



(10) **DE 10 2020 103 676 B4** 2022.07.07

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 103 676.0**
(22) Anmeldetag: **12.02.2020**
(43) Offenlegungstag: **12.08.2021**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.07.2022**

(51) Int Cl.: **B23Q 1/01 (2006.01)**
B23Q 1/70 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V., 01069 Dresden, DE; Schwäbische Werkzeugmaschinen GmbH, 78713 Schramberg, DE

(74) Vertreter:
Patentanwälte Ilberg & Weißfloh, 01309 Dresden, DE

(72) Erfinder:
Mixner, Marcus, 78739 Hardt, DE; Spickenheuer, Axel, Dr., 01307 Dresden, DE; Konze, Simon, 01127 Dresden, DE; Kochan, Detlef, Prof. Dr., 01728 Bannewitz, DE; Feltin, Dirk, 01219 Dresden, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	39 27 525	C2
DE	10 2013 100 948	B3
DE	10 2004 048 472	A1
DE	10 2011 111 287	A1
DE	10 2016 117 975	A1
CH	667 230	A5
EP	2 529 879	B1

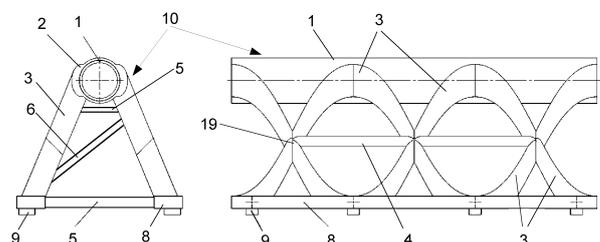
(54) Bezeichnung: **Werkzeugschlitten zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel für Werkzeugmaschinen und Vorrichtung zur Genauigkeitsbearbeitung**

(57) Hauptanspruch: Werkzeugschlitten mit Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel für Werkzeugmaschinen mit mindestens einer Quer- oder Längstraverse (13) und/oder mindestens einem Maschinenständer (14), wobei die Werkzeugspindel in einem Stahl- oder faserverstärkten Kunststoffprofil (1) gelagert und geführt ist, dadurch gekennzeichnet,

- am Stahl- oder faserverstärkten Kunststoffprofil (1) eine einteilige oder mehrteilige Profileinfassung oder mehrere Profilhalteelemente (2) angeordnet sind,

an diese mehrere Zug- und Druckelemente (3) angreifen, die Zug- und Druckelemente (3) mit mindestens zwei Führungsschienen (8) verbunden sind,

- oder am Stahl- oder faserverstärkten Kunststoffprofil zwei Halteschalen (15,16) angreifen die Halteschalen (15, 16) über Verstrebungen (17) in geeigneten Führungen oder Befestigungen der Quer- oder Längstraverse (13) oder eines Maschinenständers (14) geführt und gelagert sind, wobei das faserverstärkte Kunststoffprofil (1), die Profileinfassung oder Profilhalteelemente (2), die Zug- und Druckelemente (3), oder die Halteschalen (15, 16) und/oder die Verstrebungen (17) aus variabelaxialen TFP-Faserverbundmaterialien bestehen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Werkzeugschlitten zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel für Werkzeugmaschinen, insbesondere zur Hochgeschwindigkeitsbearbeitung und eine Vorrichtung zur Genauigkeitsbearbeitung nach dem Oberbegriff der Hauptansprüche.

[0002] Üblicherweise sind Werkzeugmaschinen aus verschiedensten Bauteilen zusammengesetzt, welche auch aus unterschiedlichen Materialien bestehen können. Um eine hohe Stabilität der einzelnen Maschinenkomponenten erzielen zu können, werden aber in der Regel Metallkonstruktionen bevorzugt. Maschinenkomponenten lassen sich besonders kostengünstig aus Stahl herstellen und weisen hinsichtlich der mechanischen Belastbarkeit, der Steifigkeit und der Schwingungsdämpfung ausreichend gute Eigenschaften auf. Problematisch ist die damit verbundene hohe Masse der Komponenten. Es gibt eine Vielzahl von verschiedenen Werkzeugschlitten für Werkzeugmaschinen. In der Regel sind dies mehr oder minder massive metallische Guss- oder auch Schweißkonstruktionen, insbesondere unter Einbeziehung von Stahlprofilen oder Stahlblechen, welche als Hohlprofilträger ausgebildet sind. Dabei ist es das Ziel, die Werkzeugschlitten so massearm wie möglich auszuführen, um die während Verfahrbewegungen zu bewegendende Masse zu verringern und damit das dynamische Verhalten einzelner Maschinenkomponenten zu verbessern. Auf der anderen Seite ist eine sehr hohe Steifigkeit solcherart Konstruktionen gefordert um die verschiedenen bei der Bearbeitung auftretenden Kräfte so abzuleiten, dass die Bearbeitungsspindel genau positioniert und die geforderte Bearbeitungsgenauigkeit eingehalten werden können. Ein konsequenter Leichtbau ist deshalb mit dem Konstruktionswerkstoff Stahl bzw. auch mit Sphäroguss nicht möglich.

[0003] In der EP 2 529 879 B1 ist eine Bewegungseinheit einer Werkzeugmaschine, sowie eine Werkzeugmaschine mit einer Führungseinrichtung für Werkzeugschlitten beschrieben, wo offengelegt ist, dass die Innen in einem Hohlprofilträger bisher metallisch ausgeführten Versteifungen des Hohlprofilträgers aus Massegründen durch Versteifungen aus Kunststoff ersetzt werden können. Als Ersatzwerkstoffe werden insbesondere faserverstärkte Kunststoffe vorgeschlagen. Als besonders wirksam haben sich dabei Versteifungselemente aus in Epoxidharz eingebettete Kohlenstofffasern erwiesen. Allerdings wird hier nur ein teilweise sehr geringer Einsatz von kunststoffbasierten Einzelelementen für bestimmte wenige Einsatzfälle aufgezeigt. Als Beispiel für den Einsatz unterschiedlicher Materialien sei die technische Lösung gemäß der DE 10 2016 117 975 A1 genannt. Hier ist ein Bauteil für eine Werkzeugmaschine beschrieben, wo das

Kraftübertragungselement aus einem Faserverbundmaterial hergestellt worden ist und dieses mit einem Funktionselement aus Mineralguss in geeigneter Art und Weise verbunden ist. Diese Leichtbaukonstruktion besitzt eine relativ hohe Steifigkeit ist aber nur für wenige eng begrenzte Anwendungsfälle geeignet.

