



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 34 358 T2** 2007.09.27

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 968 684 B1**

(51) Int Cl.⁸: **A61B 17/32** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 34 358.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 305 065.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **28.06.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.01.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **13.12.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.09.2007**

(30) Unionspriorität:
106661 29.06.1998 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, ES, FR, GB, IT, NL

(73) Patentinhaber:
Ethicon Endo-Surgery, Inc., Cincinnati, Ohio, US

(72) Erfinder:
Beaupre, Jean M., Cincinnati, Ohio 45242, US

(74) Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Auswuchten asymmetrischer chirurgischer Ultraschallklingen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im allgemeinen ein Verfahren zum Ausgleichen asymmetrischer Ultraschallklingen zur Verwendung in chirurgischen Instrumenten und genauer ein Verfahren zum Ausgleichen asymmetrischer Ultraschallklingen, indem ein Ausgleichsbereich mit einer oder mehreren Ausgleichsasymmetrien proximal zu der asymmetrischen Ultraschallklinge eingearbeitet wird.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Ultraschallinstrumente werden in der Chirurgie oftmals eingesetzt, um Gewebe zu schneiden und zu koagulieren. Das Anregen des End-Effektors (z.B. der Schneidklingen) solcher Instrumente mit Ultraschallfrequenzen ruft die Schwingungsbewegung in Längsrichtung hervor, welche lokalisierte Wärme innerhalb angrenzenden Gewebes erzeugt, was sowohl das Schneiden als auch das Koagulieren vereinfacht. Wegen der Beschaffenheit der Ultraschallinstrumente kann ein besonderer mit Ultraschall betriebener End-Effektor gestaltet werden, um zahlreiche Funktionen durchzuführen, einschließlich beispielsweise Schneiden und Koagulieren. Die strukturelle Belastung, die in solchen End-Effektoren durch Schwingen der Klinge bei Ultraschallfrequenzen hervorgerufen wird, kann eine Anzahl unerwünschter Wirkungen haben. Solche unerwünschten Wirkungen können zum Beispiel eine wesentliche Querbewegung in dem Wellenleiter des Instrumentes umfassen, was beispielsweise zu übermäßiger Wärmezeugung in dem Wellenleiter oder vorzeitigem Ausfall durch Belastung führen kann. Die unerwünschten Wirkungen des Schwingens eines chirurgischen End-Effektors bei Ultraschallfrequenzen verbinden sich, wenn der End-Effektor nicht symmetrisch ist, das heißt, wenn die Masse des End-Effektors nicht symmetrisch um eine Linie verteilt ist, die sich durch die Mittelachse des Übertragungs-Wellenleiters erstreckt. Daher besteht ein Weg, die Güte von mit Ultraschall betriebenen End-Effektoren zu verbessern, darin, End-Effektoren zu gestalten, die im wesentlichen symmetrisch um die Mittelachse des Übertragungs-Wellenleiters sind. Als Alternative kann der chirurgische End-Effektor klein und kurz sein, wobei in diesem Fall der End-Effektor wie eine kleine klumpige Masse an dem Ende des Übertragungs-Wellenleiters wirken wird und keine wesentliche Querbewegung in dem Wellenleiter hervorrufen wird. Wenn es wünschenswert ist, End-Effektoren zu gestalten, die nicht symmetrisch sind, kann die Güte verbessert werden, indem der End-Effektor derart gestaltet wird, daß der Schwerpunkt des End-Effektors sich entlang einer Linie befindet, die sich durch die Mittelachse des Wellenleiters erstreckt. Ein bekanntes Verfahren zum Bewegen des Schwerpunktes besteht darin, die Masse gegenüber oder nahe dem asymmetrischen Bereich hinzuzufügen oder wegzunehmen, bis der Schwerpunkt entlang einer Mittelachse liegt. Als eine weitere Alternative kann die Schwingungsbewegung in Längsrichtung in dem Wellenleiter verringert oder beseitigt werden, indem dickere, robustere Wellenleiter verwendet werden, die der Schwingungsbewegung in Querrichtung nicht so ausgesetzt sind. Jedoch kann der Einsatz dicker Wellenleiter eine nicht akzeptable Alternative sein, wenn das mit Ultraschall arbeitende chirurgische Instrument für die Verwendung bei der minimal invasiven Chirurgie, so wie der endoskopischen oder laparoskopischen Chirurgie, gestaltet wird. Bei solchen Instrumenten ist es im allgemeinen wünschenswert, den Durchmesser des Ultraschall-Wellenleiters zu verringern, um das Instrument durch die winzigen chirurgischen Inzisionen, die engen Körperöffnungen und durch Trokare einzusetzen, die gegenwärtig verwendet werden und für zukünftige Prozeduren gestaltet werden. Lange dünne Ultraschall-Wellenleiter, so wie diejenigen, die bei Instrumenten für die minimal invasive Chirurgie verwendet werden, sind besonders anfällig für Querschwingungen, die durch Ungleichgewichte in dem End-Effektor eingeführt werden.

[0003] Die US 5 669 922 offenbart eine gekrümmte Ultraschallklinge mit einem Haken an ihrem distalen Ende. Bei dieser Vorrichtung bewirkt der Haken ein schwingendes Rückkopplungssignal, das zum Ultraschall-Treibersignal phasenverschoben ist. Die gekrümmte Klinge wird daher mit einem Krümmungsradius versehen, der den asymmetrischen Haken verlagert, um ein Rückkopplungssignal zur Verfügung zu stellen, das zum Treibersignal phasengenaue ist.

[0004] Für bestimmte Anwendungen ist es wünschenswert, ein oder mehrere axial asymmetrische Merkmale (z.B. Krümmung der Klinge) einzuführen, um die Güte des End-Effektors zu verbessern. Es kann auch wünschenswert sein, solche End-Effektoren relativ lang zu gestalten, um bestimmte chirurgische Prozeduren zu vereinfachen. Bei solchen End-Effektoren ist es nicht immer möglich oder wünschenswert, gegenüberliegende Ausgleichsmerkmale in dem Behandlungsbereich einzuführen, um den End-Effektor durch Ausrichten des Schwerpunktes mit der Mittelachse des Übertragungs-Wellenleiters ins Gleichgewicht zu bringen. Es würde daher wünschenswert sein, ein Verfahren zum Gestalten eines mit Ultraschall arbeitenden chirurgischen Instrumentes, das einen Wellenleiter und einen mit Ultraschall arbeitenden End-Effektor umfaßt, zu entwickeln, bei dem Querschwingungen, die sich aus dem Einbau nützlicher asymmetrischer Merkmale (z.B. einer langen

gekrümmten Klinge) in dem Arbeitsbereich des End-Effektors ergeben, verringert oder beseitigt worden sind. Es würde weiter vorteilhaft sein, ein Verfahren zum Gestalten eines solchen Instrumentes zu entwickeln, bei dem die unerwünschten Querschwingungen verringert oder beseitigt worden sind, ohne daß dem Behandlungsbereich des End-Effektors ausgleichende Merkmale hinzugefügt werden. Es würde weiter vorteilhaft sein, ein Verfahren zum Gestalten eines End-Effektors zu entwickeln, bei dem unerwünschte Querschwingungen, die sich aus dem Einbau nützlicher asymmetrischer Merkmale in den Behandlungsbereich des End-Effektors ergeben, verringert oder beseitigt worden sind, indem asymmetrische ausgleichende Merkmale nahe dem Behandlungsbereich des End-Effektors hinzugefügt werden. Es würde weiter vorteilhaft sein, ein Verfahren zum Gestalten eines asymmetrischen End-Effektors mit einer Masse, die nicht auf der Mittelachse des Übertragungs-Wellenleiters liegt, zu entwickeln, bei dem durch den asymmetrischen End-Effektor keine beträchtliche Querbewegung in dem Wellenleiter hervorgerufen wird.

Zusammenfassung der Erfindung

[0005] Die vorliegende Erfindung beschreibt ein Verfahren zum Gestalten eines ausgeglichenen mit Ultraschall arbeitenden chirurgischen Instrumentes, welches eine Ultraschall-Übertragungsstange und eine asymmetrische mit Ultraschall betriebene Klinge, die an dem distalen Ende der Ultraschall-Übertragungsstange befestigt ist, umfaßt, wie es in Anspruch 1 definiert ist. Gemäß der vorliegenden Erfindung umfaßt die mit Ultraschall betriebene Klinge einen Behandlungsbereich. Der Behandlungsbereich hat ein funktionales Merkmal, so wie zum Beispiel eine gekrümmte Klinge, welche den Behandlungsbereich asymmetrisch macht. Ein solches funktionales Merkmal kann als eine funktionale Asymmetrie bezeichnet werden. Bei dem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Ausgleichsbereich, der wenigstens ein erstes asymmetrisches Ausgleichsmerkmal umfaßt, gestaltet und zwischen der mit Ultraschall betriebenen Klinge und der Ultraschall-Übertragungsstange angeordnet, um jegliches unerwünschte Drehmoment auszugleichen, das von dem Behandlungsbereich erzeugt wird. Solche Ausgleichsmerkmale können als Ausgleichsasymmetrien bezeichnet werden, und können asymmetrische Merkmale umfassen, so wie zum Beispiel Kerben, flache Bereiche, Buckel oder angehobene Bereiche. Bei einem Ultraschallinstrument, das gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung gestaltet ist, erstreckt sich der Ausgleichsbereich von einem Knotenpunkt auf der Ultraschall-Übertragungsstange zu dem proximalen Ende des Behandlungsbereiches. Bei einem mit Ultraschall arbeitenden chirurgischen Instrumente, das gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung gestaltet ist, wie in den Ansprüchen 17 und 18 definiert, sind die erste und die zweite Ausgleichssymmetrie so positioniert, daß Querschwingungen in der Ultraschall-Übertragungsstange wesentlich verringert sind und auf ungefähr Null verringert werden können. Weiter ist bei einem mit Ultraschall arbeitenden chirurgischen Instrument, das gemäß der vorliegenden Erfindung gestaltet ist, das Gleichgewichtsverhältnis des Übertragungs-Wellenleiters auf weniger als 1:10 verringert und kann weiter auf weniger als 1:200 verringert werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0006] Die neuen Merkmale der Erfindung sind in Einzelheiten in den angefügten Ansprüchen aufgeführt. Die Erfindung selbst jedoch, sowohl was Organisation als auch Arbeitsverfahren betrifft, zusammen mit weiteren Aufgaben und Vorteilen, können am besten durch Bezugnahme auf die folgende Beschreibung verstanden werden, die in Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen gesehen wird, wobei:

[0007] [Fig. 1](#) eine perspektivische Explosionsansicht eines mit Ultraschall arbeitenden chirurgischen Instrumentes gemäß der vorliegenden Erfindung ist.

