

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000024554
Data Deposito	24/09/2021
Data Pubblicazione	24/03/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	B	34	30

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	B	34	37

Titolo

Sistema di trasmissione di uno strumento chirurgico per chirurgia robotica
--

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

" Sistema di trasmissione di uno strumento chirurgico per chirurgia robotica "

5 **Di: MEDICAL MICROINSTRUMENTS S.p.A.- Via del Paduletto 10/A, 56011 Calci (PISA) – IT**

Inventori designati: GIORGIO LAZZARI e MASSIMILIANO SIMI presso MEDICAL MICROINSTRUMENTS S.p.A.;

Riferimento CI: W132

10 **Classi CPC: A61B 17/00; A61B 34/30; A61B 34/35**

DESCRIZIONE

[0001]. Campo dell'invenzione

[0002]. La presente invenzione si riferisce ad uno strumento chirurgico.

[0003]. Inoltre, la presente invenzione si riferisce ad un sistema di chirurgia robotica comprendente detto strumento chirurgico.

[0004]. Stato della tecnica

[0005]. Apparati di chirurgia robotica sono generalmente noti nell'arte e tipicamente comprendono una torre robotica centrale (o cart) e uno o più bracci robotici che si estendono dalla torre robotica centrale. Ciascun braccio comprende un sistema di posizionamento motorizzato (o manipolatore) per movimentare uno strumento chirurgico ad esso attaccabile distalmente, allo scopo di eseguire procedure chirurgiche su un paziente. Il paziente tipicamente giace su un letto operatorio collocato nella sala operatoria, in cui è garantita sterilità per evitare contaminazione batterica dovuta alle parti non sterili dell'apparato robotico.

[0006]. I documenti **US-10864051, WO-2017-064301, WO-2019-220407, WO-2019-220408, WO-2019-220409** e **US-2021-059776** a nome della medesima Richiedente divulgano sistemi di chirurgia robotica tele-operata aventi uno o più strumenti chirurgici controllati mediante una o più interfacce master.

[0007]. Generalmente, noti strumenti chirurgici per chirurgia robotica tele-operata comprendono una porzione di interfaccia prossimale (o porzione di backend, secondo una terminologia comunemente adottata nel settore) avente una

interfaccia destinata ad essere azionata da un manipolatore robotico, un elemento allungato quale un'asta o un alberino, un dispositivo articolato (es. un polso robotico), ed una estremità terminale operativa (es. porta-ago, forbice).

[0008]. Nei noti strumenti chirurgici aventi un polsino articolato, esso è composto da una pluralità di links movimentati da una pluralità di tendini (o cavi di attuazione). Uno o più links terminali possono avere una estremità libera formando la summenzionata estremità operativa, e sono ad esempio adatti a operare direttamente su un'anatomia di paziente e/o a maneggiare un ago nonché un filo di sutura per eseguire anastomosi o altre terapie chirurgiche.

[0009]. Diversamente dai noti strumenti chirurgici comprendenti un polsino articolato, sono anche noti strumenti chirurgici aventi un dispositivo articolato di tipo "snake" cioè comprendente una pluralità di vertebre impilate movibili l'una rispetto all'altra mediante una pluralità di cavi di attuazione o tendini.

[0010]. La porzione di interfaccia prossimale (o backend) dello strumento chirurgico tipicamente comprende corpi di interfaccia movibili connessi operativamente con i tendini di attuazione, per controllare l'end-effector dello strumento chirurgico stesso, ed adatti ad impegnarsi con una contro-porzione di interfaccia di attuazione del manipolatore robotico, come ad esempio mostrato dal documento **US-8142447**.

[0011]. Nel settore della chirurgia robotica, infatti, lo strumento chirurgico è un componente destinato ad operare in ambiente sterile e tipicamente tra la porzione di interfaccia di trasmissione dello strumento (backend) e la contro-porzione di interfaccia di attuazione del manipolatore robotico viene interposta una barriera sterile, in modo che il manipolatore robotico sia nella regione non-sterile del set-up operatorio. I motori, quindi, sono normalmente collocati nel manipolatore, cioè nel lato non-sterile, e lo strumento chirurgico risulta privo di motori.

[0012]. I noti elementi di trasmissione all'interfaccia prossimale di backend dello strumento chirurgico possono essere realizzati sotto forma di argani o rocchetti adatti a svolgere e avvolgere una porzione di tendine ad essi associata, ed in modo corrispondente gli attuatori motorizzati del manipolatore robotico possono essere attuatori rotativi. L'impegno tra attuatori motorizzati rotativi e corrispondenti rocchetti dello strumento chirurgico attraverso la barriera sterile può essere facilitato dalla

previsione di inserti rigidi quali palette sulla barriera sterile.

[0013]. Diversamente sono anche noti sistemi robotici per chirurgia che utilizzano attuatori lineari, ad esempio pistoni motorizzati, adatti ad impartire ai rispettivi elementi di trasmissione uno spostamento lineare controllato sotto il controllo di opportuni mezzi di controllo elettronico, come ad esempio mostrato nel documento **WO-2018-189729**, a nome della medesima Richiedente.

[0014]. Nella porzione di interfaccia di trasmissione (backend) dello strumento chirurgico, pertanto, sono previsti una pluralità di pistoni di trasmissione, adatti ad avanzare e arretrare lungo un percorso rettilineo, che espongono una loro superficie di contatto, prossimalmente, in risalto rispetto alla superficie di interfaccia prossimale dello strumento, in modo da poter venire sollecitati dagli attuatori motorizzati. Distalmente, tali pistoni di trasmissione sono operativamente connessi o connettabili a rispettivi tendini di attuazione. Una molla influenza i pistoni di trasmissione all'interno del corpo della porzione di backend dello strumento per mantenere un minimo stato di tensione sui tendini ad essi operativamente connessi.

[0015]. I documenti **US-10582975**, **EP-3586780**, **WO-2017-064303**, **WO-2017-064306**, **WO-2018-189721**, **WO-2018-189722**, **US-2020-0170727** e **US-2020-0170726** a nome della medesima Richiedente divulgano varie forme di realizzazione di strumenti chirurgici per chirurgia e microchirurgia robotica progettati per essere soggetti ad una estrema miniaturizzazione del polsino articolato e quindi della estremità operativa o end-effector.

[0016]. Al decrescere della taglia del polsino articolato attuato mediante tendini, chiaramente, ogni accorciamento o allungamento longitudinale della lunghezza di un tendine aziona un corrispondente movimento angolare del polsino che diviene via via di crescente entità. Questo impone che nella porzione di backend dello strumento chirurgico siano rispettate spinte tolleranze.

[0017]. È pratica comune nel caso di impiego di pistoni lineari di trasmissione previsti nella porzione di backend, quella di munire ciascun corpo allungato di una coppia di boccole di scorrimento a ricircolo di sfere che sono fissate al corpo della porzione di backend dello strumento chirurgico. Tipicamente le due boccole della coppia vengono disposte alle opposte estremità del corpo allungato di trasmissione.

[0018]. Tuttavia, la scelta di utilizzare tali boccole di scorrimento non è affatto

priva di inconvenienti.

[0019]. Infatti, le boccole a ricircolo di sfere sono componenti costosi, e richiedono spinte tolleranze di accoppiamento con il corpo allungato, nonché spinte tolleranze di allineamento longitudinale, ed anche un'attenta manutenzione per non incorrere in frequenti malfunzionamenti. Ad esempio, il corpo allungato potrebbe improvvisamente incastrarsi nella boccia e trasmettere un movimento a strappi.

[0020]. In aggiunta, dover prevedere due boccole impone un relativamente elevato ingombro del corpo della porzione di backend, nonché una certa lunghezza minima dei pistoni di trasmissione, perché le due boccole debbono essere montate sufficientemente spaziate tra loro per guidare in modo accettabile il corpo allungato, e di fatto riducono l'entità della corsa del corpo allungato formando necessariamente una lunghezza centrale del corpo allungato che non lavora.

[0021]. Eliminare una delle due boccole della coppia non risolverebbe il problema, perché seppur da un lato permetterebbe di guadagnare in termini di corsa del corpo allungato a parità di ingombro cioè lunghezza dello stesso, dall'altro lato imporrebbe ancor più frequenti attriti statici e dinamici dovuti ad esempio a impuntamenti del corpo allungato causati da minime oscillazioni angolari del corpo allungato nella singola boccia residua e/o minime deformazioni a flessione del corpo allungato, causando una trasmissione a strappi con il risultato che alcuni tra i tendini potrebbero trovarsi improvvisamente laschi e non tesi, e che pertanto potrebbero scarrucolare cioè disaccoppiarsi dagli elementi di rinvio ove previsti, e questo è certamente indesiderabile nel settore della chirurgia robotica.

[0022]. È dunque sentita l'esigenza di fornire uno strumento chirurgico per chirurgia robotica adatto ad una estrema miniaturizzazione.

[0023]. Inoltre, è sentita l'esigenza di realizzare uno strumento chirurgico miniaturizzato munito di una trasmissione dell'azione impartita dagli attuatori motorizzati del sistema robotico per chirurgia affidabile, ripetibile e sicura, senza per questo imporre aumentati ingombri dei suoi componenti.

[0024]. Inoltre, in uno strumento chirurgico miniaturizzato per chirurgia robotica avente pistoni di trasmissione dell'azione impartita dagli attuatori motorizzati del sistema robotico, è sentita l'esigenza di aumentare la corsa utile dei pistoni a parità di ingombri longitudinale del corpo allungato e della porzione di backend dello

strumento chirurgico, nonché è sentita l'esigenza di ridurre gli ingombri longitudinali a parità di corsa utile del corpo allungato.

[0025]. Soluzione

[0026]. È uno scopo della presente invenzione ovviare agli inconvenienti lamentati con riferimento allo stato della tecnica.

[0027]. Questo ed altri scopi sono raggiunti mediante uno strumento chirurgico secondo la rivendicazione 1.

[0028]. Alcune forme di realizzazione vantaggiose sono oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

[0029]. Grazie alle soluzioni proposte, si rende possibile evitare di prevedere una coppia di boccole di scorrimento calzate su ciascun corpo allungato di trasmissione.

