



(10) **DE 10 2011 055 118 A1** 2013.05.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 055 118.2**

(22) Anmeldetag: **08.11.2011**

(43) Offenlegungstag: **08.05.2013**

(51) Int Cl.: **G01B 11/27 (2011.01)**

(71) Anmelder:
**Prüftechnik Dieter Busch AG, 85737, Ismaning,
DE**

(72) Erfinder:
Lenz, Hans, 85737, Ismaning, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

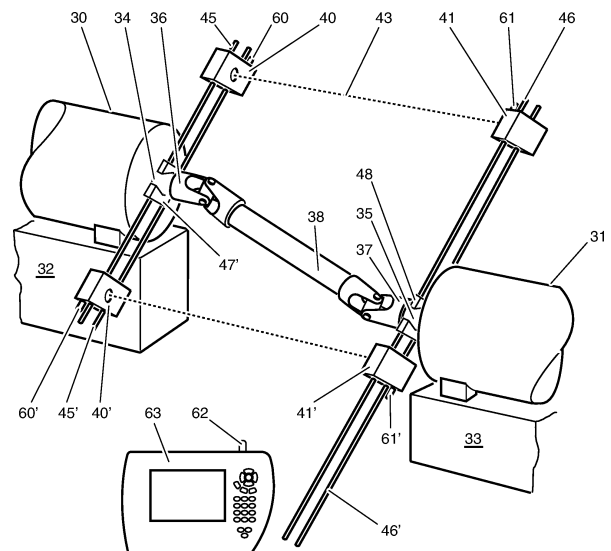
DE	101 38 831	A1
DE	10 2006 023 926	A1
US	4 518 855	A
US	4 709 485	A
EP	1 430 995	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung der Orientierung zweier über zwei Kreuzgelenke und eine dritte Welle verbundener Wellen in der Ebene der drei Wellen**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur Messung und ggf. Korrektur des Winkelversatzes zweier Wellen, die über zwei Kreuzgelenke und eine dritte Welle miteinander verbunden sind, sieht vor, dass die Messköpfe eines optoelektronischen Ausrichtgerätes an den Wellen in genau zwei Messpositionen angebracht werden. Diese Messpositionen sind um 180° zueinander versetzt und in der Ebene der drei Wellen angeordnet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein verbessertes und vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung und Korrektur des Winkelversatzes zweier Wellen von Maschinen oder Maschinenkomponenten, die aufgrund ihres Parallelversatzes über zwei Kreuzgelenke und eine dritte, die beiden Kreuzgelenke verbindende Welle miteinander verbunden sind.

[0002] Es ist üblich, Versätze zwischen zwei Wellen, die Motoren und angetriebene Aggregate miteinander verbinden, über zwei Kreuzgelenke und eine dritte Welle auszugleichen. Diese Anordnung kann aber nur parallele Versätze ausgleichen. Wenn die beiden Wellen nicht exakt parallel zueinander ausgerichtet sind, entstehen durch einen Winkelversatz oft schwere Schäden.

[0003] Die beiden Arten von Versätzen, nämlich paralleler Versatz und Winkelversatz, können mit optoelektronischen Ausrichtgeräten gut und genau bestimmt werden. Dies ist aber nur in dem einfacheren Fall möglich, wenn die beiden miteinander verbundenen Wellen coaxial verlaufen. Solche optischen Ausrichtgeräte auf der Basis von Lasern oder anderer Lichtquellen und lichtempfindlicher Detektoren (PSD, CCD- oder CMOS-Arrays) sind beschrieben in den Dokumenten DE 39 11 307 (entspricht US 5,026,998) und DE 33 20 163 (entspricht US 4,698,491). In diesen Dokumenten sind Ausrichtgeräte beschrieben, die einerseits in einem Messkopf eine Lichtquelle und in einem zweiten Messkopf einen Detektor enthalten. In dem Messkopf sind sowohl Einfallsposition als auch Einfallsrichtung eines Lichtstrahls dadurch messbar, dass im Strahlengang des Messkopfs zwei zweidimensional auslesbare Detektoren hintereinander angeordnet sind. Eine solche Anordnung kann z.B. über einen Strahlteiler erreicht werden. Andererseits werden auch Messgeräte beschrieben, in denen ein Messkopf sowohl eine Lichtquelle als auch einen zweidimensionalen Detektor enthält, während der zweite Messkopf einen Reflektor, z.B. in Form eines Dachkantprismas enthält. Die in den zuvor genannten Dokumenten beschriebenen Ausrichtgeräte verwenden Lichtstrahlen punktförmigen Querschnitts und zweidimensional auslesbare Detektoren.

[0004] DE 10 2006 023 926 (entspricht US 7,672,001) beschreibt Ausrichtgeräte, in denen Lichtstrahlen in mehr als eine Richtung quer zur Ausbreitungsrichtung aufgefächert sind. Einige Ausführungsformen sehen vor, dass jeder Messkopf sowohl eine Lichtquelle als auch einen Detektor enthält. Die vorstehend genannten optischen Ausrichtgeräte setzen voraus, dass eine Messung der Auftreffpunkte des Lichtstrahls bzw. der Lichtstrahlen auf dem oder den Detektoren in mehreren (mindestens drei, meist jedoch vier oder gar fünf und mehr) Drehstellungen der beiden Wellen vorgenommen wird.

[0005] In dem Dokument DE 33 35 336 (entspricht US 4,518,855) ist ein Ausrichtgerät beschrieben, in dem jeder Messkopf sowohl eine Lichtquelle als auch nach Einfallsort und Einfallswinkel zweidimensional auslesbare Detektoren enthält. Dieses Messgerät ist in der Lage, aus einer Messung der Auftreffpunkte auf den Detektoren eine Fehltausrichtung nach Winkel- und Parallelversatz in nur einer Drehstellung der beiden Wellen zu ermitteln, wenn die Orientierung dieser Drehstellung sowie die Auftreffpunkte bei gut ausgerichteten Wellen durch eine Vergleichsmessung auf einer einzigen geraden Welle bekannt sind. Messungen in verschiedenen Winkelstellungen an den auszurichtenden Wellen sind aber prinzipiell auch möglich.

[0006] Man verwendet oft besondere Anpassvorrichtungen zur Anwendung solcher optoelektronischen Ausrichtgeräte bei Wellen, die nicht coaxial verlaufen, also einen Parallelversatz aufweisen und über zwei Kreuzgelenke und eine dritte Welle verbunden sind. Eine solche Vorrichtung ist in der EP 1 430 995 (entspricht US 7,242,465) gezeigt. Nachteilig bei der Verwendung solcher Vorrichtungen ist, dass oft die dritte Welle entfernt werden muss, wie in der EP 1 430 995. Außerdem ist eine komplizierte Handhabung der Vorrichtungen und Durchführung einer Vielzahl von Schritten erforderlich, die die Durchführung der Bestimmung eines Winkelversatzes aufwändig und fehleranfällig gestalten. So kann es vorkommen, dass eine bereits korrekt ausgerichtete Maschine beim Wiedereinbau der dritten Welle versehentlich verschoben wird. Ein weiteres Problem besteht darin, dass solche Vorrichtungen mit zu großen Toleranzen gefertigt werden, so dass durch Spiel die Messung des Winkelversatzes zu ungenau wird.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Bestimmung des Winkelversatzes zweier über zwei Kreuzgelenke und eine dritte Welle verbundener Wellen unter Verwendung eines optischen Ausrichtgeräts anzugeben, das die Verwendung der oben angegebenen zusätzlichen Vorrichtungen zur Messung des Winkelversatzes zweier parallel versetzter Wellen überflüssig macht und trotzdem hohe Genauigkeit bei der Bestimmung des Winkelversatzes ermöglicht. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein einfaches und sicheres Verfahren zur Bestimmung des Winkelversatzes bereitzustellen.

[0008] Das Verfahren zur Lösung dieser Aufgabe umfasst die folgenden Schritte:

- a) Ermittlung einer ersten Messposition in der Ebene der drei Wellen
- b) Messung des oder der Auftreffpunkte auf dem oder den Detektoren mit einem optischen Ausrichtgerät in der ersten Messposition,
- c) Drehen der Wellen oder der Komponenten des Ausrichtgerätes um die Wellen in eine zweite Messposition, i.e. eine Position 180° von der

ersten Messposition und Positionieren eines der beiden Messköpfe des Ausrichtgerätes auf der Spannvorrichtung des jeweiligen Messkopfes in radialer Richtung zu der Welle, auf der der Messkopf angebracht ist, wobei sich diese zweite Messposition ebenfalls in der Ebene der drei Wellen befindet,

d) Messung des oder der Auftreffpunkte auf dem oder den Detektoren mit dem Ausrichtgerät in der Position 180° von der ersten Messposition, also der zweiten Messposition,

e) Ermittlung des Winkels zwischen den beiden Achsen aus den Ergebnissen der Schritte b) und d) sowie gegebenenfalls Korrektur der Winkelausrichtung durch Änderung der Position der die beweglichen Maschine oder Maschinenkomponente.

