestimmen der akustischen Eigenschaften in der
Gefügestruktur auf der Grundlage der Relation zwischen
erzeugter und empfangener Ultraschall-Oberflächenwelle und
 - 15 - Bestimmen des Schädigungsgrades der innenliegenden
Gefügestruktur auf der Grundlage der ermittelten akustischen
Eigenschaften.
2. Verfahren nach Anspruch 1 mit den Schritten:
- 20 - Bestimmen der Phasenverschiebung zwischen der mindestens
einen gesendeten und der mindestens einen empfangenen
Ultraschall-Oberflächenwelle,
 - Bestimmen der akustischen Eigenschaften in der
Gefügestruktur auf der Grundlage der ermittelten
 - 25 Phasenverschiebung.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem zum Bestimmen der
Phasenverschiebung zwischen der mindestens einen gesendeten
und der mindestens einen empfangenen Ultraschall-
30 Oberflächenwelle die beiden Prüfköpfe (30, 32) relativ
zueinander bewegt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Prüfköpfe (30, 32)
relativ zueinander über eine Entfernung von der Länge mehrere
35 Wellenlängen bewegt und daraus die Wellenlänge der
Ultraschall-Oberflächenwelle in der Gefügestruktur gemittelt
wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 mit den Schritten:

- Verändern der Frequenz der mindestens einen gesendeten
Ultraschall-Oberflächenwelle und

5 - Bestimmen der akustischen Eigenschaften in der
Gefügestruktur auf der Grundlage des Gradienten der
entsprechenden Veränderung der Wellenlänge der mindestens
einen empfangenen Ultraschall-Oberflächenwelle.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem
10 zum Bestimmen der Phasenverschiebung zwei als Empfänger
wirkende Prüfköpfe (32, 42) auf Phasengleichheit der von
ihnen empfangenen Ultraschall-Oberflächenwellen eingeregelt
werden.

15 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem
aufeinander folgende Ultraschall-Oberflächenwellen erzeugt
und empfangen werden, welche verschiedene Wellenlängen
aufweisen, und auf diese Weise eine geschichtete Prüfung der
Schweißverbindung von der Oberfläche in die Tiefe erfolgt.

20

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem
zunächst ein grob gerastertes Abtasten der Schweißverbindung
(10, 12, 14) und nachfolgend ein fein gerastertes Abtasten
einer ermittelten innenliegenden Schädigung der
25 Gefügestruktur erfolgt.

