

(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
4. Dezember 2008 (04.12.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/145292 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01B 7/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/004069

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Mai 2008 (21.05.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 024 694.5 25. Mai 2007 (25.05.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **AREVA NP GMBH** [DE/DE]; Paul-Gossen-Strasse
100, 91052 Erlangen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LIEBERT, Adelbert** [DE/DE]; Lilienweg 2, 91301 Forchheim (DE).
DEVRIENT, Bastian [DE/DE]; Weingasse 24, 91077 Neunkirchen (DE). **SCHENDZIELORZ, Herbert** [DE/DE]; Dorfstrasse 7, 91056 Erlangen (DE). **LÖSLEIN, Rudolf** [DE/DE]; Marktheidenfelder Str. 5, 90427 Nürnberg (DE).

(74) Anwalt: **TERGAU & POHL**; Walkenhorst, Andreas, Eschersheimer Landstrasse 105-107, 60322 Frankfurt (DE).

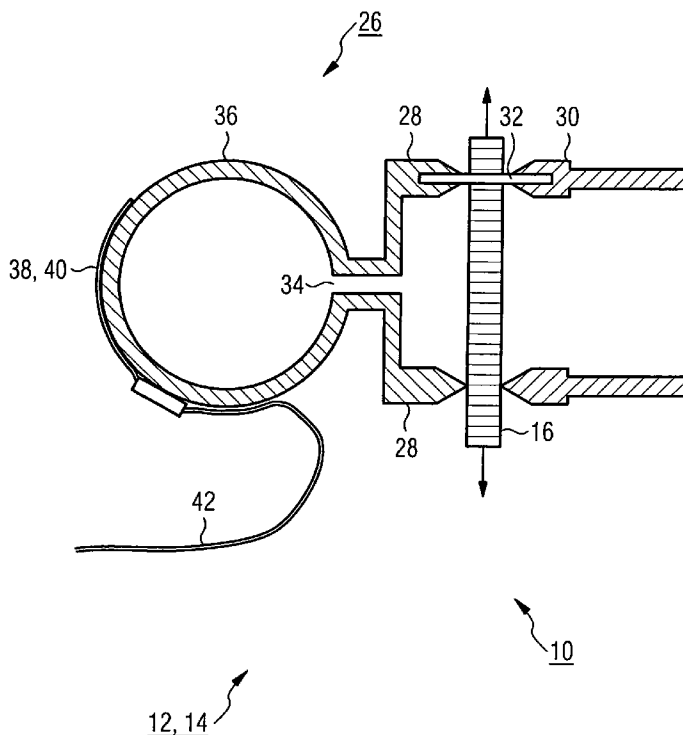
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: APPARATUS, MEASURING ARRANGEMENT, AND METHOD FOR MEASURING SLOW MOVEMENTS OF A TEST PIECE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG, MESSANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR MESSUNG VON LANGSAM ABLAU-
FENDEN BEWEGUNGEN EINES PROBESTÜCKS

FIG. 2



(57) Abstract: The invention relates to an apparatus for detecting slow movements or changes in the length of a test piece (16), particularly by applying a tensile force that affects the test piece (16). Said apparatus comprises a measuring brace (26) that has two spaced-apart legs (28) and is to be attached to the test piece (16) as well as an extension-sensitive sensor (38) which is disposed on the measuring brace (26). The invention further relates to a method for measuring slow movements or changes in the length of a test piece (16), especially by applying a tensile force that affects the test piece (16). In said method, the changes in the length of the test piece (16) are detected by means of a measuring brace (26) that is attached thereto and at least one extension-sensitive sensor (38) which is disposed on the measuring brace (26).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/145292 A1



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.

TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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,

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erfassung von langsam ablaufenden Bewegungen bzw. von Längenänderungen eines Probenkörpers (16), insbesondere unter Aufbringung einer auf den Probenkörper (16) einwirkenden Zugkraft, umfassend einen Messbügel (26) mit zwei beabstandeten Schenkeln (28) zur Fixierung am Probenkörper (16) und einen dehnungsempfindlichen Sensor (38), der am Messbügel (26) angeordnet ist. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Messung von langsam ablaufenden Bewegungen bzw. von Längenänderungen eines Probenkörpers (16), insbesondere unter Aufbringung einer auf den Probenkörper (16) einwirkenden Zugkraft, bei dem die Längenänderungen des Probenkörpers (16) mittels eines daran fixierten Messbügels (26) und mit wenigstens einem am Messbügel (26) angeordneten dehnungsempfindlichen Sensor (38) erfasst werden.

Beschreibung

Vorrichtung, Messanordnung und Verfahren zur Messung von langsam ablaufenden Bewegungen eines Probenstücks

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und eine Messanordnung zur Erfassung von langsam ablaufenden Bewegungen eines Probenstücks. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Messung von langsam ablaufenden Bewegungen eines Probenstücks.

Zur Prüfung von Werkstoffen und zur Ermittlung von Werkstoffeigenschaften werden oftmals normierte Zugversuche durchgeführt. Hierbei werden Probenstücke definierten Zugbelastungen unterzogen, wobei gleichzeitig das Dehnungs- und/oder Bruchverhalten erfasst wird. Mit diesen Zugversuchen können vielfältige Erkenntnisse hinsichtlich der Festigkeits- und Duktilitätskennwerte des untersuchten Werkstoffes gewonnen werden. Die Ergebnisse der unter normierten Bedingungen durchgeführten Versuche eignen sich zur Definition von Kennwerten und zur Charakterisierung der Werkstoffe. Unterliegt der Werkstoff zusätzlich bestimmten äußeren Einflüssen, kann dies die Messergebnisse unter Umständen stark beeinflussen. Solche Einflüsse können bspw. hoher Druck, hohe oder tiefe Temperaturen und/oder aggressive Medien sein, denen der Werkstoff ausgesetzt ist.

