



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 40 697 A1 2004.10.07**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 40 697.2**
 (22) Anmeldetag: **04.09.2003**
 (43) Offenlegungstag: **07.10.2004**

(51) Int Cl.7: **B23Q 17/12**

(66) Innere Priorität:
103 13 537.5 26.03.2003

(72) Erfinder:
Aschenbach, Bernd, 98593 Kleinschmalkalden, DE; Bartelmä, Frank, 98587 Altersbach, DE

(71) Anmelder:
GFE-Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung Schmalkalden/Chemnitz mbH, 98574 Schmalkalden, DE

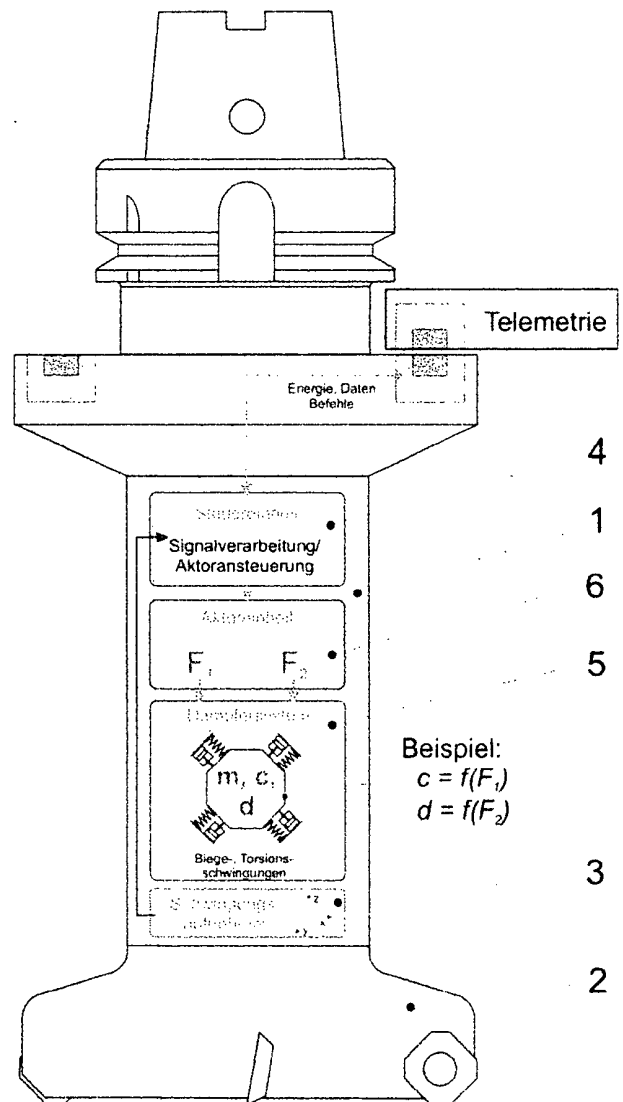
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Einrichtung zum Erfassen, Bewerten und Verändern des dynamischen Verhaltens von Rotierenden Zerspanungswerkzeugen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Erfassen, Bewerten und Verändern des dynamischen Verhaltens von rotierenden Zerspanungswerkzeugen, wobei zunächst Schwingungen oder Körperschallsignale vom spanenden Werkzeug aus mehreren Richtungen x, y, z von Schwingungsaufnehmern erfasst und nach entsprechender Verstärkung in einem Rechner zur Auswertung gebracht werden.

Es wurde von der Aufgabenstellung ausgegangen, ein Bearbeitungswerkzeug derart auszubilden, dass durch die Erfassung und aktive Kompensation jeglicher axialer als auch radialer Schwingungen die angestrebten bzw. geforderten Bearbeitungsqualitäten zuverlässig eingehalten und über den gesamten Bearbeitungsprozess gesichert werden.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht darin, dass im Werkzeugenschaft (1) des Bearbeitungswerkzeuges alle zur Dämpfung von Schwingungen bestimmten Funktionselemente angeordnet sind, wobei im Werkzeugkopf (2) dreidimensional erfassende Schwingungsaufnehmer (3) angeordnet sind, die mit einer Steuerungseinheit (4) gekoppelt und von dieser nach erfolgter Signalverarbeitung und Handlungslogik über eine Aktoreinheit (6) auf ein Dämpfungssystem (5) einwirken und wobei die Einrichtung am Bearbeitungswerkzeug durch eine Telemetrieinheit mit einer CNC-Steuerung einer Bearbeitungsmaschine verbunden ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Erfassen, Bewerten und Verändern des dynamischen Verhaltens von rotierenden Zerspanungswerkzeugen, wobei zunächst Schwingungen oder Körperschallsignale vom spanenden Werkzeug aus mehreren Richtungen, x, y, z, von Schwingungsaufnehmern erfasst und nach entsprechender Verstärkung in einem Rechner zur Auswertung gebracht werden.