FIG 1

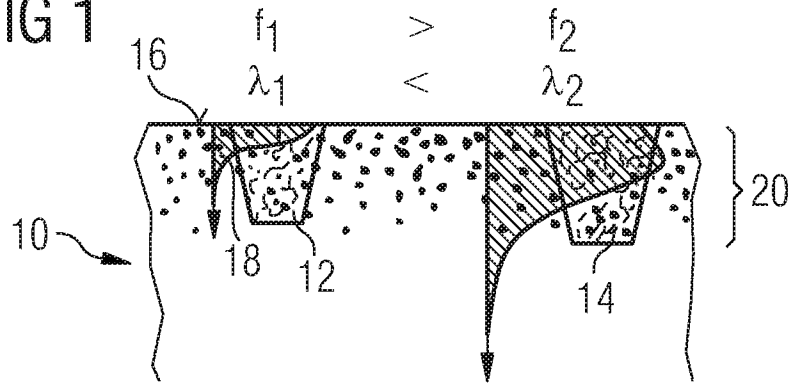


FIG 2

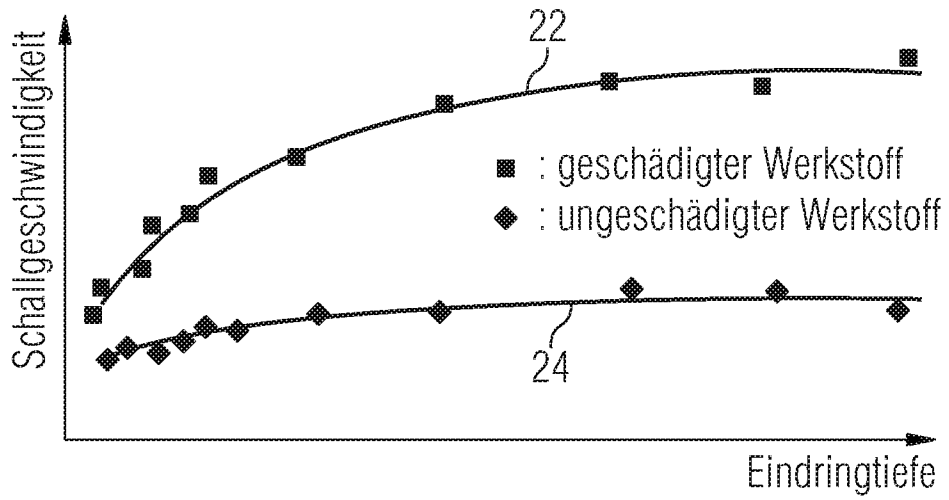


FIG 3

