

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000026186
Data Deposito	13/10/2021
Data Pubblicazione	13/04/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	23	H	7	02

Titolo

Metodo di fabbricazione di una o piu superfici di presa miniaturizzate per uno strumento chirurgico o microchirurgico, e strumento chirurgico miniaturizzato comprendente una o piu superfici di presa

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

“Metodo di fabbricazione di una o più superfici di presa miniaturizzate per uno strumento chirurgico o microchirurgico, e strumento chirurgico miniaturizzato comprendente una o più superfici di presa”;

Di: **MEDICAL MICROINSTRUMENTS S.p.A.- via del Paduletto 10/A, 56011 Calci (PISA) – ITALIA;**

Inventori designati: **MARCO BACCHERETI, NERI PIEROTTI, GIORGIO LAZZARI, MASSIMILIANO SIMI - tutti domiciliati presso MEDICAL MICROINSTRUMENTS S.p.A.;**

Riferimento cliente: **F131**

Classi CPC: **B23H 1/00 A61B 17/00; A61B 34/30; A61B 34/35.**

DESCRIZIONE

[0001]. Campo dell'invenzione

[0002]. Forma oggetto della presente invenzione un metodo di fabbricazione di una o più superfici di presa con micro-topografia superficiale per uno strumento chirurgico.

[0003]. La presente invenzione si riferisce altresì ad uno strumento chirurgico comprendente una o più superfici di presa con micro-topografia superficiale.

[0004]. Stato della tecnica

[0005]. Apparat 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]. Strumenti chirurgici articolati per chirurgia o microchirurgia tipicamente comprendono una coppia di link terminali tra loro articolati in apertura/chiusura (grip) aventi ciascuno una estremità libera per maneggiare un ago nonché un filo di sutura per eseguire ad esempio

procedure di anastomosi o altre terapie chirurgiche o microchirurgiche.

[0007]. Per maneggiare in modo soddisfacente aghi e fili di sutura vengono generalmente realizzate per stampaggio sulle superfici di presa dei link terminali dello strumento chirurgico articolato creste e valli sfalsate in maniera da aumentare la capacità di presa sull'ago chirurgico. Ovviamente, le dimensioni di dette creste e valli sfalsate realizzate per stampaggio sulle superfici di presa determinano la dimensione minima gestibile degli aghi e fili di sutura, che sono generalmente corpi allungati sottili.

[0008]. La miniaturizzazione di aghi e fili di sutura è particolarmente desiderabile in chirurgia o microchirurgia robotica perché consente una ridotta invasività per il paziente e potenzialmente tempi di recupero più rapidi.

[0009]. Generalmente, una superficie di presa avente creste e valli realizzate per stampaggio risulta troppo grossolana per gestire una spinta miniaturizzazione di ago e filo di sutura, nonché della superficie stessa, risultando pertanto inefficace alla micro-scala. Inoltre, elementi micrometrici stampati potrebbero risultare oltremodo fragili quando in esercizio.

[0010]. Alcune note soluzioni propongono di realizzare trattamenti o finiture sulle superfici di presa dell'end-effector chirurgico mediante peeling (ad esempio: pallinatura, sabbiatura) ma neppure queste tecniche sono adatte ad una spinta miniaturizzazione dei pezzi, cioè sono inadatte a realizzare superfici di presa di un end-effector chirurgico miniaturizzato, per la assenza di controllo sulla geometria della superficie di presa risultante intrinseca in questo tipo di tecniche.

[0011]. Allo scopo di miniaturizzare i link dello strumento chirurgico articolato sono noti, come ad esempio mostrato nei documenti **WO-2017-064305**, **EP-3362218** e **EP-3597340** della medesima Richiedente, strumenti chirurgici articolati realizzati per elettro-erosione a filo, tecnica nota anche con la terminologia "WEDM", "wire-cut", "electro-erosion", "spark-machining", o "spark-eroding". Questa tecnologia consente di realizzare tagli passanti su un piano di taglio su uno o più pezzi da lavorare. Ruotando di 90° l'attrezzatura di taglio attorno ad un asse parallelo all'estensione longitudinale dei pezzi da lavorare si permette di

realizzare un secondo taglio passante in un secondo piano di taglio senza riposizionare i pezzi da lavorare. In tale maniera si rende possibile sagomare un pezzo tridimensionale utilizzando una tecnica di taglio bidimensionale. Uno dei tagli passanti bidimensionali realizza il profilo delle superfici di presa. Pertanto, le superfici realizzate sul pezzo da lavorare con un taglio per elettroerosione a filo risultano sempre parallele alla direzione longitudinale del filo di taglio.

[0012]. È pertanto fortemente sentita l'esigenza di migliorare la capacità di presa di un end-effector chirurgico miniaturizzato, per poter manipolare con fermezza e destrezza un ago chirurgico e/o un filo di sutura miniaturizzato.

[0013]. Soluzione

[0014]. È uno scopo della presente invenzione ovviare agli inconvenienti lamentati con riferimento allo stato della tecnica.

[0015]. Questo ed altri scopi sono raggiunti con un metodo secondo la rivendicazione **1**, nonché con uno strumento chirurgico secondo la rivendicazione **13**.

[0016]. Alcune forme di realizzazione vantaggiose sono oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

[0017]. Secondo un aspetto dell'invenzione, uno strumento chirurgico comprende una superficie funzionale avente una micro-topografia superficiale. La superficie funzionale può essere una superficie di presa, adatta ad afferrare un ago micro-chirurgico e/o un filo di sutura miniaturizzato. La superficie di presa può essere destinata a manipolare un tessuto viscido e/o scivoloso (in inglese: "slippery"), nonché un tessuto difficile da afferrare, nonché un tessuto delicato.

[0018]. La superficie funzionale può essere una superficie ad aumentato attrito per eseguire procedure chirurgiche o microchirurgiche che non necessariamente svolge un'azione di presa in condizioni di esercizio, come ad esempio non limitativo finecorsa, abrasiva, di posizionamento, etc.

[0019]. La micro-topografia superficiale è di preferenza realizzata per elettroerosione a filo (WEDM).

[0020]. Secondo un aspetto dell'invenzione, uno strumento chirurgico comprende un terminale articolato comprendente almeno due

superfici di presa affacciate e tra loro movibili in un grado di libertà di apertura/chiusura (grip), in cui almeno una superficie di presa comprende una micro-topografia superficiale.

[0021]. Non necessariamente la micro-topografia superficiale è realizzata mediante un processo di elettroerosione a filo, ancorché preferibilmente detta micro-topografia superficiale di detta almeno una superficie di presa dello strumento chirurgico è realizzata per elettroerosione filo.

[0022]. La superficie di presa comprendente la micro-topografia superficiale può essere realizzata in pezzo unico con un componente del terminale articolato dello strumento chirurgico. Ad esempio, un link di presa di un terminale articolato comprende detta superficie di presa realizzata in pezzo unico con il corpo del link di presa (può essere in pezzo unico con un elemento di terminazione di un tendine di attuazione del link di presa e/o con un elemento di giunzione quale un foro o un perno del link di presa).

[0023]. La superficie di presa comprendente la micro-topografia superficiale può essere realizzata in pezzo separato rispetto al terminale articolato e ad esso assemblato. Ad esempio, un link di presa di un terminale articolato comprende in pezzo unico pareti che formano una sede di fissaggio, ed in cui un componente (quale un "pad", una piastra, un blocco) comprendente detta micro-topografia superficiale viene fissato in detta sede di fissaggio (ad esempio mediante incollaggio, incastro, aggancio, etc.). In tal caso, il metodo di fabbricazione per elettroerosione a filo realizza una micro-topografia superficiale su una superficie di presa che formerà un componente da fissare ad un link di presa di un terminale articolato di uno strumento chirurgico. Il fissaggio del componente può essere rilasciabile all'occorrenza.

[0024]. La micro-topografia superficiale può appartenere soltanto ad una porzione della superficie di presa. Ad esempio, la micro-topografia superficiale può essere realizzata soltanto su una fascia longitudinale della superficie di presa a ridosso di una estremità libera del terminale articolato dello strumento chirurgico ma che non comprende tale estremità libera. Una prima porzione della superficie di presa con la micro-topografia superficiale può essere impiegata per afferrare un ago

chirurgico o micro-chirurgico mentre una seconda porzione può essere impiegata per afferrare un filo di sutura, separatamente o contemporaneamente all'afferraggio di detto ago.

[0025]. Grazie al dimensionamento e alla localizzazione delle porzioni con caratteristiche localmente diverse sulla superficie di presa, si rende possibile adattare la fabbricazione in base al tessuto o al dispositivo che la superficie di presa dovrà afferrare quando in condizioni di esercizio. Ad esempio, una porzione con spigoli vivi alla guisa di una dentellatura e/o punzonatura può essere dedicata all'afferraggio di un ago chirurgico e/o un tessuto biologico difficile da afferrare, mentre una porzione piatta della medesima superficie di presa può essere dedicata all'afferraggio di fili di sutura o di tessuti biologici da non danneggiare.

[0026]. Longitudinalmente la superficie di presa può comprendere due o più porzioni con caratteristiche localmente diverse che realizzano fasce trasversali con caratteristiche localmente diverse. L'ampiezza di dette fasce trasversali può essere regolata a seconda dell'applicazione clinica a cui le superfici di presa sono destinate.

[0027]. Secondo un aspetto dell'invenzione, è previsto un metodo di fabbricazione di almeno una superficie di presa di uno strumento chirurgico mediante un procedimento di elettroerosione a filo (WEDM) comprendente la fase di realizzare almeno un taglio passante su almeno un pezzo da lavorare secondo un percorso di taglio comprendente picchi e valli. In tal modo si realizza una porzione esposta che comprende rilievi e recessi corrispondenti a detti picchi e valli del percorso di taglio.

[0028]. Grazie ad un siffatto metodo si permette di realizzare una micro-topografia superficiale mediante un taglio passante realizzato con il filo di taglio in cui i rilievi e i recessi della micro-topografia risultano paralleli al filo di taglio e paralleli tra loro.

[0029]. La realizzazione di una siffatta micro-topografia con rilievi e recessi realizzati con il filo di taglio durante il taglio può determinare un aumento della capacità di presa rendendo tale soluzione adatta per realizzare superfici di presa di uno strumento chirurgico.

[0030]. Il diametro del filo di taglio può essere scelto per regolare il passo tra rilievi adiacenti della micro-topografia.

[0031]. Almeno alcuni dei recessi realizzati mediante il taglio

passante possono essere recessi passanti in una direzione trasversale della micro-topografia realizzando sulla superficie di presa canali trasversali passanti rettilinei aventi sostanzialmente calibro comparabile o poco maggiore al diametro del filo di taglio usato per realizzare il taglio. La previsione di tagli canali trasversali passanti formati da detti almeno alcuni dei recessi consente di formare una sede trasversale in grado di ricevere un ago chirurgico o micro-chirurgico nonché un filo di sutura.

[0032]. Secondo un aspetto dell'invenzione, uno strumento chirurgico comprende un terminale articolato comprendente almeno due superfici di presa affacciate e tra loro movibili in un grado di libertà di apertura/chiusura (grip), in cui entrambe le superfici di presa comprendono un micro-topografia superficiale in cui i rilievi e i recessi della micro-topografia risultano paralleli al filo di taglio e risultano tutti paralleli tra loro.

[0033]. La disposizione dei rilievi di una superficie di presa può essere scelta in modo che in condizioni di chiusura del grado di libertà di apertura chiusura i rilievi di una superficie di presa vadano in battuta contro i rilievi dell'altra superficie di presa. Il passo tra i rilievi può essere regolato in modo da ottenere una micro-topografia con rilievi paralleli a passo variabile.

[0034]. La disposizione dei rilievi di una superficie di presa può essere scelta in modo che in condizioni di chiusura del grado di libertà di apertura chiusura i rilievi di una superficie di presa risultino sfalsati rispetto ai rilievi dell'altra superficie di presa. I rilievi di una superficie di presa possono andare in battuta contro pareti di fianco o di fondo dei recessi dell'altra superficie di presa. In questo modo si permette di ridurre il calibro dei canali trasversali passanti rettilinei della superficie di presa, rendendoli adatti a ricevere saldamente aghi di calibro ulteriormente ridotto.

[0035]. La direzione dei canali trasversali rettilinei è di preferenza trasversale rispetto alla direzione di sviluppo longitudinale degli elementi del terminale di presa che comprendono le superfici di presa, come ad esempio link di punta.

[0036]. Secondo un aspetto dell'invenzione, è previsto un metodo di fabbricazione di almeno una superficie di presa di uno strumento

chirurgico mediante un procedimento di elettroerosione a filo (WEDM) comprendente le fasi di: realizzare almeno un primo taglio passante su almeno un pezzo da lavorare secondo un primo percorso di taglio comprendente picchi e valli, poi ruotare l'almeno un pezzo da lavorare, poi eseguire un secondo taglio passante sulla medesima porzione esposta del pezzo da lavorare secondo un secondo percorso di taglio comprendente picchi e valli.

[0037]. Grazie alla previsione di due tagli passanti tra loro ruotati, si realizzano su detta porzione esposta una pluralità di isole a rilievo delimitate da solchi che formano una micro-topografia avente una trama ottenuta dall'unione degli effetti del primo e del secondo taglio. In questo modo, i rilievi realizzati dal primo taglio vengono interrotti dai recessi realizzati dal secondo taglio, formano isole a rilievo. Al contempo, i recessi realizzati dal primo taglio possono risultare in comunicazione con i recessi realizzati dal secondo taglio formando solchi che delimitano le isole a rilievo.

[0038]. Grazie ad un siffatto metodo, la micro-topografia superficiale realizzata presenta canali di passaggio trasversali rettilinei che in almeno una definibile direzione trasversale sono più stretti del diametro del filo di taglio della macchina per elettroerosione a filo.

[0039]. In tale maniera si permette di realizzare superfici di presa in grado di afferrare un ago chirurgico o micro-chirurgico di calibro ulteriormente ridotto.

[0040]. I percorsi di taglio bidimensionali realizzati mediante elettroerosione a filo del primo e secondo taglio possono essere scelti per ottenere la desiderata geometria tridimensionale della superficie di presa.

[0041]. La rotazione del pezzo da lavorare tra il primo e il secondo taglio può essere scelta per ottenere la desiderata geometria tridimensionale della superficie di presa.

[0042]. Regolando i parametri di taglio del primo e/o del secondo percorso di taglio, si permette di regolare il calibro dei canali trasversali rettilinei della superficie di presa.

[0043]. Secondo un aspetto dell'invenzione, uno strumento chirurgico comprende un terminale articolato comprendente almeno due superfici di presa affacciate e tra loro movibili in un grado di libertà di

apertura/chiusura (grip), in cui entrambe le superfici di presa comprendono un micro-topografia superficiale realizzata mediante un procedimento di elettroerosione a filo (WEDM) comprendente le fasi di: realizzare almeno un primo taglio passante su almeno un pezzo da lavorare secondo un primo percorso di taglio comprendente picchi e valli, poi ruotare l'almeno un pezzo da lavorare, poi eseguire un secondo taglio passante sulla medesima porzione esposta del pezzo da lavorare secondo un secondo percorso di taglio comprendente picchi e valli.

[0044]. Le isole a rilievo possono avere ciascuna un'estremità libera acuminata. I solchi tra le isole a rilievo possono avere fondo curvo e concavo, come ad esempio sostanzialmente un arco di cerchio. Regolando i parametri di taglio del primo e/o del secondo percorso di taglio, si permette di realizzare ad esempio fondi di solco tutti sostanzialmente allo stesso livello, nonché isole a rilievo che si protendono tutte sostanzialmente al medesimo livello a sbalzo.

[0045]. La disposizione delle superfici di presa può essere scelta in modo che le isole a rilievo della prima superficie di presa siano ricevute nei solchi della seconda superficie di presa, e viceversa.

[0046]. Grazie alle soluzioni proposte, si permette di realizzare una micro-topografia su una superficie di presa in modo controllato e ripetibile, mediante un procedimento di fabbricazione per elettroerosione a filo.

[0047]. Grazie alle soluzioni proposte, si permette di realizzare una micro-topografia su una superficie di presa che rende la presa più salda e precisa particolarmente su elementi miniaturizzati allungati, come aghi e fili di sutura miniaturizzati.

[0048]. Si permette quindi di fornire uno strumento chirurgico di presa con una migliorata destrezza ed in grado di adattarsi ad una estrema miniaturizzazione.

[0049]. Grazie alle soluzioni proposte, si rende possibile ottenere una o più superfici di presa aventi micro-canali trasversali di calibro inferiore rispetto al calibro del filo di taglio della macchina di elettroerosione a filo utilizzato per la fabbricazione.

[0050]. Grazie alle soluzioni proposte, possono essere realizzate due superfici di presa destinate ad accoppiarsi quando in condizioni di

esercizio, ad esempio per esercitare un'azione di presa su un ago microchirurgico nonché un filo di sutura miniaturizzato.

[0051]. Breve descrizione delle figure

[0052]. 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 nonché ad "un" modo di operare in questa divulgazione non sono necessariamente riferiti alla medesima forma di realizzazione o al medesimo modo di operare, e sono da intendersi ad almeno una/un. 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 nonché di più di un modo di operare, e non tutti gli elementi della figura potranno essere necessari per una certa forma di realizzazione o per un certo modo di operare.

[0053]. La figura 1-A è una vista assonometrica di un sistema di chirurgia robotica, secondo una forma di realizzazione.

[0054]. La figura 1-B è una vista assonometrica di uno strumento chirurgico, secondo una forma di realizzazione.

[0055]. La figura 2 mostra schematicamente una macchina di elettroerosione a filo, secondo una forma di realizzazione, in cui un pezzo da lavorare è montato alla macchina di elettroerosione a filo, secondo un possibile modo di operare.

[0056]. Le figure 3-A, 3-B, 3-C e 3-D sono viste rispettivamente in alzata verticale, assonometria, assonometria secondo altro punto di vista e in pianta che mostrano un supporto comprendente un attrezzaggio per macchina di elettroerosione a filo, secondo una forma di realizzazione, in cui una pluralità di pezzi da lavorare sono montati all'attrezzaggio, secondo un possibile modo di operare.

[0057]. La figura 4 è una vista assonometrica che illustra una macchina di elettroerosione munita di un supporto ad asse rotante, secondo una forma di realizzazione, in cui una pluralità di pezzi da lavorare sono montati all'attrezzaggio, secondo un possibile modo di operare.

[0058]. La figura 5 è una vista schematizzata che illustra un supporto avente un braccio robotizzato cooperativo, secondo una forma di realizzazione, ed un filo di taglio, in cui una pluralità di pezzi da lavorare sono montati all'attrezzaggio, secondo un possibile modo di operare.

[0059]. La figura 6 mostra un pezzo da lavorare comprendente una pluralità di micro-topografie superficiali, secondo un possibile modo di operare.

[0060]. La figura 7-A è uno schema che mostra schematicamente una fase di eseguire un taglio passante, secondo un possibile modo di operare.

[0061]. La figura 7-B mostra un pezzo da lavorare con una porzione esposta realizzata dal taglio passante di figura 7-A.

[0062]. Le figure 7-C e 7-D sono viste assonometriche che mostrano rispettivamente un link di punta di uno strumento chirurgico e un componente o inserto, ciascuno comprendente una micro-topografia superficiale realizzata dal taglio passante di figura 7-A.

[0063]. La figura 8-A è uno schema che mostra schematicamente una fase di eseguire un secondo taglio passante, secondo un possibile modo di operare.

[0064]. La figura 8-B mostra un pezzo da lavorare con una porzione esposta al termine del secondo taglio passante di figura 8-A.

[0065]. Le figure 8-C e 8-D sono viste assonometriche che mostrano rispettivamente un link di punta di uno strumento chirurgico e un componente o inserto, ciascuno comprendente una micro-topografia superficiale al termine del secondo taglio passante di figura 8-A.

[0066]. La figura 8-E è una vista assonometrica di una micro-topografia superficiale comprendente isole a rilievo, secondo una forma di realizzazione.

[0067]. La figura 9 mostra un pezzo da lavorare comprendente una micro-topografia superficiale, secondo un possibile modo di operare, in cui in linea tratteggiata è riportato il profilo di sagoma di un link di punta di uno strumento chirurgico comprendente una superficie di presa avente una micro-topografia superficiale, secondo una forma di realizzazione.

[0068]. Le figura 10-A e 10-B mostrano un link di punta avente una superficie di presa con micro-topografia superficiale realizzata in pezzo

unico con il corpo del link di punta, secondo una forma di realizzazione.

[0069]. La figura 10-C mostra a parti separate un link di punta, secondo una forma di realizzazione, in cui un componente o inserto comprende una micro-topografia superficiale.

[0070]. Le figure 11-A e 11-B sono grafici che mostrano un tratto di un percorso di taglio, secondo un possibile modo di operare.

[0071]. Le figure 12-A e 12-B sono grafici che confrontano un tratto di un primo percorso di taglio di un primo taglio passante con un tratto di un secondo percorso di taglio di un secondo taglio passante, secondo un possibile modo di operare.

[0072]. Le figure 13-A, 13-B e 13-C sono viste schematizzate di una superficie di presa di uno strumento chirurgico, secondo alcune forme di realizzazione.

[0073]. La figura 14 è una vista assonometrica che mostra due superfici di presa di uno strumento chirurgico in configurazione di chiusura, secondo una forma di realizzazione.

[0074]. La figura 15-A mostra schematicamente due superfici di presa di uno strumento chirurgico in configurazione di chiusura, secondo una forma di realizzazione.

[0075]. La figura 15-B è una vista di una superficie di presa di figura 15-A secondo un diverso punto di vista.

[0076]. La figura 15-C mostra schematicamente due superfici di presa di uno strumento chirurgico in configurazione di chiusura, secondo una forma di realizzazione, in cui solo una delle superfici di presa comprende una micro-topografia superficiale.

[0077]. Le figure da 16 a 22 sono viste schematizzate di una superficie di presa di uno strumento chirurgico, secondo alcune forme di realizzazione.