[0009] Wenige einfache Schritte reichen also aus, um den Winkelversatz mit hoher Genauigkeit zu bestimmen. Die Bestimmung des Winkelversatzes ist im Prinzip mit jedem der genannten Ausrichtgeräte aus dem oben genannten Stand der Technik möglich. Dabei ist lediglich darauf zu achten, dass die Messgeräte so ausgeführt sind, dass die Halterungen, die die Messköpfe mit den Wellen verbinden, so gestaltet sind, dass eine Änderung der Position der Messköpfe in radialer Richtung zur Welle möglich ist, wie aus der nachstehenden Beschreibung ersichtlich wird.

[0010] Weitere Einzelheiten, Aspekte und Vorteile lassen sich der nachfolgenden Beschreibung der Erfindung anhand der Figuren entnehmen.

[0011] [Fig. 1](#) beinhaltet eine perspektivische Darstellung der Vorrichtung mit zwei Wellen und der verbindenden Welle mit den beiden Kreuzgelenken und eine schematische Darstellung des Ausrichtverfahrens mit einem optischen Ausrichtgerät.

[0012] [Fig. 2](#) beinhaltet eine Darstellung der geometrischen Verhältnisse in einer waagrechten Blickrichtung senkrecht zu den Achsen der beiden Maschinenkomponenten ([Fig. 2a](#)), in einer Blickrichtung entlang der Achsen der beiden Maschinenkomponenten ([Fig. 2b](#)) sowie eine Ansicht von oben ([Fig. 2c](#)).

[0013] [Fig. 3](#) zeigt die Erfindung in Verbindung mit dem optischen Ausrichtgerät, ebenfalls in einer waagrechten Blickrichtung senkrecht zu den Achsen der beiden Maschinenkomponenten ([Fig. 3a](#)) und in Blickrichtung entlang der Achsen der beiden Maschinenkomponenten ([Fig. 3b](#)).

[0014] [Fig. 1](#) sowie [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) zeigen auf einem ersten Sockel **32** eine erste Maschine oder Maschinenkomponente **30** mit einer Welle **34** und auf einem zweiten Sockel **33** eine zweite Maschine oder Maschinenkomponente **31** mit einer Welle **35**. Die Wellen dieser beiden Maschinen oder Maschi-

nenkomponenten sind in der Orientierung ihre Achsen im wesentlichen parallel, aber in mindestens einer der beiden Raumrichtungen senkrecht zur Achsenrichtung der beiden Wellen zueinander versetzt. Deshalb ist an den Enden der Wellen **34** und **35** je ein Kreuzgelenk **36** bzw. **37** angeordnet. Diese beiden Kreuzgelenke **36** und **37** sind mit einer dritten Welle **38** miteinander verbunden.

[0015] Es ist allgemein bekannt, dass zur korrekten Funktion einer Einheit aus drei mit zwei Kreuzgelenken **36**, **37** verbundenen Wellen die beiden Bedingungen erfüllt sein müssen, dass erstens die beiden Gabeln der Kreuzgelenke an der dritten Welle **38** in einer Ebene angeordnet sind und dass zweitens die Beugewinkel an beiden Kreuzgelenken **36**, **37** identisch sind. Manche Autoren geben noch als dritte Bedingung an, dass alle drei Wellen **34**, **35** und **38** in einer Ebene angeordnet sind. Diese dritte Voraussetzung ist aber eine zwangsläufige Folge der beiden zuerst genannten Bedingungen.

[0016] Die erfindungsgemäße Festlegung der Schritte a) bis e) erfolgt ausgehend von der Erkenntnis, dass eine Messung des Winkelversatzes mit einem konventionellen optischen Ausrichtgerät in nur zwei Messpositionen genau dann möglich ist, wenn die beiden Messköpfe des Ausrichtgerätes in der aus den drei Kardanwellen gebildeten Ebene (s. dritte ‚Bedingung‘) angeordnet werden. Bei der Durchführung dieser Schritte ist es erforderlich, dass die Erfassung der Auftreffpunkte des Lichtstrahls in zwei Dimensionen erfolgt. Es muss also ein zweidimensional auslesbarer Detektor verwendet werden. Alternativ ist es auch möglich, dass zwei Lichtstrahlen und zwei eindimensionale Detektoren verwendet werden, wenn die beiden Detektoren in verschiedene Richtungen verlaufen, also z.B. zueinander rechtwinklig angeordnet sind.

[0017] Um nun eine Messung der Ausrichtung der beiden Wellen **34**, **35** relativ zueinander vorzunehmen, sind erfindungsgemäß im Vergleich zum Stand der Technik wenige und einfache Verfahrensschritte erforderlich. Eine optische Ausrichtmessung zweier Wellen relativ zueinander erfolgt in zwei um 180° versetzten Winkelstellungen der Messköpfe des optoelektronischen Ausrichtgeräts relativ zu den Achsen der beiden Wellen.

[0018] Die Messköpfe **40**, **41** sind auf ihren Halterungen **45**, **46** so anzuordnen, dass der bzw. die von ihnen ausgesandten Lichtstrahlen **43** in der Ebene **71** verlaufen, die durch die beiden Wellen **34**, **35** und die verbindende dritte Welle **38** gebildet wird. Bei Verwendung eines Ausrichtgerätes mit einem zu einer Ebene aufgefächerten Lichtstrahl soll die Ebene dieses Lichtstrahls senkrecht zur Ebene der beiden Wellen liegen. Dabei ist für beide Messköpfe immer die-

selbe Winkelstellung relativ zu den vermessenden Achsen anzufahren.

[0019] Zum besseren Verständnis werden nun die Vorrichtungen beschrieben, die die Messköpfe der im Stand der Technik beschriebenen optoelektronischen Ausrichtgeräte mit den relativ zueinander auszurichtenden Wellen verbinden. Sie bestehen üblicherweise aus einer Spannvorrichtung, die für eine feste und starre Verbindung des Messkopfs mit der Welle sorgt. Solche Spannvorrichtungen enthalten einen Körper zum Anlegen an die Mantelfläche einer zylindrischen Welle. Dieser Körper ist oft ein Block **47, 48** mit einer prismatischen Ausnehmung. Solch ein Block mit einer prismatischen Ausnehmung lässt sich gut auf Wellen verschiedener Durchmesser anbringen, sodass die Scheitellinie der prismatischen Ausnehmung exakt parallel zur Wellenachse verläuft. Die feste Verbindung des Körpers mit der Welle wird erzeugt durch Festspannen des Blocks mit der prismatischen Ausnehmung auf der Welle. Dieses Festspannen geschieht über Federbleche oder Ketten, die üblicherweise mit Klemm- oder Spannschrauben gesichert werden. Auf den Blöcken dieser Spannvorrichtungen werden dann Halterungen in Form von Stangen oder Rohren **45, 46** angebracht, die parallel zu einer zu den Wellen **34, 35** radial verlaufenden Richtung montiert werden. Die Gehäuse der Messköpfe verfügen dann über entsprechende Bohrungen, in denen diese Stangen verlaufen. Mit Klemmvorrichtungen, z.B. Spannschrauben oder Schnellverschlüssen, werden die Messköpfe dann an diesen Stangen **45, 46** fixiert. Diese Anordnung der Messköpfe **40, 41** an Stangen **45, 46** ermöglicht es, die Messköpfe in verschiedenen Abständen von der Wellenachse anzubringen. Damit kann der Lichtstrahl nicht durch eine Kupplung blockiert werden, die die beiden Wellen verbindet. Der Träger für einen Messkopf besteht also aus der Spannvorrichtung zur Befestigung an der Welle und einer Halterung für den Messkopf, z.B. Stangen, Rohren oder den Platten der DE 33 35 336. Der Körper oder Block der Spannvorrichtung sorgt dabei für eine stabile Verbindung zwischen der Welle, an der er z.B. mit einer Kette festgespannt ist, und den Halterungen, also Stangen, Rohren **45, 46** oder – alternativ – den Platten der DE 33 35 336.

[0020] Bei Messung zweier nur über eine Kupplung verbundener Wellen, also bei Messung im wesentlichen koaxialer Wellen ist es leicht möglich, mehrere beliebige Winkelstellungen anzufahren, indem die beiden miteinander verbundenen Wellen gemeinsam gedreht werden. Wenn die beiden Messköpfe einmal zueinander ausgerichtet sind, trifft der Lichtstrahl auch in anderen Winkelstellungen zuverlässig den Detektor. Korrekturen sind nur bei sehr starken Fehlausrichtungen erforderlich.

