

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1353/2008
(22) Anmeldetag: 29.08.2008
(45) Veröffentlicht am: 15.11.2012

(51) Int. Cl. : **B30B 1/34** (2006.01)
B30B 15/06 (2006.01)

(30) Priorität:
30.07.2008 AT A 1181/2008 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
DE 19753949 A1
US 2008047651 A1
US 4690049 A

(73) Patentinhaber:
EHRENLEITNER FRANZ
72213 ALTENSTEIG-WALDDORF (DE)

(54) PRESSE ZUM UMFORMEN VON MATERIAL

(57) Die Erfindung betrifft eine Presse zum Umformen von Material mit einem Tisch (105) und einem Kopfstück (104) mit einem Pressenstößel (111), der gegenüber dem Tisch mittels eines Pressantriebs in Pressrichtung auf und ab beweglich ist. Dabei ist das Kopfstück (104) die bewegliche Plattform einer parallelkinematischen Vorrichtung mit mehreren Aktuatoren (112, 113), die den Pressantrieb bilden, wobei die feste Plattform ortsfest bezüglich des Tisches (105) ist.

Erfindungsgemäß ist zur besseren Einhaltung der Geometrie während des Pressens und zur Entlastung der gesamten Vorrichtung vorgesehen, dass die Aktuatoren (112, 113) während des Umformens auf Zug beansprucht sind.

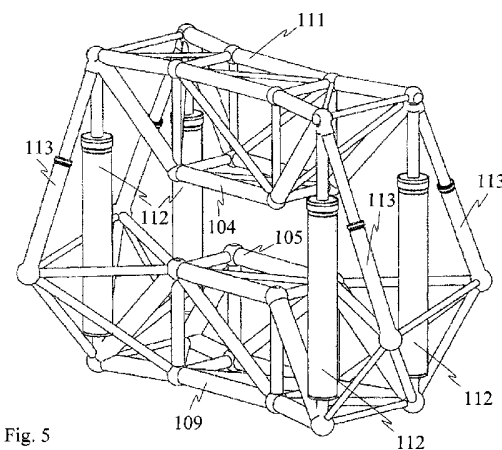


Fig. 5

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Presse zum Umformen von Material mit einem Tisch und einem Pressenstößel, der gegenüber dem Tisch mittels eines Pressantriebs auf und ab beweglich ist, entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und der DE 197 53 949.

[0002] Die DE 197 53 949 offenbart eine klassische Parallelkinematik mit sechs linearen Aktuatoren, die den Pressenstößel führen. Theoretisch stellt dies eine hervorragende Lösung dar, in der Praxis, im rauen Betrieb und den unvermeidlichen thermischen Imponderabilien ist die mathematische Beherrschung der Steuerung, insbesondere bei der gewählten Anordnung der Aktuatoren entlang der Erzeugenden eines Kegels, de facto unmöglich, eine praktische Anwendung fand auch nie statt.

[0003] Die US 4,873,923 stellt im Gegensatz zur vorstehend beschriebenen Druckschrift, keine Parallelkinematik, sondern eine klassische Presse dar, bei vier lineare Aktuatoren zur Bewegung des Pressenstößels vorgesehen sind. Sie sind jeweils beidseits sphärisch gelagert, zur Bindung der dadurch nicht abgedeckten Freiheitsgrade sind Anschläge vorgesehen, die die Schwenkbewegung der Aktuatoren begrenzen, dies führt, auf vollständig unvorhersehbare Weise Biegekräfte in die Aktuatoren ein und verändert auch die Geometrie der Gesamtheit der Aktuatoren, wodurch die angestrebte Präzision verloren geht.

[0004] Hydraulische oder mechanische Pressen zum Umformen werden seit Jahrzehnten nach dem gleichen mechanischen Prinzip gebaut, dabei ist die Basis (=der Tisch) durch ein, zwei oder vier Ständer (in Sonderform auch drei Ständer) mit einem Kopfstück zu einem Gestell verbunden. Vom Kopfstück wird über einen mechanischen, hydraulischen oder pneumatischen Antrieb ein Pressenstößel bzw. -schlitten angetrieben, der zumeist an den Ständern geführt wird.

[0005] Der Kraftfluss bzw. Kraftleitung durch die Presse erfolgt dabei im "Umweg", das heißt, die Kraft wird von der Basis über die Ständer in das Kopfstück und von da über die Antriebe in den Pressenstößel geleitet. Geschlossen wird der Kraftkreis über das Werkstück und den Tisch. Dies führt zu zwei wesentlichen Nachteilen:

[0006] Die Presse baut durch die Ständer und das massive Kopfstück sehr schwer; Die Presse verformt sich in allen Bauteilen, einschließlich Kopfstück und Ständer. Die durch die Presskraft entstehenden Momente und Querkräfte müssen über die Ständerführung abgeleitet werden. Das heißt, diese Führungen müssen, um ein "Kippen" des Pressenschlitten zu vermeiden, spielfrei eingestellt werden. Da diese Bauteile aber bei unsymmetrischer Presskraftverteilung (was dem Normalfall entspricht) hohe Kräfte aufnehmen müssen werden sie verformt und führen auch bei optimal eingestellten Führungen einerseits zu einem verfrühten Verschleiß des Presswerkzeugs und andererseits zu einem schlechten Pressergebnis. Da diese Kräfte auch zu einem Verschleiß der Gleitführung führen und dieser Verschleiß zu Lagerluft führt, wird die Qualität der Presse mit fortschreitender Betriebsdauer schlechter.

[0007] Da die Presse nur eine Bewegungsrichtung beherrscht, sind die Möglichkeiten, den Pressvorgang zu optimieren, einzig auf die konstruktive Ausführung des Presswerkzeugs beschränkt. Dies ist aber zum einen nur im beschränkten Maße möglich und zum anderen erhöhen diese Maßnahmen die Kosten dieses Werkzeugs wesentlich.

[0008] Beim Stanzen (auch die diesbezüglichen Vorrichtungen werden in der Anmeldung, wie allgemein üblich, zu den Pressen gerechnet) ist durch das Vorspannen des Pressenkörpers enorme Restenergie vorhanden. Diese führt beim Schneiden (Durchbrechen) des Stanzwerkzeugs durch das Material zu enormen schlagartigen Belastungen der Maschine und der Fundamente. Ferner führen diese „Schläge“ zu extremer Lärmbelastung für die im Umfeld arbeitenden Menschen.

[0009] Dazu kommt, dass es schwierig bis unmöglich ist, den Energieverbrauch und damit die Netzbelastung bei insbesondere hydraulischen Pressen auch nur annähernd zu Vergleichmäßigen und dass Schwierigkeiten bestehen, die Bewegung der Presswerkzeuge so zu optimieren,

dass keine langen Totzeiten auftreten. Unter Totzeiten werden die Zeiten verstanden, die für die Bewegung des Kopfstückes zwischen dem Ende des Pressvorgangs und dem oberen Totpunkt und wieder zurück vergehen.

[0010] Es ist das Ziel der Erfindung, eine Umformmaschine, im Folgenden „Presse“ genannt, zu bauen, die die genannten Nachteile zumindest in diversen Ausgestaltungen nicht aufweist und dabei keine höheren Investitionskosten als Pressen des Standes der Technik erfordert. Erfindungsgemäß werden diese Ziele durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 angegebenen Merkmale erreicht, mit anderen Worten dadurch, dass die Aktuatoren während des Umformens auf Zug beansprucht sind. Das bedeutet für die Erfindung: Es werden weder ein herkömmliches Kopfstück noch ein dazugehöriger Ständer benötigt; dadurch werden einerseits das Gewicht der Presse und deren Kosten vermindert, andererseits wird dadurch die Gesamtverformung der Presse vermindert. In Ausführungsformen der Erfindung werden keine Ständerführungen benötigt, dadurch gibt es auch keine Abnutzung dieser Bauteile, dadurch wiederum werden die Presswerkzeuge geschont.

[0011] Es werden neben der Vertikalbewegung weitere, in Relation zur Hubbewegung kleine Bewegungen des Pressenstößels ermöglicht, dadurch kann die Gesamtpresskraft bzw. die Maximalpresskraft vermindert werden, z.B. durch gezielte beabsichtigte und gesteuerte leichte Schrägstellung des Führungsstößels; dadurch kann auch die in der Pressenstruktur gespeicherte Energie bei Stanzvorgängen steuerungstechnisch optimiert werden (durch gezielte beabsichtigte und gesteuerte leichte Schrägstellung des Führungsstößels), dadurch können die Entwicklungs- und Fertigungskosten der Presswerkzeuge gesenkt werden. Es wird schließlich eine steuerungstechnische Kompensation der Pressenverformung ermöglicht, dadurch kann die Presse optimal die benötigte Kraft auf das Presswerkzeug ausüben und verteilen.

[0012] Es werden somit erfindungsgemäß anstelle des Kopfstückes, der Ständer und der Ständerführungen, Aktuatoren vorgesehen, welche die Presskräfte liefern und die auftretenden Momente und Querkkräfte aufnehmen. Unter Aktuatoren werden in der Parallelkinematik, wie in der Literatur zu obiger Übersicht ausgeführt, stabförmige Gebilde verstanden, die entweder längenveränderlich sind und/oder einen beweglichen Fußpunkt besitzen und (im technischen Sinn) nur auf Zug und/oder Druck, nicht aber auf Biegung oder Torsion beansprucht werden. Die prinzipiell möglichen rotatorischen parallelkinematischen Vorrichtungen werden hier nicht betrachtet. Bevorzugt werden möglichst alle Bauteile der Presse in Stabwerke zerlegt, wobei der Pressenstößel von einem solchen Stabwerk getragen wird.

[0013] Durch all dies wird folgendes möglich:

[0014] Durch spielfreie Lagerung der oberen und unteren Anschlusslager der Aktuatoren und ein Messsystem, welches den Abstand zwischen diesen Anschlusslagern misst, ist es möglich, die Verformung der Presse wesentlich zu vermindern;

[0015] Qualitätsverlust des Pressvorgangs bzw. des Produktes durch den Verschleiß der Ständerführung durch die auftretenden Momente und Querkraftbelastungen ist auszuschließen;

[0016] Durch die frei programmierbaren Aktuatoren ist eine Bewegung des Führungsstößels über die Vertikalbewegung hinaus möglich, wodurch der Vorgang des Pressens selbst in bisher nicht möglicher Weise beeinflusst werden kann, beispielsweise kann das gleichzeitige Auftreffen des Werkzeugs am Werkstück auf der gesamten Fläche bzw. Linie und damit die Energiespitze verhindert werden;

[0017] Eine steuerungstechnische Kompensation der Verformung der Basis und des Führungsstößels ist möglich;

[0018] Durch die Auflösung der beweglichen Bauteile in ein Stabwerk können die einzelnen Bauteile bezüglich des Tisches in einer für die Zufuhr und den Abtransport der Werkstücke optimale Position angeordnet werden.

[0019] Da mit solchen Pressen Massenfertigung durchgeführt wird, ist es möglich, mittels Sensoren den Ist- Zustand bei den ersten gefertigten Teilen zu erkennen sodann die Bewegung des

Pressenstößels bei allen folgenden Teilen zu optimieren, sodass die Qualität der gefertigten Teile steigt und die Beanspruchung des Werkzeuges ebenso wie der Energieverbrauch pro gefertigtem Teil sinkt.

[0020] Dazu kommt, dass bei Ausführungsformen der Erfindung, die ohne Führungen auskommen, durch das Anordnen von mehr als den benötigten 6 Aktuatoren (um zu einem statisch bestimmten parallelkinematischen Gebilde zu kommen) zum einen die Presskraft noch besser auf das Werkzeug verteilt werden und zum anderen die Lagerung der Anschlusslager der Aktuatoren steuerungstechnisch verspannt werden kann, sodass eine üblicherweise teure spielfreie Lagerung dadurch überflüssig wird.

[0021] Die Erfindung und ihre vielfachen Weiterentwicklungen und Ausgestaltungen werden im Folgenden an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt bzw. zeigen

- | | |
|--|---|
| [0022] die Fig. 1, rein schematisch | eine typische Presse gemäß dem Stand der Technik, |
| [0023] die Fig. 2 und 3 | die Verformungen zweier Pressen gemäß dem Stand der Technik, |
| [0024] die Fig. 4 | eine erfindungsgemäße Ein-Ständer Presse in perspektivischer Ansicht, |
| [0025] die Fig. 5 | eine erfindungsgemäße Mehr-Ständer Presse in perspektivischer Ansicht, |
| [0026] die Fig. 6 und 7 | die Verformungen der Pressen nach Fig. 4 und 5 in Ansichten analog zu den Fig. 2 und 3, |
| [0027] die Fig. 8 | eine Variante einer erfindungsgemäßen Mehr-Ständer Presse in perspektivischer Ansicht, |
| [0028] die Fig. 9 | die Presse gemäß Fig. 8 in eingebautem Zustand, |
| [0029] die Fig. 10 | eine Pressenlinie, |
| [0030] die Fig. 11a samt Nebenfigur 11b | eine Ausgestaltung der Erfindung zur besseren Justierung bzw. Verteilung der Presskräfte, teilweise im Schnitt, |
| [0031] die Fig. 12 bis 14 | eine Weiterbildung der Erfindung zur Erhöhung der Taktrate, |
| [0032] die Fig. 15 | eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Presse, |
| [0033] die Fig. 16 | eine Presse mit zwischen dem Tisch und dem Kopfstück verlaufenden Führungen, |
| [0034] die Fig. 17 | eine Führung aus Fig. 16 im Detail, |
| [0035] die Fig. 18 | eine Seitenansicht der Presse aus Fig. 16, |
| [0036] die Fig. 19 | die Presse aus Fig. 18 im Schnitt A-A samt Detail, |
| [0037] die Fig. 20 | eine Presse, bei der ein Aktuator am Tisch eingespannt ist, |
| [0038] die Fig. 21 | die Presse aus Fig. 20 aus einer anderen Richtung |
| [0039] die Fig. 22 | eine Seitenansicht der Presse aus Fig. 21 und |
| [0040] die Fig. 23 | die Presse aus Fig. 22 im Schnitt A-A samt Details. |

[0041] Die Fig. 1 zeigt eine typische Presse 1 des Standes der Technik in Frontansicht und Draufsicht. Vier an den Ecken des Tisches 5 angeordnete vertikale Pfosten 2 tragen jeweils

Führungen 3, an denen ein Kopfstück 4 gleiten kann. Das Kopfstück 4 steht unter dem Einfluss eines Stößels 6, der auch die Stößelkraft F (letztlich auch die Presskraft) überträgt. Deutlich ist der relativ enge Zugang 7 von vorne und 8 seitlich erkennbar.