[0078]. La figura 23 è una vista assonometrica di un terminale articolato di uno strumento chirurgico in una configurazione di chiusura del grado di libertà di apertura/chiusura, secondo una forma di realizzazione, in cui alcune parti (come l'alberino o asta) sono omesse per chiarezza.

[0079]. La figura 24 è un'immagine fotografica al microscopio che mostra una superficie di presa avente una micro-topografia superficiale,

secondo una forma di realizzazione;

[0080]. La figura 25-A mostra uno schema a blocchi di un metodo, secondo un possibile modo di operare.

[0081]. La figura 25-B mostra uno schema a blocchi di un metodo, secondo un possibile modo di operare.

[0082]. La figura 25-C mostra uno schema a blocchi di un metodo, secondo un possibile modo di operare.

[0083]. Descrizione dettagliata di alcune forme di realizzazione

[0084]. 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. Analogamente, riferimento in tutta questa descrizione ad “un modo di operare” intende indicare che una particolare caratteristica, struttura o funzione descritta in relazione al modo di operare è inclusa in almeno un modo di operare della presente invenzione. Pertanto, la formulazione “in un modo di operare” in varie parti di questa descrizione non necessariamente si riferiscono tutte al medesimo modo di operare. Inoltre, particolari caratteristiche, strutture o funzioni come quelle illustrate in differenti figure possono essere combinate in qualsiasi maniera adatta in uno o più modi di operare.

[0085]. In accordo con una forma generale di realizzazione, è previsto un metodo di fabbricazione per elettroerosione a filo (“wire-electro-discharge-machining”, o “WEDM”, o “spark erosion”, secondo terminologie comunemente adottate).

[0086]. Il metodo comprende la fase di provvedere una macchina per elettroerosione a filo 2 comprendente un filo di taglio 3.

[0087]. Il filo di taglio 3 si estende longitudinalmente di preferenza tra due teste 4, 5 della macchina di elettroerosione a filo 2 quando in condizioni di esercizio. Per eseguire il taglio (cioè la elettro-erosione), il

filo di taglio 3 avanza lungo un percorso di taglio in una direzione di avanzamento W (o direzione di taglio W) che è sostanzialmente ortogonale all'estensione longitudinale del filo di taglio 3 cioè la direzione di avanzamento è sostanzialmente ortogonale alla direzione di scorrimento del tratto del filo di taglio 3 tra le due teste 4, 5 della macchina 2, in maniera di per sé nota. Ciascuna delle due teste 4, 5 può essere associata ad una bobina 6 o rullo 6 di avvolgimento/svolgimento per il filo di taglio 3. Quando in condizioni di esercizio, il filo di taglio 3 scorre avvolgendosi su una bobina mentre si dipana dall'altra bobina, e le teste 4, 5 guidano il filo di taglio 3 nella direzione di avanzamento W (o direzione di taglio W) per eseguire un taglio sul pezzo da lavorare.

[0088]. Come mostrato ad esempio in **figura 2**, la macchina per elettroerosione a filo 2 comprende di preferenza una vasca 7 da riempire con liquido dielettrico all'interno della quale avviene la elettro-erosione di almeno un pezzo da lavorare quando in condizioni di esercizio. La macchina di elettroerosione 2 può comprendere inoltre un circuito idraulico comprendente un condotto idraulico 8 munito di pompa 9 e filtro che preleva e filtra fluido dielettrico dalla vasca 7 e che termina con un ugello 10 che dirige fluido dielettrico sul pezzo da lavorare.

[0089]. Il metodo comprende inoltre la fase di montare almeno un pezzo da lavorare 11 alla macchina di elettroerosione a filo 2.

[0090]. L'almeno un pezzo da lavorare 11 può avere corpo allungato, ad esempio cilindrico, avente un asse longitudinale X-X sostanzialmente coincidente con la direzione di sviluppo longitudinale del pezzo da lavorare 11.

[0091]. L'almeno un pezzo da lavorare 11 è di preferenza realizzato in materiale conduttivo elettricamente, come ad esempio metallo, oppure è rivestito di materiale conduttivo elettricamente.

[0092]. Vantaggiosamente, il metodo comprende inoltre la fase di realizzare una micro-topografia superficiale sull'almeno un pezzo da lavorare 11 mediante elettroerosione a filo 2.

[0093]. Come mostrato schematicamente in **figure 7-A e 7-B**, la fase di realizzare una micro-topografia superficiale comprende la fase di eseguire un (primo) taglio passante sul pezzo da lavorare 11 secondo un (primo) percorso di taglio 21 comprendente picchi 12 e valli 13. Detto

primo taglio passante espone sul pezzo da lavorare 11 una porzione esposta 14 sul pezzo da lavorare 11. La porzione esposta 14 comprende rilievi 15 e recessi 16 corrispondenti a detti picchi 12 e valli 13 del primo percorso di taglio 21. In altri termini, poiché il primo percorso di taglio 21 comprende picchi 12 e valli 13 realizza sulla porzione esposta 14 del pezzo da lavorare rilievi 15 e recessi 16. Ad esempio, detti rilievi 15 realizzati dal filo di taglio 3 possono essere delle creste o cuspidi che si estendono lungo una direzione sostanzialmente rettilinea e parallela al filo di taglio 3 durante il primo taglio passante. Ad esempio, detti recessi 16 realizzati dal filo di taglio 3 possono essere dei canali aperti a fondo curvo che si estendono sostanzialmente rettilinei e paralleli alle creste o cuspidi di detti rilievi 15 e quindi paralleli al filo di taglio 3 durante il primo taglio passante.

[0094]. In accordo con un possibile modo di operare, la fase di montare il pezzo da lavorare 11 alla macchina di elettroerosione a filo 2 comprende montare il pezzo da lavorare inclinato rispetto al filo di taglio 3. In altri termini, l'asse longitudinale X-X del pezzo da lavorare 11 viene pre-orientato in modo che non sia né parallelo né perpendicolare rispetto al filo di taglio, come mostrato schematicamente in **figura 7-A**. In questo modo, la direzione dei rilievi 15 e dei recessi 16 (ad esempio delle creste e dei canali aperti) della porzione esposta 14 dal primo taglio passante sarà orientata né parallela né perpendicolare alla direzione di sviluppo longitudinale X-X del pezzo da lavorare 11, come mostrato ad esempio in **figura 7-B**.

[0095]. In accordo con un possibile modo di operare, la fase di montare il pezzo da lavorare 11 alla macchina di elettroerosione a filo 2 comprende montare il pezzo da lavorare parallelo o ortogonale al filo di taglio 3. In altri termini, l'asse longitudinale X-X del pezzo da lavorare 11 viene orientato in modo che sia parallelo o perpendicolare al filo di taglio 3.

[0096]. In accordo con un modo preferito di operare, dopo la fase di realizzare un primo taglio passante, il metodo comprende la fase di ruotare il pezzo da lavorare 11 rispetto al filo di taglio 3 attorno ad un asse di rotazione R-R e, dopo la fase di ruotare, il metodo comprende la ulteriore fase di eseguire un secondo taglio passante avente un secondo

percorso di taglio 22 comprendente picchi 12 e valli 13 sulla medesima porzione esposta 14 del pezzo da lavorare 11.

[0097]. Preferibilmente, detto asse di rotazione R-R si estende parallelamente ad una direzione uscente dalla porzione esposta 14 del pezzo da lavorare 11. Laddove la porzione esposta 14 del pezzo da lavorare comprende rilievi 15 e recessi 16 la direzione uscente si intende come una direzione globalmente ortogonale alla porzione esposta 14, e non si intende indicare una direzione localmente ortogonale ad un fronte di salita (o di discesa) di uno di detti rilievi 15. Ad esempio, laddove la porzione esposta 14 del pezzo da lavorare 11 comprenda recessi 16 sotto forma di canali aperti a fondo curvo, allora la direzione uscente parallela a detto asse di rotazione R-R si intende la direzione uscente dal fondo di tali canali aperti di detti recessi 16.

[0098]. Ad esempio, come mostrato ad esempio in **figura 7-B**, la direzione uscente dalla porzione esposta 14 si intende uscente dal foglio in quella figura.

[0099]. Preferibilmente, detto asse di rotazione R-R si estende ortogonale all'estensione del filo di taglio 3 e anche ortogonale alla direzione di sviluppo longitudinale X-X dell'almeno un pezzo da lavorare 11.

[00100]. In accordo con un possibile modo di operare, la fase di ruotare viene eseguita ruotando un supporto 24 associato all'almeno un pezzo da lavorare 11. In accordo con un possibile modo di operare, la fase di ruotare viene eseguita da un motore 25, che può essere operativamente connesso a detto supporto 24.

[00101]. In accordo con una forma di realizzazione, come mostrato ad esempio in **figura 3-A**, detto supporto 24 comprende una dima o attrezzaggio di fabbricazione per una macchina di elettroerosione a filo che viene montato alla macchina di elettroerosione a filo 2. Ad esempio, detta dima è una dima ribaltabile che viene ribaltata per effetto di una rotazione attorno a detto asse di rotazione R-R.

[00102]. In accordo con una forma di realizzazione, come mostrato ad esempio in **figura 4**, detto supporto 24 comprende un asse rotante di una macchina di elettroerosione a filo 2. Ad esempio, detto asse rotante è coincidente con detto asse di rotazione R-R. Una ulteriore dima o

attrezzaggio può essere prevista montata a valle dell'asse rotante.

[00103]. In accordo con una forma di realizzazione, come mostrato ad esempio in **figura 5**, detto supporto 24 comprende un end-effector di un braccio robotico, ad esempio un end-effector di presa o grip di un braccio robotico antropomorfo. Ad esempio, detto asse di rotazione R-R potrà coincidere con un asse di articolazione del braccio robotico antropomorfo e/o con un asse di rotazione di un definibile punto di controllo associato rigidamente al braccio robotico che forma il supporto 24.

[00104]. Grazie ad un siffatto metodo, si permette di realizzare su detta porzione esposta 14 del pezzo da lavorare 11 una micro-topografia superficiale 20 avente una pluralità di isole a rilievo 17 delimitate da solchi 18. Di preferenza, detti solchi 18 delimitano interamente dette isole a rilievo 17. Detta micro-topografia superficiale 20 risulta pertanto una micro-testurizzazione ("micro-texturing") realizzata mediante un processo di elettroerosione a filo.

[00105]. Ciascuno di detti due tagli passanti non-paralleli e tra loro inclinati di un angolo α sulla medesima porzione esposta 14 del pezzo da lavorare 11 realizza sul pezzo da lavorare una pluralità di rilievi e recessi sostanzialmente rettilinei, e la combinazione o l'incrocio dei rilievi e recessi dei due tagli passanti realizza detta pluralità di isole a rilievo 17 delimitate da solchi 18, formando in tal modo detta micro-topografia superficiale 20. Ad esempio, i solchi 18 saranno originati dall'unione di detti recessi 16 realizzati dal primo e dal secondo taglio passante.

[00106]. In accordo con una forma di realizzazione, le isole a rilievo 17 della micro-topografia superficiale 20 sono sostanzialmente delle protrusioni che si protendono a sbalzo dal livello dei solchi 18 in direzione parallela all'asse di rotazione R-R.

[00107]. Grazie ad un siffatto metodo, la micro-topografia superficiale 20 presenta canali di passaggio trasversali rettilinei 19 che in almeno una definibile direzione trasversale alla direzione longitudinale X-X del pezzo da lavorare 11 sono più stretti del calibro del filo di taglio 3 della macchina per elettroerosione a filo 2. Grazie ad un siffatto metodo, quindi, si permette di realizzare per elettroerosione a filo una superficie di presa 23 per uno strumento chirurgico 1 avente una micro-topografia superficiale 20 che presenta canali di passaggio trasversali rettilinei 19

più stretti del calibro del filo di taglio 3, ed adatti ad afferrare saldamente elementi da afferrare allungati (come ad esempio aghi di sutura e/o fili di sutura) che hanno calibro minore del calibro del filo di taglio 3.

[00108]. Questo favorisce una estrema miniaturizzazione della micro-testurizzazione della micro-topografia superficiale 20 realizzata con un siffatto metodo di fabbricazione per elettroerosione a filo.

[00109]. Il calibro dei canali di passaggio trasversali rettilinei 19 può essere regolato dalla scelta dell'angolo di rotazione α attorno all'asse di rotazione R-R nonché dalla scelta del passo tra due adiacenti picchi 12 del primo o del secondo percorso di taglio 21, 22.

[00110]. In accordo con un possibile modo di operare, l'angolo di rotazione α è compreso nell'intervallo da 30° a 120° , cioè in altri termini, la fase di ruotare comprende ruotare di un angolo di rotazione α il pezzo da lavorare 11 rispetto al filo di taglio 3 che è compreso tra 30° e 120° . In accordo con un possibile modo di operare, l'angolo di rotazione α è maggiore di 45° , e ad esempio è compreso tra 45° e 120° . In accordo con un possibile modo di operare, l'angolo di rotazione α è maggiore o uguale a 60° .

[00111]. La direzione trasversale rettilinea dei canali di passaggio trasversali rettilinei 19 realizzati sulla micro-topografia superficiale 20 risulta non-parallela alle direzioni del primo e del secondo taglio passante eseguiti dal filo di taglio 3.

[00112]. In accordo con una forma preferita di realizzazione, la direzione dei canali rettilinei 19 è ortogonale all'asse longitudinale X-X del pezzo da lavorare 11. In accordo con una forma di realizzazione, la direzione dei canali rettilinei 19 trasversali è inclinata rispetto all'asse longitudinale X-X del pezzo da lavorare 11, evitando al contempo di essere ortogonale all'asse longitudinale X-X.

[00113]. La direzione dei canali trasversali rettilinei 19 può essere regolata agendo sui parametri di taglio quali l'angolo di rotazione del pezzo da lavorare 11 rispetto al filo di taglio e/o l'angolo di posizionamento iniziale del pezzo da lavorare 11 rispetto al filo di taglio e/o il passo tra due adiacenti picchi 12 dei percorsi di taglio 21, 22.

[00114]. In accordo con una forma di realizzazione, il primo percorso di taglio 21 comprende una unità modulare UM di percorso che include

almeno un picco 12 e almeno una valle 13, in cui detta unità modulare di percorso UM si ripete uguale a sé stessa con una prima periodicità T1 o primo passo T1, come mostrato ad esempio in **figure 11-A e 11-B**. La prima periodicità T1 può essere fissa o variabile. Ad esempio, la prima periodicità T1 può essere valutata come la distanza spaziale o temporale tra due adiacenti picchi 12 del percorso di taglio 21. La unità modulare UM di percorso può comprendere più di un picco 12. Le medesime caratteristiche e proprietà descritte con riferimento alla prima unità modulare UM del primo taglio 21 possono applicarsi alla seconda unità modulare UM del secondo percorso di taglio 22 avente una sua seconda periodicità T2. La prima unità modulare UM del primo percorso di taglio 21 può essere uguale o diversa dalla seconda unità modulare UM del secondo percorso di taglio 22.

[00115]. Come mostrato ad esempio in **figura 12-A**, in accordo con una forma di realizzazione, il secondo percorso di taglio 22 comprende una seconda unità modulare di percorso UM che è uguale alla prima unità modulare di percorso UM del primo percorso di taglio 21 e rispetto ad essa sfalsata.

[00116]. Come mostrato ad esempio in **figura 12-B**, in accordo con una forma di realizzazione, il primo percorso di taglio 21 comprende una prima unità modulare di percorso UM che ha periodicità T1 tripla rispetto all'unità modulare UM del secondo percorso di taglio 22. In altri termini, la prima periodicità T1 in tale figura è sostanzialmente pari a tre volte la seconda periodicità T2.

[00117]. La periodicità può essere ottenuta scegliendo il calibro del filo di taglio 3. Ad esempio, possono essere utilizzati due differenti fili di taglio, che differiscono tra loro per il calibro, in cui un primo filo di taglio è utilizzato per realizzare il primo taglio passante lungo il primo percorso di taglio 21 ed il secondo filo di taglio è utilizzato per realizzare il secondo taglio passante lungo il secondo percorso di taglio 22.

[00118]. Almeno un percorso di taglio 21, 22, e preferibilmente entrambi, può comprendere una pluralità di cuspidi.

[00119]. Allo scopo di descrivere picchi 12 adatti a generare rilievi 15 acuminati, il percorso di taglio 21 o 22 può descrivere un extra percorso ad anello 26 fuori dal pezzo da lavorare 11. In altri termini, per realizzare

rilievi acuminati 15 e quindi per realizzare un percorso spezzato non-continuo avente stretti angoli di sterzata/spezzata, il percorso di taglio 21 o 22 può estendersi oltre il livello 27 (ad esempio corrispondente ad un bordo esterno del pezzo da lavorare 11 e/o ad un bordo esterno della micro-topografia superficiale 20 da ottenere), come mostrato ad esempio nelle **figure 11-A e 11-B**.

[00120]. In accordo con una forma preferita di realizzazione, almeno alcune isole e preferibilmente tutte le isole di detta pluralità di isole a rilievo 17 realizzate sulla micro-topografia superficiale 20 comprendono una estremità libera 28 acuminata.

[00121]. In accordo con una forma di realizzazione, almeno alcune isole e preferibilmente tutte le isole di detta pluralità di isole a rilievo 17 realizzate sulla micro-topografia superficiale 20 hanno geometria sostanzialmente piramidale che si protende dal livello dei solchi 18. Ad esempio la geometria piramidale ha base quadrangolare (es. parallelogramma, quadrato, rettangolo) a livello dei solchi. Le pareti laterali di tale geometria piramidale delle isole a rilievo 17 possono essere incurvate e concave oppure possono essere piane, inclinate rispetto alla direzione uscente (e quindi all'asse di rotazione R-R) e sostanzialmente di forma triangolare.

[00122]. In accordo con un possibile modo di operare, il metodo comprende la fase di realizzare una micro-topografia superficiale 20 comprende inoltre la ulteriore fase di spianare, o realizzare una spianatura, almeno localmente sul pezzo da lavorare 11 esponendo una superficie spianata da lavorare che sarà soggetta a detto primo taglio 21. Ad esempio, la fase di spianare può comprendere asportare materiale dal pezzo da lavorare 11. Il pezzo da lavorare 11 può avere corpo cilindrico e la fase di spianare può comprendere spianare una porzione di una superficie cilindrica del corpo cilindrico del pezzo da lavorare 11, realizzando una superficie sostanzialmente piana e parallela all'asse di sviluppo longitudinale X-X del pezzo da lavorare 11. In altri termini, in accordo con un possibile modo di operare, il metodo comprende la ulteriore fase di realizzare una sgrossatura iniziale, cioè una spianatura almeno parziale, sul pezzo da lavorare 11 esponendo una superficie spianata da lavorare sul pezzo da lavorare 11 sostanzialmente piana.

Questa fase di realizzare una sgrossatura iniziale può venire eseguita prima della fase di realizzare una micro-topografia superficiale. Questa fase di realizzare una sgrossatura iniziale può appartenere alla fase di realizzare una micro-topografia superficiale e può venire eseguita dal filo di taglio 3 della macchina di elettroerosione a filo 2.

[00123]. Questa fase di realizzare una sgrossatura iniziale può venire eseguita prima della fase di montare l'almeno un pezzo da lavorare 11 alla macchina di elettroerosione a filo 2. Ad esempio, il pezzo da lavorare 11 può comprendere uno o più smanchi ciascuno avente una superficie spianata da lavorare.

[00124]. La fase di realizzare una micro-topografia superficiale 20 può realizzare una micro-topografia superficiale su una porzione di detta superficie spianata da lavorare e/o sulla sua interezza.

[00125]. In accordo con una forma di realizzazione, almeno alcuni e preferibilmente tutti i solchi 18 tra le isole a rilievo 17 hanno fondo curvo e concavo. Preferibilmente, il fondo concavo è sostanzialmente circolare cioè ha un profilo che descrive sostanzialmente un arco di circonferenza.

[00126]. Il livello dei solchi 18, cioè il livello del fondo dei solchi 18 può essere sostanzialmente il medesimo per tutti i solchi 18 della micro-topografia superficiale 20. Questo può essere realizzato mediante implementazione di detti primo e secondo percorsi di taglio 21, 22 aventi valli 13 tutte allo stesso livello, che realizzano tagli passanti alla medesima profondità sul pezzo da lavorare 11.

[00127]. Il livello dell'estremità libera 28 delle isole a rilievo 17 può essere il medesimo per tutte le isole a rilievo 17 di detta pluralità. Questo può essere realizzato mediante implementazione di detti primo e secondo percorsi di taglio 21, 22 aventi picchi 12 tutti allo stesso livello, che realizzano tagli passanti alla medesima profondità sul pezzo da lavorare 11.

[00128]. L'estensione nella direzione di protrusione delle isole a rilievo 17 può essere sostanzialmente identica per tutte le isole a rilievo 17 di detta pluralità.

[00129]. In accordo con un possibile modo di operare, possono essere realizzate una pluralità di micro-topografie superficiali 20 su detto almeno un pezzo da lavorare 11.

[00130]. In accordo con un possibile modo di operare, due micro-topografie superficiali 20 di detta pluralità sono destinate a risultare affacciate quando in condizioni di esercizio cioè quando formano superfici di presa 23,43 tra loro affacciate e destinate ad esercitare congiuntamente un'azione di presa, ad esempio su un ago e/o su un filo di sutura chirurgico, e ad esempio appartengono a rispettivi link di presa 30, 40. In tal caso, in accordo con una forma di realizzazione, la disposizione delle isole a rilievo 17 di una superficie di presa 23 risulta sfalsata rispetto alla disposizione delle isole a rilievo 17 dell'altra superficie di presa 43, in modo che quando le superfici di presa 23, 43 sono richiuse in una configurazione chiusa le isole a rilievo 17 di una superficie di presa 23 risultano inserite nei solchi 18 dell'altra superficie di presa 23, e viceversa, come mostrato ad esempio in **figura 14**. Ad esempio, le estremità libere 28 delle isole a rilievo 17 di una superficie di presa 23 possono andare in battuta contro le pareti di fondo dei solchi 18 dell'altra affacciata superficie di presa. In tal modo, si permette di realizzare a strumento chirurgico chiuso canali di passaggio trasversali rettilinei 19 di ulteriormente ridotto calibro.