[0004] In der DE 10 2004 048 472 A ist eine energiesparende und gewichtsreduzierte Werkzeugmaschine beschrieben, wo der Spindelstock und Werkzeugsupport gewichtsreduziert ausgebildet ist. Es wird vorgeschlagen, insbesondere kohlefaserverstärkte sehr langfaserige Kunststoffe und /oder Metallschäume in spezifischen Ausführungsvarianten zu verwenden. Diese kohlefaserverstärkten langfaserigen Kunststoffe werden in mehreren Lagen übereinander auf gewickelt und mit geeigneten Werkstoffen, wie Epoxidharz, Polyesterharz oder Acrylharz imprägniert und untereinander verklebt. Hier wird besonders auf den Einsatz von gerichteten langfasrigen CFK Materialien eingegangen.

[0005] Aus der DE 39 27 525 C2 ist eine Pinole für eine Koordinatenmessmaschine mit einem rechteckförmigen Querschnitt beschrieben, welche aus zwei miteinander verbundenen Längshalbschalen ausgebildet ist. Diese Längshalbschalen bestehen aus metallischen Werkstoffen und sind als eine Schweißkonstruktion mit innen liegenden Verstrebungen ausgeführt. Die Längshalbschalen sind über je eine Längsnaht schweißtechnisch durchgehend verbunden. Indem die schrägen und rechtwinkligen Verstrebungen in den Eckbereichen geeignet angeordnet sind, soll eine hohe Steifigkeit bei gleichzeitig geringer Masse für diese konstruktiv aufwändige Konstruktion erreicht werden und um hohe Beschleunigungen der Pinole ermöglichen zu können. Diese Lösung ist allerdings nur für Messmaschinen geeignet. Für hohe Beanspruchungen, wie sie bei einer spanenden Bearbeitung mit hohen Vorschubgeschwindigkeiten bei großen Werkzeugmaschinen entstehen, sind damit die geforderten hohen Genauigkeiten nicht beherrschbar.

[0006] Die DE 10 2013100 948 B3 beschreibt eine Werkzeugspannvorrichtung und deren Verwendung in einer Werkzeugmaschine und ein Verfahren zur Bearbeiten eines Werkstückes, wo am zu bearbeitenden Werkstück gleichzeitig zwei unterschiedliche Werkzeuge an unterschiedlichen Stellen des Werkstückes angreifen können und das die Werkzeugspannvorrichtung gegenlagerfrei für das zweite Werkzeug ist.

[0007] Als Spannvorrichtung für einen kompletten Werkzeugschlitten ist diese Vorrichtung nicht geeignet.

[0008] In der DE 10 2011 111 287 A1 ist eine komplett leicht bauende dreiachsige Werkzeugmaschine

beschrieben. Dabei wird als Werkstoff insbesondere Aluminium eingesetzt. Vorzugsweise bestehen die einzelnen Maschinenbauteile aus jeweils kompakt bauenden Aluminiumgusskörpern in denen wahlweise Öffnungen angeordnet sind oder wo im Inneren des Gusskörpers Kühlkanäle ausgebildet sind. Es ist im Prinzip auch möglich faserverstärkte Werkstoffe wie CFK und GFK einzusetzen. Sie zeigen die Möglichkeit auf, dass diese Werkstoffe auch bei Werkzeugmaschinen eingesetzt werden können. Da diese Werkstoffe Wärme schlecht leiten sind innenliegende Kühlkanäle vorgesehen. Zur weiteren Gewichtsreduzierung können in den Wänden der einzelnen Achskörper zusätzliche Öffnungsschlitzte oder großformatige Öffnungen angeordnet werden. Auch diese Ausführung einer Werkzeugmaschine ist nicht für hohe Belastungen mit großen Vorschubgeschwindigkeiten geeignet.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde einen Werkzeugschlitten zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel für Werkzeugmaschinen und eine Vorrichtung zur Genauigkeitsbearbeitung zu schaffen, der möglichst massearm, konstruktiv einfach und materialsparend aufgebaut ist, eine sehr hohe Steifigkeit besitzt, schwingungsdämpfend wirkt und von einer großen mechanischen Festigkeit gekennzeichnet ist.

[0010] Die Aufgabe wird mit den Merkmalen des Oberbegriffs und des kennzeichnenden Teils des ersten und zehnten Patentanspruches gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen rückbezüglichen Unteransprüchen beschrieben. An einer Werkzeugmaschine mit mindestens einer Quer- oder Längstraverse 13 und/oder mindestens einem Maschinenständer 14, ist ein erfindungsgemäßer Werkzeugschlitten 10 mit einer Aufnahme oder einer Befestigung zur Führung einer Werkzeugspindel für Werkzeugmaschinen angeordnet. Dabei ist die Werkzeugspindel in einem Stahl- oder faserverstärkten Kunststoffprofil 1 gelagert und geführt. Am Stahl- oder faserverstärkten Kunststoffprofil 1 ist eine einteilige oder sind mehrteilige Profileinfassungen oder mehrere Profilhalteelemente 2 angeordnet, an welche mehrere Zug- und Druckelemente 3 angreifen. Die Zug- und Druckelemente 3 sind mit mindestens zwei Führungsschienen 8 verbunden, oder es greifen am Stahl- oder faserverstärkten Kunststoffprofil 1 zwei gesonderte voneinander beabstandete Halteschalen 15, 16 an. Dabei sind die Halteschalen 15, 16 über Verstrebungen 17 in geeigneten Führungen oder Befestigungen der Quer- oder Längstraverse 13 oder eines Maschinenständers 14 geführt und gelagert. Das faserverstärkte Kunststoffprofil 1, die Profileinfassung oder Profilhalteelemente 2, die Zug- und Druckelemente 3, oder die Halteschalen 15, 16 und/oder die Verstrebungen 17 bestehen aus variabelaxialen Faserverbundmaterialien. Durch den Einsatz der variabelaxialen

Faserverbundmaterialien entsteht ein sehr massearmer Werkzeugschlitten 10 dessen konstruktive Auslegung ohne Probleme für verschiedene Werkzeugmaschinen und ihre speziellen Anforderungen angepasst werden kann. Der Werkzeugschlitten 10 ist dabei konstruktiv einfach und materialsparend aufgebaut. Er besitzt, eine sehr hohe mechanische Steifigkeit und wirkt in erheblichem Maße schwingungsdämpfend. Mit der Nutzung des TFP-Prinzips (Tailored Fiber Placement) wird ein extrem hoher Leichtbaugrad gewährleistet. Es wird möglich, die bei Werkzeugschlitten hohen und zudem wechselnden Zug- und Druckbelastungen ohne Beeinträchtigung der geforderten hohen Genauigkeiten bei Werkzeugmaschinen, insbesondere auch mit einer Hochgeschwindigkeitsbearbeitung dauerhaft zu beherrschen.

