

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102023000008034
Data Deposito	24/04/2023
Data Pubblicazione	24/10/2024

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	29	C	64	118

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	29	C	64	209

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	29	C	64	264

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	29	C	64	295

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	29	C	70	38

Titolo

APPARECCHIATURA E PROCESSO PER LA STAMPA TRIDIMENSIONALE DI MATERIALI COMPOSITI

“APPARECCHIATURA E PROCESSO PER LA STAMPA TRIDIMENSIONALE DI MATERIALI COMPOSITI”

Campo dell’invenzione

5 La presente invenzione si riferisce al campo dello stampaggio tridimensionale di materiali compositi.

In particolare, la presente invenzione si riferisce ad una apparecchiatura e ad un metodo per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibra e matrice termoplastica o termoindurente.

10 **Tecnica nota**

Come noto con il termine “composito” si intende in generale un materiale ottenuto combinando due o più componenti in modo che il prodotto finale abbia proprietà diverse da quelle dei singoli costituenti. In ambito tecnico, per meglio identificare cosa viene inteso con il termine “composito” è consuetudine circoscrivere la classe
15 dei materiali compositi ai soli materiali rinforzati, nei quali almeno un componente, di solito sotto forma di fibre, ha caratteristiche meccaniche molto superiori agli altri.

In generale, può essere definito come “materiale composito” o semplicemente “composito” l’unione, per adesione o coesione, di due o più componenti, differenti
20 per forma e composizione chimica, insolubili l’uno nell’altro e separati da un’interfaccia.

I compositi sono generalmente costituiti da una fase continua (detta matrice) e da una fase dispersa (spesso sotto forma di elemento di rinforzo). Alla fase dispersa sono principalmente demandate le proprietà meccaniche del materiale (resistenza
25 e rigidità), alla fase continua, invece, viene demandato il compito di trasferire i carichi esterni applicati alla fase dispersa. Questa trasmissione avviene per effetto di sforzi di taglio agenti all’interfaccia tra fase dispersa e fase continua. Inoltre, la matrice oltre a stabilizzare a compressione il composito, ha la funzione di tenere

insieme e proteggere le fibre e di realizzare la forma del pezzo.

In definitiva, un materiale composito è un materiale multifase che può essere creato artificialmente ed è diverso dai costituenti: in base al principio delle azioni combinate, l'ottimizzazione di una proprietà viene ottenuta mediante l'attenta e studiata combinazione di due o più materiali differenti.

Sulla base del materiale della matrice che costituisce la fase continua, i compositi sono classificati a matrice metallica, a matrice ceramica e a matrice polimerica.

I compositi a matrice polimerica sono generalmente costituiti da fibre di rinforzo (ad esempio carbonio, nylon, aramide o vetro) incorporate in una matrice polimerica, che circonda, protegge e lega le fibre. Tipicamente, le fibre costituiscono circa il 50/60% di un composito a matrice polimerica in volume.

A loro volta all'interno della categoria a matrice polimerica esistono due sottoclassi di materiali che compongono la matrice polimerica che sono: polimeri termoplastici e polimeri termoindurenti.

I polimeri termoplastici sono un gruppo di materie plastiche che acquistano malleabilità, sotto l'azione della temperatura. Soggetti all'azione della temperatura, i polimeri termoplastici possono essere modellati o formati in oggetti finiti e quindi una volta raffreddati tornare ad essere strutture rigide. La viscosità diminuisce, infatti, all'aumentare della temperatura, ma anche con l'aumentare della velocità di scorrimento e dello sforzo di taglio. Questo ciclo di riscaldamento/raffreddamento, teoricamente, può essere ripetuto più volte in base alle qualità delle diverse materie plastiche; nella pratica è possibile ripetere il ciclo per un numero limitato di volte poiché troppi riscaldamenti possono degradare i polimeri.

I materiali polimerici termoindurenti hanno una struttura molecolare reticolata formata da legami covalenti. I polimeri termoindurenti sono reticolati mediante un processo chiamato "curing", attraverso cui la resina allo stato fluido subisce una serie di trasformazioni chimiche passando per uno stato gelificato o gommoso fino

a passare allo stato vetroso. Alcune resine termoindurenti sono reticolate per mezzo del calore o attraverso calore e pressione combinati. In altri casi, la reazione chimica può avvenire a temperatura ambiente (termoindurenti a freddo) per mezzo di una radiazione luminosa, evaporazione di sostanze, attivazione per mezzo dell'umidità e infine a causa della miscelazione forzata di due elementi (in genere resina e catalizzatore).

Benché i manufatti in resina termoindurente possano ammorbidirsi per effetto del calore (T_g , temperatura di transizione vetrosa), i legami covalenti del reticolo impediscono loro di ritornare allo stato fluido che esisteva prima della reticolazione, anzi se il riscaldamento comporta il superamento della temperatura di degradazione, questi si decompongono carbonizzandosi. I materiali termoindurenti, perciò, non possono venire nuovamente riscaldati e quindi fusi come succede con i termoplastici.

Processi di stampaggio tridimensionale di materiali compositi sono ad esempio descritti in US9987798, US10011073 e US9126367.

La Richiedente ha osservato che i processi di stampaggio tridimensionali di materiali compositi con rinforzo in fibra continua che sono implementati mediante l'ausilio di sistemi di deposizione a controllo numerico o robot dotati di 3 o più gradi di libertà possono presentare difetti funzionali e/o estetici nello strato deposto. Ogni strato appare, infatti, in sezione costituito dall'unione di più cordoni di elementi filiformi affiancati, quindi contraddistinto da una serie di porzioni vuote (senza materiale) disposte tra un cordone e quello adiacente. Questo difetto è causato dalla morfologia del cordone e dalla difficoltà di realizzare un cordone di sezione tale da minimizzare i difetti e massimizzare la superficie di contatto utile. Queste difettosità superficiali limitano l'orizzonte di applicabilità di componenti compositi ottenuti mediante manifattura additiva.

