

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50284/2020
(22) Anmeldetag: 03.04.2020
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2022

(51) Int. Cl.: **B29C 45/84** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
JP 2013216030 A
JP 2013203044 A
JP 2001349407 A
US 2007093976 A1

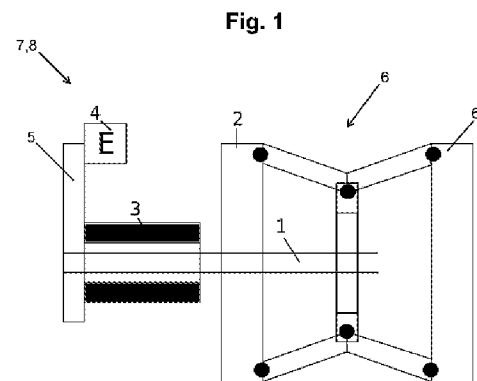
(73) Patentinhaber:
ENGEL AUSTRIA GmbH
4311 Schwertberg (AT)

(72) Erfinder:
Neuhold Andreas Dipl.Ing.
4020 Linz (AT)
Fraueneder Harald Dipl.Ing.
4451 Garsten (AT)

(74) Vertreter:
Robl Florian Mag. PhD
6020 Innsbruck (AT)
Maschler Christoph MMag. Dr.
6020 Innsbruck (AT)
Lercher Almar Dipl.-Phys. Dr.
6020 Innsbruck (AT)
Hofinger Stephan Dr.
6020 Innsbruck (AT)
Hechenleitner Bernhard Dipl.-Ing.(FH) Dr.
6020 Innsbruck (AT)
Gangl Markus Mag. Dr.
6020 Innsbruck (AT)

(54) **Verfahren zur Diagnose eines Zustandes wenigstens eines Bauteils einer Formgebungsmaschine**

(57) Verfahren zur Diagnose eines Zustandes wenigstens eines Bauteiles einer Formgebungsmaschine (7), wobei auf Basis einer an der Formgebungsmaschine (7) gemessenen Schwingung (11) ein Zustand des wenigstens einen Bauteiles ermittelt wird, wobei durch eine Antriebseinheit (3) der Formgebungsmaschine (7) derart ein Beschleunigen und/oder Abbremsen wenigstens eines an der Formgebungsmaschine (7) vorgesehenen beweglichen Elementes vorgenommen wird, dass die Schwingung (11) in einem vorgegebenen Frequenzbereich angeregt wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Diagnose eines Zustandes wenigstens eines Bauteils einer Formgebungsmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1, eine Formgebungsmaschine konfiguriert zur Durchführung eines solchen Verfahrens und ein Computerprogrammprodukt.

[0002] Unter Formgebungsmaschinen können Spritzgießmaschinen (insbesondere Kunststoff-Spritzgießmaschinen), Spritzpressen, Pressen und dergleichen verstanden werden. Im Folgenden soll der Stand der Technik anhand einer Spritzgießmaschine umrissen werden. Analoges gilt natürlich allgemein für Formgebungsmaschinen.

[0003] Es ist aus dem Stand der Technik bekannt, auf Basis einer an der Formgebungsmaschine gemessenen Schwingung einen Zustand wenigstens eines Bauteiles der Formgebungsmaschine zu ermitteln.

[0004] So ist es beispielsweise aus der US 2008/0111264 A1 bekannt, an einer Spritzgießmaschine Frequenzmessungen zur Überwachung der Spritzgießmaschine oder zur Detektion von auftretenden Schäden durchzuführen. Es wird gelehrt, Sensoren, mit denen eine Schwingung gemessen werden kann, an solchen Stellen der Spritzgießmaschine zu platzieren, an denen Schwingungsänderungen aufgrund von Schäden am deutlichsten nachweisbar sind. Solche Stellen sind beispielsweise mit einer Finite-Elemente-Analyse-Software oder durch Versuche auszumachen.

[0005] Die Schwingungsanregung erfolgt in diesem Fall entweder durch den laufenden Betrieb der Formgebungsmaschine oder durch eine externe Anregung. Eine solche externe Anregung ist im Stand der Technik auch als „Impuls-Hammermethode“ bekannt, bei welcher die Spritzgießmaschine durch einen kurzen Schlag (beispielsweise durch einen Hammer) zu einer Schwingung angeregt wird.

[0006] Eine weitere Methode geht aus der AT 13307 U1 hervor, wobei durch Schwingungssensoren an der Antriebsvorrichtung einer Plastifiziereinheit im laufenden Betrieb Schwingungen aufgezeichnet werden. Die aufgezeichneten Schwingungen werden anschließend mit Referenzschwingungen verglichen, wobei auf eine Beschädigung der Antriebsvorrichtung rückgeschlossen werden kann.

[0007] Weitere ähnliche Umsetzungen sind aus dem Stand der Technik durch die JP 2013 203044 A, die JP 2001 349407 A, die US 2007/093976 A1 oder die JP 2013 216030 A bekannt.

[0008] Auch die EP 2 102 728 B1 beschäftigt sich mit der Diagnose des Zustandes von Spritzgießmaschinen, wobei hierfür eigens an der Spritzgießmaschine Körperschallmessungen durchgeführt werden. Es wird beschrieben, dass während des laufenden Betriebes durch eine extra dafür angeordnete Körperschallmessenrichtung eine Messung durchgeführt wird, wobei anschließend über eine Spektralanalyse eine Frequenzverteilung ermittelt werden kann, wobei aus einem Vergleich einer Hüllkurve der Frequenzverteilung mit Vergleichskurven auf eine Beschädigung rückgeschlossen werden kann.

[0009] Nachteilig an den durch den Stand der Technik bekannten Verfahren ist, dass eine zusätzliche und teure Messsensorik gezielt an der Spritzgießmaschine angeordnet werden muss, wobei - wie bereits oben beschrieben - die Platzierung der Sensorik nicht trivial vornehmbar ist und bei einer Falschplatzierung der Sensoren Messwerte generiert werden, welche nicht aussagekräftig für eine Diagnose der Spritzgießmaschine sind.