[0011] Eine wesentliche Voraussetzung ist dabei die beanspruchungsgerechte Ausrichtung der eingesetzten Verstärkungsfasern kombiniert mit speziellen Verbundmaterialien in den einzelnen Bauteilen des Werkzeugschlittens 10. Die eingesetzten Verstärkungsfasern werden anders als bei etablierten Preformtechnologien nicht in Form multiaxialer Bauweisen, sondern durch eine sticktechnische Fixierung der Verstärkungsfaserbündel auf einem Basismaterial hergestellt. Dadurch wird eine definierte Variation der lokalen Faserorientierungen innerhalb eines Bauteils ermöglicht. Das variable TFP-Stickgewebe wird dabei bevorzugt für die dominierenden /Zug/Druckbelastungen ausgelegt. Bei der effektiven Anwendung des TFP-Prinzips werden die lokalen Faserorientierungen je nach Anwendungsfall des betreffenden Werkzeugschlittens 10 auf Basis der auftretenden Beanspruchungen daher belastungsgerichtet optimiert und dementsprechend definiert orientiert. Darüber hinaus kann bei auftretenden Querkräften (z. B. hervorgerufen durch die Magnetkräfte der eingesetzten Linearantriebe) eine belastungsoptimierte Wabenstruktur im TFP-Aufbau vorgesehen werden.

[0012] Je nach Art und gewünschten Einsatzfall des Werkzeugschlittens 10 zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel können die Zug- oder Druckelemente 3 oder die Verstrebungen 17 durch einen, zwei oder mehrere Längsversteifungselemente 4, oder Querversteifungselemente 5, oder Schrägversteifungselemente 6 verstärkt ausgebildet, die Schlittenstruktur entsprechend ausgelegt und die Verstärkungen orientiert werden. Insbesondere werden durch den Einsatz dieser zusätzlichen Elemente 4, 5 und 6 auch die wirkenden hohen Kräfte, wie beispielsweise Dehnungen des Werkzeugschlittens 10 während des Eingriffes des jeweils gerade angebauten Werkzeuges in ein Werkstück beherrschbar, die bei einer Hochgeschwindigkeitsbearbeitung von Werkstücken auftreten. Dadurch kann eine sehr große mechanische Steifigkeit aus-

gebildet werden, so dass sich die Bezugspunkte für die Genauigkeitsbearbeitung der entsprechenden Werkzeugmaschine auch längerfristig und bei extremen Belastungen dauerhaft nicht verändern.

[0013] Bei dem Werkzeugschlitten 10 zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel entsteht je nach konstruktiver Ausführungsform durch die wahlweise ausgebildeten und angeordneten Zug- oder Druckelemente 3 eine Art Gitternetzstruktur 19 oder bei ausgebildeten und angeordneten Verstrebungen 17 bzw. bei durchbrochenen Halteschalen 15, 16 eine Art Schalenstruktur 20, wobei diese Gitternetzstruktur 19 bzw. die Schalenstruktur 20 die jeweils in der Konstruktion auftretenden Zug- und Druckkräfte sicher beherrschen bzw. über die Führungsschienen 8 und deren Befestigungen in die Quer- oder Längstraverse 13 und/oder in einen Maschinenständer 14 ableiten.

[0014] Zusätzlich kann es je nach Anwendungsfall des Werkzeugschlittens 10 zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel von Vorteil sein, dass die Führungsschienen 8 mit weiteren Längsversteifungselementen 4 und/oder Querversteifungselementen 5 und/oder Schrägversteifungselementen 6 oder allgemein in sonstiger Art und Weise zusätzlich elementeverstärkt ausgebildet sind.

[0015] Es ist generell auch möglich, dass beim Werkzeugschlitten 10 zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel die Führungsschienen 8 wahlweise aus Stahl- oder aus variabelaxialen Faserverbundmaterialien und die Zug- und Druckelemente 3, die Längsversteifungselemente 4, die Querversteifungselemente 5 und die Schrägversteifungselemente 6, die Halteschalen 15, 16 und die Verstrebungen 17 aus variabelaxialen Faserverbundmaterialien ausgebildet sind. Das ist bei Werkzeugschlitten 10, welche mit elektrischen Antrieben und mit Kugelgewindespindeln bewegt werden der Fall, womit bezüglich der Bearbeitungsachse eine Bearbeitungsgenauigkeit im gesamten Bearbeitungsraum bis 5 Mikrometer erreichbar ist. Es ist aber insbesondere auch möglich die Führungsschienen 8 aus magnetischen Werkstoffen auszubilden. In diesen Fällen kann der Werkzeugschlitten 10 mittels eines Linearantriebes verfahren und positioniert werden, womit sich die Bearbeitungsgenauigkeit weiter auf bis zu 3 Mikrometer genau steigern lässt.

[0016] Es kann auch sinnvoll sein, dass beim Werkzeugschlitten 10 zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel, dass das Stahl- oder faserverstärkte Kunststoffprofil 1 mit CFK-Materialien oder variabelaxialen Faserverbundmaterialien umhüllt ausgebildet ist. Diese konstruktive Ausführung ist abhängig vom jeweils gewünschten Einsatzfall und den sich daraus ergebenden mechanischen

Belastungen des betreffenden Werkzeugschlittens 10 und um eine optimale Ankopplung der jeweiligen Faserstrukturen zu ermöglichen.

[0017] Von Vorteil ist es, wenn beim Werkzeugschlitten 10 zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel in den Zug- oder Druckelementen 3, den Halteschalen 15, 16 oder Verstrebungen 17 Kühlkanäle ausgebildet sind, oder Kühlrohre, oder Kühlschläuche an diesen angeordnet sind. In erster Linie können dafür auch die wahlweise anordenbaren Befestigungs- und Durchführungsöffnungen 18 genutzt werden. An oder durch diese können auch andere Kabel, Leitungen oder Schläuche befestigt bzw. geführt sein.

[0018] Um die mechanische Steifigkeit zu erhöhen oder aus Gründen der Schwingungsableitung bzw. Schwingungsdämpfung können beim Werkzeugschlitten 10 zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel insbesondere die Halteschalen 15, 16 mit weiteren Bandagen verstärkt oder gekoppelt ausgebildet sein.

[0019] Sehr vorteilhaft ist es, wenn beim neuartigen Werkzeugschlitten 10 zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel und der Verwendung und dem Einsatz eines Linearantriebes als Antrieb für den Werkzeugschlitten 10 die Zug- und Druckelemente 3 und/oder die Längsversteifungselement 4 und/oder die Querversteifungselemente 5 und/oder die Schrägversteifungselemente 6 entsprechend den im System auftretenden Magnetkräften ausgelegt, ausgerichtet oder zusätzlich verstärkt ausgeführt sind. Dadurch lassen sich die bei Linearantrieben durchaus erheblich wirkenden Magnetkräfte zuverlässig beherrschen, da, wo es erforderlich ist, die Konstruktion mit einer entsprechend sehr hohen Steifigkeit ausgeführt werden kann. Das gewährleistet, dass keinerlei Verformungen während des Werkstückbearbeitungsprozesses auftreten und eine sehr hohe Bearbeitungsgenauigkeit für die gesamte Bearbeitungsdauer des betreffenden Werkstückes erreichbar ist.