Per tentare di superare tale limite è stato proposto l'impiego di apparati di formatura basati su rulli in grado di imprimere una pressione sull'elemento

filiforme in fase di deposizione. Sebbene questo tipo di soluzione risulti essere migliorativa nei confronti dell'adesione fra gli strati e contribuisca a ridurre il grado globale di vuoti all'interno del manufatto, è altresì evidente che detta pressione applicata sull'elemento filiforme ne determina comunque una morfologia nastriforme (i.e. bassi rapporti altezza strato/larghezza strato). Questa tipologia di soluzione risulta adatta per la realizzazione di oggetti caratterizzati da due dimensioni caratteristiche prevalenti sulla terza, l'altezza. Qualora tuttavia tale soluzione venisse impiegata per la realizzazione di oggetti tridimensionali, dunque non caratterizzati da due dimensioni prevalenti sulla terza, questo risulterebbe nella produzione di manufatti più pesanti, contraddistinti da uno spessore di parete elevato con un sensibile innalzamento dei tempi di produzione.

La Richiedente ha inoltre osservato con questa soluzione, la dipendenza del grado di qualità del manufatto dalla pressione applicata. In altri termini, il sistema sopra descritto che prevede apparati di formatura basati su rulli non permette di modificare arbitrariamente il rapporto di altezza/larghezza degli strati di materiale da depositare senza incorrere in disomogeneità nel manufatto prodotto e comunque in indesiderate variazioni del valore atteso di adesione fra gli strati.

In conseguenza, detti sistemi di formatura risultano inadatti alla realizzazione di geometrie che siano caratterizzate da curvature nella direzione di crescita del manufatto ed inadeguati alla deposizione di elementi filiformi continui secondo traiettorie intersecanti sullo stesso piano o superficie.

La Richiedente si è pertanto posta il problema di proporre un'apparecchiatura ed un metodo di stampaggio tridimensionale di materiali compositi a fibre continue che risolva gli inconvenienti della tecnica nota in particolare in termini di limitazione risultanti dai sistemi e dai processi di formatura noti.

Sommario dell'invenzione

Pertanto, in un suo primo aspetto, l'invenzione concerne un'apparecchiatura per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre continue, comprendente:

- una testa di alimentazione di almeno un elemento filiforme continuo; detto elemento filiforme continuo comprendente almeno una fase dispersa ed almeno una fase continua; detta testa di alimentazione comprendendo almeno un apparato di deposizione disposto nella sua porzione terminale;
- 5 - un gruppo di movimentazione relativa tra la testa di alimentazione e l'oggetto tridimensionale da stampare o una superficie di supporto;
- una sorgente di energia configurata per somministrare una predeterminata quantità di energia a detto elemento filiforme continuo;
- caratterizzato dal fatto che detto apparato di deposizione comprende:
- 10 - un dispositivo per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme continuo, comprendente almeno una superficie laterale configurata per essere posta a contatto con l'elemento filiforme occupando almeno una porzione del perimetro esterno della sezione di detto elemento filiforme ed in modo da definire una porzione vuota sul perimetro esterno della sezione di detto elemento filiforme
- 15 continuo pari a o maggiore del 5% del perimetro esterno della sezione di detto elemento filiforme continuo.

La Richiedente ha osservato che l'impiego di un dispositivo per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme in cui almeno parte del perimetro del profilo di formatura è assente perché sostituita dall'interfaccia di contatto fra l'elemento

20 filiforme in fase di deposizione e l'oggetto tridimensionale o la superficie di supporto o entrambi consente di superare i limiti della tecnica nota.

Detto dispositivo per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme permette di impartire una predeterminata forma alla sezione di elemento filiforme in fase di deposizione, atta a ridurre il numero di vuoti in detto elemento filiforme

25 e fra elementi filiformi affiancati e/o sovrapposti.

Convenientemente detto dispositivo per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme può essere configurato per impartire una forma poligonale alla sezione dell'elemento filiforme in fase di deposizione. Alternativamente parte

del profilo di formatura può essere configurato in modo da impartire una forma curvilinea ad almeno una parte della sezione dell'elemento filiforme in fase di deposizione.

Ai fini della presente invenzione, si applicano le seguenti definizioni.

- 5 Per “sezione di elemento filiforme” si intende la curva piana risultante dall'intersezione dell'elemento filiforme in fase di deposizione con il piano avente per normale l'asse tangente al percorso di deposizione. Detta sezione è caratterizzata da una sua propria forma, area e perimetro.

- 10 Per “direzione longitudinale” viene genericamente intesa una direzione parallela alla direzione di scorrimento dell'elemento filiforme continuo all'interno dell'apparato di deposizione.

La presente invenzione, nel suddetto aspetto, può presentare almeno una delle caratteristiche preferite che qui di seguito sono descritte.

- 15 Convenientemente, detto dispositivo per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme, comprende almeno due pareti mobili configurate in modo tale che almeno una di dette pareti mobili sia a contatto con l'elemento filiforme, in fase di deposizione, occupando almeno una porzione del perimetro esterno della sezione di detto elemento filiforme continuo; dette pareti mobili essendo mobili in allontanamento o avvicinamento rispetto al centro della sezione dell'elemento
20 filiforme.

Preferibilmente, le almeno due pareti mobili occupano almeno il 30% del perimetro esterno di detto elemento filiforme.

- 25 Convenientemente, le almeno due pareti mobili comprendono due pareti laterali contrapposte rispetto all'elemento filiforme continuo; ciascuna parete laterale comprendendo un'estremità libera ed una estremità vincolata ad una testa.

Vantaggiosamente, l'apparecchiatura comprende un gruppo di movimentazione di dette pareti laterali comprendente almeno un attuatore configurato per determinare la traslazione delle pareti laterali secondo un angolo di inclinazione rispetto alla

direzione di estensione dell'elemento filiforme continuo.

Preferibilmente, il suddetto almeno un attuatore comprende un motore elettrico azionante, per mezzo di una puleggia di rinvio, un cavo di rinvio associato, mediante un elemento elastico ad una parete laterale.

- 5 Vantaggiosamente, una parete superiore è disposta all'interno dell'apparato di deposizione in modo da essere posizionata ortogonalmente a dette pareti laterali. Convenientemente, è inoltre presente un gruppo di movimentazione della parete superiore comprendente almeno un attuatore che determina la traslazione della parete superiore, rispetto alla direzione di estensione dell'elemento filiforme continuo all'interno dell'apparato di deposizione.

- 10 Convenientemente, l'apparato di deposizione comprende un dispositivo atto a misurare la pressione esercitata dalla parete superiore sull'elemento filiforme continuo. Attraverso la misura di detta pressione, l'attuazione del gruppo di movimentazione e/o delle pareti mobili può essere corretta in funzione del valore rilevato rispetto al valore atteso.