Zur Gewinnung von Erkenntnissen über das Verhalten von Werkstoffen, die solchen Einflüssen ausgesetzt sind, sind überlagerte Versuche sinnvoll, bspw. ein sog. langsamer Zugversuch (SSRT-Test: Slow Strain Rate Tensile Test), bei dem der untersuchte Werkstoff bei geringer Dehnrage gleichzeitig definierten Umgebungseinflüssen ausgesetzt wird. Besonders bei Werkstoffen, die im Kraftwerksbau eingesetzt werden, sind derartige Versuche notwendig, um die erforderlichen Bauteildimensionierungen abschätzen sowie die typische Lebensdauer und das Versagensverhalten der Bauteile vorhersagen zu können. Dies betrifft insbesondere Werkstoffe, die im Bereich von Kernkraftwerken eingesetzt werden, da hier Bedingungen auftreten können, die das Bauteilverhalten erheblich beeinflussen können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Messverfahren sowie eine Messanordnung zur Erfassung des Dehnungsverhaltens einer Werkstoffprobe zur Verfügung zu stellen, mit denen eine besonders zuverlässige Abschätzung des Werkstoffverhaltens bei einem Einsatz im Bereich von Kernkraftwerken ermöglicht ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Vorrichtung zur Erfassung von langsam ablaufenden Bewegungen bzw. von Längenänderungen eines Probenkörpers mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass die Beständigkeit von Werkstoffen gegenüber mediumbeeinflussten Rissbildungen und anschließendem Rissfortschritt durch z.B. mediengestützte Risskorrosion eine wesentliche Voraussetzung zur Konstruktion und Umsetzung von technischen Anwendungen ist, welche mediumsberührte Oberflächen aufweisen.

So ist z.B. bei der Auswahl von Werkstoffen für den Wasserdampfkreislauf von Kraftwerken zur Stromerzeugung neben den mechanischen Eigenschaften, welche die Integrität des Systems aufrecht erhalten, auf eine ausreichende Beständigkeit gegenüber dem korrosiven Medium zu achten. Zur Erhöhung des Wirkungsgrades wird im Wasserdampfkreislauf ein erhöhter Druck (z.B. 170 bar) und eine hohe Betriebstemperatur des Kühlmediums (z.B. 350°C) verwendet. Das Medium wird in der Fachliteratur demnach als Hochtemperaturwasser (HTW) oder bei im Wasser gelöstem Sauerstoff als sauerstoffhaltiges Hochtemperaturwasser bezeichnet. Dieses Wasser stellt ein aggressives Medium dar, in welchem viele Werkstoffe aufgrund der korrosiven Schädigung unter Überlagerung von mechanischer und korrosiver Belastung versagen und nur wenige Werkstoffe für die Konstruktion der druckumschließenden Komponenten geeignet sind. Besonders bei kleinen Dehnraten in typischen Größenordnungen zwischen ca. 10^{-4} bis 10^{-6} s^{-1} kann eine erhöhte korrosive Anfälligkeit gegen mediumbeeinflusste Rissbildung vorliegen.

Ähnliches gilt für die unter diesen Umgebungsbedingungen eingesetzte Messtechnik (z.B. zur Dehnungsmessung). Die Problematik kann verschärft auftreten, sofern ionale Verunreinigungen die schädigende Wirkung des Mediums verstärken.

Neben der ertragbaren Spannung stellt die Dehnung der verwendeten Rundzugproben beim Erreichen der Zugfestigkeit bzw. beim Bruch der Probe in sauerstoffhaltigem Hochtemperaturwasser eine wichtige Kenngröße für Aussagen zur Beständigkeit gegenüber mediumbeeinflusster Rissbildung dar. Bislang sind keine Längenmesssysteme verfügbar, welche unter den speziellen Umgebungsbedingungen des Primärkreislaufs von Siedewasserreaktoranlagen bzw. von Druckwasserreaktoranlagen unter den dort vorherrschenden hohen Drücken, d.h. 1 bis 170 bar, der hoher Mediumstemperatur, d.h. 25 bis 350 °C, und einem Sauerstoffgehalt von 0 ... 8 ppm gelöstem Sauerstoff eine dauerhafte Messung der Längenänderungen unter den oben beschriebenen aggressiven Umgebungsbedingungen (sauerstoffhaltiges Hochtemperaturwasser) mit eventuell chemischen Transienten durch ionale Verunreinigungen (z.B. Chlorid, Sulfat, etc.) bei einer entsprechenden Auflösung der Längenmessung zu zufrieden stellenden Messwerten führen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist einen Messbügel mit zwei voneinander beabstandeten Schenkeln zur Fixierung am Probenstück und einen am Messbügel angeordneten bzw. diesem zugeordneten dehnungsempfindlichen Sensor auf. Die Vorrichtung eignet sich insbesondere zur Längenänderungs- bzw. Dehnungsmessung des Probenstücks, auf das eine definierte Zugkraft aufgebracht wird.

