

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 9541/2007
(86) PCT-Anmeldenummer: PCT/EP2007/050457
(22) Anmeldetag: 17.01.2007
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2011

(51) Int. Cl. : **G01L 5/00** (2006.01)
G01L 5/04 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 5383371A US 5562027A

(73) Patentinhaber:
METSO PAPER, INC.
SF-00130 HELSINKI (FI)

(72) Erfinder:
PIETIKÄINEN REIJO
JÄRVENPÄÄ (FI)
BRANDER TIMO
VANTAA (FI)
YLI-ALHO JANI
KAARINA (FI)
STAPELS ROB
JÄNIKSEN LINNA (FI)
LEHTO TONY
HIKIÄ (FI)

(54) **LASTMESSVORRICHTUNG, HERSTELLUNGSVERFAHREN FÜR DIE VORRICHTUNG UND STEUERUNGSVERFAHREN, DAS DIE VORRICHTUNG VERWENDET**

(57) Lastmessvorrichtung zum Messen einer Last, die auf ein elastisch verformbares Bauteil (6; 12, 22) wirkt, wobei die Vorrichtung einen Abstandsensor (300, 400) zum Messen einer Längenänderung in Erwiderung auf eine Verformung des verformbaren Bauteils unter der Last aufweist, wobei der Abstandsensor (300, 400) ein Messelement (300) und ein Referenzelement (400) aufweist, zumindest ein Abschnitt des elastisch verformbaren Bauteils (6; 12, 22) zwischen dem Messelement (300) und dem Referenzelement (400) angeordnet ist, und die gemessene Längenänderung die Veränderung des Abstands zwischen dem Messelement (300) und dem Referenzelement (400) ist, das elastisch verformbare Bauteil (12; 22) ein Maschinenteil einer Maschine ist, die bei der Herstellung von Papier, Karton oder anderen Bahnerzeugnissen verwendet wird, das elastisch verformbare Bauteil eine elastische Walzenhülle (6; 12; 22) ist, die auf einem Kernbauteil (11, 23) ausgebildet ist, und zumindest eines von dem Messelement (300) und dem Referenzelement (400) innerhalb der Hülle (6; 12; 22) vorgesehen ist.

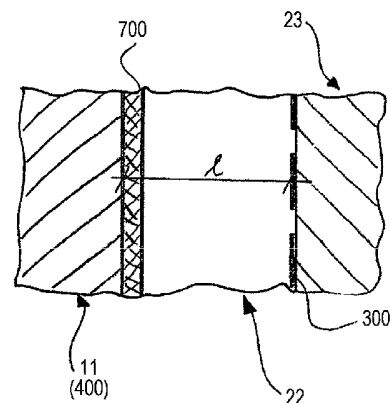


FIG. 8

Beschreibung

LASTMESSVORRICHTUNG, HERSTELLUNGSVERFAHREN FÜR DIE VORRICHTUNG UND STEUERUNGSVERFAHREN, DAS DIE VORRICHTUNG VERWENDET

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Lastmessvorrichtung, die verwendet wird, um eine Last zu messen, die auf ein elastisch verformbares Bauteil wirkt. Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Vorrichtung sowie auf ein Verfahren zum Steuern eines Barring-Phänomens bei Walzen mittels der Vorrichtung.

[0002] Die Messung einer Last, die zum Beispiel auf ein Maschinenelement oder andere mechanisch belastete Teile oder Elemente wirkt, ist eine wertvolle Information in verschiedenen Technologiefeldern und kann für verschiedene Steuerungen verwendet werden.

[0003] Eine übliche Anwendung einer Lastmessung ist bei der Papierherstellung, Kartonherstellung, Veredelung, bei Druckvorgängen und bei anderen Bahnherstellungen oder Bahnbearbeitungen von Papier, Karton, auf Papier basierenden Materialien, synthetischen Materialien oder Textilmaterialien. Auf diesem Anwendungsgebiet werden Walzen weitgehend verwendet, die üblicherweise paarweise angeordnet sind, die sich in einem belasteten Presskontakt befinden, um einen Walzenspalt zu bilden. Die Zustände in einem Walzenspalt werden eingestellt, um einen bestimmten Effekt bei dem Bahnmaterial zu erhalten, das durch den Walzenspalt hindurchtritt. Ein wichtiger Zustand in einem Walzenspalt ist die Walzenspaltlast in dem Walzenspalt, d.h. die Messung der tatsächlichen Last, die von einer Walze auf die andere aufgebracht wird, ist eine wichtige technische Information, die für verschiedene Steuerungszwecke verwendet werden kann.

[0004] Es gibt verschiedenen Stand der Technik bezüglich der Messung der Last in einem Walzenspalt. Zum Beispiel beschreibt US 5 383 371 eine Lastmessung in einem Walzenspalt zwischen zwei Walzen mittels einer Walze, die mit Detektoren versehen ist, die aus einem piezoelektrischen Film aus PVDF hergestellt sind, der an beiden Seiten mit Metall beschichtet ist. Die Verformung des piezoelektrischen Materials erzeugt eine Spannung, die den Druck anzeigt, der auf den Film aus PVDF wirkt.

[0005] US 5 562 027 erwähnt und diskutiert des Weiteren die Verwendung von piezoresistiven Sensoren, Dehnungsmessstreifen oder Glasfasersensoren. Piezoresistive Materialien verändern ihren elektrischen Widerstand in Erwiderung auf einen Druck, der auf das Material aufgebracht wird, wodurch ein elektrisches Signal erzeugt wird, das den Druck anzeigt, der auf das Material wirkt. Wenn Dehnungsmesssensoren verwendet werden, wird eine indirekte Messung des Radialdrucks erhalten; dieses Signal erfordert eine zusätzliche Auswertung. Glasfasersensoren können in verschiedenen Ausrichtungen verwendet werden und die Verformung in axialer Richtung der Faser steht in Erwiderung auf den Druck. Die Lichtwellen, die durch die Glasfaser hindurchtreten, sind Reflexion und Deflexion ausgesetzt, die einen Hinweis auf den Druck durch die Verwendung von einer Messung mittels Time Domain Reflectometry bereitstellen können.

[0006] WO 2004/102141 beschreibt einen Sensor, der aus einem magnetisierten Leiter besteht, der zum Beispiel einen nichtmagnetischen Kupferleiter aufweist, der mit einer magnetischen Schicht beschichtet ist, die elektrochemisch aufgebracht werden kann. Dieser Sensor erzeugt ein elektrisches Signal, das zu dem Druck korrespondiert, der auf den Sensor wirkt.

[0007] Jedoch haben die Sensoren von jeder der vorstehenden Arten individuelle Nachteile, wie zum Beispiel grobe Signalauflösung und reduzierte Genauigkeit, Schwierigkeiten bei der Anbringung an den Messstellen, eine begrenzte Haltbarkeit oder, letztlich, hohe Kosten.

[0008] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Lastmessvorrichtung bereitzustellen, die langlebig und kostengünstig ist und einfach an einer Messstelle angebracht werden kann.

[0009] Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, ein Herstellungsverfahren für die Messvorrichtung gemäß der Erfindung bereitzustellen.

[0010] Außerdem ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Messen einer Barring-Phänomen-Steuerung in einem Walzenspalt einer Maschine bereitzustellen, die die Messvorrichtung gemäß der Erfindung verwendet.

[0011] Diese Aufgaben werden mit einer Messvorrichtung gemäß Anspruch 1, einem Herstellungsverfahren gemäß Anspruch 20 und einer Verwendung der Lasterfassungsvorrichtung gemäß Anspruch 23 jeweils gelöst.

[0012] Bezogen auf die Vorrichtung zum Messen einer Last gemäß der Erfindung hat diese Vorrichtung einen Abstandssensor zum Messen einer Längenänderung in Erwidern auf eine Verformung eines verformbaren Bauteils, wenn die zu messende Last aufgebracht wird, um dieses Bauteil zu verformen. In einer Lösung ist der Abstandssensor zum Messen der Veränderung einer Länge aufgrund der Verformung angepasst, wobei sich die Länge in eine Richtung erstreckt, die mit der Lastrichtung übereinstimmt.

[0013] In einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel der Erfindung hat der Abstandssensor ein Messelement und ein zugehöriges Referenzelement. Die Anordnung kann derart ausgebildet sein, dass zumindest ein Abschnitt eines elastisch verformbaren Bauteils zwischen dem Messelement und dem Referenzelement angeordnet ist, und die gemessene Veränderung der Länge die Veränderung des Abstands zwischen dem Messelement und dem Referenzelement ist. Bevorzugt sind in dieser Anordnung das Messelement und das Referenzelement in einer Lastrichtung gegenüberliegend zueinander angeordnet. Es ist anzumerken, dass auch das elastisch verformbare Bauteil durch die Last in einer Richtung verformt werden kann und das Messelement und das Referenzelement in einer Richtung angeordnet sind, die von der Lastrichtung verschieden ist, so dass eine sekundäre Verformung des elastisch verformbaren Bauteils gemessen wird, wobei diese Verformung eine andere Richtung als die Last aufweist. Dieser Wert kann auch als Hinweis auf die Last verwendet werden, die in Lastrichtung aufgebracht wird.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform der Messvorrichtung gemäß der Erfindung ist das Messelement ein Wirbelstromsensor mit einem spiralförmig angeordneten Leiter und ist das Referenzelement ein Metallelement.

[0015] In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist bei der Messvorrichtung das elastisch verformbare Bauteil ein Maschinenteil einer Maschine, die bei der Herstellung von Papier, Karton oder anderen Bahnerzeugnissen verwendet wird, so dass die Messvorrichtung direkt auf das jeweilige Maschinenelement aufgebracht werden kann. Bei dieser Messvorrichtung kann das Referenzelement auch ein Maschinenteil sein, das aus Metall der Maschine hergestellt ist, die bei der Herstellung von Papier, Karton oder anderen Bahnerzeugnissen verwendet wird.

[0016] Andererseits kann die Erfindung auch mit dem Metallbauteil realisiert werden, das zumindest eines von einem Film, Draht, Gitter und Netz ist, die aus Aluminium, Kupfer oder einem anderen elektrischen Leiter hergestellt sind, der in dem elastisch verformbaren Bauteil eingebettet, der auf eine Fläche dieses Bauteils aufgebracht, oder der durch dieses Bauteil bedeckt sein kann. In diesen Fällen kann das Messbauteil auf dieselbe Art und Weise in Bezug auf das elastisch verformbare Bauteil angeordnet werden, so dass zumindest ein Teil davon zwischen dem Messelement und dem Metallelement angeordnet ist.

[0017] In einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel der Vorrichtung gemäß der Erfindung kann eine Ausgestaltung verwendet werden, bei der das elastisch verformbare Bauteil eine elastische Walzenhülle ist, die aus einem harten (metallischen) Kernbauteil einer Walze ausgebildet ist, und bei der zumindest eines von dem Messelement und dem Referenzelement innerhalb der Hülle vorgesehen ist. Bevorzugt ist das Messelement in der Walzenhülle eingebettet und ist das Referenzelement das metallische oder mit Metall beschichtete Kernelement. Alternativ kann auch das Referenzelement in die Walzenhülle eingebettet sein.

[0018] Obwohl ein besonderes Ausführungsbeispiel der Erfindung vorstehend in Bezug auf die Walzen erläutert ist, kann die Messvorrichtung der Erfindung auch bei einem Gurt angewendet werden, so dass das elastisch verformbare Bauteil eine elastisch verformbare Gurthülle bei zum

Beispiel Papiermaschinen oder dergleichen ist, wie vorstehend beschrieben ist. Ferner können/kann das Messelement und/oder das Referenzelement in der Gurthülle eingebettet sein.

[0019] Ferner kann die Messvorrichtung bei einer Walze verwendet werden, die mit einem Metallgurt paarweise angeordnet ist, wobei das Messelement in einer elastisch verformbaren Walzenhülle eingebettet ist und ein Abstand zwischen dem Messelement und dem Gurt gemessen wird.

[0020] Es gibt ein großes Gebiet von möglichen Anwendungen der Erfindung. In einem bestimmten Gebiet der Anwendung kann die Messvorrichtung derart angeordnet werden, dass eine Anordnung von zumindest zwei Abstandssensoren verwendet wird, wobei die Sensoren nacheinander in einer Erstreckungsrichtung des elastischen Bauteils angeordnet sind, die nicht die Lastaufbringungsrichtung ist, so dass Lastverteilungen mit der Vorrichtung gemessen werden können. Bei speziellen Anwendungen der Erfindung bezogen auf Maschinen, bei denen das elastische Bauteil derart beweglich ist, dass es sich dreht und/oder eine lineare Bewegung ausführt, erstreckt sich die Anordnung von Sensoren in einer Richtung entlang und/oder quer zu der Bewegungsrichtung des elastischen Bauteils, so dass Lastverteilungen entlang oder im Wesentlichen quer zu der Bewegungsrichtung des elastisch verformbaren Bauteils gemessen werden können.