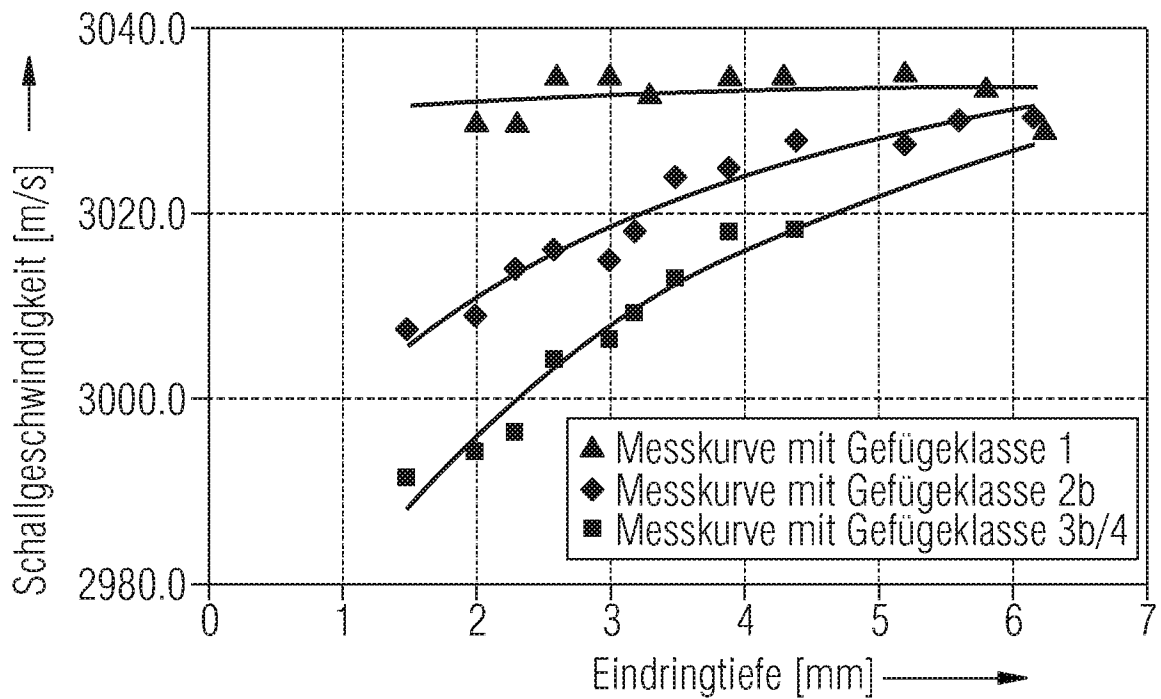


FIG 4

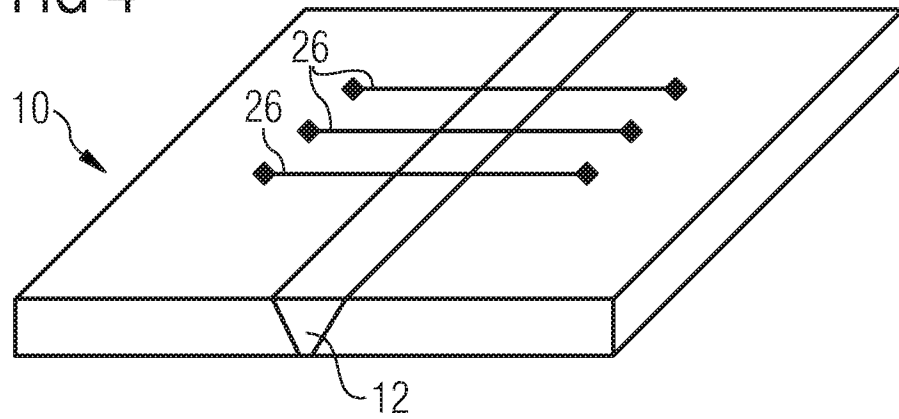


FIG 5