Bisher wurde bei der Prüfung von Werkstoffen unter Umgebungsbedingungen, sowohl für Einzelproben- als auch Mehrprobenprüfungen, die Dehnung nicht direkt an der Werkstoffprobe (im Autoklaven) – bezogen auf die Ausgangslänge der Messlänge der verwendeten Rundzugprobe – gemessen, sondern die Dehnung aufgrund des beaufschlagten Weges der Maschinentraverse mit entsprechender Umrechnung ermittelt. Dies führt aufgrund einer nicht idealen und meist unterschiedlichen Maschinensteifigkeit zu verfälschten Messwerten, was sich in der Berechnung z.B. des E-Moduls auswirkt. Die Erfindung ermöglicht es hingegen, eine Messtechnik zur Aufzeichnung der Längenänderung zur Verfügung zu stellen, bei der die Längenänderungen direkt am

verwendeten Probenkörper bzw. an der jeweiligen Rundzugprobe unter unterschiedlichen Medieneinflüssen mit hoher Auflösung an der entsprechenden Messlänge des verwendeten Probenkörpers gemessen werden kann.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich insbesondere als sog. Extensometer, das auch unter ungünstigen Umgebungsbedingungen zuverlässige Messwerte liefern kann. Die Vorrichtung eignet sich damit bspw. auch für die Verwendung in sogenanntem Hochtemperaturwasser (HTW), so dass sich die Messtechnik zur Aufzeichnung von Längenänderung direkt an der jeweiligen Rundzugprobe in sauerstoffhaltigem Hochtemperaturwasser mit hoher Auflösung an der entsprechenden Messlänge der verwendeten Rundzugproben eignet. Sämtliche Störgrößen in Bezug auf die Messung der Längenänderung durch externe induktive Wegmessung, wie z.B. die Reibkräfte durch die Dichtungen der Zugstange gegenüber dem Autoklaven, dem Innenraum oder durch die Steifigkeit des Widerlagers, werden durch die erfindungsgemäße Messanordnung bzw. das Extensometer vermieden, da direkt an der Probe gemessen wird.

Eine bevorzugte Variante der Erfindung sieht vor, dass der dehnungsempfindliche Sensor flächig haftend am Messbügel angeordnet ist. Hierdurch wird eine robuste Messanordnung zur Verfügung gestellt, bei der Messwertverfälschungen aufgrund von Relativbewegungen zwischen Sensor und Messbügel nahezu ausgeschlossen sind.

Der Messbügel kann wahlweise einen U-förmigen, einen bogenförmigen, einen ringförmigen oder einen C-förmigen Verbindungsabschnitt zwischen den Schenkeln aufweisen. Darüber hinaus sind weitere Gestaltungen und Formen des Messbügels möglich. Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht darin, dass der Messbügel einen verlängerten und sich weitgehend gleichmäßig über die Wegänderung der Probe verformenden Messabschnitt zur Verfügung aufweist, dessen Verformungsverhalten mittels des Sensors wesentlich präziser gemessen werden kann als bei einer Aufbringung des Sensors direkt an der Mantelfläche des Probenstücks. Der Messbügel liefert somit eine Wegübersetzung, welche die sehr kleinen Längenänderungen am Probenkörper in präzise messbare Formänderungen bzw. Radiusänderungen am Messbügel überträgt. Eine abschnittsweise regelmäßig geformte bzw. gekrümmte Kontur sorgt für die gewünschte Linearität der Messdaten. So eignet sich bspw. ein C-förmiger Verbindungs-

abschnitt mit einer kreisbogenförmigen Kontur, bei der der Kreisbogen einen konstanten Radius aufweist, besonders gut zur Erfassung ihres Verformungsverhaltens, da sich der Kreisbogen bei einer Längenänderung des Probenstücks zwischen den daran fixierten Verbindungsschenkeln gleichmäßig öffnet, wobei sich der Verbindungsabschnitt gleichmäßig verformt.

Die Schenkel können bspw. Klemmanschlüsse zur Fixierung am Probenstück aufweisen. Daneben sind auch andere Verbindungsmöglichkeiten denkbar, bspw. Schraub- oder Klebeverbindungen o. dgl. Wichtig dabei ist, dass die Berührungspunkte zwischen dem Messbügel und der Probe nicht verrutschen, wodurch die Messergebnisse unbrauchbar gemacht würden. Gleichzeitig ist die Verbindung vorzugsweise so ausgestaltet, dass durch die Anbringung der Klemmanschlüsse während der Versuchsdurchführung keine Kerbwirkung an der Oberfläche des Probenkörpers entsteht.

Der dehnungsempfindliche Sensor kann insbesondere durch wenigstens einen Dehnmessstreifen gebildet sein. Wahlweise können auch mehrere Dehnmessstreifen am Messbügel angeordnet sein, wahlweise in Parallelschaltung oder auch in einer Brückenschaltung. Hierdurch können bei Bedarf Temperatur- und/oder andere Umgebungseinflüsse berücksichtigt und rechentechnisch kompensiert werden. Die Dehnmessstreifen können Messwerte unterschiedlicher Art liefern, bspw. kapazitive Messwerte oder Änderungen eines ohmschen Widerstandes.

Da sich die Schenkel des Messbügels nicht zur Messwerterfassung eignen, ist der dehnungsempfindliche Sensor bzw. der Dehnmessstreifen zweckmäßigerweise flächig haftend am Verbindungsabschnitt des Messbügels fixiert. Der dehnungsempfindliche Sensor bzw. der Dehnmessstreifen kann insbesondere flächig haftend an einer Außenseite des Verbindungsabschnittes bzw. des Messbügels fixiert sein, da an dieser Stelle bei einer Dehnung der Probe die größte Wegänderung des Messbügels stattfindet. Somit eignet sich die Fixierung an der Außenseite des Bogens des Verbindungsabschnitts am besten zur Erfassung möglichst hoch aufgelöster Messwerte.