[0008] [Fig. 2](#) ist eine Seitenansicht des distalen Endes einer Ultraschall-Übertragungsanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0009] [Fig. 3](#) ist eine Draufsicht auf das distale Ende einer Ultraschall-Übertragungsanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0010] [Fig. 4](#) ist eine perspektivische Ansicht des distalen Endes einer alternativen Ausführungsform einer Ultraschall-Übertragungsanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0011] [Fig. 5](#) ist eine perspektivische Ansicht des distalen Endes der Ultraschall-Übertragungsanordnung die in [Fig. 4](#) gezeigt ist, mit einer x, y-Ebene in Phantomlinien, die durch die Mitte des Ultraschall-Übertragungs-Wellenleiters gezeichnet ist.

[0012] [Fig. 6](#) ist eine perspektivische Ansicht des distalen Endes der Ultraschall-Übertragungsanordnung, die

in [Fig. 4](#) gezeigt ist, mit einer x, z-Ebene in Phantomlinien, die durch die Mitte des Ultraschall-Übertragungs-Wellenleiters gezeichnet ist.

[0013] [Fig. 7](#) ist eine Seitenansicht einer alternativen Ausführungsform des distalen Endes der Ultraschall-Übertragungsanordnung, die in [Fig. 4](#) gezeigt ist.

[0014] [Fig. 8](#) ist eine Draufsicht auf das distale Ende der Ultraschall-Übertragungsanordnung, die in [Fig. 7](#) gezeigt ist.

[0015] [Fig. 9](#) ist eine perspektivische Ansicht des distalen Endes der Ultraschall-Übertragungsanordnung, die in [Fig. 7](#) gezeigt ist.

Genauere Beschreibung der Erfindung

[0016] [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Explosionsansicht eines mit Ultraschall arbeitenden chirurgischen Instrumentes **10** gemäß der vorliegenden Erfindung. In [Fig. 1](#) ist der mit Ultraschall betriebene End-Effektor **12** mechanisch an den Ultraschall-Übertragungs-Wellenleiter **14** gekoppelt, um eine Ultraschall-Übertragungsanordnung **11** zu bilden. Der Ultraschall-Übertragungs-Wellenleiter **14** ist in einer äußeren Hülse **16** durch Einbauen eines o-Ringes **18** und eines Dichtringes **20** positioniert. Ein oder mehrere zusätzliche Dämpfer oder Halteelemente (nicht gezeigt) können auch entlang dem Ultraschall-Übertragungs-Wellenleiter **14** eingeschlossen sein. Der Ultraschall-Übertragungs-Wellenleiter **14** ist an der äußeren Hülse **16** durch einen Einbaustift **21** befestigt, der durch Einbaulöcher **23** in der äußeren Hülse **16** und einen Einbauschlitz **25** in dem Übertragungs-Wellenleiter **14** verläuft.

[0017] [Fig. 2](#) ist eine Seitenansicht des distalen Endes der Ultraschall-Übertragungsanordnung **11** einschließlich des End-Effektors **12**. [Fig. 2](#) umfaßt weiterhin ein Koordinatensystem, in dem: die x-Achse entlang der Mittelachse **24** des Ultraschall-Übertragungs-Wellenleiters **14** liegt, während die y-Achse die Krümmungsachse des Behandlungsbereiches **26** ist. Bei den hierin beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung ist der End-Effektor **12** an dem distalen Ende des Übertragungs-Wellenleiters **14** an einem Gleichgewichtsknoten **22** befestigt. Die Mittelachse **24** des Übertragungs-Wellenleiters **14** erstreckt sich von dem proximalen Ende des Übertragungs-Wellenleiters **14** zu dem distalen Ende des Übertragungs-Wellenleiters **14**. Der Übertragungs-Wellenleiter **14** ist um die Mittelachse **24** symmetrisch. Der End-Effektor **12** umfaßt den Behandlungsbereich **26**, der sich an dem distalen Ende des End-Effektors **12** befindet, und einen Ausgleichsbereich **28**, der sich zwischen dem Behandlungsbereich **26** und dem Gleichgewichtsknoten **22** befindet. Der Behandlungsbereich **26**, der gekrümmt ist, umfaßt zwei Flächen, eine konkave obere Fläche **30** und eine konvexe untere Fläche **32**. Die konvexe untere Fläche **32** ist entlang der y-Achse der Klinge im wesentlichen planar oder flach. Der Behandlungsbereich **26** umfaßt weiterhin eine gerundete Spitze **34**. Bei der veranschaulichten Ausführungsform der Erfindung umfaßt der Ausgleichsbereich **28** einen ersten Ausschnitt **38** und einen zweiten Ausschnitt **40**, die als asymmetrische Ausgleichsmerkmale wirken. Der erste Ausschnitt **38** erstreckt sich von dem proximalen Ende der konkaven Fläche **30** zu einem ersten vorbestimmten Punkt **42**, der distal zum Gleichgewichtsknoten **22** liegt. Der zweite Ausschnitt **40** erstreckt sich von dem proximalen Ende der konvexen Fläche **32** zu einem zweiten vorbestimmten Punkt **44**, der distal zum Punkt **42** und zum Gleichgewichtsknoten **22** ist.

[0018] [Fig. 3](#) ist eine Draufsicht auf das distale Ende der Ultraschall-Übertragungsanordnung **11**, einschließlich des End-Effektors **12**. In [Fig. 3](#) sind Klingenkanten **36** auf beiden Seiten des Behandlungsbereiches **26** angeordnet und erstrecken sich von dem proximalen Ende des Behandlungsbereiches **26** zur abgerundeten Spitze **34**. Der Schnitt der konkaven Fläche **30** und der konvexen Fläche **32** bildet die Klingenkanten **36**. Eine mittlere Rippe **37** läuft von dem distalen Ende des Ausgleichsbereiches **28** zur abgerundeten Spitze **34** entlang der Mitte des Behandlungsbereiches **26**. Die mittlere Rippe **37** bildet einen Teil der konkaven oberen Fläche **30**. Die mittlere Rippe **37** fügt Festigkeit, Steifigkeit und Starrheit zum Behandlungsbereich **26**, indem dem Behandlungsbereich **26** ein im wesentlichen trapezförmiger Querschnitt gegeben wird.

[0019] [Fig. 4](#) ist eine perspektivische Ansicht des distalen Endes einer Ausführungsform einer Ultraschall-Übertragungsanordnung **11**. [Fig. 5](#) ist eine perspektivische Ansicht des distalen Endes der Ultraschall-Übertragungsanordnung **11** der Ausführungsform der Erfindung, die in [Fig. 4](#) gezeigt ist, wobei eine x, y-Ebene **52** in Phantomlinien durch die Mitte des Ultraschall-Übertragungs-Wellenleiters **14** gezeichnet ist. In [Fig. 5](#) läuft die x, y-Ebene **52** in Phantomlinien durch die Mittelachse **24**. Da sich der Behandlungsbereich **26** von der x, y-Ebene **52** wegkrümmt, ist der End-Effektor **12** um die x, y-Ebene **52** nicht symmetrisch. Die Ebene **52** kann daher als die Ebene der Asymmetrie für den End-Effektor **12** bezeichnet werden.

[0020] **Fig. 6** ist eine perspektivische Ansicht des distalen Endes der Ultraschall-Übertragungsanordnung **11** der Ausführungsform der Erfindung, die in **Fig. 4** gezeigt ist, wobei eine x, z-Ebene **50** in Phantomdarstellung durch die Mitte des Ultraschall-Übertragungs-Wellenleiters **14** gezeichnet ist. In **Fig. 6** verläuft die x, z-Ebene **50** in Phantomdarstellung durch die Mittelachse **24** unter einem Winkel von 90° zur x, y-Ebene **52**. Der End-Effektor **12** ist zur x, z-Ebene **50** im wesentlichen symmetrisch. Die Ebene **50** kann daher als die Symmetrieebene für den End-Effektor **12** bezeichnet werden. **Fig. 7** ist eine Seitenansicht einer alternativen Ausführungsform des distalen Endes der Ultraschall-Übertragungsanordnung, die in **Fig. 4** gezeigt ist. Bei der Ausführungsform der Erfindung, die in **Fig. 7** veranschaulicht ist, hat der End-Effektor **12** im wesentlichen dieselbe Form und Struktur wie die Ausführungsform der Erfindung, die in den **Fig. 1–Fig. 6** veranschaulicht ist, mit der Ausnahme, daß die Ausführungsform der **Fig. 7** eine scharfe Spitze **35** an dem distalen Ende des Behandlungsbereichs **26** umfaßt. **Fig. 8** ist eine Draufsicht auf das distale Ende der Ultraschall-Übertragungsanordnung, die in **Fig. 7** gezeigt ist. **Fig. 9** ist eine perspektivische Ansicht des distalen Endes der Ultraschall-Übertragungsanordnung, die in **Fig. 7** gezeigt ist.

[0021] Das mit Ultraschall arbeitende chirurgische Instrument **10** hat einen Behandlungsbereich **26**, welcher eine gekrümmte Klinge umfaßt, die so gestaltet ist, daß sie Gewebe schneidet und koaguliert, wenn sie bei Ultraschallfrequenzen schwingt, so wie zum Beispiel **55** Kilohertz (55 kHz). Der Behandlungsbereich **26** ist gekrümmt, um für besseren Zugriff und Sicht für den Chirurgen zu sorgen, wenn er das Ultraschallinstrument **10** benutzt. Wie in den **Fig. 5–Fig. 6** veranschaulicht, ist der gekrümmte Behandlungsbereich **26** zur x, z-Ebene **50** symmetrisch, ist jedoch zur x, y-Ebene **52** nicht symmetrisch. Wenn der Behandlungsbereich **26** mit einer geeigneten Ultraschallfrequenz in Schwingungen versetzt wird, um das Schneiden und Koagulieren zu vereinfachen, wird die asymmetrische Form des Behandlungsbereiches **26** dazu neigen, unerwünschte Kräfte hervorzurufen, einschließlich Drehmoment, die zurück auf den Übertragungs-Wellenleiter **14** übertragen werden und unerwünschte Querschwingungen in dem Übertragungs-Wellenleiter **14** hervorrufen.

[0022] Wie zuvor beschrieben ist es bekannt, daß diese unerwünschten Querbewegungen minimiert werden und der End-Effektor ins Gleichgewicht gebracht werden kann, indem der End-Effektor derart gestaltet wird, daß der Schwerpunkt an irgendeinem Punkt entlang dem End-Effektor auf oder sehr nahe an der Mittelachse des Übertragungs-Wellenleiters angeordnet wird. Wenn jedoch wie bei der vorliegenden Erfindung die Asymmetrie (z.B. die Krümmung des Behandlungsbereiches **26**) bewirkt, daß der Schwerpunkt wesentlichen von einer Linie abweicht, die sich von der Mittelachse des Übertragungs-Wellenleiters erstreckt, und das Hinzufügen von Ausgleichsmerkmalen im Behandlungsbereich unerwünscht ist, muß die Klinge ins Gleichgewicht gebracht werden, indem ein alternatives Verfahren verwendet wird.