[0021] Wenn man aber den Winkelversatz zweier über ein Kreuzgelenk und eine dritte Welle miteinander verbundener Wellen messen will, so zeigt sich, dass bei einer Drehung der Messköpfe um die Wellen bzw. bei einer Drehung der Messköpfe mit den miteinander verbundenen Wellen der Lichtstrahl den Detektor in weitem Abstand verfehlt wegen des Parallelversatzes der beiden Wellen. Die Erfindung basiert auf der folgenden Erkenntnis: nur wenn die beiden Messköpfe **40, 41** in der aus den drei Wellen gebildeten Ebene angeordnet sind, also in zwei um 180° versetzten Messpositionen in dieser Ebene, ist eine Messung möglich. In diesen beiden Positionen ist die umfänglich (also in einer Richtung senkrecht zur Wellenachse und tangential zum Umfang der Welle) gemessene Position der beiden Messköpfe identisch. Wenn die beiden Wellen um 180° gedreht werden, ist lediglich eine Verschiebung eines der beiden Messköpfe in radialer Richtung erforderlich, damit der oder die Lichtstrahlen der Messköpfe wieder den oder die Sensoren treffen. Eine Korrektur in einer tangentialen Richtung ist nicht nötig. Noch weniger ist es selbstverständlich erforderlich, den Messkopf entlang einer der Achsen der Wellen zu verschieben.

[0022] Das Messverfahren wird also in den oben kurz beschriebenen Schritten vorgenommen, die im Folgenden nun im Detail beschrieben werden.

a) Ermittlung der Ebene der drei Wellen

[0023] Auf der Welle **35** wird eine Spannvorrichtung mit einem Messkopf **40** eines Ausrichtgerätes angeordnet. Der Messkopf **40** sendet einen Lichtstrahl **43** in Richtung auf die zweite Maschine oder Maschinenelemente **31**. Diese verfügt über eine zweite Welle **35**. An dieser Welle **35** ist ein Kreuzgelenk **36** angebracht. Eine dritte Welle **38** verbindet das Kreuzgelenk **36** mit dem zweiten Kreuzgelenk **37** an der Welle **35**.

[0024] Die Ermittlung der ersten Messposition kann im Prinzip durch geometrisches Auftragen in einer Hilfsebene **72** senkrecht zur Ebene **71** der beiden Wellen erfolgen, indem der Auftreffpunkt des Laserstrahls auf einem Lagerschild oder einer anderen geeigneten ebenen Fläche, die an der Welle **35**, an der die Quelle des Lichtstrahls nicht angebracht ist, so angeordnet ist, dass die Normale dieser ebenen Fläche in Richtung der Achse dieser Welle **35** verläuft, in drei Winkelpositionen der Sendevorrichtung des Lichtstrahls aufgetragen wird. Die drei so ermittelten Auftreffpunkte bilden einen Kreis. Die Verbindungslinie zwischen dem Mittelpunkt dieses Kreises und dem Punkt, in dem die Achse der Welle die ebene Fläche durchstößt, zeigt in die Richtung einer Geraden, die zusammen mit der Wellenachse die Ebene der drei Wellen bildet. Eine solche Hilfsebene **72** kann ein Lagerschild oder eine Platte einer Maschinenverkleidung sein. Wenn an der Maschine keine

geeignete Fläche zu finden ist, so kann eine solche Fläche durch Einbringen einer Ebene (z.B. eines Stücks Karton oder eines Bretts) senkrecht zur Welle erzeugt werden. Dabei ist nur darauf zu achten, dass die verwendete Lichtquelle gut auf der Ebene sichtbar ist.

[0025] Besonders einfach kann die erste Messposition bzw. die den Wellen gemeinsame Ebene aber ermittelt werden durch Peilen entlang einer Sichtlinie der Antriebs- bzw. Abtriebswellen.

[0026] Üblicherweise wird bei einem optischen Ausrichtgerät, das nur über einen Lichtstrahl verfügt, der Messkopf mit der Lichtquelle dieses Strahls auf der Maschine bzw. Maschinenkomponente angebracht, deren Position beim Ausrichtvorgang nicht verändert werden kann. Wenn z.B. eine komplexe Maschine über eine Pumpe, ein Gebläse oder eine Walze mit einer angetriebenen Welle sowie einen die Pumpe, das Gebläse oder die Walze antreibenden Motor verfügt, so ist die Position der Pumpe, des Gebläses oder der Walze normalerweise vorgegeben, z.B. durch den Verlauf der Rohre oder die Laufbahn des auf der Walze transportierten Guts. Die Position des Motors kann jedoch verändert werden, um eine optimale Ausrichtung nach den oben genannten beiden Bedingungen herzustellen. Wenn das Ausrichtgerät über eine Lichtquelle in nur einem der beiden Messköpfe verfügt, so wird der Messkopf mit der Lichtquelle üblicherweise auf der Welle der Maschinenkomponente angebracht, die nicht bewegt wird, also Pumpe, Gebläse oder Walze. Dies wurde ursprünglich so festgelegt, weil bei einer Korrektur der Position einer der beiden Maschinen bei Anbringung des Messkopfs mit der Lichtquelle an der Maschine, die versetzt wird, besonders bei großen Messabständen ein zu großer Versatz zwischen den Messköpfen mit Lichtquelle und Detektor auftreten kann, besonders wenn der Abstand zwischen den Messköpfen einen Meter oder mehr beträgt. Diese Anbringung von Lichtquelle und Detektor ist aber auch bei der Vermessung zweier über zwei Kreuzgelenke und eine dritte Welle verbundener Wellen bevorzugt, wenn nur einer der Messköpfe eine Lichtquelle enthält. Dort legen die Welle der Maschine, die nicht versetzt werden kann, und die dritte die Kreuzgelenke verbindende Welle, die Ebene der oben erwähnten dritten ‚Bedingung‘ fest. Auch bei Ausrichtgeräten, die über zwei Lichtquellen in verschiedenen Messköpfen verfügen, ist es nach der vorstehenden Darstellung sinnvoll, zur Bestimmung der Ebene, in der die Messköpfe anzuordnen sind, diejenige Lichtquelle zu verwenden, die an der Maschinenkomponente angebracht ist, die nicht verschoben werden soll. In den Fig. wurde die Maschine **30** mit der Welle **34** als feststehend und die Maschine **35** mit der Welle **35** als beweglich gewählt.

[0027] So wird z.B. in [Fig. 1](#) der die Lichtquelle enthaltende Messkopf **40** bzw. **40'** an der Welle

34 der ortsfesten Maschinenkomponente **30** angebracht, und zwar in der in [Fig. 1](#) nach unten als Messkopf **40'**. Wenn die Lichtquelle radial relativ nahe zu der Welle **34** steht, so trifft der Lichtstrahl bei geeigneter Anbringung der Spannvorrichtung die dritte Welle **38**. Nun wird die Spannvorrichtung um die Welle **34** gedreht, bis der Lichtstrahl genau die Mitte der Welle **38** trifft. Diese Mitte der Welle **38** ist genau der Punkt entlang einer Umfangslinie der Welle bzw. der Linie auf der Welle **38**, die der Lichtstrahl bei seiner (tangentialen) Verschiebung entlang des Umfangs der Welle **34**, an der der Messkopf **40'** mit seiner Lichtquelle angebracht ist, beschreibt, der der Lichtquelle am nächsten ist. Es ist sinnvoll, diese Ausrichtung in einer anderen (radialen) Position des Messkopfes **40'** zu überprüfen. Diese Überprüfung erfolgt, indem der Messkopf entlang der Halterung (hier durch zwei Stangen gebildet), in einer Richtung verschoben wird, die zur Welle **34** radial verläuft. Dann wird die Ausrichtung der Spannvorrichtung auf der Welle **34** anhand des Auftreffpunkts des vom Messkopf ausgesandten Lichtstrahls auf der Welle **38** überprüft und ggf. korrigiert.