Entsprechend den bevorzugten Einsatzmöglichkeiten der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann der dehnungsempfindliche Sensor bzw. der Dehnmessstreifen gegen Druck-,

Temperatur- und/oder Medieneinfluss gekapselt sein. Hierdurch eignet sich die gegenüber korrosiven Erscheinungen beständige Vorrichtung zum Einsatz in sauerstoffhaltigem Hochtemperaturwasser, wobei die auftretenden Druckwerte bspw. zwischen ca. 1 bis 170 bar oder mehr liegen können. Der Temperaturbereich kann bspw. zwischen ca. 25°C bis ca. 350°C oder mehr liegen. Der Sauerstoffgehalt des Wassers bzw. des flüssigen oder gasförmigen Mediums kann bspw. zwischen 0 bis 8 ppm gelöstem Sauerstoff liegen.

Sinnvollerweise wird bei Anwendungen in derartigen Umgebungen eine gekapselte elektrische Anschlussleitung verwendet, so dass der dehnungsempfindliche Sensor bzw. der Dehnmessstreifen mitsamt seinen Anschlussleitungen gegen Druck-, Temperatur- und/oder Medieneinfluss gekapselt ist. Die elektrische Anschlussleitung des dehnungsempfindlichen Sensors bzw. des Dehnmessstreifens kann bspw. eine weitgehend starre Umhüllung und wenigstens eine darin in keramischem Material eingebettete elektrische Zuleitung aufweisen.

Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass zumindest der Verbindungsabschnitt des Messbügels aus einem federelastischen Material gebildet ist. Der Messbügel bzw. dessen Verbindungsabschnitt kann insbesondere aus einem hochtemperatur-, druck- und/oder medienresistenten Material gebildet sein. Als Material eignet sich bspw. ein geeigneter Nickelbasiswerkstoff oder ein rostfreier Stahl, das selbst nicht durch das aggressive Hochtemperaturwasser angegriffen oder geschädigt wird, bspw. durch Spannungsrisskorrosion.

Als Material für den Messbügel und den Verbindungsabschnitt kommt bspw. ein geeigneter Edelstahl wie Inconel 600[®] (eingetragene Marke der Special Metals Group of Companies) in Frage, eine Nickel-Chrom-Legierung mit guter Beständigkeit gegen Oxidation und Korrosion bei hohen Temperaturen. Zu den Einsatzfeldern eines solchen Materials gehören Bauteile von Feuerungen, die chemische Industrie, die Nahrungsmittel verarbeitende Industrie und die Nuklearindustrie. Der Messbügel hat somit eine ausreichende Beständigkeit bei einem Einsatz in sauerstoffhaltigem Hochtemperaturwasser. Zudem wird er bei kleinen Dehnungen im elastischen Bereich nicht durch mediengestützte Risskorrosionseffekte geschädigt.

Die Erfindung umfasst weiterhin eine Messanordnung zur Erfassung von langsam ablaufenden Bewegungen bzw. von Längenänderungen eines einer definierten Zugkraft bzw. Längenänderung ausgesetzten Probenstücks. Die Messanordnung umfasst ein Probenstück bzw. einen Probenkörper und eine daran fixierte Messvorrichtung gemäß einer der zuvor beschriebenen Ausführungsvarianten. Die Messanordnung kann insbesondere mit einem Datenerfassungs- und/oder Datenauswertungssystem gekoppelt sein. Dieses Datenerfassungs- und/oder Datenauswertungssystem kann wiederum mit einer Speicher-, Anzeige- und/oder Druckeinrichtung gekoppelt sein, so dass eine Visualisierung und/oder Aufzeichnung mit weitergehender Analyse der erfassten Messwerte ermöglicht ist.

Vor einem Einsatz der erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. der Messanordnung erfolgt zweckmäßigerweise eine Kalibrierung hinsichtlich der temperatur- und wegabhängigen Veränderungen des Messsignals nach geeigneten Kalibrierdaten bzw. -vorschriften.

Schließlich umfasst die Erfindung ein Verfahren zur Messung von langsam ablaufenden Bewegungen bzw. von Längenänderungen eines Probenstücks, insbesondere unter Aufbringung einer auf das Probenstück einwirkenden Zugkraft, bei dem die Längenänderungen des Probenstücks mittels eines daran fixierten Messbügels und mit wenigstens einem am Messbügel angeordneten dehnungsempfindlichen Sensor erfasst werden, wobei hinsichtlich Druck, Temperatur und chemischer Zusammensetzung des umgebenden Mediums Bedingungen eingestellt werden, die im Wesentlichen denen im Kühlmittelkreislauf einer im Betrieb befindlichen Siedewasserreaktoranlage oder einer Druckwasserreaktoranlage entsprechen.

Das heißt, die Materialversuche finden unter simulierten Umgebungsbedingungen eines Siedewasserreaktors oder Druckwasserreaktors in einem Autoklaven einer entsprechenden Simulationsumgebung oder gemäß dem In-Situ-Prinzip sogar vor Ort in einem Siede- oder Druckwasserreaktor selber statt.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann insbesondere mit einer Vorrichtung und/oder mit einer Messanordnung gemäß einer der zuvor beschriebenen Ausführungsvarianten durchgeführt werden. Das Verfahren ermöglicht es, Längenänderungen an Probenkörpern in aggressiven Medien wie bspw. in Hochtemperaturwasser mit hoher Auflösung durchzuführen. Störgrößen, welche die Messwertaufnahme verfälschen, können weitgehend ausgefiltert bzw. ausgeschlossen werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des Messprinzips einer erfindungsgemäßen Messanordnung und

Fig. 2 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Funktionsprinzips der Messanordnung.