[00131]. In accordo con un possibile modo di operare, come mostrato ad esempio in **figura 6**, un singolo pezzo da lavorare 11 comprende una pluralità di micro-topografie superficiali 20. Ad esempio, le micro-topografie superficiali di detta pluralità sono spaziate longitudinalmente lungo il singolo pezzo da lavorare 11.

[00132]. In accordo con un possibile modo di operare, è prevista una pluralità di pezzi da lavorare 11 che comprende detto almeno un pezzo da lavorare 11.

[00133]. In accordo con un possibile modo di operare, è prevista una pluralità di pezzi da lavorare 11 che comprende detto almeno un pezzo da lavorare, in cui i pezzi da lavorare 11 di detta pluralità sono montati al supporto 24 e disposti in modo il filo di taglio 3 intersechi al massimo un pezzo da lavorare 11 per volta di detta pluralità su almeno un piano di taglio. Di preferenza, i pezzi da lavorare 11 di detta pluralità sono montati al supporto 24 e disposti in modo il filo di taglio 3 intersechi al massimo un pezzo da lavorare 11 per volta di detta pluralità su almeno due piano di taglio. In accordo con una forma di realizzazione, i pezzi da lavorare

11 di detta pluralità sono montati al supporto 24 e disposti in modo il filo di taglio 3 intersechi al massimo un pezzo da lavorare 11 per volta di detta pluralità su almeno tre piani di taglio.

[00134]. In accordo con un possibile modo di operare, su un medesimo pezzo da lavorare 11 vengono realizzate una pluralità di micro-topografie superficiali 20, che ad esempio si susseguono lungo l'estensione longitudinale del pezzo da lavorare 11 e che potranno formare una rispettiva pluralità di superfici di presa 23.

[00135]. In accordo con un possibile modo di operare, il metodo comprende inoltre la ulteriore fase di sagomare l'almeno un pezzo da lavorare 11.

[00136]. In accordo con una forma preferita di realizzazione, la fase di sagomare realizza almeno un link 30 o 40 per uno strumento chirurgico 1, detto link 30 essendo munito di una superficie di presa 23 che comprende detta micro-topografia superficiale 20, come mostrato ad esempio in **figura 9**.

[00137]. In accordo con una forma di realizzazione, la fase di sagomare realizza almeno un componente 34 come un inserto, ad esempio un "pad" o piastra avente detta micro-topografia superficiale 20 destinato a venire fissato ad uno strumento chirurgico 1 e/o una porzione di estremità libera da fissare rigidamente ad un link di presa. Ad esempio, detto componente 34 è destinato a venire saldato o incollato allo strumento chirurgico 1. Ad esempio, detto componente 34 può comprendere una prima faccia comprendente detta micro-topografia superficiale 20 ed una seconda opposta faccia di dorso che può essere rettificata ed è destinata a venire fissata ad una porzione di uno strumento chirurgico 1, ad esempio è destinata a venire fissata ad una porzione di presa di uno strumento chirurgico 1 come ad esempio un link di presa, in cui detta micro-topografia superficiale 20 forma una superficie di presa 23 del link di presa. La superficie di presa 23 comprendente la micro-topografia superficiale 20 può essere realizzata in pezzo separato rispetto al terminale articolato e ad esso assemblato, ed in accordo con una forma di realizzazione, un link di presa di un terminale articolato comprende in pezzo unico pareti che formano una sede di fissaggio 33, ed in cui un componente 34 o inserto 34 (quale un pad, una piastra, un

blocco) comprendente detta micro-topografia superficiale viene fissato in detta sede di fissaggio 33 (ad esempio mediante incollaggio, incastro, aggancio, etc.).

[00138]. In accordo con un possibile modo di operare, la fase di sagomare comprende realizzare due tagli passanti di sagomatura. Detti due tagli passanti di sagomatura sono preferibilmente realizzati sul pezzo da lavorare 11 su due piani di taglio tra loro ortogonali. Detti due tagli passanti di sagomatura sono preferibilmente realizzati sul pezzo da lavorare 11 mediante il filo di taglio 3 della macchina di elettroerosione a filo 2. Pertanto, in accordo con questo modo di operare, si realizzano sul pezzo da lavorare 11 almeno quattro tagli passanti con il filo di taglio 3, in cui due tagli appartengono alla fase di realizzare la micro-topografia superficiale 20 e due tagli appartengono alla fase di sagomare.

[00139]. Tra detti due tagli passanti di sagomatura della fase di sagomare, può essere prevista la ulteriore fase di ruotare il pezzo da lavorare 11 attorno ad un secondo asse di rotazione di sagomatura che è ortogonale a detto asse di rotazione R-R, di un angolo sostanzialmente pari a 90° . Preferibilmente, detto secondo asse di rotazione di sagomatura è coincidente o parallelo all'asse di sviluppo longitudinale X-X dell'almeno un pezzo da lavorare 11. Questa fase di ruotare può venire realizzata ruotando detto supporto 24.

[00140]. In accordo con un preferito modo di operare, la fase di sagomare viene eseguita dopo la fase di realizzare una micro-topografia superficiale. Tra la fase di realizzare una micro-topografia superficiale 20 e la fase di sagomare può essere prevista una ulteriore fase di ruotare il pezzo da lavorare rispetto al filo di taglio 3 attorno a detto asse di rotazione R-R. In questa maniera, si permette ad esempio di disporre il pezzo da lavorare 11 allineato al filo di taglio 3 oppure ortogonale al filo di taglio 3 prima della fase di sagomare, laddove al termine del secondo taglio passante di micro-testurizzazione della fase di realizzare una micro-topografia superficiale 20 il pezzo da lavorare 11 risultasse inclinato rispetto al filo di taglio 3.

[00141]. Grazie ad un siffatto metodo, si evitano ripiazzamenti del pezzo da lavorare 11 tra i tagli passanti di micro-testurizzazione della fase di realizzare una micro-topografia superficiale. Si permette quindi

una migliorata precisione di taglio adatta ad una estrema miniaturizzazione, e si permette all'occorrenza di realizzare un'unica fase di calibrazione iniziale.

[00142]. Grazie ad un siffatto metodo, si evitano ripiazzamenti o riposizionamenti del pezzo da lavorare 11 sul supporto 24 tra i tagli passanti di sagomatura della fase di sagomare nonché tra detti tagli di sagomatura e detti tagli di micro-testurizzazione della fase di realizzare una micro-topografia superficiale. Si permette quindi una migliorata precisione di taglio adatta ad una estrema miniaturizzazione, e si permette all'occorrenza di realizzare un'unica fase di calibrazione iniziale.

[00143]. La fase di sagomare può comprendere la fase di separare almeno detta micro-topografia superficiale 20 dal supporto 24 del pezzo da lavorare 11. Ad esempio, il secondo taglio passante di sagomatura realizza detta fase di separare. In tal caso, è possibile prevedere una ulteriore fase di ruotare il pezzo da lavorare 11 rispetto al filo di taglio 3 prima della fase di sagomare attorno ad un asse di rotazione che è parallelo o coincidente all'asse di sviluppo longitudinale X-X del pezzo da lavorare 11.

[00144]. Come sopra menzionato, la fase di montare può comprendere montare l'almeno un pezzo da lavorare 11 ad un supporto 24 e la fase di ruotare può comprendere ruotare detto supporto 24 rispetto al filo di taglio 3.

[00145]. In accordo con un possibile modo di operare, la fase di montare comprende: prevedere un attrezzaggio o dima che forma almeno parzialmente detto supporto 24, e montare l'almeno un pezzo da lavorare 11 all'attrezzaggio, e montare l'attrezzaggio alla macchina per elettroerosione a filo 2. Ad esempio, detto attrezzaggio o dima può comprendere opposte superfici di posizionamento 31, 32 tra loro non parallele destinate a formare riscontri di posizionamento dell'attrezzaggio alla macchina di elettroerosione a filo 2 per posizionare l'almeno un pezzo da lavorare in modo idoneo all'esecuzione della fase di realizzare detta micro-topografia superficiale 20. Può essere previsto almeno un ulteriore riscontro di posizionamento per posizionare l'almeno un pezzo da lavorare in modo idoneo all'esecuzione della fase di sagomare. In accordo

con una forma di realizzazione, detto attrezzaggio o dima è ribaltabile, e la fase di ruotare viene eseguita ruotando ribaltando l'attrezzaggio rispetto al filo di taglio 3. L'angolo tra le opposte superfici di posizionamento 31, 32 della dima o attrezzaggio può essere in relazione con l'angolo di rotazione tra del pezzo da lavorare 11 tra i tagli passanti della fase di realizzare una micro-topografia superficiale 20, e di conseguenza può essere in relazione con l'angolo tra i rilievi 15 (o tra i recessi 16) realizzati con il primo taglio passante e i rilievi 15 (e i recessi 16) realizzati con il secondo taglio passante della fase di realizzare una micro-topografia superficiale 20. Pertanto, il calibro dei canali trasversali rettilinei passanti 19 risultanti potrà dipendere dalla scelta dell'angolo tra le opposte superfici di posizionamento 31, 32 della dima o attrezzaggio.

[00146]. L'attrezzaggio o dima del supporto 24 può essere operativamente connesso ad uno o più motori 25 per eseguire la rotazione del pezzo da lavorare 11 attorno all'asse di rotazione R-R della fase di realizzare una micro-topografia superficiale 20 e all'occorrenza per eseguire la ulteriore rotazione della fase di sagomare. Ad esempio, detti uno o più motori 25 realizzano una rotazione del supporto 24 che comprende detto attrezzaggio o dima.

[00147]. In accordo con un possibile modo di operare, la fase di montare comprende prevedere un braccio robotico che forma detto supporto 24, e montare l'almeno un pezzo da lavorare al braccio robotico, come mostrato schematicamente in **figura 5**. Ad esempio, detto braccio robotico può comprendere un terminale di presa che afferra detto almeno un pezzo da lavorare 11 direttamente o indirettamente ad esempio mediante interposizione di una dima di afferraggio comprendente una porzione di afferraggio. Con il termine "afferra" si intende qui indicare anche la forma di realizzazione in cui il braccio robotico è fissato, ad esempio avvitato e/o agganciato all'almeno un pezzo da lavorare direttamente o indirettamente ad esempio mediante interposizione di detta dima di afferraggio. In accordo con questo modo di operare, la fase di ruotare è preferibilmente eseguita mediante azionamento del braccio robotico. Il braccio robotico può essere munito di due o più assi (ad esempio si può trattare di un braccio robotico del tipo "pitch-yaw").

[00148]. In accordo con un possibile modo di operare, la fase di

provvedere una macchina per elettroerosione a filo 2 comprende munire la macchina di elettroerosione a filo 2 di un sistema di posizionamento del pezzo da lavorare 11 a ad almeno un asse rotante (ad esempio: un mandrino rotante), che forma almeno parzialmente detto supporto 24 come mostrato schematicamente in **figura 4**. In tal caso, la fase di ruotare può essere eseguita mediante azionamento dell'asse rotante. Detto sistema di posizionamento del pezzo da lavorare 11 della macchina di elettroerosione 2 può comprendere almeno due assi rotanti tra loro non paralleli.

[00149]. Grazie alle soluzioni proposte, si permette di realizzare un processo di fabbricazione avente il vantaggio di eliminare bave e refusi sulla micro-topografia superficiale 20, che al contempo risulta preciso sui bordi e sugli spigoli vivi per facilitare la presa e aumentare la capacità di presa (grip) delle superfici di presa di uno strumento chirurgico 1.

[00150]. Grazie alle soluzioni proposte, si permette di realizzare un processo di fabbricazione per asportazione di materiale in grado di realizzare spigoli vivissimi con elevatissima precisione di taglio e micro-testurizzazione, rendendolo adatto a realizzare superfici di presa miniaturizzate nonché lavorazioni di micro-testurizzazione miniaturizzate.

[00151]. Grazie alle soluzioni proposte, si permette di realizzare superfici di presa di uno strumento chirurgico 1 adatte ad afferrare oggetti rigidi in un orientamento predefinibile.

[00152]. In accordo con una forma generale di realizzazione, è previsto uno strumento chirurgico 1 comprendente almeno una superficie funzionale comprendente una micro-topografia superficiale 20.

[00153]. L'almeno una superficie funzionale può essere una superficie di presa 23.

[00154]. L'almeno una superficie funzionale può essere una superficie di appoggio, una superficie di posizionamento, etc.

[00155]. La micro-topografia superficiale è preferibilmente realizzata per elettroerosione a filo, in accordo con uno qualsiasi dei modi di operare precedentemente descritti.

[00156]. Preferibilmente lo strumento chirurgico 1 comprende due affacciabili superfici di presa 23, in cui almeno una delle, ma anche entrambe le, micro-topografie superficiali 20 delle superfici di presa 23

sono realizzate mediante elettro-erosione a filo.

[00157]. Le superfici di presa 23 sono destinate ad eseguire congiuntamente un'azione di presa su un ago chirurgico o microchirurgico e/o un filo di sutura.

[00158]. La micro-topografia superficiale di una superficie di presa 23 può essere sfalsata rispetto alla micro-topografia superficiale dell'altra affacciata superficie di presa 23.

[00159]. Laddove le micro-topografie superficiali delle superfici di presa 23 siano entrambe del tipo avente rilievi 15 e recessi 16 tutti paralleli tra loro con passo o periodicità T1, T2 corrispondente tra la prima e la seconda superficie di presa, allora i rilievi 15 di una superficie di presa 23 possono essere disposti sfalsati rispetto ai rilievi dell'altra superficie di presa in modo che i rilievi di una superficie di presa risultino affacciati e ad esempio in battuta contro i recessi 16 dell'altra superficie di presa.

[00160]. Ad esempio, detti rilievi 15 realizzati dal filo di taglio 3 possono essere delle creste o cuspidi che si estendono lungo una direzione sostanzialmente rettilinea e parallela al filo di taglio 3 durante il primo taglio passante. Ad esempio, detti recessi 16 realizzati dal filo di taglio 3 possono essere dei canali aperti a fondo curvo che si estendono sostanzialmente rettilinei e paralleli alle creste o cuspidi di detti rilievi 15 e quindi paralleli al filo di taglio 3 durante il primo taglio passante.

[00161]. Laddove previste, preferibilmente le isole a rilievo 17 di una superficie di presa 23 sono sfalsate rispetto alle isole a rilievo 17 dell'altra superficie di presa 23 affinché vengano ricevute nei solchi 18 di quest'ultima quando le superfici di presa 23 sono in configurazione di chiusura.

[00162]. In accordo con una forma di realizzazione, detta micro-topografia superficiale 20 può appartenere soltanto ad una porzione della superficie di presa 23. Ad esempio, la micro-topografia superficiale può essere realizzata soltanto su una fascia longitudinale della superficie di presa a ridosso di una estremità libera 37 di un link 30 del terminale articolato dello strumento chirurgico ma che non comprende tale estremità libera 37. Una prima porzione della superficie di presa 23 con la micro-topografia superficiale 20 può essere impiegata per afferrare un ago

chirurgico o microchirurgico mentre una seconda porzione 38 può essere impiegata per afferrare un filo di sutura, separatamente o contemporaneamente all'afferraggio di detto ago.

[00163]. Grazie al dimensionamento e alla localizzazione delle porzioni con caratteristiche localmente diverse sulla superficie di presa, si rende possibile adattare la fabbricazione in base al tessuto o al dispositivo che la superficie di presa dovrà afferrare quando in condizioni di esercizio. Ad esempio, una porzione con spigoli vivi alla guisa di una dentellatura e/o punzonatura può essere dedicata all'afferraggio di un ago chirurgico e/o un tessuto biologico difficile da afferrare, mentre una porzione piatta della medesima superficie di presa può essere dedicata all'afferraggio di fili di sutura o di tessuti biologici da non danneggiare.

[00164]. Come sopra menzionato, in accordo con una forma di realizzazione, uno strumento chirurgico 1 comprende due affacciabili superfici di presa 23, 43 in cui entrambe le superfici di presa comprendono una micro-topografia superficiale 20 avente rilievi 15 e recessi 16 aventi tutti prevalente estensione trasversale che sono tutti paralleli tra loro. Il passo tra rilievi adiacenti può variare. La direzione dei rilievi 15 e dei recessi 16 può essere trasversale e preferibilmente ortogonale all'estensione longitudinale della superficie di presa 23.

[00165]. Come mostrato ad esempio in **figura 16**, due affacciabili superfici di presa 23, 43 di rispettivi link di presa 30, 40 di uno strumento chirurgico 1 comprendono ciascuna una micro-topografia superficiale 20 avente 15 rilievi e recessi 16, e tutti i rilievi e recessi di entrambe le superfici di presa sono tutti paralleli tra loro e orientati in direzione trasversale (preferibilmente ortogonale) all'estensione longitudinale del link di presa 30. 40 rispettivamente, formando creste parallele, in cui le creste formate dai rilievi 15 di una superficie di presa 23 sono affacciate alle e desinate ad andare in battuta contro le creste formate dai rilievi 15 dell'altra superficie di presa 43, ed in cui ciascuna superficie di presa 23, 43 comprende una seconda porzione 38 non lavorata, in cui detta seconda porzione non lavorata 38 è disposta distalmente alla micro-topografia superficiale 20 in entrambe le superfici di presa 23, 43, realizzando una porzione di presa distale non lavorata. In questo esempio, il passo tra le creste formate dai rilievi 15 può essere costante o variabile ed è uguale

per le due superfici di presa 23, 43.

[00166]. Come mostrato ad esempio in **figura 17**, due affacciabili superfici di presa 23, 43 di rispettivi link di presa 30, 40 di uno strumento chirurgico 1 comprendono ciascuna una micro-topografia superficiale 20 avente 15 rilievi e recessi 16, e tutti i rilievi e recessi di entrambe le superfici di presa sono tutti paralleli tra loro e orientati in direzione trasversale (preferibilmente ortogonale) all'estensione longitudinale del link di presa 30. 40 rispettivo, formando creste parallele, in cui le creste formate dai rilievi 15 di una superficie di presa 23 o 43 sono affacciate alle e desinate ad andare in battuta contro il fondo dei recessi 16 dell'altra superficie di presa 43 o 23, ed in cui ciascuna superficie di presa 23, 43 comprende una seconda porzione 38 non lavorata, in cui detta seconda porzione non lavorata 38 è disposta distalmente alla micro-topografia superficiale 20 in entrambe le superfici di presa 23, 43, realizzando una porzione di presa distale non lavorata. In questo esempio, il passo tra le creste formate dai rilievi 15 può essere costante o variabile ed è uguale per le due superfici di presa 23, 24. Grazie ad una siffatta soluzione, di permette di realizzare canali trasversali passanti 19 rettilinei aventi calibro inferiore al calibro del filo di taglio 3 della macchina di elettroerosione 2.

[00167]. Come mostrato ad esempio in **figura 18**, due affacciabili superfici di presa 23, 43 di rispettivi link di presa 30, 40 di uno strumento chirurgico 1 comprendono ciascuna una micro-topografia superficiale 20 avente 15 rilievi e recessi 16, e tutti i rilievi e recessi di entrambe le superfici di presa sono tutti paralleli tra loro e orientati in direzione trasversale (preferibilmente ortogonale) all'estensione longitudinale del link di presa 30. 40 rispettivo, formando creste parallele, in cui le creste formate dai rilievi 15 di una superficie di presa 23 sono affacciate alle e desinate ad andare in battuta contro le creste formate dai rilievi 15 dell'altra superficie di presa 43. In questo esempio, il passo tra le creste formate dai rilievi 15 è variabile ma è uguale per le due superfici di presa 23, 43, ed in particolare il passo tra i rilievi 15 è ridotto in una porzione distale della superficie di presa 23, 43. Può essere prevista una seconda porzione 38 non lavorata in prossimità dell'estremità distale 37.

[00168]. Come mostrato ad esempio in **figura 19**, due affacciabili

superfici di presa 23, 43 di rispettivi link di presa 30, 40 di uno strumento chirurgico 1 comprendono ciascuna una micro-topografia superficiale 20 avente 15 rilievi e recessi 16, e tutti i rilievi e recessi di entrambe le superfici di presa sono tutti paralleli tra loro e orientati in direzione trasversale (preferibilmente ortogonale) all'estensione longitudinale del link di presa 30. 40 rispettivo, formando creste parallele, in cui le creste formate dai rilievi 15 di una superficie di presa 23 sono affacciate alle e desinate ad andare in battuta contro le creste formate dai rilievi 15 dell'altra superficie di presa 43. In questo esempio, il passo tra le creste formate dai rilievi 15 è costante ed è uguale per le due superfici di presa 23, 43. Può essere prevista una seconda porzione 38 non lavorata in prossimità dell'estremità distale 37. Può essere prevista una seconda porzione 38 non lavorata della superficie di presa 23, 43 posta prossimalmente alla micro-topografia superficiale 20 e ad essa adiacente.

[00169]. Come mostrato ad esempio in **figura 20**, due affacciabili superfici di presa 23, 43 di rispettivi link di presa 30, 40 di uno strumento chirurgico 1 comprendono ciascuna una micro-topografia superficiale 20 avente 15 rilievi e recessi 16, e tutti i rilievi e recessi di entrambe le superfici di presa sono tutti paralleli tra loro e orientati in direzione trasversale (preferibilmente ortogonale) all'estensione longitudinale del link di presa 30. 40 rispettivo, formando creste parallele, in cui le creste formate dai rilievi 15 di una superficie di presa 23 sono affacciate a e desinate ad andare in battuta contro il fondo dei recessi 16 dell'altra superficie di presa 43 o 23. In questo esempio, il passo tra le creste formate dai rilievi 15 è costante ed è uguale per le due superfici di presa 23, 43. Può essere prevista una seconda porzione 38 non lavorata in prossimità dell'estremità distale 37.