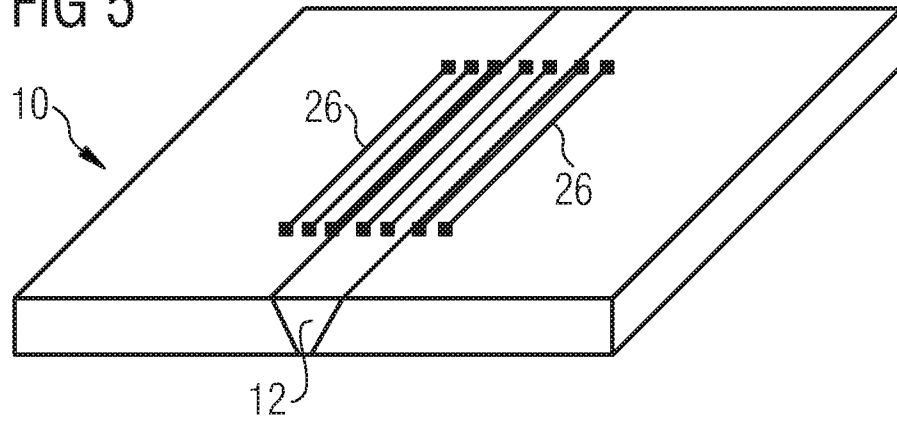


FIG 6

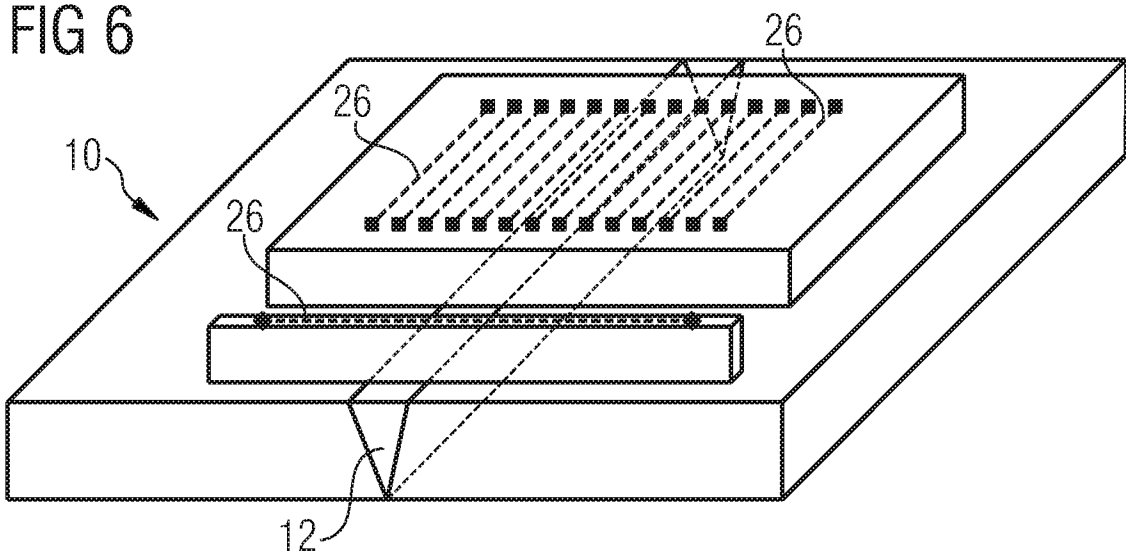
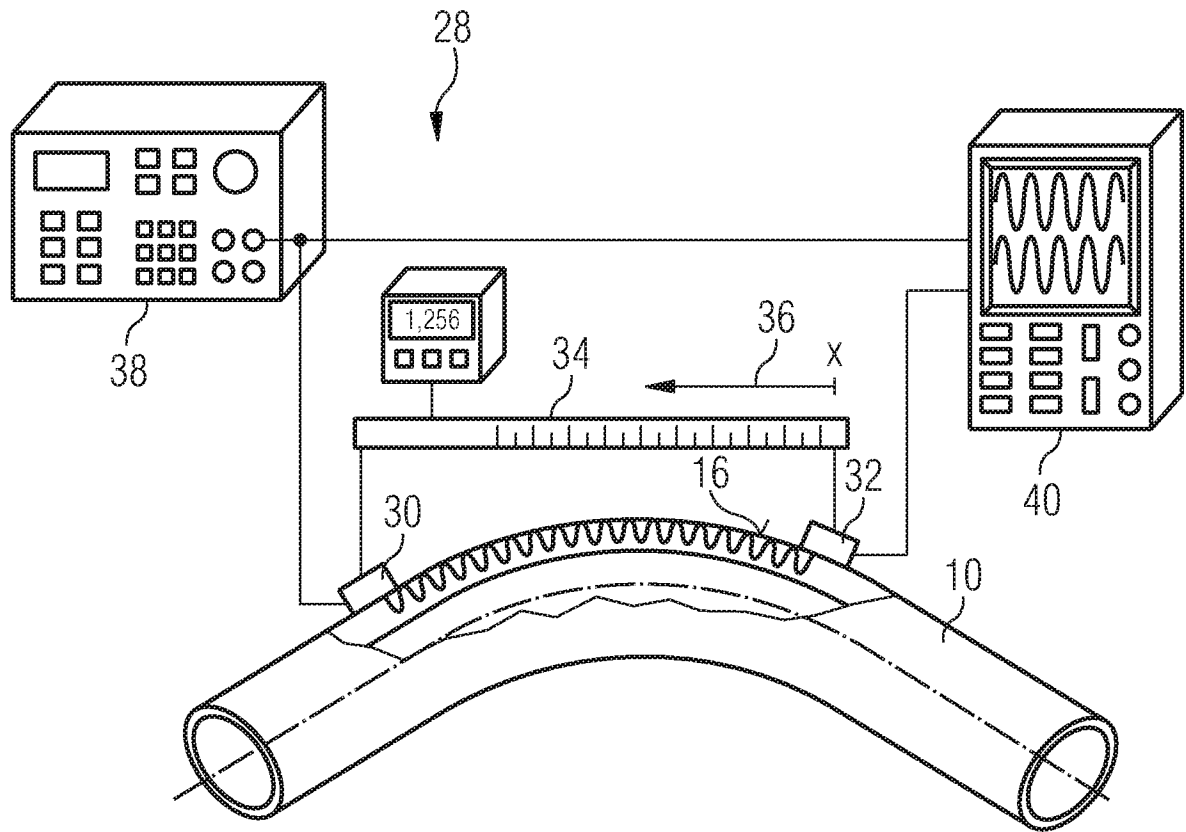


