(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
10. Juli 2008 (10.07.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/080395 A3

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 3/32 (2006.01) *G01N 27/90* (2006.01)
G01N 27/72 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2008/000020

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. Januar 2008 (02.01.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 001 464.5 3. Januar 2007 (03.01.2007) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastr. 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **SCHREIBER, Jürgen** [DE/DE]; Dorfhainer Str. 36, 01189 Dresden (DE). **KRÖNING, Michael** [DE/DE]; Universitätsgebäude 37, 66123 Saarbrücken (DE). **PANIN, Viktor, Jefgenevitsch** [RU/RU]; pr. Akademitscheskii 8, 634055 Tomsk (RU).

(74) Anwalt: **PFENNING, MEINIG & PARTNER**; Patent- und Rechtsanwälte, An der Frauenkirche 20, 01067 Dresden (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, 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.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE REMAINING SERVICE LIFE AND/OR FATIGUE STATE OF COMPONENTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER RESTLEBENSDAUER UND/ODER DES ERMÜDUNGSZUSTANDES VON BAUTEILEN

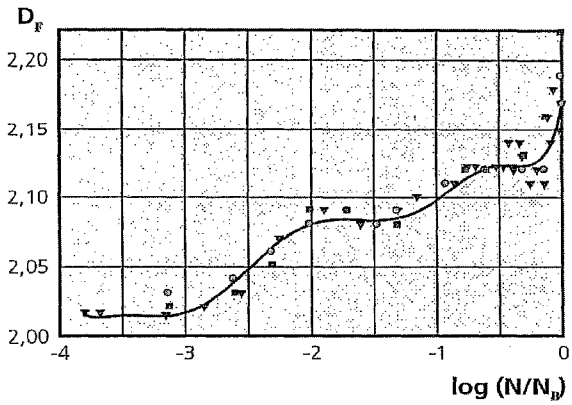


Fig 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the remaining service life and/or fatigue state of components. The object of the invention is to propose a possibility by means of which the fatigue state and/or the remaining service life of components made of pliable metallic materials can be non-destructively determined without having knowledge of any of the stresses or previous damage already having affected the respective component. In order to determine the remaining service life and/or the fatigue state of components made of pliable metallic or brittle material, the procedure is such that stress amplitudes are determined on the component in a locally defined manner within characteristic time intervals Δti with load cycles per time interval $\alpha(\Delta t_i) = \Delta N(\Delta t_i)/\Delta t_i$ associated therewith in a time-referenced manner. For this purpose, the load cycles NB (Δt_i) representative of the determined stress amplitudes until the breaking point has been reached are ascertained from the Wöhler curve of the respective material, the fractal dimension DF (m) is determined from the measured electric or magnetic noise signals for larger time intervals $\Delta T_m = \sum \Delta t_i$, and the remaining service life, or the fatigue state, is determined from the same.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/080395 A3

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, 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).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts: 18. September 2008

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Restlebensdauer und/oder des Ermüdungszustandes von Bauteilen. Aufgabe der Erfindung ist es eine Möglichkeit vorzuschlagen, mit der der Ermüdungszustand und/oder die Restlebensdauer von Bauteilen aus plastisch verformbaren metallischen Werkstoffen zerstörungsfrei bestimmen zu können, ohne dass die vorab auf das jeweilige Bauteil bereits gewirkten Belastungen oder Vorschädigungen bekannt sind. Zur Bestimmung der Restlebensdauer und/oder des Ermüdungszustandes von Bauteilen aus plastisch verformbarem metallischem oder sprödem Werkstoff wird so vorgegangen, dass lokal definiert am Bauteil Spannungsamplituden innerhalb charakteristischer Zeitintervalle Δt_i mit diesen zugeordneten Lastspielzahlen pro Zeitintervall $\alpha(\Delta t_i) = \Delta N\ (\Delta t_i)\ /\Delta t_i$ zeitbezogen bestimmt werden. Dabei aus der Wöhlerlinie des jeweiligen Werkstoffs die für die bestimmten Spannungsamplituden repräsentativen Lastspielzahlen $N_B\ (\Delta t_i)$ bis zum Erreichen der Bruchgrenze ermittelt und aus den gemessenen elektrischen oder magnetischen Rauschssignalen für größere Zeitintervalle $\Delta T_m = \sum \Delta t_i$ die fraktale Dimension D_F (m) bestimmt und daraus die Restlebensdauer oder der Ermüdungszustand ermittelt wird.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2008/000020