[00170]. Come mostrato ad esempio in **figura 21**, due affacciabili superfici di presa 23, 43 di rispettivi link di presa 30, 40 di uno strumento chirurgico 1 comprendono ciascuna una micro-topografia superficiale 20 avente 15 rilievi e recessi 16, e tutti i rilievi e recessi di entrambe le superfici di presa sono tutti paralleli tra loro e orientati in direzione trasversale (preferibilmente ortogonale) all'estensione longitudinale del link di presa 30. 40 rispettivo, formando creste parallele, in cui le creste formate dai rilievi 15 di una superficie di presa 23 sono affacciate a e

desinate ad andare in battuta contro le creste formate dai rilievi 15 dell'altra superficie di presa 43, ed in cui in prossimità dell'estremità distale 37 del link rispettivo 30, 40, le superfici di presa 23,43 comprendono ciascuna, inoltre, un elemento elastico 41 flessibile elasticamente. La superficie di presa 23, 43 in corrispondenza di detto elemento elastico 41 è di preferenza non lavorata, formando una seconda porzione 38 non lavorata in corrispondenza dell'elemento elastico 41. L'elemento elastico 41 può essere una porzione flessibile elasticamente di un link di presa 30, 40 e/o di una superficie di presa 23, 43.

[00171]. Come mostrato ad esempio in **figura 22**, due affacciabili superfici di presa 23, 43 di rispettivi link di presa 30, 40 di uno strumento chirurgico 1 comprendono ciascuna una micro-topografia superficiale 20 avente 15 rilievi e recessi 16, e tutti i rilievi e recessi di entrambe le superfici di presa sono tutti paralleli tra loro e orientati in direzione trasversale (preferibilmente ortogonale) all'estensione longitudinale del link di presa 30, 40 rispettivo, formando creste parallele, in cui le creste formate dai rilievi 15 di una superficie di presa 23 sono affacciate a e desinate ad andare in battuta contro le creste formate dai rilievi 15 dell'altra superficie di presa 43, ed in cui in prossimità dell'estremità distale 37 del link rispettivo 30, 40, le superfici di presa 23,43 comprendono ciascuna, inoltre, una seconda porzione 38 non lavorata.

[00172]. Come sopra menzionato, in accordo con una forma di realizzazione, uno strumento chirurgico 1 comprende due affacciabili superfici di presa 23,43 in cui entrambe le superfici di presa comprendono una micro-topografia superficiale 20 avente rilievi 15 e recessi 16. In accordo con una forma di realizzazione almeno una micro-topografia superficiale 20 (cioè almeno la micro-topografia superficiale delle superfici di presa 23 o della superficie di presa 43) comprende isole a rilievo 17 delimitate da solchi 18. Come mostrato ad esempio in **figura 14**, le isole a rilievo 17 di una superficie di presa 23 sono affacciate a e vengono ricevute all'interno di solchi 18 dell'altra superficie di presa 43. In accordo con una forma di realizzazione, come mostrato ad esempio in **figure 15 A-B**, detta seconda porzione 38 della superficie di presa 23 è disposta in recesso rispetto alla micro-topografia superficiale 20 realizzata, in modo che tra la seconda porzione 38 e la micro-topografia

superficiale 20 sia frapposto un gradino 39. Di preferenza, il gradino sporge per una quantità che è maggiore dell'altezza dei picchi 12 rispetto alle valli 13 realizzate dall'almeno un taglio passante.

[00173]. Come sopra menzionato, in accordo con una forma di realizzazione, uno strumento chirurgico 1 comprende due affacciabili superfici di presa 23,43 in solo una di dette superfici di presa 23 comprende una micro-topografia superficiale 20 avente rilievi 15 e recessi 16 che formano isole a rilievo 17 delimitate da solchi 18. Come mostrato ad esempio in **figura 15-C**, una superficie di presa 23 comprende una micro-topografia superficiale 20 avente isole a rilievo 17 delimitate da solchi 18, e l'altra affacciata superficie di presa 43 è sostanzialmente piatta cioè sostanzialmente non lavorata cioè non comprende una micro-topografia superficiale 20 controllata.

[00174]. In accordo con una forma di realizzazione, il terminale articolato 29 dello strumento chirurgico 1 è un terminale articolato 29 del tipo polsino articolato, comprendente almeno il grado di libertà di apertura/chiusura (o grip) G tra due link di presa 30, 40 ciascuno comprendente una superficie di presa 23, 43. Il terminale articolato 20 è di preferenza posto all'estremità distale di una bacchetta 42 o asta 42 o alberino 42 che si estende da una porzione di interfaccia di trasmissione 44 dello strumento chirurgico 1 al terminale articolato 29. Il terminale articolato 29 comprende di preferenza una pluralità di links comprendenti detti due link di presa 30, 40 tra loro articolati definendo il grado di libertà di apertura /chiusura G, e un link di supporto 45 (o link a cavallotto 45) avente due rebbi 46, in cui i due link di presa 30, 40 sono entrambi articolati ai rebbi 46 del link di supporto 45 definendo un grado di libertà di imbardata (yaw) Y tra il link di supporto e ciascuno o entrambi i link di presa 30, 40. I link di presa 30, 40 comprendono ciascuno di preferenza un'estremità libera 37. Può essere previsto un ulteriore link di collegamento 47 all'alberino 42, che può essere fissato all'estremità distale dell'alberino 42 mediante i perni 52 ed articolato al link di supporto 45 definendo un grado di libertà di beccheggio (pitch) P. Può essere presente un ulteriore grado di libertà di rotazione (roll) R del terminale articolato 29 attorno all'asse longitudinale dell'alberino 42. Come mostrato ad esempio in **figura 23**, tendini di attuazione 48, 49, 50, 51

sono connessi ai link del terminale articolato 29 per attivare i gradi di libertà. Di preferenza una coppia di tendini antagonisti è connessa a ciascun link. Nell'esempio illustrato, il link di presa 40 è movimentato in direzioni opposte attorno all'asse di imbaradata (yaw) Y-Y mediante la coppia di tendini 48, 49, ed in cui il tendine 51 movimenta l'altro link di presa 30 attorno all'asse di imbaradata Y-Y, mentre il tendine 50 movimenta il link di supporto 45 attorno all'asse di beccheggio P-P.

[00175]. In accordo con una forma preferita di realizzazione, come mostrato ad esempio in **figura 23**, i link del terminale articolato 29 sono privi di canali per guidare i tendini di attuazione. In accordo con una forma preferita di realizzazione, i link del terminale articolato 29 comprendono superfici rigate convesse 53, 54, 55 a contatto con i tendini di attuazione. La superficie rigata convessa 53 è parallela all'asse di beccheggio (pitch) P-P ed appartiene al link di collegamento 47 e tutti i tendini 48, 49, 50 con essa a contatto sono configurati per scorrere sulla superficie rigata convessa 53 durante la movimentazione dei gradi di libertà di beccheggio, imbaradata e apertura/chiusura P, Y, G. La superficie rigata convessa 54 appartiene al link di supporto 45, e i tendini 48, 49 di movimentazione del link di presa 40 sono destinati a scorrere sulla superficie rigata convessa 54 durante l'attuazione del grado di libertà di apertura/chiusura G, mentre il tendine 50 di movimentazione del link di supporto 45 non scorre sulla superficie rigata convessa 54 (ma si limita ad avvolgersi/svolgersi). La superficie rigata convessa 55 è parallela all'asse di imbaradata (yaw) Y-Y ed appartiene al link di presa 40, e i tendini 48, 49 di movimentazione del link di presa 40 attorno all'asse di imbaradata Y-Y non scorrono su detta superficie rigata convessa 55. La superficie rigata convessa 56 è parallela all'asse di imbaradata (yaw) Y-Y ed appartiene al link di presa 30, e i tendini 51 di movimentazione del link di presa 30 attorno all'asse di imbaradata Y-Y non scorrono su detta superficie rigata convessa 56.

[00176]. I tendini di attuazione sono di preferenza ricevuti in rispettive sedi di terminazione 35 previste sui link da attuare.

[00177]. Ciascun link può essere realizzato in pezzo unico.

[00178]. In accordo con una forma di realizzazione, ciascun link del terminale articolato 29 è realizzato per sagomatura per elettroerosione a filo (WEDM) con una macchina di elettroerosione a filo 2. Ad esempio, la

fase di sagomare sopra descritta può realizzare detti link di presa 30, 40 comprendenti ciascuno una superficie rigata convessa 55, 56.

[00179]. In accordo con una forma generale di realizzazione, è previsto un sistema di chirurgia robotica 100 comprendente almeno uno strumento chirurgico 1 secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte. Il sistema di chirurgia robotica 100 può comprendere inoltre almeno un manipolatore robotico 101 per movimentare almeno il terminale articolato 29 dello strumento chirurgico 1 sotto il controllo di almeno un dispositivo di controllo master 102. Il dispositivo di controllo master 102 può essere meccanicamente non vincolato a terra ed associato ad un sistema di tracciamento (tracking).

[00180]. In accordo con una forma generale di realizzazione, è previsto un apparato di elettroerosione a filo comprendente una macchina di elettroerosione a filo 2 comprendente un filo di taglio 3 secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte, ed un supporto 24 per supportare almeno un pezzo da lavorare 11 in almeno un predeterminabile orientamento del pezzo da lavorare 11 rispetto al filo di taglio 3.

[00181]. Il supporto 24 è di preferenza un supporto secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte.

[00182]. Grazie alle caratteristiche sopra descritte, previste disgiuntamente o congiuntamente tra loro in particolari forme di realizzazione nonché in particolari modi di operare, si permette di fornire una soluzione alle sopra menzionate esigenze, ottenendo i suddetti vantaggi, ed in particolare:

[00183]. - si supporta una estrema miniaturizzazione delle pratiche microchirurgiche nonché della strumentazione chirurgica;

[00184]. - si permette di afferrare saldamente aghi di calibro ridottissimo, sino a 12/0;

[00185]. - ad esempio, con ago chirurgico miniaturizzato si intende indicare un ago di taglia minore o uguale a 8/0 (circa 150 μ m) nonché minore o uguale a 12/0 (circa 50 μ m), mentre con filo di sutura miniaturizzato si intende indicare un filo di sutura avente diametro minore di 50 μ m (ad esempio minore o uguale a 30 μ m);

[00186]. - si permette di realizzare un end-effector chirurgico

miniaturizzato, robusto ed avente migliorate capacità di presa su aghi e/o fili di sutura e/o distretti anatomici miniaturizzati;

[00187]. – si permette di realizzare un end-effector chirurgico miniaturizzato munito di superfici di presa aventi una micro-topografia superficiale realizzata con un metodo di fabbricazione per elettroerosione a filo, con multiple passate del filo di taglio (ad esempio almeno 5 passate), che quindi elimina e previene sollecitazioni termiche durante il processo stesso tali da alterare il reticolo cristallino del pezzo da lavorare e pertanto rende il processo adatto a realizzare la micro-topografia superficiale sul medesimo pezzo che formerà un link di presa dell'end-effector chirurgico miniaturizzato;

[00188]. – si evita la formazione di bave e refusi e si fornisce un processo di fabbricazione estremamente preciso per realizzare spigoli vivi miniaturizzati con lo scopo di aumentare la capacità di presa;

[00189]. – si fornisce lo strumento chirurgico di migliorate capacità di presa;

[00190]. – si permette ad esempio di predeterminare l'orientamento desiderato di afferraggio di un ago chirurgico o microchirurgico grazie alla distribuzione di detti rilievi e recessi;

[00191]. – si fornisce un processo di fabbricazione ripetibile ed al contempo versatile ed applicabile ad una varietà di ambiti clinici ed in particolare chirurgici;

[00192]. - la superficie funzionale che è oggetto della lavorazione di micro-topografia superficiale potrebbe essere una superficie funzionale che non necessariamente contribuisce ad un'azione di presa.

[00193]. 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	Macchina di elettroerosione a filo
3	Filo di taglio
4	Testa della macchina
5	Testa della macchina
6	Rullo o bobina di avvolgimento per il filo di taglio
7	Vasca
8	Condotto idraulico
9	Pompa
10	Ugello
11	Pezzo da lavorare
12	Picco
13	Valle
14	Porzione esposta
15	Rilievo
16	Recesso
17	Isola a rilievo
18	Solco
19	Canale trasversale rettilineo
20	Micro-topografia superficiale
21	Percorso di taglio, o primo percorso di taglio del primo taglio
22	Secondo percorso di taglio del secondo taglio
23	Superficie di presa dello strumento chirurgico
24	Supporto per il pezzo da lavorare
25	Motore
26	Extra-percorso di taglio ad anello
27	Livello di bordo
28	Estremità libera di isola a rilievo
29	Terminale articolato dello strumento chirurgico, o end effector articolato
30	Link, o link di presa, del terminale articolato dello strumento chirurgico
31, 32	Superficie di posizionamento dell'attrezzaggio
33	Sede di fissaggio
34	Componente o inserto
35	Terminazione per un tendine del link
36	Porzione di giunzione di articolazione
37	Estremità libera di link
38	Seconda porzione di superficie di presa
39	Gradino
40	Secondo link, o secondo link di presa del terminale articolato dello strumento chirurgico
41	Elemento elastico
42	Asta o bacchetta o alberino dello strumento chirurgico
43	Seconda superficie di presa
44	Interfaccia di trasmissione dello strumento chirurgico
45	Link di supporto

46	Rebbio
47	Link di collegamento
48, 49	Coppia di tendini antagonisti per attuazione del link di presa
50	Tendine di attuazione del link di supporto
51	Tendine di attuazione dell'altro link di presa
52	Perni di fissaggio all'alberino
53	Superficie rigata convessa del link di collegamento
54	Superficie rigata convessa del link di supporto
55, 56	Superficie rigata convessa del link di presa
100	Sistema di chirurgia robotica
101	Manipolatore robotico slave
102	Dispositivo di controllo master
R	Grado di libertà di roll
P	Grado di libertà di pitch o beccheggio
Y	Grado di libertà di yaw o imbardata
G	Grado di libertà di apertura/chiusura o grip
X-X	Direzione longitudinale del pezzo da lavorare
R-R	Asse di rotazione
α	Angolo di rotazione
W	Direzione di avanzamento del filo di taglio
UM	Unità modulare di percorso di taglio
T1, T2	Periodicità o passo del percorso di taglio modulare

RIVENDICAZIONI

1. Metodo di fabbricazione per elettroerosione a filo di una superficie di presa (23) per un terminale articolato (29) di uno strumento chirurgico (1) comprendente le seguenti fasi di:

- provvedere una macchina di elettroerosione a filo (2) avente un filo di taglio (3);

- montare almeno un pezzo da lavorare (11) alla macchina di elettroerosione a filo;

- realizzare una micro-topografia superficiale (20) mediante elettroerosione a filo;

in cui la fase di realizzare una micro-topografia superficiale comprende le fasi di:

- eseguire un primo taglio passante sull'almeno un pezzo da lavorare (11) secondo un primo percorso di taglio (21) comprendente picchi (12) e valli (13), in tal modo esponendo almeno una porzione esposta (14) sull'almeno un pezzo da lavorare che comprende rilievi (15) e recessi (16) corrispondenti a detti picchi e valli del primo percorso di taglio (21);

- successivamente, ruotare l'almeno un pezzo da lavorare (11) rispetto al filo di taglio (3) attorno ad un asse di rotazione (R-R);

- successivamente, eseguire un secondo taglio passante sulla medesima almeno una porzione esposta (14) del pezzo da lavorare (11) secondo un secondo percorso di taglio (22) comprendente picchi (12) e valli (13), in tal modo realizzando su detta almeno una porzione esposta (14) una micro-topografia superficiale (20) avente una pluralità di isole a rilievo (17) delimitate da solchi (18).

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui la micro-topografia superficiale realizzata presenta canali di passaggio (19) trasversali rettilinei che in almeno una definibile direzione trasversale sono più stretti del calibro del filo di taglio (3) della macchina per elettroerosione a filo (2).

3. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, comprendente la ulteriore fase di sagomare l'almeno un pezzo da lavorare (11), realizzando almeno un link di presa (30) per uno strumento chirurgico (1) comprendente in pezzo unico detta superficie di presa (23) avente detta micro-topografia

superficiale.

4. Metodo secondo la rivendicazione **1** o **2**, comprendente la ulteriore fase di sagomare l'almeno un pezzo da lavorare (11), realizzando almeno un componente (34) da fissare ad un link per uno strumento chirurgico (1) per realizzare un link di presa (30) per uno strumento chirurgico (1) comprendente detta superficie di presa (23) avente detta micro-topografia superficiale (20); e/o in cui

il metodo comprende la ulteriore fase di fissare detto almeno un componente (34) ad una sede di fissaggio (33) del corpo di detto link di presa (30).

5. Metodo secondo la rivendicazione **3** o **4**, in cui la fase di sagomare comprende realizzare due tagli passanti di sagomatura su due piani di taglio preferibilmente tra loro ortogonali.

6. Metodo secondo la rivendicazione **3**, **4** o **5**, in cui la fase di sagomare viene eseguita dopo la fase di realizzare una micro-topografia superficiale; e/o in cui

tra la fase di eseguire una micro-topografia superficiale e la fase di sagomare viene eseguita la ulteriore fase di ruotare il pezzo da lavorare rispetto al filo di taglio attorno a detto asse di rotazione (R-R).

7. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto asse di rotazione (R-R) si estende parallelamente ad una direzione uscente dalla porzione esposta (14) del pezzo da lavorare (11); e/o in cui detto asse di rotazione (R-R) si estende ortogonale all'estensione del filo di taglio (3) e ortogonale alla direzione di sviluppo longitudinale dell'almeno un pezzo da lavorare (11).

8. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la fase di ruotare comprende ruotare di un angolo maggiore di 45° l'almeno un pezzo da lavorare (11) rispetto al filo di taglio (3).

9. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui - la fase di montare comprende prevedere un attrezzaggio e montare l'almeno un pezzo da lavorare all'attrezzaggio e l'attrezzaggio alla macchina per elettroerosione a filo (2).

oppure in cui:

- la fase di montare comprende prevedere un braccio robotizzato e montare l'almeno un pezzo da lavorare (11) al braccio robotizzato; ed in

cui preferibilmente la fase di ruotare viene eseguita mediante azionamento del braccio robotizzato;

oppure in cui:

- la fase di provvedere una macchina per elettroerosione a filo (2) comprende munire la macchina di elettroerosione a filo di un sistema di posizionamento del pezzo da lavorare a ad almeno un asse rotante.

10. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il metodo comprende la ulteriore fase di realizzare una sgrossatura iniziale, cioè una spianatura almeno parziale, sul pezzo da lavorare (11) esponendo una superficie da lavorare sul pezzo da lavorare sostanzialmente piana;

ed un cui questa fase di realizzare una sgrossatura iniziale viene eseguita prima della fase di realizzare una micro-topografia superficiale.

11. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui almeno un percorso di taglio (21 o 22) tra detti primo e secondo percorsi di taglio comprende una unità modulare di percorso (UM) che include almeno un picco (12) e almeno una valle (13) e che si ripete uguale a sé stessa con una certa periodicità.

12. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto metodo realizza due superfici di presa (23, 43) destinate ad accoppiarsi tra loro quando in condizioni di esercizio per eseguire un'azione di presa.

13. Strumento chirurgico (1) comprendente terminale articolato di presa (29) comprendente almeno una superficie di presa (23) avente una micro-topografia superficiale (20) realizzata secondo un metodo in accordo con una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti.

14. Strumento chirurgico (1) secondo la rivendicazione **13**, in cui le isole a rilievo (17) hanno ciascuna un'estremità libera acuminata.

15. Strumento chirurgico (1) secondo la rivendicazione **13** o **14**, in cui i solchi (18) tra le isole a rilievo hanno fondo curvo e concavo, preferibilmente sostanzialmente circolare.

16. Strumento chirurgico (1) secondo la rivendicazione **13**, **14** o **15**, comprendente due superfici di presa (23, 34) tra loro movimentabili secondo un grado di libertà di apertura/chiusura, in cui ciascuna di dette superfici di presa (23, 43) comprende una micro-topografia superficiale

(20).

17. Strumento chirurgico (1) secondo la rivendicazione **16**, in cui le isole a rilievo (17) di una superficie di presa (23) sono ricevute nei solchi (18) dell'altra superficie di presa (43), e viceversa.