FIG 7



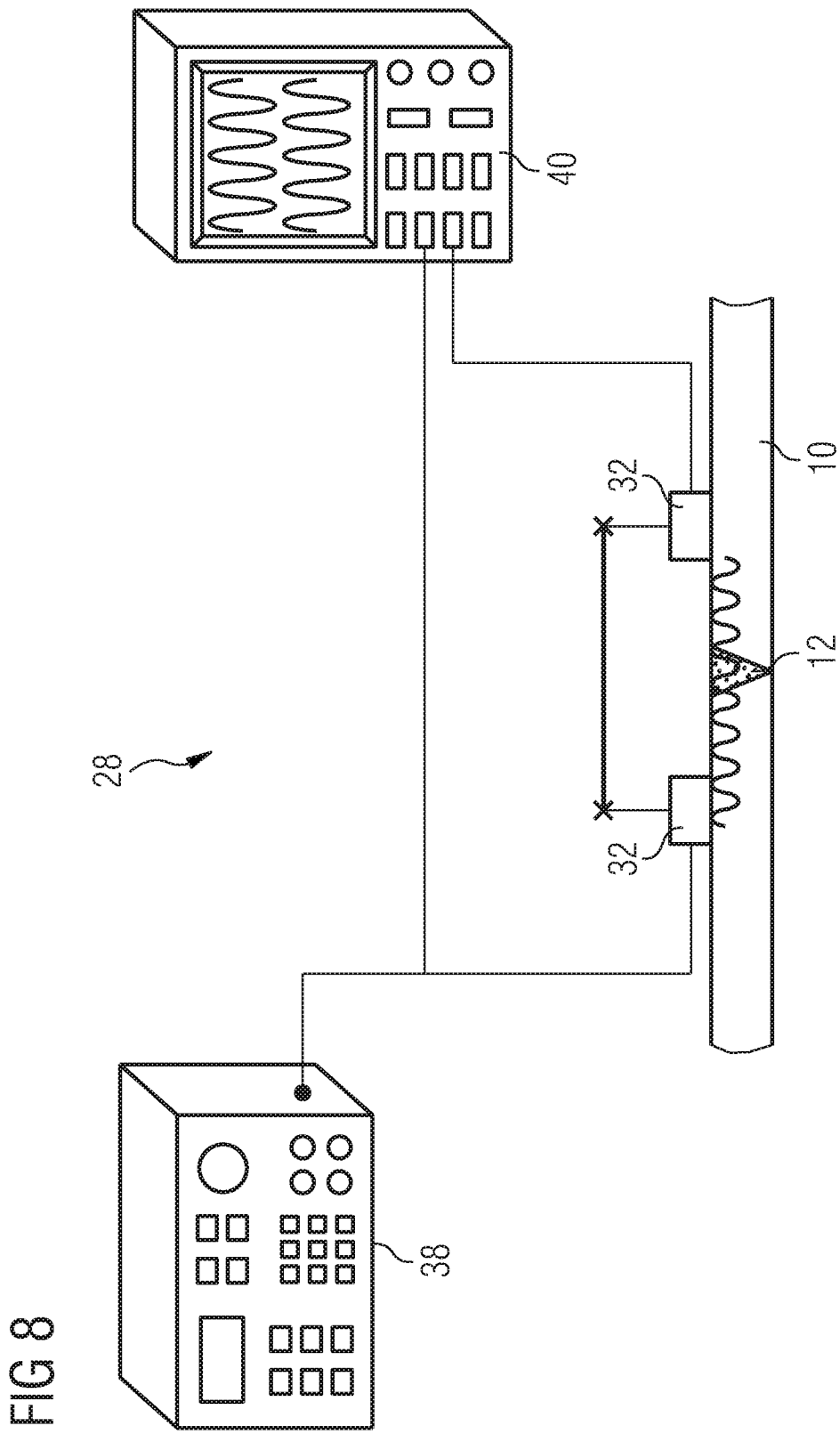


FIG 8

FIG 9