[0028] Wenn die Lichtquelle über die Möglichkeit einer Feineinstellung der Richtung des ausgesandten Lichtstrahls verfügt, so kann über die Feststellung des Auftrefforts des vom Messkopf **40'** ausgesandten Lichtstrahls an radial von der Achse der Welle **34** verschieden weit entfernten Positionen des Messkopfs **40'** anhand der Drehung der Spannvorrichtung um die Welle **34** und anhand der Feineinstellung der Richtung des Lichtstrahls sehr genau eine Ausrichtung des Messkopfs **40'** und des von diesem Messkopf ausgesandten Lichtstrahls in die den drei Wellen gemeinsame Ebene und in eine Richtung parallel zur Achse der Welle, auf der der Messkopf befestigt ist, vorgenommen werden. Eine weitere Möglichkeit der Überprüfung der Ausrichtung der Lichtquelle besteht darin, nach der Einstellung der Abstrahlrichtung den Messkopf von den Stangen zu entfernen und in umgekehrter Stellung (sozusagen ‚kopfüber‘) wieder auf den Stangen anzubringen und die Ausrichtung auf die dritte Welle zu überprüfen und ggf. iterativ zu korrigieren.

[0029] Danach wird der Messkopf **40'** entlang der Stangen von der Welle **34** weg soweit in radialer Richtung verschoben, dass der von diesem Messkopf ausgesandte Lichtstrahl nicht mehr die dritte Welle **38** trifft, sondern auf den auf der Welle **35** angebrachten zweiten Messkopf **41'**. Der Messkopf **41'** ist entsprechend auf seinen Stangen dem Messkopf **40'** gegenüber anzuordnen und liegt somit ebenfalls in der aus den drei Wellen **34**, **35**, **38** gebildeten Ebene.

[0030] Diese Art der Ermittlung der durch die drei Wellen **34**, **35**, **38** gebildeten Ebene **71** ist mit der traditionellen Vorgehensweise der Anbringung der Lichtquelle an der festen, nicht zu bewegenden Ma-

schinenkomponente **30** vereinbar, weil so die Ebene **71** anhand der Welle **34** der stationären Maschinenkomponente **30** und der dritten verbindenden Welle **38** ermittelt wird. Die Position der beweglichen Komponente **31** wird ja im Ausrichtvorgang verändert. Dies könnte wiederum eine Änderung der räumlichen Lage der Ebene der drei Wellen bewirken, wenn die Welle **35** der beweglichen Komponente **31** zur Ermittlung dieser Ebene herangezogen würde.

[0031] Es ist ebenso möglich, die Ermittlung der Ebene der drei Wellen **34, 35, 38** mit einer anderen Lichtquelle als der in einem der Messköpfe enthaltenen vorzunehmen. Es kann z.B. auch ein Laserpointer verwendet werden.

[0032] In einer dritten Art der Ermittlung der Ebene der drei Wellen **34, 35, 38** wird diese aufgrund der geometrischen Gegebenheiten ermittelt. Dies geschieht zunächst durch Messung des Abstands zwischen den Kreuzgelenken, der z.B. durch vertikale Projektion der Wellen oder ihrer Verlängerungen auf den Hallenboden ermittelt werden kann. Bei einer solchen vertikalen Projektion erfolgt dann auch eine Messung des lateralen Abstands der Wellen **34** und **35**. Alternativ oder zusätzlich wird eine Messung des Höhenunterschiedes zwischen den beiden Wellen vorgenommen, je nachdem, ob nur ein lateraler oder nur ein vertikaler Versatz oder beides vorliegt. Wenn so der Winkel der Ebene zur Vertikalen oder Horizontalen ermittelt wurde, kann unter Verwendung eines Inklinometers, das in einem der Messköpfe **40, 41** vorhanden sein kann, der Messkopf auf der Welle angeordnet werden. Dieser Winkel zur Horizontalen oder Vertikalen kann natürlich auch den Konstruktionsdaten, z.B. einer Zeichnung entnommen werden.

b) Messung der Auftreffposition des bzw. der Lichtstrahlen in der ersten Messposition

[0033] Wenn die Spannvorrichtung und der Messkopf **40'** nun auf die Mitte der dritten Welle **38** ausgerichtet sind, wird nun auf der Welle **35** der zweite Messkopf **41'** mit seiner Spannvorrichtung an den Stangen so angebracht, dass die Winkelposition der Spannvorrichtung mit den Stangen auf der Welle **35** der unter a) gefundenen Position für die auf der Welle **34** angebrachte Spannvorrichtung mit den Stangen entspricht. Das bedeutet, dass die Stangen **45', 46'** der beiden Messköpfe **40', 41'** parallel auszurichten sind. Dann wird die Position des Auftreffpunktes des Lichtstrahls bzw. der Auftreffpunkte der Lichtstrahlen auf dem Detektor bzw. den Detektoren gemessen und an einen zum Auswerten der ermittelten Daten dienenden Computer **63** übertragen. Wenn die Orientierung des Messkopfes **45'** bzw. **46'** bekannt ist, z.B. über ein in diesem Messkopf vorhandenes Inklinometer, so kann auch diese an den Computer übertragen bzw. vom Benutzer in den Computer eingegeben werden.

c) Anfahren der zweiten Messposition, also der Position 180° von der ersten Messposition

[0034] Dazu werden die drei Wellen **34, 35, 38** um 180° gedreht oder die beiden Spannvorrichtungen um 180° um die Wellen herum verschoben. Dies ist in besonders einfacher Weise möglich, wenn in wenigstens einem der beiden Messköpfe **40** und **41** ein Inklinometer vorhanden ist. Der Messwert dieses Inklinometers wird auf einem zum Anzeigen der Messwerte der Ausrichtgeräte dienenden Computer **63** dargestellt. Es ist auch möglich, diesen Messwert mit dem unter b) gefundenen Messwert zu verrechnen und auf dem Display des Computers **63** anzuzeigen, ob sich die Messköpfe nun innerhalb eines vorgegebenen Bereichs des anzufahrenden Winkels befinden. Andere geeignete Inklinometer werden am Messkopf selbst dargestellt und/oder abgelesen. Solche anderen geeigneten Inklinometer können einfache Zeiger mit einer Winkelskala sein. Es kann auch ein Drehwinkelgeber an mindestens einer der beiden Wellen **34, 35** verwendet werden, wenn er vorhanden ist und sein Messwert bei der Bestimmung der Ausrichtung verfügbar ist. Wegen der noch unbekanntem FehlAusrichtung ist es zwar auch möglich, aber nicht so genau, die Lichtquelle bzw. den Messkopf mit der Lichtquelle nach Anfahren einer vermutlich 180° von der unter a) gefundenen Position an der Welle der beweglichen Maschine anzubringen und sie auf die Mitte der dritten Welle auszurichten. Wenn die Wellen **34, 35** nicht waagrecht angeordnet sind, wird anstelle von oder ergänzend zu dem Inklinometer bevorzugt ein Kompass verwendet, insbesondere ein Kreiselkompass oder ein anderes Gyroskop.

[0035] In dieser so gefundenen Position werden der bzw. die Lichtstrahlen des bzw. der Messköpfe wieder in der aus den drei Wellen gebildeten Ebene verlaufen, im Vergleich zu der Position der Messköpfe im Schritt a) aber auf der anderen Seite der Wellen **34** und **35**.

[0036] Es ist ersichtlich, dass die Stangen **45, 46** bzw. Haltevorrichtungen sich radial mindestens soweit erstrecken müssen, dass sie den Parallelversatz der beiden Wellen, gemessen von den beiden Achsenmitten, überbrücken können. Wenn beide Messköpfe auf ihren Halterungen um die beiden Wellen herum verschoben werden, was nur bei genau gefertigten Halterungen und bei genau zylinderförmigen, glatten Wellenoberflächen zu empfehlen ist, reicht im Prinzip eine radiale Erstreckung der Haltevorrichtungen/Stangen **45, 46** um die Summe aus dem Parallelversatz und dem Mindestabstand, in dem ein Messkopf von der Achse der jeweiligen Welle anzubringen ist. Soll nur einer der beiden Messköpfe auf seiner Halterung verschoben werden, so ist dieses Maß zu verdoppeln. In diesem Fall beträgt die radiale Erstreckung also das Doppelte des Parallelversatzes zuzüglich des zweifachen Mindestabstandes, in dem

ein Messkopf von der Achse der jeweiligen Welle anzubringen ist.

d) Messung der Auftreffposition des bzw. der Lichtstrahlen in der zweiten Messposition

[0037] Nach der Drehung um 180° sind die beiden Messköpfe **40, 41** in einer Position, in der nur eine Verschiebung der Messköpfe **40, 41** radial zu den Wellen **34, 35** notwendig ist, damit der bzw. die Laserstrahlen wieder den Detektor bzw. die Detektoren treffen. Dann kann die Position des Auftreffpunktes des Lichtstrahls bzw. der Auftreffpunkte der Lichtstrahlen auf dem Detektor bzw. den Detektoren bestimmt werden. Alternativ kann auch nur einer der beiden Messköpfe **45, 46** verschoben werden, wenn die Haltevorrichtungen lang genug sind, wie im vorigen Absatz beschrieben.

