

WO 2015/117750 A1

(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

13. August 2015 (13.08.2015)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2015/117750 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01M 7/02 (2006.01) G01M 13/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/000211

(22) Internationales Anmeldedatum:

3. Februar 2015 (03.02.2015)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2014 001 515.7

7. Februar 2014 (07.02.2014) DE

(71) Anmelder: SCHENCK PROCESS GMBH [DE/DE];
Pallaswiesenstraße 100, 64293 Darmstadt (DE).

(72) Erfinder: SCHÄFER, Jan; Am Kavalleriesand 41, 64295
Darmstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,

KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: VIBRATING MACHINE

(54) Bezeichnung : SCHWINGMASCHINE

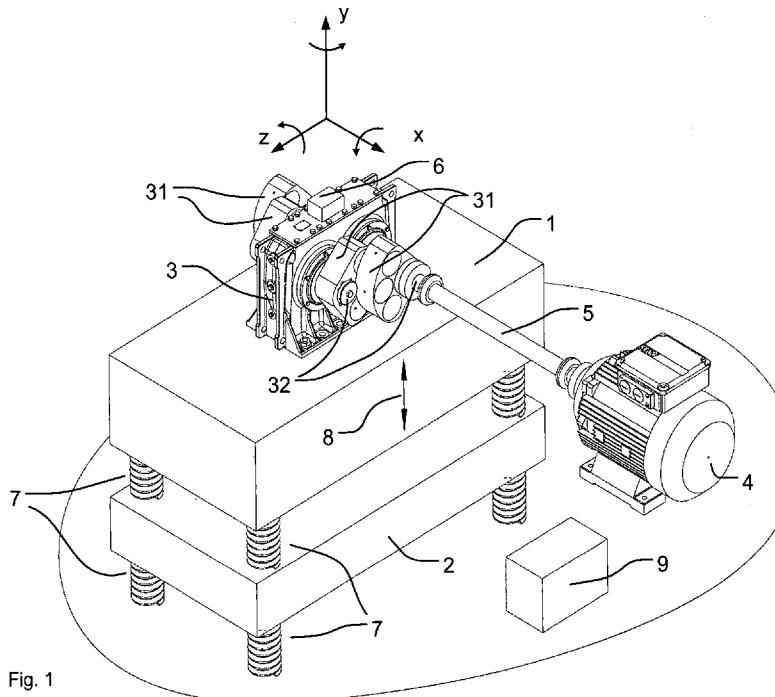


Fig. 1

mit wenigstens drei Beschleunigungssensoren und wenigstens drei Drehratensensoren aufweist.

(57) Abstract: The invention relates to a vibrating machine comprising a condition-monitoring device that has a first vibrating body (1) supported flexibly in relation to a second vibrating body (2) or a base, a first exciter (3) that produces a targeted vibration behaviour of the vibrating machine or the vibrating body (1). The condition-monitoring device has at least one first micro-electro-mechanical device in the form of an inertial sensor with at least three acceleration sensors and at least three yaw-rate sensors.

(57) Zusammenfassung: Bei einer Schwingmaschine mit einer Vorrichtung zur Zustandsüberwachung mit einem ersten Schwingkörper (1), der elastisch gegenüber einem zweiten Schwingungskörper (2) oder einem Untergrund gelagert ist, einem ersten Erreger (3), der ein gezieltes Schwingverhalten der Schwingmaschine oder des Schwingkörpers (1) bewirkt, ist vorgesehen, dass die Vorrichtung zur Zustandsüberwachung wenigstens eine erste mikro-elektronische mechanische Vorrichtung in Form eines Inertialsensors

Schwingmaschine

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schwingmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Üblicherweise sind selbst-verursachte Schwingungen an industriellen Maschinen mit rotierenden Teilen unerwünscht. Daher sind auch in Normen und Vorschriften, beispielsweise in der DIN ISO 10816 Schwingungskennwerte definiert anhand derer sich das Schwingverhalten von Maschinen mit rotierenden Teilen bewerten lässt. Anhand dieser Schwingungskennwerte können Rückschlüsse auf den aktuellen Maschinenzustand geschlossen sowie Prognosen über die restliche Lebensdauer erstellt werden.