[0021] In einer möglichen Ausführungsform der Erfindung ist das elastische Bauteil zylindrisch, um drehbar zu sein, und umfasst eine Vielzahl von Sensoren, die nacheinander in der Umfangsrichtung des elastischen Bauteils angeordnet sind, so dass zum Beispiel ein Lastprofil entlang dem Umfang des zylindrischen Bauteils gemessen werden kann oder das Lastprofil von Lasten, die auf den Umfang des sich drehenden zylindrischen Bauteils aufgebracht werden, wenn es einen stationären Kontaktpunkt durchschreitet, erhalten werden kann. Zum Beispiel können die Sensoren in regelmäßigen Abständen, die gleich oder größer als $0,1^\circ$ sind, entlang dem Umfang des zylindrischen elastischen Bauteils angeordnet sein. Zusätzlich oder alternativ kann eine Vielzahl von Sensoren nacheinander in der axialen Richtung des zylindrischen elastischen Bauteils angeordnet sein, so dass sich ein Netz von Messpunkten über das zylindrische Bauteil verteilt.

[0022] In einer Ausführungsform der Erfindung kann die Messvorrichtung zum Messen einer Last, die zwischen zwei Bauteilen wirkt, die gegeneinander vorgespannt sind und zwischen denen ein elastisch verformbares Element angeordnet ist, verwendet werden. Zum Beispiel sind die zwei Bauteile zusammenwirkende Walzen, zumindest eine von denen ist mit einer elastischen Hülle vorgesehen, wobei eine der Walzen das Messelement aufweist und die andere Walze das Referenzelement aufweist. Alternativ sind die beiden Bauteile eine Walze und ein zusammenwirkender Gurt, wobei zumindest eine/einer davon mit einer elastischen Hülle vorgesehen ist, wobei eine/einer von der Walze und dem Gurt das Messelement trägt und die/der andere der Walze und des Gurts das Referenzelement trägt oder ausbildet. Es ist klar, dass sowohl das Referenzelement als auch das Messelement in ein und demselben Bauteil vorgesehen werden können, d.h. in einer Walze oder in einem Gurt.

[0023] In Betrieb der Messvorrichtung wird die Verformung der elastisch verformbaren Walze, d.h. die elastische Hülle, aufgrund der Last, die zwischen den zwei Bauteilen wirkt, verformt, so dass die Verformung der elastischen Hülle und die daraus resultierende Veränderung des Abstands zwischen dem Referenzelement an dem einen Bauteil und dem Messelement an dem anderen Bauteil direkt die Last anzeigt, die zwischen diesen beiden Bauteilen wirkt. Somit kann die tatsächlich erfasste Last durch eine geeignete Berechnungseinrichtung berechnet werden, die auch eine geeignete Anzeigeeinrichtung umfassen kann, die angeordnet sein kann, um die gemessenen Werte anzuzeigen/zu überwachen/aufzuzeichnen. Es ist anzumerken, dass es ausreichend sein kann, nur Relativwerte anzuzeigen, zum Beispiel wenn die Lastverteilung entlang einer Walzenspaltbreite (quer zu der Bewegungsrichtung des elastischen Bauteils) bei gewissen Zuständen überwacht oder aufrechterhalten werden soll.

[0024] Bezogen auf die Sensortechnologie kann bei einer Anordnung, die die Erfindung anwendet und bei der eines der zusammenwirkenden zwei Bauteile, die gegeneinander vorge-

spannt sind, das Referenzelement bildet, eine einfache Struktur der Vorrichtung realisiert werden. Zum Beispiel kann bereits der Metallkern einer Walze oder eines Gurts als Referenzelement verwendet werden, so dass nur eines der zwei Bauteile angepasst werden muss, um die Messvorrichtung zu bilden.

[0025] Die Erfindung schlägt des Weiteren ein Verfahren zur Herstellung der Lastmessvorrichtung gemäß der Erfindung vor, die vorstehend im Detail beschrieben und erläutert wurde. Dieses Verfahren weist den Schritt zum Ausbilden einer Kernschicht eines elastischen Bauteils auf einer Stützstruktur, Bereitstellen zumindest eines Messelements oder zumindest eines Referenzelements auf der Fläche der Kernschicht des elastischen Bauteils, und Ausbilden einer weiteren Schicht des elastischen Bauteils auf, um das Messelement (die Messelemente) oder das Referenzelement (die Referenzelemente) abzudecken.

[0026] In einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel dieser Lösung ist das Messelement in der Form eines gedruckten Wirbelstromsensors vorgesehen, der auf einem Substrat eines Filmmaterials ausgebildet ist, wobei das Substrat auf der Kernschicht des elastischen Bauteils angeordnet ist. Da eine derartige Sensorkonstruktion sehr dünn in Bezug auf die Vorspannrichtung hergestellt werden kann, und da eine weitere elastische Schicht auf den Sensoren aufgebracht ist, können eine Oberflächenglattheit und eine Gleichmäßigkeit einer elastischen Verformung der elastischen Hülle abgeglichen werden, so dass die Sensoren ein Abbrechen des elastischen Materials von dessen Kern nicht verursachen. Es gibt verschiedene Sensortypen, die bei diesem Verfahren anwendbar sind, eine sehr dünne Lösung kann erreicht werden, wenn gedruckte Wirbelstromsensoren verwendet werden, die auf der Kernschicht durch einen lithographischen Prozess ausgebildet sind. Demgemäß bewirkt ein Einbetten der Sensoren keine bedeutende Veränderung der Dicke der Kernschicht, so dass eine glatte weitere Schichtfläche erhalten werden kann. Da die gedruckte Lösung auch einen engen und starken Kontakt zwischen der Kernschicht und dem Sensor bildet, bildet (bilden) der Sensor (die Sensoren) keine Stellen aus, an denen eine Hüllendelamination beginnt oder sich anbahnt.

[0027] Die mit dem elastischen Bauteil ausgestatteten Elemente können ein elastisches Bauteil aufweisen, das eine elastische Walzenhülle und eine Stützstruktur hat, die ein Metallwalzenkern ist, oder das eine elastische Gurthülle und eine Stützstruktur hat, die ein Metalldrahtgewebe oder eine andere metallische Stützstruktur ist.

[0028] Eine weitere mögliche Modifikation des Verfahrens weist den Schritt zum Bereitstellen des anderen von dem Messelement und dem Referenzelement auf der Fläche der weiteren elastischen Schicht des elastischen Bauteils und die Ausbildung einer zusätzlichen Schicht des elastischen Bauteils auf, um das Messelement und/oder das Referenzelement abzudecken. Demgemäß kann die komplette Messanordnung in einem einzelnen elastischen Bauteil angeordnet sein. Des Weiteren ist, da das Referenzelement eine beliebige Metallfläche sein kann, wenn die Messelemente Wirbelstromsensoren sind, die in einer Anordnung oder in einer netzförmigen Verteilung in Bezug auf die Außenform des elastischen Bauteils vorgesehen sind, keine Ausrichtung zwischen dem Messelement und dem zugehörigen Referenzelement erforderlich, wodurch sich die Herstellung eines Sensors erleichtert, der mit dem elastischen Bauteil ausgestattet ist.

[0029] Alternativ kann das Messelement oder das Referenzelement auf der Fläche der Stützstruktur vorgesehen sein, insbesondere kann der Kern einer Walze eine Stützstruktur sein. In einer besonderen Anordnung kann der Metallkern der Walze bereits das Referenzelement als solches ausbilden, so dass nur Sensoren in den elastischen Hüllenmaterialien eingebettet sind, die den Metallkern abdecken. Ferner können die Sensoren innerhalb des Metallkerns vorgesehen sein, wobei diese Anordnung eine elektrische Verbindung der Sensoren und die Übertragung von gemessenen Signalen zu Überwachungs-/Steuerungseinrichtungen vereinfacht, die außerhalb der Walze vorgesehen sind.

[0030] Letztlich ermöglicht eine genaue Messung der Walzenzustände mittels der Messvorrichtung gemäß der Erfindung eine Steuerung eines Barring-Phänomens in einem Walzenspalt einer Maschine, insbesondere in einer Maschine, die bei der Herstellung von Papier, Karton

oder anderen Bahnerzeugnissen verwendet wird. Mittels zumindest einer Walze, die mit einer wie vorstehend beschriebenen Messvorrichtung ausgestattet ist, wird ein Walzenspaltdruck an Stellen der Walze gemessen, die sukzessive durch den Walzenspalt hindurchtreten, und eine Walzenspaltdruckschwankung entlang dem Umfang der Walze wird erhalten. Dann werden durch eine geeignete Steuerung Kompensationskräfte auf die Walze in einer kompensierenden Weise aufgebracht, um den Walzenspaltdruck während einer Umdrehung der Walze auszugleichen. Selbst wenn eine vollständige Kompensation der Druckschwankungen nicht erreicht wird, ist die erreichte Reduktion der Druckschwankung ausreichend, um zumindest ein Barring-Phänomen auf ein akzeptables Niveau zu reduzieren. Gemeinsam mit dieser Barring-Phänomen-Steuerung können die Sensorengitter in der Messvorrichtung verwendet werden, um ein Längsdruckprofil entlang dem Walzenspalt (d.h. in der Drehachsenrichtung der Walze) zu messen, und kann das Walzenspaltdruckniveau durch eine Aufbringung der Kompensationskräfte auf der Grundlage des gemessenen Druckprofils abgeflacht werden.

[0031] In einer besonderen Anwendung der Lastmessvorrichtung umfasst die zu erfassende Last zusätzlich oder separat eine thermische Last der elastischen Hülle. Das heißt, die Lastvorrichtung wird für die Erfassung der Temperatur der Hülle an der Position eines Messelements verwendet. Aus der Differenz zwischen den Signalen, wenn das Messsignal den Walzenspalt durchtritt (und der Walzenspaltlast ausgesetzt ist) und wenn das Messelement außerhalb des Walzenspalts ist, kann ein Teil des Signals, das zu der Walzenspaltlast zugeordnet ist, und ein Teil des Signals, das zu der Temperatur zugeordnet ist, getrennt werden, so dass eine Temperaturmessung innerhalb der Hülle möglich ist. Eine besondere Anwendung verwendet die Messelemente als ein temperaturempfindliches Messelement.

[0032] Eine Temperaturmessung kann verwendet werden, um auf eine Materialverschlechterung, die Ausbildung von heißen Stellen oder dergleichen zu schließen, um die auf die Walzenhülle wirkende Last zu optimieren. Eine Temperaturüberwachung kann einfach durchgeführt werden und ein Alarmsignal kann gegeben werden, wenn eine Überhitzung der Hülle bestimmt ist oder eine Neigung dazu auftritt. Eine Temperaturverteilung in Maschinenquerrichtung über die Walze kann bestimmt werden und die Ausbildung eines sogenannten thermischen Rings oder das Auftreten des Phänomens von heißen Stellen kann unmittelbar erfasst werden. Des Weiteren kann die Temperaturmessung und das (bekannte) Verhältnis zwischen der Elastizität und der Temperatur des Materials der Hülle verwendet werden, um die Genauigkeit der Lastmessergebnisse zu verbessern.

[0033] Nachstehend sind Ausführungsbeispiele der Erfindung in Bezug auf die Zeichnungen beschrieben, in denen

[0034] Fig. 1 eine allgemeine Ansicht zur Erläuterung der Position der Schnittebene ist, die in einer Richtung A - A gezeigt ist; eine Ansicht, die im Detail in Figuren 2 bis 6 gezeigt ist;

[0035] Fig. 2 eine vergrößerte Ansicht eines aus der Richtung A - A betrachteten Details C in einem Schnitt durch einen Abschnitt von zwei sich im Walzenspalt berührenden Walzen ist, die eine erste Anordnung des Messelements und des Referenzelements zeigen;

[0036] Fig. 3 eine vergrößerte Ansicht eines aus der Richtung A - A betrachteten Details C in einem Schnitt durch einen Abschnitt von zwei sich im Walzenspalt berührenden Walzen ist, die eine zweite Anordnung des Messelements und des Referenzelements zeigen;

[0037] Fig. 4 eine vergrößerte Ansicht eines aus der Richtung A - A betrachteten Details C in einem Schnitt durch einen Abschnitt von zwei sich im Walzenspalt berührenden Walzen ist, die eine dritte Anordnung des Messelements und des Referenzelements zeigen;

[0038] Fig. 5 eine vergrößerte Ansicht eines aus der Richtung A - A betrachteten Details C in einem Schnitt durch einen Abschnitt von zwei sich im Walzenspalt berührenden