[0038] e) Berechnung des Winkelversatzes zwischen den Wellen **34, 35** und ggf. Korrektur. In den eingangs erwähnten Dokumenten ist beschrieben, wie eine Ermittlung des Winkelversatzes bei Anbringung der Messköpfe in zwei um 180° zueinander versetzten Positionen möglich ist. Um den Winkelversatz in der Ebene der drei Wellen **34, 35, 38** zu bestimmen, werden die Koordinaten des bzw. der Auftreffpunkte des bzw. der Lichtstrahlen in einer Richtung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Lichtstrahlen und in einer zur jeweiligen Welle radialen Richtung verwendet. Um den Winkelversatz in der Richtung senkrecht zur Ebene der drei Wellen **34, 35, 38** zu bestimmen, werden die Koordinaten des bzw. der Auftreffpunkte des bzw. der Lichtstrahlen in einer Richtung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Lichtstrahlen und senkrecht einer zur jeweiligen Welle radialen Richtung verwendet. Hierzu muss der Abstand der beiden Messköpfe **40, 41** in Ausbreitungsrichtung des Lichtstrahls bekannt sein. Dieser Abstand kann z.B. mit einem Maßband ermittelt werden.

[0039] Die Umrechnung von den Koordinatensystemen der Messköpfe in das Koordinatensystem der Maschinenkomponenten erfolgt unter Verwendung der mit dem Inklinometer, dem Kompass oder den Gyroskopen ermittelten Drehstellung der Wellen. Mit den so erhaltenen Winkelversätzen kann nun die Position der zu bewegenden Maschine durch Verschieben und Unterlegen gegebenenfalls korrigiert werden, so dass die beiden Wellen **34** und **35** parallel ausgerichtet sind. ‚Gegebenenfalls‘ bedeutet hier, dass die in den beiden Dimensionen gemessenen Winkelversätze vorgegebene Toleranzen überschreiten. Bei einer gegebenenfalls erforderlichen Korrektur sind die Distanzen zwischen den Messköpfen und den Füßen der beweglichen Maschine zur Berechnung der erforderlichen Versetzungen (z.B. durch Unterlegen sogenannter Shims oder durch seitliches Verschieben) zu berücksichtigen. Dies ist anhand einfacher geometrischer Überlegungen mög-

lich. Diese Berechnung der erforderlichen Korrekturwerte für die jeweiligen Maschinenfüße erfolgt in dem/den Messköpfen selbst, einem zum Messgerät gehörigen Computer **63** oder einem anderen Rechner, an den die Messwerte der Detektoren in den Messköpfen übermittelt werden. Ein solcher Rechner, der in den Messköpfen **40, 41** selbst angeordnet sein kann, empfängt die Messwerte der Detektoren normalerweise über eine Drahtleitung. Besonders bei nicht in den Messköpfen angeordneten Computern **63** kann die Übermittlung der Messwerte von der Erfassungselektronik in den Messköpfen drahtlos erfolgen. In den Fig. wurden zur Veranschaulichung der drahtlosen Datenübertragung Antennen dargestellt: am Computer **63** die Antenne **62**, am Messkopf **40** die Antenne **60** und am Messkopf **41** die Antenne **61**.

[0040] Wenn die Messköpfe **40, 41** in der zweiten Messposition verbleiben, kann der Effekt einer Korrektur an den Maschinenfüßen direkt auf der Anzeige des Computers **63** beobachtet werden.

[0041] In der vorstehenden Beschreibung wurde das erfindungsgemäße Verfahren bei eingebauter dritter die beiden auszurichtenden Wellen **34, 35** verbindender Welle **38** dargestellt. Dies ist der Betriebszustand. Es versteht sich, dass das Verfahren genauso anwendbar ist, wenn die dritte Welle zu Wartungszwecken ausgebaut wurde. Dabei ist lediglich darauf zu achten, dass bei Durchführung aller Verfahrensschritte die relative Winkelstellung der beiden Wellen der des Betriebszustands entspricht.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 3911307 [0003]
- US 5026998 [0003]
- DE 3320163 [0003]
- US 4698491 [0003]
- DE 102006023926 [0004]
- US 7672001 [0004]
- DE 3335336 [0005, 0019]
- US 4518855 [0005]
- EP 1430995 [0006]
- US 7242465 [0006]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ausrichten einer ersten Welle (**34**) relativ zu einer zweiten Welle (**35**), die über zwei Kreuzgelenke (**36, 37**) und eine dritte Welle (**38**) miteinander verbunden oder verbindbar sind, unter Verwendung eines optoelektronischen Ausrichtgerätes, das in einem ersten (**40**) und einem zweiten (**41**) Messkopf mindestens eine Lichtquelle zum Aussenden eines geradlinigen oder aufgefächerten Lichtstrahls (**43**) und mindestens einen zweidimensional auslesbaren Detektor zum Empfangen des Lichtstrahls enthält, wobei der erste Messkopf (**40**) auf der ersten Welle (**34**) und der zweite Messkopf (**41**) auf der zweiten Welle (**35**) mit je einer Spannvorrichtung angebracht sind,

das folgende Schritte beinhaltet

a) Ermittlung der Ebene (**71**) der drei Wellen (**34, 35, 38**) und der ersten Messposition in der Ebene der drei Wellen

b) Messung des bzw. der Auftreffpunkte des bzw. der Lichtstrahlen mit den Messköpfen (**40', 41'**) des optoelektronischen Ausrichtgerätes in der ersten Messposition

c) Drehung der ersten (**34**), zweiten (**35**) und dritten (**38**) miteinander verbundenen Wellen oder der beiden Messköpfe (**40, 41**) und der Spannvorrichtungen um die erste (**34**) und zweite Welle (**35**) in die zweite Messposition, die 180° von der ersten Messposition entfernt ist, und Verschieben des ersten (**40**) und/oder zweiten (**41**) Messkopfs auf der zugehörigen Spannvorrichtung in radialer Richtung zur jeweiligen Welle, so dass der mindestens eine Lichtstrahl den mindestens einen Detektor trifft

d) Messung des bzw. der Auftreffpunkte des bzw. der Lichtstrahlen (**43**) mit den Messköpfen (**40, 41**) des Laserausrichtgerätes in der zweiten Messposition

e) Ermittlung des Winkelversatzes zwischen der ersten (**34**) und der zweiten (**35**) Welle aus den Messwerten der Auftreffpunkte und gegebenenfalls Korrektur der Winkelausrichtung der beiden Wellen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die relative räumliche Orientierung der ersten und zweiten Messposition mit mindestens einem Inklinometer und/oder einem Gyroskop in mindestens einem der beiden Messköpfe (**40, 41**) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die relative räumliche Orientierung der ersten und zweiten Messposition mit mindestens einem Drehwinkelgeber an einer der beiden Wellen (**34, 35**) ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Ermittlung der Ebene (**71**) der drei Wellen (**34, 35, 38**) dadurch erfolgt, dass eine einen Lichtstrahl emittierende Lichtquelle an der ersten (**34**) oder zweiten (**35**) Welle so angebracht wird, dass der Lichtstrahl (**43**) parallel zur ersten oder zweiten Welle verläuft und die dritte Welle (**38**) trifft und dann die Lichtquelle in

die Ebene gebracht wird, indem die Lichtquelle unter Beibehaltung der zur jeweiligen Welle parallelen Ausrichtung des Lichtstrahls an der Welle so verschoben wird, dass der Auftreffpunkt des Lichtstrahls auf der dritten Welle auf den zur Lichtquelle nächsten Punkt entlang einer Umfangslinie der dritten Welle gelangt.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