Im Gegensatz dazu unterliegen Schwingmaschinen wie Schwingsiebe, Vibrations-Fördervorrichtungen oder Vibrations-Zentrifugen einer fortwährenden und für die Funktionserfüllung notwendigen Schwingbelastung. Sie weisen üblicherweise einen Erreger mit einer oder mehreren Unwuchtmassen oder einen Magneterreger auf, der die Schwingmaschine zu einer Schwingbewegung antreibt. Diese Schwingbewegung wird gezielt in Förderprozessen für Sieb- und Trennvorgänge oder auch für Zerkleinerungsprozesse mit anschließendem oder gleichzeitigem Materialtransport verwendet. Dementsprechend werden derartige Schwingmaschinen häufig oder vorwiegend bei der Verarbeitung und dem Transport von Schüttgütern unterschiedlicher Größe und Zusammensetzung verwendet. Sie unterliegen aufgrund der Dauerschwingbelastung einem hohen Verschleiß. Ein fortschreitender Verschleiß kann dazu führen, dass die Schwingmaschine ein anderes als das gewünschte Schwingverhalten aufweist. Dies kann zum einen die gewünschte Funktionserfüllung der Schwingmaschine beeinträchtigen und zum anderen den Verschleißvorgang beschleunigen, welcher zu einem Totalausfall der Schwingmaschine führt. Um längere Stillstandszeiten aufgrund von Bauteildefekten zu vermeiden, ist es erstrebenswert, noch vor dem Totalausfall eines Bauteils auf dessen Lebensdauer schließen zu können. Aus dem Stand der Technik ist es daher bekannt, Schwingmaschinen jeder Art mit Vorrichtungen zur Überwachung des Betriebszustandes auszustatten.

Es sind nun unterschiedliche Ansätze zur Zustandsüberwachung einer Schwingmaschine bekannt, welche einzeln oder ergänzend zur Schwingmaschinen-Zustandserfassung eingesetzt werden können.

Ein erster Ansatz ist die Überwachung der Lager und/oder Getriebe, welche typischerweise innerhalb der Erreger verbaut sind und die gewünschte Kraftübertragung ermöglichen. Diese Lager und/oder Getriebe werden typischerweise durch Erfassung des Körperschalls überwacht, welcher typischerweise mittels piezoelektrischer Beschleunigungssensoren gemessen wird. Ein Beispiel für diesen Ansatz bildet die EP 1285175 A1, bei welchem die Lager von unterschiedlichen Sensoren, einem mechanischen und einem piezoelektrischen Sensor, überwacht werden. Die in diesem Ansatz interessierenden Frequenzen der gemessenen Beschleunigungen liegen typischerweise im Bereich von wenigen 100 Hz bis mehreren 1000 Hz und umfassen strukturelle Resonanzfrequenzen der Erreger, welche durch Lager- und/oder Getriebeschäden zum Schwingen angeregt werden.

Ein zweiter Ansatz zur Zustandsüberwachung von Schwingmaschinen ist die Durchführung von Modalanalysen zur Erfassung der Strukturdynamik. Die Kenntnis über die Strukturdynamik ist bei Schwingmaschinen zunächst deshalb wichtig, um sicherzustellen, dass die Betriebsfrequenz außerhalb bestehender Eigenfrequenzen der Schwingmaschine liegt. Weiterhin kann durch wiederholte Modalanalysen und Ergebnis-Vergleiche auf Zustandsänderungen geschlossen werden. Dadurch können die Zustände all derjenigen Bauteile überwacht werden, welche einen Einfluss auf die Strukturdynamik der Schwingmaschine besitzen. Eine Umsetzung zur Überwachung der Strukturdynamik, um Rückschlüsse auf den Maschinenzustand schließen zu können beschreibt die DE102008019578A1. Hier werden mittels eines Beschleunigungssensors wiederholt Amplituden- bzw. Resonanzspektren erfasst, welche mit einem vorbekannten Amplitudenspektrum abgeglichen werden. Die Differenz zwischen aktuellem und vorbekanntem Spektrum wird als Indikator für einen möglichen Schadensfall herangezogen. Modalanalysen werden stets bei stehender Maschine durchgeführt.

Ein dritter Ansatz zur Zustandsüberwachung von Schwingmaschinen ist die direkte messtechnische Erfassung des Schwingverhaltens im Betrieb. Typischerweise wird das Schwingverhalten von Schwingmaschinen ebenfalls durch Verwendung piezoelektrischer Beschleunigungssensoren erfasst. In Abgrenzung zum oben genannten Ansatz zur Lager-

und/oder Getriebeüberwachung, entsprechen die in diesem Ansatz interessierenden Frequenzen der Erregerfrequenz selbst und ggf. Vielfachen der Erregerfrequenz. Die Erregerfrequenz von Schwingmaschinen liegt typischerweise im Bereich weniger Hz bis <30 Hz. Typischerweise werden mehrere piezoelektrische Beschleunigungssensoren derartig an der Schwingmaschine montiert, dass eine mehrdimensionale Überwachung des Schwingverhaltens ermöglicht wird. Wird die Schwingmaschine vereinfachend als Starrkörper betrachtet, gilt der physikalische Grundsatz, dass dieser Körper sechs Freiheitsgrade - drei translatorische und drei rotatorische - besitzt. Die Verwendung piezoelektrischer Beschleunigungssensoren erlaubt somit die direkte Erfassung von drei der sechs möglichen Freiheitsgrade, nämlich der translatorischen. Die fehlenden rotatorischen Bewegungsmuster lassen sich theoretisch indirekt aus der relativen Auswertung räumlich getrennter aber gleichorientierter Beschleunigungssensoren ableiten. Dieser Weg zur Erfassung rotatorischer Bewegungen ist jedoch stets mit Ungenauigkeiten behaftet.