15 Secondo un altro aspetto, la presente invenzione concerne un processo per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre continue con l'apparecchiatura di cui sopra e comprendente le fasi di:

- alimentare almeno un elemento filiforme continuo ad un apparato di deposizione;
- 20 detto elemento filiforme comprendente almeno una fase dispersa ed almeno una fase continua in grado di subire cambiamenti chimici e/o fisici per effetto di una somministrazione di energia. L'elemento filiforme continuo può presentarsi avvolto su apposite bobine, oppure provenire da un dispositivo di impregnazione, non descritto in quanto di tipo noto, collocato a monte della bocca di uscita e in
- 25 modo tale che almeno un asse di movimentazione sia interposto tra detta bocca di uscita e detto dispositivo di impregnazione;
- settaggio del suddetto dispositivo per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme continuo,

- deporre l'elemento filiforme continuo su una superficie di supporto o su oggetto tridimensionale;

- somministrare una predeterminata quantità di energia a detto elemento filiforme in modo da indurre un cambiamento chimico e/o fisico di detto elemento filiforme

5 e, per effetto di detto cambiamento, realizzare un punto di ancoraggio tra detto elemento filiforme in fase di deposizione e detta superficie di supporto o oggetto tridimensionale. Detta fase continua, costituente detto elemento filiforme, è selezionata per essere in grado di realizzare rapidamente detto punto di ancoraggio per effetto di detto cambiamento chimico e/o fisico, determinando la possibilità di
10 costruire l'oggetto tridimensionale.

- spostare detta testa di alimentazione rispetto al punto di ancoraggio secondo un percorso prestabilito che definisce l'oggetto da stampare ed esercitando contestualmente una forza di trazione su detto elemento filiforme continuo. Detta
15 forza di trazione governa la fuoriuscita di detto elemento filiforme dalla bocca di uscita dell'apparato di deposizione ed è generata per effetto del movimento relativo tra testa di alimentazione e detto punto di ancoraggio sulla superficie di supporto e/o oggetto tridimensionale;

- nel corso della fase di deposizione, indurre detto cambiamento chimico e/o fisico di una nuova porzione dell'elemento filiforme deposto da detta testa di
20 alimentazione e, per effetto di detto cambiamento, determinare, istante per istante, un nuovo punto di ancoraggio tra detto elemento filiforme in fase di deposizione e detta superficie di supporto e/o oggetto tridimensionale.

- tagliare l'elemento filiforme continuo preferibilmente all'interno della testa di alimentazione.

25 Preferibilmente, la fase di settaggio viene implementata durante la fase di deposizione.

Vantaggiosamente, detta fase di settaggio viene implementata a monte della detta fase di deposizione.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione appariranno maggiormente dalla descrizione dettagliata di alcune forme di esecuzione preferite, ma non esclusive, di un apparecchio e di un metodo per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre secondo la presente invenzione.

5 **Breve descrizione dei disegni**

Tale descrizione verrà esposta qui di seguito con riferimento agli uniti disegni, forniti a scopo solo indicativo e pertanto non limitativo nei quali:

- la figura 1 mostra un'apparecchiatura per la stampa tridimensionale di materiali compositi comprendente un gruppo di movimentazione ed una testa di alimentazione, una superficie di supporto ed un oggetto tridimensionale e che implementa il metodo secondo la presente invenzione;
- la figura 2 mostra la testa di alimentazione dell'apparecchiatura per la stampa tridimensionale di materiali compositi di figura 1;
- le figure 3a-3b mostrano due viste dal basso rispettivamente a tratto pieno e in trasparenza di una porzione terminale della testa di alimentazione secondo la presente invenzione;
- le figure da 4a a 8b mostrano momenti successivi della fase di taglio di un elemento filiforme continuo all'interno del tratto terminale della testa di alimentazione;
- la figura 9 mostra una vista in prospettiva interna dell'apparato di deposizione secondo la presente invenzione;
- la figura 10 mostra una vista in prospettiva interna, in esploso, dell'apparato di deposizione di figura 9, in cui sono stati omessi per chiarezza rappresentativa alcuni componenti responsabili del taglio dell'elemento filiforme continuo.

25 **Descrizione dettagliata di forme realizzative dell'invenzione**

Con riferimento alle figure, una apparecchiatura per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre è indicata nella sua interezza dal riferimento numerico 100. In particolare, l'apparecchiatura 100 è adatta alla stampa di un materiale

composito a partire da un elemento filiforme continuo 4 costituito da almeno una fase continua ed almeno una fase dispersa.

L'apparecchiatura 100 comprende una testa di alimentazione 50 di un elemento filiforme continuo 4, una superficie di supporto 9 su cui viene depositato l'elemento
5 filiforme continuo 4 per realizzare l'oggetto, preferibilmente tridimensionale 20 da stampare, un gruppo di movimentazione relativa tra la testa di alimentazione 50 e la superficie di supporto 9, in modo da esercitare una trazione dell'elemento filiforme continuo 4, almeno una sorgente di energia 8 configurata per somministrare all'elemento filiforme continuo 4 una predeterminata quantità di
10 energia. Detta energia somministrata all'elemento filiforme continuo 4 ne determina un cambiamento chimico e/o fisico per effetto del quale si realizza un punto di ancoraggio fra detto elemento filiforme continuo in fase di deposizione e detta superficie di supporto 9 e/o oggetto tridimensionale 20. La movimentazione
15 relativa fra la testa di alimentazione e detta superficie di supporto 9 e/o oggetto tridimensionale 20 determina una forza di trazione sull'elemento filiforme stesso che ne determina la fuoriuscita dalla bocca di uscita 10 di detto apparato di deposizione 1.

Nella forma di realizzazione mostrata nelle figure, la testa di alimentazione presenta un apparato di deposizione 1 che si presenta come un elemento tubolare
20 rastremato in direzione della bocca di uscita 10 dell'elemento filiforme continuo 4.

La testa di alimentazione 50 può comprendere, inoltre, al suo interno un dispositivo di taglio 2 comprendente almeno un tagliente 3.

Nella forma di realizzazione mostrata nelle figure, il dispositivo di taglio 2
25 comprende un braccio di supporto 6 per detto tagliente 3, mobile tra una posizione arretrata (fig.4a-4b) in cui, in pianta, è discosto rispetto alla direzione di estensione X-X dell'elemento filiforme continuo 4 ed una posizione di taglio (fig. 5a-5b) in cui il tagliente 3 interseca la direzione di estensione X-X dell'elemento filiforme

continuo 4.