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N3/32 G01N27/72 G01N27/90

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, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	J.SCHREIBER, M.KRÖNING: "Bewertung der Ermüdungsschädigung von Reaktorteilen anhand fraktaler eigenschaften von Verformungsstrukturen und deren Rauschverhalten" 31. MPA-SEMINAR IN VERBINDUNG MIT DER FACHTAGUNG "WERKSTOFF- & BAUTEILVERHALTEN IN DER ENERGIE- & ANLAGENTECHNIK", 13 October 2005 (2005-10-13), - 14 October 2005 (2005-10-14) pages 38.1-38.22, XP009102028 cited in the application Zusammenfassung page 38.4 - page 38.5; figure 2 page 38.12 - page 38.14; figure 13 page 38.17 figure 18 ----- -/--	1-14

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [X] 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.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
24 Juni 2008	04/08/2008

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
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	Timonen, Tuomo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2008/000020

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
O,X	PROF. JÜRGEN SCHREIBER: "Evaluation of materials fatigue of components for nuclear power stations by fractal analysis of deformation structures" NUCLEAR ENERGY AND SAFETY RESEARCH DEPARTMENT COLLOQUIUM, [Online] 22 February 2006 (2006-02-22), XP002485517 Retrieved from the Internet: URL:http://nes.web.psi.ch/abstracts/abstract97.html> [retrieved on 2008-06-23] abstract	1
A	PALMA E S ET AL: "Fatigue damage assessment in AISI 8620 steel using Barkhausen noise" INTERNATIONAL JOURNAL OF FATIGUE, BUTTERWORTH SCIENTIFIC LTD, GUILDFORD, GB, vol. 27, no. 6, 1 June 2005 (2005-06-01), pages 659-665, XP004774341 ISSN: 0142-1123 Absatz 2.2	1-14
A	KUZNETSOV ET AL: "Fractal dimension and effects of correlation of the mesostructure of the surface of plastically deformed iron silicide polycrystals and austenitic corrosion-resistant steel" METAL SCIENCE AND HEAT TREATMENT, vol. 43, no. 3-4, 2001, XP002485518 the whole document	1-14
A	VINCENT ET AL: "Magnetic Barkhausen noise from strain-induced martensite during low cycle fatigue of 304L austenitic stainless steel" ACTA MATERIALIA, ELSEVIER, OXFORD, GB, vol. 53, no. 17, 1 October 2005 (2005-10-01), pages 4579-4591, XP005065713 ISSN: 1359-6454 the whole document	1-14
A	LINDGREN M ET AL: "Application of a novel type Barkhausen noise sensor to continuous fatigue monitoring" NDT & E INTERNATIONAL, BUTTERWORTH-HEINEMANN, OXFORD, GB, vol. 33, no. 6, 1 September 2000 (2000-09-01), pages 423-428, XP004292715 ISSN: 0963-8695 the whole document	1-14

-/--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2008/000020

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DONZELLA G ET AL: "SOME EXPERIMENTAL RESULTS ABOUT THE CORRELATION BETWEEN BARKHAUSEN NOISE AND THE FATIGUE LIFE OF STEEL SPECIMENS" JOURNAL OF MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIALS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL, vol. 133, no. 1/03, 1 May 1994 (1994-05-01), pages 613-616, XP000443757 ISSN: 0304-8853 the whole document	1-14
A	WO 83/01836 A (RUUSKANEN PEKKA; KETTUNEN P) 26 May 1983 (1983-05-26) the whole document	1-14
A	US 6 073 493 A (SAKAMOTO HIROAKI [JP] ET AL) 13 June 2000 (2000-06-13) the whole document	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/DE2008/000020