Vor diesem Hintergrund hat sich herausgestellt, dass neben der Ermittlung von Temperaturanstiegen bei Schmierflüssigkeiten oder Schmieröl von Lagerteilen und der Ermittlung ansteigender Vibrationsbelastung in Form von Körperschall, ein von dem normalen Schwingverhalten abweichendes Schwingverhalten auf den nahenden Ausfall spezifischer Bauteile der Schwingmaschine schließen lässt. Weiterhin indiziert ein von dem gewünschten Schwingverhalten abweichendes Schwingverhalten eine eingeschränkte Funktionserfüllung der Schwingmaschine. Es stellt sich daher die Aufgabe, bei Schwingmaschinen Abweichungen im Schwingverhalten zu ermitteln, um Rückschlüsse auf den Betriebszustand ziehen zu können.

Diese Aufgabe wird durch eine Schwingmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und in der Beschreibung enthalten.

Mit der Erfindung wird eine Schwingmaschine mit einer Vorrichtung zur Zustandsüberwachung bereitgestellt, die einen ersten Schwingkörper umfasst, der elastisch oder federnd gegenüber einem zweiten Schwingkörper oder einem Untergrund gelagert ist. Der erste Schwingkörper kann ein Schwinggehäuse oder ein Schwingrahmen sein, der weitere Komponenten oder Bauteile wie Siebfläche oder Aussteifungen beinhaltet. Dieser erste Schwingkörper ist üblicherweise mittels Stahlfedern elastisch

gegenüber dem zweiten Schwingkörper oder dem Untergrund gelagert. Wahlweise kommen jedoch auch Elastomerlager oder sonstige elastische Lager in Betracht. Der zweite Schwingkörper, der als Schwingungstilger dient, kann dabei ein Isolationsrahmen sein, der wiederum selbst elastisch gegenüber dem Untergrund gelagert ist.

Weiterhin umfasst die Schwingmaschine wenigstens einen ersten Erreger, der ein gezieltes Schwingverhalten der Schwingmaschine oder des Schwingkörpers bewirkt. Üblicherweise weist die Schwingmaschine auch einen Motor zum Antrieb des Erregers und eine Antriebsgelenkwelle zur Verbindung des Motors mit dem Erreger auf. Bei den Erregern kann es sich um Richterreger, die die Schwingmaschine in eine Schwingbewegung mit einer gezielten translatorischen Richtung versetzen oder um Kreiserreger handeln, die die Schwingmaschine zu einer kreisförmigen Schwingbewegung antreiben.

Erfindungsgemäß umfasst die Schwingmaschine außerdem eine Vorrichtung zur Zustandsüberwachung.

Die Vorrichtung zur Zustandsüberwachung kann wiederum eine Vorrichtung zur Überwachung des Schwingverhaltens und/oder eine Vorrichtung zur Körperschallmessung und/oder eine Vorrichtung zur Temperaturmessung umfassen. Die Vorrichtung zur Überwachung des Schwingverhaltens als Teil der Vorrichtung zur Zustandsüberwachung weist wenigstens eine erste mikro-elektro-mechanische Vorrichtung in Form eines Inertialsensors auf, wobei dieser mit wenigstens drei Beschleunigungssensoren und wenigstens drei Drehratensensoren ausgestattet ist. Während piezoelektrische Beschleunigungssensoren eine durchgehend mechanische Kopplung zwischen Messobjekt und piezoelektrischem Element aufweisen und somit besonders gut zur Aufnahme von Körperschall im hochfrequenten Bereich mehrerer kHz geeignet sind, eignen sich Inertialsensoren also auf Trägheit basierende Drehraten- und Beschleunigungssensoren besonders gut zur Bewegungserfassung im niederfrequenten Bereich von 0 bis einige hundert Hz. Inertialsensoren sind üblicherweise mikro-elektromechanische Systeme (MEMS) und werden meist aus Silizium hergestellt. Diese Sensoren sind Feder-Masse-Systeme, bei denen die Federn nur wenige Mikrometer breite Siliziumstege sind und auch die Masse aus Silizium hergestellt ist. Durch die Auslenkung bei Beschleunigung kann zwischen dem gefedert aufgehängten Teil und einer festen Bezugselektrode eine Änderung der elektrischen Kapazität gemessen werden.