Il braccio di supporto 6 si estende sostanzialmente concordemente alla direzione di estensione X-X dell'elemento filiforme continuo 4. In altri termini, in pianta, il braccio di supporto 6 è disposto sostanzialmente parallelamente o poco inclinato (meno di 45°) rispetto alla direzione di estensione X-X.

Il braccio di supporto 6 presenta in corrispondenza di una sua estremità il suddetto tagliente 3.

In un'altra forma realizzativa, non rappresentata nelle figure, il dispositivo di taglio 2 comprende, oltre al braccio di supporto 6 e al tagliente 3, un elemento elastico che consente la movimentazione relativa tra il braccio di supporto 6 e il tagliente 3. Preferibilmente, la movimentazione relativa è di tipo rotativo e consente al tagliente 3 di ritrarsi, permettendo la fase di avanzamento verso la posizione di taglio del braccio di supporto 6 anche nel caso in cui la direzione di estensione del braccio di supporto 6 sia intersecante alla direzione di estensione X-X dell'elemento filiforme continuo 4. Preferibilmente, l'elemento elastico è un elemento in acciaio armonico disposto lateralmente al braccio di supporto 6. Vantaggiosamente, il tagliente 3 comprende una porzione con profilo a camma, che tramite il contatto con l'elemento elastico, consente il riposizionamento del tagliente 3 dopo la fase di interazione con l'elemento filiforme continuo 4. Inoltre, vantaggiosamente, il tagliente 3 comprende una porzione di contrasto con il braccio di supporto 6, tale da consentire una forza di reazione durante la fase di taglio dell'elemento filiforme continuo 4 al momento della retrazione del braccio di supporto 6. Secondo questa forma realizzativa il dispositivo di taglio 2 può non essere discosto lateralmente alla direzione di estensione X-X dell'elemento filiforme continuo e, non essendo necessario evitare intersezioni tra la direzione di estensione del braccio di supporto 6 e la direzione di estensione X-X dell'elemento filiforme continuo 4, in caso risulti vantaggioso, è possibile variare la lunghezza totale dell'apparato di deposizione 1 privilegiando la compattezza della testa di

alimentazione 50 e/o la libertà di movimentazione della testa di alimentazione 50. In corrispondenza dell'estremità restante, il braccio di supporto 6 è funzionalmente associato ad un gruppo di movimentazione 3 comprendente un attuatore 16 per movimentare il braccio di supporto e, in conseguenza, il tagliente stesso.

- 5 Nella forma di realizzazione mostrata in figura, l'attuatore 16 è di tipo pneumatico e comprende un cilindro pistone 17 connesso al braccio di supporto 6 del tagliente 3, in modo che la movimentazione del cilindro pistone 17 trasla in avanti o indietro il braccio di supporto 6 e conseguentemente il tagliente 3.

- 10 L'apparato di deposizione 1 comprende, inoltre, un convogliatore 5, mobile tra una posizione arretrata (figura 4a-4b) in cui è discosto dal tagliente 3, una posizione intermedia (figura 6a-6b) in cui è disposto almeno parzialmente sotto detto tagliente e colloca l'elemento filiforme 4 in interferenza con il tagliente 3, quando il tagliente 3 si trova nella sua posizione di taglio, ed una posizione avanzata (figura 8a-8b).

- 15 Nella forma di realizzazione mostrata nelle figure, il convogliatore 5 si presenta come una barra sottile, traslabile lungo la direzione di estensione X-X dell'elemento filiforme continuo 4.

- Il convogliatore 5 presenta, in pianta, una larghezza L uguale a o maggiore della larghezza in pianta dell'elemento filiforme 4, quando questo è considerato a monte
20 del sistema di formatura.

Il convogliatore 5, in corrispondenza di una sua estremità di testa 11, presenta una porzione di impegno 12 con l'elemento filiforme continuo 4.

- In corrispondenza dell'estremità restante, il convogliatore 5 è funzionalmente associato ad un gruppo di movimentazione del convogliatore stesso comprendente
25 almeno un attuatore 18 che determina la traslazione del convogliatore 5 dalla sua posizione arretrata alla posizione intermedia ed alla sua posizione avanzata e viceversa.

Nella forma di realizzazione mostrata nelle figure, l'attuatore 18 comprende un

motore elettrico 19 azionante, per mezzo di pulegge di rinvio 22, un cavo di trasporto 21 associato al convogliatore 5.

L'azionamento dell'albero del motore elettrico 19 in un senso porta in avanti il convogliatore 5 mentre la rotazione in senso contrario dell'albero del motore elettrico 19 porta indietro il convogliatore 5.

La testa di alimentazione 50 può esse montata su un giunto rotante 30, che permette la rotazione infinita della testa di alimentazione 50 rispetto ad un asse terminale, come ad esempio mostrato in figura 2.

La testa di alimentazione 50 comprende, inoltre, un dispositivo 40 per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme configurato per impartire una

predeterminata forma alla sezione dell'elemento filiforme in fase di deposizione. In altri termini, il dispositivo 40 per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme è atto a ridurre il numero di vuoti fra elementi filiformi affiancati e/o sovrapposti.

Il dispositivo 40 per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme continuo comprende almeno una superficie configurata per essere posta a contatto con l'elemento filiforme continuo 4, in fase di deposizione, occupando almeno una porzione del perimetro esterno dell'elemento filiforme continuo 4 in modo da definire una porzione vuota sul perimetro esterno dell'elemento di formatura pari a o maggiore del 5% del perimetro esterno dell'elemento filiforme 4, in fase di deposizione.

Grazie al dispositivo 40 per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme continuo, la forma della sezione dell'elemento filiforme continuo 4 è impartita per azione di contenimento combinato dell' almeno una parete del dispositivo 40 e dell'elemento filiforme continuo precedentemente depositato e/o superficie di supporto.

Vantaggiosamente a tal fine il dispositivo 40 per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme continuo 4 comprende delle pareti mobili 41,42,43

disposte attorno all'elemento filiforme continuo 4. Quest'ultimo scorre fra le pareti mobili 41,42,43 nel corso della fase di deposizione sulla superficie di supporto 9 e/o sull'oggetto tridimensionale 20.