[0042] Die Fig. 2 zeigt die Deformation einer sogenannten Einständer-Pressen unter der Presskraft in punktierten Linien; die Fig. 3 zeigt die entsprechende Deformation einer Mehrständer-Pressen wie beispielsweise die gemäß Fig. 1. Die Problematik der Erfassung der Deformation, die Unmöglichkeit eines Ausgleiches und vor allem die Belastung der Führungen gehen aus diesen Darstellungen unmittelbar hervor.

[0043] Die Fig. 4 zeigt, rein schematisch, eine erfindungsgemäße Presse 101 in perspektivischer Ansicht. Dabei ist der Tisch 105 über ein Stabwerk 109 und Aktuatoren 110 mit einem zum Kopfstück 104 gehörenden Stabwerk 111 verbunden. Die Stabwerke 109, 111 sind statisch bestimmt aufgebaut, die Stäbe werden nur auf Zug bzw. Druck belastet, alle Deformationen zufolge der Presskraft sind leicht und genau zu berechnen. Die Knotenpunkte der Stabwerke sind handelsübliche Gebilde.

[0044] Die sechs Aktuatoren 110 (statisch bestimmte Ausführung), die die eigentliche Parallelkinematik bilden, sind beim dargestellten Ausführungsbeispiel in zwei Gruppen einzuteilen, drei Aktuatoren 112 sind praktisch genau in Pressrichtung angeordnet und werden aus diesem Grund Hauptaktuatoren genannt, drei weitere Aktuatoren 113, die Nebenaktuatoren, stellen die statische Bestimmtheit her, wie weiter unten näher erläutert wird. Die Angriffspunkte der Aktuatoren 110 sind ihrer Ausbildung nach auf dem Gebiete der Parallelkinematik bekannt, es wird dazu auf die eingangs genannte Literatur verwiesen. In der Beschreibung werden aus Gründen der Übersichtlichkeit die Angriffspunkte auf der Tischseite als Fußpunkte und die Angriffspunkte auf der Seite des Kopfstückes als Kopfpunkte bezeichnet, natürlich ist die gesamte Vorrichtung kinematisch völlig und dynamisch so gut wie vollständig umkehrbar. Das Kopfstück 104 ist, schon um dies zu verdeutlichen, völlig analog zum Tisch aufgebaut. Als Lager für die gesamte Vorrichtung sind drei Lagerstummel 114 vorgesehen.

[0045] Die Parallelkinematik, bestehend aus den Aktuatoren 110, erlaubt nun eine Bewegung zwischen Tisch und Kopfstück, die nicht auf eine vollständig lineare Bewegung beschränkt ist. Das bedeutet, dass der vertikalen Hauptbewegung im Zuge des Pressvorganges (bzw. des Stanzvorganges) beispielsweise eine Drehbewegung um eine horizontale Achse überlagert werden kann, durch die die übliche schlagende Bearbeitung in eine schneidende Bearbeitung des Werkstückes übergeht, wodurch ein wesentlich schonenderes Arbeiten erreicht wird als bisher.

[0046] Die Fig. 5 zeigt in nahezu vollständiger Analogie zur Fig. 4 eine Mehr-Ständer Presse, bei der für gleich wirkende Teile gleiche Bezugszeichen verwendet wurden. Die Presse gemäß Fig. 5 weist allerdings acht Aktuatoren auf, ist somit statisch überbestimmt. Dies kann, wie weiter unten erläutert verschiedene Vorteile mit sich bringen. Wie aus einem Vergleich der Fig. 1 einerseits und der Fig. 4 und 5 andererseits unmittelbar hervorgeht, ist bei den erfindungsgemäßen Pressen der Zugang zum Tisch und damit zum Werkstück von allen Seiten wesentlich größer und leichter möglich. Dies wird insbesondere durch die Fig. 8 und 9 illustriert, die die Presse gemäß Fig. 5 in passender Verkleidung 1114 und mit Werkzeugplatten 115, einmal für sich, einmal eingebaut, zeigt: Rund um den Tisch 115 ist ein im Wesentlichen freier Raum, die horizontalen Stäbe 116, die die Fußpunkte der Nebenaktuatoren miteinander verbinden, befinden sich unter der Ebene des Tisches 115, wie aus Fig. 9 ersichtlich.

[0047] Die vorteilhafte Situation bei der Verwendung derartiger Pressen in einer Pressenlinie zeigt die Fig. 10 auf, aus der die gute Zugänglichkeit zu allen Pressen und Tischen ersichtlich ist. Insbesondere wird hier der, gegebenenfalls automatische, Werkzeugwechsel in der Automobilindustrie von der Seite begünstigt, aber auch bei anderen Fertigungen wird die Instandhaltung und der Werkzeugwechsel wesentlich erleichtert.

[0048] Ein Vergleich der Fig. 2 und 3 einerseits mit den Fig. 6 und 7 andererseits zeigt die deutlich reduzierte Deformation unter der Einwirkung der Presskraft, wozu noch die durch das

Stabwerk (auch die Parallelkinematik ist letztlich eines) ermöglichte leichte und genaue Berechnung der Deformation kommt, die eine Kompensation erst möglich macht.

[0049] Eine Ausgestaltung der Erfindung, die auch bei Pressen gemäß dem Stand der Technik vorteilhaft angewandt werden kann, ist aus Fig. 11 samt Nebenfigur ersichtlich:

[0050] Es können bei den erfindungsgemäßen Pressen maximal so viele Lagepunkte des Pressenstößels exakt positioniert werden, als richtungszugehörige Zylinder (Hauptaktuatoren) vorhanden sind (somit minimal $3 \times 2 = 6$ Punkte bei statisch bestimmten Ausführungen, entsprechend mehr bei den oben erwähnten Varianten mit gewünschter Verspannung); bei Pressen gemäß dem Stand der Technik hängt dies von den Führungen ab, üblicherweise ist aber nicht ein Punkt des Pressenstößels exakt positionierbar.

[0051] Bei langen (breiten) Werkzeugen (Pressenstößel) sind diese zumeist nicht steif genug, um die Kraft über die Länge (Breite) des Werkzeuges verteilen zu können. Daher schlägt die Ausgestaltung der Erfindung vor, an bestimmten Punkten des Stabwerks Kurzhubzylinder 209, 211 (oder ähnliches, dazu weiter unten) vorzusehen, die, je nach Einsatzfall, Kraft- oder Lagegeregelt werden.

[0052] Bei einer Lage- bzw. Wegregelung können über die Steuerung/Software der Presse die Lage der Knotenpunkte des Fachwerks errechnet werden und die Differenz zur optimalen Lage des Werkzeugs korrigiert werden; Bei einer Kraftregelung, dies bietet sich insbesondere bei Pressen gemäß dem Stand der Technik an, wird die benötigte Kraft am Lagepunkt der Steuerung entweder im Vorfeld z.B. bei der Finite Elemente Berechnung des Pressvorgangs, errechnet und berücksichtigt, oder es wird anhand der ersten Ergebnisse aus dem fertigen Werkstück und/oder den Daten von Sensoren auf notwendige Änderungen der lokal wirkenden Kräfte geschlossen.

[0053] Die Kurzhubzylinder können zur gleichmäßigen Aufbringung der Presskraft in einfacher Form auch nur nach Art korrespondierender Gefäße miteinander verbunden sein, sodass beim Pressvorgang ein Ausgleich der lokal auf das Werkstück wirkenden Kräfte eintritt. Wenn ein progressiver Beginn des Pressvorganges gewünscht ist, bei erfindungsgemäßen Pressen beispielsweise durch entsprechende Bewegung des Pressenstößels, kann dies durch entsprechende Drosseln in den Verbindungsleitungen sichergestellt werden, damit die einzelnen Kurzhubzylinder beim Auftreffen auf das Werkstück nicht nachgeben, bis sie gleichmäßig aufliegen, sondern die schneidende Bewegung weitergeben.

[0054] Ein wesentliches Optimierungsziel der Pressen ist deren Ausstoß an gepressten Teilen pro Zeiteinheit. Dazu muss der Stillstand der Presse zum Fördern der Platine bzw. des Pressteils optimiert werden. Dies kann durch die Presse nicht beeinflusst werden. Durch die Presse zu beeinflussen sind:

[0055] der Zeitraum, den die Presse braucht, um zwischen dem oberen Haltepunkt und den ersten Kontakt von Werkzeug zur Platine/Blechteil zu kommen (Zustellbewegung),

[0056] der Zeitraum, den die Presse braucht, um den Pressvorgang durchzuführen (Krafthub) und der Zeitraum, den die Presse braucht, um vom unteren Presspunkt bis zum oberen Haltepunkt zu gelangen (Frestellbewegung); dabei bilden Zustellbewegung und Frestellbewegung gemeinsam den Leerhub.

[0057] Um nun die Zeiten für diese Bewegungen zu optimieren, sieht die Erfindung, wie in Fig. 12 bis 14 gezeigt, in einer Ausgestaltung eine Presse vor, die mechanisch bewirkten und hydraulisch bewirkten Bewegungen mit überraschenden Resultaten kombiniert. Es ist auch diese Variante der Erfindung für Pressen gemäß dem Stand der Technik geeignet, wenn auch mit der Einschränkung, dass bei solchen Pressen im Vergleich zu erfindungsgemäßen Pressen sehr hohe Totlasten (die Pfosten 2 samt allen daran befindlichen Bauteilen und Antrieben) bewegt werden müssen. Für die statische Bestimmtheit dieser Variante gilt das weiter oben gesagte.

[0058] Diese Verkürzung des Presszyklus kann, wie aus Fig. 12 und 13 ersichtlich, in einer ersten Variante durch eine Kombination von Vertikalbewegungen durch Bewegung der Fuß-

punkte 302 der (in diesem Fall genau) vertikal verlaufenden Aktuatoren, der Hauptaktuatoren 112 erreicht werden. Dabei wird erfindungsgemäß ausgenutzt, dass die Antriebe 301 für die mechanische Hubbewegung sehr klein (schwach) dimensioniert werden können, da sie nur während der Zustellbewegung und der Freistellbewegung (muss nicht einmal während der ganzen Bewegungen sein) die Massen von Pressenstößel und oberer Werkzeughälfte beschleunigen müssen, aber nicht am Krafthub teilnehmen. Beim Pressvorgang (Krafthub) selber sind dann nur die Hydraulikzylinder 112, 113 im Einsatz und die Mechanik steht in "singulärer Stellung" und überträgt "keine" Kraft auf die Antriebe, diese wird über die Lager und/oder eigene Böcke in das Stabwerk 109 abgeleitet.

[0059] Insbesondere aus Fig. 13, einer teilweise geschnittenen perspektivischen Darstellung, ist die Kinematik einer solchen Hybridpresse ersichtlich: Ein Antrieb 301 bewegt über passende Winkelgetriebe 303 Schwingen 304 im Takt um 180° zwischen einem oberen (dargestellt) und einem unteren Totpunkt. An den Schwingen liegen die Fußpunkte 302 der Hauptaktuatoren 112, die somit im Leerhub rasch und synchron mit der restlichen, hydraulisch bewirkten Bewegung, die ja gleichzeitig stattfindet, entweder in die obere Ruhelage oder in die Position knapp vor dem Krafthub gebracht werden. Während des Leerhubs verlaufen die Achsen der Hauptaktuatoren zufolge der Bewegung ihrer Fußpunkte nicht parallel zur Pressrichtung und im Allgemeinen auch nicht parallel zueinander, außer während des Krafthubes.

[0060] Während der gesamten Dauer des Krafthubs liegen Fußpunkt 302, Kopfpunkt 305 und Drehachse 307 der Schwinde 304 auf einer Geraden (Singuläre Position), es erfolgt keine mechanisch induzierte Bewegung; die Schwinde wird in dieser Stellung, somit während des Krafthubs, entweder durch ein massives Lager am Stabwerk 109 (dazu zählt hier auch die mit ihm verbundene Verkleidung 306), oder durch eine am Stabwerk 109 angebrachte, eigene (nicht dargestellte) Schulter unter Entlastung des Lagers, abgestützt.

[0061] Natürlich ist es auch möglich, die Hubbewegung rein mechanisch (Kurbelschwinge, Viergelenkskette...) durchzuführen und/oder die Aktuatoren als Spindeln oder andere mechanische Linearantriebe auszugestalten, wie dies die Fig. 14 darstellt. Dabei sind die Aktuatoren 14' einfache Stäbe, die durch die Fußpunktverschiebung als Aktuator wirken und in ihrer Presswirkung durch die Nebenaktuatoren, die passend als Spindeln ausgebildet sind, unterstützt. Natürlich können statt der Stäbe ebenfalls Spindeln und sogar Seile mit passenden Umlenkungen und Antrieben verwendet werden, sofern die Nebenaktuatoren die Bewegung des Kopfstückes und das Ausziehen der Seile der Hauptaktuatoren gegen die Schwerkraft ohne deren Unterstützung schaffen.