[0002] Ein genereller Trend bei der Weiterentwicklung der spanenden Produktionstechnik mit den ständig anspruchsvolleren Forderungen an die Wirtschaftlichkeit und Fertigungsgenauigkeit besteht vor allem in der ständigen Erhöhung des Intelligenzgrades technischer Systeme.

[0003] Schwerpunkte hierbei bilden die Vervollkommnung der Spannsysteme unter NSC- und HPC-Bedingungen, die Schaffung neuer hochleistungsfähiger Zerspanungswerkzeuge mit Verbesserungen ihrer dynamischen Stabilität einschließlich ihrer Wuchtkonzepte und schließlich auch die Mittel zur messtechnischen Erfassung dynamischer Eigenschaften sowie die Anpassung bzw. Integration des Werkzeugsystems in die Steuerungskonzepte der Bearbeitungsmaschine.

[0004] Besondere Bedeutung kommt zunehmend der besseren Beherrschung der Wuchtprobleme zwischen den Bearbeitungs- und zur Signalgewinnung bestimmten Messzyklen am Zerspanungswerkzeug bei, weil davon das Arbeitsergebnis, wie beispielsweise die Rundheit einer Bohrung oder die Oberflächengüte spanend bearbeiteter Oberflächen in hohem Maße abhängig ist.

Stand der Technik

[0005] Um diesem Problem wirksam beizukommen, sieht der bekannte Stand der Technik verschiedene Lösungsansätze vor.

[0006] So sieht die DE 19825373 eine Einspannung eines Werkzeuges, beispielhaft eines Fräasers vor, bei der Schwingungs- oder Rattererscheinungen unterdrückt oder gedämpft werden sollen, indem in den Kraftschluss zwischen dem Werkzeug und der Werkzeugaufnahme mindestens ein statisch nachgiebiges Element mit hoher Dämpfung, z.B. ein Gummielement in Form eines O-Ringes eingefügt ist. Aufgrund dieser dämpfenden Einspannung kann das Werkzeug gegenüber der Werkzeugaufnahme federnd nachgeben, so dass ein Rattern des Werkzeuges vermieden werden kann.

[0007] Dieser Lösungsvorschlag mag für lediglich Halterung und Werkzeugeinspannung tauglich sein. Für eine komplexe Lösung zur Beherrschung und Minimierung von Schwingungen ist sie angesichts der Vielfalt der zu beherrschenden Einflussgrößen und der Werkzeugmodifikationen weniger geeignet.

[0008] Im wesentlichen gleichartig sind die in Vorschlag gebrachten Lösungen zur Signalgewinnung,

-Bewertung und Verarbeitung zu bewerten, wie sie in den Schutzrechtsschriften DE-GM 9403901.1, DE-4436445 A1, DE 3733130 A1 dargestellt und beschrieben sind.

[0009] Demgegenüber sieht die DE 19725770 C2 die Verwendung einer Vorrichtung zur Dämpfung von Schwingungen eines elastischen Systems vor, mit einem Schwingungstilger, der eine über eine Feder elastisch ankoppelbare Masse aufweist und wobei die Tilgereigenfrequenz des Schwingungstilgers mit einer Eigenfrequenz des elastischen Systems zusammenfällt.