Le pareti mobili 41,42,43 sono mobili, almeno parzialmente in avvicinamento o in allontanamento, per modificare il rapporto di forma della sezione dell'elemento filiforme continuo 4.

In una forma di realizzazione, mostrata ad esempio nelle figure 8,9,10, sono presenti almeno due pareti mobili 41,42,43 configurate per essere a contatto con l'elemento filiforme continuo 4, in fase di deposizione, occupando almeno una porzione del perimetro della sezione di detto elemento filiforme continuo 4.

In dettaglio, sono presenti due pareti laterali 41,42 ed una parete superiore 43.

Le pareti laterali 41,42 e la parete superiore 43 sono configurate e disposte per coprire almeno il 30% del perimetro in pianta dell'elemento filiforme continuo 4.

Le pareti mobili 41,42,43 sono mobili in allontanamento o in avvicinamento reciproco ad opera di appositi attuatori, mobili in maniera sincrona o asincrona, attuabili indipendentemente.

Nella forma di realizzazione mostrata nelle figure 9-10, le pareti laterali 41,42 si presentano come due lame allungate disposte internamente all'interno dell'apparato di deposizione 1 in modo da essere contrapposte rispetto all'elemento filiforme continuo 4, quando quest'ultimo è in fase di deposizione.

Le due pareti laterali 41,42 sono configurate per essere a contatto con l'elemento filiforme continuo 4 almeno per una loro porzione.

In particolare, ciascuna parete laterale 41,42 comprende un'estremità libera 41a,42a ed una estremità vincolata 41b,42b ad una testa 44.

Preferibilmente, le due pareti laterali 41,42 sono configurate per essere a contatto con l'elemento filiforme continuo 4 almeno per il 60% dell'estensione longitudinale di detta loro estremità libera.

Ancor più preferibilmente le due pareti laterali 41,42 sono configurate per essere

a contatto con l'elemento filiforme continuo 4 almeno per il 70% dell'estensione longitudinale di detta loro estremità libera.

In corrispondenza della propria estremità vincolata 41b,42b, ciascuna parete laterale 41,42 è funzionalmente associata ad un gruppo di movimentazione della parete laterale stessa comprendente almeno un attuatore 45 che determina la traslazione, secondo un angolo di inclinazione rispetto alla direzione di estensione longitudinale dell'elemento filiforme continuo 4, delle pareti laterali 41,42.

La traslazione delle pareti laterali 41,42 porta in avvicinamento o in allontanamento reciproco almeno le estremità libere 41a,42a delle pareti laterali comprimendo l'elemento filiforme continuo 4 o consentendone la dilatazione laterale, durante o appena prima della deposizione.

Nella forma di realizzazione mostrata nelle figure, ciascun attuatore 45 comprende un motore elettrico 46 azionante, per mezzo di una puleggia di rinvio 47, un cavo di rinvio 48 associato, mediante un elemento elastico 49 ad una parete laterale 41,42.

L'azionamento dell'albero del motore elettrico 46 in un senso esercita una trazione sul cavo di rinvio 48 ed una conseguente compressione sull'elemento elastico 49, in modo che le pareti laterali 41,42 traslino verso il motore elettrico 46 portando in allontanamento reciproco le proprie estremità libere 41a,42a. Viceversa l'azionamento in senso contrario dell'albero del motore elettrico 46 esercita un rilasciamento sul cavo di rinvio 48 ed il ritorno elastico dell'elemento elastico 49, non più contrastato dalla tensione del cavo di rinvio 48, fa sì che le pareti laterali 41,42 traslino in allontanamento dal motore elettrico 46 portando in avvicinamento reciproco le estremità libere 41a,42a comprimendo lateralmente l'elemento filiforme continuo 4.

La parete superiore 43 si presenta anch'essa come una lama allungata disposta all'interno dell'apparato di deposizione 1 in modo da essere posizionata ortogonalmente alle due pareti laterali 41,42 e, con riferimento alle figure,

superiormente rispetto all'elemento filiforme continuo 4, quando quest'ultimo è in fase di deposizione.

La parete superiore 43 è configurata per essere a contatto con l'elemento filiforme continuo 4 almeno per una sua porzione.

- 5 In particolare, ciascuna parete superiore 43 comprende un'estremità libera 43a ed una estremità vincolata 43b ad una testa 52.

Preferibilmente, la parete superiore 43 è configurata per essere a contatto con l'elemento filiforme continuo 4 almeno per il 60% dell'estensione longitudinale di detta sua estremità libera.

- 10 Ancor più preferibilmente la parete superiore 43 è configurata per essere a contatto con l'elemento filiforme continuo 4 almeno per il 70% dell'estensione longitudinale di detta sua estremità libera.

- In corrispondenza della propria estremità vincolata 43b, la parete superiore 43 è funzionalmente associata ad un gruppo di movimentazione della parete superiore
15 stessa comprendente almeno un attuatore 53 che determina la traslazione, rispetto alla direzione di estensione dell'elemento filiforme continuo 4 della parete superiore 43.

- La traslazione della parete superiore 43 comprime o consente la dilatazione della sezione dell'elemento filiforme continuo secondo una direzione ortogonale alle
20 pareti laterali 41,42 durante o poco prima della deposizione.

Nella forma di realizzazione mostrata nelle figure, l'attuatore 53 comprende un motore elettrico 54 azionante, per mezzo di una puleggia di rinvio 55, un cavo di rinvio 56 associato, mediante un elemento elastico 57 alla parete superiore 43.

- L'azionamento dell'albero del motore elettrico 54 in un senso esercita una trazione
25 sul cavo di rinvio 56 ed una conseguente compressione sull'elemento elastico 57 in modo che la parete superiore 43 trasli verso il motore elettrico 54 consentendo la dilatazione verticale, vale a dire rappresentata dalla freccia F in figura, della forma della sezione dell'elemento filiforme continuo 4. Viceversa, l'azionamento

in senso contrario dell'albero del motore elettrico 54 esercita un rilasciamento sul cavo di rinvio 56 e il ritorno elastico dell'elemento elastico 57, non più contrastato dalla tensione del cavo di rinvio 56 fa sì che la parete superiore 43 trasli in allontanamento dal motore elettrico 54 comprimendo in verticale la sezione
5 dell'elemento filiforme continuo 4.