[0010] Ein weiterer Nachteil der im Stand der Technik bekannten Verfahren besteht darin, dass die Spritzgießmaschinen global durch den laufenden Betrieb oder beispielsweise einen Hammer Schlag zu einer Schwingung angeregt werden, wodurch zwar eine für die gesamte Spritzgießmaschine aussagekräftige Schwingung festgestellt, jedoch nicht eindeutig auf einzelne Bauteile rückgeschlossen werden kann, wodurch bei einer Schwingungsveränderung zwar generell das Vorliegen eines Gebrechens detektierbar ist, dieses jedoch nicht eindeutig einem Bauteil zuge-

ordnet werden kann.

[0011] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes und/oder einfacheres und/oder aussagekräftigeres Verfahren zur Diagnose eines Zustandes wenigstens eines Bauteils einer Formgebungsmaschine, eine Formgebungsmaschine konfiguriert zur Durchführung eines solchen Verfahrens, sowie ein entsprechendes Computerprogrammprodukt bereitzustellen.

[0012] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Diagnose eines Zustandes wenigstens eines Bauteils einer Formgebungsmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, hinsichtlich einer Formgebungsmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 10 und hinsichtlich des Computerprogrammproduktes mit den Merkmalen des Anspruchs 13.

[0013] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass durch eine Antriebseinheit der Formgebungsmaschine derart ein Beschleunigen und/oder Abbremsen wenigstens eines an der Formgebungsmaschine vorgesehenen beweglichen Elements vorgenommen wird, dass eine Schwingung in einem vorgegebenen Frequenzbereich angeregt wird. Diese Schwingung kann anschließend gemessen werden und auf Basis dieser an der Formgebungsmaschine gemessenen Schwingung ein Zustand wenigstens eines Bauteils der Formgebungsmaschine ermittelt werden.

[0014] Es ist vorgesehen, dass der vorgegebene Frequenzbereich durch eine Breite von $\pm 5\%$ (in der Einheit Hz - Hertz) der Eigenfrequenz um die Eigenfrequenz des wenigstens einen zu diagnostizierenden Bauteils herum definiert wird.

[0015] Durch die erfindungsgemäße zielgerichtete, d. h. selektive, Schwingungsanregung in einem vorgegebenen Frequenzbereich wird die Möglichkeit geschaffen, eine Schwingung zu erzeugen, welche auf wenigstens ein Bauteil der Formgebungsmaschine angepasst ist, wobei auch bei einer Schwingung der gesamten Formgebungsmaschine über die Schwingungsauswertung zielgerichtet ein bestimmtes Bauteil - genauer gesagt: der Zustand eines bestimmten Bauteiles - analysiert werden kann.

[0016] Da im Wesentlichen jedes Bauteil einer Formgebungsmaschine einen unterschiedlichen Eigenfrequenzbereich aufweist, kann durch die gezielte Anregung in einem gewissen Frequenzbereich auch bei Schwingung der gesamten Formgebungsmaschine auf wenigstens ein Bauteil bei der Schwingungsanalyse abgezielt werden.

[0017] Somit wird beispielsweise die Möglichkeit geschaffen, bereits bestehende Messvorrichtungen an der Formgebungsmaschine für die Schwingungsmessung zu verwenden. So kann beispielsweise ein bestehender Sensor an einer Formgebungsmaschine zur Messung einer Schwingung und das bereits bestehende Antriebssystem zur Anregung verwendet werden.

[0018] Die Erfindung macht es auf einfache Art und Weise möglich, bereits bestehende Systeme, vorzugsweise ohne Erweiterung durch ein zusätzliches Messsystem, durch das erfindungsgemäße Verfahren zu diagnostizieren.

[0019] Durch die vorliegende Erfindung müssen Messvorrichtungen - genauer gesagt: deren Sensoren - nicht mehr an ganz bestimmten Positionen der Formgebungsmaschine angeordnet werden, da die Schwingungsmessung aufgrund des vorgegebenen Frequenzbereiches bereits gezielt auf wenigstens ein Bauteil abgestimmt werden kann und es nicht zusätzlich erforderlich ist, diese Schwingung an dem zu diagnostizierenden Bauteil abzunehmen, weil die Schwingung der gesamten Formgebungsmaschine bereits Aufschluss über den Zustand dieses wenigstens einen Bauteiles gibt.

[0020] Weiters ist es durch die Anregung in einem vorgegebenen Frequenzbereich möglich, genaueren Aufschluss über einen Zustand wenigstens eines Bauteiles der Formgebungsmaschine zu erlangen. Da die Schwingung zur Diagnostizierung auf einen gewissen Frequenzbereich beschränkt ist (welcher an das interessierende Bauteil angepasst ist), haben die restlichen Bauteile der Formgebungsmaschine wenig Einfluss auf die Diagnose, wodurch im Vergleich zur Anregung im laufenden Betrieb, bei dem die angeregte Schwingung mit ihrem Frequenzbereich nicht auf ein bestimmtes Bauteil abgestimmt ist, ein Zustand des wenigstens einen Bauteils genauer be-

stimmt werden kann, da die an das wenigstens eine Bauteil angepasste Schwingung vergleichsweise weniger mit anderen Bauteilen der Formgebungsmaschine wechselwirkt.

[0021] Unter Formgebungsmaschinen können beispielsweise Spritzgießmaschinen (insbesondere Kunststoff-Spritzgießmaschinen), Spritzpressen, Pressen oder dergleichen verstanden werden.