[0030]. Grazie alle soluzioni proposte, si realizza un'azione di trasmissione più affidabile e ripetibile rispetto a note soluzioni di strumenti chirurgici attuati mediante tendini di attuazione.

[0031]. Breve descrizione delle figure

[0032]. Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione appariranno dalla descrizione di seguito riportata di esempi preferiti di realizzazione, dati a titolo indicativo e non limitativo, con riferimento alle annesse figure che sono brevemente descritte qui sotto. Si noti che i riferimenti ad "una" forma di realizzazione in questa divulgazione non sono necessariamente riferiti alla medesima forma di realizzazione, e sono da intendersi ad almeno una. Inoltre, per ragioni di concisione e di riduzione del numero totale delle figure, una certa figura potrà essere usata per illustrare le caratteristiche di più di una forma di realizzazione, e non tutti gli elementi della figura potranno essere necessari per una certa forma di realizzazione.

[0033]. La figura 1 è una vista assonometrica che mostra un sistema di chirurgia robotica, secondo una forma di realizzazione.

[0034]. La figura 2 è una vista assonometrica che mostra uno strumento chirurgico associato ad un manipolatore robotico di un sistema di chirurgia robotica, secondo una forma di realizzazione.

[0035]. La figura 3 è una vista assonometrica che mostra un manipolatore robotico, secondo una forma di realizzazione, in cui è schematicamente mostrato un dispositivo di controllo.

[0036]. La figura 4 è una vista assonometrica che mostra uno strumento chirurgico, secondo una forma di realizzazione.

[0037]. La figura 5 è una vista in sezione che mostra una porzione di interfaccia di trasmissione di uno strumento chirurgico, secondo una forma di realizzazione.

[0038]. La figura 6 è una vista in sezione che mostra una porzione di interfaccia di trasmissione di uno strumento chirurgico, secondo una forma di realizzazione.

[0039]. La figura 7 è una vista in sezione che mostra una porzione di interfaccia di trasmissione di uno strumento chirurgico, secondo una forma di realizzazione.

[0040]. La figura 8 è uno schema che mostra la porzione di interfaccia di trasmissione di Figura 7, in cui è schematicamente illustrato l'equilibrio delle forze.

[0041]. La figura 9 è uno schema che mostra una sezione di una porzione di interfaccia di trasmissione, secondo una forma di realizzazione.

[0042]. La figura 10 è una vista piana di una porzione di interfaccia di trasmissione in cui è visibile un organo volvente ricevuto in una rotaia di un corpo allungato di trasmissione, secondo una forma di realizzazione.

[0043]. Le figure 11 A, 11 B e 11 C sono schemi che mostrano una sezione di una porzione di interfaccia di trasmissione, secondo una forma di realizzazione ed in varie configurazioni di esercizio.

[0044]. La figura 12 è uno schema in vista piana di una porzione di interfaccia di trasmissione in cui è visibile un organo volvente ricevuto in una rotaia di un corpo allungato di trasmissione, in cui la rotaia comprende un recesso per ricevere il tendine, secondo una forma di realizzazione.

[0045]. La figura 13 è uno schema in sezione che mostra una porzione di interfaccia di trasmissione, secondo una forma di realizzazione.

[0046]. La figura 14 è uno schema in sezione che mostra una porzione di interfaccia di trasmissione, secondo una forma di realizzazione.

[0047]. La figura 15 è uno schema in sezione che mostra una porzione di interfaccia di trasmissione, secondo una forma di realizzazione.

[0048]. La figura 16 è uno schema in sezione che mostra una porzione di interfaccia di trasmissione, secondo una forma di realizzazione.

[0049]. La figura 17 è uno schema in sezione che mostra una porzione di interfaccia di trasmissione, secondo una forma di realizzazione.

[0050]. Descrizione dettagliata di alcune forme di realizzazione

[0051]. Riferimento in tutta questa descrizione ad “una forma di realizzazione” intende indicare che una particolare caratteristica, struttura o funzione descritta in relazione alla forma di realizzazione è inclusa in almeno una forma di realizzazione della presente invenzione. Pertanto, la formulazione “in una forma di realizzazione” in varie parti di questa descrizione non necessariamente si riferiscono tutte alla medesima forma di realizzazione. Inoltre, particolari caratteristiche, strutture o funzioni come quelle illustrate in differenti figure possono essere combinate in qualsiasi maniera adatta in una o più forme di realizzazione.

[0052]. In accordo con una forma generale di realizzazione, è previsto uno strumento chirurgico 1 per chirurgia robotica comprendente un terminale articolato 2 attuato mediante tendini, e almeno un tendine di attuazione 3. Il tendine di attuazione 3 può essere un tendine polimerico formato da fibre polimeriche intrecciate. Il terminale articolato 2 può essere terminale di tipo polso articolato comprendente giunto rotazionale di pitch e/o yaw, oppure può essere un terminale di tipo “snake” comprendente una pluralità di vertebre.

[0053]. Lo strumento chirurgico 1 comprende inoltre una porzione di interfaccia di trasmissione 4 o porzione di backend 4. Preferibilmente la porzione di interfaccia di trasmissione 4 è disposta prossimalmente rispetto al terminale articolato 2. Tra la porzione di interfaccia di trasmissione 4 e il terminale articolato 2 può essere prevista una bacchetta 17 o asta 17 o alberino 17, realizzata rigida oppure flessibile.

[0054]. La porzione di interfaccia di trasmissione 4 dello strumento chirurgico 1 comprende almeno un corpo allungato di trasmissione 5 (nel seguito anche solo “corpo allungato”) movibile lungo una direzione longitudinale X-X coincidente o

parallela ad un asse di sviluppo longitudinale di detto almeno un corpo allungato 5. Ad esempio, detto almeno un corpo allungato di trasmissione 5 comprende un pistone di trasmissione e/o un perno di trasmissione.

[0055]. In accordo con una forma preferita di realizzazione, detto almeno un corpo allungato di trasmissione 5 comprende una superficie di interfaccia 18 adatta a ricevere un'azione di spinta esercitata da un attuatore motorizzato 19 di un manipolatore robotico 20 di un sistema di chirurgia robotica 10. Una barriera sterile (non mostrata) può essere interposta tra l'attuatore motorizzato 19 del manipolatore robotico 20 e la superficie di interfaccia 18 del corpo allungato di trasmissione 5, in modo che l'azione di spinta esercitata dall'attuatore motorizzato 19 sia trasmessa al corpo allungato 5 attraverso il corpo della barriera sterile.

[0056]. Un dispositivo di controllo elettronico 21 può essere operativamente connesso al manipolatore robotico 20 affinché l'almeno un attuatore motorizzato 19 impartisca l'azione di spinta sul corpo allungato 5 sotto il controllo del dispositivo di controllo 21.

[0057]. L'almeno un tendine di attuazione 3 è operativamente connesso a detto corpo allungato di trasmissione 5. In questo modo, l'azione di spinta esercitata dall'attuatore motorizzato 19 viene trasmessa all'almeno un tendine di attuazione 3 per mezzo del corpo allungato 5. In accordo con una forma preferita di realizzazione, l'almeno un tendine di attuazione 3 è solidale al corpo allungato 5. Ad esempio, un capo 31 del tendine di attuazione 3 è terminato solidale al corpo allungato di trasmissione 5.

[0058]. Di preferenza, l'azione di spinta impartita dall'attuatore motorizzato 19 sul rispettivo corpo allungato 5 viene trasmessa sostanzialmente uguale al tendine di attuazione 3 sotto forma di azione di trazione per attuare almeno un grado di libertà (ad esempio pitch e/o yaw e/o grip) del terminale articolato 2 dello strumento chirurgico 1.

[0059]. La porzione di interfaccia di trasmissione 4 dello strumento chirurgico 1 comprende inoltre almeno una parete di appoggio 6 che forma un primo riscontro di appoggio per un primo lato trasversale 51 dell'almeno un corpo allungato 5. Pertanto, l'almeno un corpo allungato 5 comprende sul suo primo lato 51 una prima superficie laterale 11 che si appoggia scorrevolmente contro detta almeno una

parete di appoggio 6.

[0060]. La porzione di interfaccia di trasmissione 4 dello strumento chirurgico 1 comprende inoltre almeno un secondo riscontro di appoggio 7 per un secondo lato trasversale 52, opposto a detto primo lato trasversale 51, dell'almeno un corpo allungato 5. Pertanto, l'almeno un corpo allungato 5 comprende sul secondo lato 52 una seconda superficie laterale 12 che si appoggia scorrevolmente contro detto secondo riscontro di appoggio 7.

[0061]. In accordo con una forma di realizzazione, detto secondo riscontro di appoggio 7 comprende una superficie di appoggio a basso attrito, ad esempio realizzata o rivestita in materiale polimerico a basso attrito come ad esempio PTFE e/o UHMWPE.

[0062]. Il corpo allungato di trasmissione 5 può essere realizzato in metallo lucidato e/o rettificato, oppure può essere realizzato in materiale polimerico a basso attrito come ad esempio PTFE.

[0063]. Quando in condizioni di esercizio, l'azione di spinta P5 impartita dall'attuatore motorizzato 19 determina lo scorrimento del corpo allungato 5 lungo l'asse longitudinale X-X rispetto a detta prima superficie di appoggio 6 e a detto secondo riscontro di appoggio 7 della porzione di interfaccia di trasmissione 4.

[0064]. Preferibilmente, la porzione di interfaccia di trasmissione 4 dello strumento chirurgico 1 comprende inoltre almeno un elemento di rinvio 8 per rinviare l'almeno un tendine di attuazione 3, in cui l'almeno un tendine di attuazione 3 è operativamente connesso a detto almeno un elemento di rinvio 8.

[0065]. Grazie alla previsione di detto almeno un elemento di rinvio 8, si permette localizzare l'azione di trazione T3 del tendine di attuazione 3 ad una certa distanza D3 dall'asse longitudinale X-X del corpo allungato di trasmissione 5. In questa maniera, quando in condizioni di esercizio, si forma una coppia che tende ad avvicinare il secondo lato 52 del corpo allungato 5 al secondo riscontro di appoggio 7 ed al contempo tendine ad avvicinare il primo lato 51 del corpo allungato al primo riscontro di appoggio 6.