Während die Beschleunigungssensoren, die im Inertialsensor jeweils orthogonal zueinander angeordnet sind, die linearen Beschleunigungen in x- bzw. y- bzw. z-Achse

messen, woraus durch zweifache Integration der zurückgelegte Weg der Schwingmaschine errechnet werden kann, messen die Drehratensensoren die Winkelgeschwindigkeit um die x- bzw. y- bzw. z-Achse, so dass durch einfache Integration die Winkeländerung bestimmt werden kann. Bei einem Inertialsensor mit drei Beschleunigungssensoren und drei Drehratensensoren spricht man auch von einem sogenannten 6D-MEMS-Sensor. Zur Bestimmung der absoluten Lage des Sensors im Raum können zusätzlich Magnetometer verwendet werden, wobei die Anordnung von drei Magnetometern zur Erfassung von wiederum drei zueinander orthogonal angeordneten Achsen vorteilhaft ist. Bei einer Kombination von drei Beschleunigungssensoren, drei Drehratensensoren und drei Magnetometern wird dementsprechend von einem 9D-MEMS-Sensor gesprochen. Der Inertialsensor kann weiterhin um einen Drucksensor und/oder einen Temperatursensor erweitert sein.

Somit ist ein sechsdimensionaler Inertialsensor, welcher drei translatorische und drei rotatorische Messachsen enthält, ideal zur Erfassung des Schwingverhaltens von Schwingmaschinen und kann die Bewegung der als Starrkörper betrachteten Schwingmaschine im Raum vollständig erfassen
Anforderungen an das Schwingverhalten beziehen sich z.B. an die Schwingfrequenz, die Schwingungsamplituden und die Schwingungsform.

Bei bekannter Position und Orientierung des sechsdimensionalen Inertialsensors lassen sich durch angepasste Umrechnungsalgorithmen sämtliche Bewegungen in Form von Beschleunigung, Geschwindigkeit und Weg für jeden Punkt des Starrkörpers berechnen.

Mit der Vorrichtung zur Überwachung des Schwingverhaltens können auf diese Art Schäden an den Federn bzw. der Lager sowie Schäden an den Antriebs- und Zwischengelenkwellen detektiert werden. Weiterhin sind Risse oder Brüche an Seitenwangen, Traversen und Längsreitern feststellbar. Letztlich lassen sich ebenfalls fehlerhafte Beladungen in Form von zu hoher oder asymmetrischer Beladung oder fehlerhafte Siebbelagskomponenten feststellen.

Schäden an den Lagern und Zahnrädern, beispielsweise Ausplatzungen an den Lager-Lauflächen, emittieren Körperschall in Form von Stoßimpulsen. Diese Signale lassen sich durch eine Vorrichtung zur Körperschallmessung in Form eines oder mehrerer piezoelektrischer Beschleunigungssensoren messen. Die piezoelektrischen

Beschleunigungssensoren können an anderer Stelle als die Inertialsensoren an der Schwingmaschine vorgesehen sein. Die Messdaten von piezoelektrischen Beschleunigungssensoren lassen sich beispielsweise in die Zustandsgrößen Effektivwert, Crest-Faktor und/oder Kurtosis umrechnen. Weitere Zustandsgrößen sind möglich.

Vorteilhafterweise kann der Inertialsensor zur Überwachung des Schwingverhaltens der Schwingmaschine um einen Datenspeicher und/oder Prozessor erweitert sein. Dementsprechend sind der oder die Inertialsensor/en und/oder der Datenspeicher und/oder der Prozessor auf einer Platine angeordnet. Als Vorrichtung zur Messdatenakquisition dient eine Baugruppe, die mindestens einen Inertialsensor und einen Prozessor umfasst. Die Vorrichtung zur Messdatenakquisition kann zusätzlich eine Vorrichtung zur Körperschallmessung, eine Vorrichtung zur Temperaturmessung, einen Speicher und/oder ein Modul zur Übertragung digitaler Daten beinhalten. Mit dieser können die erforderlichen Messdaten erfasst und an eine Auswertevorrichtung weitergeleitet werden.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung kann die Vorrichtung zur Messdatenakquisition als Teil der Vorrichtung zur Zustandsüberwachung einer Schwingmaschine und damit ein erster Inertialsensor direkt an dem Erreger der Schwingmaschine angeordnet sein. Dabei kann er an, in oder auf dem Gehäuse des Erregers befestigt werden. Häufig weisen Schwingmaschinen, vorzugsweise Schwingsiebe wenigstens einen zweiten Erreger auf. Gerade bei Schwingsieben mit großen Massen erzeugt dieser zweite Erreger zusammen mit dem ersten Erreger die erforderliche Schwingbewegung des Schwingkörpers. Um eine gleichwirkende Bewegung zu erzeugen, ist es erforderlich diese Erreger miteinander zu koppeln. Dies geschieht üblicherweise durch eine Verbindung über eine Zwischengelenkwelle. Da auch eine derartige Zwischengelenkwelle einem hohen Verschleiß aufgrund der Schwingungsbeanspruchung unterliegt, sieht die Erfindung vor, dass zur Überwachung der Zwischengelenkwelle ein zweiter Inertialsensor vorgesehen ist. Der zweite Inertialsensor wird vorteilhafterweise ebenfalls direkt auf dem zweiten Erreger befestigt. Die Phasendifferenz der Stoßbeschleunigungen zwischen erstem und zweitem Erreger, gewonnen aus den jeweiligen Messachsen der beiden Inertialsensoren, kann als Kenngröße für den Zustand der Zwischengelenkwelle verwendet werden.