[0062] Die Bewegung der gesamten Vorrichtung ist mathematisch gut berechenbar und somit auch einfach steuerbar, die nicht vertikal verlaufenden Nebenaktuatoren, deren Fußpunkte ja nach wie vor dauern fest bezüglich des Stabwerks 109 angeordnet sind, können daher mit ausreichender Genauigkeit den Hauptaktuatoren nachgeführt werden. Durch diese Kombination von Bewegungen ist es möglich, die Hubhöhe der hydraulischen Bewegung vorteilhafterweise zu verringern.

[0063] Zur Auslegung der Kinematik ist prinzipiell zu sagen, dass die Anordnung der Aktuatoren nicht zwingend so sein muss wie dargestellt, es können zahlreiche andere Anordnungen gewählt werden, insbesondere die für die Berechnung der Bewegungen günstige 3-2-1-Kinematik. Bei dieser greifen an einem gemeinsamen Kopfpunkt an der beweglichen Plattform, dem Kopfstück 104, drei Aktuatoren an, an einem weiteren gemeinsamen Kopfpunkt zwei Aktuatoren und schließlich der sechste Aktuator für sich allein an einem dritten Kopfpunkt. Die Vorteile und die möglichen Ausgestaltungen dieser Variante der Parallelkinematik sind in der eingangs genannten Literatur ausführlich beschrieben und können vom Fachmann auf dem Gebiete des Presswesens in Kenntnis der Erfindung leicht auf Pressen angewandt werden.

[0064] Als zusätzlichen Vorteil erreicht man, dass die Mechanik die Energie wie eine Schwungmasse speichert und somit die Pressbewegung sehr rasch ausgeführt werden kann; als gewisser Nachteil ist zu verzeichnen, dass der Pressenstößel während des Pressvorgangs keine Schwenkbewegungen um horizontale Achsen ausführen kann; die Achsen der Hauptak-

tuatoren verlaufen während des gesamten Krafthubes parallel zur Pressrichtung.

[0065] Im folgenden werden ausgehend von der Fig. 15, die eine Presse gemäß der zuvor beschriebenen Parallelkinematik darstellt, weitere Ausführungsformen anhand der Figs. 16 bis 23 beschrieben.

[0066] Fig. 15 zeigt eine Presse 600 mit einem Tisch 605 und einem Kopfstück 604, die über im Wesentlichen vertikal ausgerichtete Hauptaktuatoren 612 und weiteren schräg zur Vertikalen ausgerichteten Nebenaktuatoren 613 miteinander verbunden sind. Die Aktuatoren sind Zylinder-Kolben-Einheiten, die mit dem Tisch 605 jeweils über ein Kardangelenk 620 verbunden sind. Auch die Verbindung der Aktuatoren 612, 613 mit dem Kopfstück 604 erfolgt über Kardangelenke 621, wobei wie in der dargestellten Ausführungsform die Enden zweier zueinander geneigter Aktuatoren 612, 613 in einem gemeinsamen Kardangelenk 621 münden können.

[0067] Das System besteht aus vier vertikalen und vier schrägen Aktuatoren und ist somit zweifach überbestimmt, einmal durch einen vertikalen Aktuator 612 und einmal durch einen schrägen Aktuator 613. Durch die Überbestimmtheit kann die Presskraft besser auf das Werkzeug verteilt werden. Darüber hinaus kann durch eine steuerungstechnisch bewirkte leichte Verspannung der Aktuatoren auf eine aufwendige spielfreie Lagerung der Aktuatoren am Tisch und am Kopfstück verzichtet werden, ohne dabei einen geometrischen Versatz zwischen Werkzeug und Werkstück in Kauf nehmen zu müssen.

[0068] Wie die Ausführungsformen der Figs. 16 bis 23 zeigen können im Rahmen der Erfindung auch weniger als sechs Aktuatoren für die Hub- bzw. Zugbewegung des Kopfstückes relativ zum Tisch verwendet werden. Für die Bindung von Freiheitsgraden sind bei der Presse aus Fig. 16 zusätzlich zu vertikalen Aktuatoren 612 Führungen 603 vorgesehen. Die vier, an den Ecken eines Rechtecks angeordneten vertikal ausgerichteten Zylinder-Kolben-Einheiten sind sowohl mit dem Tisch 605 als auch mit dem Kopfstück 604 jeweils über ein Kardangelenk 620, 621 verbunden. Die parallel zu den Aktuatoren verlaufenden Führungen 603 verhindern beim Kopfstück Verdrehungen um die Hochachse und Bewegungen in der Horizontalebene. Bei diesem System werden die Freiheitsgrade des Kopfstückes durch Zusammenwirken der Parallelkinematik mit Führungen 603 gebunden. Das vorliegende Ausführungsbeispiel ist zweifach überbestimmt, einmal aktiv durch einen vertikalen Aktuator 612 und einmal passiv durch eine vertikale Führung 603.

[0069] Wie aus der Detailansicht der Fig. 17 hervorgeht ist der an der Gleitführung 603 anliegende Teil 602 des Kopfstückes 604 nicht plan ausgebildet, sondern nach innen bombiert, sodass eine nur geringe Auflagefläche entsteht. Dies ermöglicht geringfügiges Verkippen des Kopfstückes durch entsprechende Steuerung der einzelnen Hubzylinder. Entsprechende Wirkung könnte auch durch andersgeformte - nach innen oder nach außen gewölbte - Führungsauflageflächen, z.B. kugelige, zylindrische, etc., erzielt werden. Die durch die Form bedingte Weichheit an der Führungsfläche kann durch entsprechende Materialwahl verstärkt werden.

[0070] Zusätzlich zur Vertikalbewegung können aufgrund der gewölbten Auflageflächen an der Führung auch geringfügige Bewegungen des am Kopfstück befestigten Werkzeuges um horizontale Drehachsen hervorgerufen werden, wobei durch gezielt beabsichtigte und gesteuerte Schrägstellung des Werkzeuges das Pressen über die Kanten erfolgt und die Presskraft verringert werden kann. Trotz Vorhandensein von Führungen werden diese nicht gequetscht, während gleichzeitig durch entsprechende Taumbewegung die mit herkömmlichen Taumbpressen erreichbaren Vorteile erzielt werden können.

[0071] Die Fig. 18 und 19 zeigen die Presse der Fig. 16 in einer Seitenansicht und in einem Schnitt gemäß A-A, wobei die Kardanaufhängung 620 des Zylinderunterteils am Tisch 605 näher hervorgehoben wird. Das Kardangelenk ist derart orientiert, dass es eine Drehung des Aktuators um horizontale Achsen erlaubt. Allgemein formuliert ermöglicht das Kardangelenk Drehungen um Achsen, die normal zur Wirkrichtung des jeweiligen Aktuators stehen. Dasselbe gilt auch für die Kardangelenke, die die Aktuatoren mit dem Kopfstück verbinden.

[0072] An dieser Stelle sei erwähnt, dass auch andere Arten von Führungen eingesetzt werden

können, geht es doch grundsätzlich darum, die Freiheitsgrade des Kopfstückes in Bezug auf den Tisch einzufrieren. Beispielsweise kann die Führung durch ein einziges Rohr mit rechteckigem Querschnitt erfolgen, an dessen Mantelflächen jeweils entsprechende Anlageflächen des anderen Teils - Tisch bzw. Kopfstück - anliegen und daran gleiten können. Dies wäre ein Beispiel, mit dem mit einer einzigen Führung sowohl Bewegungen in der Horizontalebene als auch Verschwenkungen um die Hochachse verhindert werden können.

[0073] Der Unterschied zu den Ständerführungen der aus dem Stand der Technik bekannten Pressen besteht darin, dass bei der vorliegenden Erfindung nur geringe Querkräfte auftreten. Hingegen werden - wie eingangs beschrieben - bei Pressen aus dem Stand der Technik aufgrund der Tatsache, dass die Führungen spielfrei eingestellt werden müssen, und aufgrund der Asymmetrie der Presskraftverteilung die auftretenden Lastmomente über die Führungen abgetragen. Dies führt zu Verformungen und frühem Verschleiß. Bei der vorliegenden Erfindung hingegen, werden die entstehenden Lastmomente durch die Anordnung und Steuerung der Aktuatoren als Parallelkinematik bestimmt, wodurch die Querkräfte um Größenordnungen kleiner sind als im Stand der Technik. Dazu kommt, dass bei der Erfindung die Führungen spielfrei eingestellt werden können.

[0074] Fig. 20 zeigt eine weitere Variante der Erfindung, bei der anstelle der Führungen 603 aus Fig. 17 zumindest einer der Aktuatoren 612a am Tisch 605 fest eingespannt ist. Ein weiterer Aktuator 612b ist mit dem Tisch gegen Verschwenken um eine horizontale Achse gesichert, während das Verschwenken um die dazu normal stehende horizontale Achse möglich ist. Diese Aktuatoren 612a, 612b übernehmen dabei zusätzlich die Funktion einer Führung und binden drei Freiheitsgrade des Kopfstückes bzw. des daran befestigten Werkzeuges, nämlich zwei translatorische in der Horizontalebene und einen gegen Verschwenken um die Vertikalachse. Die übrigen Aktuatoren 612 sind wie jene aus dem Beispiel der Fig. 16 mit einem einzigen Kardangelenke 620 am Tisch gelagert.

[0075] Das Einspannen des Hubzylinders erfolgt z.B. durch die Lagerung des Hubzylinders am Tisch durch zwei vertikal voneinander beabstandete Kardangelenke 620, 622. Das Sichern des anderen Hubzylinders gegen Verschwenken um eine horizontale Achse erfolgt z.B. durch zwei vertikal voneinander beabstandete Gelenke 620, 623, von denen eines, 620, ein Kardangelenke ist und das andere ein einfaches Drehgelenk 623, das eine Drehung um eine einzige horizontale Achse erlaubt. Dabei ist das Drehgelenk 623 selbst in einer horizontalen Richtung bewegbar z.B. im Rahmen einer Zylinder-Kolben-Führung. Diese translatorische Bewegung wird in den Figuren mit einem Pfeil P angedeutet, während die Drehachse des Drehgelenks mit einer strichlierten Linie dargestellt ist. Die Details dieser Gelenke sind in der Fig. 23 dargestellt, wobei die Hauptdarstellung der Fig. 23 eine Schnittdarstellung A-A aus der Fig. 22 (Seitenansicht) ist.

[0076] Die beiden anderen Aktuatoren 612 der insgesamt vier Aktuatoren sind jeweils nur über ein einziges Kardangelenke 620 mit dem Tisch 605 verbunden. Dieses System mit vier Aktuatoren ist einfach überbestimmt, nämlich durch einen dieser einfach gelagerten Aktuatoren. Es sind somit bei diesen Beispielen, um Bestimmtheit zu erlangen, zumindest drei Aktuatoren erforderlich. Bei derartigen Ausführungsformen sind mindestens drei Aktuatoren erforderlich, deren Fußpunkte (bzw. Kopfpunkte) nicht alle auf einer Geraden angeordnet sind.

[0077] Natürlich ist es möglich auch mehr als einen, sogar alle Zylinder im Tisch einzuspannen. Das System ist dann mehrfach überbestimmt. Die Weichheit der Elemente erlaubt trotzdem eine Hubbewegung - sollten jedoch die Zylinder z.B. aus steuerungstechnischen Gründen, nicht gleich laufen und das Kopfstück verkippen, könnte dies zu einem dauerhaften Verformen der Zylinder führen.

[0078] Die weiter unten beschriebenen Hubzylinder, die in Form langer Stufenzylinder ausgebildet sind, bieten ein besonders gutes Führungsverhältnis, sodass die oben beschriebene Funktion der Führung zuverlässig von den Aktuatoren übernommen werden kann. Die Gleitführungen des Zylinders müssen natürlich dem Einsatzzweck entsprechend angepasst werden.

[0079] An dieser Stelle sei vermerkt, dass Begriffe wie „vertikal“ und „horizontal“ nur zur Be-

schreibung der konkreten Darstellungen verwendet wurden. Da jedoch grundsätzlich die Pressrichtung in jeder beliebigen Richtung liegen kann, sind zur Verallgemeinerung anstatt der „vertikalen Richtung“ die Pressrichtung bzw. die Wirkrichtung der Aktuatoren und anstatt der „horizontalen Richtungen“ die zur Pressrichtung bzw. Wirkrichtung normal stehenden Richtungen zu ersetzen.

[0080] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft das Zusammenwirken von gesonderten Werkzeugführungen mit dem übrigen Antriebs- und gegebenenfalls Führungssystem. Presswerkzeuge besitzen üblicherweise eigene, gesonderte Führungssysteme, welche die Lage des Werkzeugoberteils (am Kopfstück befestigt) und des Werkzeugunterteils (am Tisch befestigt) bestimmen. Diese Werkzeugführung kann nun zu unerwünschten Verspannungen innerhalb der gesamten Presse führen, da sie zu einer vielfachen Überbestimmtheit des Systems führen.

[0081] Die Erfindung schlägt dazu vor, dass, sobald die obere und untere Werkzeugführung miteinander in Eingriff kommen (dies geschieht z.B. durch Einführschrägen, trichterförmige Verjüngungen, Schienen, etc.), den (eingespannten bzw. gegen Verschwenken sichernden) Aktuatoren 612a, 612b, die ansonsten auch die Funktion der Führung übernehmen, ihre Führungseigenschaft zu nehmen. Durch dieses Freischalten wird die ansonsten auftretende Überbestimmtheit aufgehoben, wodurch Verspannungen und folglich Verschleiß an den Werkzeugen verhindert werden können.