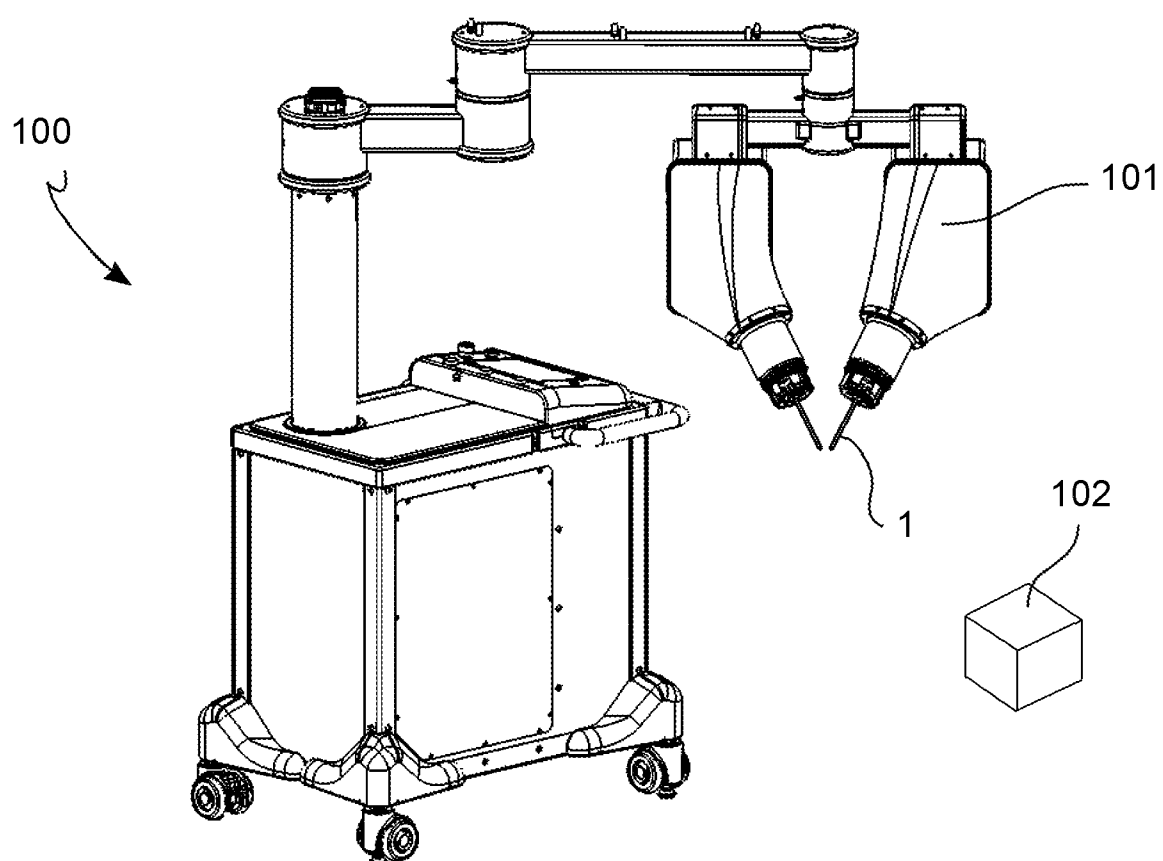


FIG. 1A

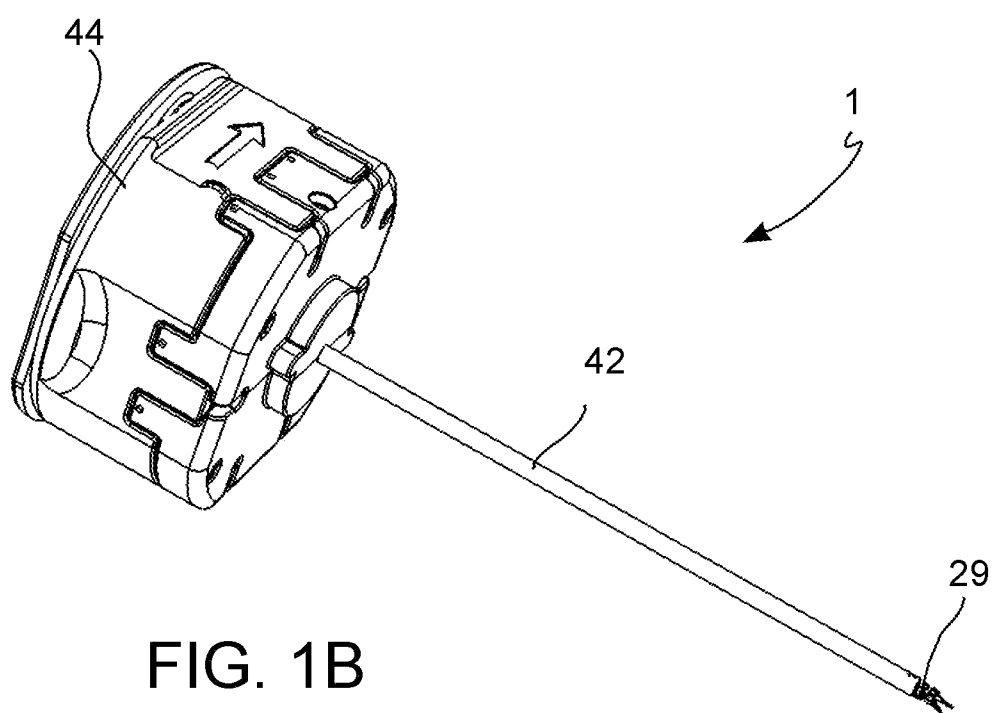


FIG. 1B

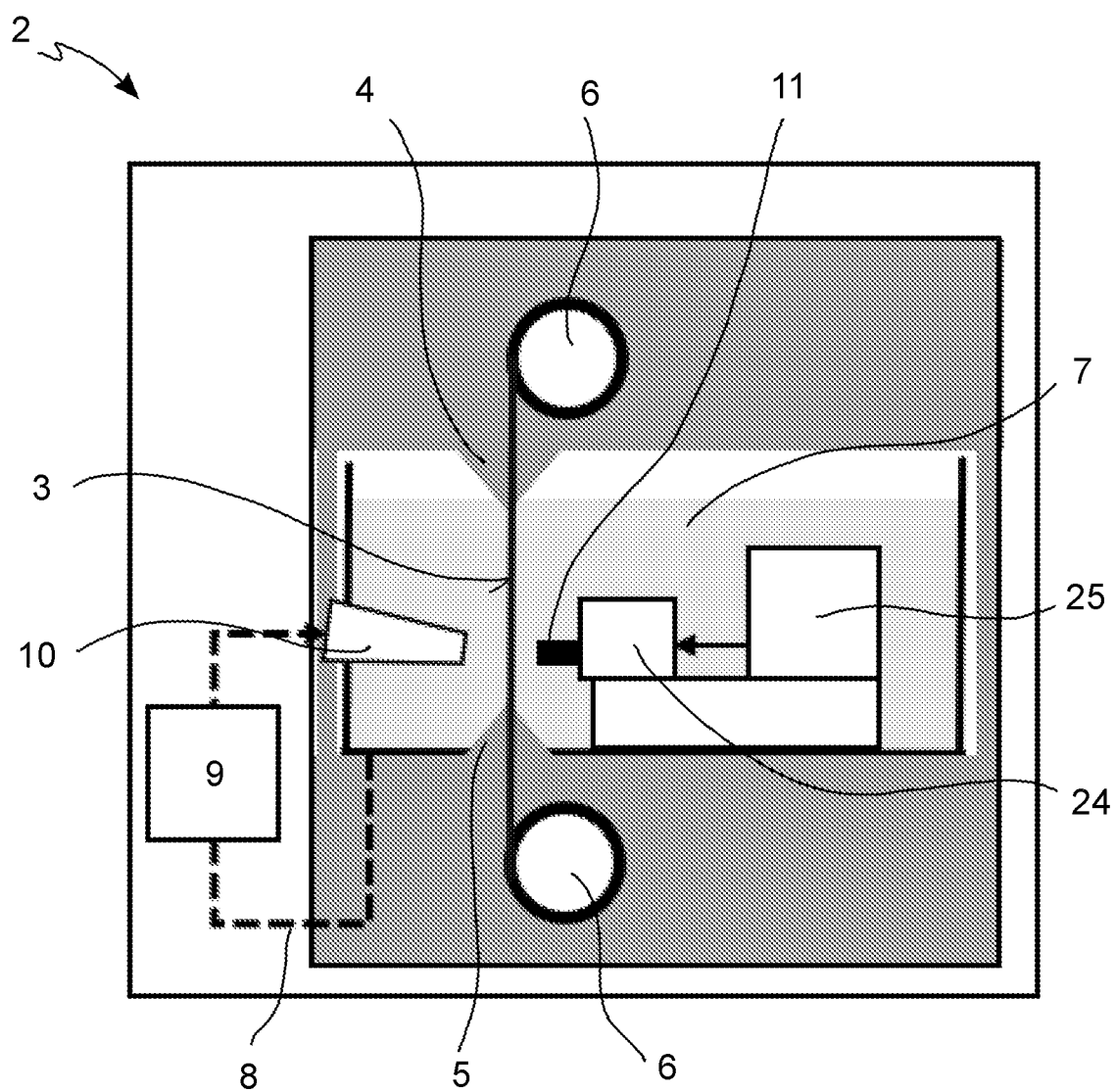


FIG. 2

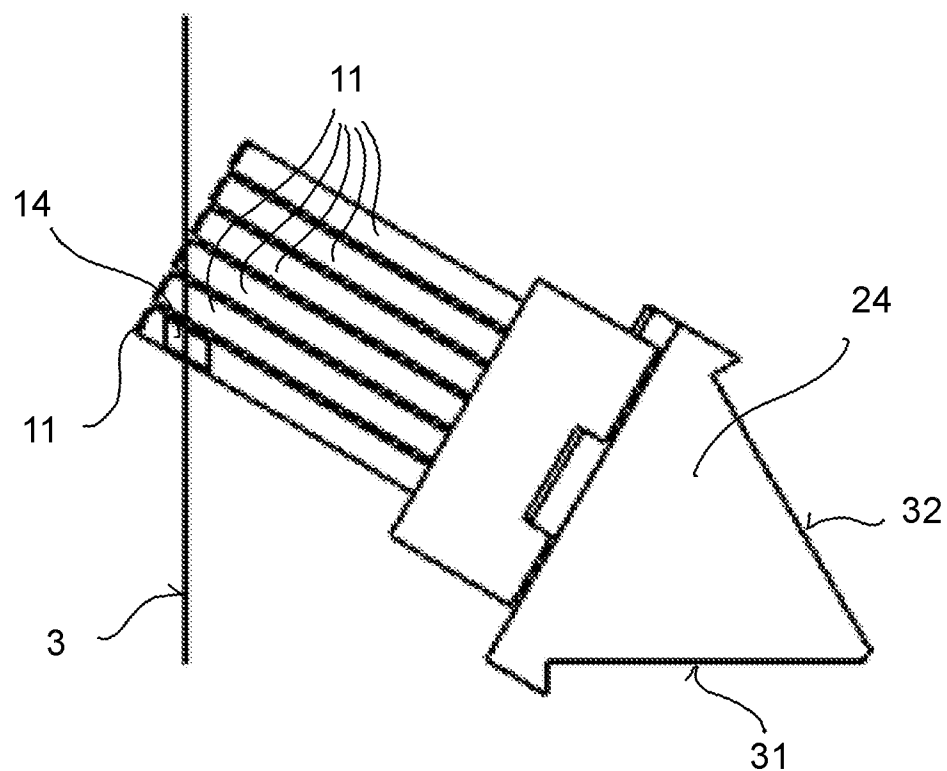


FIG. 3A

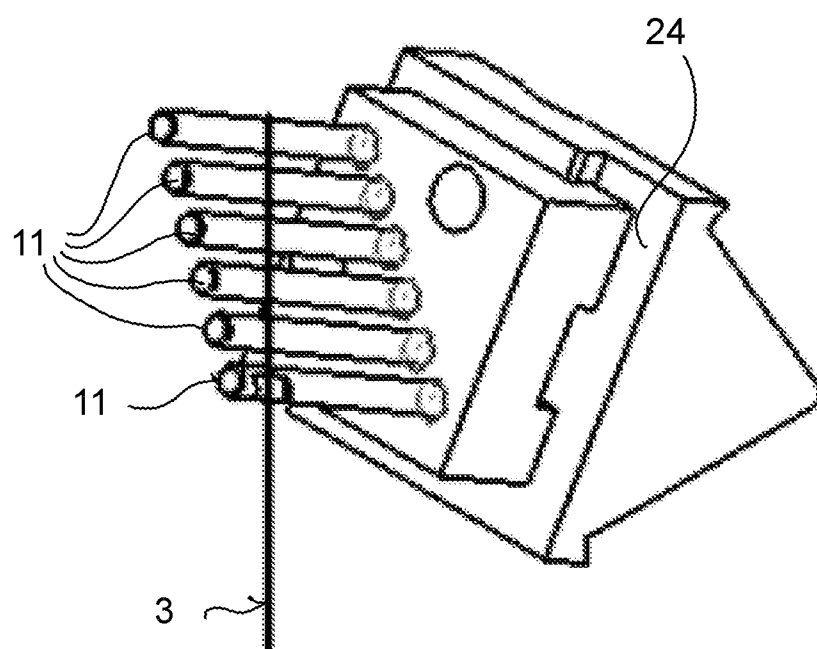


FIG. 3B

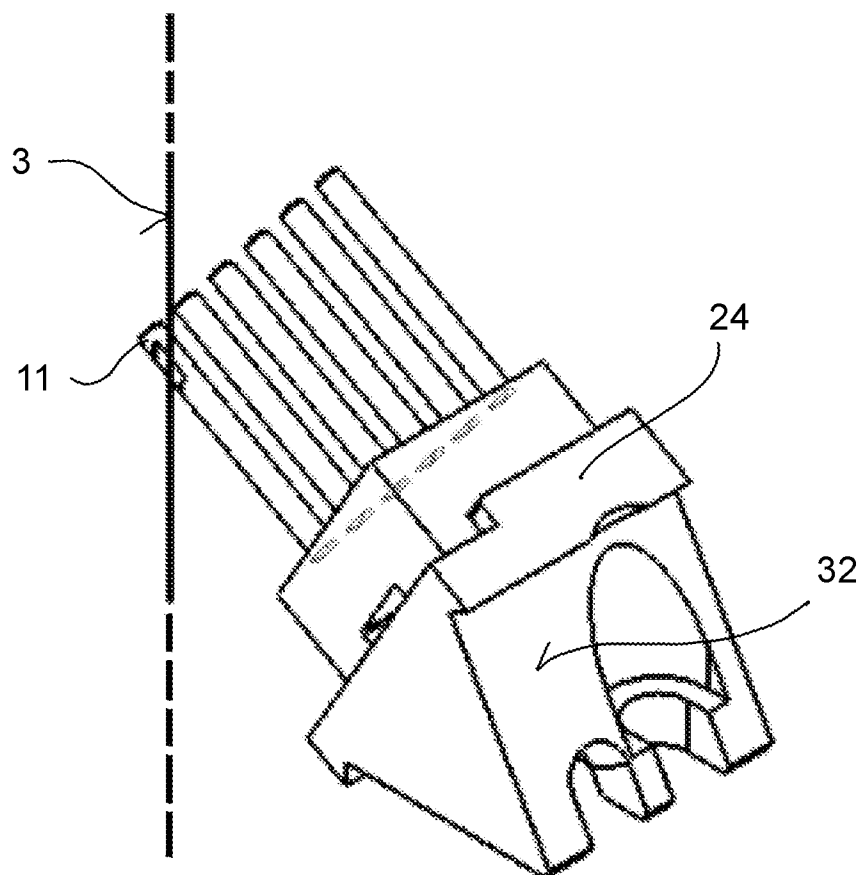


FIG. 3C

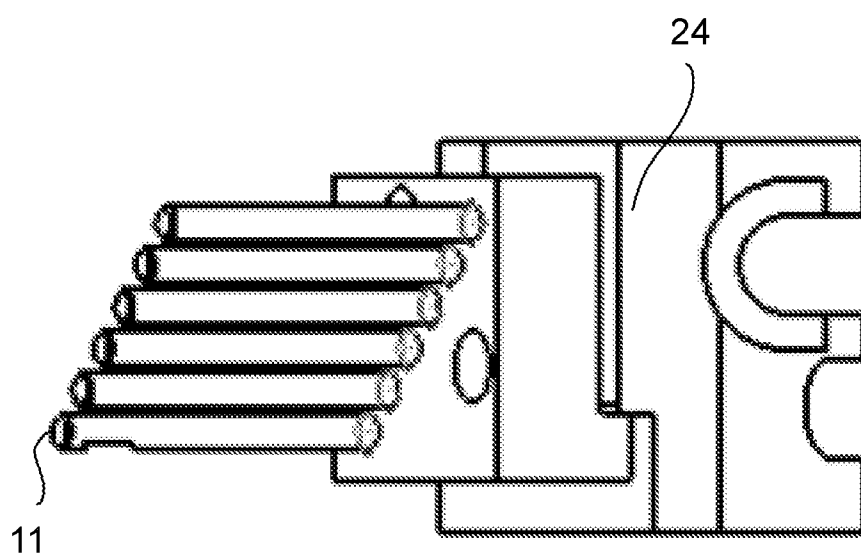


FIG. 3D

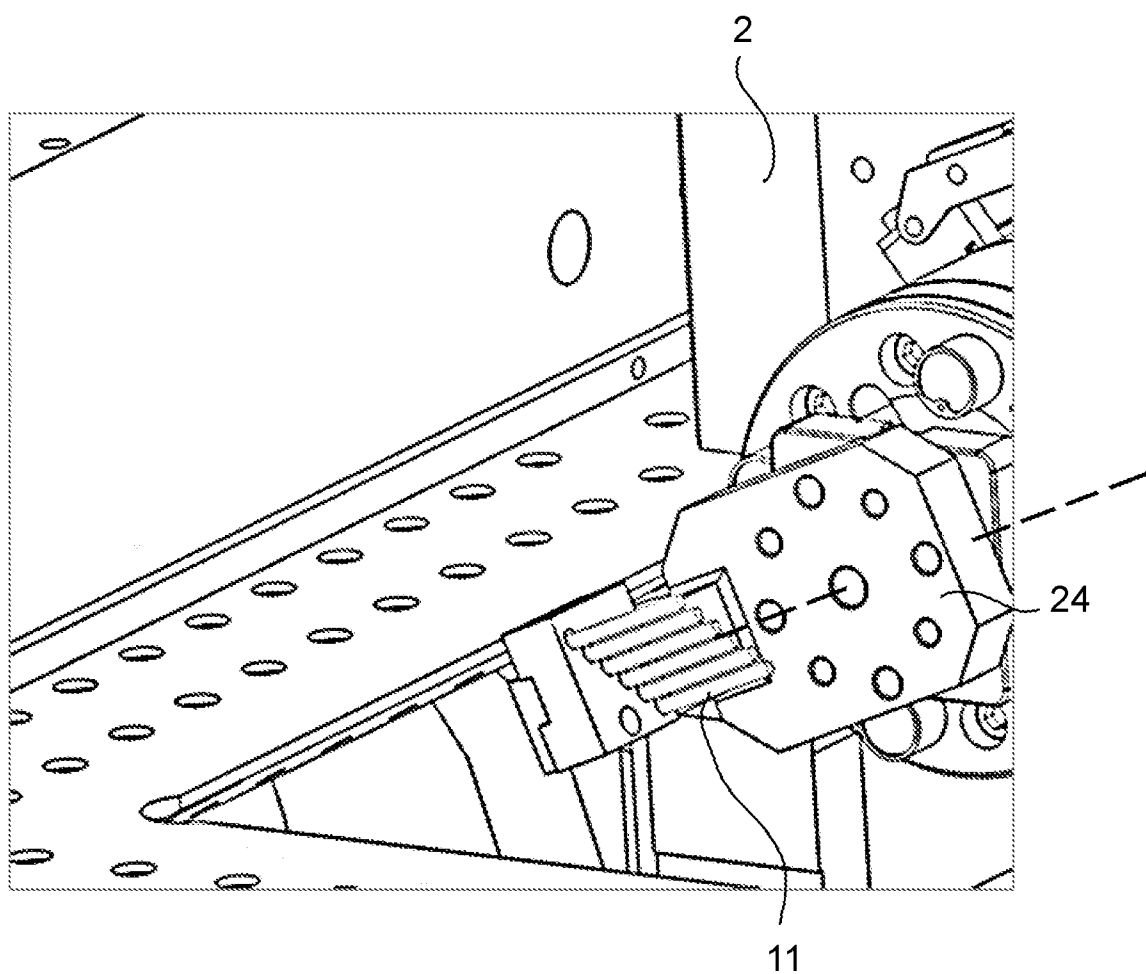