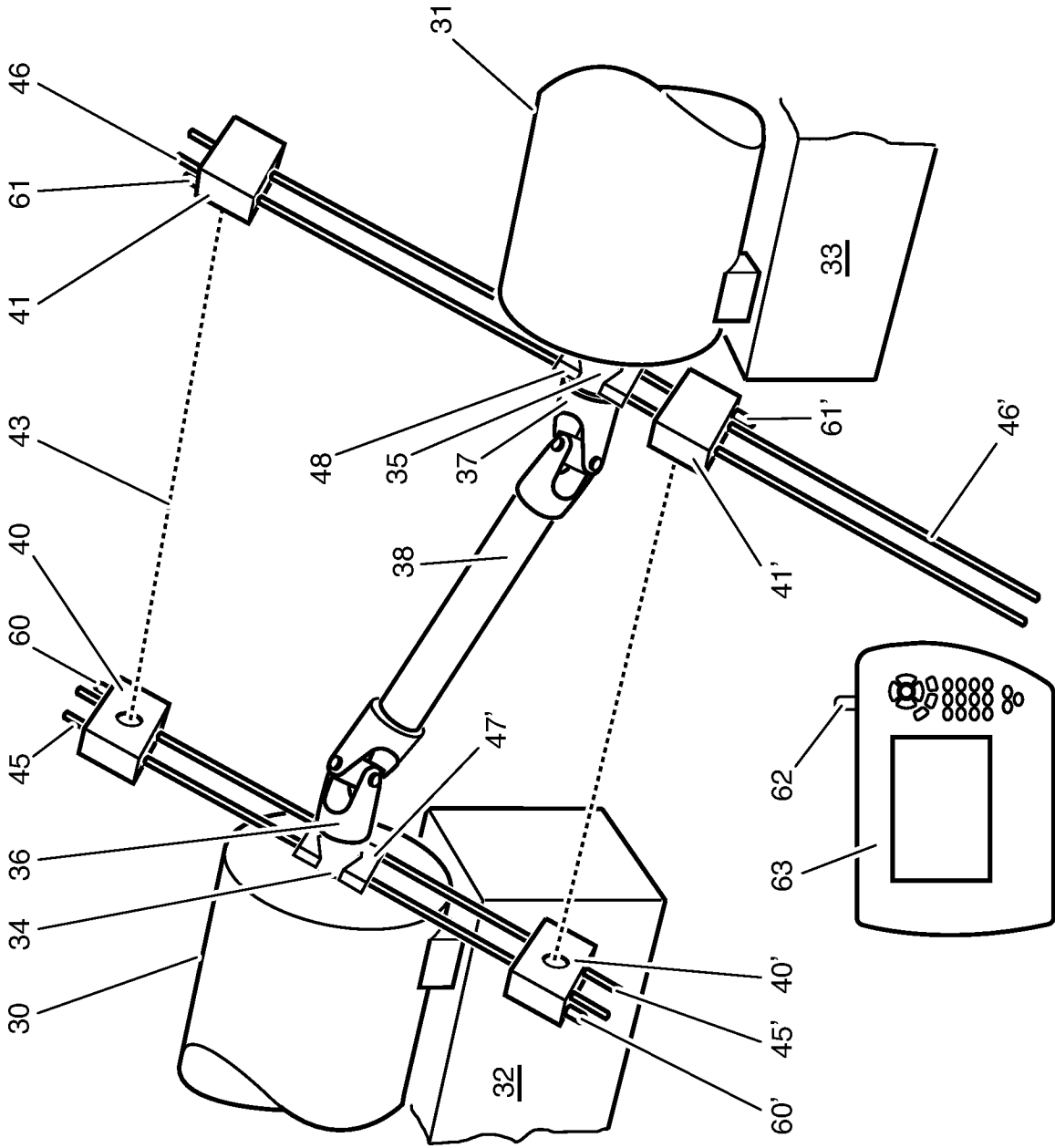


Fig. 1

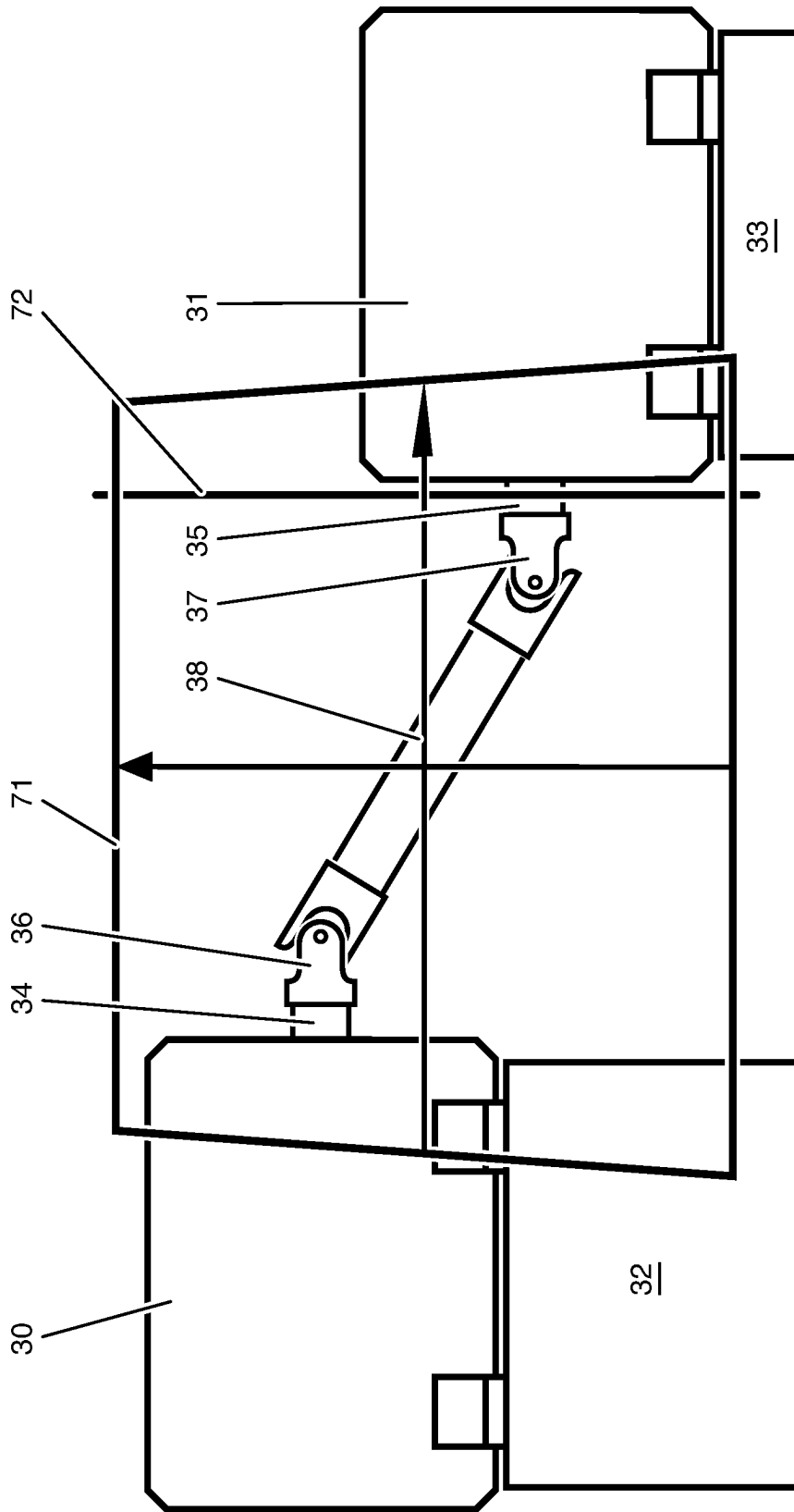


Fig. 2a