[0066]. L'equilibrio delle forze trasversali è dato dalle reazioni trasversali Y6, Y7 agli appoggi scorrevoli del corpo allungato 5 sul primo e secondo riscontro di appoggio 6, 7.

[0067]. In accordo con una forma preferita di realizzazione, detta parete di appoggio 6 che forma un primo riscontro di appoggio per detto primo lato 51 dell'almeno un corpo allungato 5 comprende una superficie di appoggio curva e convessa. Preferibilmente, la prima superficie laterale 11 del primo lato 51 del corpo allungato è convessa, cioè forma una protrusione, ad esempio una protrusione toroidale che circonda l'apertura in cui scorre il corpo. Ad esempio, la prima superficie laterale 11 convessa può essere una superficie spezzata, come ad esempio data dall'unione di due coni aventi base in corrispondenza del punto di appoggio scorrevole con il corpo allungato 5.

[0068]. Ancor più preferibilmente, la prima superficie laterale 11 del primo lato 51 del corpo allungato è curva e convessa, come ad esempio sostanzialmente cilindrica come ad esempio cilindrica attorno all'asse di sviluppo longitudinale X-X del corpo allungato 5, in modo da formare un appoggio sferico (o cerniera sferica). In altri termini, la superficie laterale 11 del corpo allungato 5 curva e convessa e la superficie di appoggio della parete di appoggio 6 curva e convessa formano un giunto sferico o cerniera sferica pur permettendo lo scorrimento longitudinale del corpo allungato 5. In questa maniera si evitano, o perlomeno si riducono al minimo, rischi di impuntamenti del corpo allungato di trasmissione 5 quando in condizioni di esercizio. Pertanto, il corpo allungato 5 può essere realizzato compatto, riducendo gli ingombri in direzione longitudinale della porzione di interfaccia di trasmissione 4.

[0069]. In accordo con una forma di realizzazione, almeno il tratto prossimale del corpo allungato 5 è sostanzialmente cilindrico, ad esempio ha geometria cilindrica attorno all'asse di sviluppo longitudinale X-X del corpo allungato 5.

[0070]. In accordo con una forma di realizzazione, almeno il tratto prossimale del corpo allungato 5 è sostanzialmente cilindrico. Il tratto distale può comprendere ad esempio una porzione ingrossata che non ha una geometria cilindrica.

[0071]. In accordo con una forma di realizzazione, il corpo allungato 5 è un corpo cilindrico che presenta una superficie esterna cilindrica attorno all'asse di sviluppo longitudinale X-X del corpo allungato di trasmissione 5, in cui detta superficie esterna cilindrica comprende detta superficie di appoggio curva e convessa della parete di appoggio 6.

[0072]. In accordo con una forma preferita di realizzazione, detta interfaccia di

trasmissione 4 comprendente inoltre almeno un organo girevole 13, in cui detto secondo riscontro di appoggio 7 appartiene a detto organo girevole 13. Ad esempio, detto organo girevole 13 è una ruota, e/o una puleggia folle, e/o un cuscinetto volvente. Grazie alla previsione di detto secondo riscontro di appoggio 7 per il secondo lato 52 del corpo allungato realizzato su un organo girevole 13, l'appoggio scorrevole determina il rotolamento dell'organo girevole 13 sulla superficie laterale 12 del corpo allungato 5, quando in condizioni di esercizio.

[0073]. L'asse di rotazione R-R dell'organo girevole 13 è preferibilmente fisso rispetto alla porzione di interfaccia di trasmissione 4. In altri termini, l'asse di rotazione R-R dell'organo girevole 13 è preferibilmente fisso rispetto a detta prima superficie di appoggio 6 che forma il primo riscontro di appoggio scorrevole.

[0074]. L'asse di rotazione R-R dell'organo girevole 13 è preferibilmente trasversale rispetto alla direzione longitudinale X-X del corpo allungato 5.

[0075]. In accordo con una forma preferita di realizzazione, detto organo girevole 13 comprende inoltre detto elemento di rinvio 8. In altri termini, la porzione di interfaccia prossimale 4 comprende un organo girevole 13 di rinvio per il tendine di attuazione 3 e che forma un appoggio scorrevole di rotolamento per detto corpo allungato 5. In questo modo, detto organo girevole 13 assume alla duplice funzione di rinvio del tendine di attuazione 3 e di appoggio scorrevole di rotolamento per detto corpo allungato di trasmissione 5. La rotazione dell'organo girevole 13 può essere determinata dal solo appoggio scorrevole di rotolamento, oppure anche dal trascinamento in rotazione esercitato dal tendine di attuazione 3 montato all'organo girevole 13.

[0076]. Può accadere che l'attrito di scorrimento dell'almeno un tendine di attuazione 3 sull'elemento di rinvio 8 sia talmente basso che il tendine di attuazione 3 scorra sull'elemento di rinvio 8 senza trascinarlo in rotazione.

[0077]. In accordo con una forma di realizzazione, detto almeno un corpo allungato 5 comprende una rotaia longitudinale 9 che riceve almeno una porzione di detto organo girevole 13.

[0078]. In accordo con una forma di realizzazione, tra il secondo lato 52 dell'almeno un corpo allungato 5 e l'almeno un organo girevole 13 è previsto un recesso 15 che riceve il tendine di attuazione 3, evitando di frapporre a contatto, e

quindi schiacciare, il tendine di attuazione 3 tra l'organo girevole 13 e il corpo allungato 5.

[0079]. In accordo con una forma preferita di realizzazione, detta interfaccia di trasmissione 4 comprende inoltre almeno un elemento elastico 14 operativamente connesso a detto almeno un corpo allungato 5, che influenza in trazione detto almeno un tendine di attuazione 3. Di preferenza, l'elemento elastico 14 tende ad allontanare il corpo allungato di trasmissione 5 dal rispettivo attuatore motorizzato 19 lungo la direzione longitudinale X-X.

[0080]. In accordo con una forma di realizzazione, detto corpo allungato 5 comprende un primo tratto longitudinale 53 che comprende detta superficie di interfaccia 18, ed un secondo tratto longitudinale 54 opposto longitudinalmente rispetto a detto primo tratto longitudinale 53. Ad esempio, detto primo tratto longitudinale 53 è disposto prossimale rispetto a detto secondo tratto longitudinale 54, che pertanto sarà posto distale rispetto al primo tratto longitudinale 53. In accordo con una forma preferita di realizzazione, detta prima superficie di appoggio 6 realizza l'appoggio su detto primo tratto longitudinale 53 e mentre il secondo opposto riscontro di appoggio 7 realizza l'appoggio su detto secondo tratto longitudinale 54 del corpo allungato 5 di trasmissione.

[0081]. In accordo con una forma di realizzazione, il secondo tratto longitudinale 54 di detto corpo allungato 5 comprende una parete 23 adatta a formare un ulteriore riscontro di appoggio per detto primo lato 51 del corpo allungato 5, per limitare l'allontanamento in senso trasversale del corpo allungato rispetto al secondo riscontro di appoggio 7 posto sul secondo lato 52, e di preferenza posta su un risalto trasversale del corpo allungato 5. In altri termini, la parete 23 è rivolta opposta rispetto alla seconda superficie laterale 12 ed è collocata sul secondo tratto longitudinale 54 del corpo allungato 5.

[0082]. In accordo con una forma di realizzazione, il secondo tratto longitudinale 54 di detto corpo allungato 5 comprende una porzione ingrossata trasversalmente 22, ad esempio realizzata in pezzo separato e poi fissata al corpo allungato 5, che comprende detta seconda superficie laterale 12 in appoggio scorrevole su detto secondo riscontro di appoggio 7 della porzione di interfaccia di trasmissione 4. Di preferenza, la porzione ingrossata 22 comprende almeno una parete di riscontro

24 rivolta longitudinalmente che forma un riscontro per detto elemento elastico 14. Di preferenza, l'elemento elastico 14 lavora tra detta parete di riscontro 24 della porzione ingrossata 22 del corpo allungato 5 e una contrapposta seconda parete di riscontro 25 della porzione di interfaccia di trasmissione 4.

[0083]. La porzione ingrossata 22 può comprendere detta rotaia 9 e/o può comprendere la terminazione del capo 31 del tendine di attuazione 3.

[0084]. In accordo con una forma di realizzazione, detta prima parete di appoggio 6 che forma il primo riscontro di appoggio per il primo lato trasversale 51 del corpo allungato 5 appartiene ad un bordo di foro che delimita un foro passante nel corpo della porzione di interfaccia di trasmissione 4. Detto bordo di foro può avere una geometria sostanzialmente toroidale, realizzando un appoggio sferico (o cerniera sferica). Detto bordo di foro può comprendere una ulteriore parete 26 affacciata al secondo lato trasversale 52 del corpo allungato 5, e detta ulteriore parete 26 può formare anch'essa un appoggio sferico.

[0085]. In accordo con una forma di realizzazione preferita, come mostrato ad esempio in **Figura 5**, un grado di libertà del terminale articolato 2 dello strumento chirurgico 1 è operativamente connesso a due tendini di attuazione antagonisti 3, 3' che comprendono detto almeno un tendine di attuazione 3 e un secondo tendine di attuazione antagonista 3'. In tal caso, entrambi i tendini di attuazione antagonisti 3, 3' sono associati a rispettivi corpi allungati di trasmissione 5, 5', ciascuno dei quali essendo operativamente associato ad almeno una parete di appoggio 6, 6' che forma un primo riscontro di appoggio per un primo lato trasversale di ciascun corpo allungato 5, 5' e ad almeno un secondo riscontro di appoggio 7, 7', e almeno un elemento di rinvio 8, 8' per ciascun tendine di attuazione 3, 3'. Pertanto, similmente a quanto sopra descritto, ciascun corpo allungato di trasmissione 5, 5' potrà essere operativamente connesso ad un rispettivo elemento di rinvio 8, 8' e/o ad un rispettivo organo girevole 13, 13'. Inoltre, similmente a quanto sopra descritto, ciascun corpo allungato di trasmissione 5, 5' potrà essere operativamente connesso ad un rispettivo elemento elastico 14, 14'. Inoltre, similmente a quanto sopra descritto, ciascun corpo allungato di trasmissione 5, 5' potrà comprendere una superficie di interfaccia 18, 18' adatta a ricevere un'azione di spinta da un rispettivo attuatore motorizzato. Inoltre, similmente a quanto sopra descritto,

ciascun corpo allungato di trasmissione 5, 5' potrà comprendere una porzione ingrossata 22'.