[0023] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird der End-Effektor **12** ins Gleichgewicht gebracht, indem das Drehmoment, das in dem End-Effektor **12** proximal zu dem Behandlungsbereich **26** als ein Ergebnis des Einbaus funktionaler asymmetrischer Merkmale in den Behandlungsbereich **26** hervorgerufen wird, reduziert oder beseitigt wird. Ein zweckmäßiger physikalischer Referenzpunkt an dem proximalen Ende des End-Effektors **12** ist der Gleichgewichtsknoten **22**. Es sollte angemerkt werden, daß der Gleichgewichtsknoten **22** irgendein Knoten der Längsschwingung entlang dem Übertragungs-Wellenleiter **14** sein kann und nicht notwendigerweise der am weitesten distal liegende Schwingungsknoten ist. Knoten der Längsschwingung treten in Abständen von halben Wellenlängen entlang dem Übertragungs-Wellenleiter auf, wobei die interessierende Wellenlänge die Wellenlänge der Frequenz ist, mit der der mit Ultraschall betriebene End-Effektor getrieben wird (z.B. 55 kHz). Bei der Ausführungsform der Erfindung, die in **Fig. 3** veranschaulicht ist, weisen die asymmetrischen funktionalen Merkmale den gekrümmten Behandlungsbereich **26** mit der abgerundeten Spitze **34** auf. Ein Merkmal ist asymmetrisch, wenn sein Querschnitt in bezug auf die Mittelachse **24** des Wellenleiters nicht symmetrisch ist. Ein Merkmal ist symmetrisch, wenn der Querschnitt in bezug auf die Mittelachse **24** des Wellenleiters symmetrisch ist. Das heißt, ein Merkmal ist symmetrisch, wenn ein Strang durch einen Querschnitt des Teiles des End-Effektors, welcher das Merkmal umfaßt, durch die Mittelachse **24** halbiert wird.

[0024] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Ausgleichsbereich **28** in den End-Effektor **12** eingeschlossen, und der End-Effektor **12** wird ins Gleichgewicht gebracht, indem wenigstens zwei asymmetrische Ausgleichsmerkmale in den Ausgleichsbereich **28** zwischen das proximale Ende des Behandlungsbereiches **26** und den Gleichgewichtsknoten **22** gebracht werden.

[0025] Die Größe, Form und Position der asymmetrischen Ausgleichsmerkmale, die in den Ausgleichsbereich **28** eingebracht werden, werden ausgewählt, um das Drehmoment an einem Gleichgewichtspunkt **29** zu Null oder so nahe an Null wie möglich zu verringern. Der Gleichgewichtspunkt **29** ist auf der Mittelachse **24** zum Beispiel am Gleichgewichtsknoten **22** angeordnet. Der Grad, zu dem das Drehmoment verringert wird, wird von der besonderen Gestaltung und Herstellungsbeschränkungen abhängen. Somit, indem in geeigneter Wei-

se asymmetrische Ausgleichsmerkmale in dem Ausgleichsbereich **28** angeordnet werden, kann das Drehmoment, das durch die asymmetrischen funktionalen Merkmale im Behandlungsbereich hervorgerufen wird, durch das Moment gelöscht werden, das durch die asymmetrischen Ausgleichsmerkmale hervorgerufen wird. Wenn die Summenbildung von Drehmoment distal zu dem End-Effektor **12** minimiert wird, wird die Querschwingung, die in dem Übertragungs-Wellenleiter **14** hervorgerufen wird, wesentlich verringert und kann auf ungefähr Null reduziert werden.

[0026] Um festzustellen, ob ein asymmetrischer End-Effektor richtig ins Gleichgewicht gebracht worden ist, kann es zweckmäßig sein, das Drehmoment zu messen, das in dem Übertragungs-Wellenleiter **14** hervorgerufen wird. Die relative Größe des Drehmoments, das in dem Übertragungs-Wellenleiter **14** hervorgerufen wird, kann abgeschätzt werden, indem das Verhältnis der seitlichen Verlagerung des Spitzenwertes weniger dem Anschwellen nach Poisson (auch als das Längsknoten-Anschwellen bezeichnet) an irgendeinem Querschwingungsbauch des Übertragungs-Wellenleiters zu der Längsverlagerung des Peaks an irgendeinem Längschwingungsbauch des Übertragungs-Wellenleiters genommen wird. Je näher das Verhältnis an Null ist, desto weniger Querschwingung wird in dem Wellenleiter hervorgerufen. Somit kann das Verhältnis von seitlicher Verlagerung des Peaks zur Längsverlagerung des Peaks als das „Gleichgewichtsverhältnis“ bezeichnet werden. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung würde eine Klinge als ins Gleichgewicht gebracht betrachtet werden, wenn das Gleichgewichtsverhältnis der seitlichen Verlagerung des Peaks zur Längsverlagerung des Peaks 1:10 oder weniger ist. Genauer, wenn die Techniken verwendet werden, die hierin beschrieben sind, kann es möglich sein, Gleichgewichtsverhältnisse von 1:200 oder weniger zu erhalten.

[0027] Ein asymmetrisches Merkmal ist ein Merkmal des End-Effektors, bei dem der Schwerpunkt des Merkmals außerhalb einer Linie ist, die sich von der Mittelachse des Übertragungs-Wellenleiters erstreckt. Bei einem End-Effektor mit einer symmetrischen Ausrichtung, so wie dem End-Effektor, der in den Figuren veranschaulicht ist, sind alle asymmetrischen Merkmale in einer Ebene parallel zu der Symmetrieebene.

[0028] Die Masse und Form der asymmetrischen Ausgleichsmerkmale, die in den Ausgleichsbereich **26** eingeführt werden, sind durch eine Anzahl von Faktoren bestimmt. Das Drehmoment, das am Gleichgewichtspunkt **29** hervorgerufen wird, ist gleich dem Integral des Kreuzproduktes der Vektorbeschleunigung an jedem Punkt auf dem End-Effektor mit einem Positionsvektor, multipliziert mit einem Dichteskalar, über das Volumen. Der Dichteskalar ist eine Funktion, welche die Dichte des End-Effektors an jedem Punkt auf dem End-Effektor darstellt. Wenn man die Gleichung mathematisch ausdrückt, ist das Drehmoment (T) am Gleichgewichtspunkt **29**

$$\int_{x_0, y_0, z_0}^{x_1, y_1, z_1} \bar{A}(x, y, z) \times \bar{o}(x, y, z) \bar{\rho}(x, y, z) dz dy dx,$$

wobei

x_0, y_0 und z_0 sich in der Ebene $x = 0$ im Gleichgewichtspunkt **29** befinden;
 x_1, y_1 und z_1 sich in einer Ebene tangential zu der distalen Spitze des End-Effektors **12** befinden und mit x_0, y_0 und z_0 einen Bereich definieren, welcher den End-Effektor **12** einschließt;
 $\bar{A}(x, y, z)$ die Beschleunigung der Klinge in irgendeinem Punkt (x, y, z) ist;
 $\bar{o}(x, y, z)$ ein Vektor ist, der die Position des Punktes (x, y, z) in bezug auf den Gleichgewichtspunkt **29** angibt;
 und
 $\bar{\rho}(x, y, z)$ die Dichte der Klinge in irgendeinem Punkt (x, y, z) ist.

[0029] Daher wird für einen ins Gleichgewicht gebrachten End-Effektor, der gemäß der vorliegenden Erfindung gestaltet ist, ein End-Effektor **12** zunächst gestaltet, der eine oder mehrere nützliche Asymmetrien im Behandlungsbereich **26** enthält (z.B. gekrümmte Klingenkanten **36**). Ein Gleichgewichtsknotenpunkt wird dann an einem zweckmäßigen Schwingungsknoten entlang dem Wellenleiter **14** ausgewählt. Normalerweise wird der Gleichgewichtsknotenpunkt der distalste Schwingungsknoten auf dem Wellenleiter **14** sein. Ein symmetrischer (z.B. zylindrischer) Ausgleichsbereich **28** wird dann in den End-Effektor **12** gebracht. Bei den veranschaulichten Ausführungsformen erstreckt sich der Ausgleichsbereich **28** vom Gleichgewichtsknoten **22** zu dem proximalen Ende des Behandlungsbereichs **26**. Normalerweise wird das proximale Ende des Behandlungsbereichs **26** dem proximalen Ende der proximalen nützlichsten Asymmetrie entsprechen. Zum Beispiel entspricht bei der Ausführungsform der Erfindung, wie sie in [Fig. 2](#) veranschaulicht ist, das proximale Ende des Behandlungsbereichs **26** dem proximalen Ende der gekrümmten Klingenkante **36**. Wenn einmal die geeigneten nützlichen Asymmetrien in dem End-Effektor gestaltet worden sind, kann das Drehmoment, das am

Gleichgewichtspunkt **29** durch die Gestaltung des End-Effektors, einschließlich der nützlichen Asymmetrien, induziert wird, berechnet werden, indem Gleichung (1) oben verwendet wird.

[0030] Wenn man Gleichung (1) oben verwendet, um das Drehmoment zu berechnen, das durch irgendeine bestimmte Asymmetrie im Gleichgewichtspunkt **29** induziert worden ist, besteht ein geeigneter erster Schritt darin, einen mathematischen Ausdruck für $\bar{A}(x, y, z)$, der Beschleunigung an jedem Punkt entlang dem End-Effektor **12**, zusammen mit einem mathematischen Ausdruck für $\bar{\rho}(x, y, z)$, der Dichte an jedem Punkt entlang dem End-Effektor **12**, und einem mathematischen Ausdruck für $\bar{o}(x, y, z)$, dem Positionsvektor für jeden Punkt entlang dem End-Effektor **12** in bezug auf den Gleichgewichtspunkt **29** zu finden. Aus Zweckmäßigkeitsgründen kann $\bar{o}(x, y, z)$ als der Verlagerungsvektor bezeichnet werden. Wie Gleichung (1) angibt, ist das Drehmoment, das von dem End-Effektor **12** am Gleichgewichtspunkt **29** induziert wird, das Volumenintegral des Kreuzproduktes des Beschleunigungsvektors mit dem Produkt des Verlagerungsvektors und der skalaren Dichte. In Gleichung (1) wird das Integral über das Volumen des End-Effektors genommen. Allgemein ausgedrückt wird das Drehmoment, das am Gleichgewichtspunkt **29** induziert wird, gleich der Summe aus Drehmomenten sein, die von jeder Asymmetrie im End-Effektors **12** induziert werden. Somit kann eine optimale Gestaltung erhalten werden, bei der Gleichgewichtsasymmetrien in dem Gleichgewichtsbereich **28** enthalten sind, so daß das Drehmoment, das von den Gleichgewichtsasymmetrien induziert wird, das Drehmoment löschen, das von den nützlichen Asymmetrien induziert wird.