- Walzen ist, die eine vierte Anordnung des Messelements und des Referenzelements zeigen;
- [0039] Fig. 6 eine vergrößerte Ansicht eines aus der Richtung A - A betrachteten Details C in einem Schnitt durch einen Abschnitt von zwei sich im Walzenspalt berührenden Walzen ist, die eine fünfte Anordnung des Messelements und des Referenzelements zeigen;
- [0040] Fig. 7 eine vergrößerte Ansicht eines aus der Richtung A - A betrachteten Details C in einem Schnitt durch einen Abschnitt von zwei sich im Walzenspalt berührenden Walzen ist, die eine sechste Anordnung des Messelements und des Referenzelements zeigen;
- [0041] Fig. 8 eine vergrößerte Ansicht eines aus der Richtung A - A betrachteten Details C in einem Schnitt durch einen Abschnitt von zwei sich im Walzenspalt berührenden Walzen ist, die eine siebte Anordnung des Messelements und des Referenzelements mit einer harten Walze und einer weichen Walze zeigen;
- [0042] Fig. 9 verschiedene Anwendungen einer Abstandsmessung in Bezug auf eine Lastaufbringungsrichtung an einem elastisch verformbaren Körper zeigt;
- [0043] Fig. 10 eine Walze zeigt, in der die Positionen der Details X und Y von Fig. 11, 12 und 13 gezeigt sind;
- [0044] Fig. 11 ein Detail eines Schnitts durch einen Kern und eine elastische Hülle zeigt, die mit einer Messvorrichtung gemäß Fig. 5 ausgestattet ist;
- [0045] Fig. 12 ein Detail X eines Schnitts durch einen Kern und einer elastischen Hülle zeigt, die mit einer Messvorrichtung gemäß Fig. 4 ausgestattet ist;
- [0046] Fig. 13 eine besondere Lösung innerhalb einer elastischen Walzenhülle als ein Detail Y mit mehreren Schichten zeigt, die aufgebrochen dargestellt sind, um einen Blick ins Innere zu ermöglichen;
- [0047] Fig. 14 eine mögliche Verteilung von Lastmessvorrichtungen in einer Walzenhülle für eine Steuerung eines Barring-Phänomens zeigt;
- [0048] Fig. 15 gemessene Lasten mit den Messvorrichtungen von Fig. 14 zeigt;
- [0049] Fig. 16 gemessene Lasten eines einzelnen Messelements während mehreren Umdrehungen der Walze schematisch darstellt;
- [0050] Fig. 17 gemessene Lasten schematisch darstellt, die mit einem Satz von Messelementen, die am Umfang einer Walze verteilt sind, während einer Umdrehung gemessen werden;
- [0051] Fig. 18 das Prinzip einer Anordnung der Messelemente zeigt, derart, dass sie in einer axialen Richtung der Walze und in einer Umfangsrichtung gegenseitig versetzt sind;
- [0052] Fig. 19 das Signal schematisch darstellt, das aus einem einzelnen Messelement erhalten wird, wenn der Walzenspalt mehrere Male durchtreten wird; und
- [0053] Fig. 20 die Auswertung der gemessenen Lasten von der Messelementanordnung von Fig. 18 zum Bestimmen der Walzenspaltlast in der axialen Richtung über die Walzenlänge zeigt.
- [0054] Fig. 1 zeigt eine allgemeine Ansicht auf die Stirnflächen der zwei Walzen in deren axialer Richtung. Die zwei Walzen 1 und 2 sind im Walzenspalt miteinander in Kontakt. In dem Walzenspalt 5 herrscht ein belasteter Anliegekontakt zwischen den zwei Walzen 1, 2, und eine Messung des Drucks in diesem Walzenspalt ist ein Beispiel der Anwendung der Messvorrichtung zum Messen einer Last, die in diesem Fall zwischen den zwei Walzen wirkt.
- [0055] Es ist anzumerken, dass dies eine besondere Anwendung der Messvorrichtung ist, und

es ist ferner möglich, die Messvorrichtung in Kombination mit Gurten und Walzen und anderen zusammenwirkenden Maschinenteilen zu verwenden, von denen eines dieser zwei Elemente das elastisch verformbare Bauteil bilden kann.

[0056] Ferner kann die Lastmessvorrichtung zum Messen von Lasten in statisch belasteten Vorrichtungen, bei Stützstrukturen von beweglichen und statischen Teilen und dergleichen verwendet werden. Kurz gesagt kann die Lastmessvorrichtung angewandt werden, wo immer die Last zwischen Elementen zu messen ist. Bevorzugt umfasst oder trägt bereits eines dieser Elemente ein elastisch verformbares Bauteil, das dann angepasst werden kann, um einen Teil der Lastmessvorrichtung zu bilden.

[0057] Im Bezug auf die Walzen 1, 2, die in Fig. 1 gezeigt sind, können diese Walzen Walzen in einer Maschine sein, die bei der Papier- oder Kartonherstellung, Papier- oder Kartonveredelung und bei anderen Bearbeitungen von bahnförmigen Materialien einschließlich textilen Materialien, Kunststofffilmmaterialien oder dergleichen, sowie bei Druckprozessen bei den vorstehend erwähnten Materialien verwendet werden. Natürlich kann eine andere Anwendung der Walzen, bei denen eine Lastmessung erforderlich ist, mit der Lastmessvorrichtung ausgestattet sein; die Präparierung von mehrschichtigen Folienerzeugnissen, Verbundstoffen von Papier und anderen Materialien und ferner das Aufschmelzen oder Kleben von diesen oder unterschiedlichen Materialien miteinander sind weitere mögliche Anwendungen.

[0058] Es ist insbesondere anzumerken, dass die Lastmessvorrichtung nicht auf die Anwendung bei Walzenpaaren beschränkt ist, sondern die Vorrichtung kann auch bei einer Walze angewandt werden, die mit einem flachen Element wie z. B. einem Metallgurt paarweise angeordnet ist, wobei die Lastvorrichtung in der Walze, in dem flachen Element oder in beiden Bauteilen angeordnet sein kann und des Weiteren kann die Lastmessvorrichtung beim Messen einer Last angewandt werden, die zwischen strukturellen Teilen wirkt, z. B. in einem Maschinenrahmen oder zwischen einem Stellglied und einem zu stellenden Element, um eine Last wiederzugeben, die durch das Stellglied aufgebracht wird.

[0059] Als elastisch verformbares Element kann eine große Anzahl von Elementen, die eine elastische Verformbarkeit bieten, verwendet werden, synthetische Materialien sind jedoch bevorzugt. In diesem Fall ist es bevorzugt, dass das elastisch verformbare Bauteil im Wesentlichen keine elektrische Leitfähigkeit aufweist, das dann die Verwendung einer großen Anzahl von Sensoren einschließlich Wirbelstromsensoren ermöglicht, was nachstehend ausführlich beschrieben ist.

[0060] Bei der vorliegenden Beschreibung wird ein Kalandrier zur Papierveredelung als Beispiel zur Erläuterung der Erfindung hergenommen. Bei einem Kalandrier wird die Papierveredelung durch Hindurchschreiten des Papiers durch einen Walzenspalt erreicht, der auf das Papier in einer vorbestimmten Art und Weise wirkt, um eine vorbestimmte Oberflächenbeschaffenheit zu erhalten, wie z. B. Glattheit, Glanz, etc. Ferner können die Kalandrier die Form von Multiplex-Kalandriern aufweisen, bei denen die Bahn nacheinander mehrere Walzenspalte durchschreitet, die durch Walzen ausgebildet sind, die unter Last in Kontakt sind. Bei derartigen Kalandriern kann ein Stapel von Walzen bereitgestellt sein, die benachbart zueinander in einer Stützstruktur derart angeordnet sind, dass die inneren Walzen des Stapels beide benachbarte Walzen berühren, um einen Walzenspalt zu bilden, und wobei nur eine der Walzen des Stapels angetrieben ist. Die Bahn schreitet durch die Anordnung von Walzenspalten hindurch, um die gewünschte Oberflächenbeschaffenheit durch Aufbringung von Wärme, Feuchtigkeit und Druck in einer vorbestimmten Weise zu erhalten.

[0061] Fig. 1 zeigt ein einzelnes Paar von Walzen, das vervielfacht werden kann und in dem Multiplex-Kalandrier, wie vorstehend beschrieben, verwendet werden kann. Des Weiteren ist in Fig. 1 ein Kreis C gezeigt, der die Walzenspaltregion der Walzen 1, 2 umgibt. Die strichpunktierete Linie zeigt die Schnittebene, die für die Schnittansicht der verschiedenen Ansichten von Sensoren und Referenzelementen verwendet wird, die aus der Richtung A - A (Pfeile) betrachtet werden und in Figuren 2 bis 8 gezeigt sind.

[0062] Die linke Walze 1, die in Fig. 1 gezeigt ist, hat eine Hülle 12, die auf einen Kern 11 aufgebracht ist, und die rechte Walze 2 hat einen Kern 23 und eine Hülle 22 darauf. Der Kern 23 ist aus einem nicht eisenhaltigen und elektrisch nicht leitenden Material hergestellt, das für elektromagnetische Wellen durchlässig ist. Zum Beispiel können Glasfaserverbundmaterialien oder andere Kunststoffmaterialien verwendet werden. Zumindest eine der Hüllen 12 oder 22 oder zumindest ein Teil von diesen Hüllen kann ein elastisch verformbares Bauteil umfassen oder ausbilden, dessen Verformung unter Last gemessen wird, um die Last zu bestimmen, die zwischen den zwei Walzen 1 und 2, das heißt in dem Walzenspalt 5, wirkt. Es ist anzumerken, dass unterschiedlich zu Fig. 1 die Erfindungen in der Praxis angewandt werden, wobei nur eine der Walzen mit der elastischen Hülle vorgesehen ist, während die andere Walze eine harte Walze, ein Metallgurt oder dergleichen ist, das heißt sie hat nur einen Metallkern, der ihre Außenfläche bildet, wie durch den schraffierten Teil X der Walze 1 in Fig. 1 angezeigt ist. Dieses Prinzip wird bei der Lösung angewandt, die in Fig. 8 gezeigt ist und die nachstehend beschrieben ist. Ferner kann eine der Hüllen 12 oder 22 von einer der Walzen 1 und 2 eine harte Hülle sein, zum Beispiel zum Verschleißschutz, wobei die Hülle üblicherweise eine geringere Dicke als in Fig. 1 gezeigt hat. Zusammenfassend ist es bei dem Walzenpaar von Fig. 1 ausreichend, dass eine der gezeigten Hüllen 12 oder 22 elastisch verformbar ist.

[0063] Die Lastmessvorrichtung verwendet eine Messung einer Veränderung einer Länge in Erwiderung auf eine Verformung des elastisch verformbaren Bauteils unter der zu messenden Last. Dafür wird ein Abstandssensor verwendet. Obwohl mehrere Arten von Abstandssensoren verwendet werden können, konzentriert man sich auf einen Abstandssensor, der ein Messelement und ein Referenzelement verwendet, wobei das Messelement angeordnet ist, um eine Abstandsänderung in Bezug auf das Referenzelement zu messen.

[0064] Es gibt verschiedene Anwendungen der Abstandsmessung in Bezug auf die Lastaufbringungsrichtung. Fig. 9 zeigt die zwei Hauptfälle der Lastaufbringung und die resultierende Abstandsänderungsmessung.

[0065] In Fig. 9a) und 9b) ist der Fall gezeigt, in dem die Lastaufbringungsrichtung und die Abstandsmessrichtung im Wesentlichen senkrecht zueinander sind. Wenn eine Last F auf einen verformbaren Körper 6 aufgebracht wird, wird eine Längenänderung, die proportional zu der aufgetragenen Last ist, in der Richtung beobachtet, die senkrecht zu der Lastaufbringungsrichtung ist, da zumindest ein Teil des Volumens des elastisch verformbaren Materials des Körpers 6 den aufgetragenen Kräften entweichen muss, da ein elastisch verformbares Material nicht in demselben Ausmaß komprimierbar ist. Demgemäß verändert sich eine Veränderung der Länge oder des Abstands l_1 zwischen einem Messelement 300 und einem Referenzelement 400 auf eine Länge oder einen Abstand l_2 , und die Differenz kann als Hinweis für die aufgetragenen Kräfte F hergenommen werden.

[0066] Andererseits entspricht, wie in Fig. 9c) und 9d) gezeigt ist, die Lastaufbringungsrichtung im Wesentlichen der Lastaufbringungsrichtung. Nach der Aufbringung der Last F auf den elastischen Körper 6 wird ein Abstand l_3 zwischen dem Messelement 300 und dem Referenzelement 400 gemessen und kann die Differenz zu der Länge l_1 als ein Hinweis für die aufgetragenen Kräfte F hergenommen werden. Es ist anzumerken, dass sich in dem Fall von Fig. 9a), 9b) der Abstand erhöht, wenn sich die Last erhöht, und sich in Fig. 9c) und 9d) der Abstand verringert, wenn sich die Last erhöht.

[0067] Nachstehend sind mehrere prinzipielle Anordnungen des Messelements und des Referenzelements in einer Lastmessvorrichtung beschrieben, die bei dem Walzenpaar angewandt wird, das in Fig. 1 gezeigt ist. Es ist anzumerken, dass diese Anordnungen das in Fig. 9c) und 9d) gezeigte Prinzip anwenden oder diesem folgen.

[0068] Fig. 2 zeigt eine erste Lösung für die Anordnung des Messelements 300 und eines Referenzelements 400 in einem Abschnitt einer Walze 2. Wie aus der Zeichnung erkennbar ist, können die Sensoren 300 an einer Innenseite eines hohlen Walzenkerns 23 angeordnet sein und ist das Referenzelement 400 in einer gegenüberliegenden Weise in der elastischen Hülle 22 der Walze 2 angeordnet.