[0020] Nach der Herstellung des Werkzeugschlittens 10 ist es erforderlich die gefertigte und abschließend verfestigte und ausgehärtete Konstruktion einer Genauigkeitsbearbeitung zu unterziehen, da die Fertigungstoleranzen eines aus den erfindungsgemäßen Materialien bestehenden Werkzeugschlittens 10 den Genauigkeitstoleranzen des Werkzeugmaschinenbaues nicht genügen. Die entsprechenden Abstände der Bezugspunkte, Führungsflächen (Führungsbahnen), Koordinatenachsen der gesamten Werkzeugmaschine zueinander, wie z. B. Abstand der Symmetrieachse der Werkzeugspindelaufnahme 11 zu den Führungsschienen 8 bzw. zu der Bearbeitungsposition des gespannten Werkstückes müssen auf tausendstel Millimeter

genau sein. Deshalb ist diese Genauigkeitsbearbeitung erforderlich. Die neuartige Vorrichtung zur Genauigkeitsbearbeitung besteht aus einer Grundspannplatte 21 und mindestens vier oder mehreren daran winklig angeordneten Spannschenkeln 23, wobei an jedem Spannschenkel 23 ein, zwei oder mehrere Spannelemente 24 angeordnet sind. In der Grundspannplatte 21 ist eine Spindelaufnahmeführung 22 ausgebildet, deren Form und Dimensionierung mit der Form und der Dimensionierung des Stahl- oder faserverstärkten Kunststoffprofils 1 zur Spindelaufnahme und Spindelführung bzw. der Profileinfassung oder Profilhalteelemente 2 harmonisiert. In diese Spindelaufnahmeführung 22 wird der aus variabelaxialen Faserverbundmaterialien hergestellte Werkzeugschlitten 10 eingelegt und justiert. Mittels an den Spannschenkeln 23 angeordneten Spannelementen 24 wird der Werkzeugschlitten 10 gespannt und ist dadurch in gesonderten Arbeitsgängen so bearbeitbar, dass ohne große Probleme eine Bearbeitung bis in den Genauigkeitsbereich von wenigen tausendstel Millimetern möglich ist. Besonders kommt es darauf an, die in der Regel zwei angeordneten Führungsschienen 8 hochgenau zu bearbeiten um die definierten Abstände aller maßgeblichen Fixpunkte, Koordinatenachsen bzw. Flächen und Spannebenen zueinander herstellen zu können. Es ist auch möglich den Werkzeugschlitten 10 so auszuführen, das andere Führungsflächen oder anders ausgeformte Führungsschienen 8 oder auch mehr als zwei Führungsschienen 8 hochgenau bearbeitet werden können. Im Ergebnis entsteht ein mechanisch hochstabiler, verwindungssteifer, sehr gut schwingungsdämpfender, leichtbauender Werkzeugschlitten 10 der für Hochgeschwindigkeitsbearbeitungen im Werkzeugmaschinenbau in einem breiten Anwendungsbereich geeignet ist.

[0021] Die Erfindung soll nachstehend an Hand der in den **Fig. 1** bis **Fig. 5** dargestellten, drei konstruktiv unterschiedlichen Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

Fig. 1 zeigt einen Werkzeugschlitten 10 mit geschwungenen Zug- und Druckelementen 3 mit speziell angeformten Profileinfassungen oder Profilhalteelementen 2

Fig. 2 zeigt einen kompakten Werkzeugschlitten 10 in zwei Halteschalen 15, 16 und einer Spindelführung nahe der Führungsschienen 8

Fig. 3 zeigt einen Werkzeugschlitten 10 mit zwei anderen Halteschalen 15, 16

Fig. 4 zeigt eine Vorrichtung zur Genauigkeitsbearbeitung eines Werkzeugschlittens 10 mit eingelegten und gespanntem Werkzeugschlitten 10

Fig. 5 zeigt einen Werkzeugschlitten 10 an einem Maschinenständer 14 in einer Box-in-Box Bauweise

[0022] In der **Fig. 1** ist ein neuartiger Werkzeugschlitten 10 mit geschwungenen, frei geformten Zug- und Druckelementen 3 mit speziell angeformten Profileinfassungen oder Profilhalteelementen 2 gezeigt. Je nach Ausführung erfolgt die Werkzeugschindelaufnahme 11 der hochgenauen Bearbeitungsspindel wahlweise in eine Stahl- (z. B. in einem Stahlrohr oder in einem zylindrischen gedrehten und/oder gefrästen Stahlprofil) oder in einem faserverstärkten Kunststoffprofil 1. An diesem Kunststoffprofil 1 ist eine Profileinfassung oder es sind ein oder mehrere Profilhalteelemente 2 angeordnet an der bzw. denen die geschwungenen ausgeführten Zug- und Druckelemente 3 angreifen. Die Zug- und Druckelemente 3 sind mit zwei Führungsschienen 8 verbunden, welche wahlweise sowohl aus metallischen Materialien, wie beispielsweise aus magnetischen Materialien oder gegebenenfalls auch aus faserverstärkten Kunststoffen bestehen können. Sind die Führungsschienen 8 aus Metall können diese direkt in eine Quer- oder Längstraverse 13 oder einem beliebig geformten Maschinenständer 14 gleitend gelagert, positioniert und hochgenau geführt werden. Es kann aber auch von Vorteil sein, wenn zwischen der Quer- oder Längstraverse 13 und/oder den Führungsbahnen eines Maschinenständers 14 noch mehrere Gleitschuhe 9 angeordnet sind. Über die Gleitschuhe 9 ist es möglich die geforderten und gewünschten, in der Regel hochgenauen Maßgenauigkeiten der Bearbeitungsachsen auch bei langen Verfahrwegen des Werkzeugschlittens 10 auf den Führungsbahnen der jeweiligen Werkzeugmaschine einhalten zu können. Sind Gleitschuhe 9 angeordnet, können die Führungsschienen 8 ebenfalls aus dem gleichen Material wie die Zug- und Druckelemente 3 ausgeführt werden. Zusätzlich ist es bei bestimmten Einsatzfällen von Vorteil, wenn aus Steifigkeitsgründen und um die häufig wechselnden Zug- und Druckbelastungen sowie auftretende Schwingungen besser verteilen zu können, weitere Elemente im Werkzeugschlitten 10, wie ein oder mehrere Längsversteifungselemente 4, und/oder ein oder mehrere Querversteifungselemente 5, und/oder ein oder mehrere Schrägversteifungselemente 6 angeordnet sind. Erfindungsgemäß bestehen das faserverstärkte Kunststoffprofil 1, die Profileinfassung oder Profilhalteelemente 2, die Zug- und Druckelemente 3, oder die Halteschalen 15, 16 und/oder Verstrebungen 17 aus variabelaxialen Faserverbundmaterialien. Durch den Einsatz der variabelaxialen Faserverbundmaterialien und die spezielle Art und Weise, diese Fasern in definierter Richtungen in Abhängigkeit vom späteren Anwendungsfall und den daraus resultierenden Belastungen beispielsweise durch eine sticktechnische Fixierung der Verstärkungsfaserbündel auf einem Basismaterial ausrichten zu können, entsteht ein sehr massearmer Werkzeugschlitten 10 mit einer optimalen Gitternetzstruktur 19, welcher nicht nur extrem Schwingungsarm, sondern auch stark