[0086]. In accordo con una forma di realizzazione, come mostrato ad esempio in **Figura 4**, detto strumento chirurgico 1 comprende sei corpi allungati di trasmissione 5, ciascuno operativamente connesso ad un tendine di attuazione 3. Di preferenza detti sei corpi allungati di trasmissione 5 comprendono tre coppie di corpi allungati di trasmissione antagonisti 5, 5', per attuare tre gradi di libertà dello strumento chirurgico 1 (ad esempio pitch, yaw e grip). Ad esempio, ciascuna coppia di tendini è terminata ad un link del terminale articolato 2. Ad esempio, ciascuna coppia di tendini può attuare un grado di libertà. In accordo con una forma di realizzazione, lo strumento chirurgico 1 comprende sei tendini di attuazione 3, formati da tre coppie di tendini di attuazione antagonisti. Di preferenza, il terminale articolato 2 comprende links e giunti che definiscono i gradi di libertà almeno di pitch, yaw e grip del terminale articolato 2, e ciascuna coppia di tendini è connessa con un singolo link del terminale articolato 2: ad esempio, una coppia di tendini antagonisti connessi ad un medesimo link di punta può attuare sia il grado di libertà di yaw per quel link sia il grado di libertà di grip (cioè apertura/chiusura).

[0087]. In accordo con una forma generale di realizzazione, è previsto un sistema di chirurgia robotica 10 comprendente almeno uno strumento chirurgico 1 secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte. Il sistema di chirurgia robotica 10 può essere adatto per chirurgia robotica teleoperata secondo un'architettura master-slave. Ad esempio, il sistema di chirurgia robotica 10 può comprendere una console master comprendente un dispositivo di controllo master che è non vincolato a terra e la cui posizione e orientazione viene rilevata da un sistema di tracciamento (tracking) elettromagnetico e/o ottico.

[0088]. Il sistema di chirurgia robotica 10 comprende almeno un manipolatore robotico 20 comprendente almeno un attuatore motorizzato 19 adatto ad esercitare un'azione di spinta P5 su detto almeno un corpo allungato 5 della porzione di interfaccia di trasmissione 4 dello strumento chirurgico 1.

[0089]. Di preferenza, lo strumento chirurgico 1 è associato in modo distaccabile al manipolatore robotico 20.

[0090]. Di preferenza, sistema di chirurgia robotica 10 comprende inoltre

almeno un dispositivo di controllo elettronico 21.

[0091]. Di preferenza, il sistema di chirurgia robotica 10 comprende inoltre una barriera sterile, ad esempio un drappo sterile, tra il manipolatore robotico 20 e la porzione di interfaccia di trasmissione 4 dello strumento chirurgico 1.

[0092]. Ben inteso, la combinazione di caratteristiche, strutture o funzioni divulgate in una o più delle rivendicazioni annesse forma parte integrale e integrante della presente descrizione.

[0093]. Grazie alle caratteristiche sopra descritte, previste disgiuntamente o congiuntamente tra loro in particolari forme di realizzazione, si rende possibile soddisfare le sopra menzionate esigenze, ottenendo i sopraccitati vantaggi, ed in particolare:

[0094]. – si evita di prevedere boccole di scorrimento;

[0095]. – a parità di ingombri longitudinali, si permette di incrementare la corsa utile del corpo allungato;

[0096]. – a parità di corsa utile del corpo allungato, si permette di ridurre gli ingombri longitudinali;

[0097]. – l'azione di trazione del tendine tira il corpo allungato contro l'organo volvente;

[0098]. – l'elemento elastico garantisce un minimo precarico sul tendine;

[0099]. – si riduce al minimo il rischio di scarruolamenti del tendine rispetto all'elemento di rinvio;

[00100]. – si permette al corpo allungato di oscillare cioè inclinarsi rispetto alla direzione longitudinale, senza per questo causare impuntamenti;

[00101]. – si realizza uno strumento chirurgico adatto ad una estrema miniaturizzazione del terminale articolato ed al contempo in grado di trasmettere forze di attuazione al terminale articolato in modo preciso, ripetibile e sicuro;

[00102]. – il disassamento tra l'azione di spinta P5 e l'azione di trazione T3 determina l'insorgere di una coppia che tende a stabilizzare il sistema;

[00103]. – si realizza un sistema di trasmissione stabile, ed auto stabilizzante, che funziona in modo ottimale anche con carichi elevati di trazione al tendine, e quindi anche con azioni di spinta di elevata entità;

[00104]. – si mantengono compatti gli ingombri volumetrici della porzione di

interfaccia di trasmissione;

[00105]. –la previsione di detto tratto distale del corpo allungato rivolto al secondo lato, cioè in appoggio scorrevole di rotolamento su detto organo volvente, ed operativamente connesso a detto tendine di attuazione, realizza sostanzialmente un vincolo a carrello.

[00106]. Ben inteso, le combinazioni di caratteristiche divulgate nelle allegate rivendicazioni formano parte integrale e integrante della presente descrizione.

[00107]. Alle forme di realizzazione sopra descritte, un tecnico del ramo, allo scopo di soddisfare esigenze contingenti e specifiche, potrà apportare numerose modifiche, adattamenti e sostituzione di elementi con altri funzionalmente equivalenti, senza tuttavia uscire dall'ambito delle annesse rivendicazioni.

ELENCO DEI RIFERIMENTI NUMERICI

1. Strumento chirurgico
2. Terminale articolato
3. Tendine di attuazione
4. Porzione di interfaccia di trasmissione, o porzione di backend
5. Corpo allungato di trasmissione
6. Parete di appoggio che forma un primo riscontro di appoggio
7. Secondo riscontro di appoggio
8. Elemento di rinvio
9. Rotaia longitudinale
10. Sistema di chirurgia robotica
11. Prima superficie laterale
12. Seconda superficie laterale
13. Organo girevole
14. Elemento elastico
15. Recesso
17. Bacchetta o asta o alberino
18. Superficie di interfaccia
19. Attuatore motorizzato
20. Manipolatore robotico
21. Dispositivo di controllo
22. Porzione ingrossata trasversalmente
23. Ulteriore parete di appoggio del secondo lato
24. Riscontro di battuta per l'elemento elastico
25. Riscontro di battuta per l'elemento elastico
26. Ulteriore parete del bordo di foro
31. Capo del tendine
51. Primo lato trasversale del corpo allungato
52. Secondo lato trasversale del corpo allungato
53. Primo tratto longitudinale del corpo allungato
54. Secondo tratto longitudinale del corpo allungato
- X-X. Direzione longitudinale
- D3. Distanza
- P5. Azione di spinta
- T3. Azione di trazione
- Y6, Y7. Reazione trasversale

RIVENDICAZIONI

1. Strumento chirurgico (1) per chirurgia robotica comprendente:

- un terminale articolato (2) attuato mediante tendini, e

5 - almeno un tendine di attuazione (3), ed

- una porzione di interfaccia di trasmissione (4) comprendente:

- almeno un corpo allungato di trasmissione (5) movibile lungo una direzione longitudinale (X-X) coincidente o parallela ad un asse di sviluppo longitudinale di detto almeno un corpo allungato (5);

10 - almeno una prima parete di appoggio (6) che forma un primo riscontro di appoggio per un primo lato trasversale (51) dell'almeno un corpo allungato (5);

- almeno un secondo riscontro di appoggio (7) per un secondo lato trasversale (52), opposto a detto primo lato trasversale (51), dell'almeno un
15 corpo allungato (5);

- almeno un elemento di rinvio (8) per l'almeno un tendine di attuazione (3);

in cui:

- detto almeno un tendine di attuazione (3) è operativamente connesso a detto corpo allungato (5) ed è operativamente connesso a detto almeno un elemento di
20 rinvio (8);

- l'almeno un corpo allungato (5) comprende sul suo primo lato (51) una prima superficie laterale (11) che si appoggia scorrevolmente contro detta almeno una prima parete di appoggio (6);

- l'almeno un corpo allungato (5) comprende sul secondo lato (52) una seconda
25 superficie laterale (12) che si appoggia scorrevolmente contro detto secondo riscontro di appoggio (7).

2. Strumento chirurgico (1) secondo la rivendicazione **1**, in cui detto almeno un tendine di attuazione (3) è solidale a detto corpo allungato (5).

3. Strumento chirurgico (1) secondo la rivendicazione **1** o **2**, in cui detta porzione di
30 interfaccia di trasmissione (4) comprende inoltre almeno un organo girevole (13), in cui detto secondo riscontro di appoggio (7) appartiene a detto organo girevole (13).

4. Strumento chirurgico (1) secondo la rivendicazione **3**, in cui detto organo girevole

(13) comprende inoltre detto elemento di rinvio (8).

5. Strumento chirurgico (1) secondo la rivendicazione **3** o **4**, in cui detto almeno un corpo allungato (5) comprende una rotaia longitudinale (9) che riceve almeno una porzione di detto organo girevole (13).

5 **6.** Strumento chirurgico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da **3** a **5**, in cui tra il secondo lato (52) dell'almeno un corpo allungato (5) e l'almeno un organo girevole (13) è previsto un recesso (15) che riceve il tendine di attuazione (3), evitando di frapporre a contatto il tendine di attuazione tra l'organo girevole (13) e il corpo allungato (5).

10 **7.** Strumento chirurgico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da **3** a **6**, in cui l'asse di rotazione (R-R) dell'almeno un organo girevole (13) è fisso rispetto a detta porzione di interfaccia di trasmissione (4) dello strumento chirurgico,

e preferibilmente detto asse di rotazione è fisso rispetto a detta prima parete di appoggio (6) di detta porzione di interfaccia di trasmissione (4);

15 e/o in cui detto asse di rotazione (R-R) è diretto trasversalmente rispetto alla direzione longitudinale (X-X).