La testa di alimentazione 50 è vantaggiosamente supportata da un gruppo di movimentazione per la movimentazione relativa tra la stessa testa di alimentazione 50 e l'oggetto tridimensionale 20 da stampare o detta superficie di supporto 9.

Durante l'alimentazione dell'elemento filiforme continuo 4, il gruppo di
10 movimentazione esercita una forza di trazione sull'elemento filiforme continuo 4 e, di conseguenza, trasferita alle fibre continue in esso contenute.

Si noti che questa forza di trazione provoca la fuoriuscita di detto elemento filiforme continuo 4 dalla bocca di uscita 10 dell'apparato di deposizione 1.

Di conseguenza, maggiore è la velocità relativa, più veloce è l'avanzamento
15 dell'elemento filiforme continuo 4.

Secondo una forma di realizzazione alternativa, l'alimentazione dell'elemento filiforme continuo 4 avviene per mezzo di estrusione dello stesso dalla testa di alimentazione 50.

Secondo una forma di realizzazione alternativa, la tensione determinata
20 sull'elemento di filiforme per effetto della forza di trazione applicata è modulata per effetto di sistemi di estrusione posizionati a monte della bocca di uscita 10.

In ulteriore dettaglio, i mezzi di movimentazione comprendono almeno una macchina con movimento a controllo numerico su almeno tre assi.

Secondo una prima forma di realizzazione, la macchina a controllo numerico
25 comprende un braccio motorizzato 23 per supportare la testa di alimentazione 50 sopra menzionata in corrispondenza di una rispettiva porzione di estremità.

Il braccio motorizzato 23, che non è descritto in dettaglio in quanto di tipo noto, è atto a muovere la testa di alimentazione in almeno tre assi spaziali, orientando la

testa di alimentazione secondo qualsiasi posizione rispetto all'oggetto 20 o superficie di supporto 9.

Si noti che la superficie di supporto 9, raffigurata disposta sotto la testa di alimentazione 50, può, a sua volta, essere mobile in maniera relativa rispetto a detta testa di alimentazione 50. Detta superficie di supporto 9 può essere costituita da detto elemento filiforme continuo 4 precedentemente depositato nel corso della realizzazione dell'oggetto tridimensionale 20.

L'apparecchiatura comprende, inoltre, almeno una sorgente di energia 8 appositamente configurata per somministrare una predeterminata quantità di energia all'elemento filiforme continuo 4. Secondo una prima forma di realizzazione, la suddetta almeno una sorgente di energia 8 può essere costituita da una sorgente di emissione di calore prevista per riscaldare l'elemento filiforme continuo 4 e/o determinare l'attivazione di specie chimiche determinanti una reazione di polimerizzazione.

Le sorgenti di energia 8 di questo tipo possono essere basate sulla fornitura di un flusso di aria calda, come quelle rappresentate nelle figure.

Alternativamente, la suddetta almeno una sorgente di energia 8 può essere una sorgente di radiazioni elettromagnetiche, impiegate per il riscaldamento di detto elemento filiforme, e/o per determinare l'attivazione di specie chimiche determinanti una reazione di polimerizzazione. In questo caso, la sorgente di energia 8 può ad esempio essere costituita da almeno una sorgente di radiazione elettromagnetica nel campo dell'infrarosso e/o dell'ultravioletto in funzione del tipo di materiale di cui è composto l'elemento filiforme continuo 4. La sorgente di energia 8 è posizionata a valle dell'apparato di deposizione 1 ed è configurata per somministrare energia all'elemento filiforme continuo 4.

Preferibilmente, la suddetta almeno una sorgente di energia 8 è costituita da una sorgente di energia a potenza modulabile e/o da un dispositivo di movimentazione configurato per modificare la distanza relativa tra la sorgente di energia 8, o uno

dei suoi elementi, e l'elemento filiforme continuo 4, in fase di deposizione.

Se, ad esempio, la sorgente di energia 8 è basata sulla generazione di un flusso di aria calda atto ad investire l'elemento filiforme continuo 4 in fase di deposizione, la stabilità di processo può essere ottenuta mediante la modulazione del flusso di
5 aria, in termini di portata e/o temperatura, e/o l'uso di un dispositivo di movimentazione che modifichi la distanza relativa tra la sorgente di energia 8 e l'elemento filiforme continuo 4.

Se, ad esempio, la sorgente di energia 8 è una sorgente di radiazione elettromagnetica focalizzata mediante un elemento ottico, la modifica della
10 configurazione geometrica della radiazione incidente l'elemento filiforme continuo 4 può essere ottenuta mediante un dispositivo di movimentazione che modifica la distanza relativa tra la sorgente di energia 8 e l'elemento filiforme continuo 4 (i.e. in allontanamento/avvicinamento) oppure utilizzando un elemento ottico attuato, vale a dire in grado di modificare la sua posizione.

15 Altro problema all'interno di sistemi di stampaggio tridimensionale di manufatti in materiale composito con rinforzo in fibra continua mediante l'ausilio di sistemi di deposizione a controllo numerico o robot dotati di 3 o più gradi di libertà è la mancanza di controllo sulla tensione esibita dall'elemento filiforme in fase di deposizione.

20 A tale scopo, l'apparecchiatura secondo la presente invenzione comprende, inoltre, un dispositivo di controllo della tensione esibita dall'elemento filiforme continuo 4 in fase di deposizione.

Detto dispositivo comprende almeno un sensore di tensione, per la misura della tensione dell'elemento filiforme continuo 4, e di almeno un elemento di attuazione
25 configurato per la compensazione delle variazioni indesiderate di tensione dell'elemento filiforme continuo 4.

Il suddetto almeno un sensore può essere un sensore configurato per misurare direttamente la tensione, come nel caso dell'utilizzo di sensori di forza, o un

5 sensore configurato per una misura indiretta della tensione, preferibilmente mediante l'uso sinergico di un sensore di posizione angolare e/o lineare ed almeno un elemento elastico.

Preferibilmente, il suddetto almeno un sensore è un sensore configurato per una
5 misura indiretta della tensione.

Convenientemente, in questi casi, è possibile dotare il dispositivo di controllo di un contrappeso avente massa equivalente alla somma della massa del sistema da controbilanciare. L'aggiunta di un contrappeso consente di avere tensioni inferiori dell'elemento filiforme continuo 4 poiché, nonostante le accelerazioni della
10 macchina a controllo numerico, l'inerzia del sistema è compensata dall'inerzia del contrappeso. Questo garantisce che l'elemento elastico, facente parte del sensore di misura della tensione di detto elemento filiforme continuo 4, subirà una variazione della sua lunghezza caratteristica unicamente causata dalla tensione presente sull'elemento filiforme continuo 4.