Schwingungsdämpfend ausgebildet ist. Auf Grund des geringen Gewichtes kann dieser Werkzeugschlitten 10 mit hohen Verfahrgeschwindigkeiten (Vorschubgeschwindigkeiten) bewegt werden. Damit entstehen bei der Werkstückbearbeitung geringe Zeitverluste bei Zustellbewegungen bei denen das Werkzeug sich nicht in Eingriff befindet. Zudem besitzt dieser Werkzeugschlitten 10 eine sehr geringe Massenträgheit, womit das Anfahren, Verfahren, Abbremsen und Positionieren weniger Energieeinsatz bedingt, wodurch die jeweiligen Antriebe für die Achsenbewegungen mit geringeren Leistungen ausgelegt werden können.

[0023] In der **Fig. 2** ist die Ausführung eines kompakt bauenden Werkzeugschlittens 10 in zwei Halteschalen 15, 16 und einer zylindrischen Spindelführung mit einer rohrförmigen Aufnahme für eine Werkzeugspindel (Werkzeugspindelaufnahme 11) in der Nähe der Führungsschienen 8 gezeigt. Der Vorteil dieser Bauweise ist eine klein bauende Konstruktion. Allerdings ist auf Grund der gedungenen Bauweise gegebenenfalls die Schwingungsdämpfung nicht so gut, da für die Schwingungsdämpfung nur kurze, mit dämpfendem Material ausgebildete Strecken zur Verfügung stehen. Aber hier ist es möglich durch eine entsprechend gerichtete Faseranordnung in mehreren verschiedenen gerichteter Lagen und die Wahl einer entsprechender Materialdicke trotzdem ausreichende Dämpfungswerte einstellen zu können. Die Führungsschienen 8 sind mit Querversteifungselementen 5 in definierten Abständen verbunden um eine hohe mechanische Steifigkeit zu erreichen. Bei dieser Ausführung werden die verschiedenen Zug- und Druckkräfte mittels einer speziellen an den Einsatzfall angepassten Schalenstruktur 20 beherrscht. Die obere Halteschale 16 und die untere Halteschale 15, welche hier für die Druckelemente 3 stehen und wie diese wirken, sind in geeigneter Art und Weise (hier beispielsweise verschraubt) längs an den Seiten mit den beiden Führungsschienen 8 verbunden. Die Halteschalen 16 und 15 sind links und rechts mit je einem Teilkreisfalz 25 versehen mit denen die Ringbünde 26 des Stahl- oder faserverstärkten Kunststoffprofils zur Spindelaufnahme und Spindelführung 1 geeignet befestigt (hier miteinander verschraubt) und ausgeführt sind.

[0024] In der **Fig. 3** ist ein anderer Werkzeugschlitten 10 in einer Ausführung mit zwei größeren Halteschalen 15, 16, welche ein nahezu gleichschenkliges Kräftedreieck in Querschnitt betrachtet bilden, abgebildet. Es sind auch Ausführungen denkbar, wo die Halteschalen 16, 15 segmentiert verteilt sind, d. h. wo mehrere Halteschalen voneinander beabstandet angeordnet sind. Die obere Halteschale 16 und die untere innen angeordnete Halteschale 15, welche beide als Zug und Druckelemente 3 wirken, sind mit den beiden Führungsschienen 8 an deren Seiten ver-

bunden (hier beispielsweise verbolzt). Aus Stabilitätsgründen sind zwischen den beiden Führungsschienen 8 Querversteifungselemente 5 eingelegt und befestigt. Zwischen den beiden Halteschalen 16, 15 ist das Stahl- oder faserverstärkte Kunststoffprofil 1 gehalten, welches zur Werkzeugspindelaufnahme 11 dient. Auf diese Weise entsteht eine mechanisch stabile durchbrochene Schalenkonstruktion 20 mit mehreren Verstrebungen 17, in denen die Fasern definiert im Kunststoffmaterial geordnet eingebettet sind. In den Verstrebungen 17 sind zusätzliche Befestigungs- und Durchführungsöffnungen 18 angeordnet, in denen weitere Mess-, Steuer- oder Zuführelemente befestigt sein können. Außen am Stahl- oder faserverstärkten Kunststoffprofil 1 und an den seitlichen Enden der Führungsschienen 8 sind Spann- und Auflageflächen 7 ausgebildet, an denen der Werkzeugschlitten 10 in einer besonderen Vorrichtung gespannt werden kann. Danach erfolgt das Fertigbearbeiten der Werkzeugspindelaufnahmeflächen und der Führungsbahnen und Herstellen der Fertigmaße des Werkzeugschlittens 10 in der jeweils gewünschten hohen Genauigkeit.