[0082] Besonders einfach ist dieses Freischalten bei der in den Fig. 20, 21 dargestellten Variante durchzuführen. Hier müssen nur die beiden Gegenhalter der entsprechenden Führungszylinder, das ist in einem Fall (fest eingespannter Aktuator 612a) eines der beiden Kardangelenke 620, 622 und im anderen Fall (der gegen Verschwenken um eine horizontale Achse gesicherter Aktuator 612b) das einfache Drehgelenk 623 geöffnet werden. Dies bedeutet, dass an der Stelle des Gelenkes die Verbindung zwischen Aktuator und Tisch gelöst wird. Dies erfolgt z.B. durch Herausziehen des Verbindungsbolzens bzw. Gelenkbolzens durch einen weiteren, an der erfindungsgemäßen Parallelkinematik nicht beteiligten Aktuator. Durch diese Maßnahme kann eine deutlich höhere Lebensdauer an den Werkzeugen erreicht werden, weil eine vielfache Überbestimmtheit von vornherein vermieden wird.

[0083] Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. So können anstelle von Kardangelenken auch Kugelgelenke eingesetzt werden, oder andere Gelenke oder Kombinationen davon, die dieselbe Wirkung in Bezug auf das oben beschriebene Lagern, Einspannen und Sichern aufweisen. Wichtig ist nur, dass die Freiheitsgrade des Kopfstückes entsprechend eingeschränkt werden.

[0084] Anzumerken ist, dass das grundlegende Prinzip auch dann verwirklicht wird, wenn Kopfstück und Tisch vertauscht sind, bzw. die Zylinder Kopf stehen.

[0085] Auch wenn bei den zuletzt beschriebenen Ausführungsformen Tisch und Kopfstück als Kastenträger dargestellt sind, ist es selbstverständlich möglich, diese - wie weiter oben beschrieben - als Stabwerke auszubilden.

[0086] Da die Hydraulik für die beschriebenen Pressenaufbauten ein wesentliches Element darstellt, schlägt die Erfindung in weiteren Ausgestaltungen die im Folgenden erläuterten, auch bei Pressen gemäß dem Stand der Technik vorteilhaft anzuwendenden Maßnahmen vor; wobei zuerst auf die eigentlichen Aufgaben der einzelnen Teile des hydraulischen Systems eingegangen wird:

[0087] Zum Aufbau: Die Funktion der Hydraulikzylinder bei erfindungsgemäßen Umformmaschinen kann man in zwei Gruppen teilen:

[0088] Die Stützzylinder für die Seitenkraft, diese müssen den Hubschlitten (Pressenstößel) in horizontaler Lage halten und das Moment um die Hochachse übernehmen. Hier gibt es keine bevorzugte Bewegungsrichtung - sie müssen im optimalen Fall nach beiden Seiten gleich große Kräfte bereitstellen. Hier sind übliche doppelt wirkende Zylinder gut und solche, wie sie in den noch nicht veröffentlichten österreichischen Patentanmeldungen A 603/2008 und A 937/2008 beschrieben sind, optimal, einsetzbar.

[0089] Die Hubzylinder für die Hubkraft und die Presskraft - Hauptzylinder - müssen den Hubschlitten (Pressenstößel) vertikal bewegen und die Momente um die horizontalen Achsen aufnehmen. Bei der Abwärtsbewegung der Zylinder müssen diese neben der Kraft für die Bewegung der Eigenmassen (Zustellbewegung) auch die Kraft für den Pressvorgang (Krafthub) bereitstellen. Bei der Aufwärtsbewegung (Freistellbewegung) müssen die Zylinder nur die Eigenmassen bewegen. Daher ist es sinnvoll, Mehrkammerzylinder zu verwenden, um bei der Abwärtsbewegung mehr Wirkfläche und somit mehr Kraft bereitzustellen und bei der Aufwärtsbewegung weniger Hubvolumen zu benötigen und so höhere Geschwindigkeit zu erreichen. Dies ist insbesondere bei erfindungsgemäßen Pressen leicht möglich, da durch die spezifische Anordnung der Zylinder mehr Bauhöhe zur Verfügung steht als bei Pressen gemäß dem Stand der Technik.

Patentansprüche

1. Presse zum Umformen von Material mit einem Tisch (5, 605) und einem Kopfstück (4, 604) mit einem Pressenstößel, der gegenüber dem Tisch mittels eines Pressantriebs in Pressrichtung auf und ab beweglich ist, wobei das Kopfstück (4) die bewegliche Plattform einer parallelkinematischen Vorrichtung (101) mit mehreren Aktuatoren (112, 612, 612a, 612b), die den Pressantrieb bilden, ist, wobei die feste Plattform der parallelkinematischen Vorrichtung (101) ortsfest bezüglich des Tisches (5) ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aktuatoren (112, 612, 612a, 612b) während des Umformens auf Zug beansprucht sind.
2. Presse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einige Aktuatoren (112, 612, 612a, 612b) im Wesentlichen parallel zur Pressrichtung orientiert sind.
3. Presse nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bindung von Freiheitsgraden des Kopfstückes (604) in Bezug auf den Tisch (605) mindestens eine Führung (603) vorgesehen ist, die im Wesentlichen parallel zur Pressrichtung orientiert ist. (Fig. 25)
4. Presse nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Pressantrieb der parallelkinematischen Vorrichtung (101) Hauptaktuatoren (112), die im Wesentlichen parallel zur Pressrichtung orientiert sind und anders orientierte Nebenaktuatoren (113) umfasst, wobei die Fußpunkte (302) der Aktuatoren (112, 113) tischseitig und die Kopfpunkte (305) der Aktuatoren (112, 113) kopfstückseitig angeordnet sind.
5. Presse nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fußpunkte der Aktuatoren (612, 613) auf Kardangelenken (620) sitzen, die die Aktuatoren (612, 613) mit dem Tisch (605) verbinden.
6. Presse nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kopfpunkte der Aktuatoren (612, 613) auf Kardangelenken (621) sitzen, die die Aktuatoren (612, 613) mit dem Kopfstück (604) verbinden.
7. Presse nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Aktuator (612a) am Tisch (605) oder am Kopfstück (604) fest eingespannt ist.
8. Presse nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Einspannen eines Aktuators (612a) am Tisch (605) oder am Kopfstück (604) über zwei in Pressrichtung voneinander beabstandete Kardangelenke (620, 622) erfolgt, die jeweils den Aktuator (612a) mit dem Tisch (605) oder dem Kopfstück (604) verbinden.
9. Presse nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Aktuator (612b) am Tisch (605) oder am Kopfstück (604) derart gelagert ist, dass er gegen Verschwenken um eine zur Pressrichtung normale Achse (630) gesichert ist und um eine zu dieser Achse (630) normale Achse (631) verschwenkbar ist.
10. Presse nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sichern gegen ein Verschwenken des Aktuators (612b) um eine zur Pressrichtung normale Achse (630) am Tisch (605) oder am Kopfstück (604) über zwei in Pressrichtung voneinander beabstandete Gelenke (620, 623) erfolgt, die jeweils den Aktuator (612) mit dem Tisch (605) bzw. dem

Kopfstück (604) verbinden, wobei das eine Gelenk ein Kardangelenk (620) ist und das andere Gelenk ein einfaches Drehgelenk (623) ist, das in einer zur Pressrichtung normalen Richtung geführt verschiebbar ist.

11. Presse nach einem der Ansprüche 8 und 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass eines der beiden Gelenke, mit denen der Aktuator (612a, 612b) am Tisch (605) oder am Kopfstück (604) eingespannt bzw. gesichert ist, als lösbare Verbindung des Aktuators (612) mit dem Tisch (605) bzw. dem Kopfstück (604) ausgebildet ist.
12. Presse nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die parallelkinematische Vorrichtung (101) statisch überbestimmt ausgebildet ist.
13. Presse nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kopfstück (4) und/oder der Tisch (5) als Stabwerk (109, 111), gegebenenfalls mit einer Verkleidung (114) ausgebildet ist.
14. Presse nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Kopfstück (4) und/oder am Tisch (5) mehrere Kurzhubzylinder (201, 209) vorgesehen sind, die die Lage des Werkzeugs auch bei elastischer Deformation des Kopfstücks (4) und/oder des Tisches (5) gewährleisten.
15. Presse nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die parallelkinematische Vorrichtung (101) Aktuatoren umfasst, von denen zumindest einer eine hydraulische Zylinder-Kolben-Einheit (401, 411) ist.
16. Presse nach einem der Ansprüche 2 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die im Wesentlichen parallel zur Pressrichtung orientierten Aktuatoren hydraulische Zylinder-Kolben-Einheiten (401, 411) sind, deren Fußpunkte (302) beweglich sind.
17. Presse nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fußpunkte (302) auf Schwingen (304) sitzen und dass in der Position der Schwingen, in der das Kopfstück (4) dem Tisch (5) am nächsten ist, die Achse (307) der Schwinge (404) die Achse des Aktuators (401, 411) schneidet, und dass dieser Schnittpunkt, der Fußpunkt (302) und der Kopfpunkt (305) auf einer Geraden liegen.