[0010] Die Masse ist hierbei über einen ansteuerbaren und in der Arbeitsrichtung des Schwingungstilgers längenveränderlichen Aktuator angekoppelt und wobei eine Steuerung zur Ansteuerung des Aktuators vorgesehen ist, um den passiv wirkenden Schwingungstilger aktiv, auch bei Frequenzen, die nicht direkt mit der Tilgereigenfrequenz zusammenfallen, wirksam anzuregen, um so den jeweils wirksamen Frequenzbereich des Schwingungstilgers zu erweitern.

[0011] Diese Vorrichtung ist bevorzugt an Einrichtungen oder Maschinen, wie etwa Triebwerken, anzuwenden wo es darauf ankommt an axial wirkenden Systemen verbesserte Verhältnisse im Schwingungsverhalten zu schaffen. Bei Werkzeugmaschinen und Bearbeitungswerkzeugen in der Art von spanbildenden Zerspanungswerkzeugen, wie etwa Bohr-, Reib- oder Fräswerkzeugen reicht die hier angegebene Art und Weise der Schwingungstilgung im System Maschine-Werkzeug nicht aus um besonders auch unter den Bedingungen einer HSC- und HPC-Bearbeitung befriedigende, außerhalb des Einflusses nachteilig wirkender Masse- und Bearbeitungsschwingungen stehender Arbeitsergebnisse zu erreichen.

[0012] Insgesamt gesehen sind die bislang angewendeten Dämpfungssysteme an rotierenden Zerspanungswerkzeugen, wie die Werkstoff- und geometriebedingte Dämpfung, die Reibungsdämpfung an Kontaktflächen oder Bauteilverbindungen, oder auch die auf eine Frequenz feststellbaren Dämpfer- oder Tilgerkonzepte, basierend auf festabgestimmte Masse/Feder/Dämpfungsanordnungen nicht gut geeignet, eine entsprechende Beeinflussung des Schwingungsverhaltens während des Zerspanungsprozesses zu ermöglichen.

[0013] Diese als Nachteile zu bewertenden Umstände in der spanenden Bearbeitungstechnik zu überwinden oder zu verringern, ist der Zweck der vorliegenden Erfindung.

Aufgabenstellung

[0014] Dabei wird von der Aufgabenstellung ausgegangen, ein Bearbeitungswerkzeug so auszubilden, dass mit der Erfassung und aktiven Kompensation jeglicher axialer als auch radialer Schwingungen, auch bei in Arbeit stehendem Werkzeug die ange-

strebten und geforderten Bearbeitungsqualitäten zuverlässig eingehalten und über den gesamten Bearbeitungsprozess gesichert werden können.

[0015] Diese Aufgabe wird bei der gegenständlichen Einrichtung zum Erfassen, Bewerten und Verändern des dynamischen Verhaltens von rotierenden Zerspanungswerkzeugen mit den kennzeichnenden Merkmalen der Patentsprüche gelöst.

[0016] Die erfindungsgemäße Einrichtung ist funktioneller Bestandteil von zur Gattung intelligenter Werkzeuge gehörenden Zerspanungswerkzeugen, wobei es durch ihre Anwendung möglich geworden ist, während des eingeleiteten Bearbeitungsprozesses fortlaufend das Schwingungsverhalten des Systems Maschinenspindel-Werkzeugaufnahme-Werkzeug sowohl bei radialen Belastungsbedingungen als auch bei in axialer Richtung eingetragenen oder wirkenden Schwingungen aufzunehmen, zu überwachen und nötigenfalls durch selbsttätig arbeitende Steuerungsmechanismen zu verändern, um die Anforderungen an das Arbeitsergebnis zu erfüllen.

[0017] Die erfindungsgemäße Einrichtung ist immanenter Bestandteil des Werkzeuges und schließt, im Werkzeugschaft oder extern alle Bau- und Funktionselemente ein, die das automatisch arbeitende Dämpfungssystem zur Beherrschung des dynamischen Verhaltens des Zerspanungswerkzeuges umfassen. Angesichts der im Stand der Technik aufgezeigten Lösungswege ist dabei ein Vervollkommen bei der Beeinflussung und Veränderung des Schwingungsverhaltens besagter Werkzeuge erreicht worden, auch dahingehend, über einen großen Drehzahlbereich und/oder Frequenzbereich eine wirkungsvollere Dämpfung zu realisieren.