Mit Hilfe des ersten und/oder des zweiten Inertialsensors wird erfindungsgemäß eine Auswertung des Schwingverhaltens der Schwingmaschine z.B. über die Zustandsgrößen

Beschleunigungsamplitude, Drehratenamplitude, Vektoränderung des Stoßzeigers, Phasenverschiebung und/oder THD oder Klirrfaktor möglich sein. Weitere Analysealgorithmen sind möglich. Hierzu umfasst die Vorrichtung zur Zustandsüberwachung eine elektronische Auswertevorrichtung. Die elektronische Auswertevorrichtung ist zum Empfang der Messdaten der Vorrichtung zur Messdatenakquisition und zur Auswertung der Messdaten bezüglich der vorgenannten Zustandsgrößen vorgesehen. Mit Hilfe der elektronischen Auswertevorrichtung kann dann eine Vergleichsbetrachtung von berechneten Zustandsgrößen und definierten Grenzwerten erfolgen. Je nach Aufgabenstellung kann dabei eine Auswertung in der Art erfolgen, dass die Zustandsgrößen mit einem definierten Grenzwert, der als Absolutwert in der Auswertevorrichtung hinterlegt wurde, verglichen werden oder dass als definierter Grenzwert ein Initialwert mit einem Toleranzband vorgesehen ist.

Vorteilhafterweise umfasst die elektronische Auswertevorrichtung eine Anzeige zur Darstellung der Zustandsgrößen und/oder eine Warnanzeige oder einen Warnsignalgeber bei Überschreitung definierter Grenzwerte. Damit kann dem Benutzer signalisiert werden, ob sich die Schwingmaschine in den vorgegebenen Grenzwerten bewegt oder ob diese überschritten werden. Um Fehlalarme in Folge von flüchtigen / transienten Signalen zu vermeiden, können Zustandsüberwachungsalgorithmen dahingehend erweitert werden, dass Alarmzustände erst bei mehrmaligem bzw. längerem Auftreten ausgelöst werden.

Eine Ausführungsform der Schwingmaschine mit einer Vorrichtung zur Zustandsüberwachung sieht vor, dass die Vorrichtung zwei getrennt voneinander angeordnete Module umfasst. In diesem Fall kann die Vorrichtung zur Messdatenakquisition als erstes Modul direkt an der Schwingmaschine oder dem Erreger befestigt werden und die Auswertevorrichtung als zweites Modul räumlich getrennt vom ersten Modul oder auch räumlich getrennt von der Schwingmaschine angeordnet sein. Bei getrennter Anordnung von Vorrichtung zur Messdatenakquisition und der Auswertevorrichtung stellt das Kommunikationskabel wiederum ein Bauteil dar, das aufgrund der Dauerschwingbelastung durch die Siebmaschine einem erhöhten Verschleiß unterliegt. Zur Vermeidung von Systemausfällen durch Kabelbruch sieht die Erfindung dementsprechend eine kabellose Verbindung zwischen der Auswertevorrichtung und der Vorrichtung zur Messdatenakquisition vor.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Gleichwirkende Elemente sind dabei in der Figur mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet. Im Einzelnen zeigt dabei

Fig. 1 eine Schwingmaschine in schematischer räumlicher Darstellung.

Fig. 1 zeigt eine Schwingmaschine mit einem ersten Schwingkörper 1 und einem zweiten Schwingkörper 2, die jeweils federnd gelagert sind. Dabei ist der Schwingkörper 1, der beispielsweise ein Rahmen eines Schwingsiebs inklusive Siebfläche sein kann, über Federn 7 gegenüber dem Schwingkörper 2 gelagert. Der Schwingkörper 2, der beispielsweise ein Isolationsrahmen sein kann, ist ebenfalls federnd gegenüber dem festen Untergrund oder Boden gelagert. Der Schwingkörper 2 kann in einem solchen Fall als Schwingungstilger oder Schwingungsdämpfer bezeichnet werden. Die Aufgabe eines solchen Schwingungstilgers oder Schwingungsdämpfers besteht darin, Schwingungen, die zu Schäden am Untergrund oder an dem mit dem Untergrund verbundenen Gebäude führen können, zu eliminieren. Beide Schwingkörper 1 und 2 werden im vorliegenden Ausführungsbeispiel vom einem Erreger 3 in eine lineare Schwingbewegung versetzt, wobei diese Schwingbewegung in einer durch den Doppelpfeil 8 gekennzeichnete vorgegebene Richtung erfolgt, der Stoßrichtung des Erregers. Der Erreger 3, ein sogenannter Richterreger, ist dabei mittig auf dem ersten Schwingkörper 1 befestigt und besitzt Unwuchtmassen 31, deren Schwerpunkte exzentrisch zur Drehachse 32 angeordnet sind.