FIG. 4

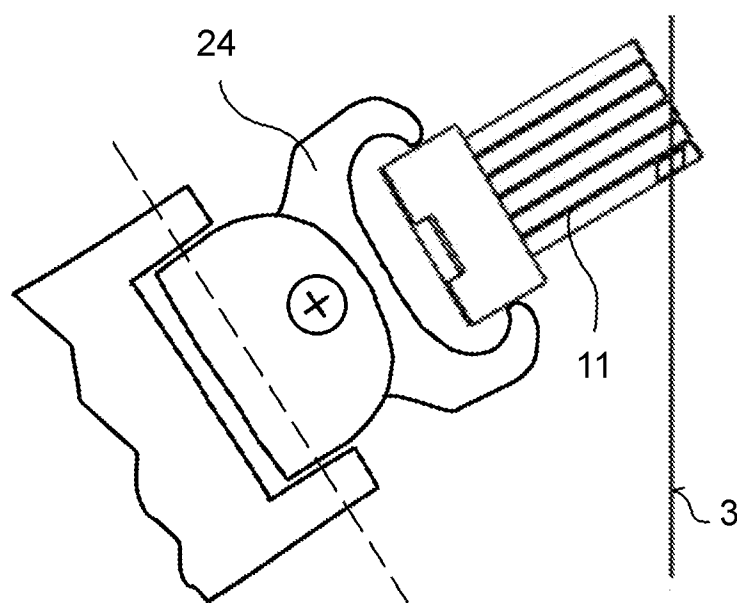


FIG. 5

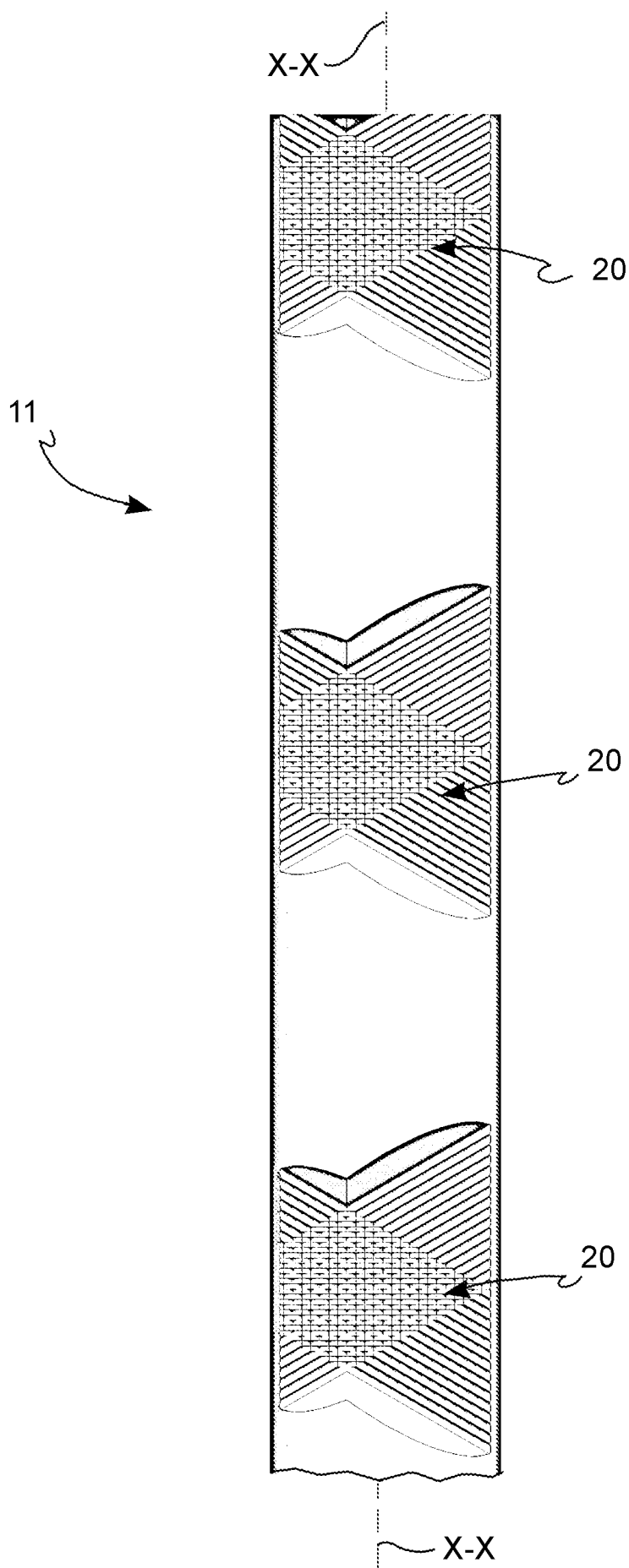


FIG. 6

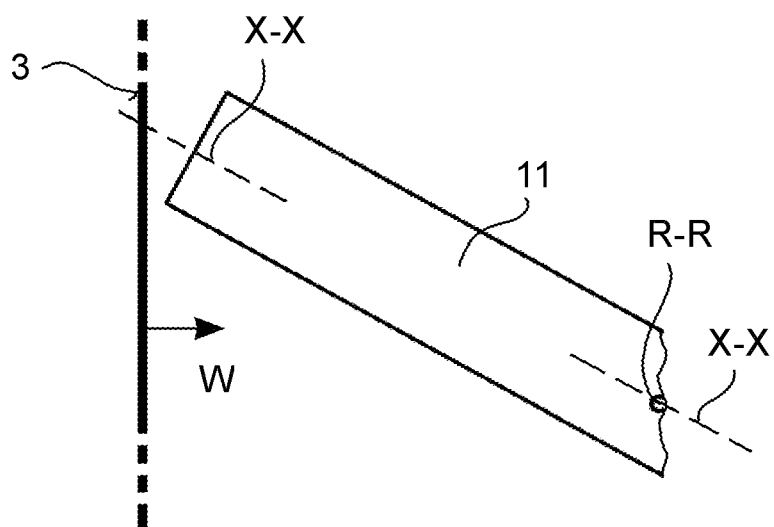


FIG. 7A

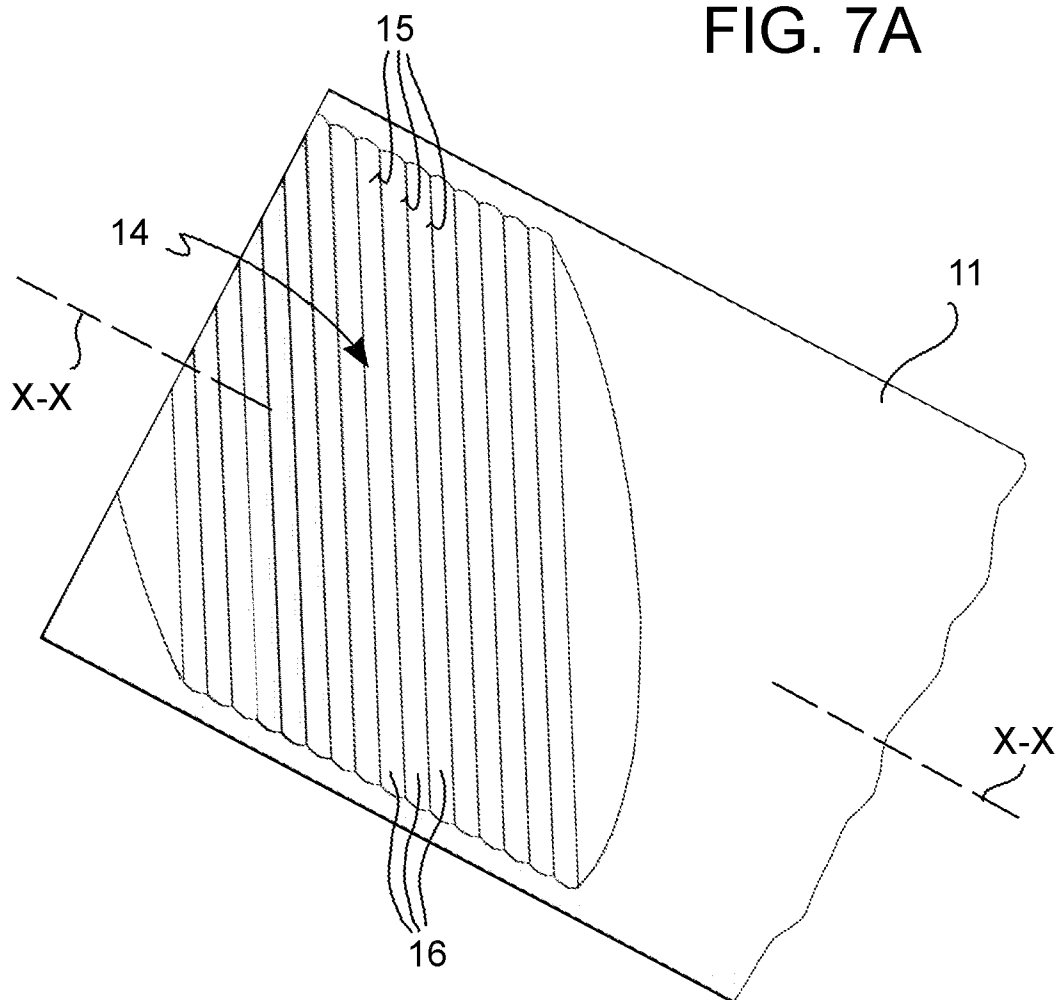


FIG. 7B

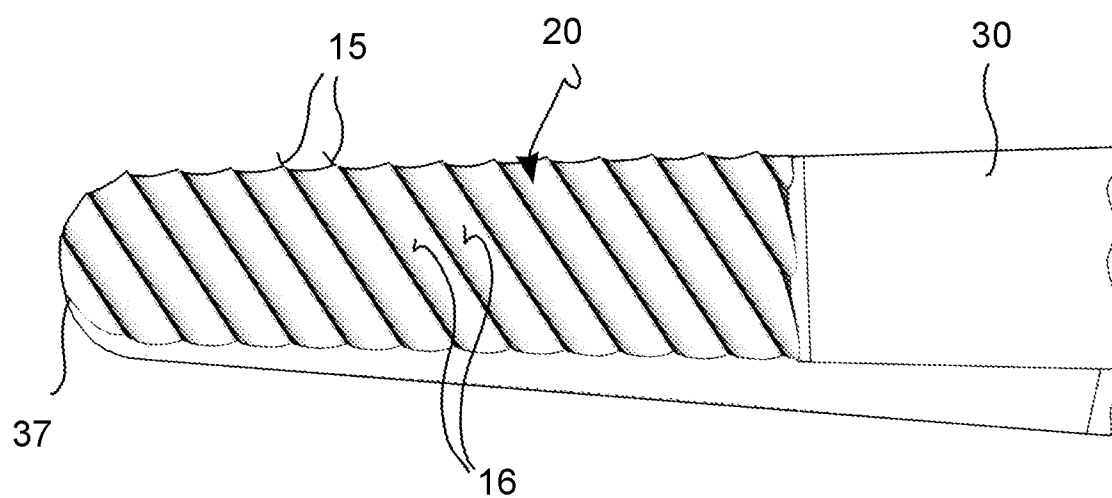


FIG. 7C

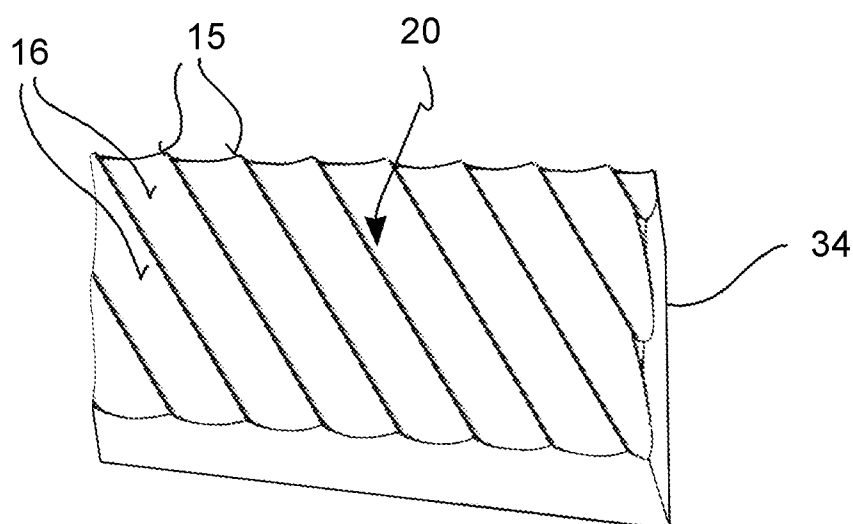
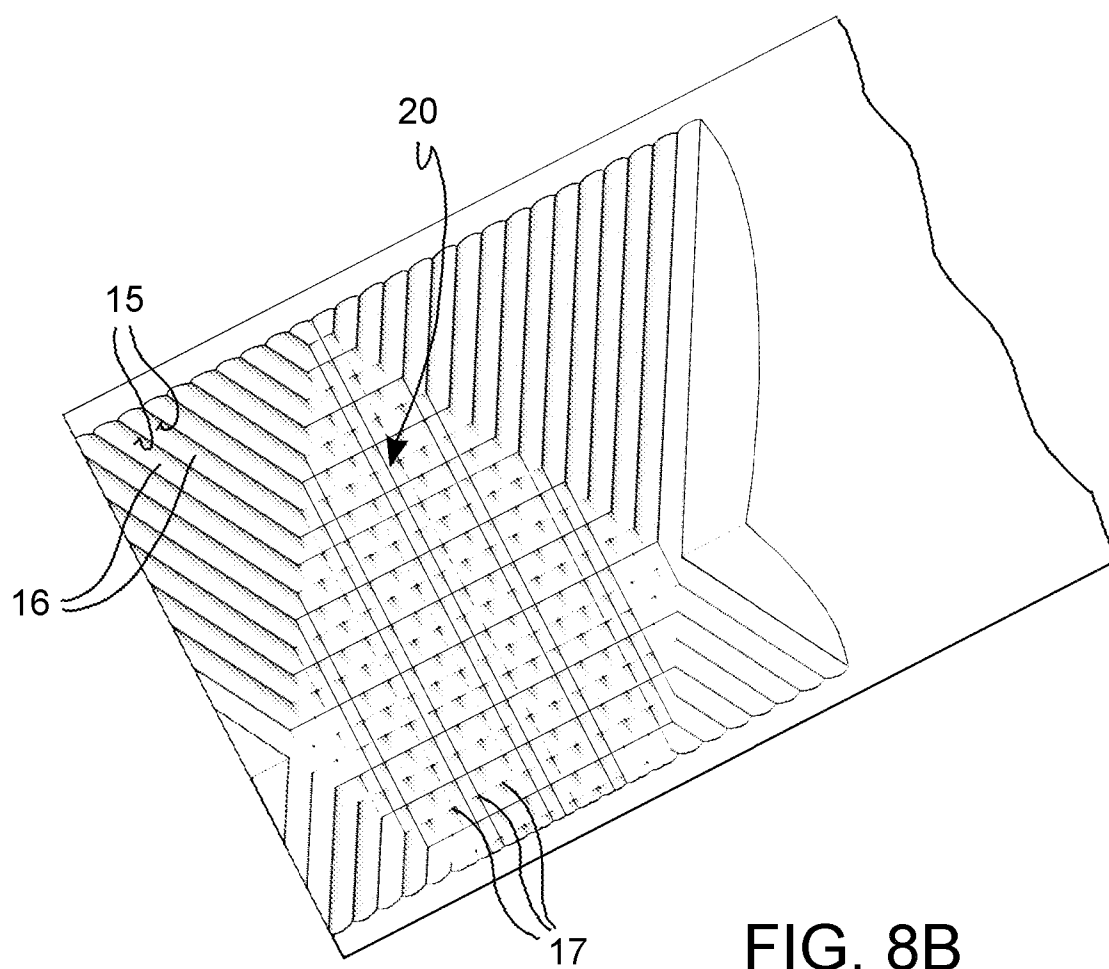
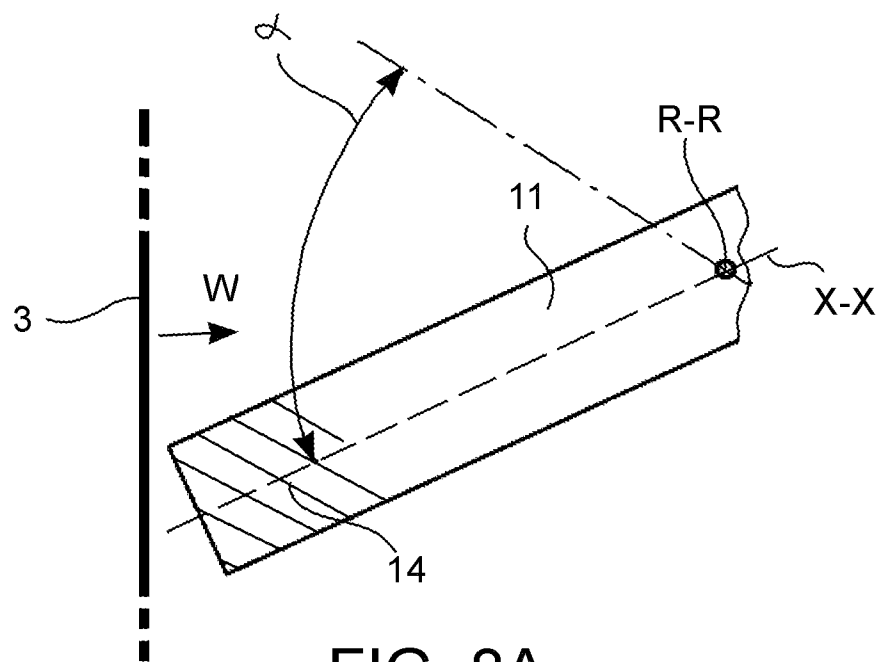