[0022] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0023] Es kann vorgesehen sein, den vorgegebenen Frequenzbereich derart zu wählen, dass wenigstens eine Eigenfrequenz des wenigstens einen zu diagnostizierenden Bauteils im vorgegebenen Frequenzbereich liegt. Im Speziellen bei der Anregung eines Frequenzbereiches, bei welchem die wenigstens eine Eigenfrequenz des zu diagnostizierenden wenigstens einen Bauteils innerhalb des Frequenzbereichs liegt, ergibt sich der besondere Vorteil einer besonders aussagekräftigen Schwingungsanregung, welche sehr aussagekräftige Rückschlüsse auf den Zustand des wenigstens einen Bauteils zulässt. Bevorzugt ist vorgesehen, dass der vorgegebene Frequenzbereich eng um die wenigstens eine Eigenfrequenz herum angeordnet ist, sodass eine ungewollte Anregung von Eigenfrequenzen anderer Bauteile als das interessierende Bauteile vermieden wird.

[0024] Die Eigenfrequenz(en) eines Bauteiles lässt bzw. lassen sich mittlerweile beispielsweise in einfacher Art und Weise durch Finite-Elemente-Programme ermitteln. Alternativ können jedoch auch die Eigenfrequenzen mittels Versuche festgestellt werden.

[0025] Es empfiehlt sich im Zuge der Erfindung zur Diagnose beispielsweise eine Eigenfrequenz (da Bauteile in der Regel wesentlich mehr als eine Eigenfrequenz aufweisen) zu wählen, welche sich gegenüber möglicher „Hintergrundgeräusche“ abgrenzt und sich bevorzugt von Eigenfrequenzen anderer Bauteile unterscheidet.

[0026] Unter Hintergrundgeräuschen sind Schwingungen der Formgebungsmaschine zu verstehen, welche sich bereits ohne zusätzliche Anregung über die Formgebungsmaschine ausbreiten und gegebenenfalls durch die Umgebung, beispielsweise durch in der Nähe befindlicher weiterer Formgebungsmaschinen, angeregt werden.

[0027] Vorzugsweise ist eine untere, absolute Grenze für einen Frequenzbereich festgelegt, welcher im Zuge der Erfindung anzuwenden ist, da die Schwingung mit geringerer Frequenz in einem Rauschteppich aus verschiedenen anderen immer vorhandenen Schwingungen untergehen würde und somit nicht mehr eindeutig identifizierbar wäre.

[0028] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass als Schwingung eine Schwingung der Formgebungsmaschine und/oder des wenigstens einen beweglichen Elements und/oder des wenigstens einen zu diagnostizierenden Bauteils angeregt wird.

[0029] Es kann vorgesehen sein, dass bei der Definition des vorgegebenen Frequenzbereiches wenigstens eine Umgebungsbedingung berücksichtigt wird.

[0030] Eine solche Umgebungsbedingung kann beispielsweise eine Temperatur, eine Schmierung oder auch eine Verschmutzung einer Führung an der Formgebungsmaschine sein. Diese beispielhaft genannten Umgebungsbedingungen beeinflussen maßgeblich eine Schwingung an der Formgebungsmaschine, da diese wesentlichen Anteil an einem Dämpfungsverhalten der Formgebungsmaschine haben, wobei bei einer Veränderung dieses Dämpfungsverhaltens sich natürlich auch die Schwingung oder der Schwingungsverlauf wesentlich ändern.

[0031] Durch die Berücksichtigung bereits bei der Definition des Frequenzbereiches kann bereits im Vorfeld eine Veränderung der Umgebungsbedingung berücksichtigt werden und eine Verfälschung des Messergebnisses durch diese Veränderung der Umgebung bereits im Vorfeld minimiert oder ausgeschlossen werden.

[0032] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass als bewegliches Element eine bewegliche Formaufspannplatte der Formgebungsmaschine verwendet wird, welche über eine Schließeinheit -

welche bevorzugt einen Kniehebelmechanismus aufweist - beschleunigt und/oder abgebremst wird.

[0033] Es sind jedoch auch Ausführungsvarianten denkbar, bei welchen beispielsweise ein Auswerferpaket einer Formgebungsmaschine und/oder die Plastifiziereinheit einer Formgebungsmaschine durch eine Antriebseinheit beschleunigt und/oder abgebremst werden, um eine Schwingung anzuregen.

[0034] Im Zuge des vorliegenden Dokumentes ist - wenn von einer Platte die Rede ist - nicht zwangsläufig von einer ebenen, planen Platte auszugehen. Diese kann auch über Vertiefungen und Erhöhungen verfügen. Auch Ausführungen mit Rippen zur Stabilisierung oder zur Erzeugung eines gewissen Verformungsverhaltens sind durchaus denkbar.

[0035] Im Grunde gilt hierbei, dass jegliches, bewegtes Teil an der Formgebungsmaschine dazu genutzt werden kann, um eine Schwingung an der Formgebungsmaschine anzuregen. Jedoch ist aus physikalischen Überlegungen anzumerken, dass umso größer die Masse des beweglichen Elementes ist, die Anregung einer Schwingung an der Formgebungsmaschine leichter durchführbar ist.

[0036] Es kann vorgesehen sein, dass eine Messvorrichtung der Formgebungsmaschine zur Messung der Schwingung verwendet wird. Wie bereits erwähnt, ist es durch die vorliegende Erfindung möglich, bereits bestehende Messvorrichtungen der Formgebungsmaschine zur Schwingungsmessung zu verwenden.

[0037] Durch die Anregung in einem gewissen definierten Frequenzbereich ist eine Diagnose wenigstens eines bestimmten Bauteiles durch eine Schwingung der gesamten Formgebungsmaschine mit hoher Präzision möglich, was das Vorsehen von zusätzlichen Messvorrichtungen an dem zu diagnostizierenden Bauteil erforderlich macht.

[0038] Als Messvorrichtungen der Formgebungsmaschine sind beispielsweise jegliche Art bestehender Sensoren zur Schwingungserfassung möglich, wobei vorzugsweise Beschleunigungssensoren, Positionssensoren und dergleichen herangezogen werden können.