Der Erreger 3 wird wiederum von einem Motor 4 angetrieben, der über eine Antriebswelle 5 mit dem Erreger 3 verbunden ist.

Auch wenn die durch den Erreger 3 verursachte Schwingbewegung der Schwingmaschine nur in einer Richtung aufgegeben wird, führt die Schwingmaschine aufgrund ihrer sechs Freiheitsgrade lineare Bewegungen in drei voneinander unabhängigen Richtungen x, y und z und rotatorische Bewegungen um die Achsen x, y, und z aus. Zur vollständigen Bewegungserfassung des Schwingkörpers 1 im Raum ist bei diesem Ausführungsbeispiel eine Vorrichtung zur Messdatenakquisition 6 als Teil einer Vorrichtung zur Zustandsüberwachung der Schwingmaschine auf dem Gehäusedeckel des Erregers 3 befestigt. Alternativ kann diese auch an einer anderen beliebigen Stelle der Schwingmaschine angeordnet werden. Diese Vorrichtung zur Messdatenakquisition 6 beinhaltet mindestens einen Inertialsensor und einen Prozessor. Bei dem Inertialsensor

handelt es sich um einen 6D-MEMS-Sensor, der drei Beschleunigungssensoren und drei Drehratensensoren umfasst. Alternativ könnte ein Inertialsensor in Form eines 9D-MEMS-Sensor zum Einsatz kommen, der neben den drei Beschleunigungs- und Drehratensensoren noch 3 Magnetometer umfasst.

Die von der Vorrichtung zur Messdatenakquisition 6 mittels Inertialsensor aufgenommenen Messdaten werden bei der vorliegenden Ausführungsform kabellos an eine Auswertevorrichtung 9 gesendet, wo die übermittelten Daten zur Zustandsüberwachung der Schwingmaschine in Form von Zustandsgrößen wie Beschleunigungsamplitude, Drehratenamplitude, Vektoränderung des Stoßzeigers, Phasenverschiebung und/oder THD oder Klirrfaktor weiterverarbeitet werden.

Die Auswertevorrichtung 9 umfasst neben einem Datenspeicher eine Recheneinheit zur Verarbeitung der durch den Inertialsensor erfassten Messdaten sowie eine Anzeigeeinheit in Form eines Bildschirms. Zur Zustandsüberwachung kann die Anzeigeeinheit sowohl als Warnsignalgeber als auch als zur Darstellung des IST-Zustandes der Schwingmaschine genutzt werden. Weiterhin umfasst die Auswertevorrichtung 9 serielle Kommunikationsschnittstellen sowie Schaltausgänge, die im Alarmzustand geschaltet werden.

Die Auswertung des IST-Zustands in Form aktueller Zustandsgrößen im Vergleich mit vorgegebenen Grenzwerten erlaubt dem Nutzer eine Prognose über die Lebenserwartung der überwachten Bauteile, Komponenten oder Schwingmaschine insgesamt. Weiterhin determinieren Zustandsgrößen innerhalb der gegebenen Grenzwerte eine Wunschgemäße Funktionserfüllung der Schwingmaschine.

Bezugszeichenliste

- 1 Schwingkörper
- 2 Schwingkörper
- 3 Erreger
- 31 Unwuchtmasse
- 32 Drehachse
- 4 Motor
- 5 Antriebswelle
- 6 Vorrichtung zur Messdatenakquisition
- 7 Feder
- 8 Stoßrichtung des Erregers
- 9 Auswertevorrichtung
- x, y, z Bewegungs- und Rotationsachsen

Ansprüche

1. Schwingmaschine mit einer Vorrichtung zur Zustandsüberwachung umfassend
 - einen ersten Schwingkörper (1), der elastisch gegenüber einem zweiten Schwingungskörper (2) oder einem Untergrund gelagert ist,
 - einen ersten Erreger (3), der ein gezieltes Schwingverhalten der Schwingmaschine oder des Schwingkörpers (1) bewirkt, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Vorrichtung zur Zustandsüberwachung wenigstens eine erste mikro-elektro-mechanische Vorrichtung in Form eines Initalsensors mit wenigstens drei Beschleunigungssensoren und wenigstens drei Drehratensensoren aufweist.
2. Schwingmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Initalsensor um einen Datenspeicher und/oder Prozessor erweitert ist.
3. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein zweiter Erreger vorgesehen ist, der über eine Zwischengelenkwelle mit dem ersten Erreger (3) verbunden ist.
4. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Initalsensor an, in oder auf einem Gehäuse wenigstens eines Erregers (3) vorgesehen ist.
5. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Zustandsüberwachung zur Auswertung des Schwingverhaltens der Schwingmaschine bezüglich der Zustandsgrößen Beschleunigungsamplitude, Drehratenamplitude, Vektoränderung des Stoßzeigers, Phasenverschiebung und/oder THD- oder Klirrfaktor im Einzelnen oder in Kombination miteinander vorgesehen ist.
6. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektronische Auswertevorrichtung (9) zum Empfang der Messdaten des Initalsensors oder der Initalsensoren und zur Auswertung der Messdaten bezüglich der Zustandsgrößen Beschleunigungsamplitude,

Drehratenamplitude, Vektoränderung des Stoßzeigers, Phasenverschiebung und/oder THD- oder Klirrfaktor im Einzelnen oder in Kombination miteinander vorgesehen ist.