[0069] Im Betrieb wird die elastische Hülle 22 der Walze 2 verformt und folglich verändert sich der Abstand 1, wie in Fig. 2 gezeigt ist, das heißt er verringert sich. Durch eine geeignete Kalibrierung und/oder Berechnung stellt das Verhältnis zwischen der Veränderung der Distanz 1 in einem belasteten und unbelasteten Zustand einen Wert für die tatsächlich in dem Walzenspalt 5 zwischen den Walzen 1, 2 wirkende Last dar, in dem eine Papierbahn 700 gekniffen wird.

[0070] In der Zeichnung von Fig. 2 ist die linke Walze 1 als eine Walze mit einem Walzenkern 11 und einer Hülle 12 gezeigt. Es ist anzumerken, dass diese Walze nicht unbedingt eine elastische, umhüllte Walze ist, sondern die Verwendung von derartigen Walzen mit der Erfindung möglich ist. Natürlich kann die Erfindung angewandt werden, wenn die Walze 1 eine harte Walze ist, die keine elastische Hülle aufweist. Es ist anzumerken, dass in diesem Ausführungsbeispiel und in den weiteren Ausführungsbeispielen eine der Walzen durch einen Metallgurt ersetzt werden kann, der selbst mit einer elastischen Hülle versehen sein kann.

[0071] Bezogen auf die Arten von Sensoren, die als Messelemente 300 verwendet werden können, sind mehrere Sensorarten anwendbar, solange sie in der Lage sind, ein Signal zu übermitteln, das eine Abstandsänderung zwischen dem Messelement 300 und dem Referenzelement 400 anzeigt. Das Referenzelement 400 ist bevorzugt ein Metallgitter und das Messelement 300 ist bevorzugt ein Wirbelstromsensor. In diesem Fall müssen die Materialschichten zwischen dem Messelement 300 und dem Referenzelement 400 elektrisch nicht leitfähig und nicht eisenhaltig sein, um das elektromagnetische Signal erzeugen bzw. übertragen zu können. Mit Bezug auf das Messelement 300 als Wirbelstromsensor sind weitere Details nachstehend beschrieben.

[0072] Die Anordnung, die in Fig. 2 gezeigt ist, hat den Vorteil, dass der Innenraum der Walze 2 für Sensorleitungen und Datenübertragungen zur Außenseite der Walze 2 verwendet werden kann. Zum Beispiel kann eine drahtlose Datenübertragung verwendet werden, so dass nur eine Energiezufuhr in die Walze 2 zur Verfügung gestellt werden muss. Andererseits ist auch eine Kabelverbindung zwischen den Sensoren innerhalb der Walze 2 und eine geeignete Datensammelvorrichtung außerhalb der Walze 2 möglich, zum Beispiel durch Gleitkontakte oder andere Lösungen. Bezogen auf die Sensoranordnung ist gezeigt, dass zwei Messelemente 300 nebeneinander angeordnet sind, aber auch ein einzelner Sensor oder selbst eine Anordnung von mehreren Sensoren, die in der Maschinenquerrichtung angeordnet sind, oder in der Form eines Gitters angeordnet sind, das die Innenfläche der Walze 2 umgibt, können verwendet werden. Anwendungen dieser Sensoranordnungen sind nachstehend weiter beschrieben.

[0073] Fig. 3 zeigt eine weitere Anordnung des Messelements 300 und des Referenzelements 400 in der Walzenhülle 22 der Walze 2. Wie in Fig. 3 erkennbar ist, sind die Messelemente 300 an dem Walzenkern 23 angeordnet und ist das Referenzelement 400 in einer gegenüberliegenden Weise zu diesen Sensoren 300 irgendwo in der elastischen Walzenhülle 22 angeordnet. Das Innenvolumen der Walze 2 ist nicht länger für die Sensoranordnung geeignet, so dass andere Lösungen in Bezug auf die Datenübertragung der gemessenen Signale außerhalb der Walze 2 gefunden werden müssen. Eine Lösung stellt das direkte Einbetten von Signalverarbeitung- und Übertragungsschaltkreisen (nicht gezeigt) mit einer gewöhnlichen Energiezufuhr in der Hülle oder an der Rollenoberfläche dar. Es ist anzumerken, dass geeignete Radiofrequenztransmitter in der Zwischenzeit in einer sehr kleinen Größe verfügbar sind, die es ermöglichen, dass die Transmitter gemeinsam mit den Sensoren an der gewünschten Stelle an dem Walzenkern 23 oder in einer Grundschicht eingebettet werden können, die auf den Walzenkern 23 aufzubringen ist.

[0074] Ein einfaches Ausführungsbeispiel eines einzelnen Sensors ist eine ebene Spiralspule, die aus elektrischen Drähten auf einem kleinen, dünnen Substrat wie eine Schaltplatine ausgebildet ist, die als eine Spule eines Wirbelstromsensors wirkt. Die Spule wird durch einen Impuls-generator betrieben, so dass sie entweder frei schwingt oder mit einer konstanten Frequenz schwingt. Durch Messen von entweder der Frequenz, des Energieverlusts oder der Phasenverlagerung des Wirbelstromsensors kann der Abstand zu dem Referenzelement 400 bestimmt werden.

[0075] Eine Verbindung der Sensoren 300, 400 zu der Außenseite der Walze 2 kann mit einem kleinen Radiotransmitter, wie vorstehend erwähnt ist, erreicht werden, der in einem Randbereich der Hülle eingebaut ist, der den Walzenspalt nicht durchschreitet. Es ist ferner möglich, eine drahtlose Energiezufuhr des Messsystems mittels einer Spule, einem geeigneten Kondensator und zusätzlicher Elektronik vorzusehen, die in der Walze angeordnet sind. Aus diesem Grund ist ein Magnet in Bezug auf die sich drehende Walze stationär angeordnet und induziert der Magnet bei jeder Umdrehung einen Stromimpuls in der Spule. Dann kann die Messanlage durch die gespeicherte elektrische Energie angetrieben werden, die zu einer Energiespeicherbatterie in der vorstehend beschriebenen Weise geleitet wurde.

[0076] Bezogen auf Fig. 4 ist eine weitere Anordnung des Messelements 300 und des Referenzelements 400 innerhalb der elastischen Hülle 22 der Walze 2 gezeigt. Die Messelemente 300 sind in dem elastischen Hüllenmaterial 23 eingebettet und das Referenzelement 400 ist radial außerhalb von ihnen in einem vorbestimmten Abstand zu der elastischen Hülle angeordnet, das gemäß den vorstehenden Überlegungen aus einer Metallfolie oder -film, einem Gitter, einem Netz oder Drähten hergestellt ist. Insbesondere ist die Struktur, die in Fig. 4 gezeigt ist, bei einer mehrschichtigen Struktur der elastischen Walze 2 anwendbar, wobei die Messelemente 300 bei einer ersten oder Grundsicht anwendbar sind, die mit einer weiteren Schicht überzogen wird, auf der das Referenzelement 400 aufgebracht werden kann. Dann kann eine finale Schicht auf das Referenzelement 400 aufgebracht werden, um die finale Außenoberfläche der Walze 2 bereitzustellen. Wie vorstehend beschrieben ist, ist der Abstand 1 zwischen dem Referenzelement 400 und dem Messelement 300 das gemessene Merkmal, in Übereinstimmung mit diesem das Messelement 300 ein entsprechendes Signal erzeugt.

[0077] Eine weitere alternative Anordnung ist in Fig. 5 gezeigt, wobei das Messelement 300 in der elastischen Hülle 22 angeordnet ist, während das Referenzelement 400 durch den Walzenkern 23 selbst ausgebildet ist. In einem Fall von metallischen Walzenkernen kann dies eine elegante Lösung sein, die nur erfordert, dass die einzelnen Materialschichten, die sich von der elastischen Hülle unterscheiden, in der elastischen Hülle 22 eingegliedert sind. Das Merkmal, das zu der zu messenden Last zugehörig ist, ist der Abstand 1 zwischen dem Sensor und dem Walzenkern 23. Die vorstehenden Betrachtungen in Bezug auf Materialien, Sensoren, Strukturen und andere technische Merkmale sind hier auch anwendbar.

[0078] Fig. 6 zeigt eine Anordnung, in der eine der Hüllen 12 der zwei Walzen 1, 2 das Referenzelement 400 umfasst, während die elastische Hülle 22 der anderen Walze 2 das Messelement 300 aufweist. Insbesondere beinhaltet die elastische Hülle 12 der Walze 1 das Referenzelement 400, das aus einer Metallfolie oder -film, einem Metallgitter, einem Netz oder sogar einzelnen Drähten bestehen kann. Die gegenüberliegende Walze 2 hat eine elastische Hülle 22, in der ein Messelement 300 eingebettet ist. Dieser Sensor ist bevorzugt ein Wirbelstromsensor, wie vorstehend beschrieben ist. Mit dieser Sensoranordnung wird der Abstand 1 zwischen dem Messelement 300 und dem Referenzelement 400 in der anderen Walze gemessen, wobei mit dieser Anordnung eine große Auflösung der gemessenen Werte erhalten werden kann, da die Verformungen der zwei elastischen Hüllen 12, 22 im Fall, in dem die Walzen 1, 2 gegeneinander belastet werden, auftreten und gemessen werden. Andererseits sind/ist die plastische und/oder elastische Verformung der Bahn, die durch den Walzenspalt hindurchtritt, in dem gemessenen Signal umfasst. Die vorstehenden Betrachtungen in Bezug auf Materialien, Sensoren, Strukturen und anderen technischen Merkmalen sind hier auch anwendbar.

[0079] Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel, in dem die Messelemente 300 an einem Walzenkern 23 einer Walze angeordnet sind und durch eine Hülle 22 abgedeckt sind. Die Hülle berührt eine Papierbahn 700 in einem Walzenspalt und die Papierbahn 700 ist auch in Presskontakt mit einer Hülle 12 an einem Walzenkern 11. Der Walzenkern 11 bildet das Referenzelement 400 aus. Bei dieser Anordnung ist die Verwendung eines separaten Referenzelements 400 nicht erforderlich, wenn der Kern 11 aus einem eisenhaltigen und/oder elektrisch leitfähigen Material ausgebildet ist.

[0080] Fig. 8 zeigt eine modifizierte Ausführungsform, in der es nur eine elastische Hülle 22

gibt, in der die Messelemente 300 eingebettet sind, die an einem Walzenkern 23 angeordnet sind. Die Hülle 22 presst eine Papierbahn 700 gegen eine harte Walze oder Gurtkern 11. Es ist anzumerken, dass der Kern 11 durch nicht elastische, harte Hüllen ummantelt sein kann, um besondere Flächeneigenschaften wie zum Beispiel eine Papierabgabe, einen Korrosionsschutz, eine Feuchtigkeitsaufnahme/-abgabe und dergleichen bereitzustellen. Ähnlich wie in Fig. 7 bildet der Kern 11 das Referenzelement 400 aus.

[0081] Fig. 11 zeigt ein Detail X in Fig. 10 einer Walzenhülle, die mit einer Messvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel ähnlich wie in dem vorgesehen ist, das in Fig. 5 gezeigt ist. Wie aus Fig. 11 erkennbar ist, ist ein Walzenkern 23 mit einer ersten Schicht 221 bedeckt, die eine gewundene Schicht ist, die eine Basisschicht für die elastische Hülle bildet. Auf dieser gewundenen Schicht 221 sind Messelemente 300 angeordnet, und sie sind miteinander durch Drähte 301 verbunden. Insbesondere kann das Messelement 300 in der Form eines gedruckten Wirbelstromsensors vorgesehen sein, der auf einem Substrat oder Filmmaterial ausgebildet ist, wobei das Substrat an der Kernschicht 221 des elastischen Bauteils 22 angeordnet ist, oder es durch Ausbilden von Wirbelstromsensoren direkt auf der Kernschicht 221 durch einen lithographischen Prozess ausgebildet sein kann. Somit verursacht die Einbettung des Sensors keine erhebliche Veränderung der Dicke der Kernschicht 221, so dass eine gleichmäßige Oberfläche der Hüllenschicht 223 erhalten werden kann. Da die gedruckte Lösung auch einen engen und starken Kontakt zwischen der Kernschicht 221 und dem Messelement 300 bildet, bildet (bilden) der Sensor (die Sensoren) keine Stellen aus, an denen eine Hüllendelamination startet oder sich anbahnt.

[0082] Diese Schicht mit Messelementen 300 ist durch eine Gusschicht 222 eines elastischen Materials abgedeckt. Schließlich ist die Walze 2 mit einer Außenschicht 223 abgedeckt, die die gesamte Messvorrichtung in der Walzenhülle abdeckt. Wie in Fig. 11 gezeigt ist, ist der Abstand, dessen gemessene Veränderung ein Hinweis für die Last ist, der Abstand zwischen dem Messelement 300 und den Walzenkernen 23, das heißt der Walzenkern 23 bildet das Referenzelement 400 aus.

[0083] Demgemäß ist es erkennbar, dass das elastisch verformbare Element zwischen dem Messelement 300 und dem Walzenkern 23 homogen ist, so dass das Verhältnis zwischen Verformung und Last für diese verformbare Schicht als ein kontinuierliches Verhältnis betrachtet werden kann, was den Aufwand zur Kalibrierung der Vorrichtung reduziert.