[0031] In einer idealen Situation würde es möglich sein, $\bar{A}(x, y, z)$, $\bar{o}(x, y, z)$ und $\bar{\rho}(x, y, z)$ auszudrücken, indem mathematische Formeln verwendet werden, die bequem über das Volumen des End-Effektors **12** integriert werden könnten. Jedoch ist es im allgemeinen sehr schwierig, solche mathematischen Formeln für die Geometrie eines mit Ultraschall arbeitenden chirurgischen End-Effektors zu entwickeln, da mit Ultraschall arbeitende chirurgische End-Effektoren im allgemeinen keine kontinuierlichen geometrischen Formen annehmen, so wie Kegel oder Zylinder. Daher, wenn die Variablen einmal berechnet oder modelliert worden sind, kann das Integral berechnet werden, indem zum Beispiel ein numerisches Integrationsprogramm eingesetzt wird. Von den Parametern $\bar{A}(x, y, z)$, $\bar{o}(x, y, z)$ und $\bar{\rho}(x, y, z)$ ist im allgemeinen am schwierigsten zu berechnen der Beschleunigungsvektor $\bar{A}(x, y, z)$ für jeden Punkt entlang dem End-Effektor **12**, insbesondere für End-Effektoren mit komplexer Geometrie. Daher ist es üblicherweise notwendig, andere Verfahren als die direkte Berechnung zu verwenden, um eine Approximation für die Beschleunigung an irgendeinem Punkt entlang dem End-Effektor **12** zu erhalten. Zum Beispiel kann die Verlagerung an jedem Punkt eine geeignete Annäherung für die Beschleunigung mit einem geeigneten Skalierfaktor sein. Die Verlagerung kann berechnet werden, indem zum Beispiel Finite-Element-Analyse der Klinge verwendet wird. Als Alternative kann die Geschwindigkeit an jedem Punkt verwendet werden, um eine Abschätzung der Beschleunigung bei einer gegebenen Frequenz zu erhalten. Die Geschwindigkeit an bestimmten Punkten kann berechnet werden, indem zum Beispiel physikalisch externe Punkte entlang der Klinge beobachtet werden (z.B. indem ein Laser-Vibrometer verwendet wird) und angenommen wird, daß die inneren Punkte in derselben Weise wirken, wie die Oberflächenpunkte. Als ein weiteres Beispiel kann die Geschwindigkeit irgendeines Punktes entlang der Klinge als im wesentlichen sinusartige Funktion der Entfernung von dem Gleichgewichtsknotenpunkt approximiert werden.

[0032] Die Berechnung des Positionsvektors $\bar{o}(x, y, z)$ ist im allgemeinen an das Verfahren gebunden, das verwendet wird, um $\bar{A}(x, y, z)$ zu berechnen. Wenn zum Beispiel $\bar{A}(x, y, z)$ an bestimmten Punkten entlang dem End-Effektor gemessen oder approximiert wird, dann würde $\bar{o}(x, y, z)$ der Positionsvektor an diesen bestimmten Punkten sein.

[0033] Da mit Ultraschall arbeitende Instrumente gemäß der vorliegenden Erfindung normalerweise End-Effektoren verwenden, die aus Titan, Aluminium oder einer Legierung aus Titan oder Aluminium aufgebaut sind, ist die Dichte an irgendeinem Punkt $\bar{\rho}(x, y, z)$ eine Konstante. Daher ist im allgemeinen $\bar{\rho}(x, y, z) = P$, wobei P die Dichte des Materials ist, das bei dem End-Effektor eingesetzt wird.

[0034] In der Praxis wird ein End-Effektor gestaltet, der geeignete nützliche Asymmetrien im Behandlungsbereich **26** enthält. Solche nützlichen Asymmetrien induzieren ein unerwünschtes Drehmoment \bar{T}_u am Gleichgewichtspunkt **29**, das berechnet werden kann, indem Gleichung (1) verwendet wird. Wenn einmal das unerwünschte Drehmoment \bar{T}_u für eine bestimmte Gestaltung bekannt ist, können im Ausgleichsbereich **28** Gleichgewichtsasymmetrien hinzugefügt werden, um ein Gleichgewichtsdrehmoment \bar{T}_b im Gleichgewichtspunkt **29** zu erzeugen, das das unerwünschte Drehmoment \bar{T}_u , das von den nützlichen Asymmetrien erzeugt worden ist, auslöscht. Das Hinzufügen von Gleichgewichtsasymmetrien zum Ausgleichsbereich **28** besteht aus dem Hinzufügen oder Wegnehmen von Masse aus bestimmten Teilen des Ausgleichsbereichs **28**. Die Größe und die Position der hinzugefügten oder weggenommenen Masse ist nicht nur durch das Gleichgewichtsdrehmoment \bar{T}_b festgelegt, das an dem Gleichgewichtspunkt **29** induziert wird, sondern auch durch Betrachtungen, so wie die

Wirkung auf das Aussehen, Anfühlen und die Ergonomie des End-Effektors. Daher, wenn einmal \bar{T}_b berechnet wird, kann der Designer beginnen, Masse zum Gleichgewichtsbereich **28** hinzuzufügen oder wegzunehmen, um zwei oder mehr Gleichgewichtsasymmetrien zu erzeugen, welche ein nützliches Drehmoment an dem Gleichgewichtspunkt **29** erzeugen.

[0035] Es kann möglich sein, die erforderlichen Gleichungen zu vereinfachen, indem zum Beispiel geeignete Annahmen getroffen werden, ist es möglich, Gleichung (1) zum Zwecke des Berechnens von \bar{T}_b zu vereinfachen. Insbesondere wenn angenommen wird, daß die Gleichgewichtsasymmetrien als eine Anzahl von Punktmassen modelliert werden und der Effekt der Drehung vernachlässigt wird:

$$\bar{T}_b = \sum_{n=1}^k m_n \bar{A}_{s,n} \bar{x}_{O_{CM_n}} \quad (2)$$

wobei:

m_n die Masse des End-Effektors an jedem Punkt n ist;
 \bar{T}_b das Drehmoment ist, das am Gleichgewichtspunkt **29** durch die Gleichgewichtsasymmetrien induziert wird, die in den Ausgleichsbereich **26** eingebracht sind; k die Gesamtanzahl der Gleichgewichtsasymmetrien ist;
 $\bar{A}_{s,n}$ der Mittelwert über eine Fläche oder eine repräsentative Vektorbeschleunigung in dem Punkt im Ausgleichsbereich **26**, wo Masse n hinzugefügt wird, ist
 und
 \bar{o}_{CM_n} ein Verlagerungsvektor ist, der auf den Schwerpunkt der Masse n zeigt.

[0036] Indem die Gleichgewichtsasymmetrien so gestaltet werden, daß sie symmetrisch um die Symmetrieebene **50** sind, kann das Drehmoment, das am Knoten **22** ausgeübt wird, so modelliert werden, als ob es vollständig um die y-Achse des End-Effektors ist. Wenn sich alle Gleichgewichtsasymmetrien auf einer Symmetrieebene **50** befinden, wird die Gleichung (2) zu:

$$\bar{T}_b = m_1 \bar{A}_{s,1} \bar{x}_{O_{CM_{m_1}}} + m_2 \bar{A}_{s,2} \bar{x}_{O_{CM_{m_2}}} + m_3 \bar{A}_{s,3} \bar{x}_{O_{CM_{m_3}}} + \dots \quad (3)$$

oder

$$\bar{T}_b \cdot \bar{j} = m_1 \bar{A}_{s,1} \bar{x}_{O_{CM_{m_1}}} \cdot \bar{j} + m_2 \bar{A}_{s,2} \bar{x}_{O_{CM_{m_2}}} \cdot \bar{j} + m_3 \bar{A}_{s,3} \bar{x}_{O_{CM_{m_3}}} \cdot \bar{j} + \dots \quad (4)$$

der, wenn Vorzeichen vernachlässigt werden,

$$|\bar{T}_b| = \left| \sum_{n=1}^k m_n \bar{A}_{s,n} \bar{x}_{O_{CM_{m_n}}} \right| \quad (5)$$

[0037] Es wird deutlich, daß eine beträchtliche Anzahl von Kombinationen von Größen und Formen von Gleichgewichtsasymmetrien verwendet werden können, um ein geeignetes Drehmoment \bar{T}_b am Gleichgewichtsknoten **29** zu erzeugen. Weiter wird die gewählte Größe und Form der bestimmten Gleichgewichtsasymmetrien eine Funktion des Materials sein, das verwendet wird, um diese Asymmetrien zu erzeugen. Damit wird dem Designer normalerweise gelassen, Gleichgewichtsasymmetrien auszuwählen, die nicht nur das gewünschte Gleichgewichtsdrehmoment \bar{T}_b erzeugen, sondern ebenso weitere Gestaltungskriterien erfüllen. Somit wird die aktuelle Gestaltung geeigneter Gleichgewichtsasymmetrien eine iterative Aufgabe, bei der der Designer der Klinge bevorzugte Formen und Positionen für die Gleichgewichtsasymmetrien auswählt, dann diese Formen und Positionen überprüft, indem eine der Gleichungen (1), (2) oder (5) verwendet wird. Die Form und Größe der Gleichgewichtsasymmetrien kann angepaßt werden, wie es erforderlich ist, um \bar{T}_b zu erzeugen.

[0038] Ein End-Effektor gemäß der vorliegenden Erfindung kann auch gestaltet werden, indem ein oder mehrere empirische Verfahren verwendet werden, so wie zum Beispiel das Verwenden modaler Analyse. Bei den empirischen Verfahren wird der End-Effektor mit geeigneten nützlichen Asymmetrien gestaltet, die in den Behandlungsbereich **26** eingeführt werden, und der Ausgleichsbereich **28** wird als ein symmetrischer Verbinder zwischen dem Behandlungsbereich und dem Übertragungs-Wellenleiter **14** modelliert. Da der Behandlungsbereich **26** nützliche Asymmetrien umfaßt (z.B. gekrümmte Klingenkanten **36**), ohne entsprechende Gleichgewichtsasymmetrien im Ausgleichsbereich **28**, wird dieser End-Effektor im ersten Durchlauf eher nicht im Gleichgewicht befindlich sein. Wenn einmal ein End-Effektor im ersten Durchlauf entwickelt wird, kann eine geeignete Messung des Drehmoments, das an einem vorausgewählten Punkt erzeugt wird, so wie dem Gleich-

gewichtspunkt **29**, ausgewählt werden. Zum Beispiel das Gleichgewichtsverhältnis von Peak der seitlichen Verlagerung des zu Peak der Längsverlagerung, wie es bei dem Übertragungs-Wellenleiter gemessen worden ist. Der End-Effektor des ersten Durchlaufs kann dann numerisch modelliert und in Schwingungen versetzt werden, indem Techniken der modalen Analyse oder der Finite-Element-Analyse verwendet werden. Wenn das numerische Modell des ersten Durchlaufs mit einer geeigneten Erzeugerfrequenz getrieben wird (z.B. 55 kHz), ist es möglich, zum Beispiel Programme der Finite-Element-Analyse zu verwenden, um das Verhältnis des Peaks der seitlichen Verlagerung zu Peak der Längsverlagerung an ausgewählten Punkten entlang dem Übertragungs-Wellenleiter zu bestimmen. Der End-Effektor kann dann ins Gleichgewicht gebracht werden (d.h. das Verhältnis des Peaks der seitlichen Verlagerung zu Peak der Längsverlagerung auf weniger als 1:10 reduziert werden), indem Masse in dem Gleichgewichtsbereich hinzugefügt oder weggenommen wird. Dies ist natürlich ein iterativer Prozeß, der durch die Fähigkeiten und Erfahrung des Designers verbessert werden kann (d.h. weniger erforderliche Iterationen).