Hierzu 16 Blatt Zeichnungen

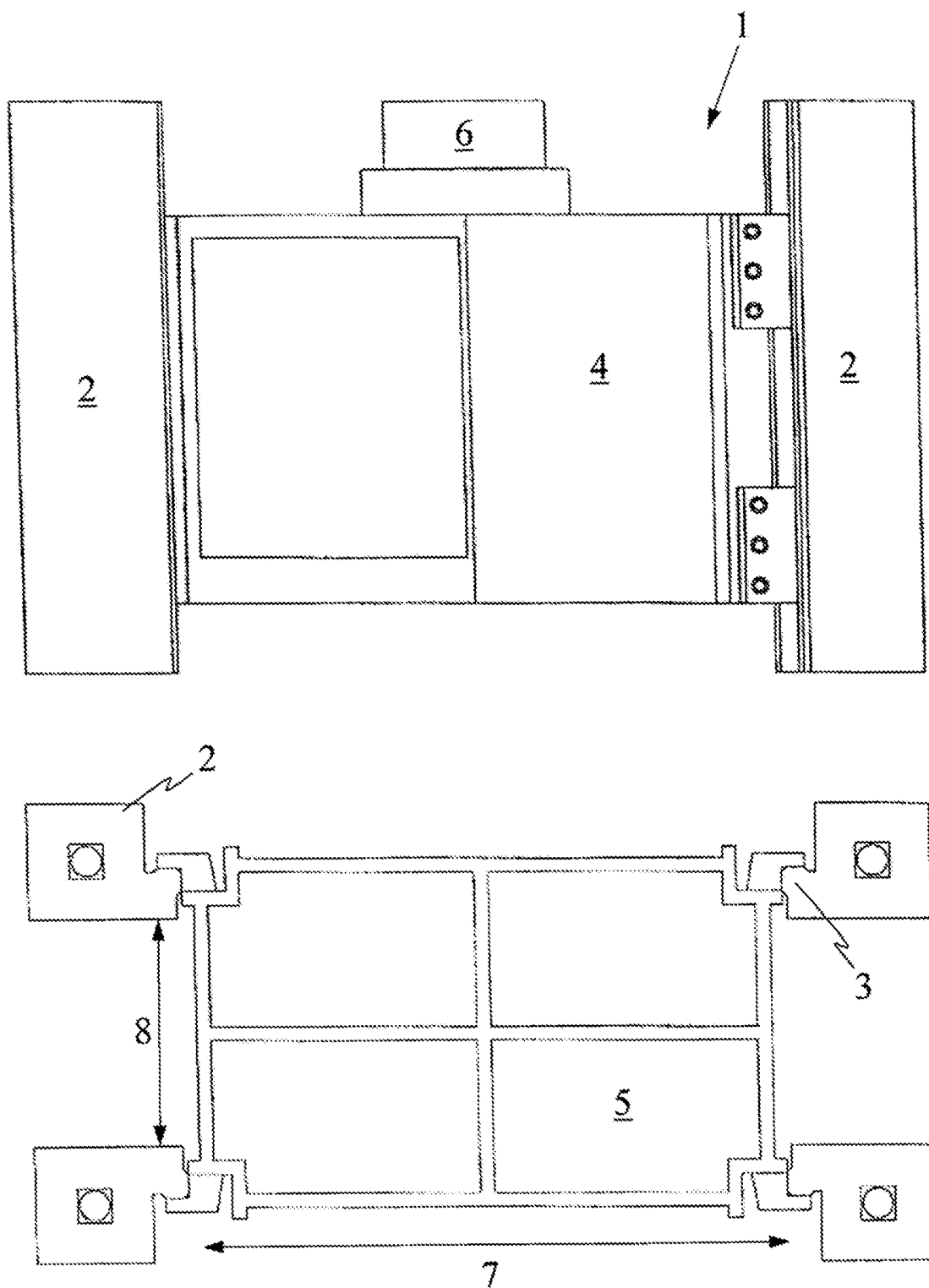


Fig. 1

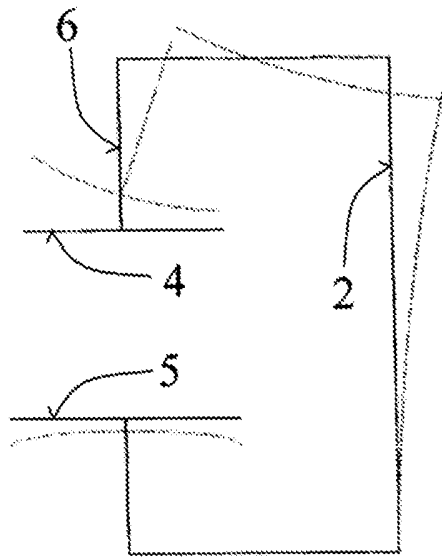


Fig. 2

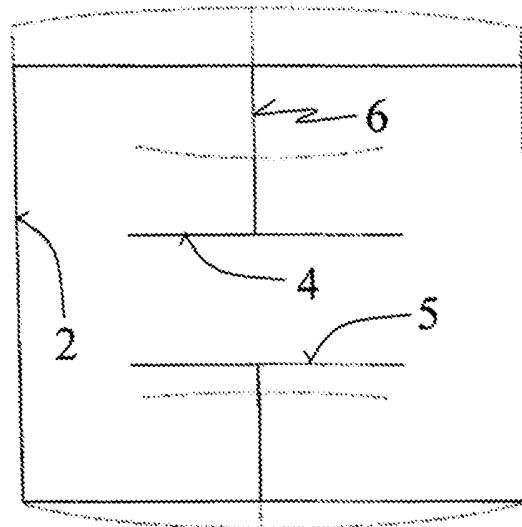


Fig. 3

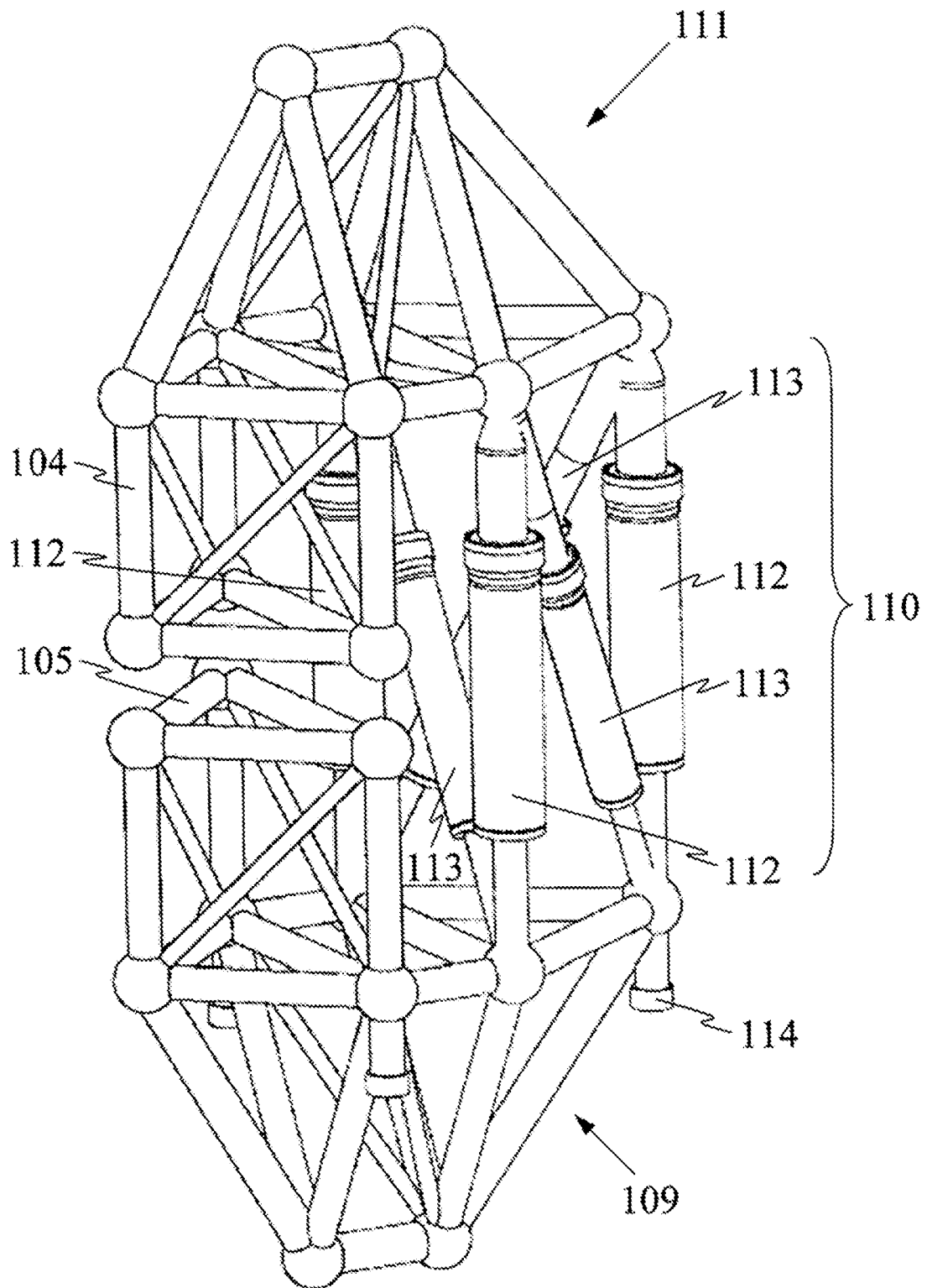


Fig. 4

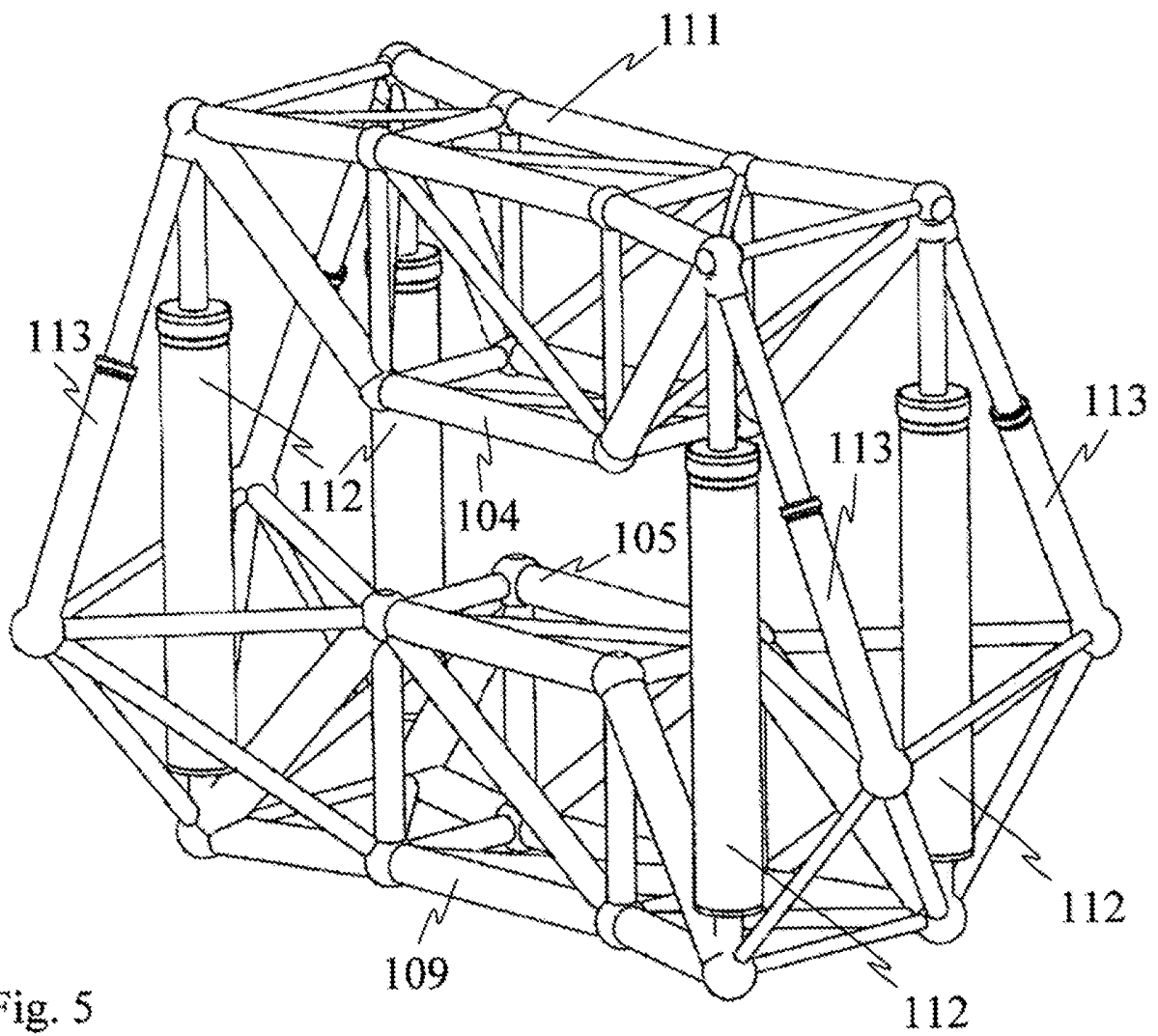


Fig. 5