[0084] Fig. 12 zeigt eine alternative Anordnung, die zu der Anordnung, die in Fig. 4 gezeigt ist, korrespondiert. Wie in Fig. 12 gezeigt ist, ist der Walzenkern 23 mit einer ersten Schicht 221 abgedeckt, die eine gewundene Schicht ist, und auf dieser ersten Schicht 221 ist eine Anordnung von Messelementen 300 angeordnet, die mit der zugehörigen Datenakquirierungs- und Bewertungsvorrichtung durch geeignete Drähte 301 verbunden sind. Dann ist eine Gusschicht 222 auf der ersten den Sensor tragenden Schicht 221 aufgebracht. Dann ist eine Metallfolie oder -gitter oder -netz auf dieser Gusschicht 222 aufgebracht. Auf diesem Referenzelement 400, das aus Metall hergestellt ist, ist eine Außenschicht 223 aufgebracht. Wie in Fig. 12 gezeigt ist, ist der als ein Hinweis für die Last zu messende Abstand der Abstand 1 zwischen der Messelementoberfläche und dem Referenzelement 400. Das heißt, eine Verformung der Gusschicht 222 wird gemessen. Ferner bildet die Verformung einer einzelnen Schicht die Grundlage für die Messung, so dass auch ein kontinuierliches Verhältnis zwischen der Verformung der Last erwartet wird und eine Kalibrierung einfacher ist. Es ist anzumerken, dass die vorliegende Anwendung auch das Verfahren zum Ausbilden der vorstehenden Messwalzentypen umfasst.

[0085] Fig. 13 zeigt eine bestimmte Lösung innerhalb einer elastischen Walzenhülle als ein Detail Y mit mehreren Schichten, die aufgebrochen dargestellt sind, um eine Ansicht deren Innenseite zu ermöglichen. Die Struktur korrespondiert im Wesentlichen zu der von Fig. 12, aber es ist anzumerken, dass diese Struktur auch modifiziert werden kann, um eine beliebige der möglichen Anordnungen zu erhalten, die in Fig. 2 bis 6 gezeigt sind. Wie aus der Fig. 13 erkennbar ist, trägt eine Innenschicht oder gewundene Schicht 221 spiralförmige Messelemente 300. Die Messelemente 300 sind in einer Reihe an einem Streifen 302 angeordnet. Dieser

Streifen 302 kann ein geeignetes Filmmaterial sein, an dem die Sensorspiralen mittels einer bekannten Technologie wie zum Beispiel einem Aufdampfverfahren, einer Dünnschichtaufbringung, einem Druckprozess einer leitfähigen Paste und dergleichen ausgebildet werden. Die Streifen 302 können auch eingebettete oder vorher aufgebraute Drähte 301 umfassen, die auch durch die vorstehend erwähnten Techniken ausgebildet werden können. Es ist anzumerken, dass der Streifen 302 ferner aus Materialien hergestellt sein kann, auf denen die Spiralen für die Messelemente 300 und/oder die Drähte 301 für die Sensoren durch Techniken wie Ätzen oder mechanische Bearbeitung ausgebildet werden können.

[0086] Es ist anzumerken, dass ein derartiger Streifen 301 nicht erforderlich ist und ausschließlich aufgebracht ist, um sich in eine Richtung übereinstimmend mit der Drehachse der Walze zu erstrecken, ferner können mehrere Streifen parallel angeordnet sein, um ein Sensorgitter auszubilden, das Teile oder nahezu den gesamten Umfang der Walzenschicht 221 abdeckt. Ferner sind schräge Anordnungen von derartigen Sensoranordnungen in Bezug auf die Drehachse der Walze möglich und können zum Beispiel eine bestimmte Erleichterung bezüglich der Datenakquirierung bilden. Zum Beispiel können sie bei einer derartigen schrägen Anordnung derart angeordnet sein, dass die Sensoren eines Streifens nacheinander durch den Walzenspalt hindurchschreiten, in dem die Last zu messen ist, so dass ein geeignetes Sammeln von Daten mit Zeitabständen die Datenakquirierung vereinfacht und eine Messung einer Lastverteilung entlang einer Spirallinie vorsieht, die um die Walze gewunden ist. Aus dieser Linie kann eine Walzenspaltlastverteilung entlang der Drehachse an der Walze geschlossen werden, wie nachstehend weiter in Bezug auf Figuren 18 bis 20 beschrieben ist.

[0087] Wie aus der Fig. 13 weiter erkennbar ist, ist die Gusschicht 222 aufgebracht, um den Streifen 302 der Messelemente 300 abzudecken. Danach ist ein Netz eines Dünndrahts 400 auf dieser Gusschicht 222 angeordnet, bevor die Außenschicht 223 darauf aufgebracht ist.

[0088] Vorstehend ist beschrieben, dass die Innenschicht eine gewundene Schicht ist und die Zwischenschicht eine Gusschicht ist. Natürlich kann eine geeignete Reihenfolge dieser Schichten für den bestimmten Zweck der Walze ausgewählt werden. Des Weiteren kann die Walze nur Schichten eines Typs aufweisen.

[0089] Nachstehend ist in Bezug auf Figuren 14 und 15 eine Anwendung für eine periodische Walzenspalterschwingungserfassung mittels der Messvorrichtung erläutert.

[0090] Bei einer periodischen Walzenspalterschwingung kann ein sogenanntes Barring-Phänomen auftreten, wenn die in Presskontakt befindlichen Walzen, die einen Walzenspalt 5 ausbilden, in der Art und Weise gedreht werden, wie in Fig. 14 gezeigt ist. Wie durch einen Pfeil P bei der Walze 1 von Fig. 14 gezeigt ist, kann die Schwingung der zwei Walzen 1, 2 relativ zueinander auftreten. Diese Lastschwingung kann die beabsichtigte Bahnbehandlung in dem Walzenspalt negativ beeinflussen und einen Schaden der Walzenhüllen durch wiederholt auftretende hohe Lasten an der gleichen Stelle der elastischen Hülle verursachen, so dass es sehr wahrscheinlich ist, dass ein Ausbrechen der elastischen Hülle an diesen Stellen auftritt.

[0091] Es wurde herausgefunden, dass die Lastmessvorrichtung der vorliegenden Anwendung in vorteilhafter Weise für diese Mess- und Steuerungsaufgabe verwendet werden kann. Wie in Fig. 15 gezeigt ist, ist auf der Abszisse die Zeit dargestellt und auf der Ordinate eine Signalstärke von den Sensoren dargestellt. Wenn man nun die Anzahl der Sensoren, die nacheinander durch den Walzenspalt hindurchschreiten, wie in Fig. 14 gezeigt ist, durch die Nummerierung S1, S2, S3, S4, etc. benennt, und wenn man dann das zugehörige Sensorsignal in Fig. 15 anzeigt, findet man eine gemessene Kurve, die eine Lastschwingung in dem Walzenspalt 5 wiedergibt. Dieses gemessene Signal kann verwendet werden, um die Walzenspaltlastschwingung durch ein geeignetes Aufbringen einer Gegenlast zum Beispiel an den Lagern der Walzen zu kompensieren.

[0092] Es ist anzumerken, dass für eine genaue Erfassung eine dichte Verteilung der Sensoren vorteilhaft ist, aber dass dies natürlich die Datenakquirierung und Bewertung außerordentlich

erhöht. Um eine Schwingung und Last des Barring-Phänomens zu erhalten, ist die minimale Verteilung jedoch in der Hälfte der Periode des Sinus anzusehen, um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten. Zum Beispiel kann die Gegenlast, die auf die Lager der Walzen oder auf die Stützstruktur zumindest einer Walze aufgebracht wird, eine Lastschwingung mit der selben Amplitude und Frequenz sein, welche aber verlagert zu der Lagerlastschwingung sind, so dass eine Auslöschung dieser Walzenschwingung erreicht werden kann.

[0093] Fig. 16 zeigt schematisch Messergebnisse eines einzelnen Sensors S2 (Messelements), wenn ein kontinuierliches Messverfahren verwendet wird. Bei jeder Umdrehung schreitet der Sensor S2 einmal durch den Walzenspalt hindurch. Wenn die gemessenen Werte (Signal oder Kraft F) jedes Walzenspaldurchgangs des Sensors über eine Anzahl von Drehungen n gesammelt werden, ist es möglich, Durchschnittswerte, Trends der absoluten und relativen Veränderungen, und andere statistische Werte zu erhalten, die verwendet werden können, um ein langlebiges Betriebsverhalten des Hüllen/Walzen/Walzenspalt/Bahn-Systems zu definieren und zu verstehen. Dies kann mit jedem Sensor erreicht werden. Zum Erfassen des Durchgangs durch den Walzenspalt gibt es einen eindeutigen Höchstwert, der aus der Signalform erhalten wird, die in dem unteren Abschnitt von Fig. 16 gezeigt ist. Daher ist eine einfache und genaue Walzenzustandsüberwachung mit der Messvorrichtung möglich.

[0094] Fig. 17 zeigt eine Bewertung einer Anordnung einer Vielzahl - hier 72 - von Sensoren S1 bis S72 (Sensorelementen), die um die Walze in einer Art und Weise am Umfang angeordnet sind, wie zum Beispiel in Fig. 14 gezeigt ist. In Fig. 17 ist schematisch ein Graph gezeigt, der das gemessene Signal jedes Sensors S1 bis S72 während einer Umdrehung der Walze anzeigt. Die sukzessiven Signale weisen eine gewisse Zeitüberlappung während einer Erhöhung zu und einer Abnahme von einem Höchstwert auf, wie in dem unteren Teil von Fig. 17 gezeigt ist. Der Höchstwert gibt den tatsächlichen Kraftwert in dem Walzenspalt wieder und wird daher als der gemessene Wert hergenommen. Aus diesen Werten wird eine Kraftkurve über die Walzenumdrehung erhalten. Innerhalb dieser Kurve ermöglicht es eine Interpolation zwischen den Werten, Kraftwerte an jeder beliebigen Umfangsposition auf der Walze zu finden. Natürlich kann mehr als eine dieser Kurven aufgezeichnet werden, um auf langfristige Daten zu erhalten und um das langzeitige Verhalten der Walzen zu bestimmen.

[0095] Fig. 18 zeigt eine Anordnung einer Vielzahl von Sensoren (Messelementen 300) an einem Walzenkern 23, wobei jeder Sensor in axialer Richtung (Richtung a) und in Umfangsrichtung verglichen zu dem benachbarten Sensor (den benachbarten Sensoren) verlagert ist. Wenn der Versatz in beiden Richtungen zwischen jedem der Sensoren konstant ist, bilden die Sensoren eine Anordnung aus, die linear und schräg um den Walzenkern 23 gewunden ist.

[0096] Ein Sammeln der Daten von mehreren Durchgängen eines einzelnen Sensors durch den Walzenspalt erzeugt ein Signal F , dessen Form schematisch in Fig. 19 gezeigt ist. Das heißt, wenn der Sensorausgang graphisch angezeigt wird, sieht der Graph im Wesentlichen so aus wie in Fig. 19. Es ist anzumerken, dass das Sensorsignal F nicht notwendigerweise auf null zurückkehren muss, nachdem der Sensor den Walzenspalt durchgetreten hat, sondern es kann einen Signalversatz u geben, der Temperaturbelastungen oder dergleichen umfasst. Wenn der Sensor die Vollast erfasst, geht das Signal auf ein Niveau v hoch. Die Differenz zwischen zwei (Durchschnitts-) Werten eines einzelnen Sensors, wenn dieser den Walzenspalt durchtritt, ist die Signalamplitude der maximalen Walzenspaltlast. Mit der Sensoranordnung, wie in Fig. 18 gezeigt ist, und mittels der Signalamplitude von jedem der Sensoren kann die Walzenspaltlastverteilung in der axialen Richtung der Walzen erhalten werden, die oft als Maschinenquerrichtung (CD) bezeichnet ist. Somit wird ein CD-Walzenspaltlastprofil erhalten.

[0097] Die Verwendung des Differenzialprinzips, das heißt die Signalamplitude ist als eine Differenz zwischen zwei gemessenen Werten ($v - u$) definiert, kompensiert automatisch Einflüsse auf die gemessenen Werte wie die Temperatur, Verzögerungen beim Wiederherstellen einer Hülle nach einer Verformung und andere Effekte, die die Qualität der Messung nachteilig beeinflussen können. Ferner kann aus dem Signal unter der Kurve von Fig. 19 (schraffierte Fläche) auch der Walzenspaltimpuls gemessen werden. Diese Information kann bei der Prozesssteue-

rung und auch zum Prüfen/Überwachen des Materialverhaltens und von spezifischen Materialbelastungen hilfreich sein.

[0098] Schließlich können auch die Wirbelstromsensoren, die vorstehend beschrieben sind, zur Messung der Temperatur in der Hülle verwendet werden, in die der Sensor eingebettet ist. Der spiralförmige Wirbelstromsensor wird als ein temperaturempfindliches Messelement verwendet. Diese Messung kann verwendet werden, um eine Materialverschlechterung, die Bildung von heißen Stellen oder dergleichen zu bestimmen, um die Last an der betroffenen Walzenhülle zu optimieren. Insbesondere kann eine Temperaturüberwachung einfach durchgeführt werden und kann ein Alarmsignal ausgegeben werden, wenn eine Überhitzung der Hülle festgestellt wird.