[0039] Eine weitere empirische Gestaltungstechnik umfaßt das Gestalten eines End-Effektors des ersten Durchlaufs in der oben beschriebenen Weise. Dann wird ein physikalisches Modell des End-Effektors des ersten Durchlaufs gebaut und getestet, indem der Eingang des Übertragungs-Wellenleiters bei einer geeigneten Erzeugerfrequenz getrieben wird. Die Frequenz, mit der der End-Effektor getrieben wird, kann als die Treiberfrequenz bezeichnet werden. Wenn der End-Effektor des ersten Durchlaufs bei der Treiberfrequenz betrieben wird, kann eine geeignete Messung des Drehmoments, das an dem Gleichgewichtsknoten erzeugt wird, ausgewählt werden, zum Beispiel kann das Gleichgewichtsverhältnis direkt vom Übertragungs-Wellenleiter gemessen werden. Der End-Effektor kann dann ins Gleichgewicht gebracht werden (d.h. das Gleichgewichtsverhältnis auf weniger als 1:10 verringert werden), indem physikalisch Masse in dem Gleichgewichtsbereich hinzugefügt oder weggenommen wird. Dies ist natürlich ein iterativer Prozeß, der durch die Fähigkeiten und Erfahrung des Designers verbessert werden kann (d.h. weniger erforderliche Iterationen). Ungeachtet des gewählten Gestaltungsverfahrens, ob es empirisch oder analytisch ist, wenn es ein iterativer Prozeß ist, werden, je größer die verwendete erste Approximation ist, um so mehr Iterationen notwendig, um bei einer im Gleichgewicht befindlichen Klingengestaltung anzukommen.

[0040] Wie hierin beschrieben wurde der Gleichgewichtsknoten **22** als der proximale Ursprung des Gleichgewichtsbereichs **26** ausgewählt, um Klarheit zu liefern und um einen physikalisch definierbaren Referenzpunkt zu beschreiben, der sich auf irgendeinem Übertragungs-Wellenleiter befinden kann, wobei entweder mathematische Berechnung oder physikalische Messungen verwendet werden. Wenn dies geschieht, daß der Knoten **22** als der proximale Ursprung des Gleichgewichtsbereichs **26** verwendet wird, ist es auch nützlich dahingehend, daß vermutet wird, daß dieses die hierin beschriebene Mathematik sauberer und verständlicher macht. Jedoch sollte verstanden werden, daß beim Verwenden der vorliegenden Erfindung das unerwünschte Drehmoment, das in dem Wellenleiter erzeugt wird, im wesentlichen durch das Gleichgewichtsdrehmoment ausgelöscht wird, das in dem Wellenleiter von einem Punkt unmittelbar proximal zu der proximalsten Gleichgewichtsasymmetrie erzeugt wird. Zum Beispiel wird bei der Ausführungsform der Erfindung, die in [Fig. 2](#) veranschaulicht ist, das Drehmoment sich an Null in dem Teil des Wellenleiters proximal zu dem ersten vorbestimmten Punkt **42** annähern.

[0041] Obwohl die Ausführungsformen, die hierin veranschaulicht und beschrieben sind, nützliche Asymmetrien in nur einer Richtung haben, könnte die vorliegende Technik verwendet werden, um Klängen ins Gleichgewicht zu bringen, die Asymmetrien in irgendwelchen zwei oder mehr Richtungen haben. Es wird weiter deutlich werden, daß bei einem chirurgischen End-Effektor, der gemäß der vorliegenden Erfindung gestaltet ist, der Schwerpunkt des End-Effektors nicht auf der Mittelachse des Wellenleiters liegen kann. Eine Klinge gemäß der vorliegenden Erfindung kann auch gestaltet werden, daß sie einen einzigen oder mehrere Krümmungswinkel umfaßt und stumpfe, quadratische oder scharfe Klingenkanten umfaßt. Eine ins Gleichgewicht gebrachte Ultraschall-Klinge, die gemäß der vorliegenden Erfindung gestaltet worden ist, kann eingesetzt werden, um viele offene und endoskopische chirurgische Prozeduren durchzuführen, einschließlich: Prozeduren zum Zerlegen der inneren Brustwandarterie (IMA-Internal Mammary Artery); Entfernen oder Dissizieren der Radialis; Verkleinerung und Wiederaufbau der Brust; und Entfernen von Hämorrhoiden. Ultraschall-Klingen gemäß der vorliegenden Erfindung haben viele Funktionen und können viele Merkmale umfassen, um diese Funktionen zu erleichtern, zum Beispiel flache oder stumpfe Bereiche für die Konfiguration, scharfe oder stumpfe Kanten und gezahnte Klingenkanten.

[0042] Obwohl bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung hierin gezeigt und beschrieben worden sind, wird es den Fachleuten offensichtlich, daß solche Ausführungsformen nur beispielhaft gegeben werden. Zahlreiche Variationen, Änderungen und Ersetzungen werden nun den Fachleuten deutlich werden, ohne daß man sich von der Erfindung entfernt.

[0043] Demgemäß ist beabsichtigt, daß die Erfindung nur durch den Umfang der angefügten Ansprüche beschränkt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ausgleichen eines mit Ultraschall arbeitenden Instrumentes (10), welches eine mit Ultraschall betriebene Klinge (26) und einen Ultraschall-Wellenleiter (14) umfaßt, wobei die Klinge asymmetrisch ist, so daß sie in der Verwendung ein unerwünschtes Drehmoment induziert, und wobei das Instrument (10) weiterhin einen Ausgleichsbereich (28) zwischen einem distalen Ende des Ultraschall-Wellenleiters (14) und einem proximalen Ende der asymmetrischen mit Ultraschall betriebenen Klinge (26) umfaßt, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

asymmetrisches Einbeziehen zweier asymmetrischer Bereiche hinzugefügter oder weggenommener Masse (38, 40) in den Ausgleichsbereich (28) zum Erzeugen eines Gegenmomentes, um bei der Verwendung dem unerwünschten Drehmoment entgegenzuwirken.

2. Verfahren zum Ausgleichen eines mit Ultraschall arbeitenden Instrumentes (10) nach Anspruch 1, bei dem das Gegenmoment in der Größe im wesentlichen gleich der des unerwünschten Drehmoments ist.

3. Verfahren zum Ausgleichen eines mit Ultraschall arbeitenden Instrumentes (10) nach Anspruch 2, bei dem Masse asymmetrisch an zwei Orten des Ausgleichsbereiches (28) hinzugefügt wird, um die beiden asymmetrischen Bereiche hinzugefügter oder weggenommener Masse (38, 40) zu bilden, bis das Gegenmoment in der Größe im wesentlichen gleich der des unerwünschten Drehmomentes ist.

4. Verfahren zum Ausgleichen eines mit Ultraschall arbeitenden Instrumentes (10) nach Anspruch 1, bei dem Masse asymmetrisch von zwei Orten auf dem Ausgleichsbereich (28) entfernt wird, um die beiden asymmetrischen Bereiche hinzugefügter oder weggenommener Masse (38, 40) zu bilden, bis das Gegenmoment in der Größe im wesentlichen gleich der des unerwünschten Drehmomentes ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die asymmetrischen Bereiche hinzugefügter oder weggenommener Masse durch zwei Kerben in dem Ausgleichsbereich (28) gebildet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die asymmetrischen Bereiche hinzugefügter oder weggenommener Masse durch zwei Ausschnitte in dem Ausgleichsbereich (28) gebildet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die asymmetrischen Bereiche hinzugefügter oder weggenommener Masse durch zwei flache Bereiche auf dem Ausgleichsbereich (28) gebildet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die asymmetrischen Bereiche hinzugefügter oder weggenommener Masse als zwei Buckel auf dem Ausgleichsbereich (28) gebildet werden.

9. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die asymmetrischen Bereiche hinzugefügter oder weggenommener Masse als zwei angehobene Teile auf dem Ausgleichsbereich (28) gebildet werden.

10. Verfahren zum Ausgleichen eines mit Ultraschall arbeitenden Instrumentes (10) nach Anspruch 1, bei dem der Ausgleichsbereich (28) und die asymmetrische Klinge (26) zusammen eine Klingenanordnung (12) bilden, und wobei das Verfahren weiter den Schritt des wahlweisen Hinzufügens und Wegnehmens von Massen an zwei Orten auf dem Ausgleichsbereich (28) umfaßt, bis:

$$\int_{x_0}^{x_1} \int_{y_0}^{y_1} \int_{z_0}^{z_1} \bar{A}(x, y, z) \bar{x} \bar{o}(x, y, z) \rho(x, y, z) dz dy dx$$

ungefähr gleich Null ist, wobei:

x_0 , y_0 und z_0 sich in einer Ebene $x = 0$ durch die Klingenanordnung (12) an einem Gleichgewichtspunkt befinden, der proximal zu einer proximalsten der Ausgleichsasymmetrien ist;

x_1 , y_1 und z_1 sich in einer Ebene tangential zu einer distalen Spitze der Klingenanordnung befinden;

\bar{x}_0 , y_0 und z_0 mit x_1 , y_1 und z_1 ein Volumen definieren, welches die Klingenanordnung (12) umschließt;

$\bar{A}(x, y, z)$ die Beschleunigung der Klingenanordnung (12) an irgendeinem Punkt (x, y, z) ist;

$\bar{o}(x, y, z)$ ein Vektor ist, der die Positionen an irgendeinem Punkt (x, y, z) auf der Klingenanordnung (12) in Bezug auf den Gleichgewichtspunkt angibt; und