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 8301836 A	26-05-1983	NONE	
US 6073493 A	13-06-2000	CN 1194376 A	30-09-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2008/000020

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01N3/32 G01N27/72 G01N27/90

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, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	J.SCHREIBER, M.KRÖNING: "Bewertung der Ermüdungsschädigung von Reaktorteilen anhand fraktaler eigenschaften von Verformungsstrukturen und deren Rauschverhalten" 31. MPA-SEMINAR IN VERBINDUNG MIT DER FACHTAGUNG "WERKSTOFF- & BAUTEILVERHALTEN IN DER ENERGIE- & ANLAGENTECHNIK", 13. Oktober 2005 (2005-10-13), - 14. Oktober 2005 (2005-10-14) Seiten 38.1-38.22, XP009102028 in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Seite 38.4 - Seite 38.5; Abbildung 2 Seite 38.12 - Seite 38.14; Abbildung 13 Seite 38.17 Abbildung 18	1-14

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
24. Juni 2008	04/08/2008

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
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	Timonen, Tuomo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2008/000020

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
O,X	PROF. JÜRGEN SCHREIBER: "Evaluation of materials fatigue of components for nuclear power stations by fractal analysis of deformation structures" NUCLEAR ENERGY AND SAFETY RESEARCH DEPARTMENT COLLOQUIUM, [Online] 22. Februar 2006 (2006-02-22), XP002485517 Gefunden im Internet: URL:http://nes.web.psi.ch/abstracts/abstract97.html> [gefunden am 2008-06-23] Zusammenfassung	1
A	PALMA E S ET AL: "Fatigue damage assessment in AISI 8620 steel using Barkhausen noise" INTERNATIONAL JOURNAL OF FATIGUE, BUTTERWORTH SCIENTIFIC LTD, GUILDFORD, GB, Bd. 27, Nr. 6, 1. Juni 2005 (2005-06-01), Seiten 659-665, XP004774341 ISSN: 0142-1123 Absatz 2.2	1-14
A	KUZNETSOV ET AL: "Fractal dimension and effects of correlation of the mesostructure of the surface of plastically deformed iron silicide polycrystals and austenitic corrosion-resistant steel" METAL SCIENCE AND HEAT TREATMENT, Bd. 43, Nr. 3-4, 2001, XP002485518 das ganze Dokument	1-14
A	VINCENT ET AL: "Magnetic Barkhausen noise from strain-induced martensite during low cycle fatigue of 304L austenitic stainless steel" ACTA MATERIALIA, ELSEVIER, OXFORD, GB, Bd. 53, Nr. 17, 1. Oktober 2005 (2005-10-01), Seiten 4579-4591, XP005065713 ISSN: 1359-6454 das ganze Dokument	1-14
A	LINDGREN M ET AL: "Application of a novel type Barkhausen noise sensor to continuous fatigue monitoring" NDT & E INTERNATIONAL, BUTTERWORTH-HEINEMANN, OXFORD, GB, Bd. 33, Nr. 6, 1. September 2000 (2000-09-01), Seiten 423-428, XP004292715 ISSN: 0963-8695 das ganze Dokument	1-14

-/--

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2008/000020

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DONZELLA G ET AL: "SOME EXPERIMENTAL RESULTS ABOUT THE CORRELATION BETWEEN BARKHAUSEN NOISE AND THE FATIGUE LIFE OF STEEL SPECIMENS" JOURNAL OF MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIALS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL, Bd. 133, Nr. 1/03, 1. Mai 1994 (1994-05-01), Seiten 613-616, XP000443757 ISSN: 0304-8853 das ganze Dokument	1-14
A	WO 83/01836 A (RUUSKANEN PEKKA; KETTUNEN P) 26. Mai 1983 (1983-05-26) das ganze Dokument	1-14
A	US 6 073 493 A (SAKAMOTO HIROAKI [JP] ET AL) 13. Juni 2000 (2000-06-13) das ganze Dokument	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2008/000020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 8301836	A	26-05-1983	KEINE		
US 6073493	A	13-06-2000	CN	1194376 A	30-09-1998