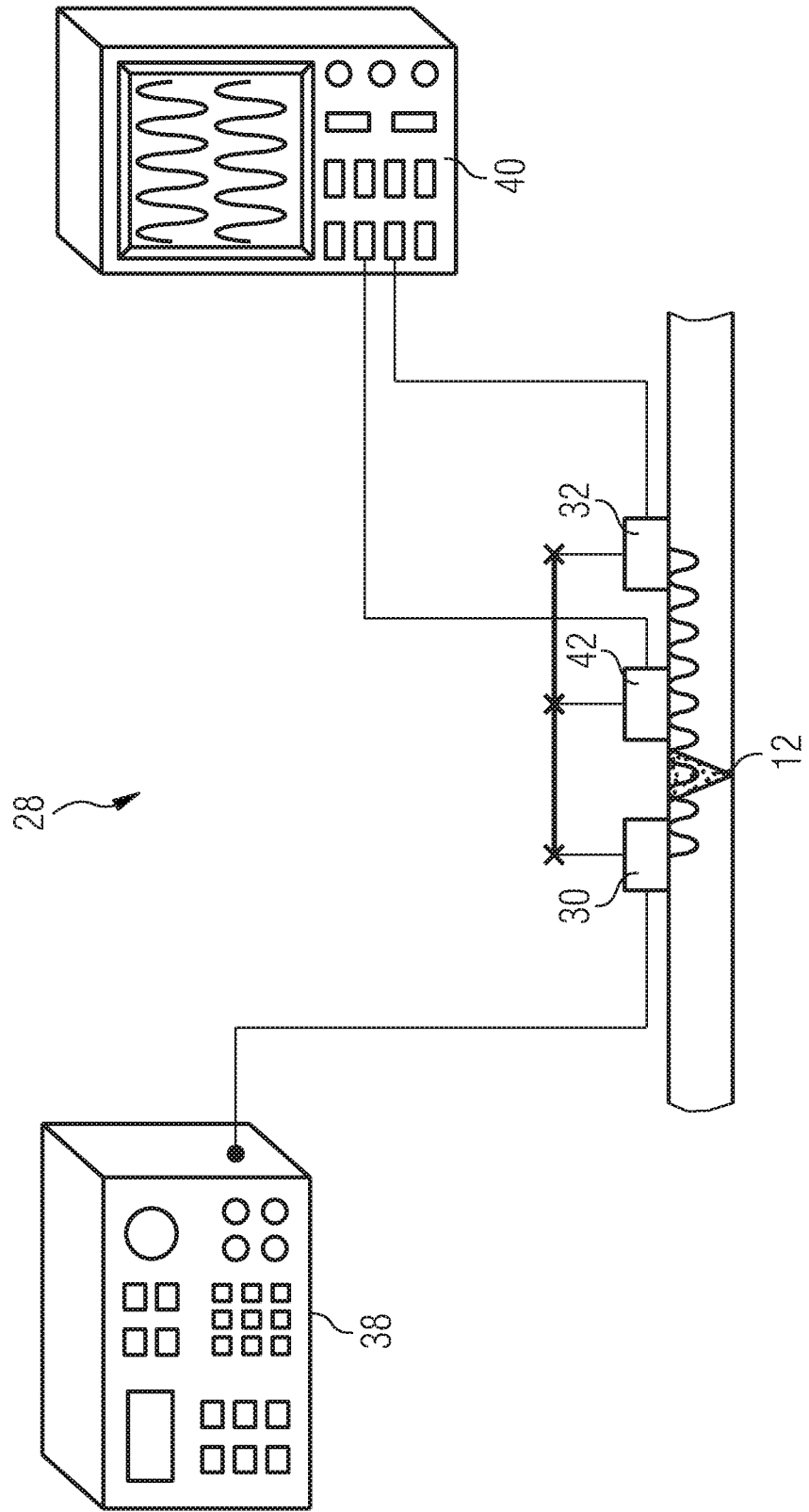
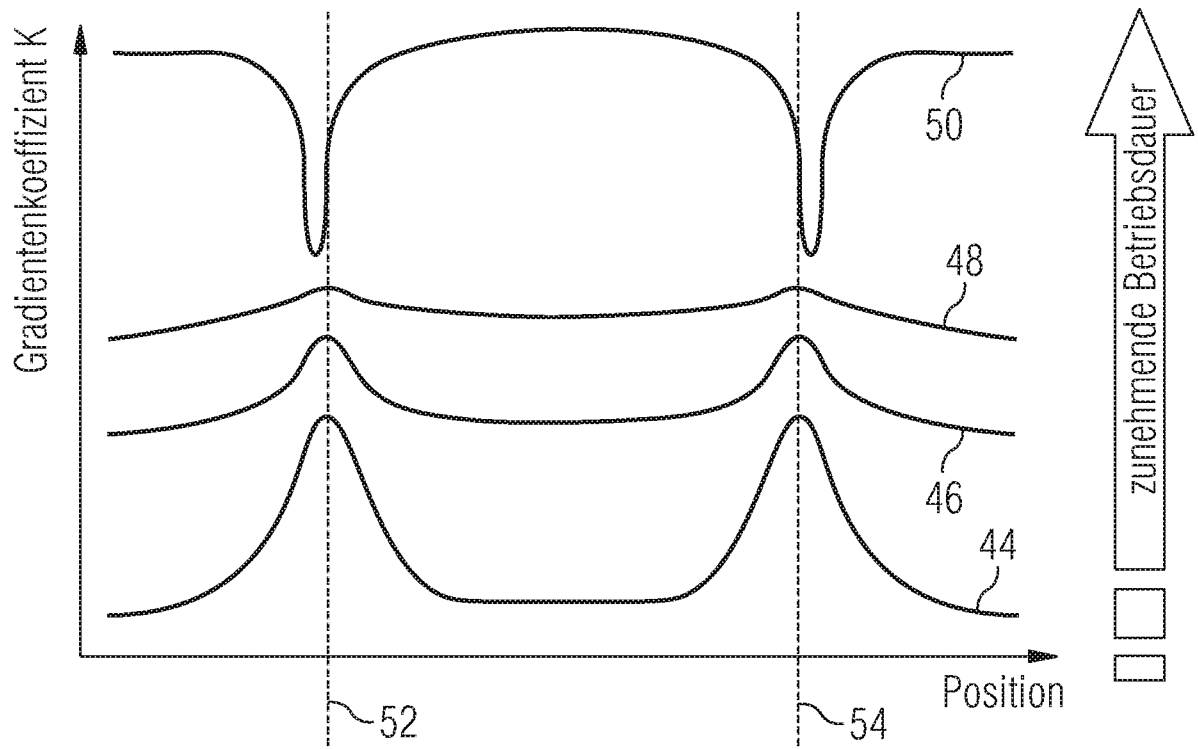