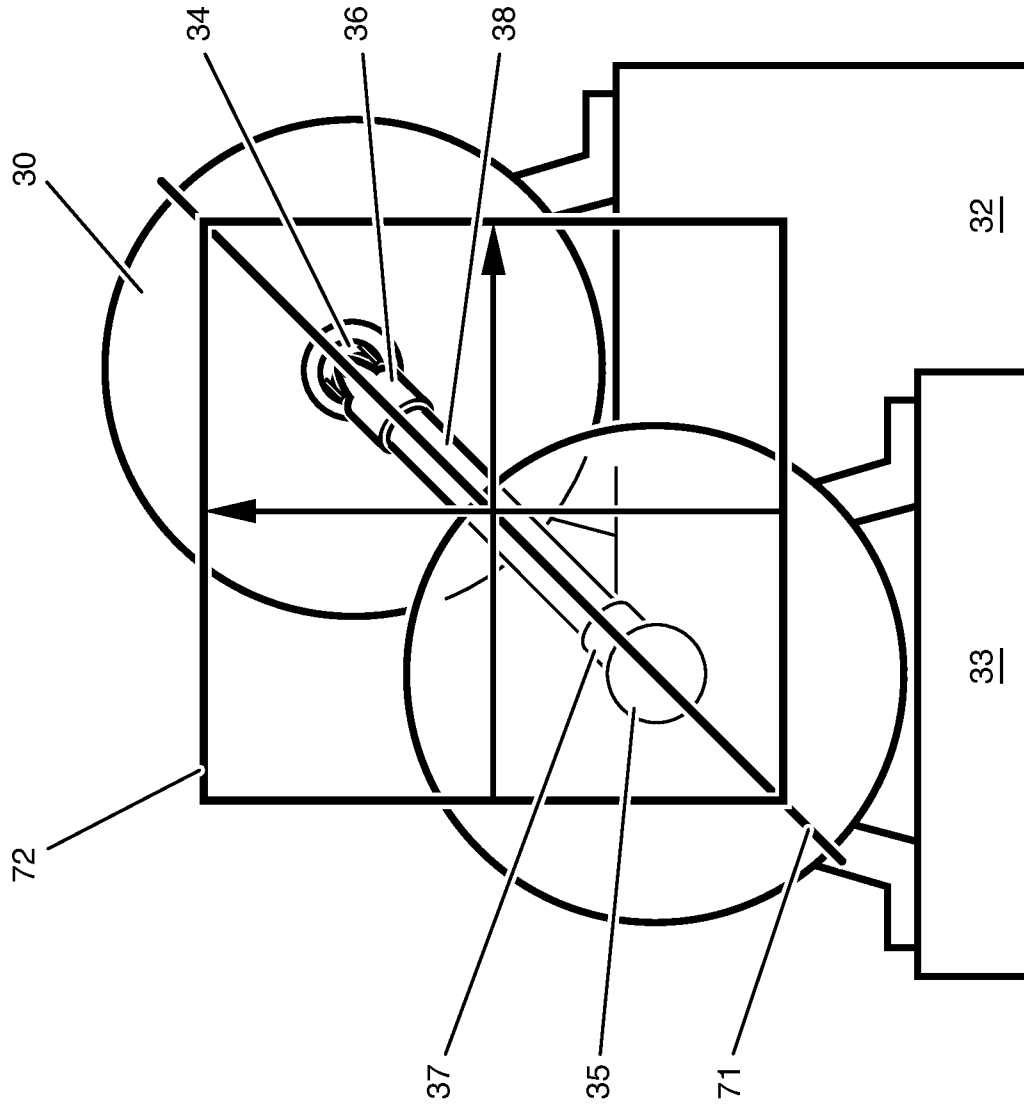


Fig. 2b

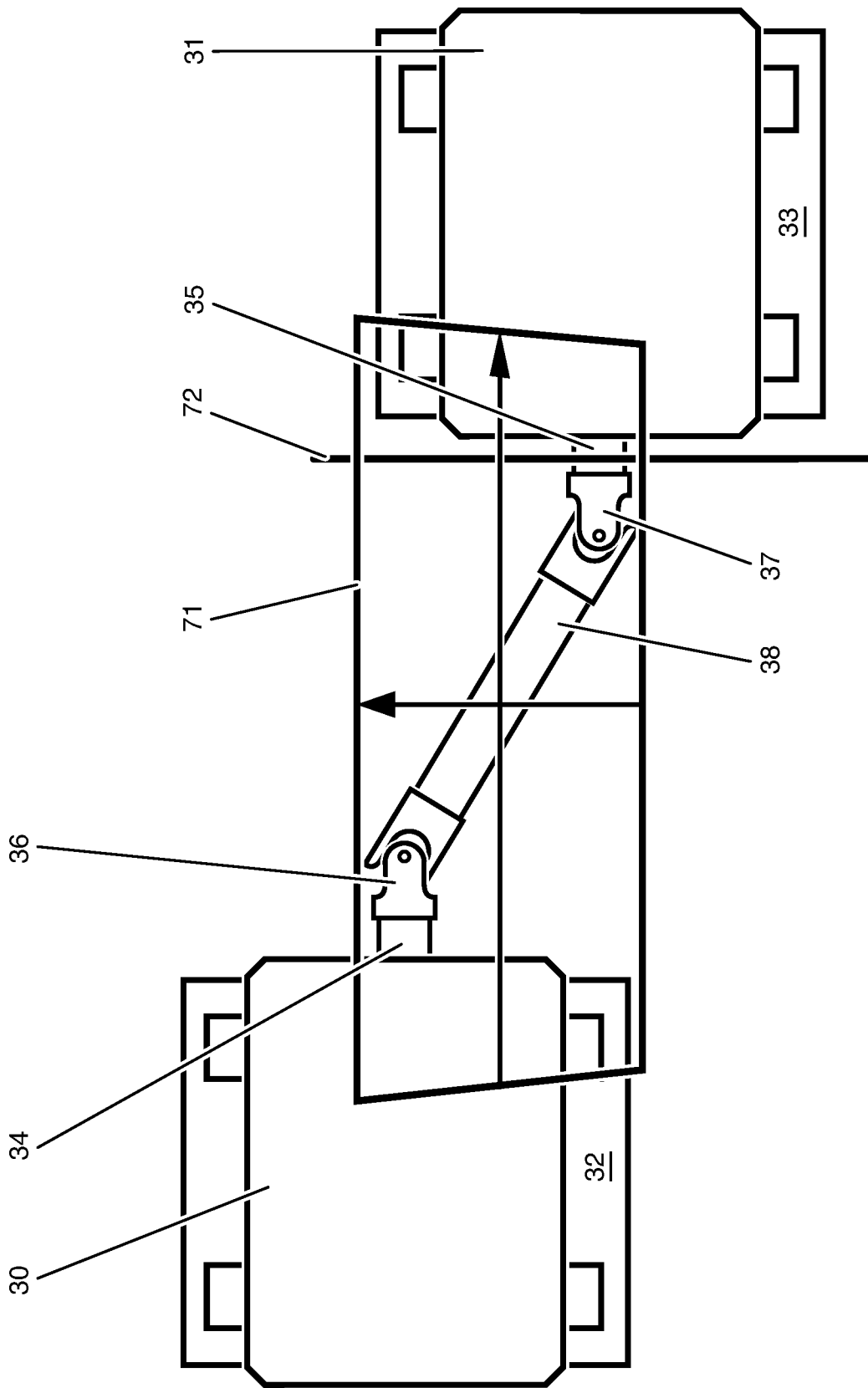


Fig. 2c

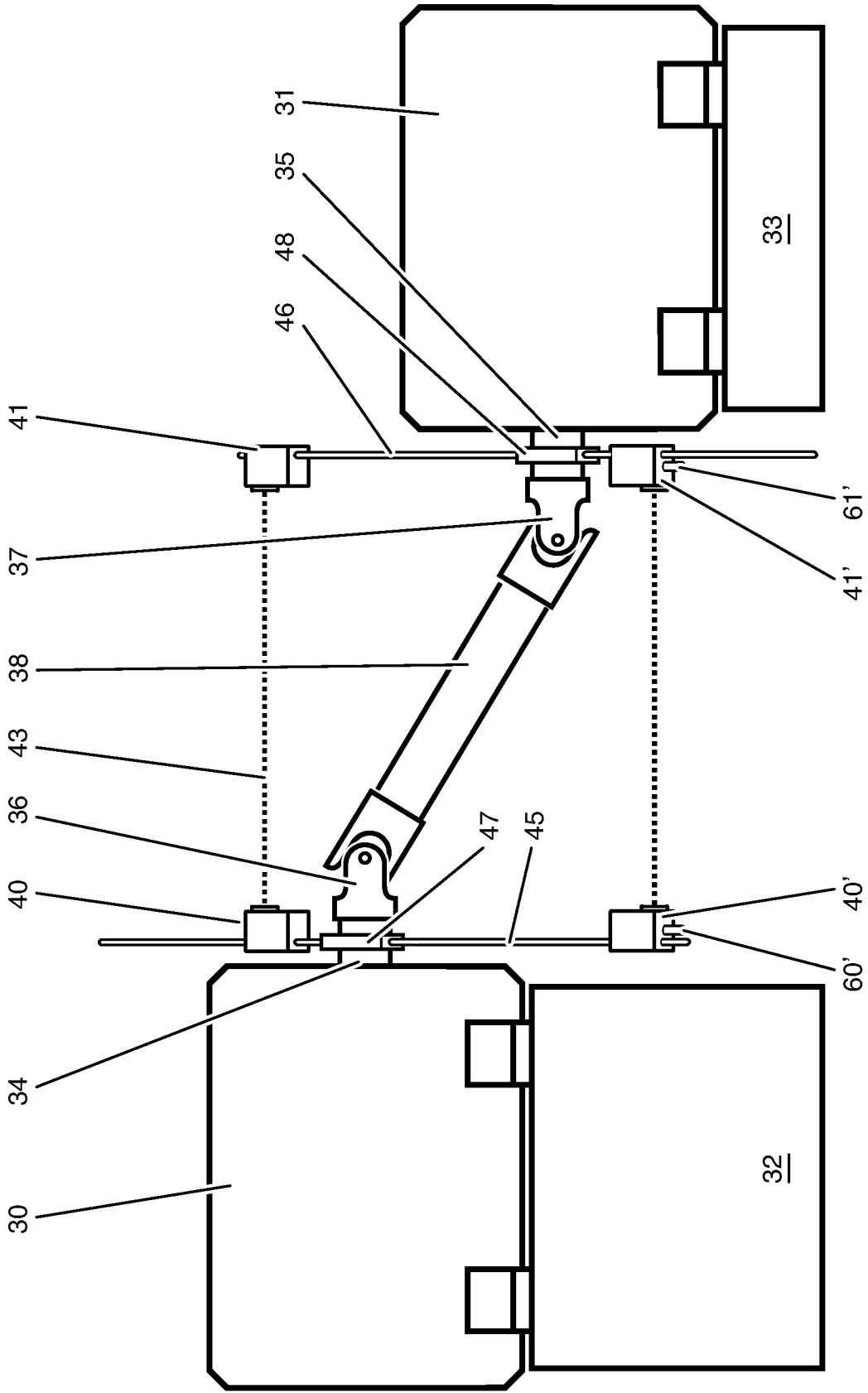