[0099] Ferner kann eine Temperaturverteilung in der Maschinenquerrichtung über die Walze mit einer Sensoranordnung festgestellt werden, wie zum Beispiel in Fig. 18 gezeigt ist. Mit diesem Instrument kann die Bildung eines sogenannten thermischen Rings (eine lokale Überhitzung aufgrund einer Überlast an einer bestimmten Walzenspaltposition) unverzüglich erfasst werden. Des Weiteren können die Temperaturmessung und das (bekannte) Verhältnis zwischen der Elastizität und der Temperatur des Materials der Hülle verwendet werden, um die Genauigkeit der Lastmessergebnisse zu verbessern. Des Weiteren ist eine Erhöhung der Temperatur und der Elastizität ein Hinweis auf eine lokale Wärmeerzeugung innerhalb des Hüllmaterials, so dass die gemessenen Werte auch verwendet werden können, um das Phänomen einer Ausbildung einer heißen Stelle zu erfassen.

Patentansprüche

1. Lastmessvorrichtung zum Messen einer Last, die auf ein elastisch verformbares Bauteil (6; 12, 22) wirkt, wobei die Vorrichtung einen Abstandsensor (300, 400) zum Messen einer Längenänderung in Erwidern auf eine Verformung des verformbaren Bauteils unter der Last aufweist, wobei der Abstandsensor (300, 400) ein Messelement (300) und ein Referenzelement (400) aufweist, zumindest ein Abschnitt des elastisch verformbaren Bauteils (6; 12, 22) zwischen dem Messelement (300) und dem Referenzelement (400) angeordnet ist, und die gemessene Längenänderung die Veränderung des Abstands zwischen dem Messelement (300) und dem Referenzelement (400) ist, das elastisch verformbare Bauteil (12; 22) ein Maschinenteil einer Maschine ist, die bei der Herstellung von Papier, Karton oder anderen Bahnerzeugnissen verwendet wird, das elastisch verformbare Bauteil eine elastische Walzenhülle (6; 12; 22) ist, die auf einem Kernbauteil (11, 23) ausgebildet ist, und zumindest eines von dem Messelement (300) und dem Referenzelement (400) innerhalb der Hülle (6; 12; 22) vorgesehen ist.
2. Messvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Abstandsensor (300, 400) zum Messen der Veränderung einer Länge angepasst ist, die sich in eine Richtung erstreckt, die mit der Lastrichtung übereinstimmt.
3. Messvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Messelement (300) und das Referenzelement (400) gegenüberliegend zueinander in der Lastrichtung angeordnet sind.
4. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Messelement (300) ein Wirbelstromsensor ist, der einen spiralförmig angeordneten Leiter aufweist, und das Referenzelement (400) ein Metallelement (11; 23) ist.
5. Messvorrichtung nach Anspruch 4, wobei das Referenzelement (400) ein Maschinenteil (11, 23) ist, das aus Metall der Maschine hergestellt ist, die bei der Herstellung von Papier, Karton oder anderen Bahnerzeugnissen verwendet wird.

6. Messvorrichtung nach Anspruch 4, wobei das Metallelement zumindest eines von einem Film, einem Draht, einem Gitter, einer festen Struktur und einem Netz ist, die aus eisenhaltigem oder elektrisch leitfähigem Material hergestellt sind.
7. Messvorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Messelement (300) in der Walzenhülle (12, 22) eingebettet ist und das Referenzelement (400) das Kernbauteil (11, 23) ist.
8. Messvorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Messelement (300) und das Referenzelement (400) nach Anspruch 6 in die Walzenhülle (19, 22) eingebettet ist.
9. Messvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, wobei das elastisch verformbare Bauteil eine elastisch verformbare Gurthülle ist.
10. Messvorrichtung nach Anspruch 9, wobei das Messelement (300) und das Referenzelement (400) in der Gurthülle eingebettet ist.
11. Messvorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Messvorrichtung eine Anordnung von zumindest zwei Abstandsensoren (300, 400) aufweist, die nacheinander in einer Erstreckungsrichtung des elastischen Bauteils (12, 22) angeordnet sind.
12. Messvorrichtung nach Anspruch 11, wobei das elastische Bauteil (12, 22) beweglich ist, um sich zu drehen und/oder eine lineare Bewegung auszuführen, wobei sich die Anordnung in eine Richtung entlang und/oder quer zu der Bewegungsrichtung des elastischen Bauteils (12, 22) erstreckt.
13. Messvorrichtung nach Anspruch 11, wobei das elastische Bauteil (12, 22) zylindrisch ist, um drehbar zu sein, und wobei die Anordnung von Abstandsensoren (300, 400) eine Vielzahl von Abstandsensoren (300, 400) aufweist, die nacheinander in der Umfangsrichtung des elastischen Bauteils (12, 22) angeordnet sind.
14. Messvorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Anordnung in regelmäßigen Abständen gleich oder größer als $0,1^\circ$ entlang dem Umfang des elastischen Bauteils (12, 22) angeordnet ist.
15. Messvorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, wobei die Anordnung des Weiteren eine Vielzahl von Abstandsensoren aufweist (300, 400), die nacheinander in der axialen Richtung des elastischen Bauteils (12, 22) angeordnet sind.
16. Messvorrichtung zum Messen einer Last, die zwischen zwei Bauteilen (1,2) wirkt, die gegeneinander vorgespannt sind und ein elastisch verformbares Element (6; 12, 22) zwischen ihnen aufweist, wobei die Vorrichtung einen Abstandsensor (300, 400) nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 15 aufweist.
17. Messvorrichtung nach Anspruch 16, wobei die zwei Bauteile zusammenwirkende Walzen (1, 2) sind, von denen zumindest eine mit einer elastischen Hülle (12, 22) vorgesehen ist, wobei eine der Walzen (1, 2) das Messelement (300) aufweist und die andere Walze das Referenzelement (400) aufweist.
18. Messvorrichtung nach Anspruch 16, wobei die zwei Bauteile eine Walze und ein zusammenwirkender Gurt sind, von denen zumindest eines mit einer elastischen Hülle vorgesehen ist, wobei eines von der Walze und dem Gurt das Messelement (300) aufweist und das andere von der Walze und dem Gurt das Referenzelement (400) aufweist.
19. Lastmesssystem mit einer Lastmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18 und einer Berechnungseinrichtung zum Berechnen der Last, die auf das elastisch verformbare Bauteil (6; 12, 22) wirkt, als eine Funktion der gemessenen Längenänderung.

20. Verfahren zum Herstellen einer Lastmessvorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 18, wobei es folgenden Schritt aufweist
 - Ausbilden einer Kernschicht (221) eines elastischen Bauteils (22) auf einer Stützstruktur (23),
 - Bereitstellen von zumindest einem Messelement (300) oder zumindest einem Referenzelement (400) auf der Fläche der Kernschicht (221) des elastischen Bauteils (22), und
 - Ausbilden einer weiteren Schicht (222) des elastischen Bauteils (22), um das zumindest eine Messelement (300) oder Referenzelement (400) abzudecken, wobei das zumindest eine Messelement (300) in der Form von zumindest einem gedruckten Wirbelstromsensor vorgesehen ist, der auf einem Substrat (302) eines Filmmaterials ausgebildet ist, wobei das Substrat (302) auf der Kernschicht (221) des elastischen Bauteils (22) angeordnet ist, oder wobei das zumindest eine Messelement (300) in der Form von zumindest einem gedruckten Wirbelstromsensor ausgebildet ist, der auf der Kernschicht (221) durch einen lithographischen Prozess ausgebildet ist.
21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei das elastische Bauteil eine elastische Walzenhülle (22) ist und die Stützstruktur ein Metallwalzenkern (23) ist.
22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, wobei das elastische Bauteil eine elastische Gurthülle ist und die Stützstruktur ein Metalldrahtgewebe ist.
23. Verwendung einer Lastmessvorrichtung zum Messen einer Last, die auf ein elastisch verformbares Bauteil (6; 12, 22) wirkt, wobei die Vorrichtung einen Abstandsensor (300, 400) zum Messen einer Längenänderung in Erwiderung auf eine Verformung des verformbaren Bauteils (6; 2, 22) unter der Last aufweist, wobei der Abstandsensor (300, 400) ein temperaturbezogenes Signal erzeugt, das sich von einem auf die Längenänderung bezogenes Signal unterscheidet, und wobei das temperaturbezogene Signal zum Messen der Temperatur an dem Abstandsensor (300, 400) verwendet wird, wobei der Abstandsensor (300, 400) als ein temperaturempfindliches Messelement (300) verwendet wird, um das temperaturbezogene Signal zu erzeugen.
24. Verwendung einer Lastmessvorrichtung nach Anspruch 23, wobei der Abstandsensor (300, 400) ein spulenförmiges Wirbelstrommesselement aufweist, das als ein temperaturempfindliches Messelement (300) verwendet wird, um das temperaturbezogene Signal durch eine Widerstandsveränderung gemäß der Temperatur zu erzeugen.
25. Verwendung einer Lastmessvorrichtung nach Anspruch 23 oder 24, wobei die Messung der Temperatur getrennt von der Messung der Längenänderung durchgeführt wird.