8. Strumento chirurgico (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto tendine di attuazione (3) esercita un'azione di trazione (T3) volta ad avvicinare detto secondo lato (52) dell'almeno un corpo allungato (5) a detto
20 secondo riscontro di appoggio (7).

9. Strumento chirurgico (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta interfaccia di trasmissione (4) comprende inoltre almeno un elemento elastico (14) operativamente connesso a detto almeno un corpo allungato (5), che influenza in trazione detto almeno un tendine di attuazione (3).

25 **10.** Strumento chirurgico (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta prima parete di appoggio (6) che forma detto primo riscontro di appoggio per detto primo lato (51) dell'almeno un corpo allungato (5) comprende una superficie di appoggio convessa, e preferibilmente curva e convessa, ad esempio sostanzialmente cilindrica;

30 e preferibilmente in cui la prima superficie laterale (11) del primo lato del corpo allungato (5) è curva e convessa, ad esempio sostanzialmente cilindrica.

11. Strumento chirurgico (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti,

in cui terminale articolato (2) attuato mediante tendini comprende links e giunti che definiscono almeno i gradi di libertà di pitch, yaw e grip del terminale articolato (2); ed in cui lo strumento chirurgico comprende tre coppie di tendini di attuazione antagonisti.

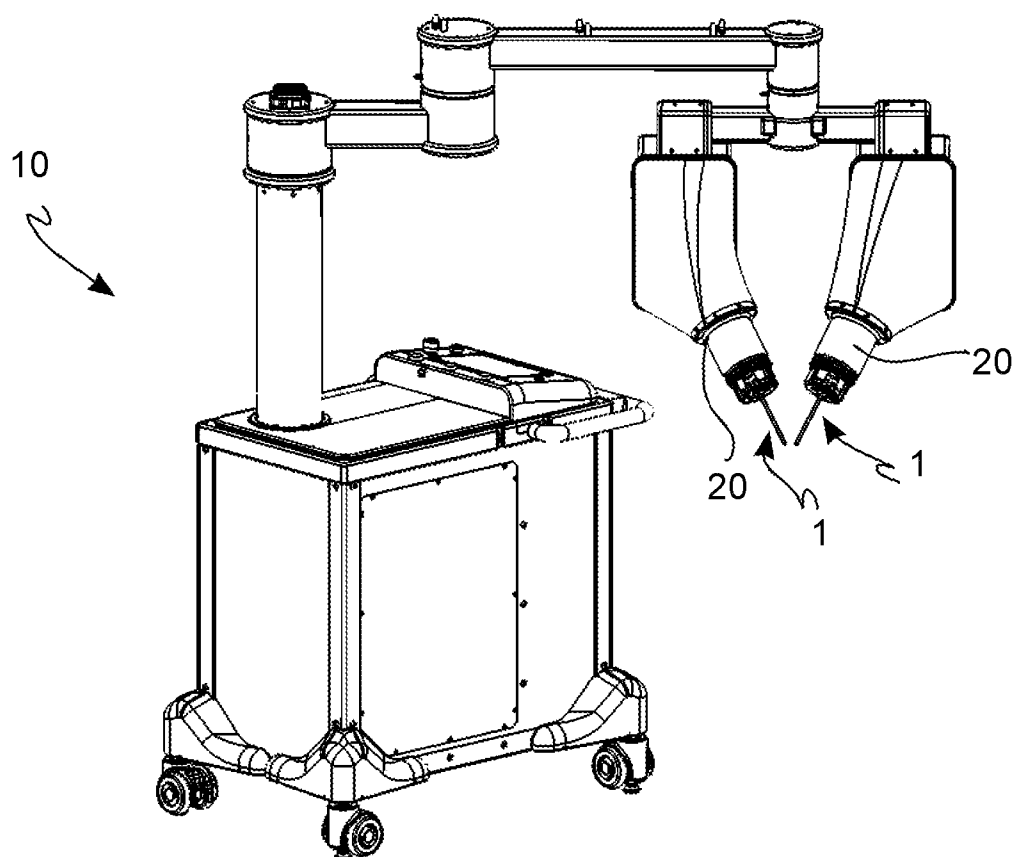


FIG.1

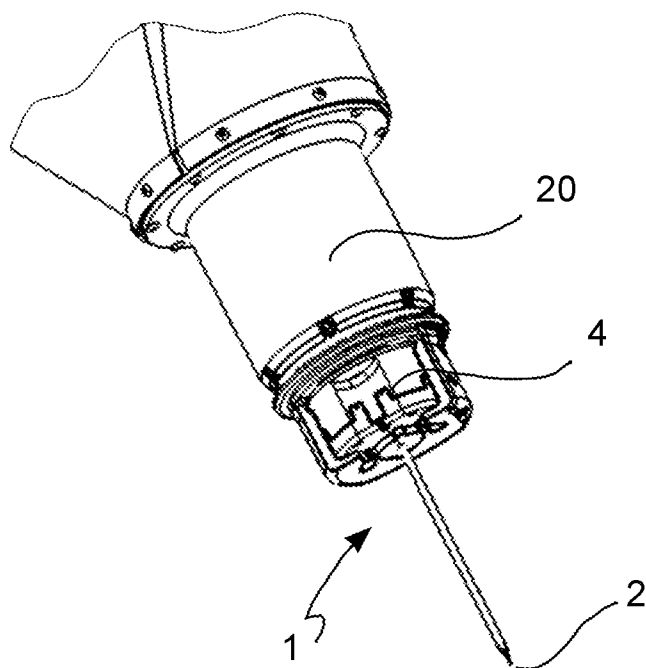


FIG.2

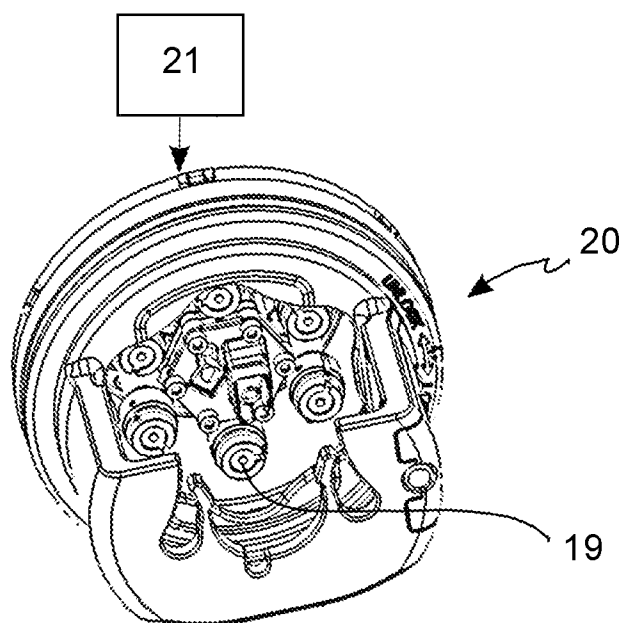


FIG.3

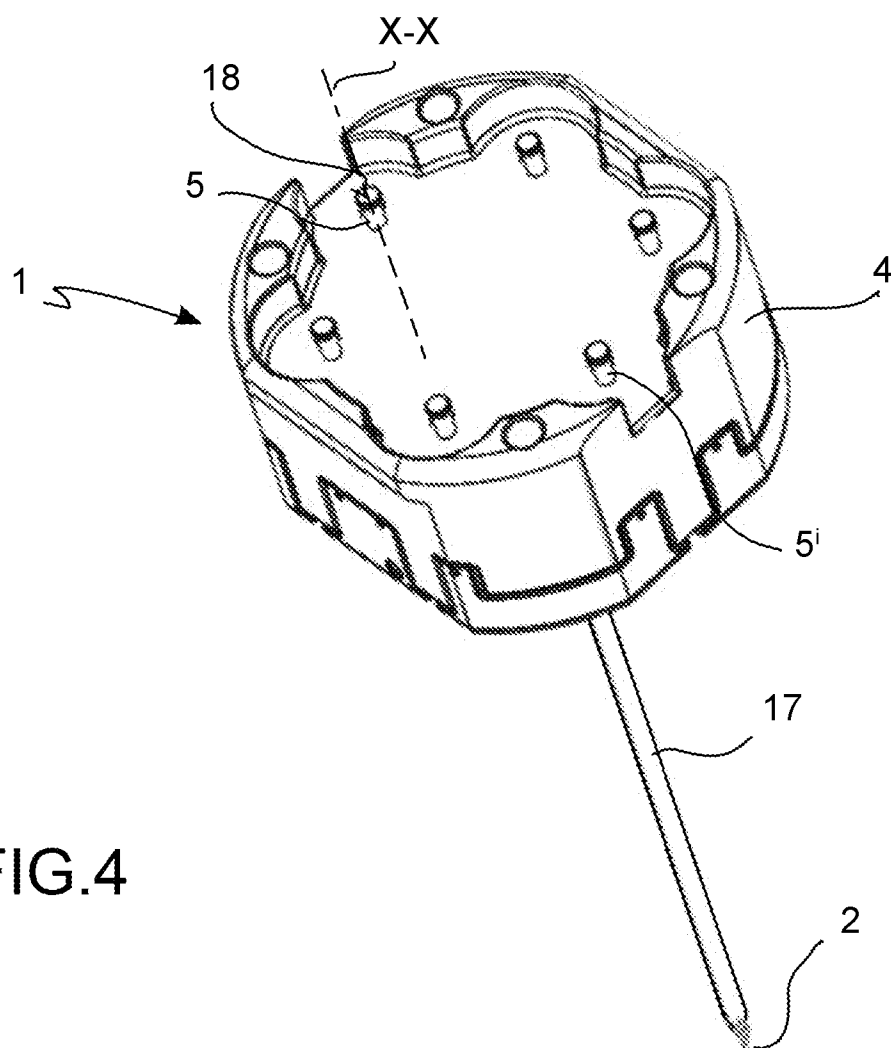
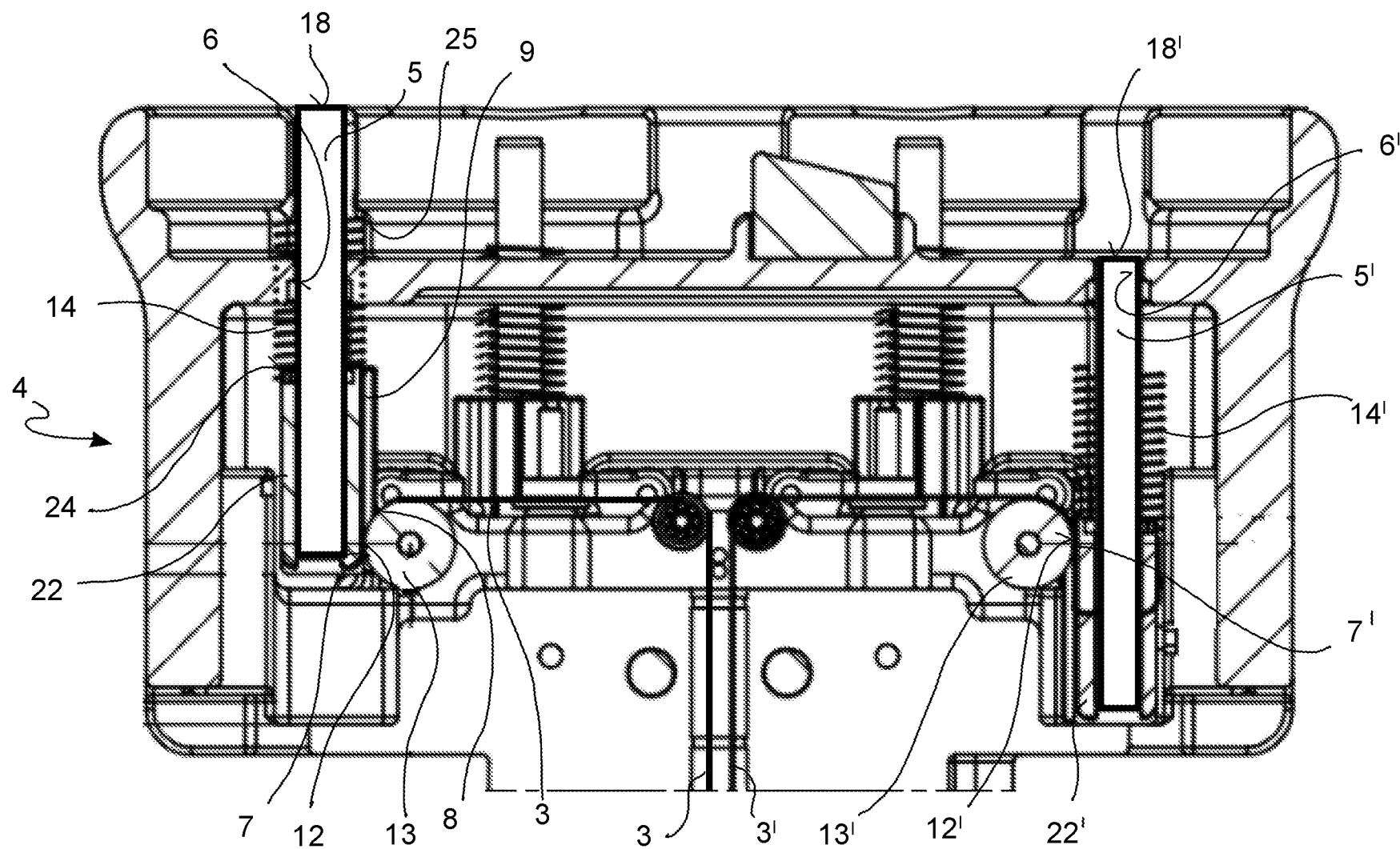