[0025] In der **Fig. 4** ist eine Vorrichtung zur Genauigkeitsbearbeitung eines erfindungsgemäßen Werkzeugschlittens 10 mit eingelegtem und gespanntem Werkzeugschlitten 10 abgebildet. Die Vorrichtung besteht aus einer massiven Grundspannplatte 21 und vier an den Ecken daran winklig angeordneten Spannschenkeln 23. Es sind aber auch mehr Spannschenkel 23 anordenbar, wenn es zu einer sicheren stabilen Bearbeitung erforderlich und von Vorteil ist. An jedem Spannschenkel 23 ist je ein Spannelement 24 angeordnet. In der einfachsten Ausführung sind Spannschrauben so angeordnet, dass diese auf die Spann- und Auflageflächen 7 der Führungsschienen 8 wirken und gegen diese verspannt werden können. Damit ist es möglich, den Werkzeugschlitten 10 in einer einzigen Aufspannung so zu bearbeiten, dass die gewünschte Maßgenauigkeit hergestellt werden kann. Besonders kommt es dabei darauf an, dass die Lage der Koordinatenachsen X, Y, Z im rechtwinkligen Koordinatensystem (Bearbeitungsachsen in X, Y, Z-Richtung) absolut zueinander stimmt. Deshalb sind sowohl die Führungsflächen der Führungsschienen 8 und deren Lage im Raum in Bezug auf die Symmetrieachse der Werkzeugspindelaufnahme 11 hochgenau herzustellen. In der massiven Grundspannplatte 21 ist eine V-förmige Spindelaufnahmeführung 22 ausgebildet, in welche die Auflageflächen 7 des Stahl- oder faserverstärkten Kunststoffprofils 1 eingelegt sind, so dass eine Zentrierung und sichere unverrückbare Lage des Werkzeugschlittenrohlings erfolgt. Der Werkzeugschlittenrohling ist hier in diesem Beispiel in einer Schalenstruktur 20 ausgelegt und besteht aus der unteren Halteschale 15, der oberen Halteschale 16 und dem darin befestigten Stahl-

oder faserverstärkten Kunststoffprofil 1. Die Halteschalen 15, 16, welche als Zug- und Druckelemente 3 wirken, sind hier mit großen Durchbrüchen versehen, so dass eine Art Verstrebungen 17 entstehen. Die Führungsschienen 8 sind untereinander mittels Querversteifungselementen 5 mechanisch fest verbunden. Der aus variabelaxialen Faserverbundmaterialien hergestellte Werkzeugschlitten 10 ist einfach und schnell in die Vorrichtung zur Genauigkeitsbearbeitung einlegbar, in dieser justierbar, fest spannbar und in Bezug auf die zu bearbeitenden Flächen frei zugänglich und damit einfach und mit der gewünschten hohen Genauigkeit bearbeitbar.

[0026] In der **Fig. 5** ist schematisch ein Werkzeugschlitten 10 an einem Maschinenständer 14 in sogenannter Box-in-Box Bauweise gezeigt. Der Maschinenständer 14 ist an bzw. in einer Quer- oder Längstraverse 13 gleitend geführt und gelagert. Im Inneren des Maschinenständers 14 ist der Werkzeugschlitten 10 gleitend über die Führungsschienen 8 gelagert und geführt. Im Stahl- oder faserverstärktes Kunststoffprofil 1 ist dann die eigentliche Arbeitsspindel in der Werkzeugspindelaufnahme 11 montiert. Der Werkzeugschlitten 10, der Maschinenständer 14 und die Quer- und Längstraverse 13 werden vorzugsweise über geeignete Linearantriebe bewegt. Die Konstruktion und die Auslegung des erfindungsgemäßen Werkzeugschlittens 10 ermöglicht eine sehr hohe Steifigkeit, trotz der hohen bei Linearantrieben in alle Richtungen auftretenden Magnetkräfte. Der Werkzeugschlitten 10 wird über die entsprechenden Führungen verfahren, so dass die Koordinatenachsen zueinander in einer sehr hohen Winkelgenauigkeit gehalten werden können und eine Hochgenauigkeitsbearbeitung solcherart Werkzeugmaschinen trotz Leichtbau bis in einen Bereich unter drei Mikrometer möglich wird.

Bezugszeichenliste

1	Stahl(Stahlrohr) - oder faserverstärktes Kunststoffprofil zur Spindelaufnahme und Spindelführung
2	Profileinfassung oder Profilhalteelemente
3	Zug- und Druckelemente
4	Längsversteifungselement
5	Querversteifungselement
6	Schrägversteifungselement
7	Spann- und Auflageflächen
8	Führungsschienen
9	Gleitschuhe
10	Werkzeugschlitten
11	Werkzeugspindelaufnahme
13	Quer- oder Längstraverse

14	Maschinenständer
15	untere Halteschale
16	obere Halteschale
17	Verstrebungen
18	Befestigungs- und Durchführungsöffnungen
19	Gitternetzstruktur
20	Schalenstruktur
21	Grundspannplatte
22	Spindelaufnahmeführung
23	Spannschenkel
24	Spannelemente
25	Teilkreisfalz
26	Ringbund

Patentansprüche

1. Werkzeugschlitten mit Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel für Werkzeugmaschinen mit mindestens einer Quer- oder Längstraverse (13) und/oder mindestens einem Maschinenständer (14), wobei die Werkzeugspindel in einem Stahl- oder faserverstärkten Kunststoffprofil (1) gelagert und geführt ist, **dadurch gekennzeichnet**,

- am Stahl- oder faserverstärkten Kunststoffprofil (1) eine einteilige oder mehrteilige Profileinfassung oder mehrere Profilhalteelemente (2) angeordnet sind, an diese mehrere Zug- und Druckelemente (3) angreifen,

die Zug- und Druckelemente (3) mit mindestens zwei Führungsschienen (8) verbunden sind,

- oder am Stahl- oder faserverstärkten Kunststoffprofil zwei Halteschalen (15,16) angreifen die Halteschalen (15, 16) über Verstrebungen (17) in geeigneten Führungen oder Befestigungen der Quer- oder Längstraverse (13) oder eines Maschinenständers (14) geführt und gelagert sind, wobei das faserverstärkte Kunststoffprofil (1), die Profileinfassung oder Profilhalteelemente (2), die Zug- und Druckelemente (3), oder die Halteschalen (15, 16) und/oder die Verstrebungen (17) aus variabelaxialen TFP-Faserverbundmaterialien bestehen.

2. Werkzeugschlitten zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zug- oder Druckelemente (3) oder die Verstrebungen (17) durch einen, zwei oder mehrere Längsversteifungselemente (4) oder Querversteifungselemente (5) oder Schrägversteifungselemente (6) verstärkt ausgebildet sind.

3. Werkzeugschlitten zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zug- oder Druckelemente (3) oder die Verstrebungen (17) eine Gitternetzstruktur (19) oder Schalenstruktur (20) bilden.

4. Werkzeugschlitten zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Führungsschienen (8) mit Längsversteifungselementen (4) und/oder Querversteifungselementen (5) und/oder Schrägversteifungselementen (6) oder allgemein elementeverstärkt ausgebildet sind.

5. Werkzeugschlitten zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Führungsschienen (8) aus Stahl- oder aus variabelaxialen Faserverbundmaterialien und die Längsversteifungselemente (4), die Querversteifungselemente (5) und die Schrägversteifungselemente (6), die Halteschalen (15, 16) und die Verstrebungen (17) aus variabelaxiale Faserverbundmaterialien ausgebildet sind.