[0039] Es kann vorgesehen sein, dass eine Messung der Schwingung durch Anregung in einem vorgegebenen Frequenzbereich mehrmals - vorzugsweise 5 bis 10 mal - durchgeführt wird und die Ergebnisse der Messung in einer statistischen ausgewerteten Rechengröße (z. B. als Mittelwert) zur Diagnose herangezogen werden. Durch ein solches Vorgehen der mehrmaligen Messung und der Ermittlung der Ergebnisse können zufällige Streuungen berücksichtigt werden und deren Auswirkung auf das Messergebnis reduziert werden. Diese mehrmalige Messung kann beispielsweise innerhalb eines Prüfzyklus durchgeführt werden, wobei durch das wenigstens eine Element mehrmals hintereinander eine Schwingung angeregt wird.

[0040] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass eine Frequenz der gemessenen Schwingung zur Diagnose mit einer Eigenfrequenz des zu diagnostizierenden wenigstens einen Bauteils in einem vordefinierten Zustand verglichen wird.

[0041] Diese Eigenfrequenz des zu diagnostizierenden wenigstens einen Bauteils in einem vordefinierten Zustand kann beispielsweise ein optimaler Zustand des Bauteiles sein, welches materialtechnisch einem Optimum entspricht (beispielsweise ohne Lunker und Materialverunreinigungen) und/oder keinen Verschleiß aufweist (beispielsweise noch keine Haarrisse ausgebildet sind) und/oder einer optimalen Betriebsbedingung unterliegt (beispielsweise optimal vorgespannt ist).

[0042] Es kann vorgesehen sein, dass bei einer Abweichung der Frequenz der gemessenen Schwingung von der Eigenfrequenz des zu diagnostizierenden wenigstens einen Bauteils in einem vordefinierten Zustand größer/gleich einer vorgegebenen Abweichung eine Beschädigung und/oder ein Gebrechen und/oder eine Fehleinstellung des wenigstens einen Bauteils festgestellt wird, wobei vorzugsweise eine Fehlermeldung ausgegeben wird.

[0043] In Bezug auf die Abweichung kann beispielsweise ein Toleranzbereich definiert sein, so dass ein hinzunehmender Verschleiß des wenigstens einen Bauteils berücksichtigt ist.

[0044] Die Fehlermeldung kann sich beispielsweise darauf beschränken, einem Bediener ein akustisches und/oder visuelles Warnsignal auszugeben. Jedoch kann auch vorgesehen sein, dass durch in Reaktion auf die Fehlermeldung automatisch eine Produktion gestoppt wird und/oder die Formgebungsmaschine automatisch in einen Ruhezustand versetzt wird.

[0045] Es kann vorgesehen sein, dass die Diagnose in einem eigens vorgesehenen Diagnosezyklus durchgeführt wird, welcher beispielsweise durch einen Bediener gestartet werden kann oder automatisch nach einer werkseitig vordefinierten Betriebsstundenzahl durchgeführt wird, um beispielsweise die Erfordernisse von Wartungsarbeiten feststellen zu können.

[0046] Weiters kann es vorgesehen sein, dass die Messergebnisse oder bereits die Ergebnisse der Diagnose über eine Datenübertragungsverbindung an den Hersteller der Formgebungsmaschine oder einen Wartungsdienstleister der Formgebungsmaschine übermittelt werden.

[0047] Die Datenübertragungsverbindung kann bevorzugt als Datenfernübertragungsverbindung ausgebildet sein. Die Datenfernübertragungsverbindung kann mittels einer LAN (Local Area Network), WLAN (Wireless Local Area Network), WAN (Wide Area Network) und/oder verschiedener (Internet-)Protokolle realisiert sein.

[0048] Die Datenübertragung und Weitergabe an den Hersteller oder einen Wartungsdienstleister kann aber auch über ein Speichermedium (USB, Festplattenlaufwerk) welches direkt mit der Steuer- oder Regeleinheit der Formgebungsmaschine verbunden wird, auf manuellen Weg erfolgen.

[0049] Weiters wird Schutz begehrt für eine Formgebungsmaschine mit

- wenigstens einem beweglichen Element, wobei eine Antriebseinheit dazu ausgebildet ist, das wenigstens eine bewegliche Element zu beschleunigen und/oder abzubremesen,
- wenigstens einer Messvorrichtung zur Messung einer Schwingung der Formgebungsmaschine und
- wenigstens einer Steuer- oder Regeleinheit, die dazu ausgebildet ist, ein erfindungsgemäßes Verfahren nach einem der diskutierten Ausführungsbeispiele durchzuführen.

[0050] Unter einer Steuer- oder Regeleinheit können solche Komponenten der Formgebungsmaschine verstanden werden, welche ein Ansteuern von Aktuatoren, Antrieben und/oder Antriebsreglern erlauben, was insbesondere sogenannte „speicherprogrammierbare Steuerungen“ (SPS) umfasst. Dies kann auch das Entgegennehmen von Sensordaten und Durchführung von Rechenvorgängen für einen Regelvorgang beinhalten, die je nach Regelschema in Echtzeit durchgeführt werden können.

[0051] Es kann vorgesehen sein, dass die Steuer- oder Regeleinheit der Formgebungsmaschine durch eine zentrale Maschinensteuerung der Formgebungsmaschine ausgeführt ist oder deren Aufgaben übernimmt.

[0052] Vorzugsweise ist die Antriebseinheit als Rotationsantrieb ausgebildet, welche die Rotationsbewegung über wenigstens einen Riemen an die Formgebungsmaschine überträgt.

[0053] Es kann vorgesehen sein, dass die Antriebseinheit wenigstens einen Encoder aufweist, welcher als Sensor der Messvorrichtung zur Messung einer Schwingung ausgebildet ist.

[0054] Des Weiteren wird Schutz begehrt für ein Computerprogrammprodukt umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, ein erfindungsgemäßes Verfahren auszuführen.