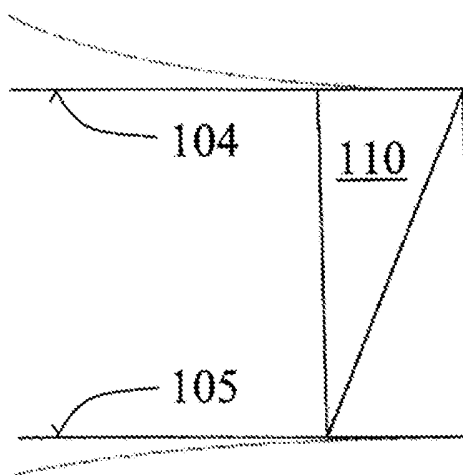


Fig. 6

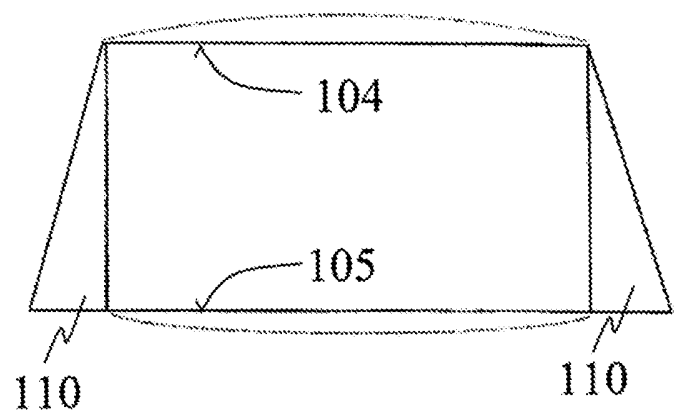


Fig. 7

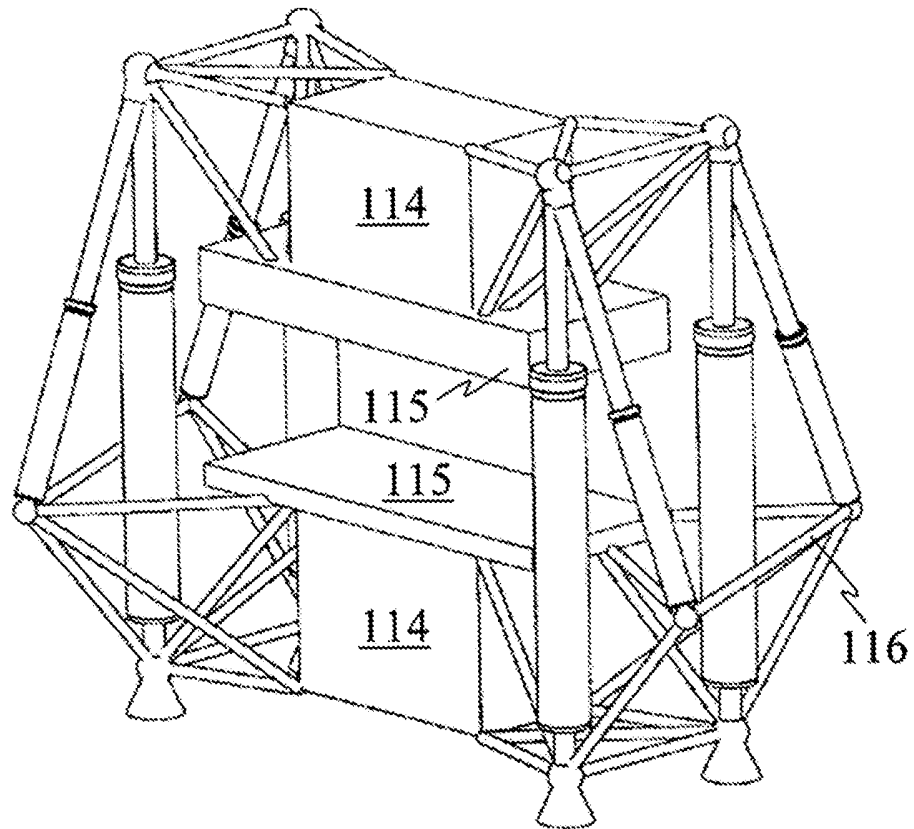


Fig. 8

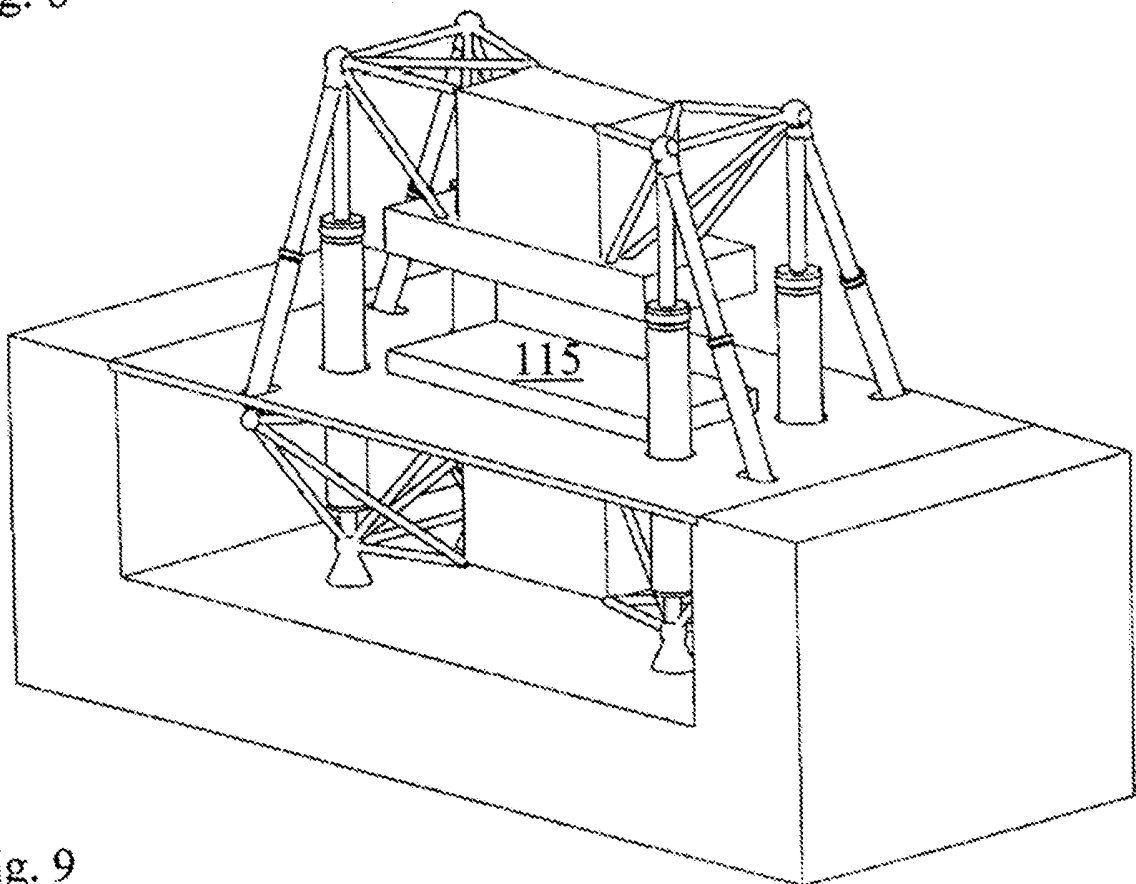


Fig. 9

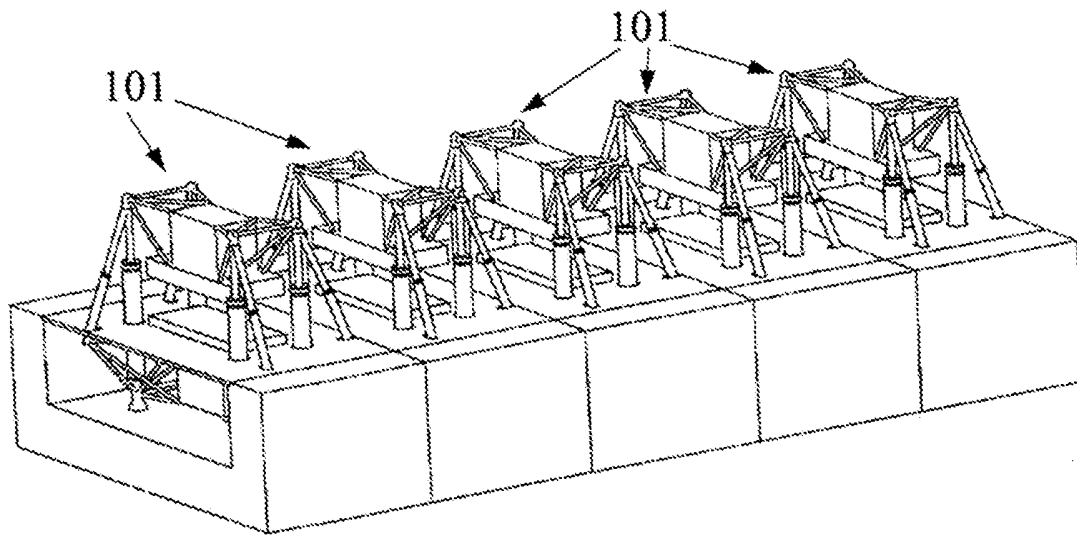


Fig. 10

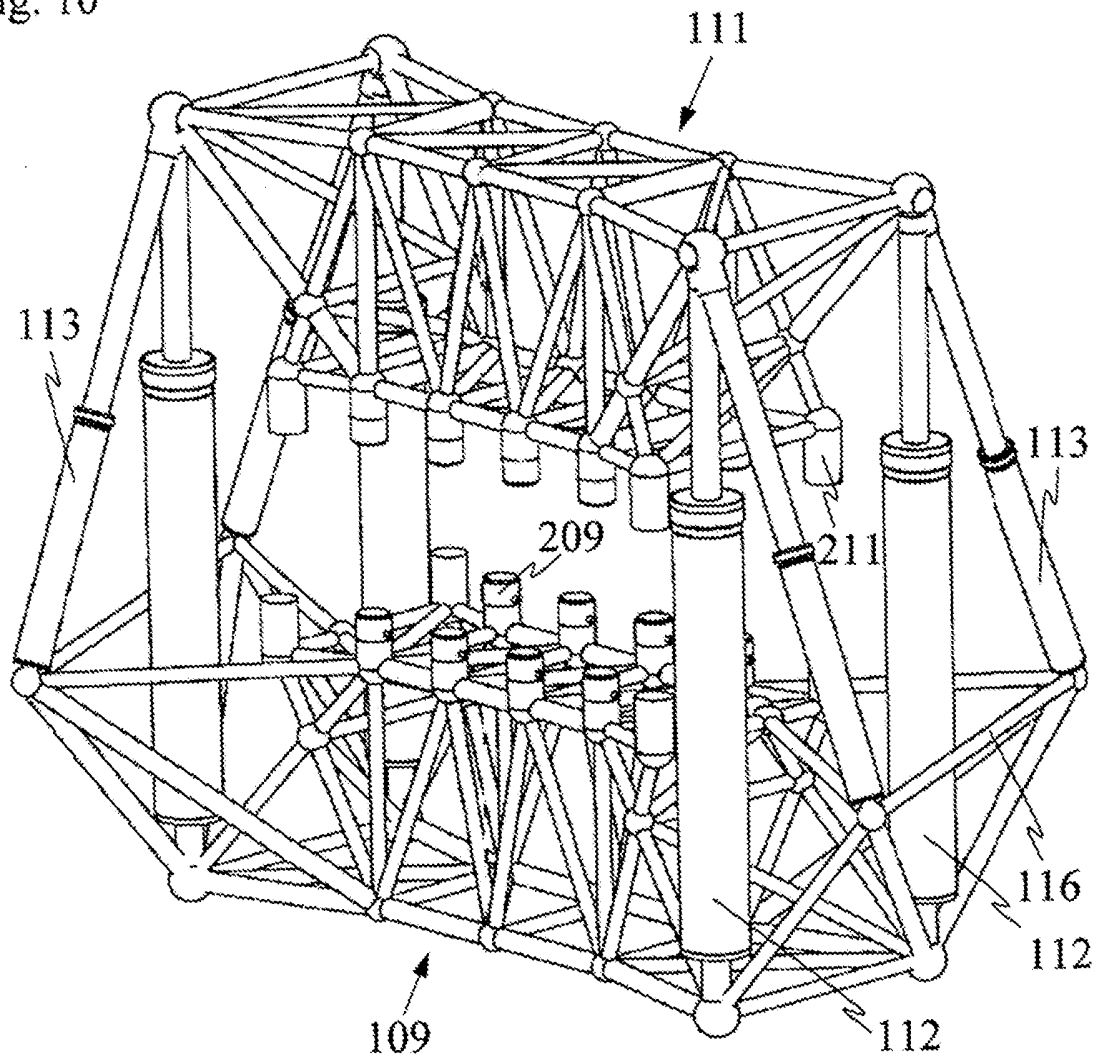


Fig. 11a