Ausführungsbeispiel

[0018] Die Erfindung soll anhand einer Zeichnung an einem dort dargestellten Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

[0019] Es zeigt:

[0020] **Fig. 1** ein Ausführungsform der Erfindung an einen Fräswerkzeug, schematischer Darstellung;

[0021] **Fig. 2** eine weitere Ausführungsform analog **Fig. 1**, jedoch mit hochdynamischer Aktor-/Dämpferanordnung

[0022] **Fig. 3** den schematisch dargestellten Querschnitt für eine radial wirkende Beschleunigung „a“ und die im System generierte Gegenbeschleunigung „-a“, die sich in ihren Wirkungen aufheben.

[0023] In dem in prinzipieller Weise ausgeführten Werkzeugschaft **1** mit an diesem angeordneten Werkzeugkopf **2** sind im Nahbereich des Werkzeugkopfes **2** die dreidimensional arbeitenden Schwingungsaufnehmer **3** angeordnet, die mit einer der Signalverarbeitung und der Aktorsteuerung dienenden Steuerungseinheit **4** verbunden sind.

[0024] Von dieser Steuereinheit **4** unmittelbar ansteuerbar ist im Werkzeugschaft **1** eine Aktoreinheit **6** vorgesehen, von der über verschiedene Kanäle das

eigentliche Dämpfersystem **5** beeinflusst wird. Dieses Dämpfersystem vermag über entsprechende Funktionselemente eine Veränderung der resultierenden Federsteife c sowie der elementaren Dämpfung d vorzunehmen und die Eigenschaftswerte der resultierenden Dämpfung der Werkzeugschwingungen zu verändern.

[0025] Bei der in **Fig. 2** prinzipiell dargestellten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einrichtung bewirkt ein adaptives Dämpfersystem **7** die Beeinflussung der Hauptschwingung, d.h. jener Schwingung, durch die der höchste Energieeintrag in das Gesamtsystem bewirkt wird. Das wird, wie in **Fig. 3** veranschaulicht, durch gegenphasige Schwingungserzeugung erreicht oder zumindest im angestrebten Umfang minimiert. Symbolhaft ist dort gezeigt, wie eine radial wirkende Beschleunigung „+a“ durch die aktorische Komponente im System generierte Gegenbeschleunigung „-a“ kompensiert wird.

Patentansprüche

1. Einrichtung zum Erfassen, Bewerten und Verändern des dynamischen Verhaltens von rotierenden Zerspanungswerkzeugen, bei der die Schwingungen und/oder Körperschallsignale durch das spanende Werkzeug in mehreren Achsen x ; y ; z von Schwingungsaufnehmern erfasst und in einem Rechner zur Auswertung gebracht werden, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

– im Werkzeugschaft (**1**) sind alle zur Dämpfung von Schwingungen bestimmten Funktionsmerkmale angeordnet, wobei

– in unmittelbarer Nachbarschaft des Werkzeugkopfes (**2**) dreidimensional erfassende Schwingungsaufnehmer (**3**) angeordnet sind, die mit einer Steuerungseinheit (**4**) gekoppelt und von dieser nach erfolgter Signalverarbeitung und Handlungslogik über eine Aktoreinheit (**6**) auf ein unmittelbar axial hinter den Schwingungsaufnehmern (**3**) angeordneter Dämpfersystem (**5**) einwirken und wobei

– die Einrichtung durch eine Telemetrieinheit mit einer CNC-Steuerung einer Bearbeitungsmaschine verbunden ist.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (**4**) im hinteren Teil des Werkzeugschaftes (**1**) angeordnet ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (**4**) telemetriegekoppelt und stationär angeordnet ist