Hierzu 11 Blatt Zeichnungen

1/11

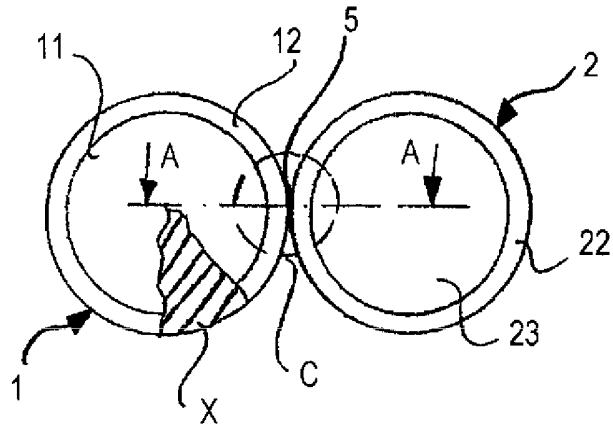


FIG. 1

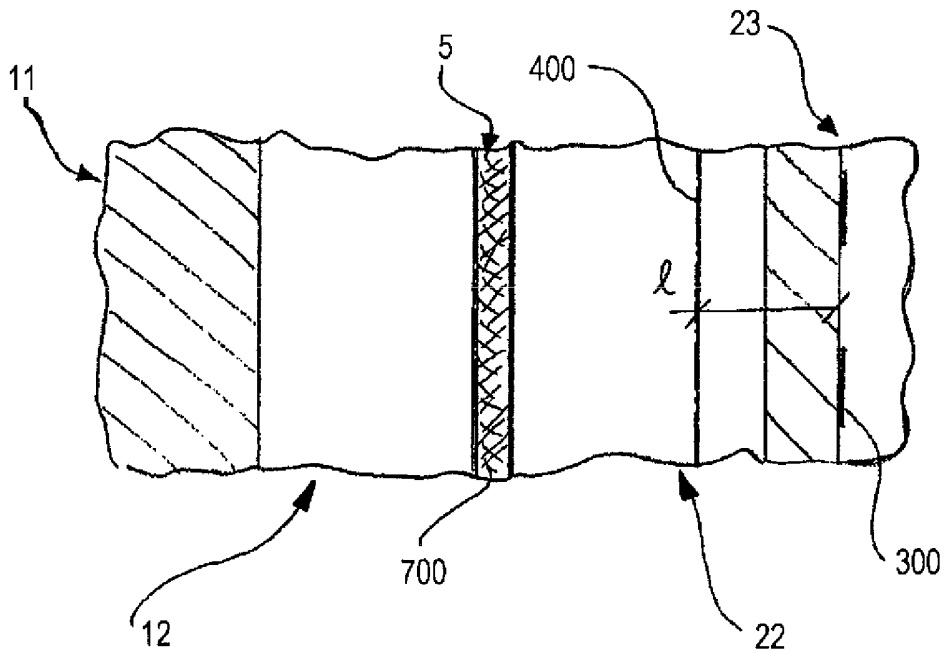


FIG. 2

2/11

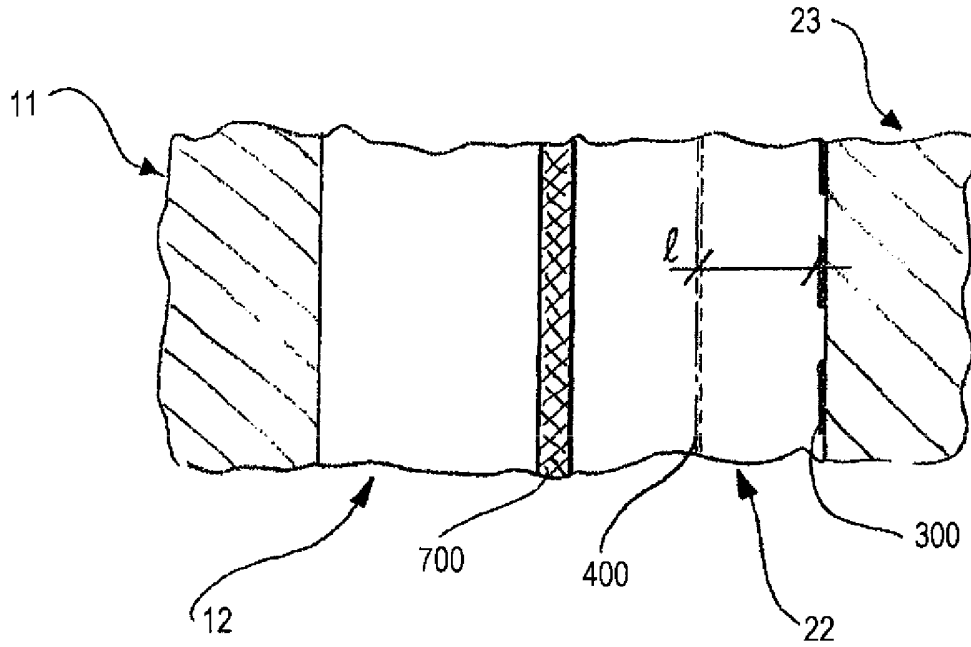


FIG. 3

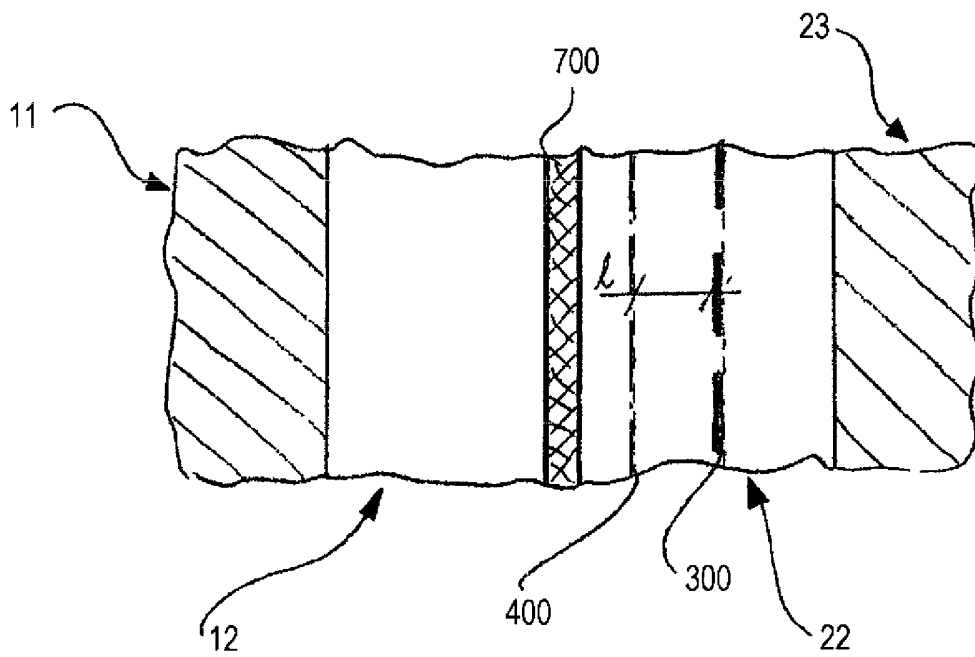


FIG. 4

3/11

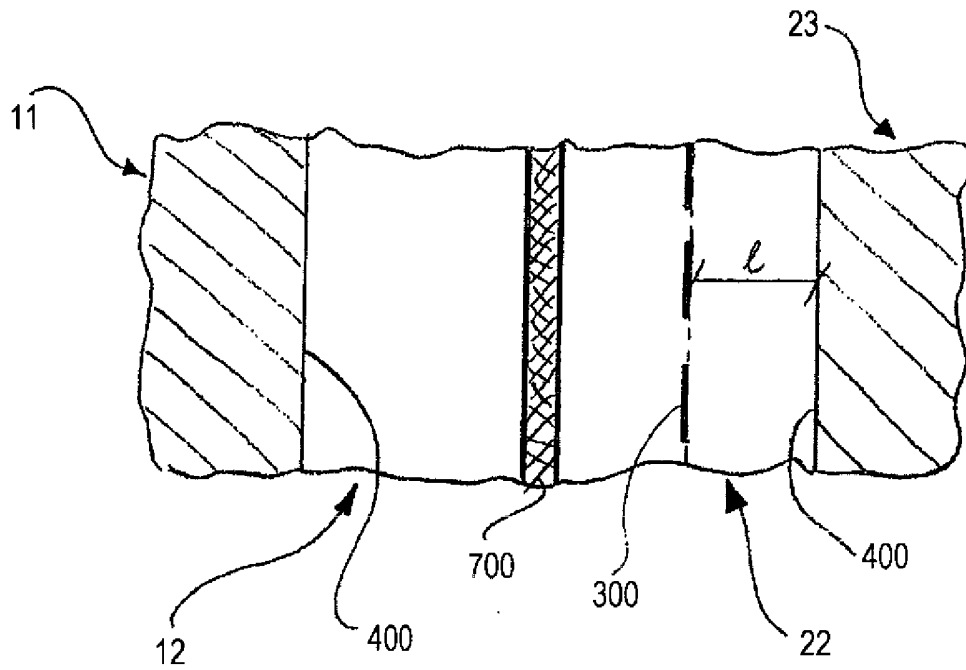


FIG. 5

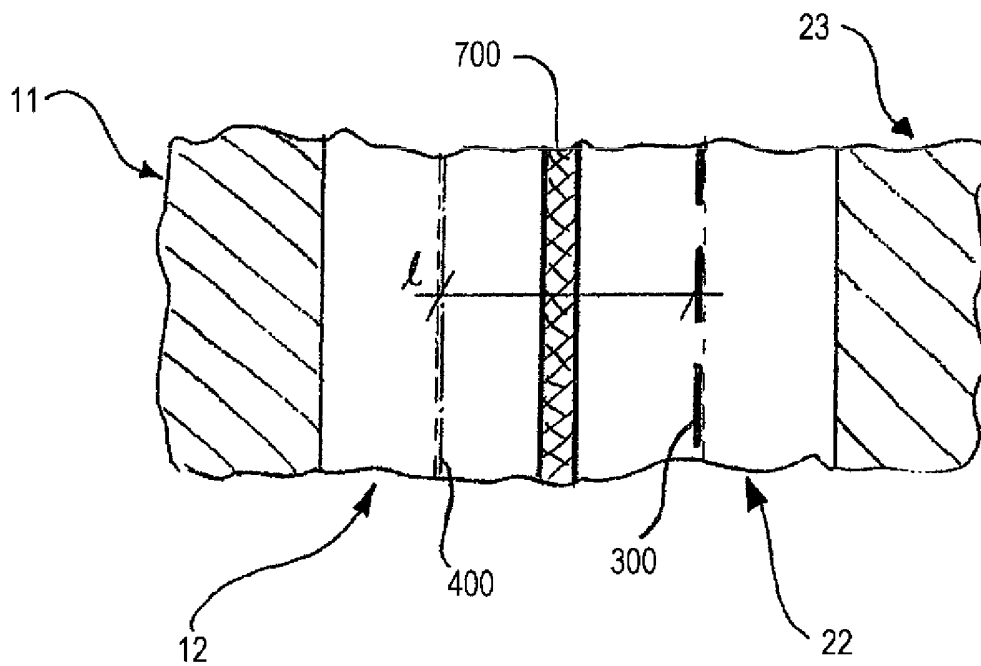


FIG. 6

4/11

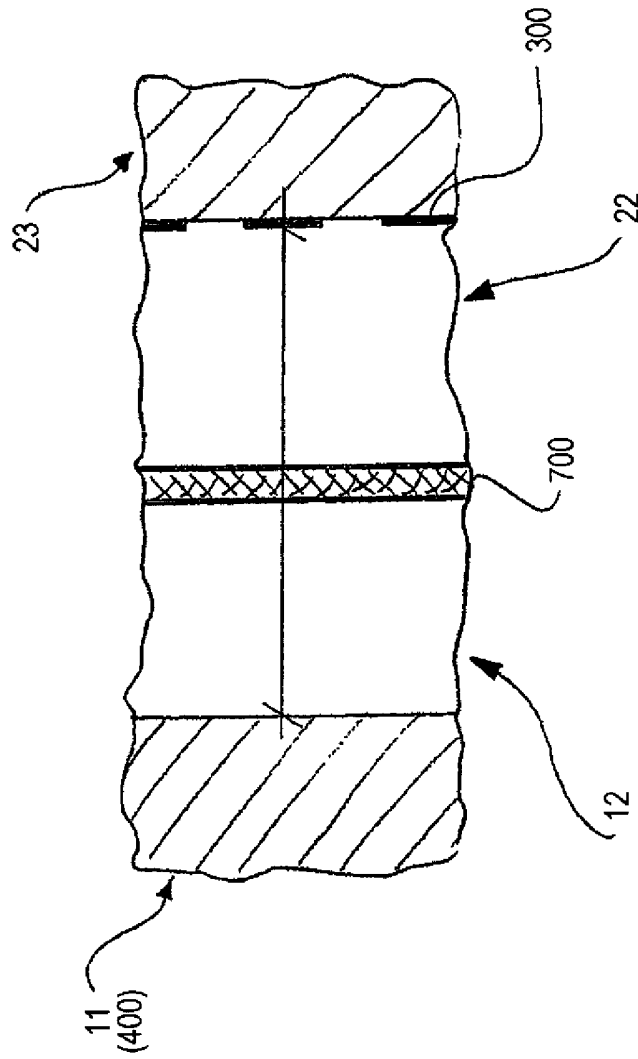


FIG. 7

5/11

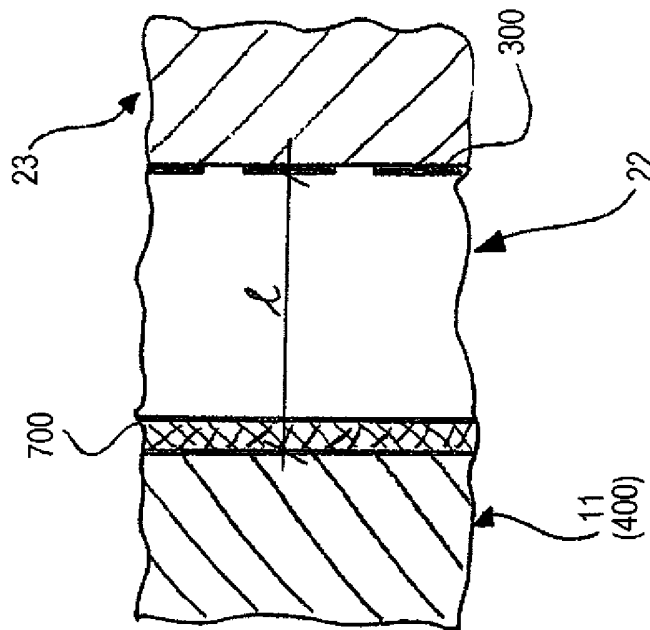