[0055] Weitere beispielhafte Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sind in den Figuren und der nachstehenden Figurenbeschreibung ersichtlich. Dabei zeigen:

[0056] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Formgebungsmaschine,

[0057] Fig. 2 einen schematischen Ablauf eines beispielhaften Verfahrens entsprechend der Erfindung,

[0058] Fig. 3a,b beispielhafte Profildynamik des Geschwindigkeitsverlaufes einer Schließeinheit zu Schwingungsanregung, und

[0059] Fig. 4 eine beispielhafte Frequenzanalyse.

[0060] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Formgebungsmaschine 7 gemäß der Erfindung. Genauer gesagt ist dabei in Fig. 1 eine Schließeinheit 8 der Formgebungsmaschine 7 dargestellt, bei welcher eine bewegliche Formaufspannplatte 9 mittels eines Kniehebelmechanismus 6, der sich an einer Stirnplatte 2 abstützt, bewegt werden kann. Eine an sich bekannte Plastifizier- und Einspritzeinheit und mögliche Peripheriegeräte sind nicht dargestellt.

[0061] Der Kniehebelmechanismus 6 wird in diesem Ausführungsbeispiel über eine Hohlwelle 1 durch eine Antriebseinheit 3 angetrieben, wobei die Antriebseinheit 3 in diesem speziellen Ausführungsbeispiel als Spindeltrieb ausgebildet ist.

[0062] Die Antriebseinheit 3 wird über einen Riemen 5 mit einem Encoder 4 verbunden. Diese Ausgestaltung einer Antriebseinheit 3, welche mit einem Encoder 4 über einen Riemen 5 verbunden ist, ist aus dem Stand der Technik bekannt und wird dazu verwendet, über den Encoder 4 eine Position der Antriebseinheit 3 und/oder der Schließeinheit 8 festzustellen.

[0063] Fig. 2 zeigt einen schematischen Ablauf eines beispielhaften Verfahrens entsprechend der Erfindung. Zur Einleitung des Verfahrens zur Diagnose eines Zustandes wenigstens eines Bauteiles der Formgebungsmaschine 7 wird zunächst durch Beschleunigen oder Abbremsen wenigstens eines an der Formgebungsmaschine 7 vorgesehenen beweglichen Elementes (beispielsweise der beweglichen Formaufspannplatte 9) durch entsprechende Steuer- oder Regelung der Antriebseinheit 3 eine Schwingung 11 in einem vorgegebenen Frequenzbereich angeregt.

[0064] Je nach gewünschtem Frequenzbereich der Schwingung 11 kann die Anregung durch die Antriebseinheit 3 verändert werden.

[0065] Anschließend kann über eine Messvorrichtung 10 der Formgebungsmaschine 7 (beispielsweise einen Encoder 4) eine Schwingung 11 festgestellt werden. Diese durch die Messvorrichtung 10 gemessene Schwingung 11 kann anschließend an eine Steuer- oder Regeleinheit 12 der Formgebungsmaschine übermittelt werden.

[0066] Das Anregen zu einer Schwingung 11 in einem vorgegebenen Frequenzbereich und Messung durch die Messvorrichtung 10 kann durch die Steuer- oder Regeleinheit 12 n-mal wiederholt werden (wobei n größer gleich 1 gilt, vorzugsweise ist eine 5 bis 10 malige Wiederholung vorgesehen), um durch ein gemittelt Messergebnis gegebenenfalls vorliegende, unvorhersehbare Ausreißer berücksichtigen zu können.

[0067] Die Steuer- oder Regeleinheit 12 der Formgebungsmaschine kann nach erfolgtem Messprozedere die Ergebnisse auswerten und bei einer Abweichung der Frequenz der Schwingung 11 zu einer zuvor definierten Eigenfrequenz eines zu diagnostizierenden Bauteils größer einer zu tolerierenden Abweichung eine Fehlermeldung 13 ausgeben.

[0068] Diese Fehlermeldung 13 kann sich als akustisches und/oder visuelles Signal einem Bediener der Formgebungsmaschine 7 erkennbar machen. Es kann jedoch auch alternativ oder zusätzlich vorgesehen sein, dass die Formgebungsmaschine 7 automatisch durch die Steuer- oder Regeleinheit 12 in einen Ruhezustand versetzt wird.

[0069] Zusätzlich kann es, wie in Fig. 2 durch die strichlierte Kette angezeigt, vorgesehen sein, dass die Signale der Messvorrichtung 10 durch die Steuer- oder Regeleinheit 12 mittels einer Datenübertragungsverbindung 14 an ein externes Speichermedium und/oder Berechnungsmedium 15 übermittelt werden.

[0070] Die Berechnung einer Abweichung der Frequenz der Schwingung 11 zu einer Eigenfrequenz des zu diagnostizierenden Bauteils kann auch in diesem externen Speichermedium und/oder Berechnungsmedium 15 durchgeführt werden, wobei die Abweichung oder das Diagnoseergebnis an eine externe Person oder ein externes Unternehmen 16 weitergegeben werden kann.

[0071] Die externe Person oder das externe Unternehmen 16 können beispielsweise ein Eigentümer oder eine andere Person des Unternehmens sein, welche per Fernüberwachung die Produktion der Formgebungsmaschine 7 überwachen oder steuern. Auch ein Zugriff durch ein Wartungsunternehmen oder einen Formgebungsmaschinenhersteller ist durchaus vorstellbar.

[0072] Bei einem Beispiel einer Schließ- und/oder Öffnungsfahrt einer Schließeinheit 8 mittels einer beweglichen Formaufspannplatte 9 zur Anregung der Schwingung 11 ergeben sich folgende charakteristische Größen zur Veränderung des Frequenzbereiches:

- gefahrener Hub,
- Geschwindigkeit,
- aufgebaute Schließkraft, und
- Profildynamik.