Die Fig. 1 zeigt anhand einer schematischen Darstellung das Messprinzip einer erfindungsgemäßen Messanordnung 10, die im Wesentlichen eine Messvorrichtung 12 in Gestalt eines sog. Extensometers 14 (vgl. Fig. 2) sowie ein Probenstück bzw. einen Probenkörper 16 umfasst, an der/dem der Extensometer 14 fixiert ist. Mittels einer nachgeschalteten Auswerteeinheit 18 können die Messwerte des Extensometers 14 erfasst, verarbeitet und ggf. an eine allgemein mit der Bezugsziffer 20 bezeichnete nachgeschaltete Visualisierungs- und/oder Speichereinheit geliefert werden. Die Bezugsziffer 20 kann auch ein gedrucktes oder am Bildschirm angezeigtes Spannungs-Dehnungs-Diagramm oder eine andere geeignete grafische bzw. bildliche Darstellung der gemessenen Werte bezeichnen.

Neben den vom Extensometer 14 bzw. der Messvorrichtung 12 gelieferten Messwerten kann die Auswerteeinheit 18 weiterhin die auf den Probenkörper 16 aufgebrachte mechanische Belastung 22 und/oder die Umgebungsparameter 24 erfassen und verarbeiten, welche jeweils die Messung beeinflussen. Die mechanische Belastung 22 ist typischerweise eine Zugbelastung, welche auf den länglichen Probenkörper 16 von beiden Stirnseiten her einwirkt. Die Umgebungsparameter 24 sind u.a. die Definition

des Mediums (z.B. Hochtemperaturwasser – HTW), dessen Sauerstoffgehalt (z.B. $O_2 = 0 \dots 8$ ppm), die Mediumtemperatur (z.B. $T = 25 \dots 350$ °C) sowie der im Medium herrschende Druck (z.B. $p = 1 \dots 170$ bar).

Derartige Umgebungsverhältnisse werden innerhalb eines auch als Autoklaven bezeichneten Druckbehälters 25, in der das Extensometer 14 mitsamt der Materialprobe angeordnet ist, bereitgestellt. Die Auswerteeinheit 18 sowie die datenseitig nachgeschaltete Visualisierungs- und/oder Speichereinheit 20 ist zweckmäßigerweise außerhalb des Druckbehälters 25 angeordnet. Zur elektrischen Verbindung des Extensometers 14 bzw. der an ihm angeordneten Sensoren mit der Auswerteeinheit 18 ist eine zumindest im Innenraum des Druckbehälters 25 gekapselte Anschlussleitung 42 durch eine druckfeste Kabeldurchführung in der Wand des Druckbehälters 25 geführt.

Die schematische Darstellung der Fig. 2 verdeutlicht das Funktionsprinzip der erfindungsgemäßen Messanordnung 10, die wiederum eine Messvorrichtung 12 in Form des Extensometers 14 sowie den länglichen, stabförmigen Probenkörper 16 umfasst, an dem der Extensometer 14 fixiert ist. Das Extensometer 14 bzw. die Messvorrichtung 12 bilden einen sog. Messbügel 26. Dieser Messbügel 26 umfasst zwei voneinander beabstandete Schenkel 28, die jeweils mittels Befestigungselementen 30, bspw. in Gestalt von Klemmverbindungen 32, am Probenkörper 16 befestigt sind. In der Fig. 2 ist lediglich die obere Klemmverbindung 32 dargestellt, während die untere Klemmverbindung der Einfachheit halber weggelassen ist. Die untere Klemmverbindung des unteren Befestigungselementes 30 ist jedoch i.d.R. in gleicher Weise ausgebildet wie die obere Klemmverbindung 32. Die Schenkel 28 sind so am Probenkörper 16 fixiert, dass keine negativen Kerbwirkungen gebildet werden, welche die Festigkeit des Probenkörpers 16 beim Zugversuch oder auch seine Beständigkeit gegen Rissinitiierung herabsetzen könnten.

Die symmetrisch zueinander angeordneten, jeweils L-förmigen Schenkel 28 münden jeweils in kurze parallele Abschnitte 34, an die sich ein geschlossener, kreisringförmiger, elastischer Verbindungsabschnitt 36 anschließt, an dessen Außenseite ein Dehnungssensor 38 in Gestalt eines gegen Hochtemperaturwasser resistenten, gekapselten Dehnmessstreifens 40 (sog. DMS) mit seiner gesamten Fläche aufliegend fixiert ist.

Der Dehnmessstreifen 40 kann bspw. auf dem Verbindungsabschnitt 36 aufgeklebt oder aufgeschweißt sein, um die Federbewegungen auf den Dehnmessstreifen 40 zu übertragen.

Der Dehnmessstreifen 40 kann zusätzlich in einem verdichteten oxidkeramischen Pulver eingebettet sein, wodurch die Übertragung des Signals vom Verbindungsabschnitt 36 auf den Streifen 40 verbessert wird. Hierdurch werden Verluste durch Relativbewegungen des Dehnmessstreifens 40 auf ein Mindestmaß reduziert.

Erkennbar ist weiterhin eine elektrische Anschlussleitung 42 des dehnungsempfindlichen Sensors 38 bzw. des Dehnmessstreifens 40, die gegen Druck-, Temperatur- und/oder Medieneinfluss gekapselt ist. Die elektrische Anschlussleitung 42 stellt eine Verbindung zur Auswerteeinheit 18 (vgl. Fig. 1) her.