$\bar{\rho}(x, y, z)$ die Dichte der Klingenanordnung (12) an irgendeinem Punkt (x, y, z) ist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem das wahlweise Hinzufügen und Wegnehmen von Masse in dem Ausgleichsbereich (28) durch Bereitstellen zweier Kerben in dem Ausgleichsbereich (28) erreicht wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem das wahlweise Hinzufügen und Wegnehmen von Masse in dem Ausgleichsbereich (28) durch Bereitstellen zweier Ausschnitte in dem Ausgleichsbereich (28) erreicht wird.
13. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem das wahlweise Hinzufügen und Wegnehmen von Masse in dem Ausgleichsbereich (28) durch Bereitstellen zweier Buckel in dem Ausgleichsbereich (28) erreicht wird.
14. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem das wahlweise Hinzufügen und Wegnehmen von Masse in dem Ausgleichsbereich (28) durch Bereitstellen zweier angehobener Teile in dem Ausgleichsbereich (28) erreicht wird.
15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die asymmetrischen Bereiche hinzugefügter oder weggenommener Masse entlang dem Ausgleichsbereich (28) angeordnet sind, einer distal zu dem anderen.
16. Ausgeglichenes, mit Ultraschall arbeitendes chirurgisches Instrument (10), welches eine mit Ultraschall betriebene Klinge (26) und einen Ultraschall-Wellenleiter (10) umfaßt, wobei die Klinge asymmetrisch ist, so daß sie bei der Verwendung ein unerwünschtes Drehmoment induziert, und wobei das Instrument (10) weiterhin einen Ausgleichsbereich (28) zwischen einem distalen Ende des Ultraschall-Wellenleiters (14) und einem proximalen Ende der asymmetrischen, mit Ultraschall betriebenen Klinge (26) umfaßt, wobei das mit Ultraschall arbeitende chirurgische Instrument (10) zwei asymmetrische Bereiche hinzugefügter oder weggenommener Masse (38, 40) in oder auf dem Ausgleichsbereich (28) aufweist, die bei der Verwendung ein Gegenmoment erzeugen werden, das dem unerwünschten Drehmoment entgegengesetzt ist, wobei das Instrument durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgeglichen ist.
17. Ausgeglichenes, mit Ultraschall arbeitendes chirurgisches Instrument (10), das eine mit Ultraschall betriebene Klinge (26) und einen Ultraschall-Wellenleiter (14) umfaßt, wobei die Klinge asymmetrisch ist, so daß sie bei der Verwendung ein unerwünschtes Drehmoment induziert, und wobei das Instrument (10) weiterhin einen Ausgleichsbereich (28) zwischen einem distalen Ende des Ultraschall-Wellenleiters (14) und einem proximalen Ende der asymmetrischen, mit Ultraschall betriebenen Klinge (26) umfaßt, wobei bei dem mit Ultraschall arbeitenden chirurgischen Instrument (10) wahlweise an zwei Orten in oder auf dem Ausgleichsbereich (28) Masse hinzugefügt oder weggenommen wird, so daß es durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14 ausgeglichen ist.
18. Mit Ultraschall arbeitendes chirurgisches Instrument (10) nach Anspruch 16 oder Anspruch 17, bei dem der Übertragungs-Wellenleiter (14) ein Gleichgewichtsverhältnis von weniger als 1:10 hat.
19. Mit Ultraschall arbeitendes chirurgisches Instrument (10) nach Anspruch 18, bei dem das Gleichgewichtsverhältnis des Übertragungs-Wellenleiters (14) kleiner als 1:200 ist.
20. Mit Ultraschall arbeitendes chirurgisches Instrument nach einem der Ansprüche 16 bis 19, soweit von entweder Anspruch 6 oder Anspruch 12 abhängig, bei dem die Klinge (26) eine konkave obere Fläche (30), eine konvexe untere Fläche (32), einen ersten Ausschnitt (38), der sich von dem proximalen Ende der konkaven Fläche (30) zu einem ersten vorbestimmten Punkt (32) proximal entlang dem Ausgleichsbereich (28) erstreckt, einen zweiten Ausschnitt (40), der sich von dem proximalen Ende der konvexen Fläche (32) zu einem zweiten vorbestimmten Punkt (44) proximal entlang dem Ausgleichsbereich (28) erstreckt, aufweist, und wobei der zweite vorbestimmte Punkt (44) distal zu dem ersten vorbestimmten Punkt (42) ist, um das Gegenmoment zu erzeugen.
21. Mit Ultraschall arbeitendes Instrument (10) nach einem der Ansprüche 16 bis 19, bei dem eine zentrale Rippe von einem distalen Ende des Ausgleichsbereichs (28) entlang der Mitte eines Behandlungsbereiches (26) der Klinge läuft, um den Behandlungsbereich (26) zusätzlich mit Stärke und Festigkeit zu versehen, indem dem Behandlungsbereich (26) ein im wesentlichen trapezförmiger Querschnitt gegeben wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