[0073] Fig. 3a und 3b zeigen, wie beispielhafte die Profildynamik des Geschwindigkeitsverlaufes einer Schließeinheit 8 verändert werden kann, um ein zu diagnostizierendes Bauteil und/oder die Schließeinheit 8 und/oder die gesamte Formgebungsmaschine 7 zu einer Schwingung 11 in einem definierten Frequenzbereich anzuregen. Die Y-Achse gibt dabei die Beschleunigung in willkürlichen Einheiten wieder.

[0074] Dabei zeigt Fig. 3a die Profildynamik des Geschwindigkeitsverlaufes einer Schließeinheit 8, genauer gesagt den Geschwindigkeitsverlauf einer beweglichen Formaufspannplatte 9 im normalen Produktionszyklus, wobei auf der linken Seite die Öffnungsbewegung dargestellt ist und auf der rechten Seite die Schließbewegung.

[0075] Fig. 3b zeigt eine angepasste Profildynamik zur Anregung einer Schwingung 11, wobei wiederum links die Öffnungsbewegung dargestellt ist und rechts die Schließbewegung.

[0076] Aus dem direkten Vergleich der Fig. 3a zu 3b ist erkennbar, wie durch die Profildynamik-Einstellung eine sehr gute Möglichkeit geschaffen wird, eine Schwingung 11 in einem gewissen Frequenzbereich anzuregen, auch bei geringer zur Verfügung stehender Bewegungsfreiheit (wie beispielsweise dem Hub der beweglichen Formaufspannplatte 9).

[0077] Fig. 4 zeigt nun eine beispielhafte Frequenzanalyse, wobei eine Formgebungsmaschine 7 zu einer Schwingung angeregt wurde, welche als durchgezogene Linie dargestellt ist.

[0078] Anschließend wurde eine Messung durch eine Messvorrichtung 10 an der Formgebungsmaschine 7 durchgeführt, wobei die gemessene Schwingung 11 durch die strichlierte Linie dargestellt ist.

[0079] Es ist zu erkennen, dass sich in einem Frequenzbereich von X ein Ausschlag der Amplitude der gemessenen Schwingung 11 bildet, welcher direkten Aufschluss auf den Zustand des wenigstens einen zu diagnostizierenden Bauteils liefert.

[0080] Da nun im optimalen Fall eine Eigenfrequenz des wenigstens einen zu diagnostizierenden Bauteils von Y definiert wurde, kann eine Frequenzabweichung der Schwingung von ca. Z festgestellt werden, wobei aus Versuchen festgestellt wurde, dass bereits ab einer Abweichung kleiner Z ein Gebrechen des wenigstens einen zu diagnostizierenden Bauteils vorauszusetzen ist.

[0081] Folglich kann in diesem Fall durch die Steuer- oder Regeleinheit 12 eine Fehlermeldung 13 ausgegeben werden.

BEZUGSZEICHENLISTE:

- 1 Hohlwelle
- 2 Stirnplatte
- 3 Antriebseinheit
- 4 Encoder
- 5 Riemen
- 6 Kniehebelmechanismus
- 7 Formgebungsmaschine
- 8 Schließeinheit
- 9 bewegliche Formaufspannplatte
- 10 Messvorrichtung
- 11 Schwingung
- 12 Steuer- oder Regeleinheit
- 13 Fehlermeldung
- 14 Datenübertragungsverbindung
- 15 externes Speichermedium und/oder Berechnungsmedium
- 16 externe Person oder externes Unternehmen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Diagnose eines Zustandes wenigstens eines Bauteiles einer Formgebungsmaschine (7), wobei auf Basis einer an der Formgebungsmaschine (7) gemessenen Schwingung (11) ein Zustand des wenigstens einen Bauteiles ermittelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch eine Antriebseinheit (3) der Formgebungsmaschine (7) derart ein Beschleunigen und/oder Abbremsen wenigstens eines an der Formgebungsmaschine (7) vorgesehenen beweglichen Elementes vorgenommen wird, dass die Schwingung (11) in einem vorgegebenen Frequenzbereich angeregt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der vorgegebene Frequenzbereich durch eine Breite von plus/minus 5 % der Eigenfrequenz um die Eigenfrequenz des wenigstens einen zu diagnostizierenden Bauteils herum definiert wird.
2. Verfahren nach dem vorangegangenen Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass der vorgegebene Frequenzbereich derart gewählt ist, dass wenigstens eine Eigenfrequenz des wenigstens einen zu diagnostizierenden Bauteils im vorgegebenen Frequenzbereich liegt.
3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Schwingung (11) eine Schwingung der Formgebungsmaschine (7) und/oder des wenigstens einen beweglichen Elementes und/oder des wenigstens einen zu diagnostizierenden Bauteils angeregt wird.
4. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Definition des vorgegebenen Frequenzbereiches wenigstens eine Umgebungsbedingung berücksichtigt wird.
5. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als bewegliches Element eine bewegliche Formaufspannplatte (9) einer Formgebungsmaschine (7) verwendet wird, welche über eine Schließeinheit (8), welche bevorzugt einen Kniehebelmechanismus (6) aufweist, beschleunigt und/oder abgebremst wird.
6. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Messvorrichtung (10) der Formgebungsmaschine (7) zur Messung der Schwingung (11) verwendet wird.
7. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Messung der Schwingung (11) durch Anregung in einem vorgegebenen Frequenzbereich mehrmals - vorzugsweise 5 bis 10 mal - durchgeführt wird, und die Ergebnisse der Messungen als Mittelwert zur Diagnose herangezogen werden.
8. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Frequenz der gemessenen Schwingung (11) zur Diagnose mit einer Eigenfrequenz des zu diagnostizierenden wenigstens einen Bauteils in einem vordefinierten Zustand verglichen wird.
9. Verfahren nach dem vorangegangenen Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Abweichung der Frequenz der gemessenen Schwingung (11) zu der Eigenfrequenz des zu diagnostizierenden wenigstens einen Bauteils in dem vordefinierten Zustand größer/gleich einer vorgegebenen Abweichung eine Beschädigung und/oder ein Gebrechen und/oder eine Fehleinstellung des wenigstens einen Bauteils festgestellt wird, wobei vorzugsweise eine Fehlermeldung ausgegeben wird.
10. Formgebungsmaschine mit
 - wenigstens einem beweglichen Element, wobei eine Antriebseinheit (3) dazu ausgebildet ist, das wenigstens eine bewegliche Element zu beschleunigen und/oder abzubremesen,
 - wenigstens einer Messvorrichtung (10) zur Messung einer Schwingung (11) der Formgebungsmaschine (7) und
 - wenigstens einer Steuer- oder Regeleinheit (12), die dazu ausgebildet ist, ein Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9 durchzuführen.