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

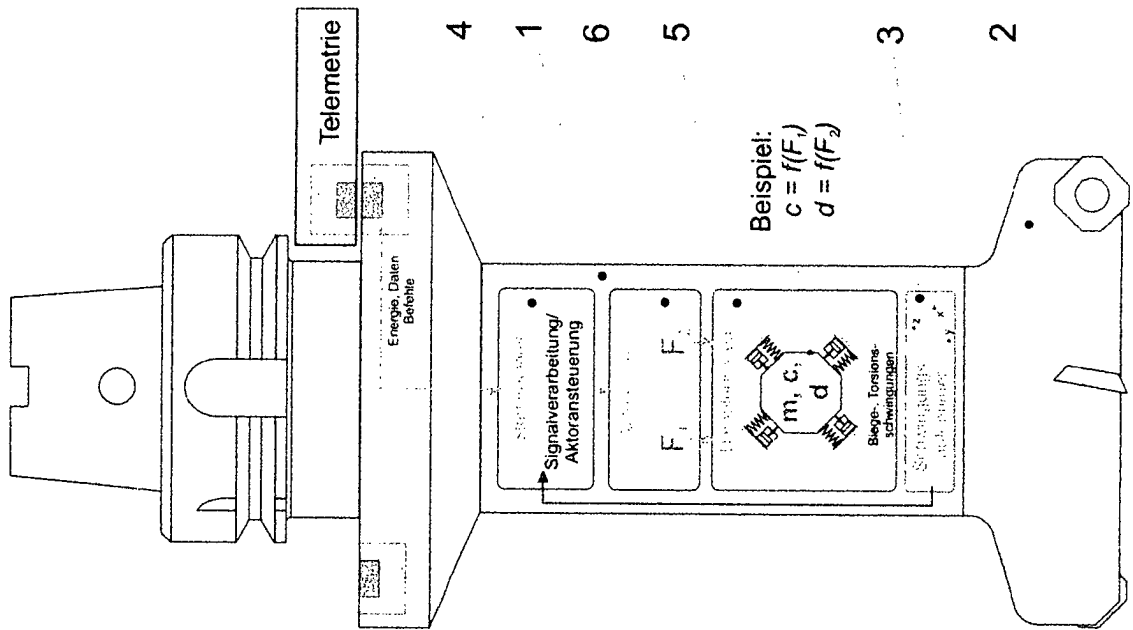


Fig. 2

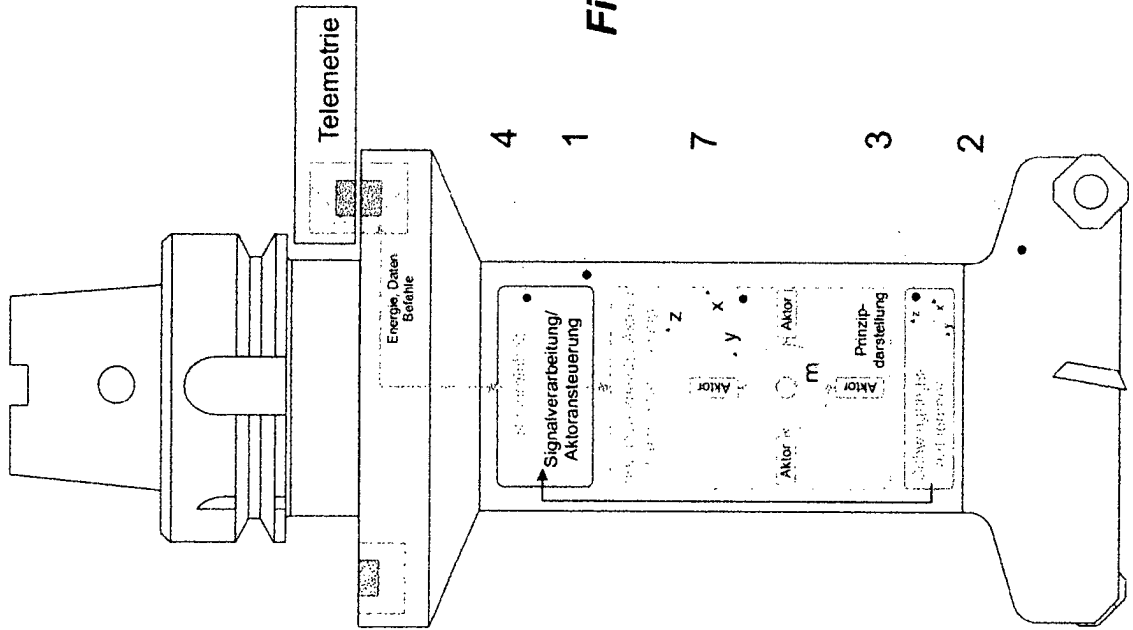


Fig. 3