FIG.4



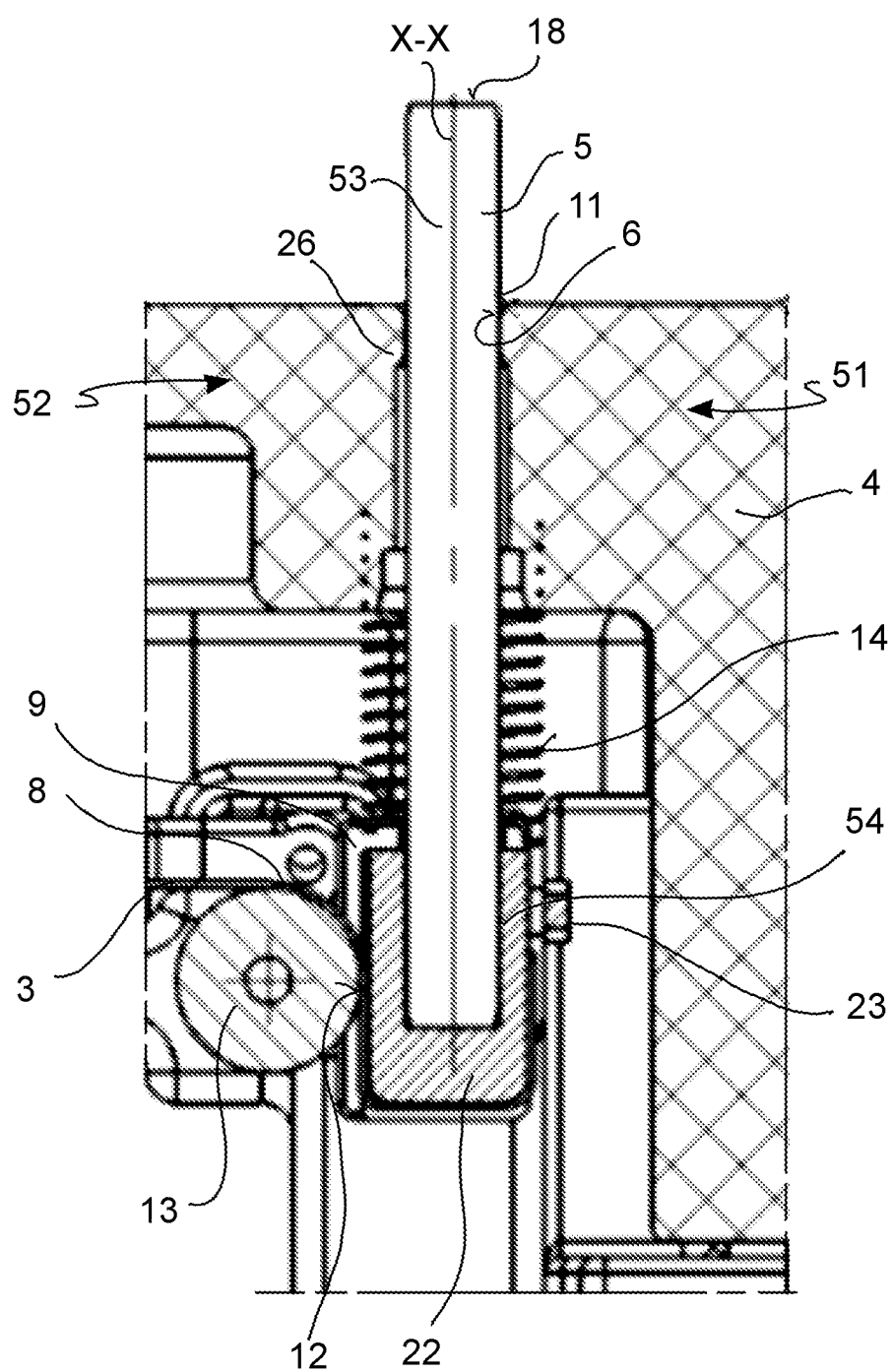


FIG.6

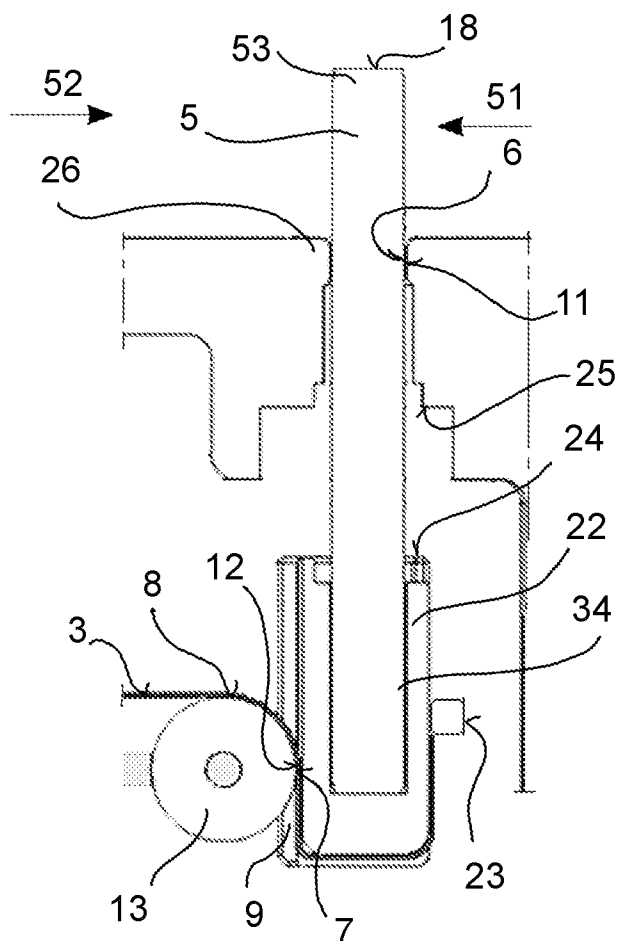


FIG. 7

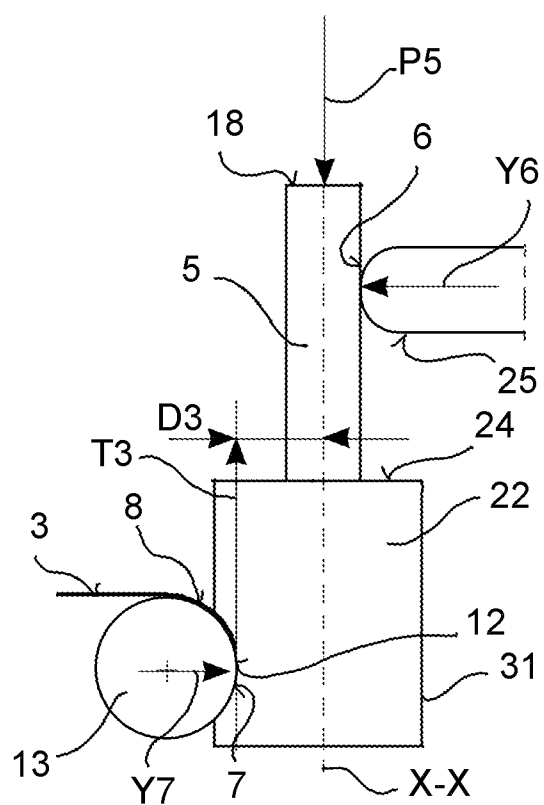


FIG. 8

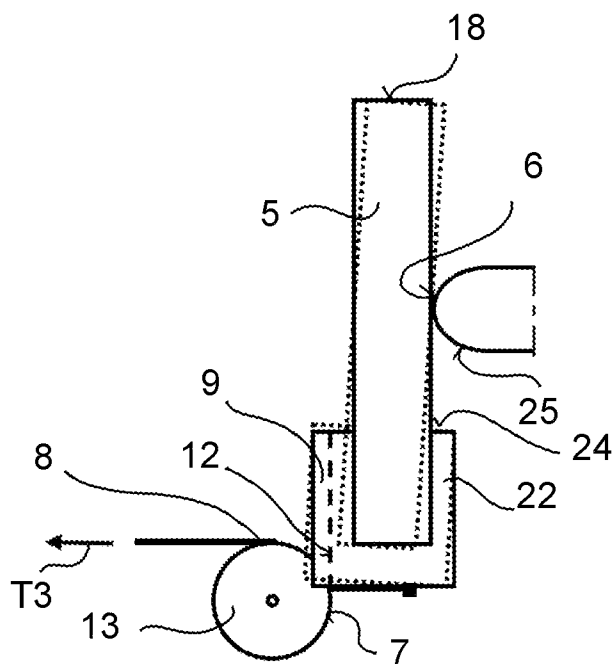


FIG. 9

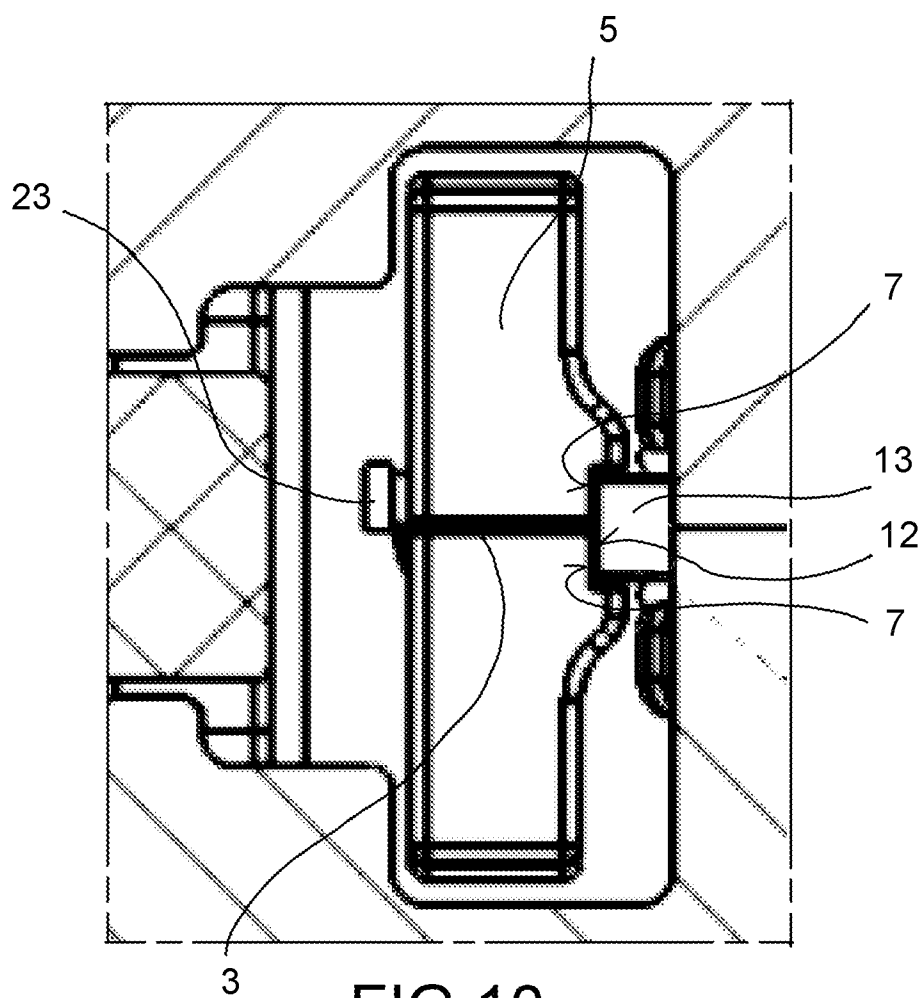