11. Formgebungsmaschine nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, die Antriebseinheit (3) als Rotationsantrieb ausgebildet ist, welcher die Rotationsbewegung über wenigstens einen Riemen (5) an die Formgebungsmaschine (7) überträgt.
12. Formgebungsmaschine nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, die Antriebseinheit (3) wenigstens einen Encoder (4) aufweist, welcher als Sensor der Messvorrichtung (10) zur Messung einer Schwingung (11) ausgebildet ist.
13. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programmes durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9 auszuführen.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

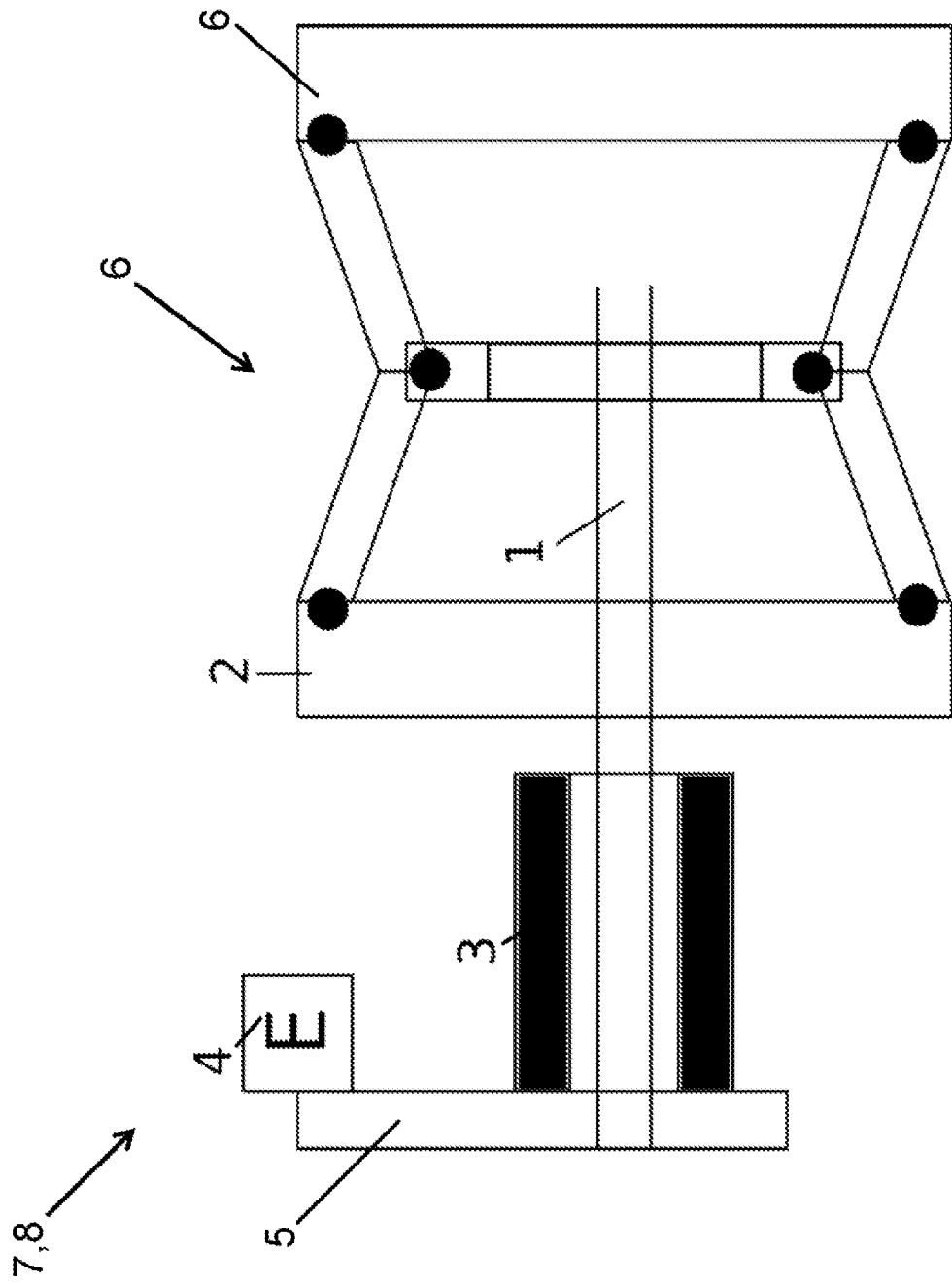


Fig. 2

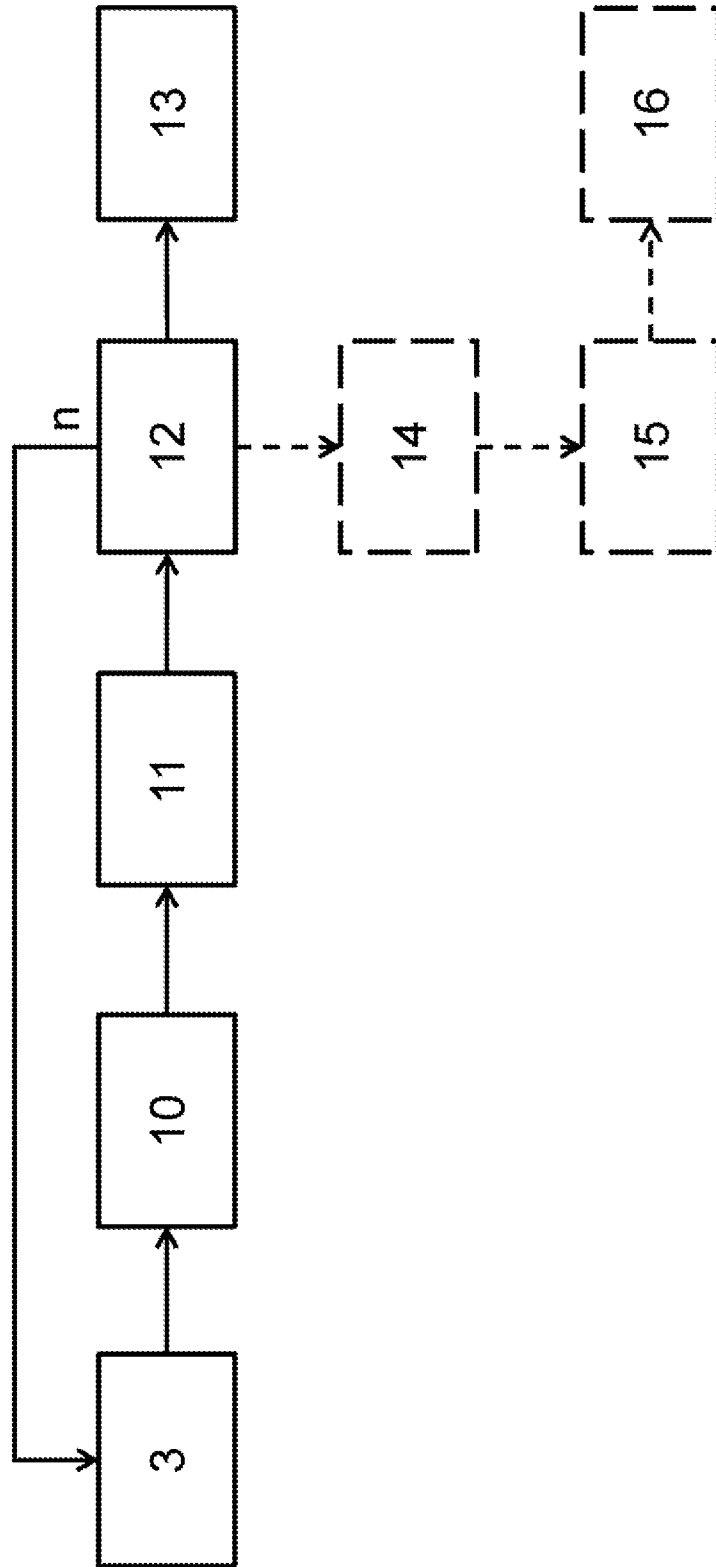


Fig. 3a

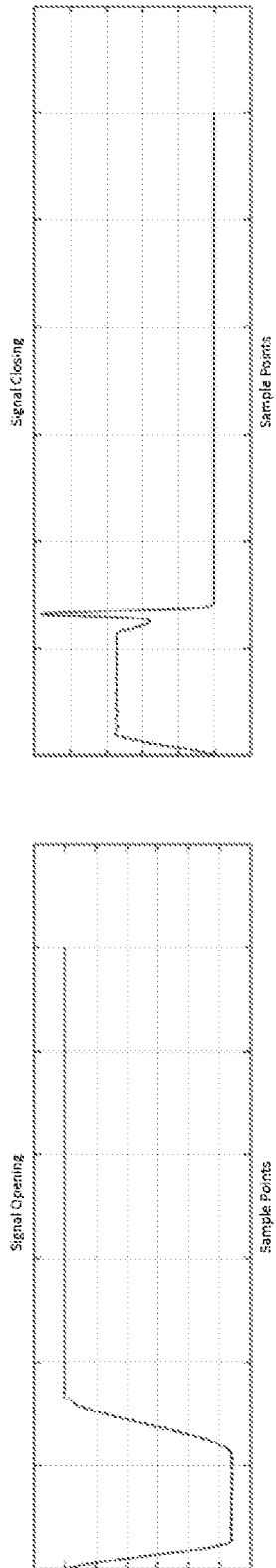


Fig. 3b

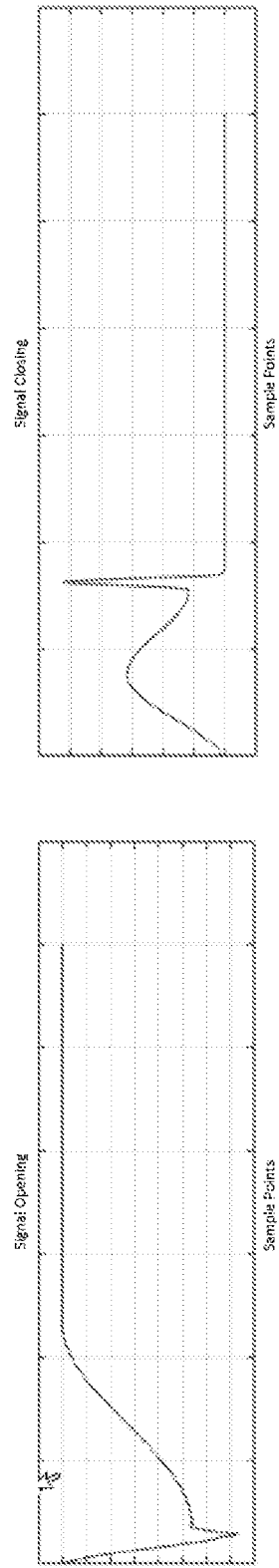


Fig. 4