Als Material für den Messbügel 26 und den Verbindungsabschnitt 36 kommt bspw. ein geeigneter Edelstahl in Frage, wodurch der Messbügel 26 eine ausreichende Beständigkeit bei seinem vorgesehenen Einsatz in sauerstoffhaltigem Hochtemperaturwasser erhält. Als Edelstahl für den Messbügel eignet sich bspw. eine Nickel-Chrom-Legierung mit guter Beständigkeit gegen Oxidation und Korrosion bei hohen Temperaturen. Zu den Einsatzfeldern eines solchen Materials gehören Bauteile für die Nuklearindustrie. Der Messbügel kann somit eine ausreichende Beständigkeit bei seinem vorgesehenen Einsatz in sauerstoffhaltigem Hochtemperaturwasser aufweisen. Zudem wird er bei kleinen Dehnungen im elastischen Bereich nicht durch Spannungsrisskorrosionseffekte geschädigt.

Bezugszeichenliste

10	Messanordnung
12	Messvorrichtung
14	Extensometer
16	Probenkörper
18	Auswerteeinheit
20	Anzeigeeinheit
22	mechanische Belastung
24	Umgebungsparameter
25	Druckbehälter
26	Messbügel
28	Schenkel
30	Befestigungselement
32	Klemmverbindung
34	parallele Abschnitte
36	Verbindungsabschnitt
38	Dehnungssensor
40	Dehnmessstreifen
42	Anschlussleitung

Ansprüche

1. Vorrichtung zur Erfassung von langsam ablaufenden Bewegungen bzw. von Längenänderungen eines Probenkörpers (16), insbesondere unter Aufbringung einer auf den Probenkörper (16) einwirkenden Zugkraft, umfassend einen Messbügel (26) mit zwei beabstandeten Schenkeln (28) zur Fixierung am Probenkörper (16) und einen dehnungsempfindlichen Sensor (38), der am Messbügel (26) angeordnet ist, wobei der dehnungsempfindliche Sensor (38) derart gegen
5 Druck-, Temperatur- und Medieneinfluss gekapselt ist, dass ein dauerhafter Einsatz in sauerstoffhaltigem Hochtemperaturwasser (HTW) bei Drücken von 1 bis 170 bar, bei einer Mediumstemperatur von 25 bis 350 °C und bei einem Sauerstoffgehalt von 0 bis 8 ppm gelöstem Sauerstoff möglich ist.
- 15 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der eine elektrische Anschlussleitung (42) des dehnungsempfindlichen Sensors gegen Druck-, Temperatur- und Medieneinfluss gekapselt ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, bei der die elektrische Anschlussleitung (42) des dehnungsempfindlichen Sensors (38) eine weitgehend starre Umhüllung und wenigstens eine darin in keramischem Material eingebettete elektrische Zuleitung aufweist.
20
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der der Messbügel (26) aus einem hochtemperatur-, druck- und medienresistenten Material gebildet ist, nämlich aus einem korrosionsbeständigen Edelstahl oder aus einer Nickelbasislegierung.
25
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der der dehnungsempfindliche Sensor (38) flächig haftend am Messbügel (26) angeordnet ist.
30

- 13 -

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der der Messbügel (26) einen U-förmigen, einen bogenförmigen, einen ringförmigen oder einen C-förmigen Verbindungsabschnitt (36) zwischen den Schenkeln (28) aufweist.
- 5 7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der der dehnungsempfindliche Sensor (38) flächig haftend an einer Außenseite des Verbindungsabschnittes (36) bzw. des Messbügels (26) fixiert ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Schenkel (28)
10 Klemmanschlüsse (32) zur Fixierung am Probenkörper (16) aufweisen.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der der dehnungsempfindliche Sensor (38) durch wenigstens einen Dehnmessstreifen (40) gebildet ist.
- 15 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der der dehnungsempfindliche Sensor (38) bzw. der Dehnmessstreifen (40) flächig haftend an einem Verbindungsabschnitt (36) des Messbügels (26) fixiert ist.
- 20 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der zumindest ein Verbindungsabschnitt (36) des Messbügels (26) aus einem federelastischen Material gebildet ist.
12. Messanordnung zur Erfassung von langsam ablaufenden Bewegungen
25 bzw. von Längenänderungen eines einer definierten Zugkraft bzw. Längenänderung ausgesetzten Probenkörpers (16), umfassend den Probenkörper (16) und eine daran fixierte Messvorrichtung (12) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11.
- 30 13. Messanordnung nach Anspruch 12, die mit einem Datenerfassungs- und/oder Datenauswertungssystem (18) gekoppelt ist.

14. Messanordnung nach Anspruch 13, bei der das Datenerfassungs- und/oder Datenauswertungssystem (18) mit einer Speicher-, Anzeige- und/oder Druckeinrichtung (20) gekoppelt ist.
- 5 15. Verfahren zur Messung von langsam ablaufenden Bewegungen bzw. von Längenänderungen eines Probenkörpers (16), insbesondere unter Aufbringung einer auf den Probenkörper (16) einwirkenden Zugkraft, bei dem die Längenänderungen des Probenkörpers (16) mittels eines daran fixierten Messbügels (26) und mit wenigstens einem am Messbügel (26) angeordneten
10 dehnungsempfindlichen Sensor (38) erfasst werden, wobei hinsichtlich Druck, Temperatur und chemischer Zusammensetzung des umgebenden Mediums Bedingungen eingestellt werden, die im Wesentlichen denen im Kühlmittelkreislauf einer im Betrieb befindlichen Siedewasserreaktoranlage oder einer Druckwasserreaktoranlage entsprechen.
- 15 16. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die Messungen in einem Autoklaven vorgenommen werden, in dem sich sauerstoffhaltiges Hochtemperaturwasser bei Drücken von 1 bis 170 bar, bei einer Mediumstemperatur von 25 bis 350 °C und bei einem Sauerstoffgehalt von 0 bis 8 ppm gelöstem Sauerstoff
20 befindet.
17. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem dem Hochtemperaturwasser ionale Verunreinigungen beigemischt werden.
- 25