15 Gli elementi di attuazione possono agire attuando la rotazione della/e bobina/e su cui l'elemento filiforme è avvolto, causandone lo srotolamento, determinando l'alimentazione di detto elemento filiforme continuo 4, e/o impartendo una forza di trazione sull'elemento filiforme continuo 4.

Quest'ultimo effetto può essere ottenuto tramite, ad esempio, l'utilizzo di due rulli
20 controrotanti, oppure per mezzo di una serie di rulli, di cui almeno uno attuato, operanti per l'effetto dell'attrito con l'elemento filiforme continuo 4. In questo ultimo caso, ulteriormente, gli ultimi rulli della serie di rulli possono essere dotati di una frizione unidirezionale per garantire tensione sull'elemento filiforme continuo 4 nel caso di ritrazione dello stesso.

25 La presente invenzione riguarda altresì un metodo per la stampa tridimensionale di materiali compositi che comprende le fasi di:

- alimentare almeno un elemento filiforme continuo 4 ad un apparato di deposizione 1; detto elemento filiforme continuo 4 comprendente almeno una fase

dispersa ed almeno una fase continua in grado di subire cambiamenti chimici e/o fisici per effetto di una somministrazione di energia.

- settaggio del suddetto dispositivo per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme continuo;

5 - deporre l'elemento filiforme continuo su una superficie di supporto o su oggetto tridimensionale, impartendo forma alla sezione di detto elemento filiforme continuo per azione di contenimento combinato dell'almeno una parete del detto dispositivo e dell'elemento filiforme continuo precedentemente depositato e/o superficie di supporto.

10 - somministrare una predeterminata quantità di energia a detto elemento filiforme in modo da indurre un cambiamento chimico e/o fisico di detto elemento filiforme e, per effetto di detto cambiamento, realizzare un punto di ancoraggio tra detto elemento filiforme in fase di deposizione e detta superficie di supporto e/o oggetto tridimensionale. Detta fase continua, costituente detto elemento filiforme continuo

15 4, è selezionata per essere in grado di realizzare rapidamente detto punto di ancoraggio per effetto di detto cambiamento chimico e/o fisico, determinando la possibilità di costruire l'oggetto tridimensionale.

- spostare detta testa di alimentazione rispetto al punto di ancoraggio secondo un percorso prestabilito che definisce l'oggetto da stampare ed esercitando
20 contestualmente una forza di trazione su detto elemento filiforme continuo. Detta forza di trazione governa l'alimentazione di detto elemento filiforme attraverso la testa di alimentazione ed è generata per effetto del movimento relativo tra testa di alimentazione e detto punto di ancoraggio sulla superficie di supporto o oggetto tridimensionale.

25 - nel corso della fase di deposizione, indurre detto cambiamento chimico e/o fisico di una nuova porzione dell'elemento filiforme deposto da detta testa di alimentazione e, per effetto di detto cambiamento, determinare, istante per istante, un nuovo punto di ancoraggio tra detto elemento filiforme in fase di deposizione e

detta superficie di supporto o oggetto tridimensionale.

- tagliare l'elemento filiforme continuo all'interno della testa di alimentazione.

Le fasi di alimentazione e deposizione vengono attuate esercitando una forza di trascinamento sull'elemento filiforme continuo 4 realizzato mediante movimento
5 relativo tra la testa di alimentazione 50 e l'oggetto tridimensionale 20 da stampare oppure fra la testa di alimentazione 50 e la superficie di supporto 9.

In altre parole, spostando la testa di alimentazione 50 mediante l'azione della macchina a controllo numerico, l'elemento filiforme continuo 4 viene depositato gradualmente sulla superficie di supporto 9 o su una porzione precedentemente
10 realizzata di detto oggetto tridimensionale 20 che viene prodotto per via dell'alimentazione dell'elemento filiforme continuo 4 e la realizzazione di successivi punti di ancoraggio.

La deposizione dell'elemento filiforme continuo 4 può quindi progredire secondo percorsi e traiettorie predefiniti atti a formare l'oggetto tridimensionale 20 da
15 stampare.

Il punto di ancoraggio così formato consente all'elemento filiforme continuo 4 di disporsi sulla superficie di supporto 9 secondo un preciso percorso e di disegnare, mentre la macchina a controllo numerico si muove, l'oggetto da stampare 20.

La testa di alimentazione 50 viene così spostata dalla macchina a controllo
20 numerico secondo un percorso predeterminato che definisce l'oggetto 20 da stampare.

Questo percorso è determinato da un software di gestione adatto che non è descritto nella presente descrizione in quanto non rientra nell'ambito dell'invenzione.

Alla fine del processo di stampa, o comunque quando l'alimentazione continua
25 dell'elemento filiforme continuo 4 deve essere interrotta, detto elemento filiforme viene tagliato da un dispositivo di taglio 2 vantaggiosamente posto all'interno della testa di alimentazione 50.

Al fine di implementare la fase di taglio il tagliente 3 viene spostato da una

posizione arretrata in cui, in pianta, è discosto rispetto alla direzione di estensione X-X dell'elemento filiforme continuo 4, mostrata nelle figure 4a-4b, ad una seconda posizione di taglio, mostrata nelle figure 5a-5b in cui il tagliente 3 interseca la direzione di estensione X-X dell'elemento filiforme continuo 4.

- 5 Nella posizione arretrata, il tagliente 3 e il braccio di supporto 6 sono disposti lateralmente rispetto alla direzione di estensione X-X.

In particolare, il braccio di supporto 6 è disposto in modo che la sua estensione formi un angolo α con la direzione di estensione X-X minore di o uguale a 45° .

- 10 Nella posizione di taglio, invece, come mostrato in figura 5a-5b, il tagliente 3 si trova al di sotto dell'elemento filiforme continuo 4, preferibilmente senza toccarlo e quindi in intersezione con la direzione di estensione X-X.

Per spostare il tagliente 3 viene azionato l'attuatore 16 che sposta il braccio di supporto 6 e conseguentemente il tagliente 3 portandolo in posizione di taglio, mostrato in figura 5a,5b.