6. Werkzeugschlitten zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Stahl- oder faserverstärkte Kunststoffprofil (1) mit CFK-Materialien oder variabelaxialen Faserverbundmaterialien umhüllt ausgebildet ist.

7. Werkzeugschlitten zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel nach Anspruch 1 und 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Zug oder Druckelementen (3), den Halteschalen (15, 16) oder Verstrebungen (17) Kühlkanäle ausgebildet sind, oder Kühlrohre, oder Kühlschläuche an diesen angeordnet sind.

8. Werkzeugschlitten zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halteschalen (15, 16) mit Bandagen verstärkt oder gekoppelt ausgebildet sind.

9. Werkzeugschlitten zur Aufnahme, Befestigung und Führung einer Werkzeugspindel nach Anspruch 1 und Einsatz eines Linearantriebes als Antrieb für den Werkzeugschlitten, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zug- und Druckelemente (3) und/oder die Längsversteifungselement (4) und/oder die Querversteifungselemente (5) und/oder die Schrägversteifungselemente (6) entsprechend den im System auftretenden Magnetkräften ausgelegt, ausgerichtet oder zusätzlich verstärkt ausgeführt sind.

10. Vorrichtung zur Genauigkeitsbearbeitung eines Werkzeugschlittens nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, bestehend aus einer Grundspannplatte (21) und mindestens vier oder mehreren daran winklig angeordneten Spannschenkeln (23), wobei an jedem Spannschenkel (23) ein, zwei oder mehrere Spannelemente (24) angeordnet sind, dass in der Grundspannplatte (21) eine V-förmige Spindelaufnahmeführung (22) ausgebildet ist, in der der aus variabelaxialen Faserverbundmaterialien hergestellte Werkzeugschlitten einlegbar, justierbar, spannbar und bearbeitbar ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