7. Schwingmaschine gemäß dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische Auswertevorrichtung (9) zur Vergleichsbetrachtung von ermittelten Zustandsgrößen und definierten Grenzwerten vorgesehen ist.
8. Schwingmaschine gemäß dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass als definierter Grenzwert ein Absolutwert vorgesehen ist.
9. Schwingmaschine gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als definierter Grenzwert ein Initialwert mit Toleranzband vorgesehen ist.
10. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische Auswertevorrichtung (9) eine Anzeige zur Darstellung der Zustandsgrößen und/oder eine Warnanzeige oder einen Warnsignalgeber bei Überschreitung definierter Grenzwerte umfasst.
11. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische Auswertevorrichtung (9) der Vorrichtung zur Zustandsüberwachung der Schwingmaschine und eine Vorrichtung zur Messdatenakquisition (6) räumlich voneinander getrennt vorgesehen sind.
12. Schwingmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen elektronischer Auswertevorrichtung (9) und Vorrichtung zur Messdatenakquisition (6) kabellos vorgesehen ist.

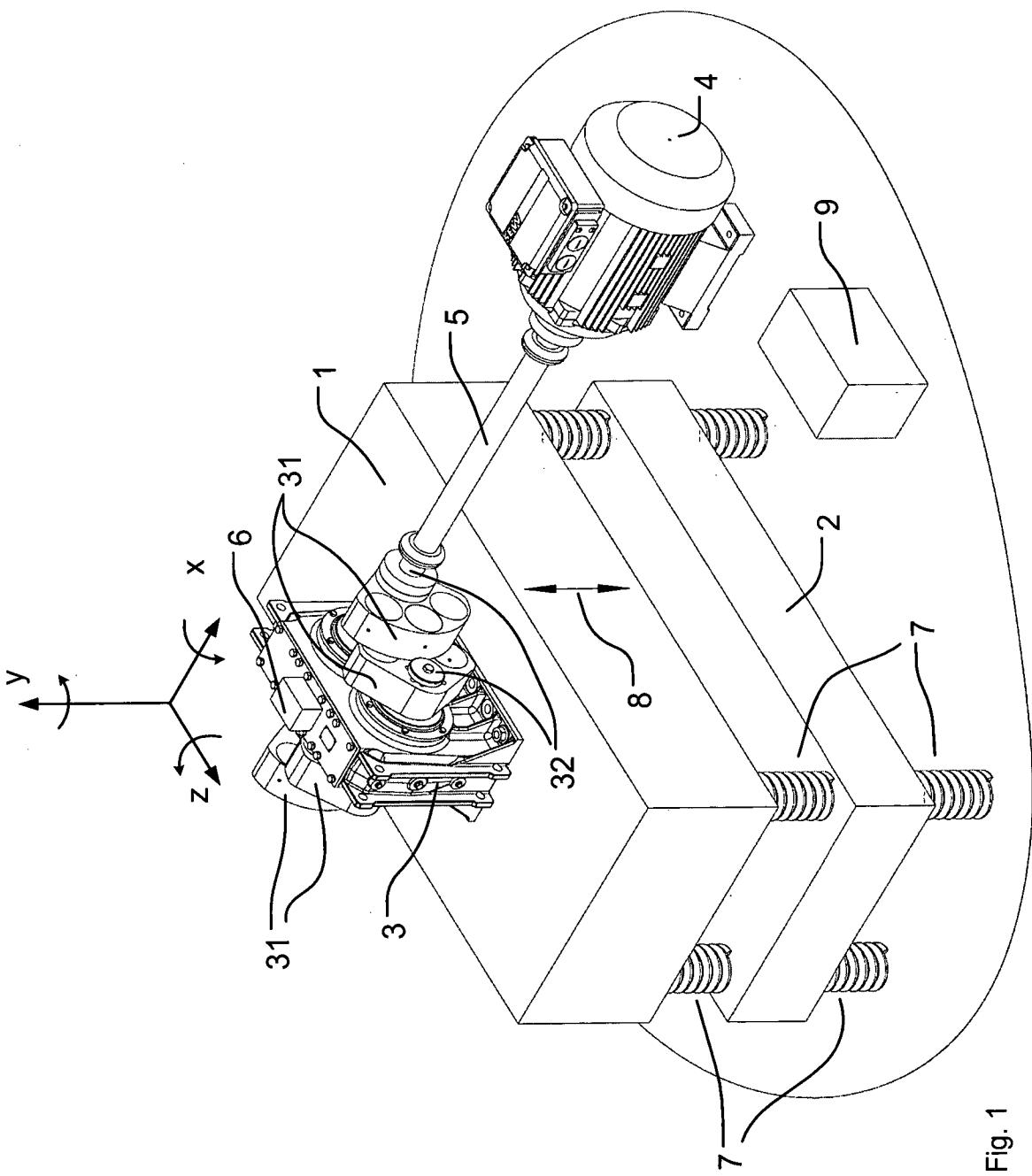


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/000211

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G01M7/02 G01M13/02
 ADD.