Fig. 3a

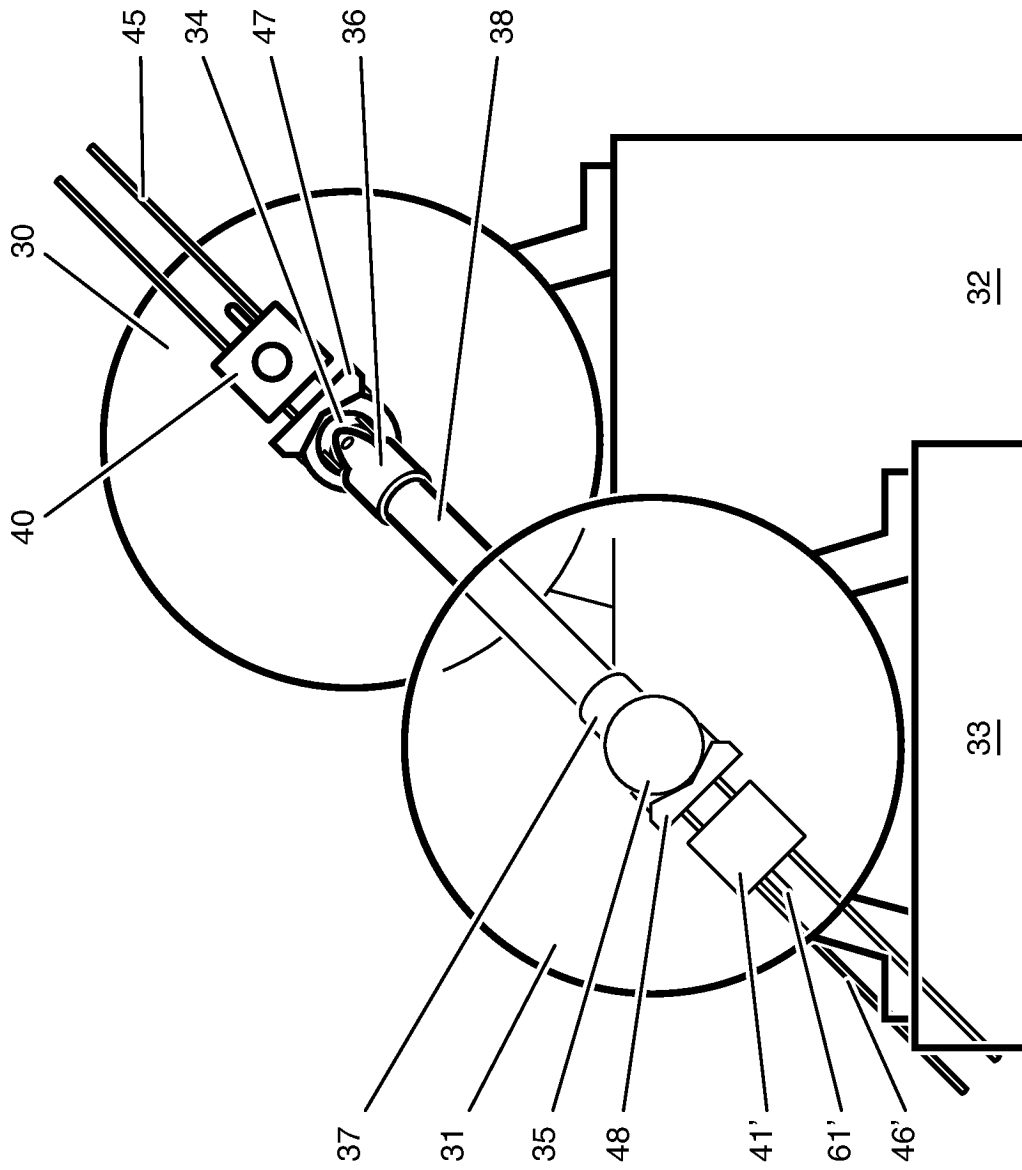


Fig. 3b

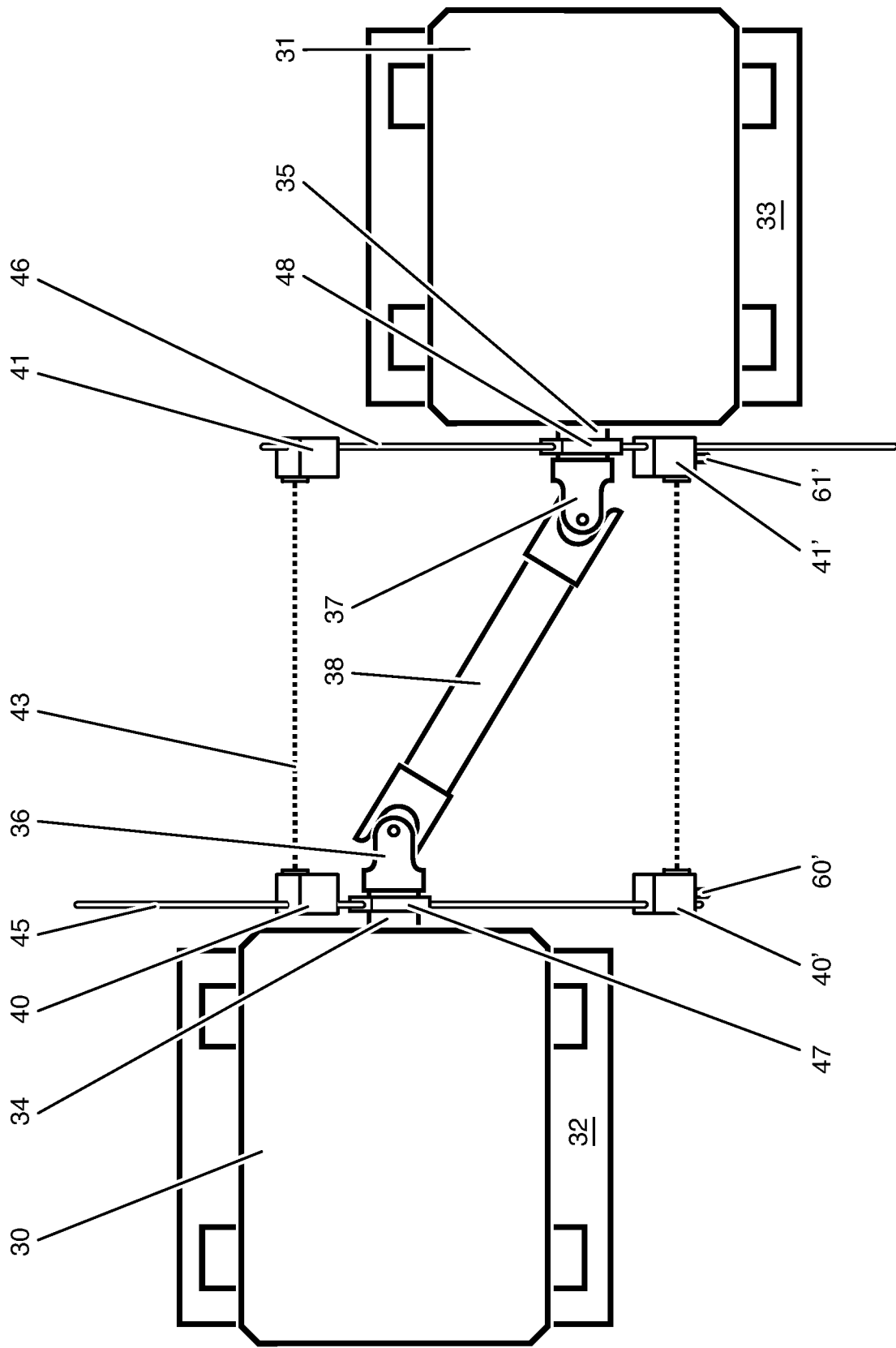


Fig. 3c