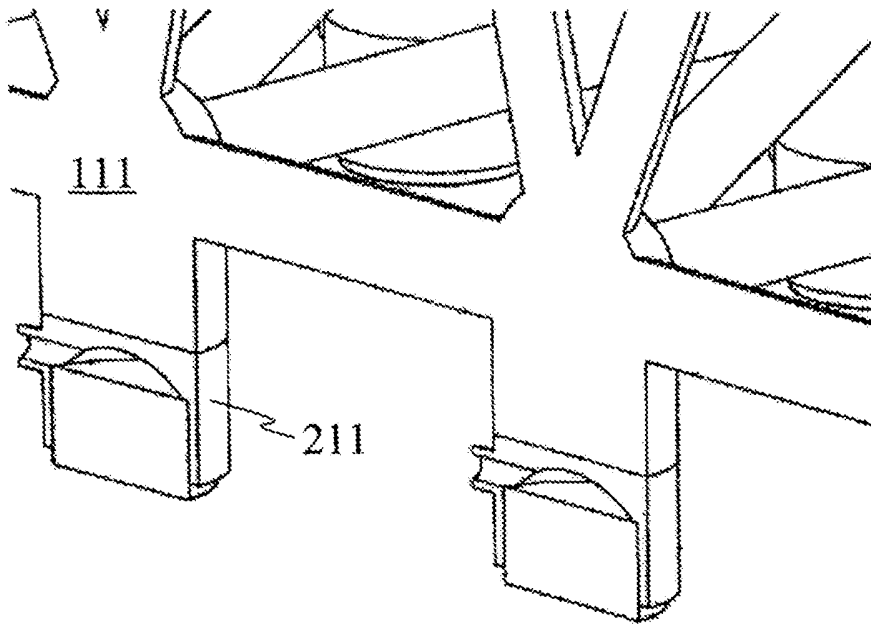


Fig. 11b

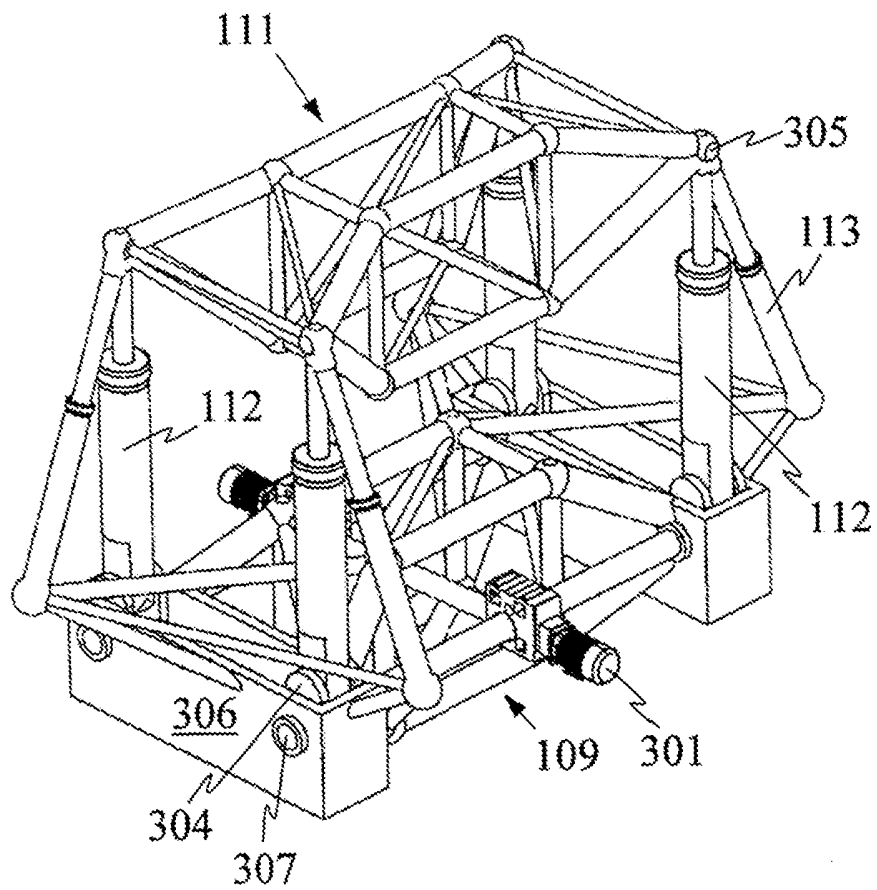


Fig. 12

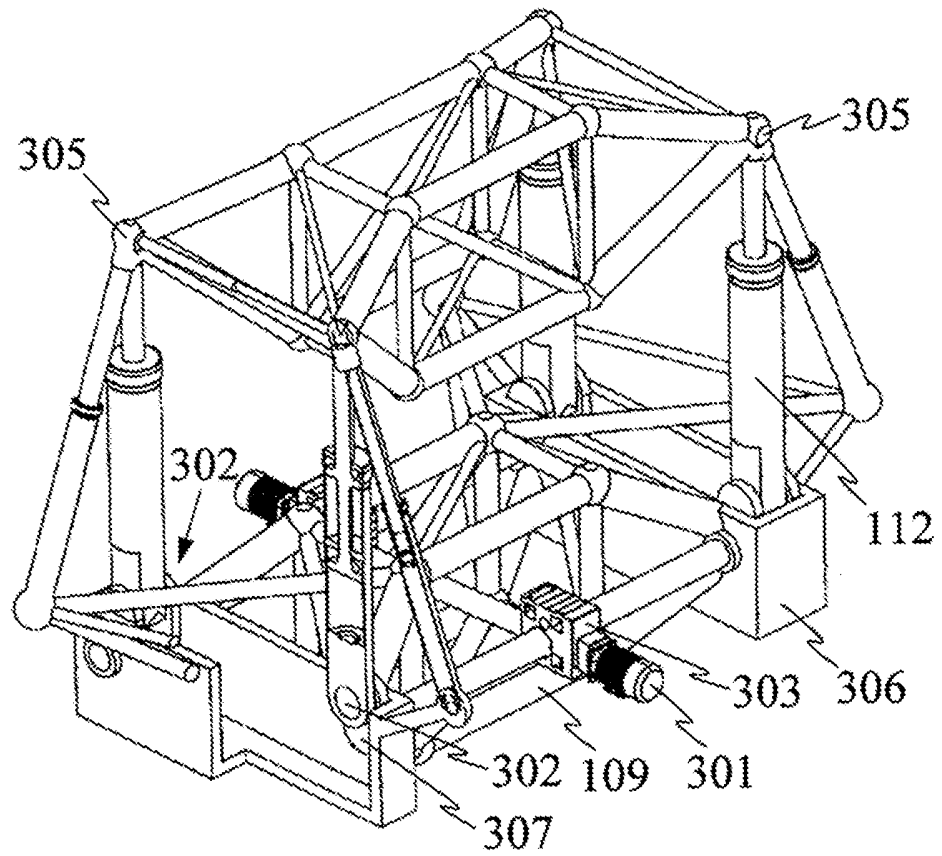


Fig. 13

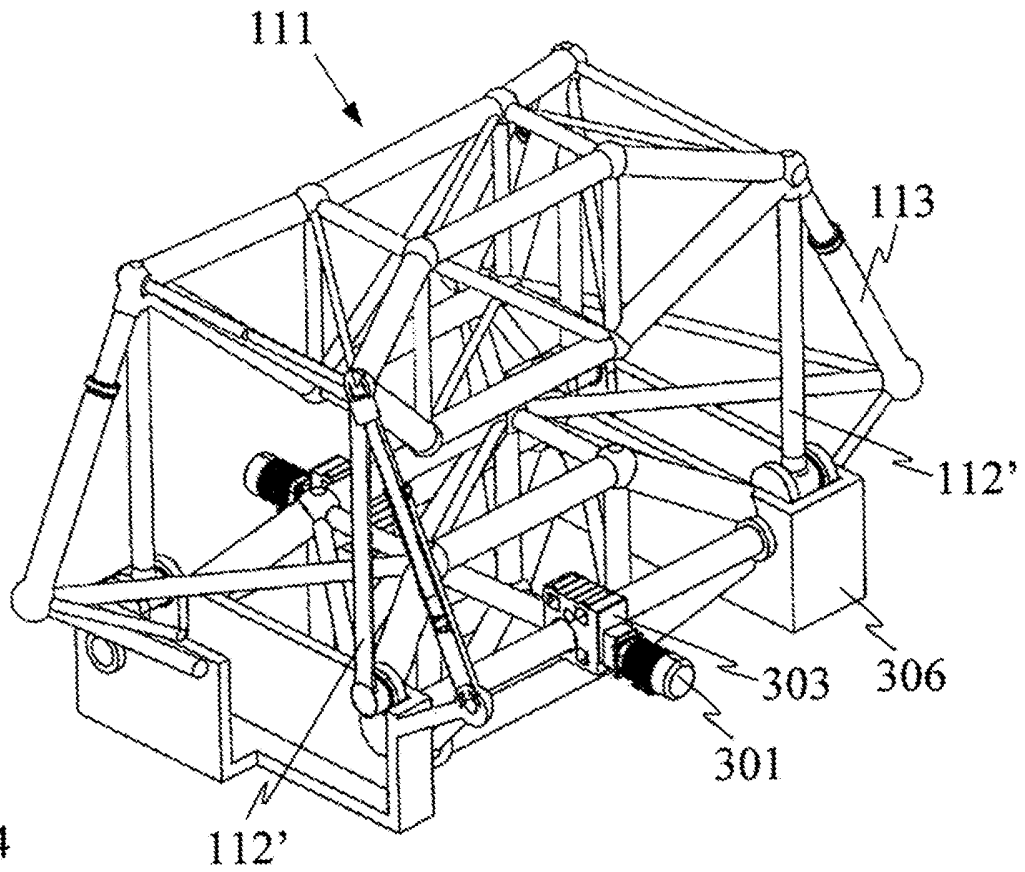


Fig. 14

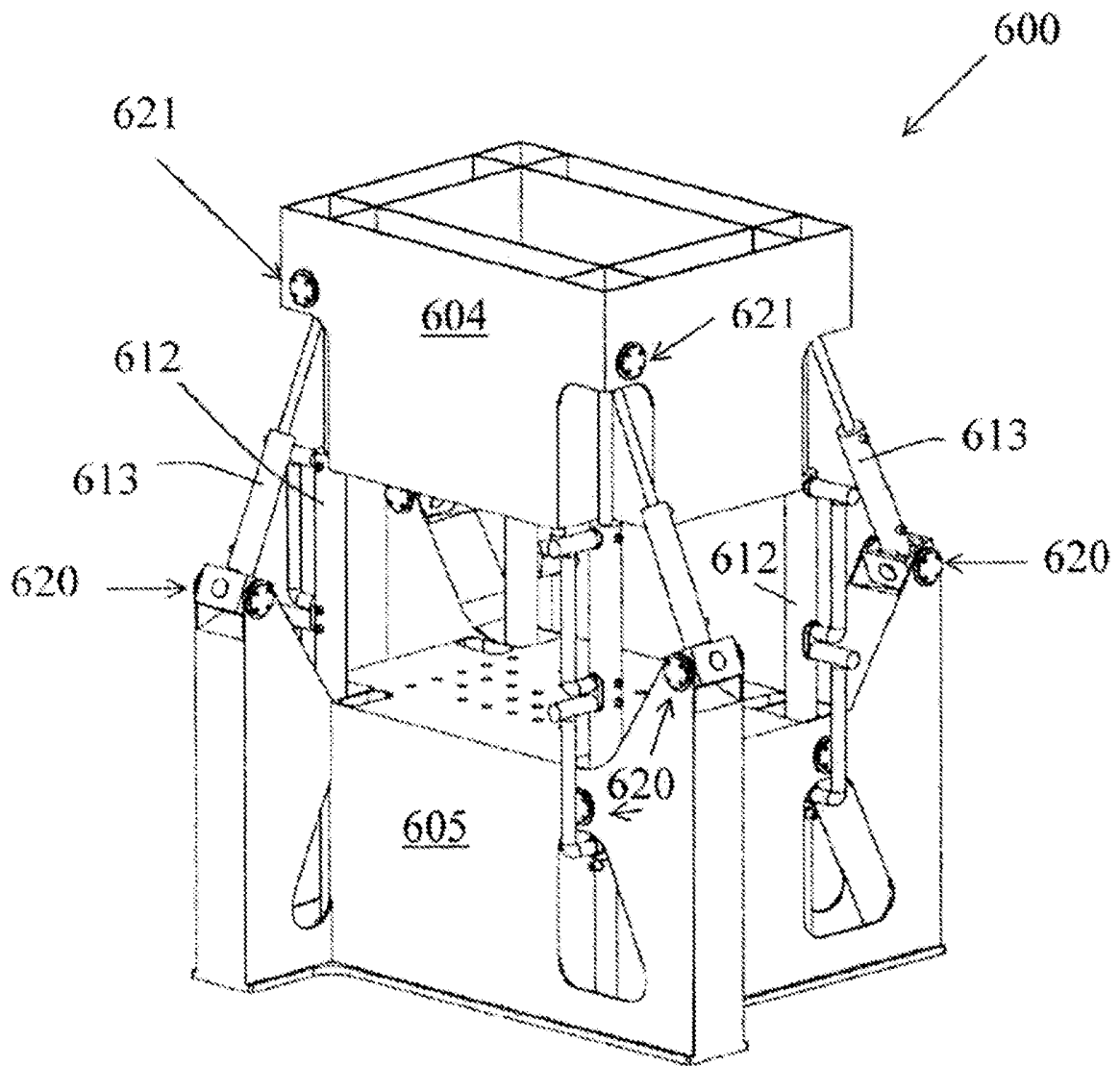


Fig. 15

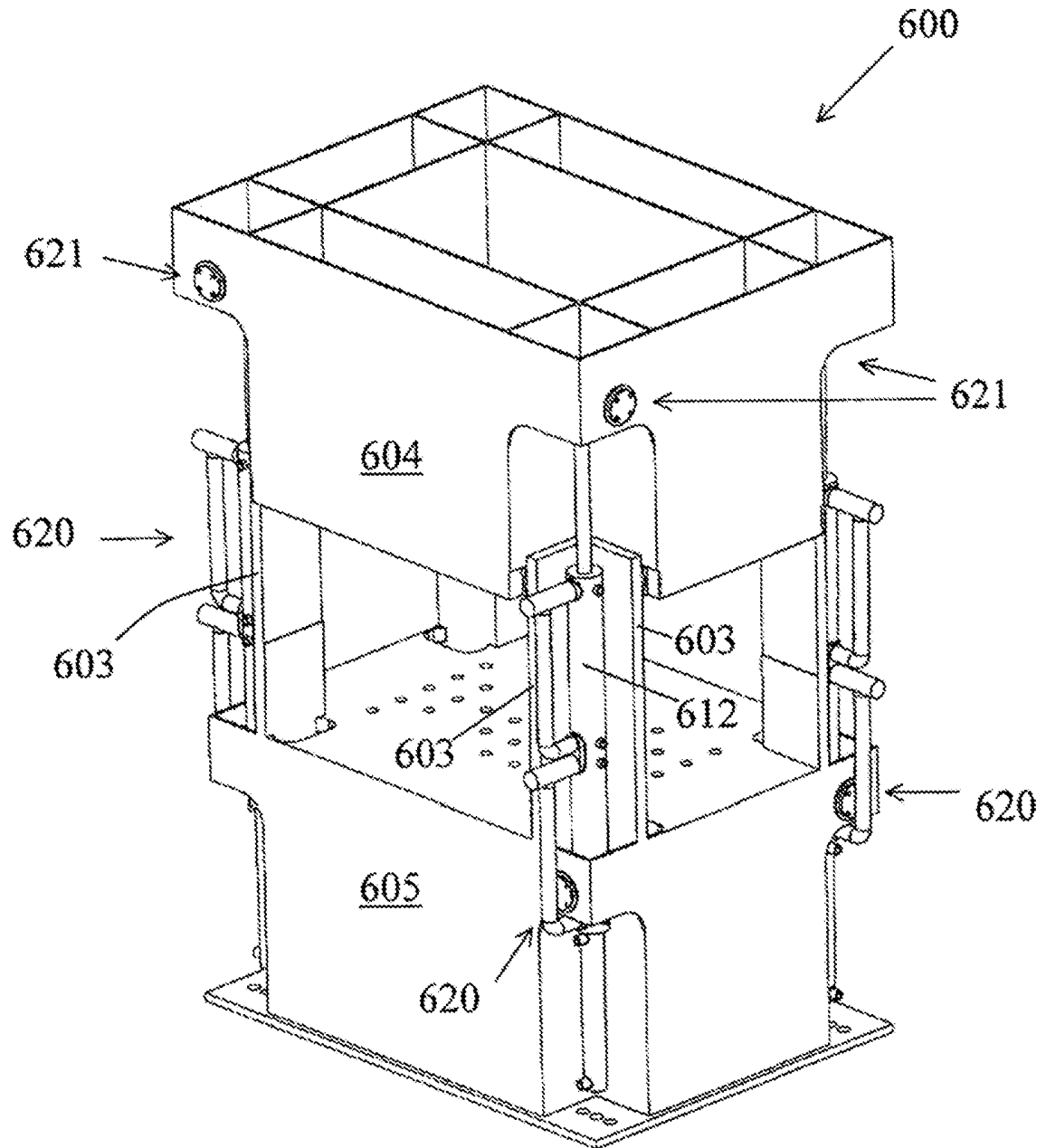


Fig. 16