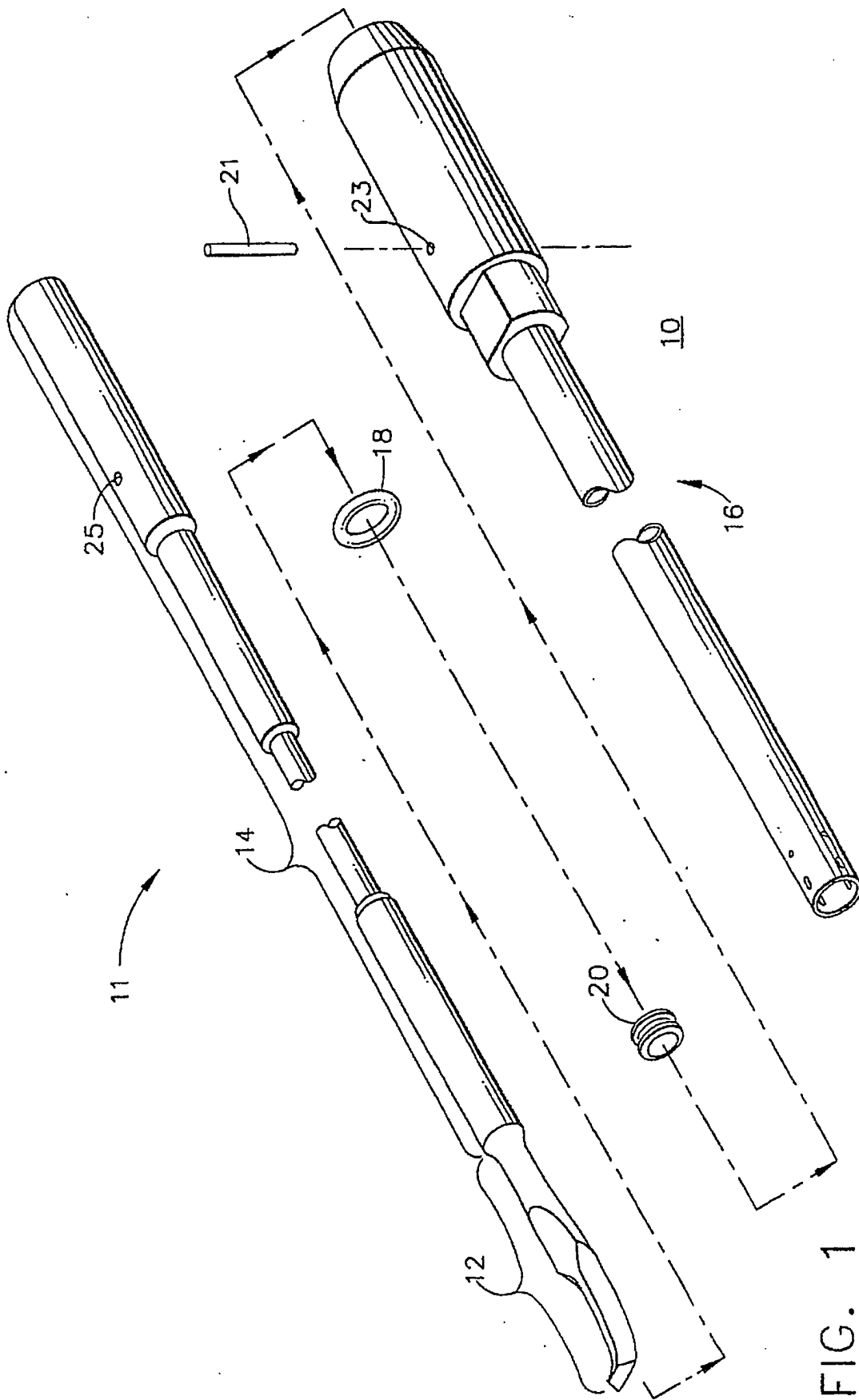


FIG. 1

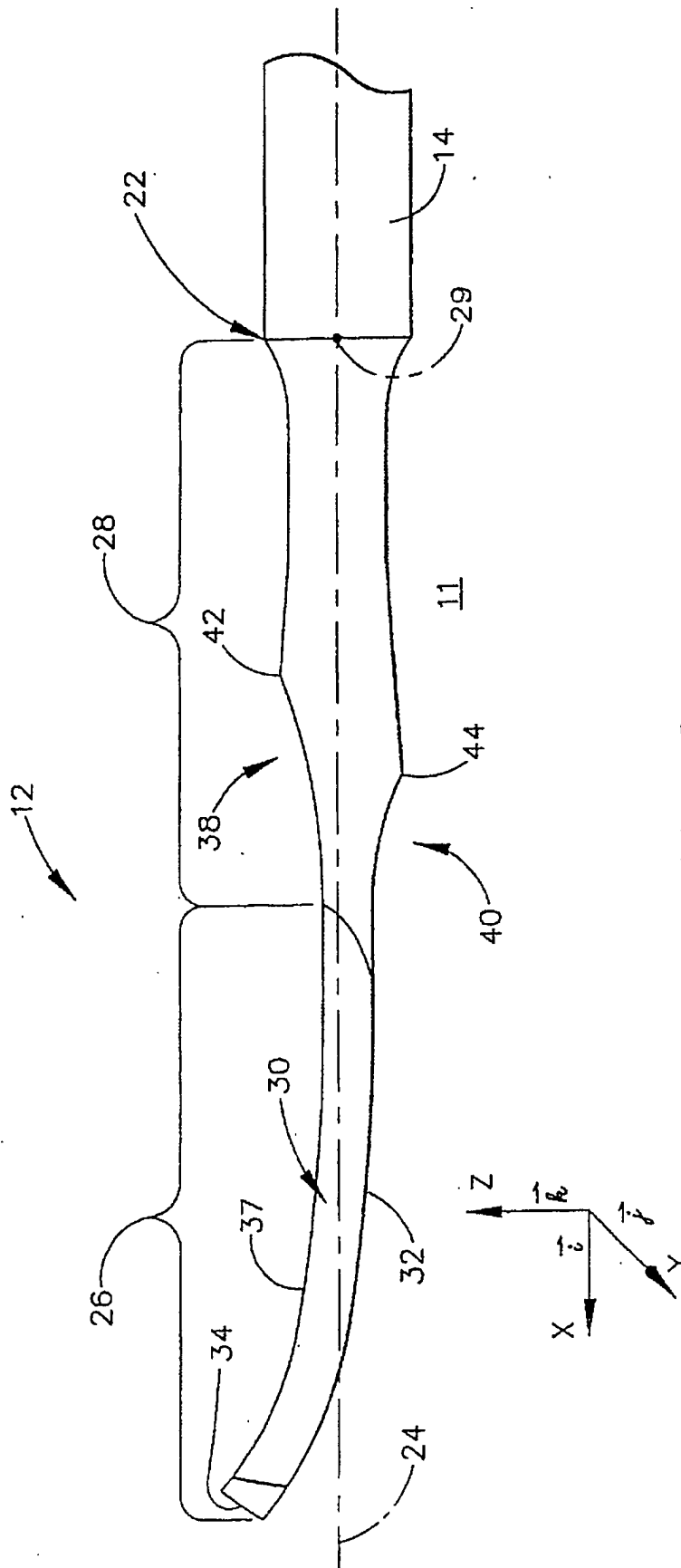


FIG. 2

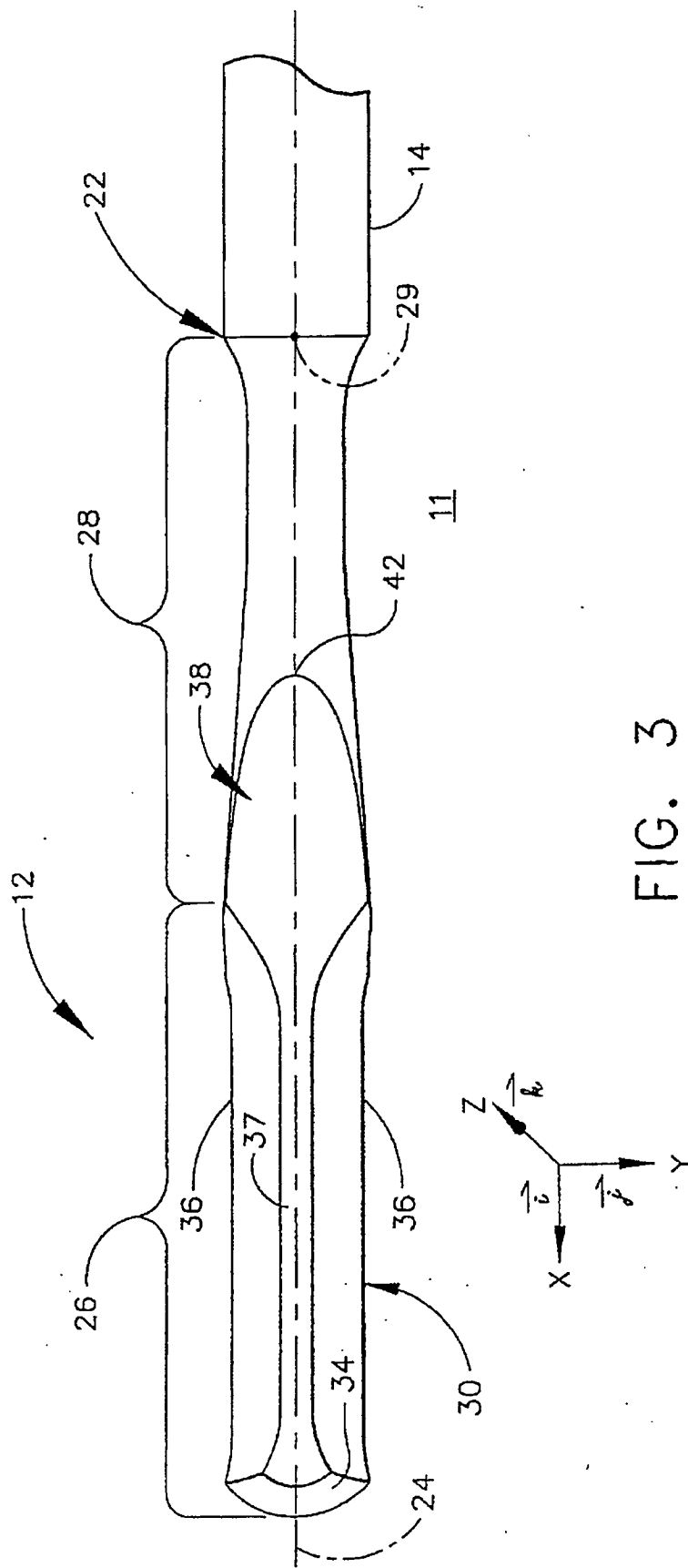


FIG. 3

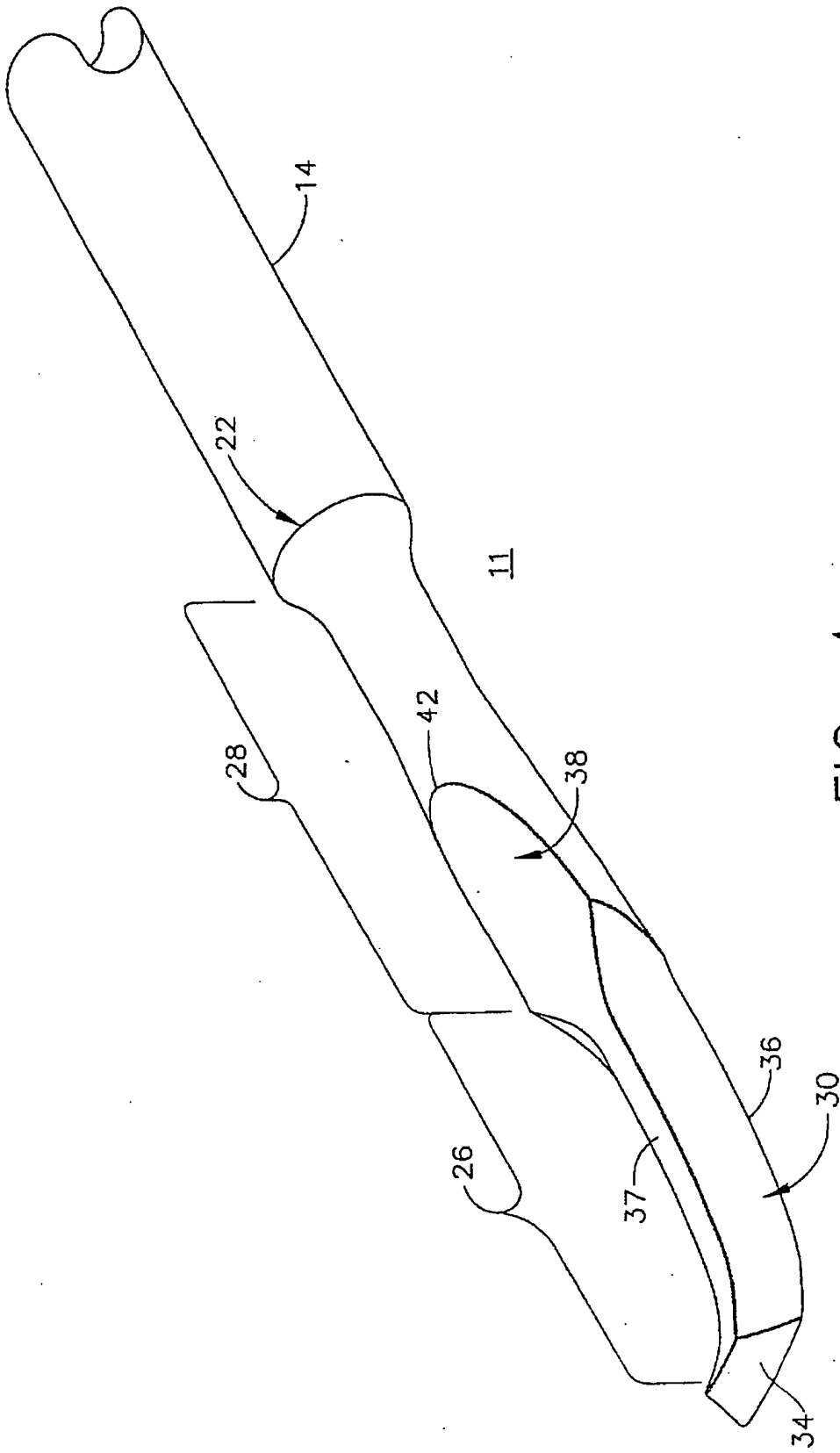


FIG. 4

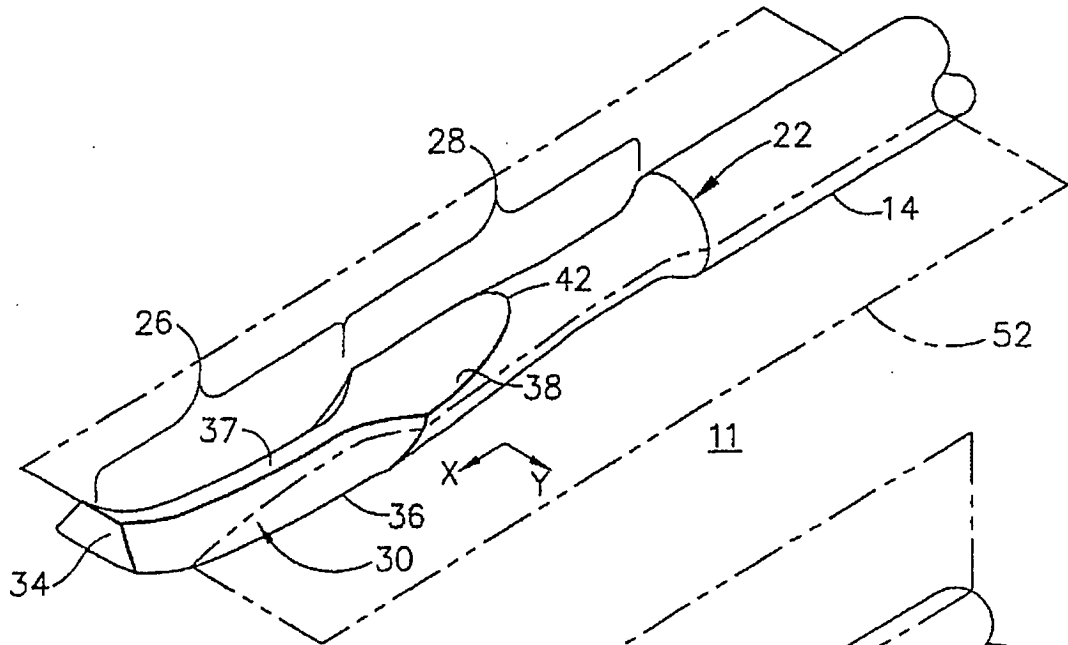