1/2

FIG. 1

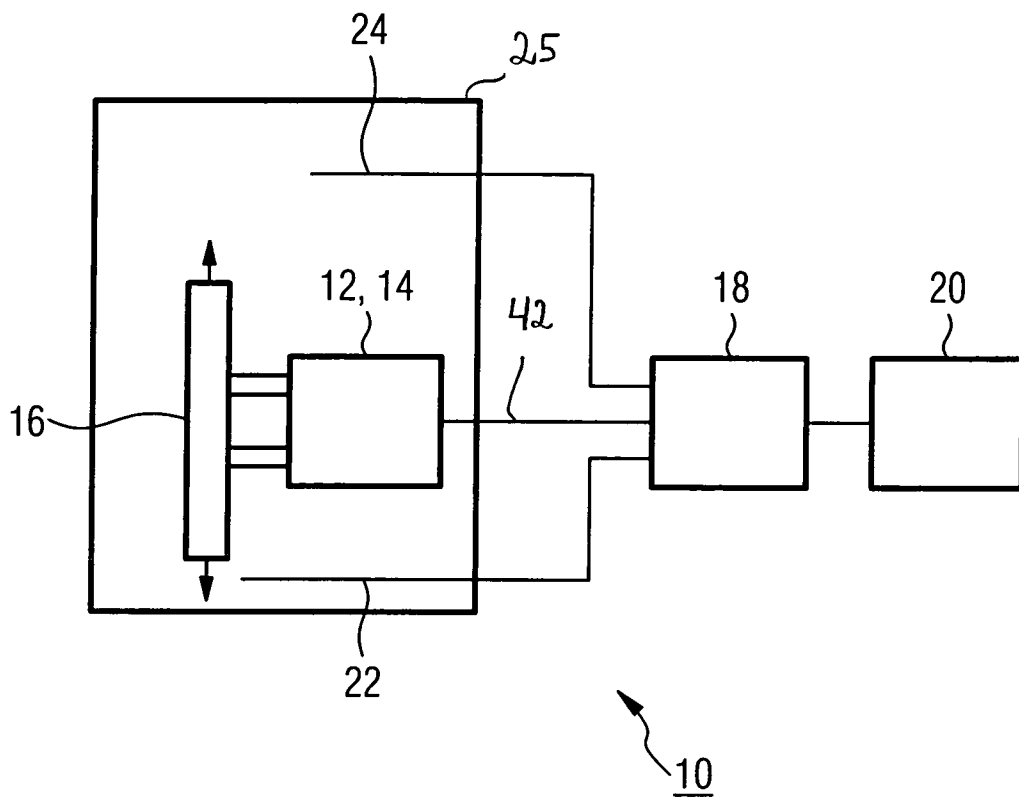
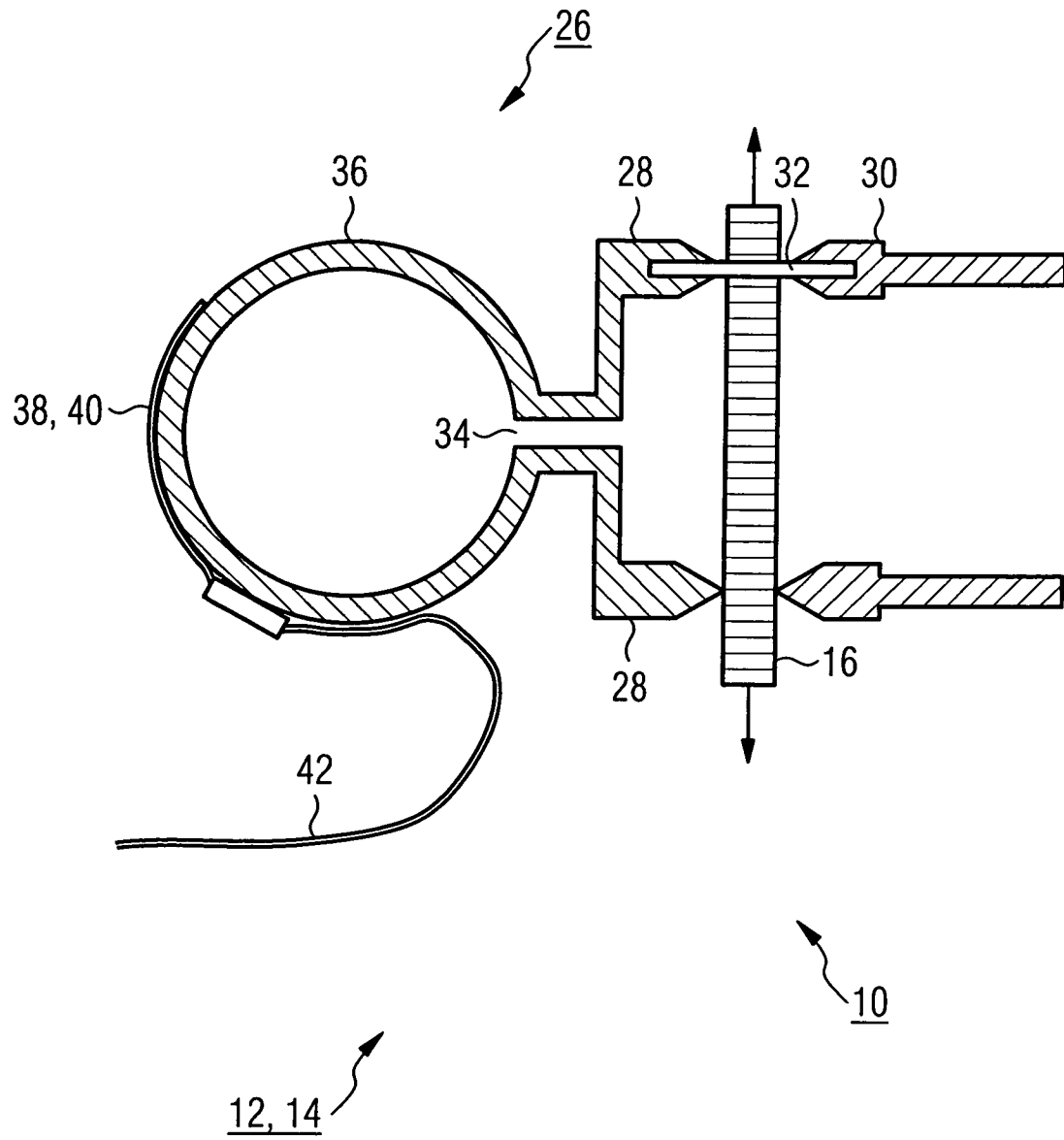