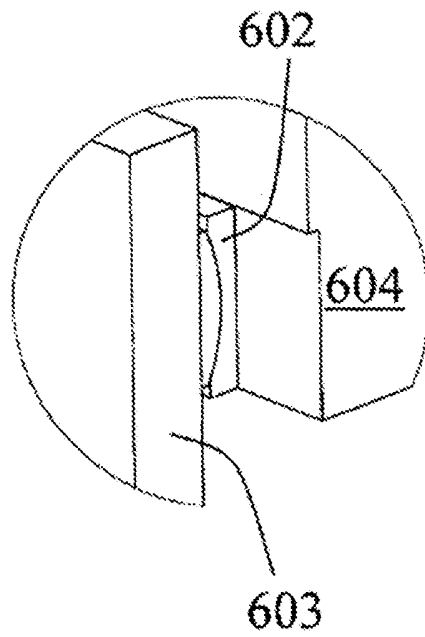


Fig. 17

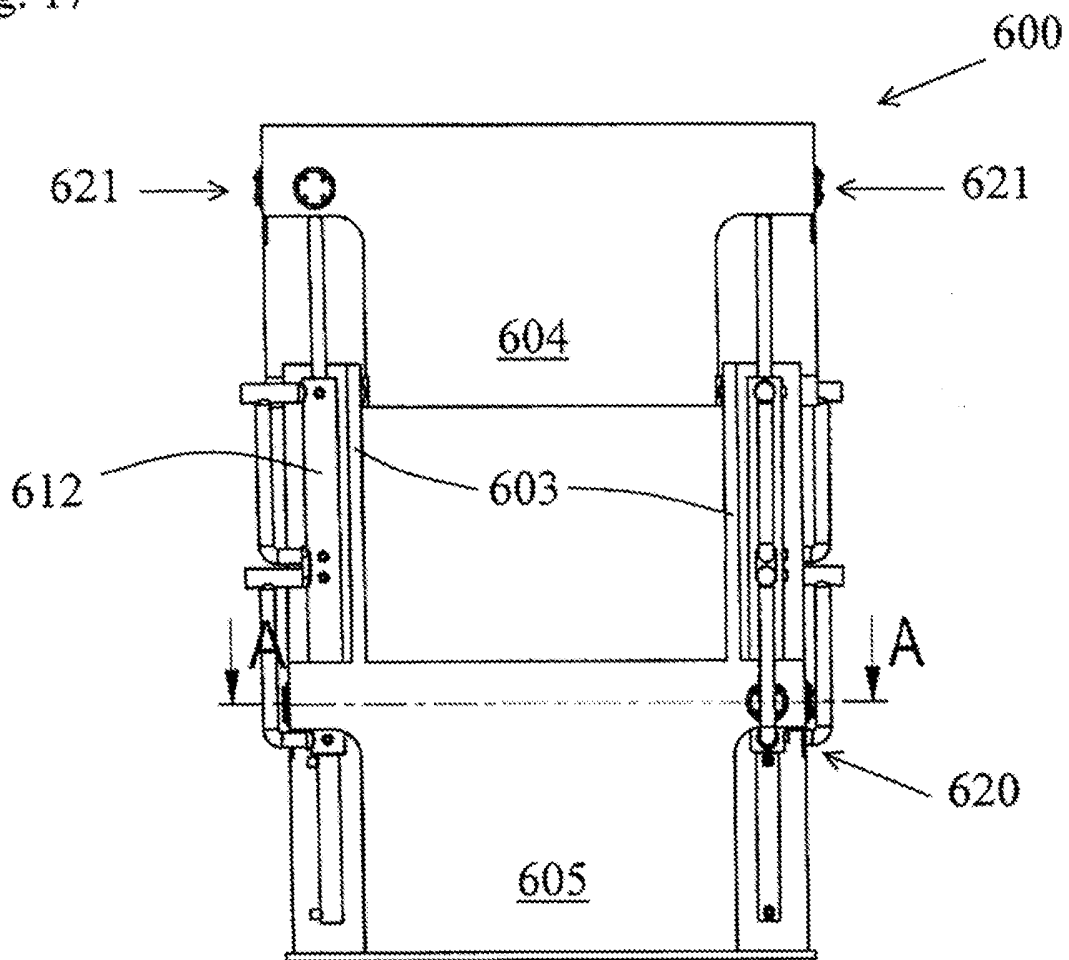


Fig. 18

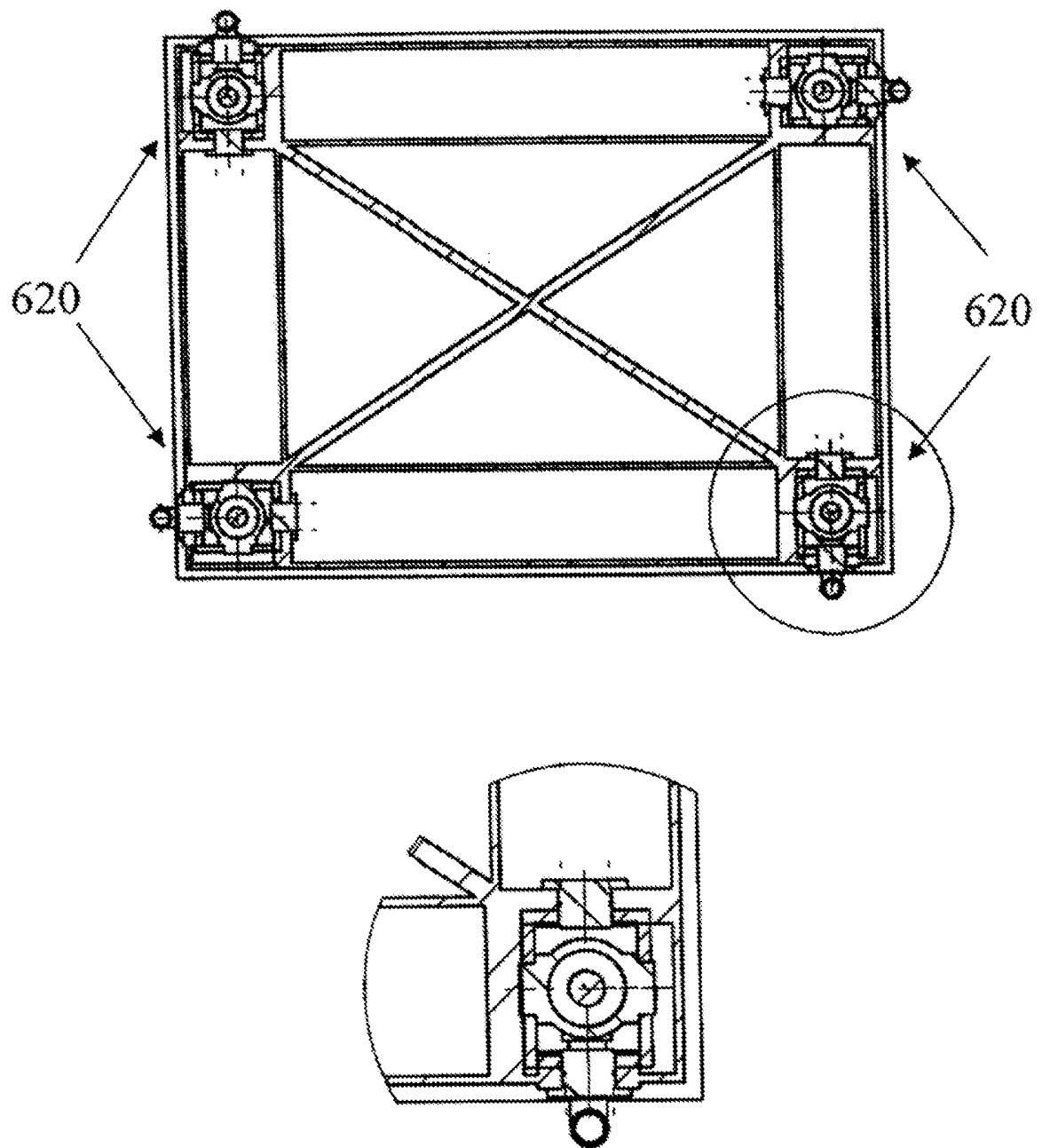
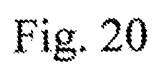


Fig. 19



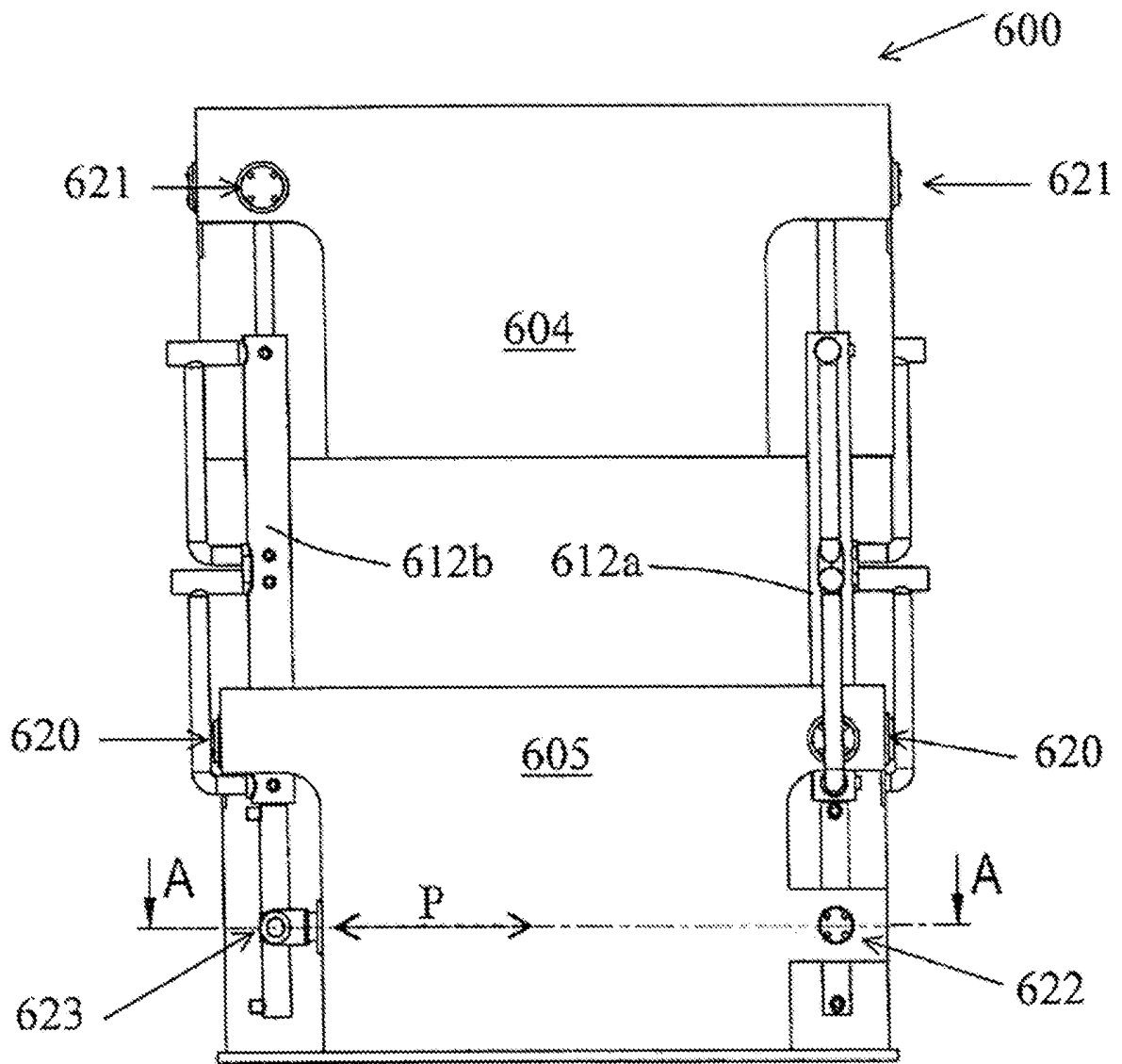


Fig. 22

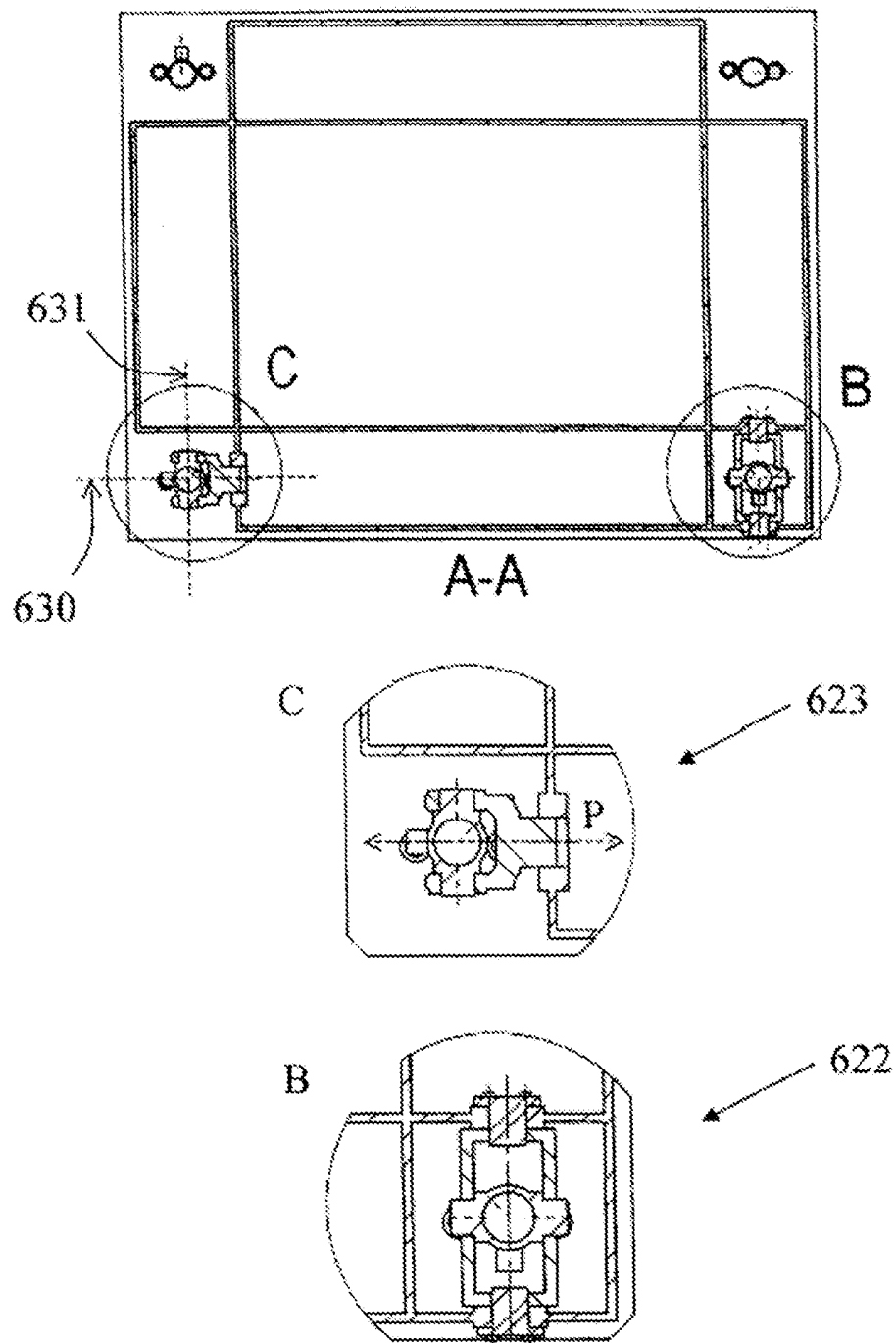


Fig. 23