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)
G01M

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 practicable, 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	WO 2009/127428 A1 (WACKER NEUSON SE [DE]; WAGNER STEFAN [DE]) 22 October 2009 (2009-10-22) the whole document -----	1,2,4-12
Y	DE 972 488 C (SCHENCK GMBH CARL) 12 November 1959 (1959-11-12) page 4, line 74 - line 91 figure 7 -----	3
Y	DE 972 488 C (SCHENCK GMBH CARL) 12 November 1959 (1959-11-12) page 4, line 74 - line 91 figure 7 -----	3
A	WO 2011/117718 A1 (TORINO POLITECNICO [IT]; SOMA AURELIO [IT]; DE PASQUALE GIORGIO [IT]) 29 September 2011 (2011-09-29) abstract page 1, line 6 - line 11 page 4, line 18 - page 4, line 3 ----- -/-	1

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 application or patent 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 22 April 2015	Date of mailing of the international search report 30/04/2015
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) 340-3046	Authorized officer Kister, Clemens

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/000211

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 326 870 A1 (FOUNDRY DESIGN CORP EUROP [CH]) 9 August 1989 (1989-08-09) figure 3 -----	1
A	EP 1 110 688 A2 (WINKLER HARALD [DE]) 27 June 2001 (2001-06-27) figure 1 -----	1
2		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2015/000211
--

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
WO 2009127428	A1 22-10-2009	AT 546718 T CN 102007393 A DE 102008019578 A1 EP 2265920 A1 US 2011016974 A1 WO 2009127428 A1			15-03-2012 06-04-2011 29-10-2009 29-12-2010 27-01-2011 22-10-2009
DE 972488	C 12-11-1959	NONE			
WO 2011117718	A1 29-09-2011	CN 102933946 A EP 2550519 A1 US 2014000373 A1 WO 2011117718 A1			13-02-2013 30-01-2013 02-01-2014 29-09-2011
EP 0326870	A1 09-08-1989	DE 58901439 D1 EP 0326870 A1 ES 2033024 T3			25-06-1992 09-08-1989 01-03-1993
EP 1110688	A2 27-06-2001	DE 19962083 A1 EP 1110688 A2			05-07-2001 27-06-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/000211

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01M7/02 G01M13/02
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01M

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	WO 2009/127428 A1 (WACKER NEUSON SE [DE]; WAGNER STEFAN [DE]) 22. Oktober 2009 (2009-10-22) das ganze Dokument -----	1,2,4-12
Y	DE 972 488 C (SCHENCK GMBH CARL) 12. November 1959 (1959-11-12) Seite 4, Zeile 74 - Zeile 91 Abbildung 7 -----	3
Y	DE 972 488 C (SCHENCK GMBH CARL) 12. November 1959 (1959-11-12) Seite 4, Zeile 74 - Zeile 91 Abbildung 7 -----	3
A	WO 2011/117718 A1 (TORINO POLITECNICO [IT]; SOMA AURELIO [IT]; DE PASQUALE GIORGIO [IT]) 29. September 2011 (2011-09-29) Zusammenfassung Seite 1, Zeile 6 - Zeile 11 Seite 4, Zeile 18 - Seite 4, Zeile 3 ----- -/-	1

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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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

22. April 2015

30/04/2015

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

Kister, Clemens

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/000211

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 326 870 A1 (FOUNDRY DESIGN CORP EUROP [CH]) 9. August 1989 (1989-08-09) Abbildung 3 -----	1
A	EP 1 110 688 A2 (WINKLER HARALD [DE]) 27. Juni 2001 (2001-06-27) Abbildung 1 -----	1
2		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/000211

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009127428 A1	22-10-2009	AT 546718 T CN 102007393 A DE 102008019578 A1 EP 2265920 A1 US 2011016974 A1 WO 2009127428 A1	15-03-2012 06-04-2011 29-10-2009 29-12-2010 27-01-2011 22-10-2009
DE 972488 C	12-11-1959	KEINE	
WO 2011117718 A1	29-09-2011	CN 102933946 A EP 2550519 A1 US 2014000373 A1 WO 2011117718 A1	13-02-2013 30-01-2013 02-01-2014 29-09-2011
EP 0326870 A1	09-08-1989	DE 58901439 D1 EP 0326870 A1 ES 2033024 T3	25-06-1992 09-08-1989 01-03-1993
EP 1110688 A2	27-06-2001	DE 19962083 A1 EP 1110688 A2	05-07-2001 27-06-2001