FIG 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/058003A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N29/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 196 40 859 A1 (SCHMITT THOMAS KARLHEINZ G PRO [DE] SCHMITT-THOMAS KARLHEINZ G [DE]) 9 April 1998 (1998-04-09) column 2, line 53 - column 3, line 20 column 8, line 30 - column 10, line 2 figures 1,3,4	1-8
X	US 4 372 163 A1 (TITTMANN BERNHARD R ET AL) 8 February 1983 (1983-02-08) column 6, line 34 - column 7, line 18 figure 1	1-8
X	DE 41 16 584 A1 (NUKEM GMBH [DE]) 26 November 1992 (1992-11-26) column 2, line 56 - line 64 column 3, line 65 - column 4, line 6	1-8
	-/--	

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 August 2007

Date of mailing of the international search report

06/09/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Baranski, Jörg

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/058003

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2005/132809 A1 (FLEMING MARVIN F [US] ET AL) 23 June 2005 (2005-06-23) the whole document -----	1-8
A	US 4 545 249 A1 (MATAY ISTVAN M [US]) 8 October 1985 (1985-10-08) column 6, line 3 - line 49 figure 5 -----	1-8

4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2007/058003

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19640859	A1	09-04-1998	NONE
US 4372163	A1		NONE
DE 4116584	A1	26-11-1992	NONE
US 2005132809	A1	23-06-2005	NONE
US 4545249	A1		NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01N29/04

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01N

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 196 40 859 A1 (SCHMITT THOMAS KARLHEINZ G PRO [DE] SCHMITT-THOMAS KARLHEINZ G [DE]) 9. April 1998 (1998-04-09) Spalte 2, Zeile 53 - Spalte 3, Zeile 20 Spalte 8, Zeile 30 - Spalte 10, Zeile 2 Abbildungen 1,3,4 -----	1-8
X	US 4 372 163 A1 (TITTMANN BERNHARD R ET AL) 8. Februar 1983 (1983-02-08) Spalte 6, Zeile 34 - Spalte 7, Zeile 18 Abbildung 1 -----	1-8
X	DE 41 16 584 A1 (NUKEM GMBH [DE]) 26. November 1992 (1992-11-26) Spalte 2, Zeile 56 - Zeile 64 Spalte 3, Zeile 65 - Spalte 4, Zeile 6 ----- -/--	1-8

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 30. August 2007	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 06/09/2007
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Baranski, Jörg

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2005/132809 A1 (FLEMING MARVIN F [US] ET AL) 23. Juni 2005 (2005-06-23) das ganze Dokument -----	1-8
A	US 4 545 249 A1 (MATAY ISTVAN M [US]) 8. Oktober 1985 (1985-10-08) Spalte 6, Zeile 3 - Zeile 49 Abbildung 5 -----	1-8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/058003

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19640859	A1	09-04-1998	KEINE
US 4372163	A1		KEINE
DE 4116584	A1	26-11-1992	KEINE
US 2005132809	A1	23-06-2005	KEINE
US 4545249	A1		KEINE