FIG. 7D



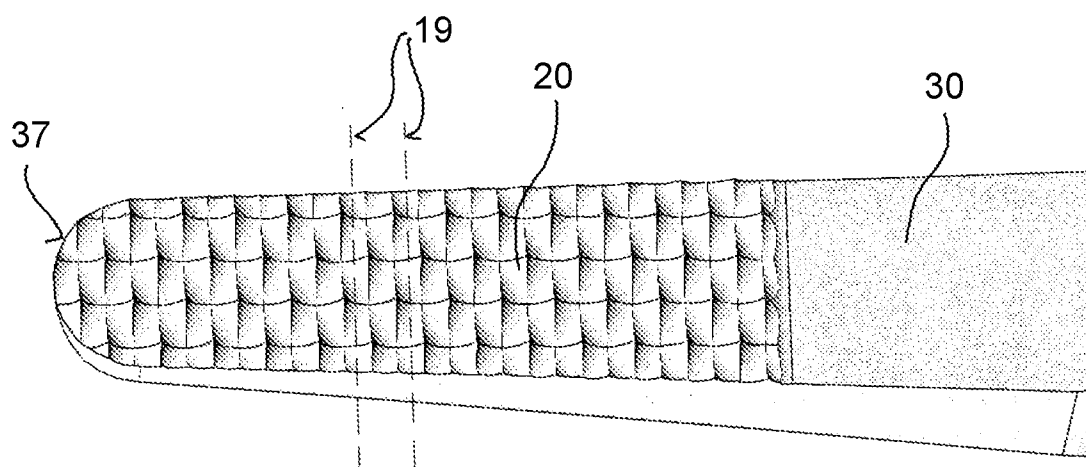


FIG. 8C

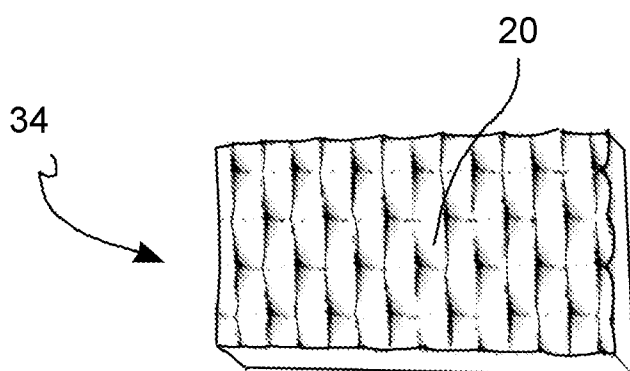


FIG. 8D

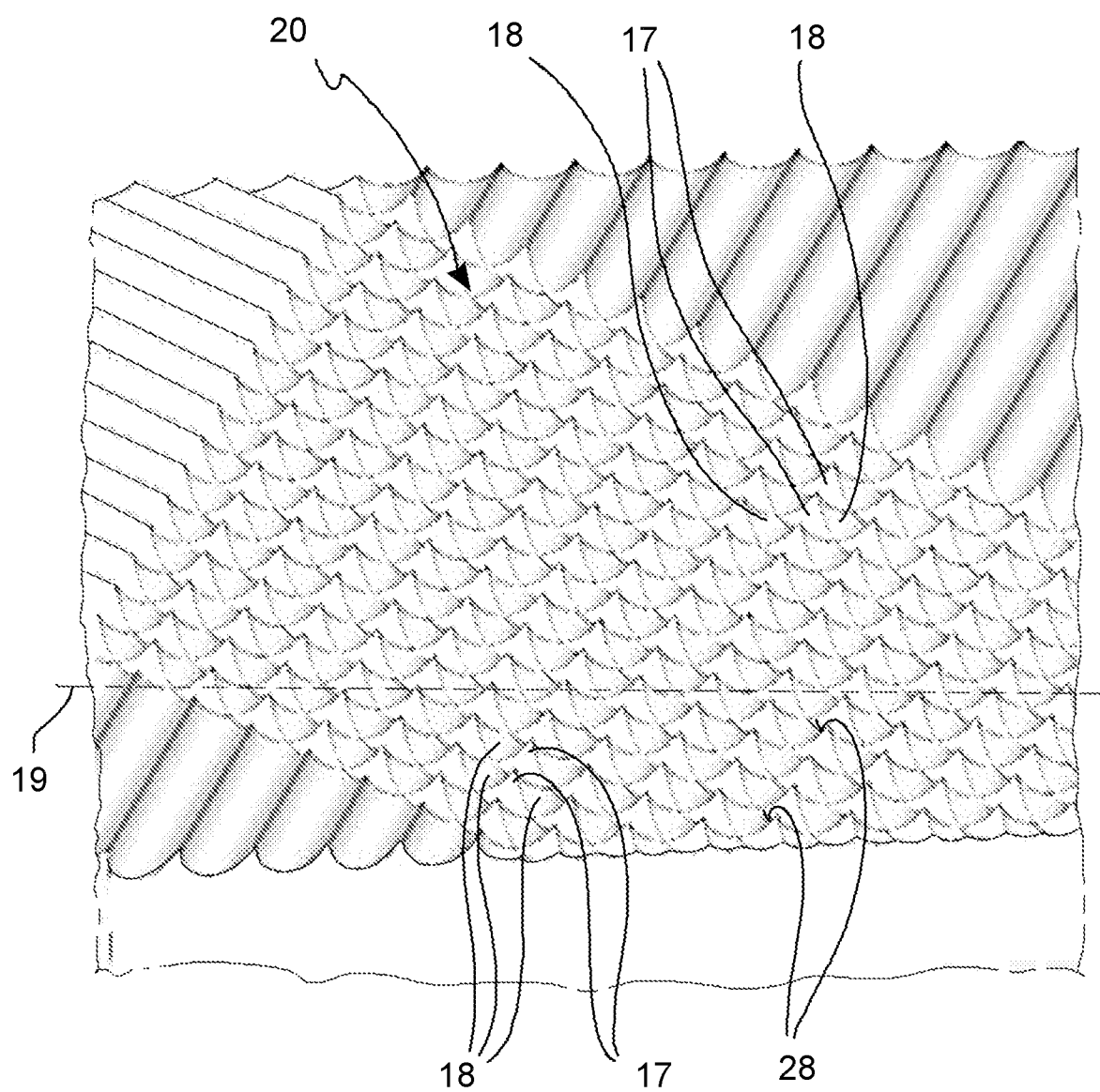


FIG. 8E

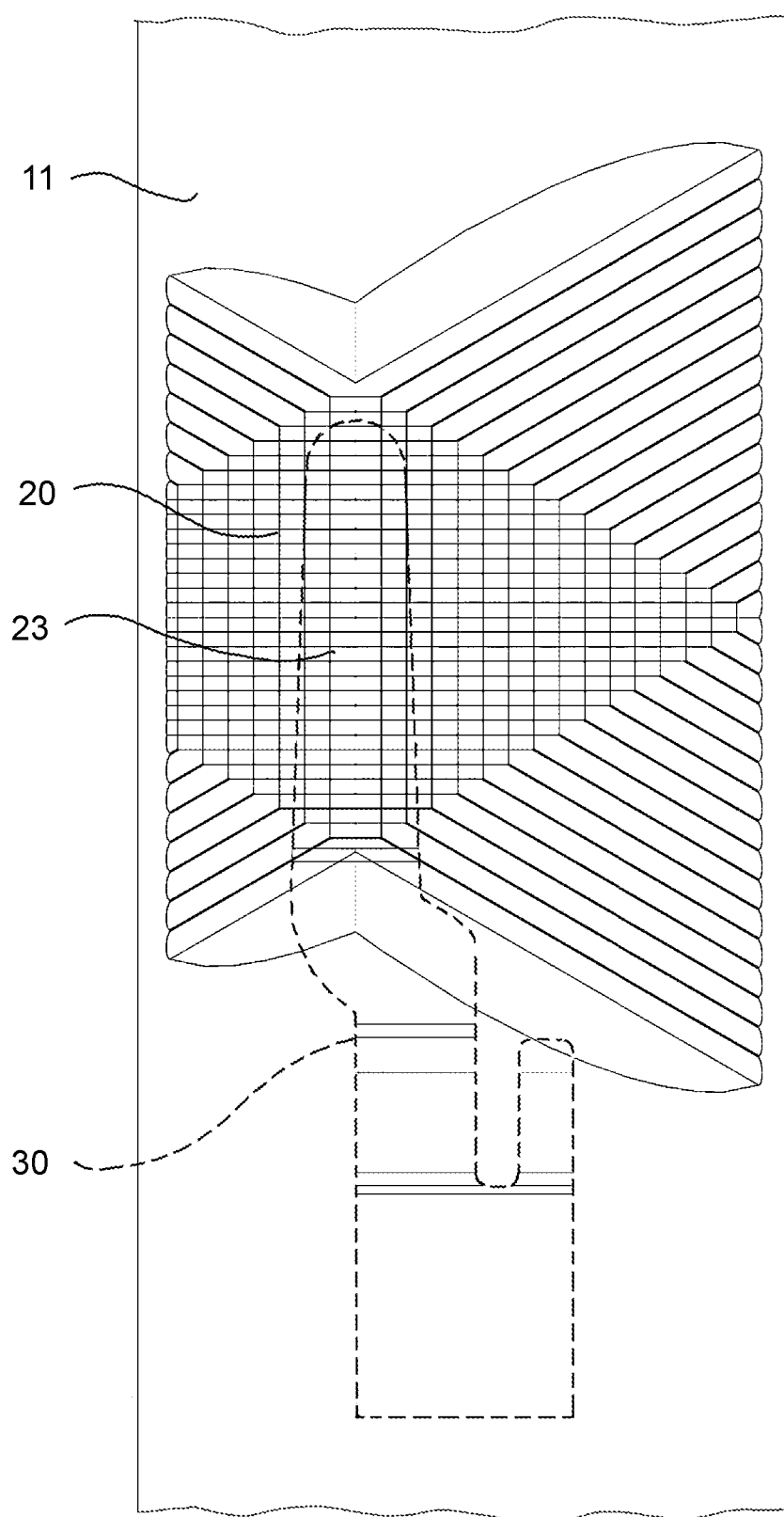


FIG. 9

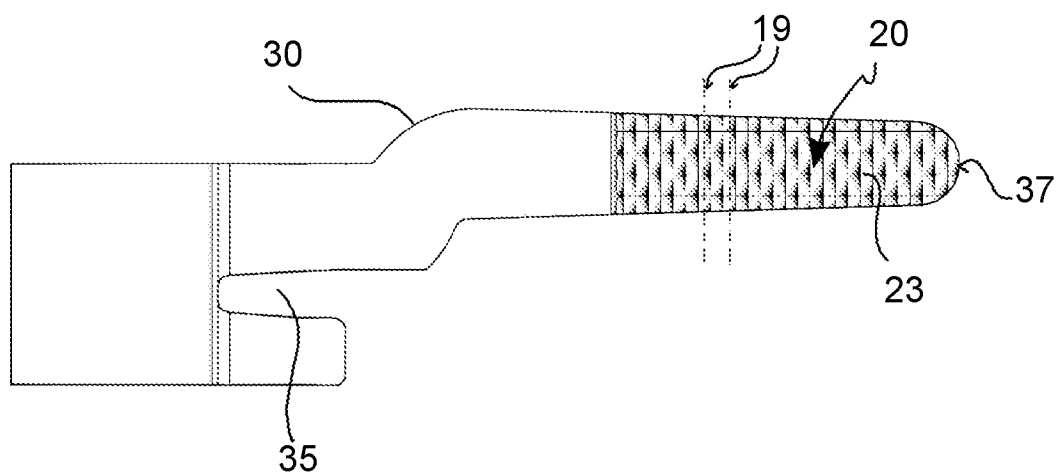


FIG. 10A

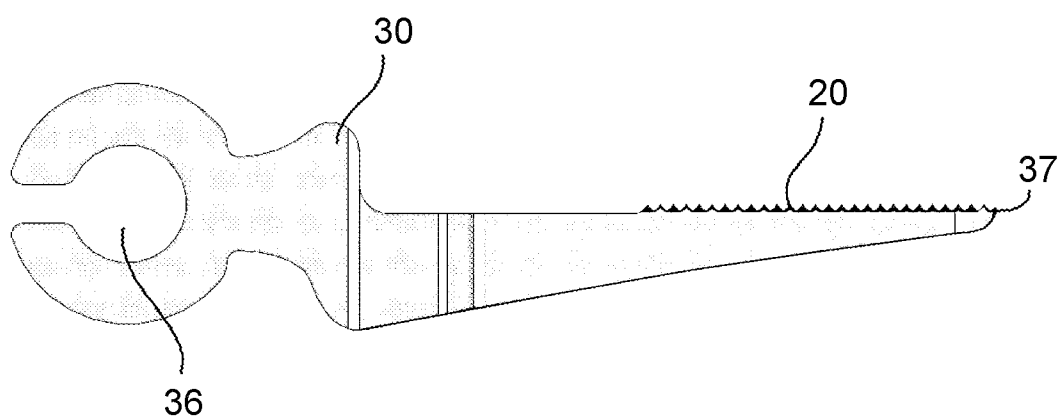


FIG. 10B

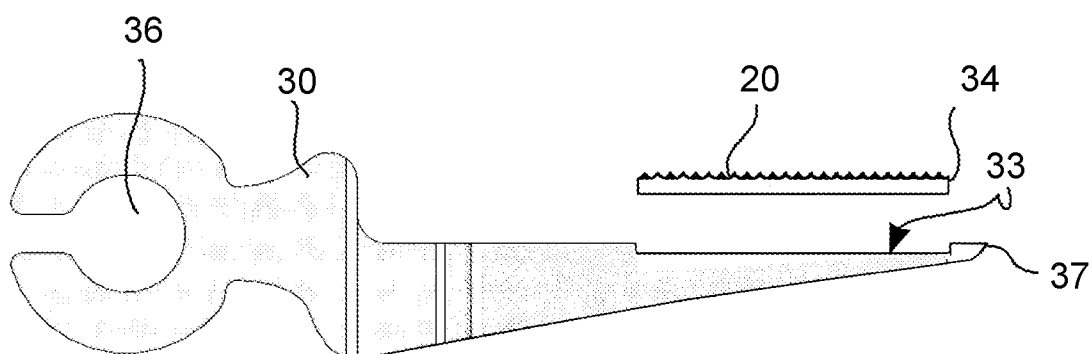


FIG. 10C

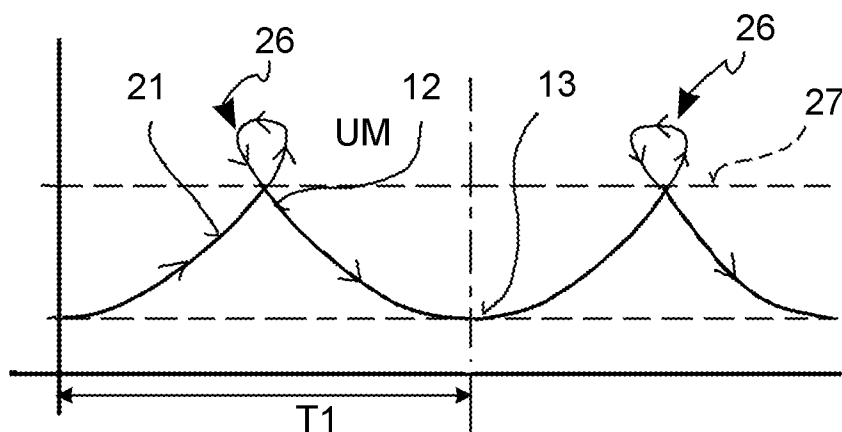


FIG. 11A

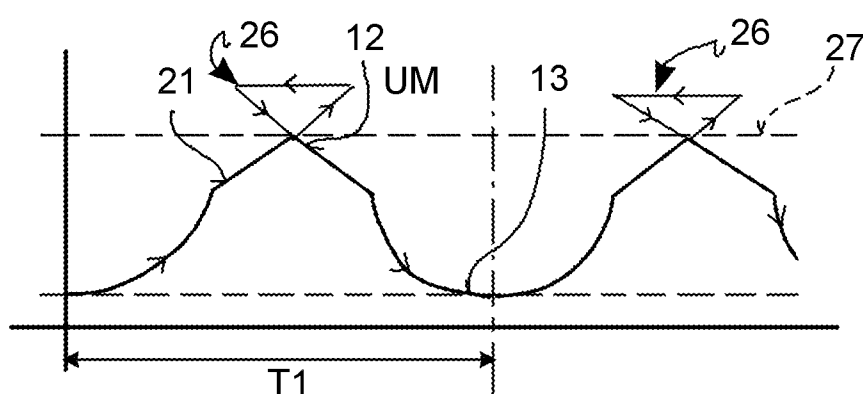


FIG. 11B

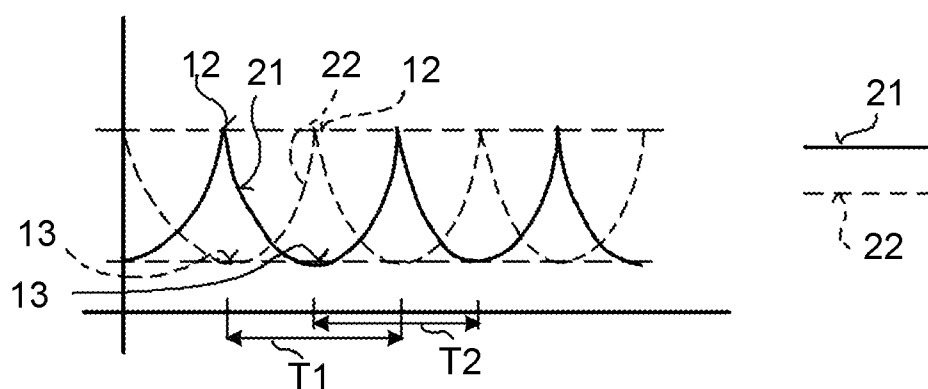


FIG. 12A

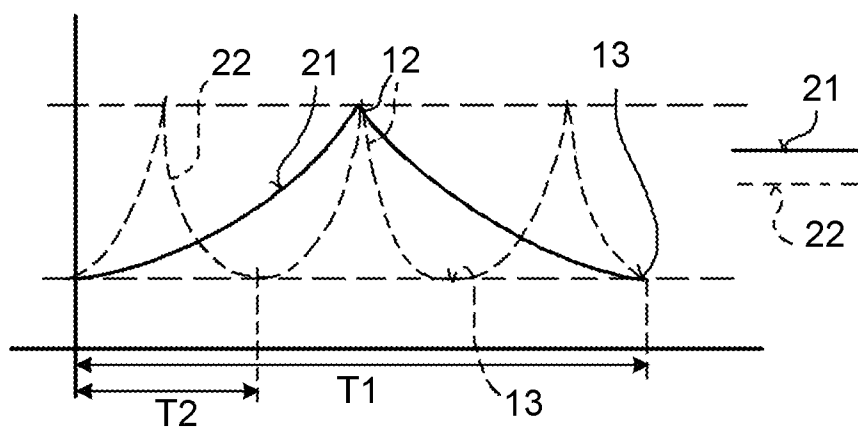


FIG. 12B

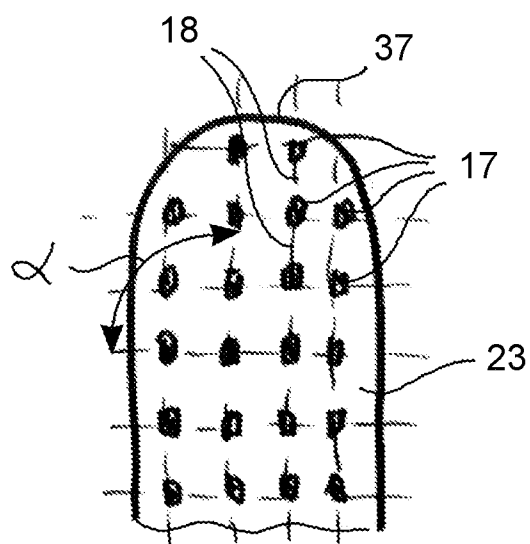


FIG. 13A

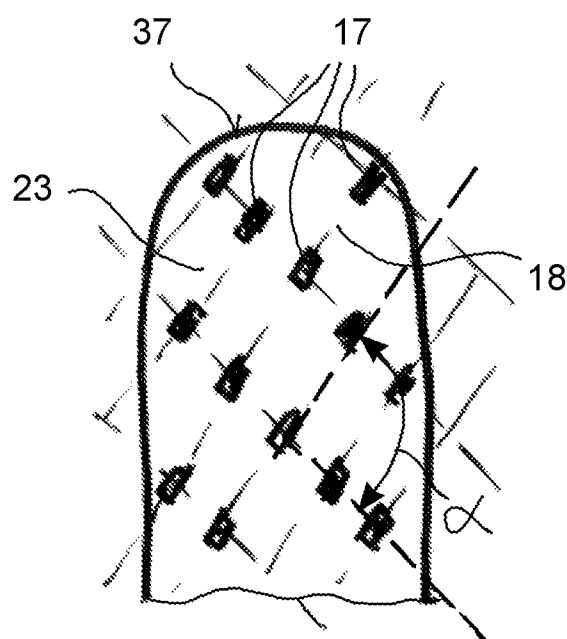


FIG. 13B

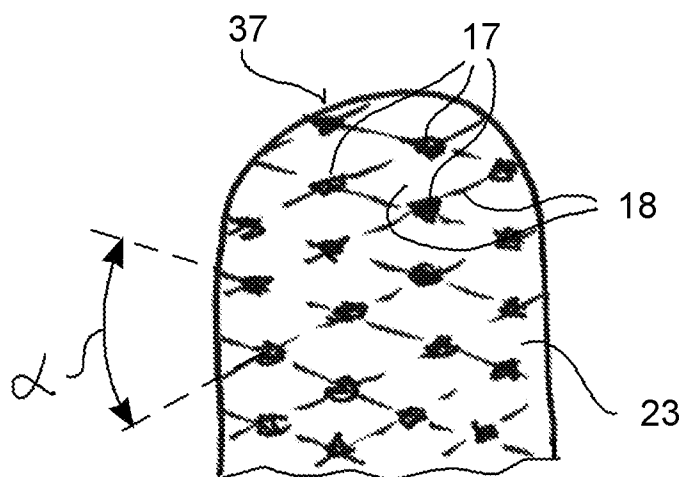


FIG. 13C

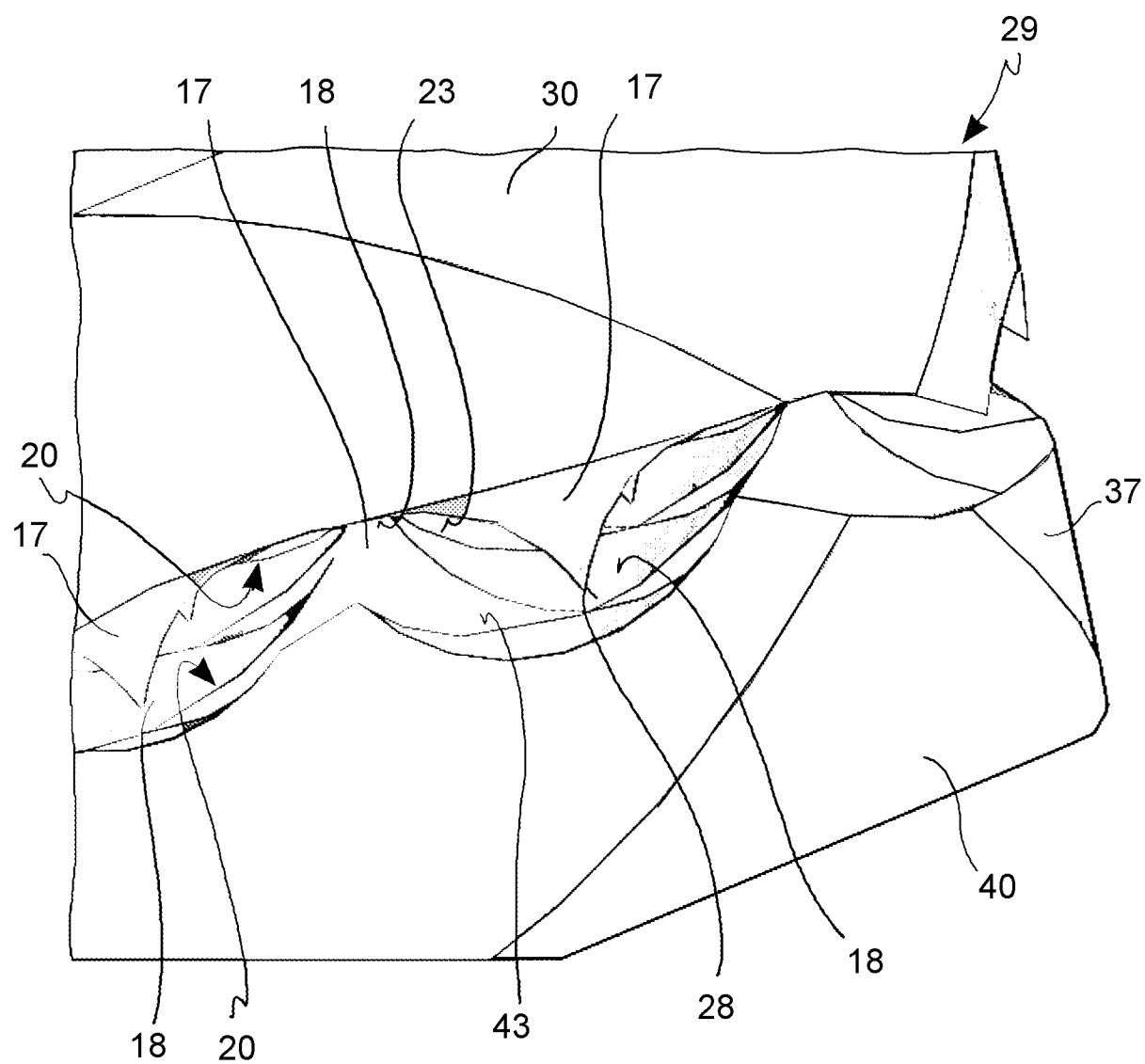