FIG. 10

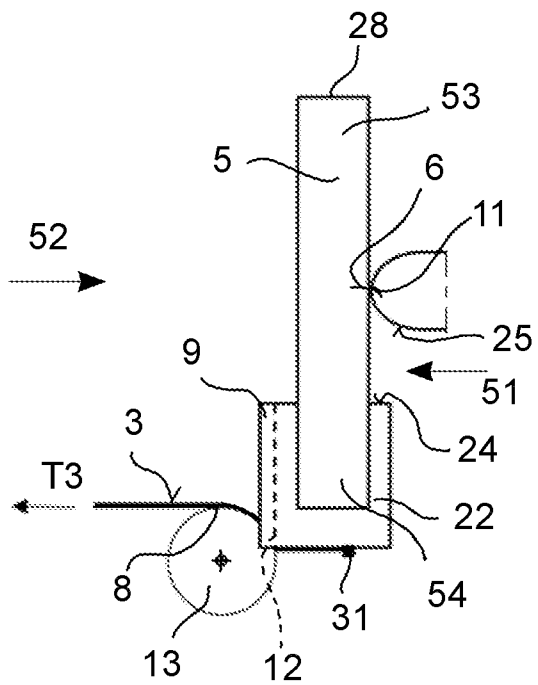


FIG.11A

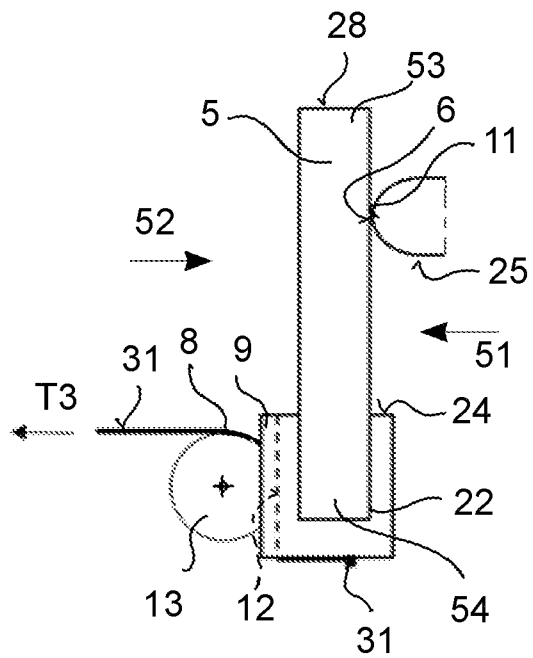


FIG.11B

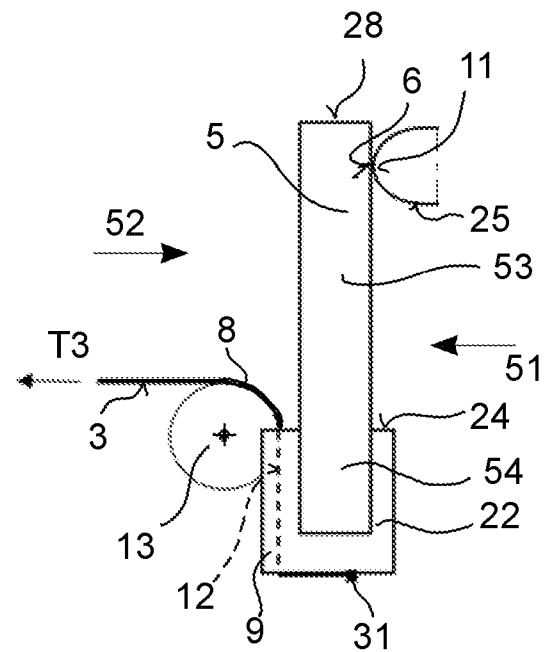


FIG.11C

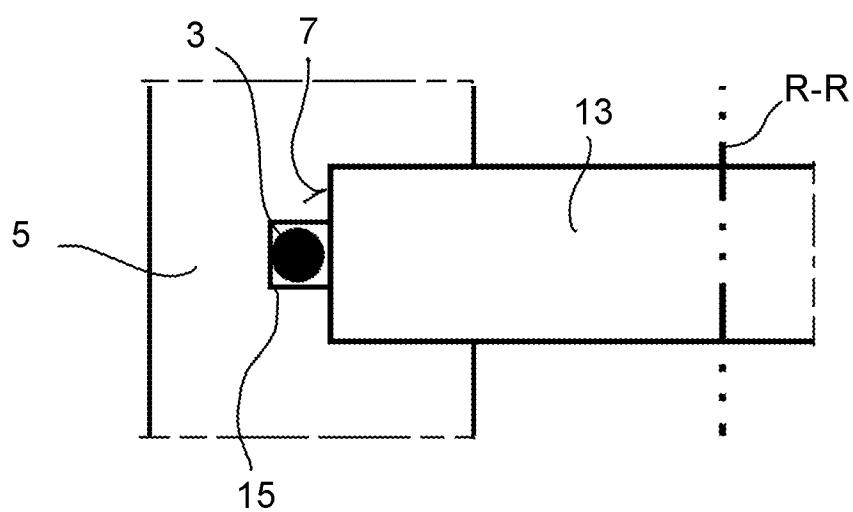


FIG.12