FIG. 8

6/11

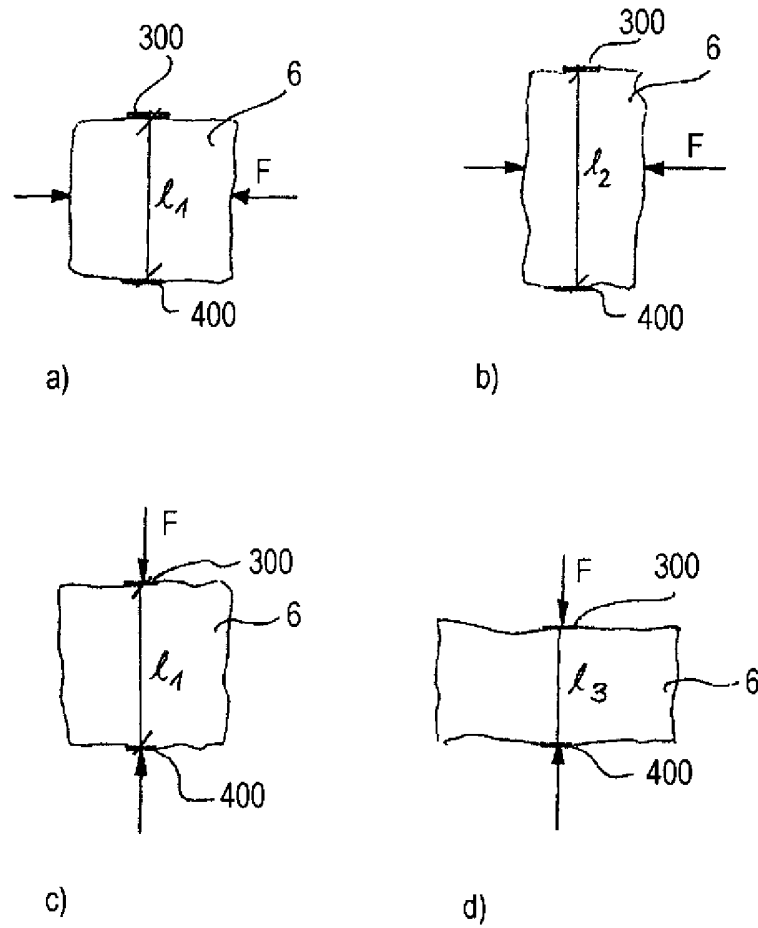


FIG. 9

7/11

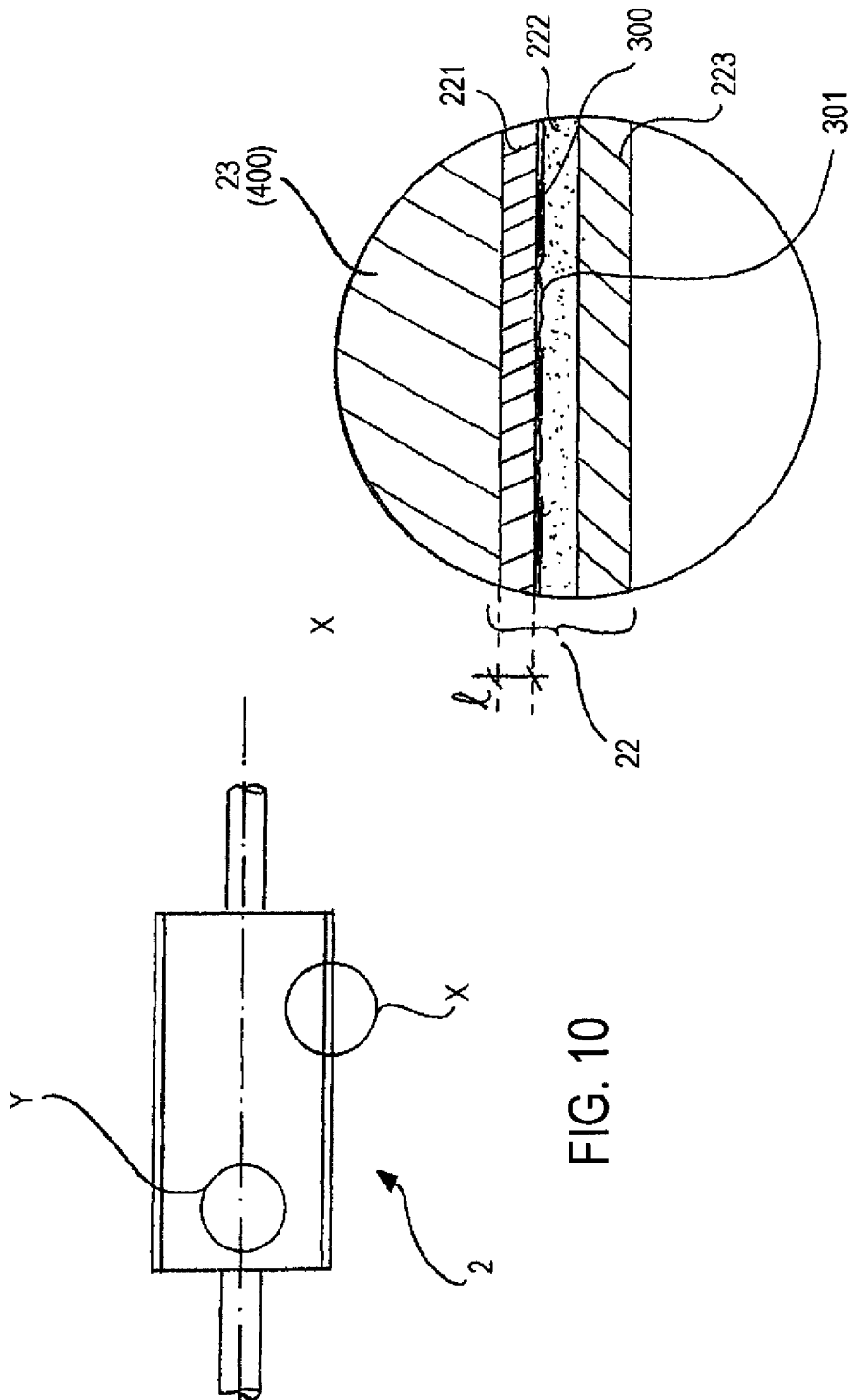


FIG. 11

FIG. 10

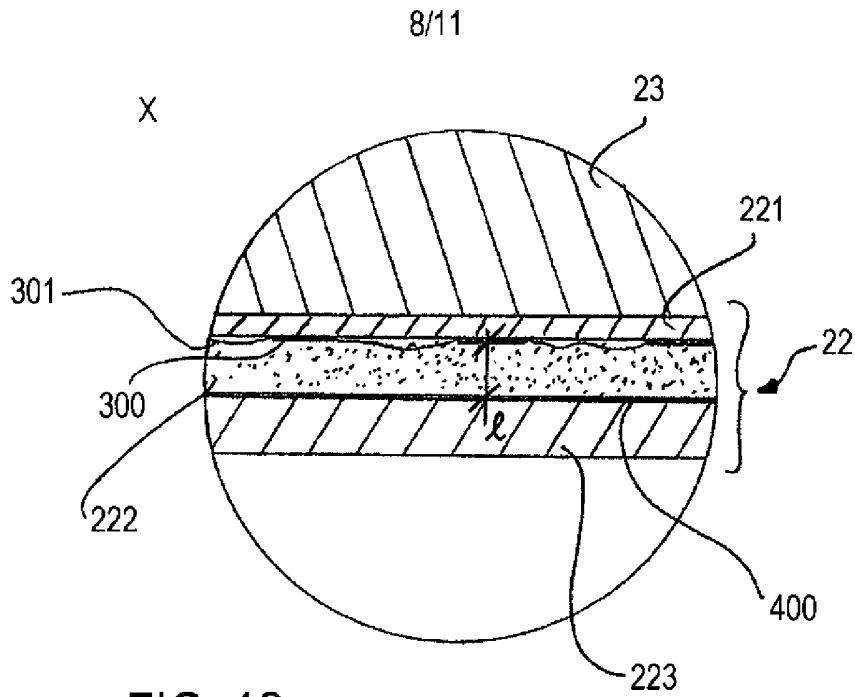


FIG. 12

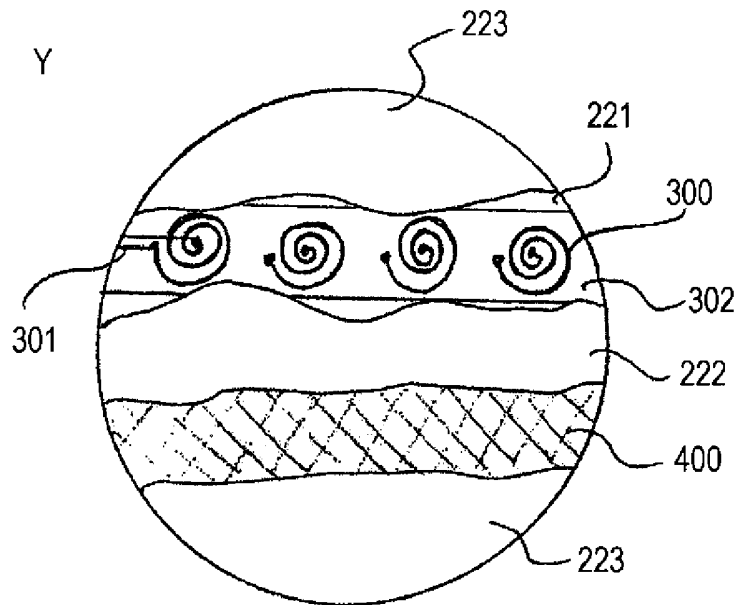


FIG. 13

9/11

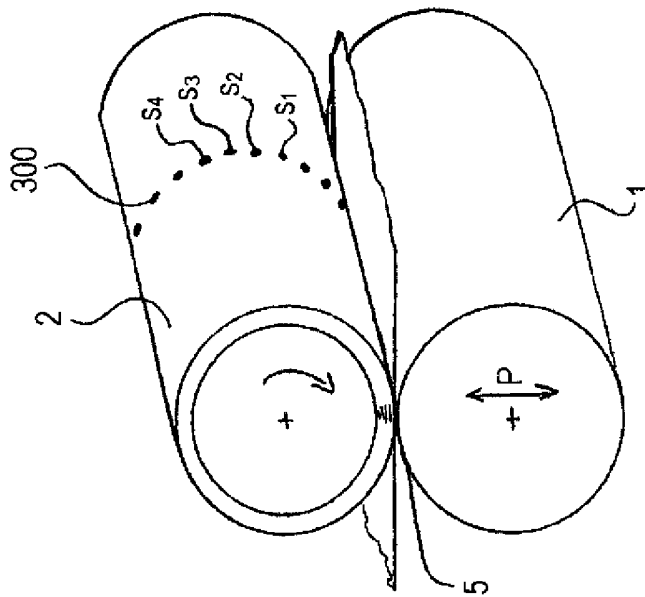
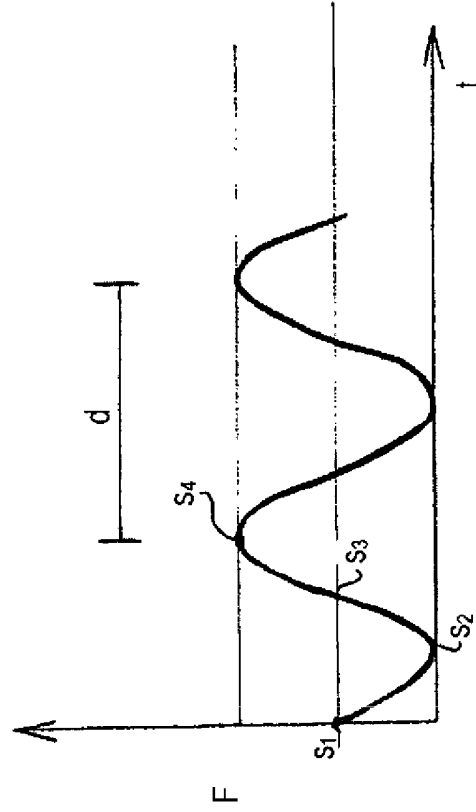


FIG. 14

FIG. 15



10/11

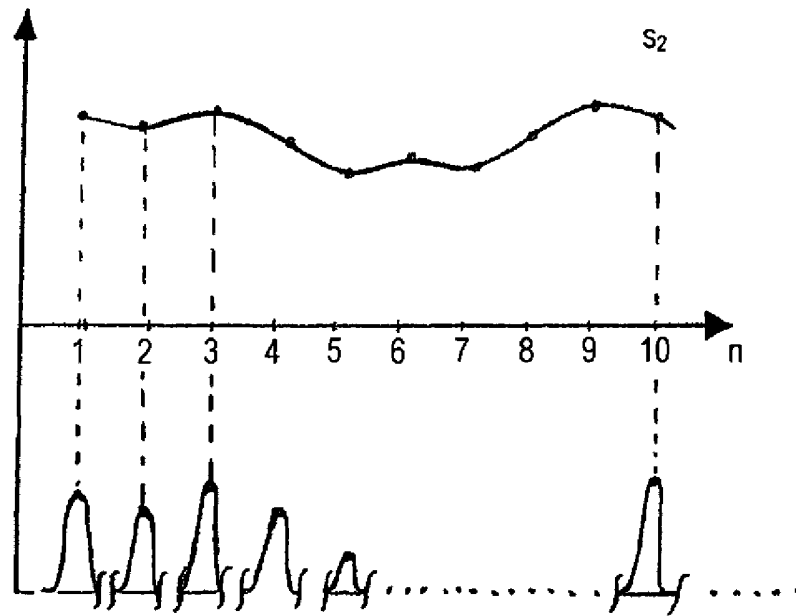


FIG. 16

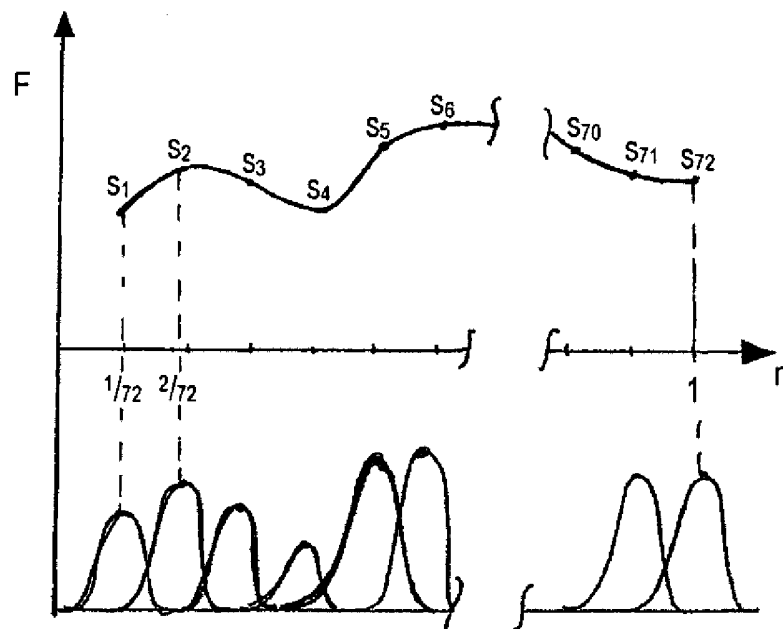


FIG. 17

11/11