FIG. 14

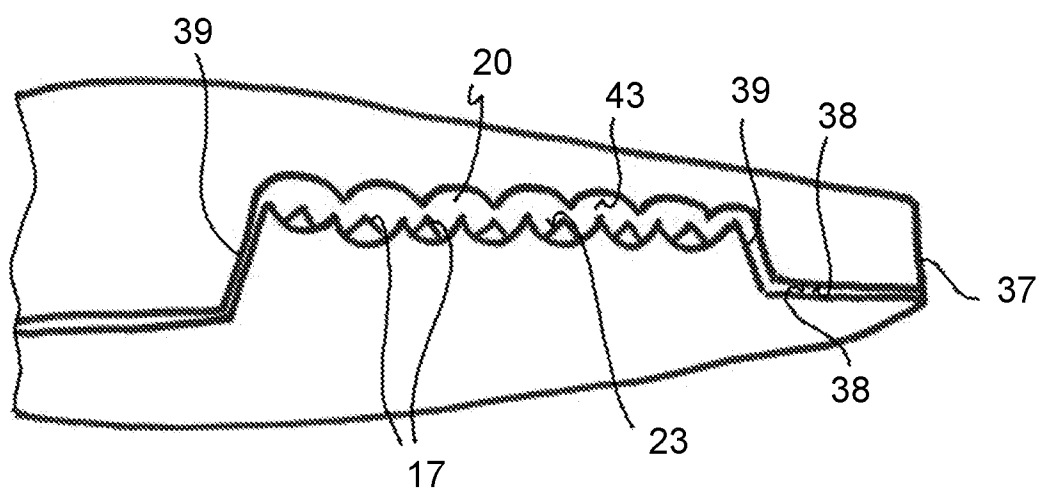


FIG. 15A

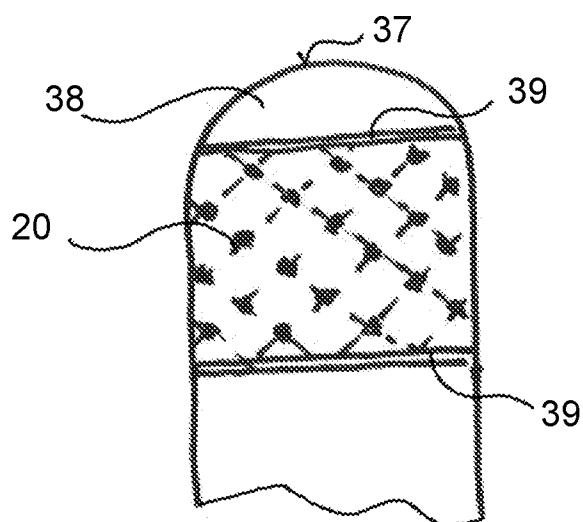


FIG. 15B

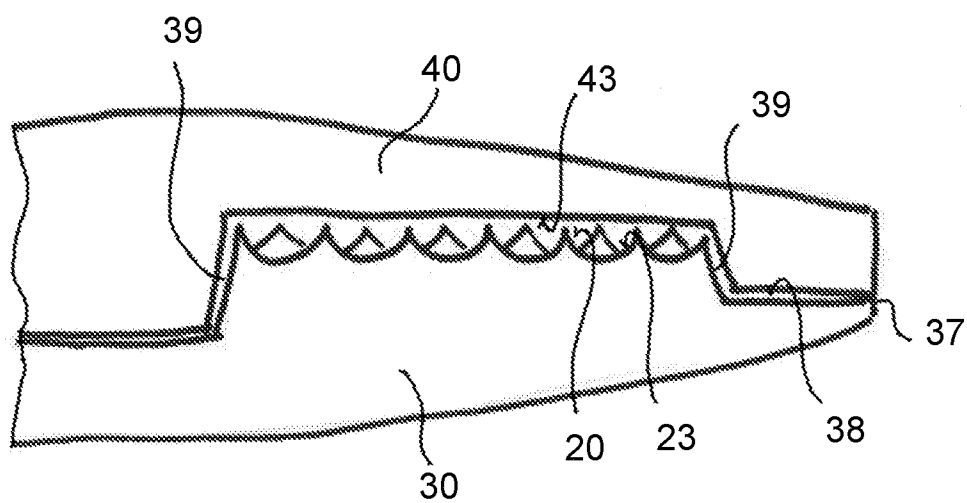


FIG. 15C

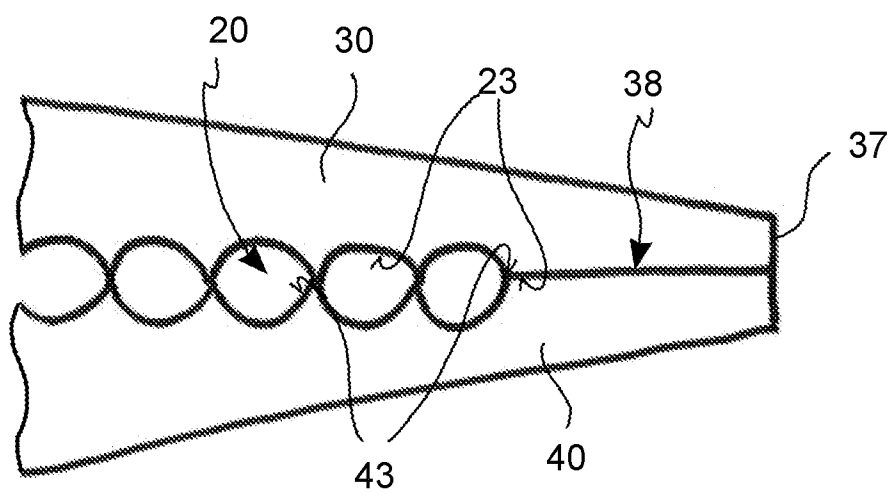


FIG. 16

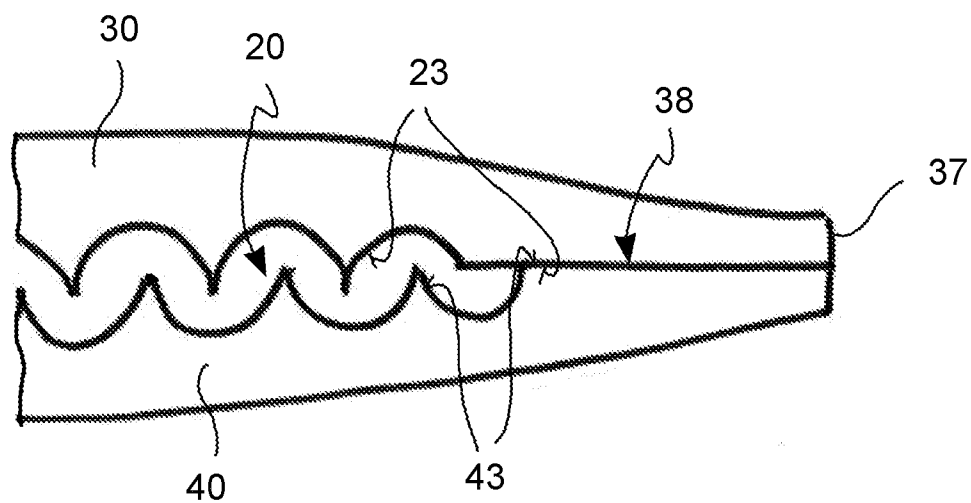


FIG. 17

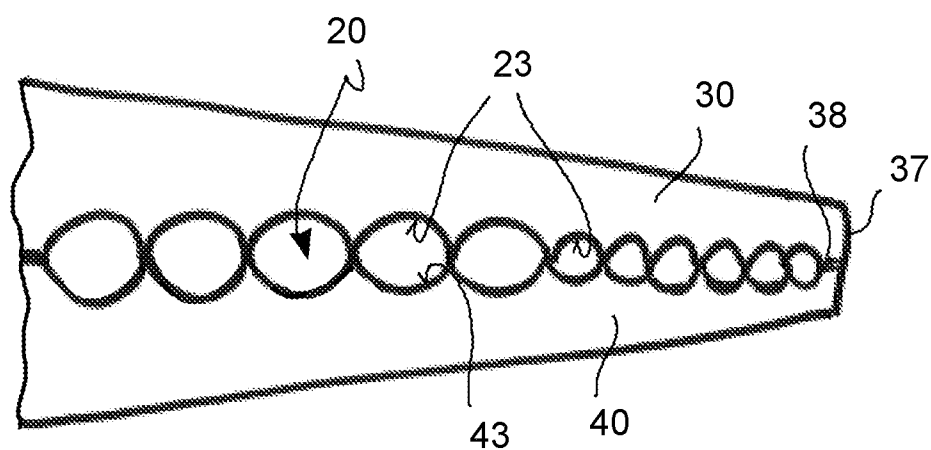


FIG. 18

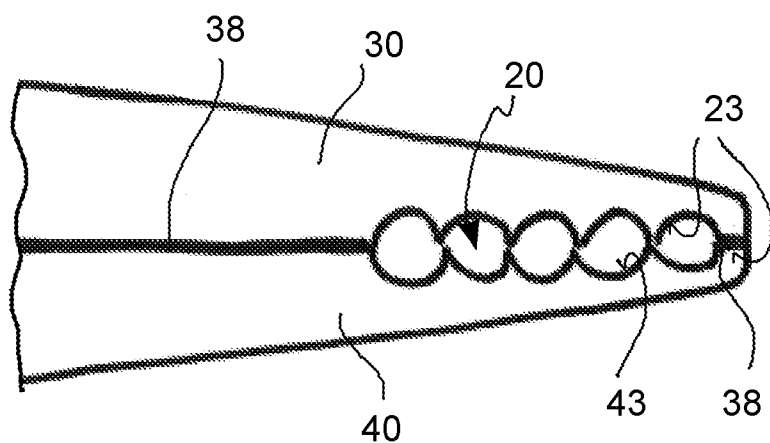


FIG. 19

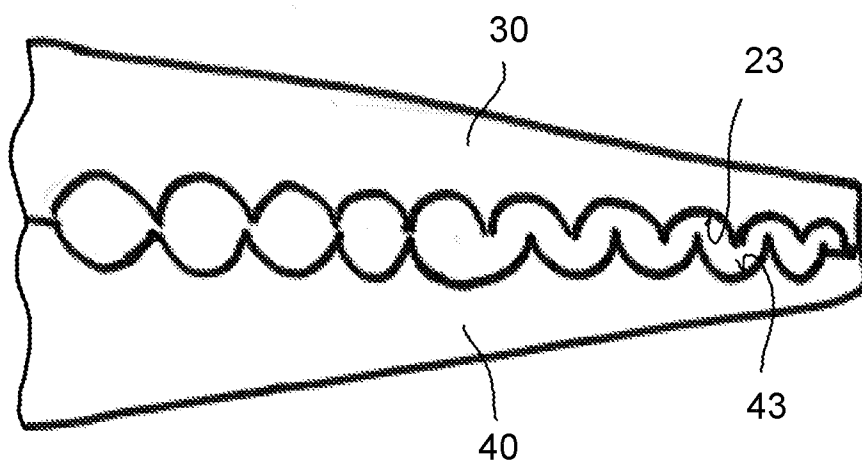


FIG. 20

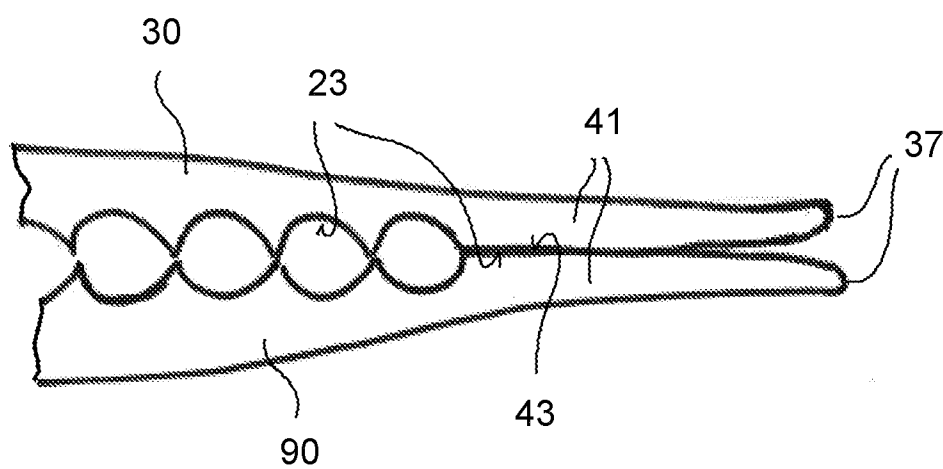


FIG. 21

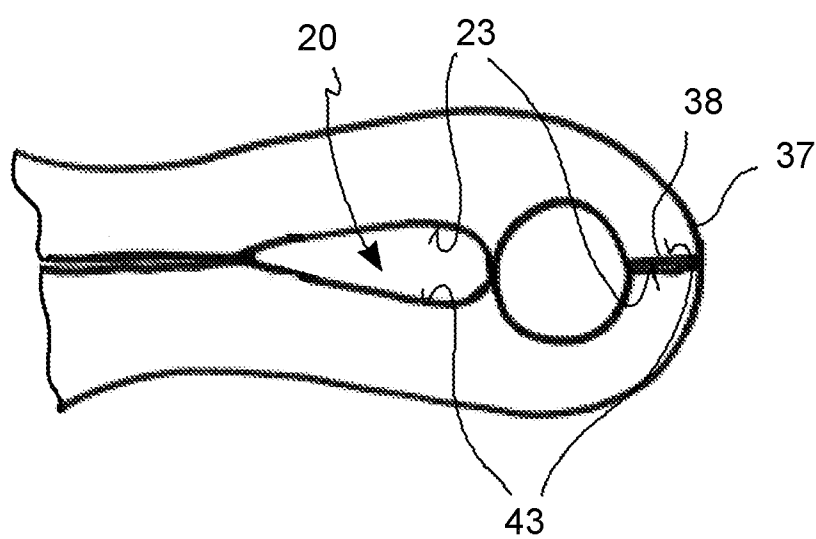


FIG. 22

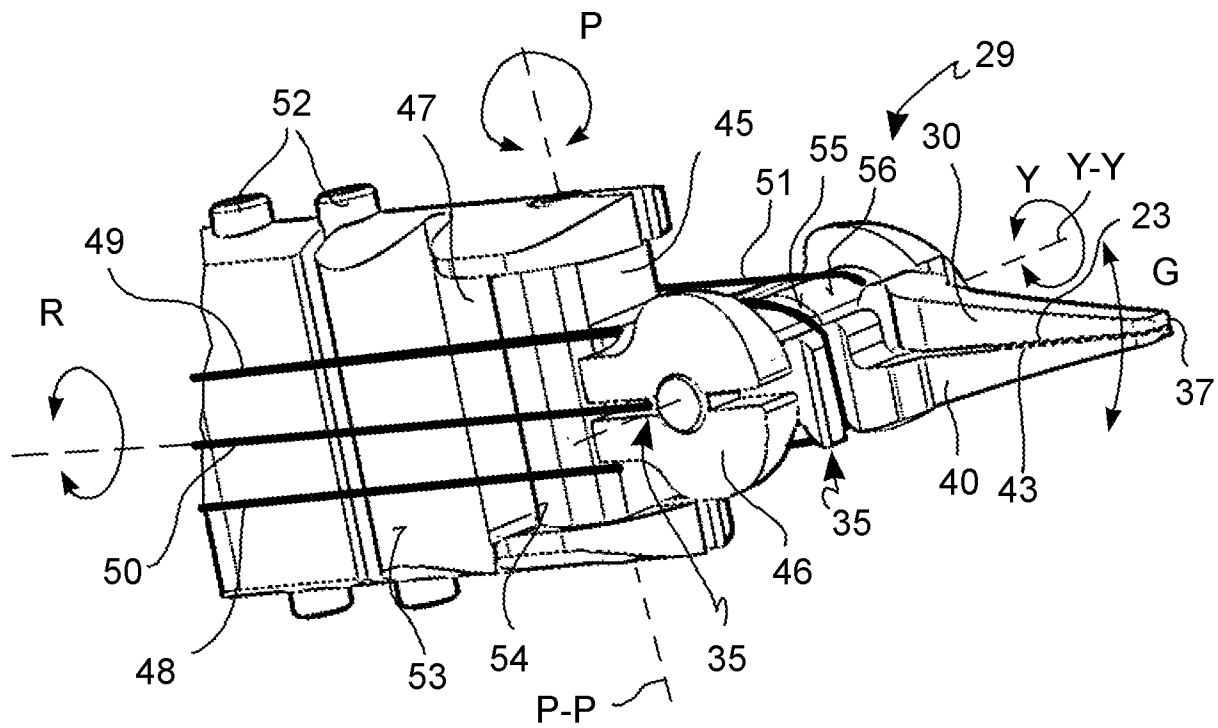


FIG. 23

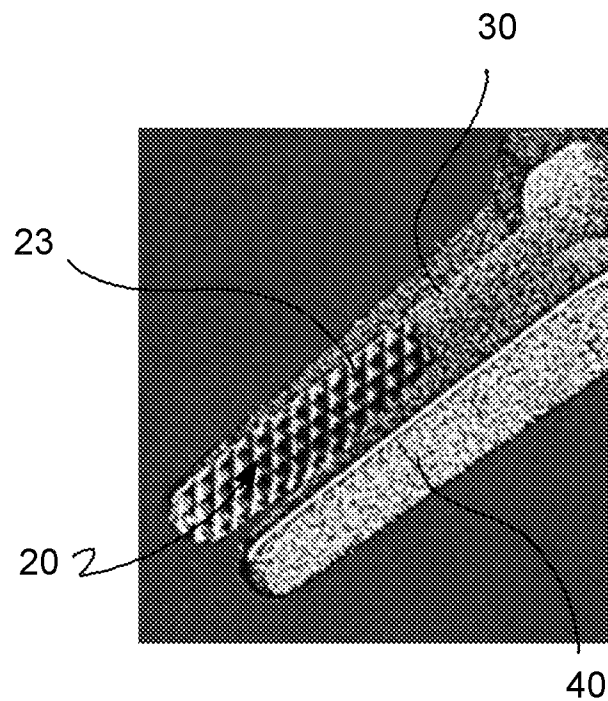


FIG. 24

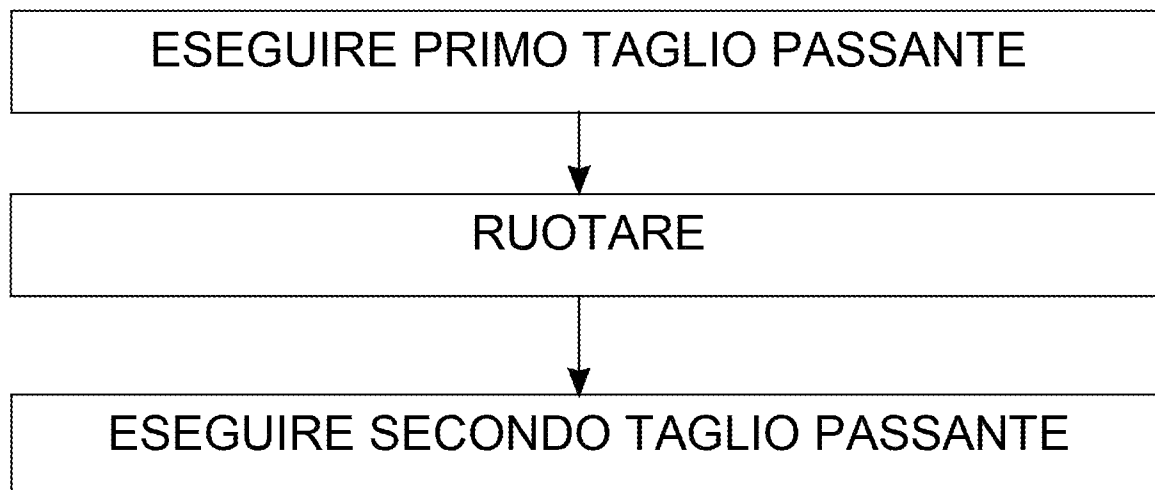


FIG. 25A

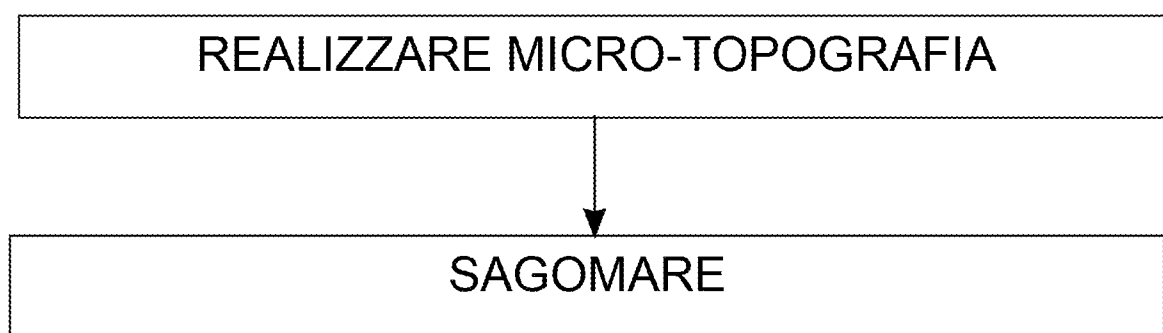


FIG. 25B

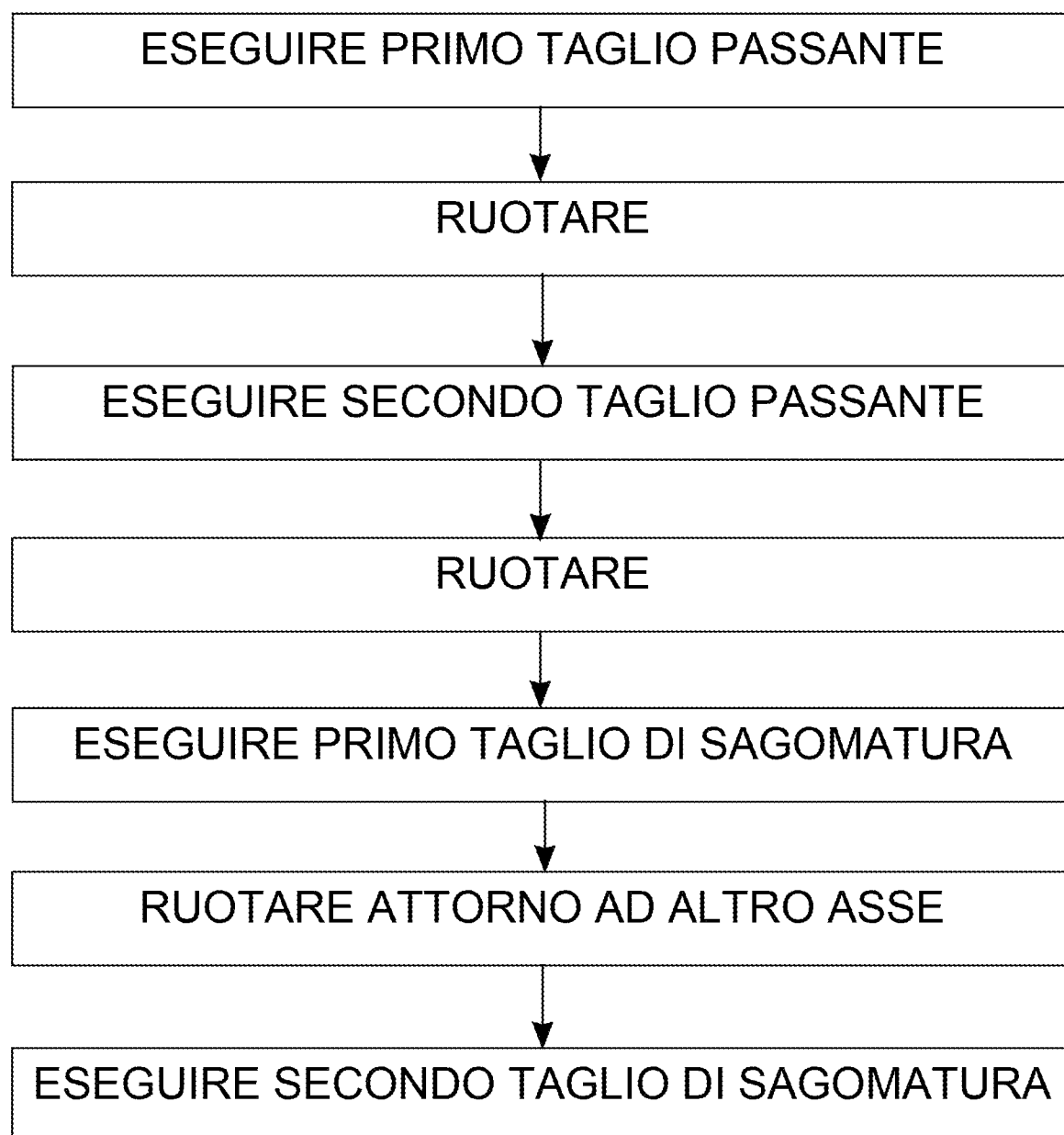


FIG. 25C