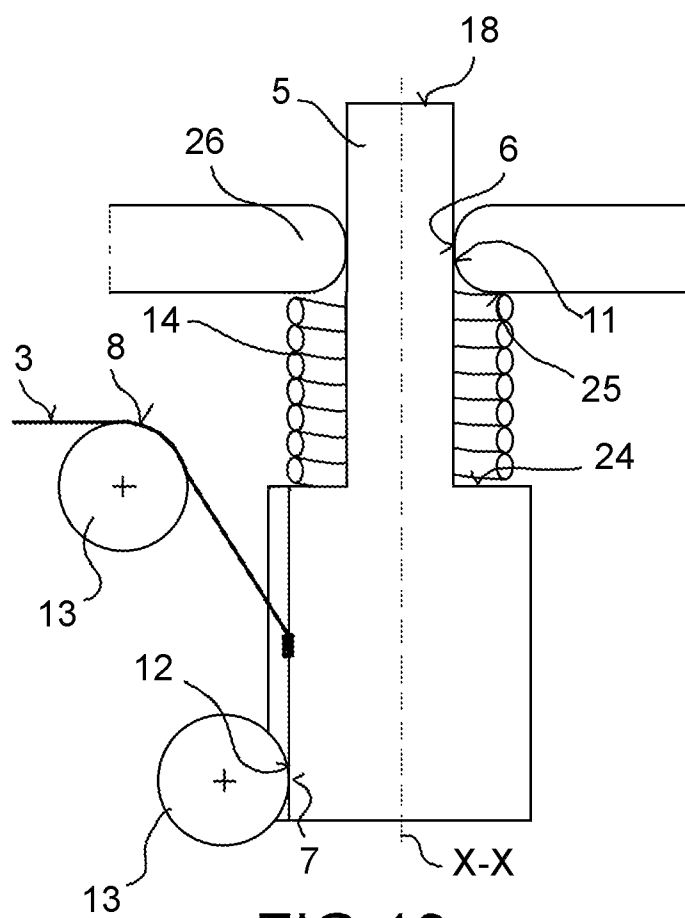


FIG.13

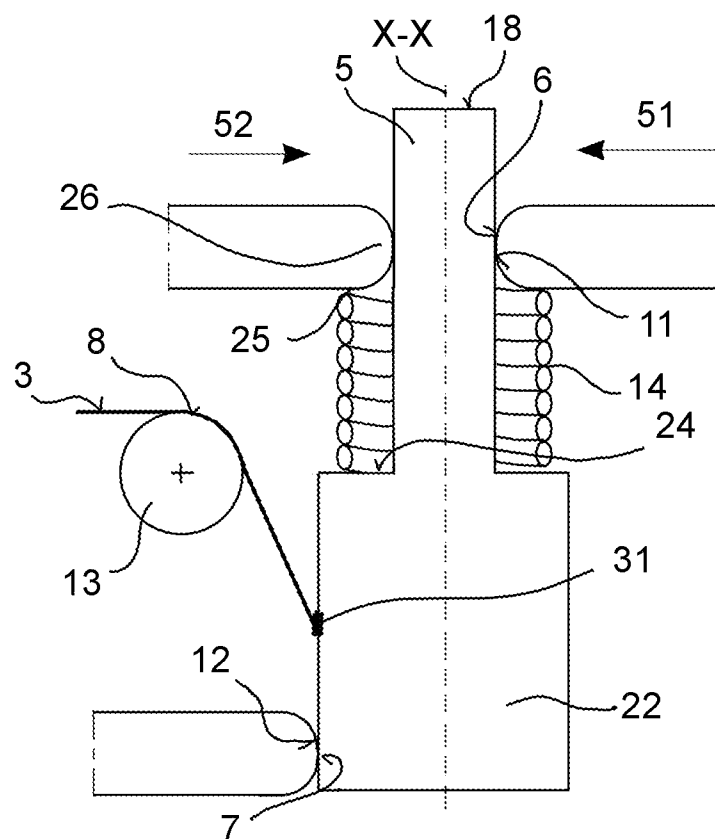


FIG. 14

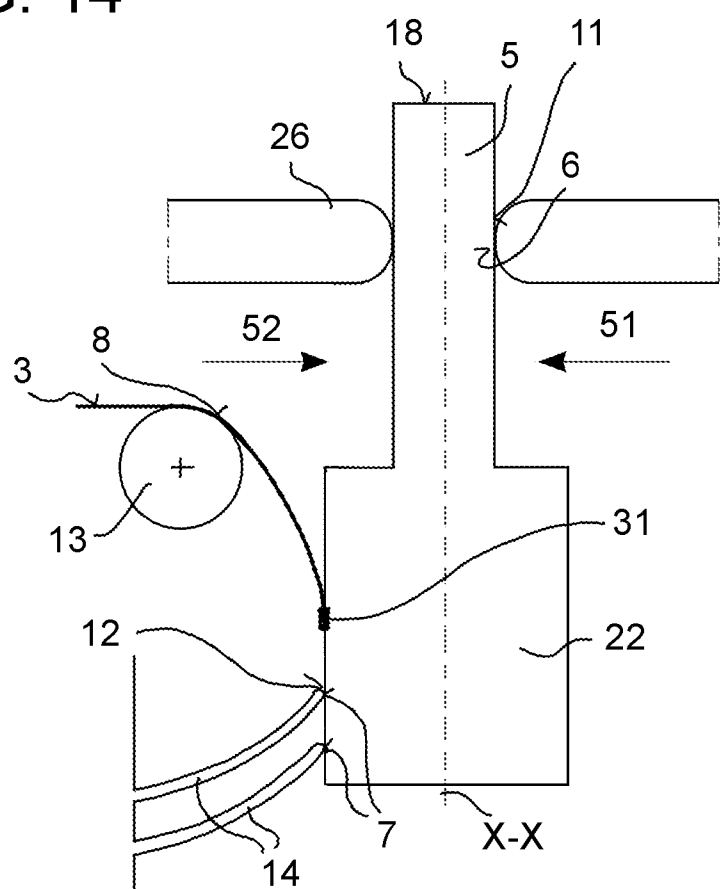


FIG. 15

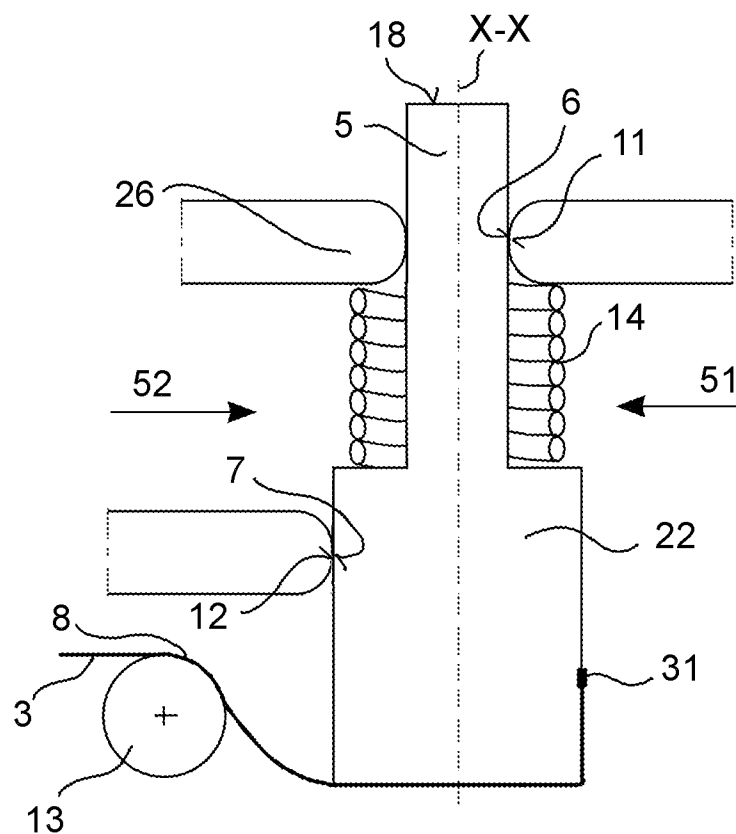


FIG. 16

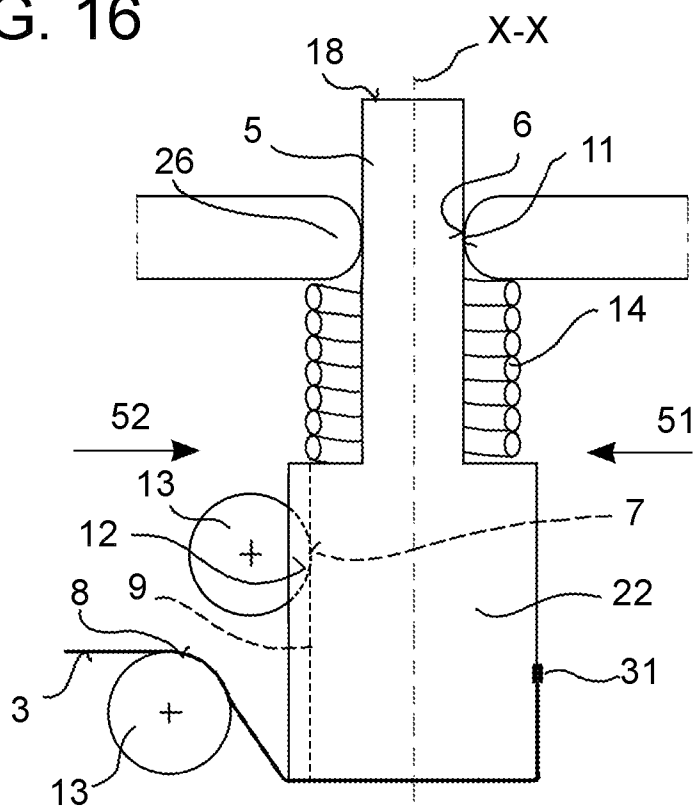


FIG. 17