FIG. 5

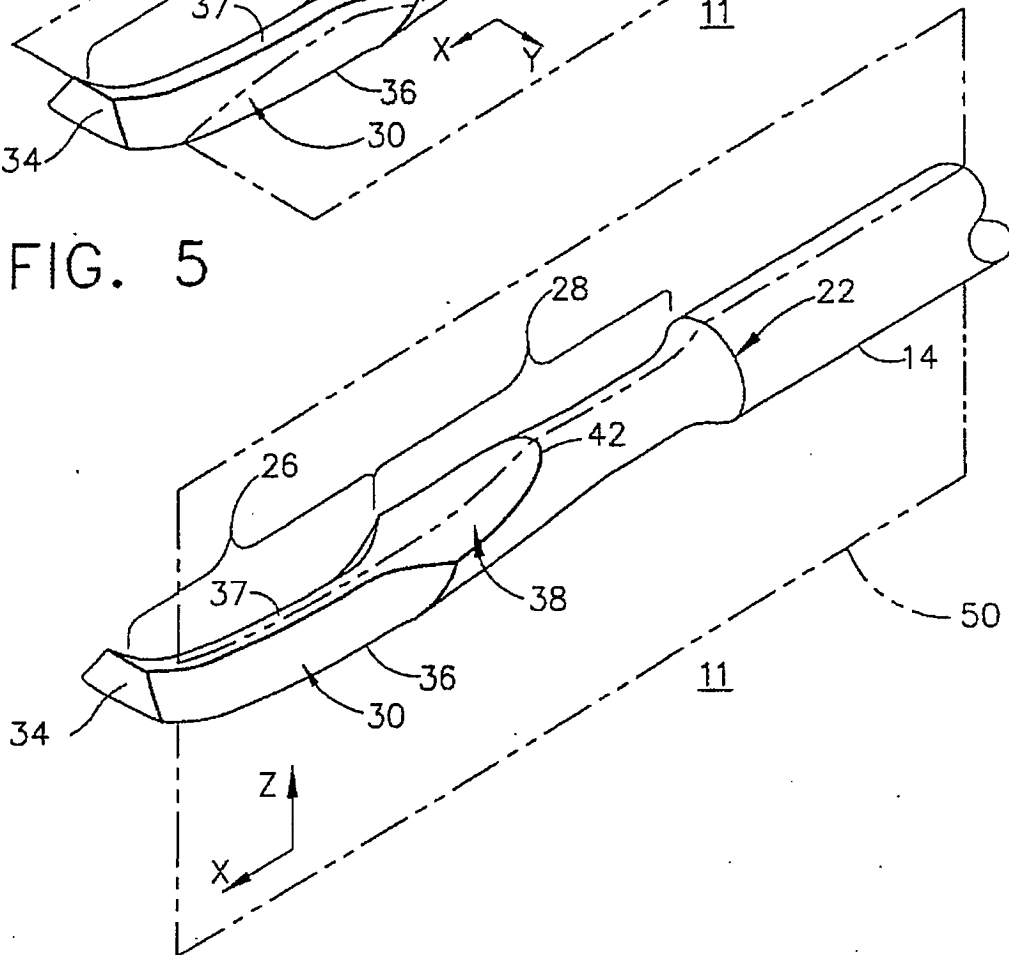


FIG. 6

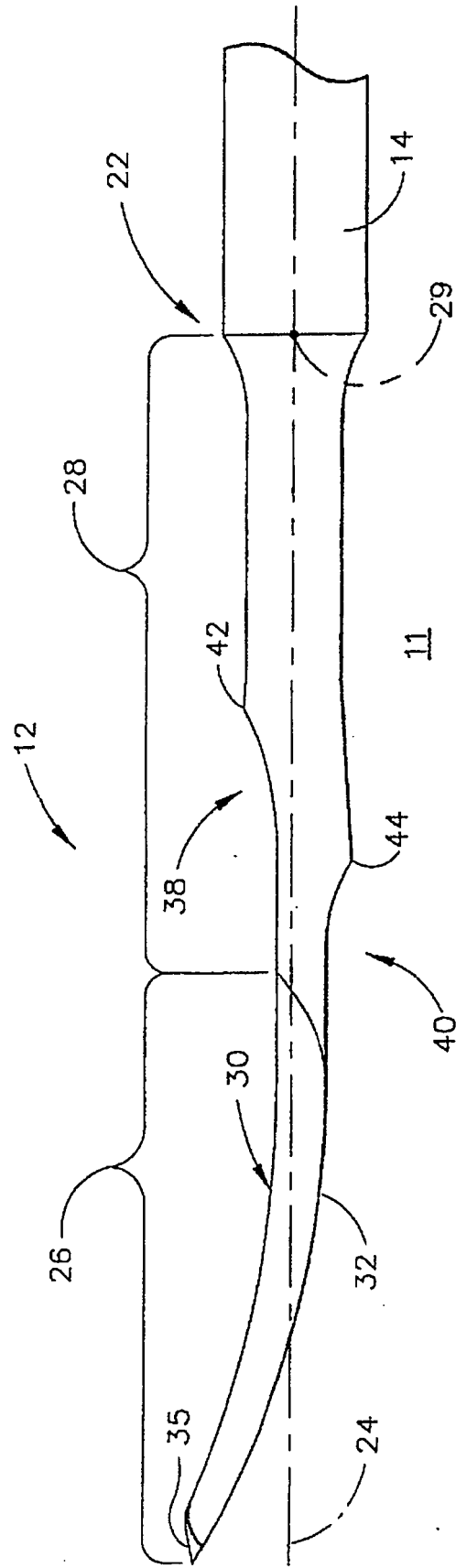


FIG. 7

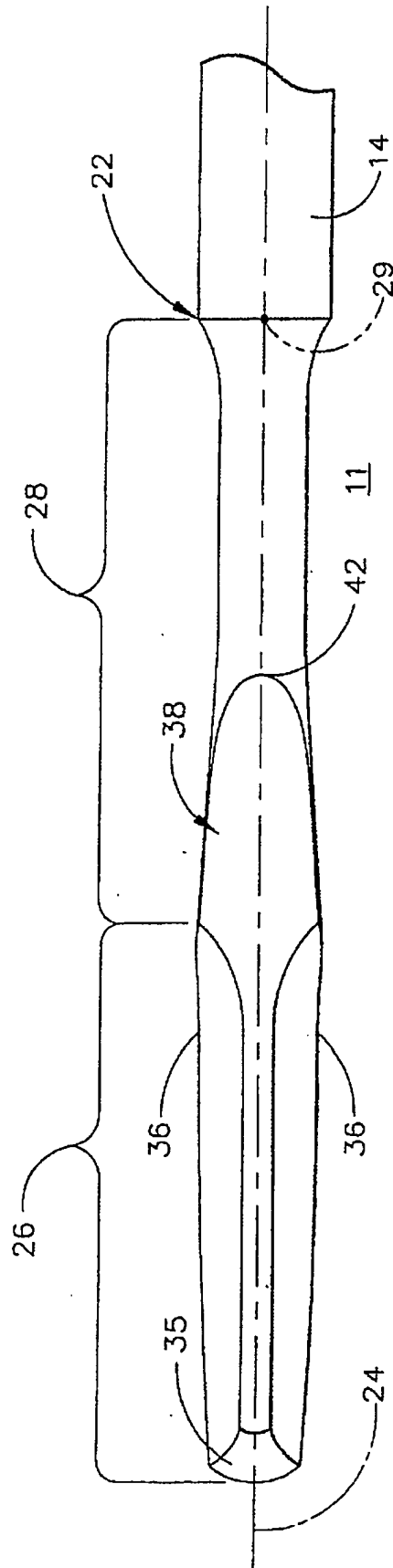


FIG. 8

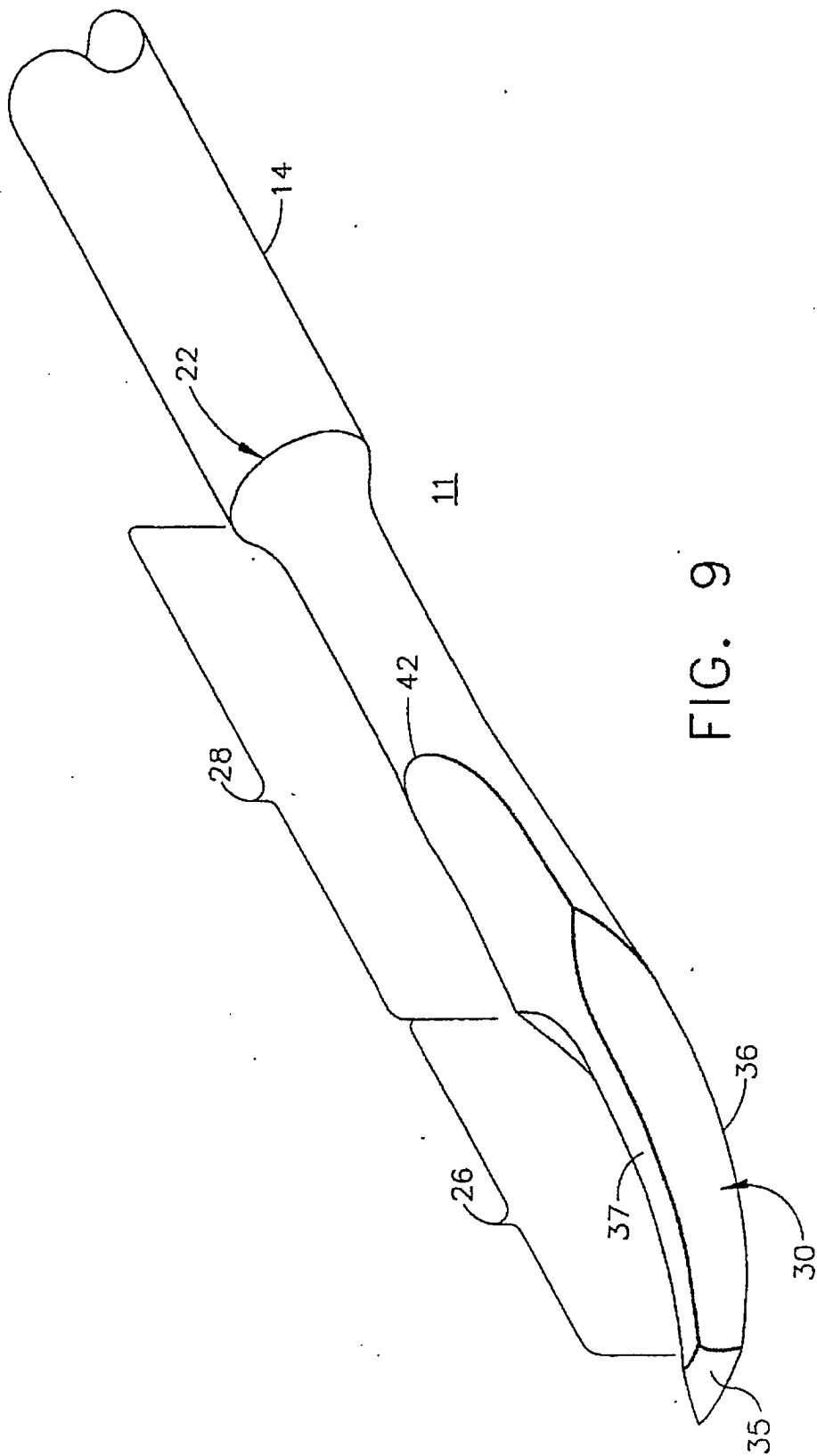


FIG. 9