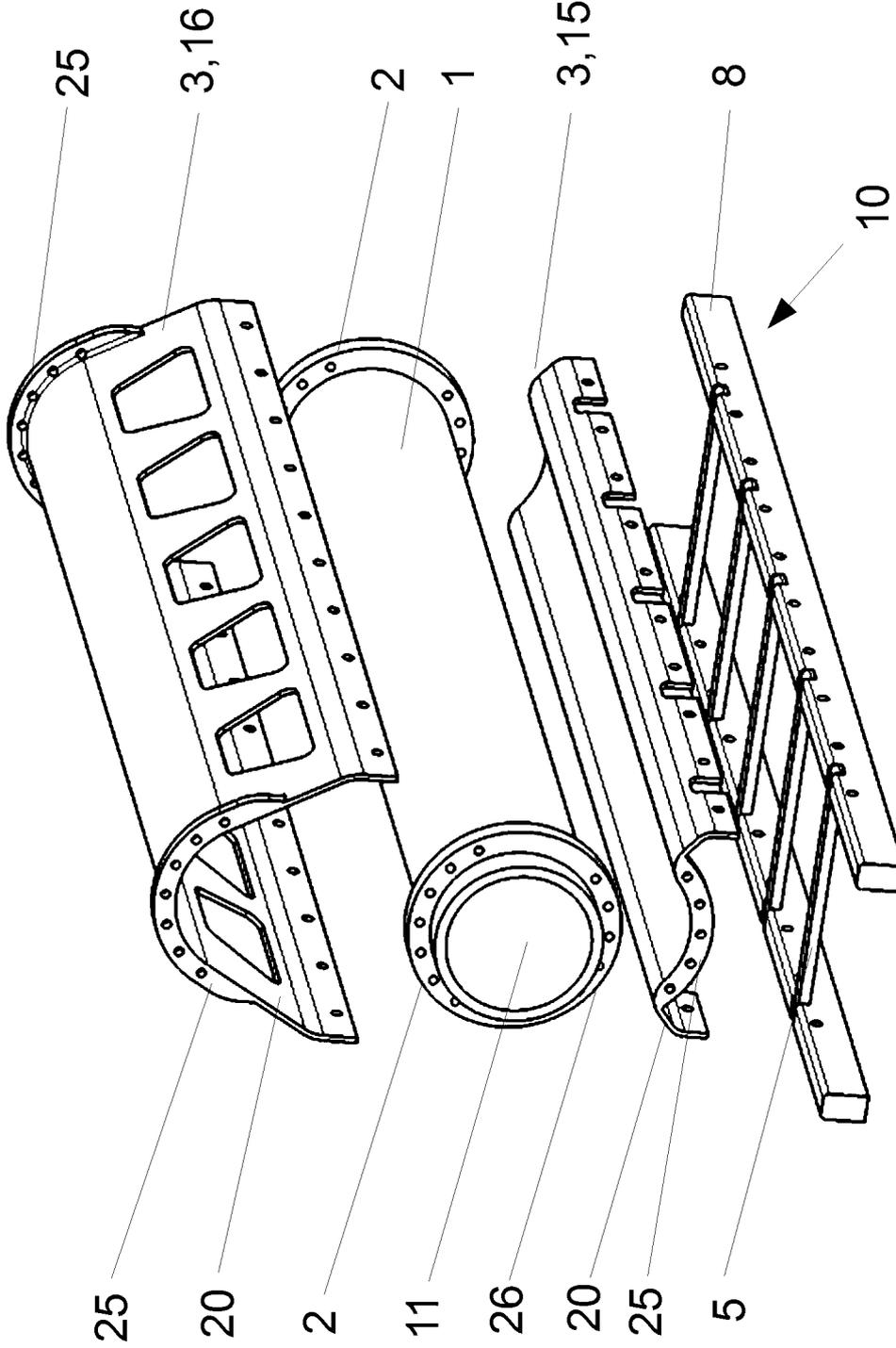


Fig. 2

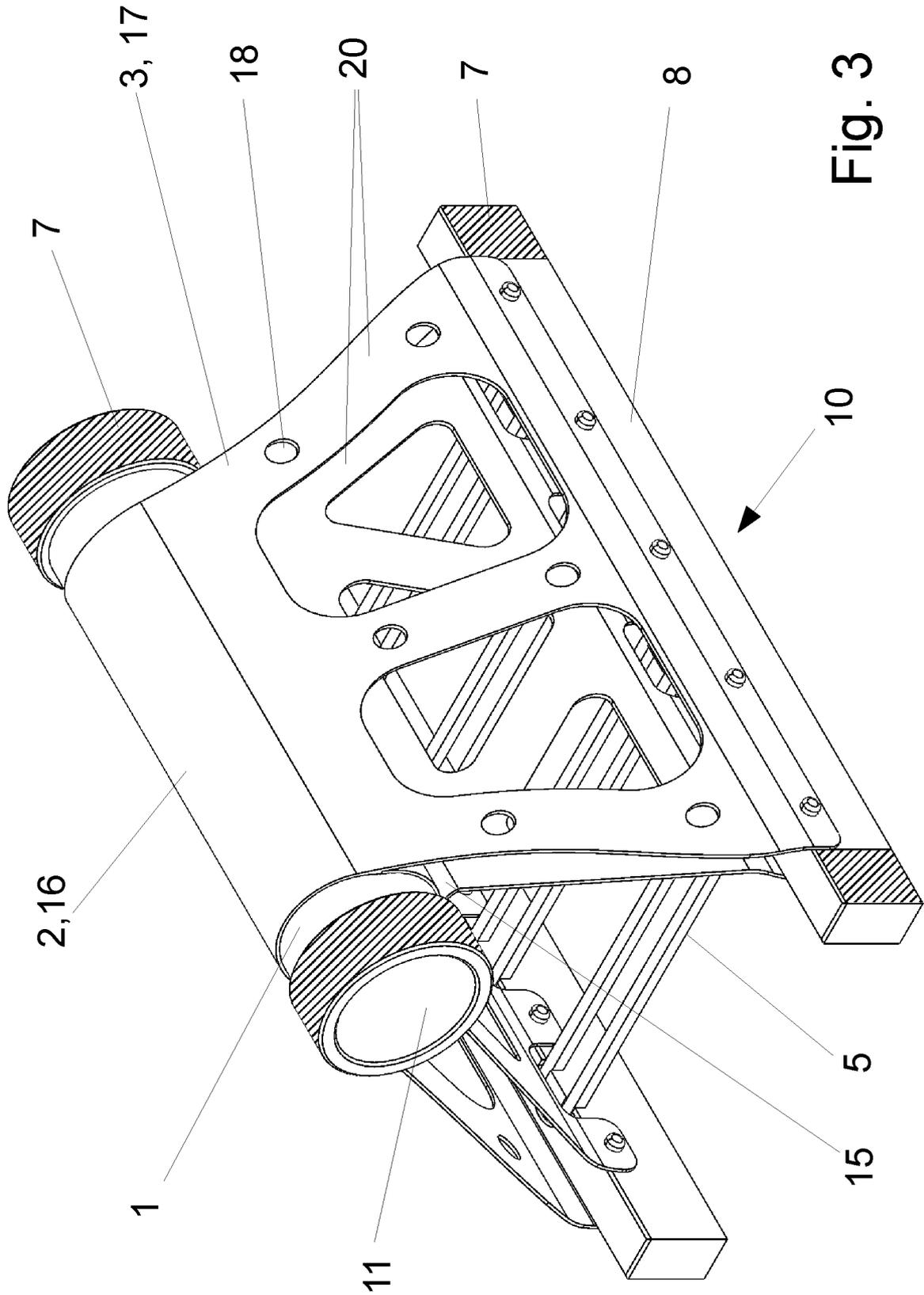


Fig. 3

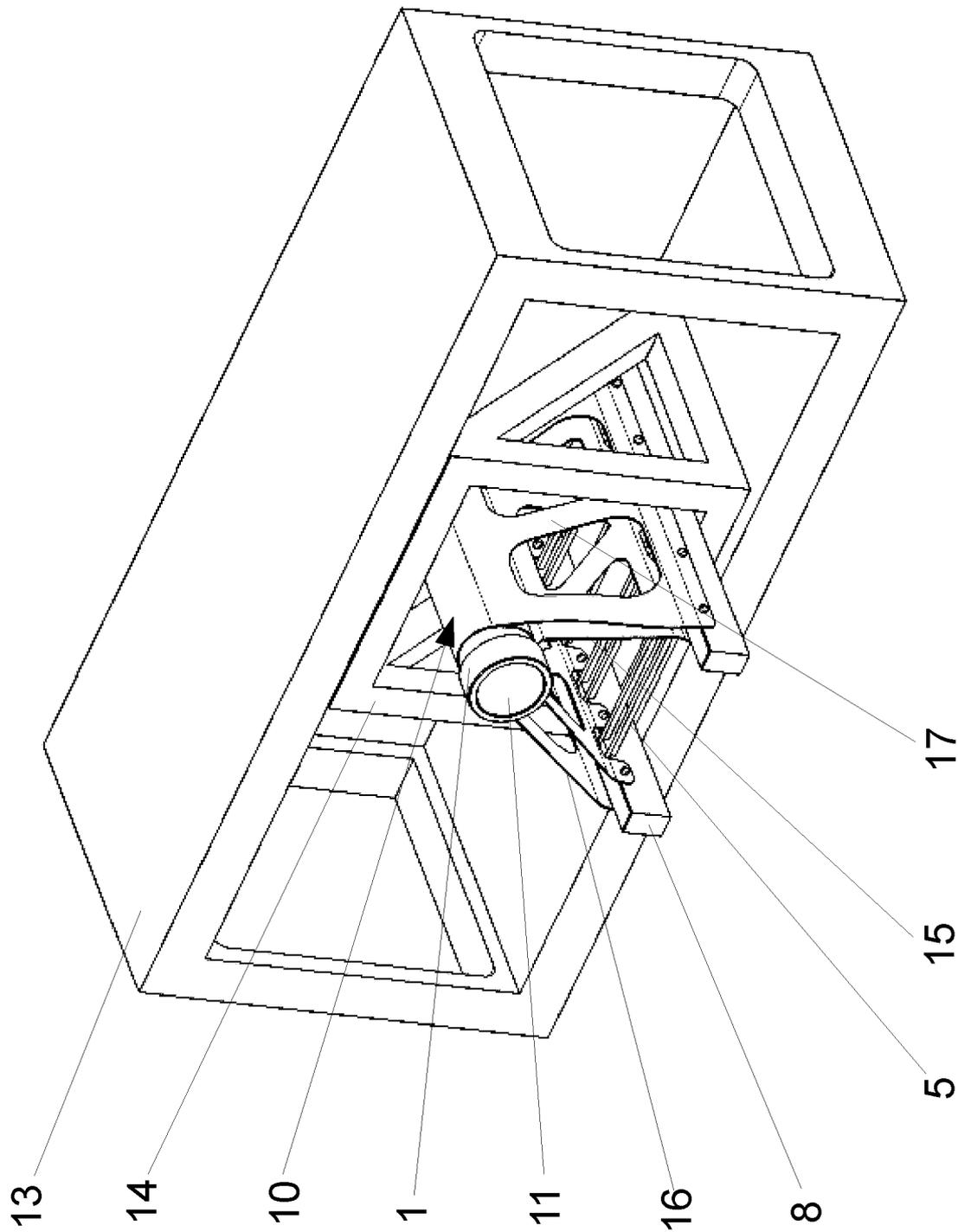


Fig. 5