FIG. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/004069

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01B7/16

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)

G01B 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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 58 021540 A (SHIMADZU CORP) 8 February 1983 (1983-02-08) abstract	1-17
A	JP 2001 241912 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 7 September 2001 (2001-09-07) abstract; figures 3,4 paragraphs [0001], [0011], [0019], [0023], [0039], [0040]	1-17
X	DE 28 16 444 A1 (DEUTSCHE FORSCH LUFT RAUMFAHRT) 25 October 1979 (1979-10-25) page 4, line 6 - line 18; figures 1,5 page 6, line 17 - page 7, line 4	1-14
	-/--	



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.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 Oktober 2008

Date of mailing of the international search report

23/10/2008

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

van Lith, Joris

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/004069

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 197 44 104 A1 (JUNGHANS EVA DIPL ING [DE]; DOBI DJORDJE DR [SI] JUNGHANS EVA [DE]; DO) 10 June 1999 (1999-06-10) abstract; figure 2	1-14
X	DE 43 38 005 A1 (DEUTSCHE FORSCH LUFT RAUMFAHRT [DE]) 11 May 1995 (1995-05-11) abstract; figure 1 column 4, line 22 - line 44	1-14
A	CA 1 188 130 A1 (BABCOCK & WILCOX CO) 4 June 1985 (1985-06-04) abstract	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/004069

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 58021540	A	08-02-1983	JP 1240535 C JP 59017376 B	13-11-1984 20-04-1984
JP 2001241912	A	07-09-2001	NONE	
DE 2816444	A1	25-10-1979	FR 2422931 A1 GB 2018998 A US 4223443 A	09-11-1979 24-10-1979 23-09-1980
DE 19744104	A1	10-06-1999	SI 9800255 A	30-04-1999
DE 4338005	A1	11-05-1995	GB 2286047 A US 5537754 A	02-08-1995 23-07-1996
CA 1188130	A1	04-06-1985	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/004069

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01B7/16

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01B 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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 58 021540 A (SHIMADZU CORP) 8. Februar 1983 (1983-02-08) Zusammenfassung	1-17
A	JP 2001 241912 A (MITSUBISHI HEAVY IND. LTD) 7. September 2001 (2001-09-07) Zusammenfassung; Abbildungen 3,4 Absätze [0001], [0011], [0019], [0023], [0039], [0040]	1-17
X	DE 28 16 444 A1 (DEUTSCHE FORSCH LUFT RAUMFAHRT) 25. Oktober 1979 (1979-10-25) Seite 4, Zeile 6 - Zeile 18; Abbildungen 1,5 Seite 6, Zeile 17 - Seite 7, Zeile 4 -/-	1-14

☒ 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

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Oktober 2008

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/10/2008

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

van Lith, Joris

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/004069

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 197 44 104 A1 (JUNGHANS EVA DIPL ING [DE]; DOBI DJORDJE DR [SI] JUNGHANS EVA [DE]; DO) 10. Juni 1999 (1999-06-10) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	1-14
X	DE 43 38 005 A1 (DEUTSCHE FORSCH LUFT RAUMFAHRT [DE]) 11. Mai 1995 (1995-05-11) Zusammenfassung; Abbildung 1 Spalte 4, Zeile 22 - Zeile 44 -----	1-14
A	CA 1 188 130 A1 (BABCOCK & WILCOX CO) 4. Juni 1985 (1985-06-04) Zusammenfassung -----	1-17

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/004069

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 58021540	A	08-02-1983	JP 1240535 C JP 59017376 B	13-11-1984 20-04-1984
JP 2001241912	A	07-09-2001	KEINE	
DE 2816444	A1	25-10-1979	FR 2422931 A1 GB 2018998 A US 4223443 A	09-11-1979 24-10-1979 23-09-1980
DE 19744104	A1	10-06-1999	SI 9800255 A	30-04-1999
DE 4338005	A1	11-05-1995	GB 2286047 A US 5537754 A	02-08-1995 23-07-1996
CA 1188130	A1	04-06-1985	KEINE	