- 15 Nella posizione arretrata del convogliatore 5, figure 4a,4b, quest'ultimo è disposto allineato alla direzione di estensione X-X dell'elemento filiforme continuo 4, al di sopra e senza essere in interferenza con l'elemento filiforme continuo 4.

- 20 In altri termini, considerando una direzione verticale, quale quella rappresentata dall'asse verticale Z-Z, l'elemento filiforme continuo 4 si trova al di sopra del tagliente 3, ma al di sotto del convogliatore 5.

- 25 A questo punto anche il convogliatore 5, azionato da apposito sistema di attuazione 18, si muove da una sua posizione arretrata in cui è discosto dal tagliente 3 (mostrato nelle figure 5a,5b) ad una posizione intermedia, mostrata nelle figure 6a,6b in cui si trova sotto il tagliente 3, quando quest'ultimo è nella sua posizione di taglio.

Nella posizione intermedia del convogliatore 5, figura 6a,6b, quest'ultimo è disposto allineato alla direzione di estensione X-X dell'elemento filiforme continuo 4.

In questa posizione del convogliatore 5, l'elemento filiforme continuo 4, in particolare il suo tratto disposto in prossimità della porzione di impegno 12, avvolge il tagliente 3 e la porzione di testa 11 del convogliatore 5 formando una "s".

- 5 A questo punto, viene portato il tagliente 3 nuovamente in posizione arretrata, durante questo movimento il tagliente 3 entra in contatto con l'elemento filiforme continuo 4, determinando il taglio dello stesso, figure 7a,7b.

Successivamente, il convogliatore 5 viene ulteriormente spostato in avanti, vale a dire in ulteriore allontanamento dalla posizione arretrata, in una posizione
10 avanzata, mostrata nelle figure 8a,8b. In questa posizione, l'elemento filiforme continuo 4 è ormai tagliato, mentre l'estremità di testa 11 del convogliatore comprendente la porzione di impegno 12 fuoriesce frontalmente dalla bocca di uscita 10 dell'apparato di deposizione 1, impegnando il lembo di risulta dell'elemento filiforme per il suo nuovo posizionamento a formare un nuovo punto
15 di ancoraggio per la successiva fase di deposizione.

Nella posizione avanzata, il convogliatore 5 è sostanzialmente al di sotto del tagliente 3, che si trova nella sua posizione arretrata. L'elemento filiforme continuo 4 si trova sotto il convogliatore 5 a meno della sua porzione di estremità libera.

- 20 In uscita dalla bocca di uscita 10, precedentemente o successivamente al taglio, la sorgente di energia 8, somministra una predeterminata quantità di energia a detto elemento filiforme continuo 4 in modo da indurre un cambiamento chimico e/o fisico di detto elemento filiforme e, per effetto di detto cambiamento, realizzare un punto di ancoraggio tra detto elemento filiforme in fase di deposizione e detta
25 superficie di supporto 9 e/o oggetto tridimensionale 20. La trasformazione dell'elemento filiforme continuo 4 in materiale composito si innesca in prossimità e a valle della bocca di uscita 10, determinando, in conseguenza, un punto di ancoraggio tra l'elemento filiforme continuo 4 in fase di deposizione e superficie

di supporto 9 e/o oggetto tridimensionale 20.

Prima o durante la fase di deposizione dell'elemento filiforme continuo 4 secondo la traiettoria preimpostata, l'elemento filiforme continuo 4 può essere sottoposto ad una fase di formatura per variarne la forma della sezione.

- 5 A tal fine viene settato il dispositivo di formatura 40 avvicinando o allontanando le suddette pareti mobili 41,42,43.

Con riferimento alla forma di realizzazione mostrata nelle figure possono essere avvicinate/allontanate almeno parzialmente le pareti laterali 41,42 e/o la parete superiore 43 al fine di comprimere sia lateralmente che verticalmente l'elemento
10 filiforme continuo 4.

Come precedentemente accennato, la fase di settaggio può essere implementata durante la fase di deposizione.

Alternativamente o in modo combinato, la fase di settaggio può essere implementata a monte della fase di deposizione.

- 15 Vantaggiosamente, il metodo descritto può essere applicato alla realizzazione di geometrie che siano caratterizzate da curvature nella direzione di stratifica dell'oggetto tridimensionale settando detto dispositivo di formatura 40 dinamicamente nel corso della fase di deposizione di detto elemento filiforme continuo 4.

- 20 Vantaggiosamente, il metodo descritto può essere applicato alla deposizione di elemento/i filiforme/i continuo/i avente/i traiettoria/e di deposizione almeno parzialmente intersecante/i sullo stesso piano o superficie settando detto dispositivo di formatura 40 dinamicamente nel corso della fase di deposizione di detto elemento filiforme continuo 4.

- 25 L'invenzione come chiaramente desumibile dalla descrizione di cui sopra, consente di superare i limiti delle apparecchiature e dei processi di stampaggio tridimensionali di materiali compositi a fibra noti in particolare in termini di limiti dei metodi di formatura dell'elemento filiforme continuo.

Diverse modifiche possono essere apportate alle forme realizzative descritte nel dettaglio, rimanendo comunque nell'ambito di protezione dell'invenzione, definito dalle rivendicazioni seguenti.

RIVENDICAZIONI

1. Apparecchiatura (100) per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre continue, comprendente:

-una testa di alimentazione (50) di almeno un elemento filiforme continuo (4);

5 detto elemento filiforme continuo (4) comprendente almeno una fase dispersa ed almeno una fase continua; detta testa di alimentazione (50) comprendendo almeno un apparato di deposizione (1) disposto nella sua porzione terminale;

-un gruppo di movimentazione relativa tra la testa di alimentazione (50) e l'oggetto tridimensionale da stampare (20) o superficie di supporto (9);

10 -almeno una sorgente di energia (8) configurata per somministrare una predeterminata quantità di energia a detto elemento filiforme continuo (4);

caratterizzata dal fatto che detto apparato di deposizione (1) comprende:

-un dispositivo (40) per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme continuo (4) in fase di deposizione, comprendente almeno una superficie laterale

15 configurata per essere posta a contatto con l'elemento filiforme continuo (4), occupando almeno una porzione del perimetro esterno della sezione di detto elemento filiforme continuo (4) ed in modo da definire una porzione vuota sul perimetro esterno della sezione di detto elemento filiforme continuo (4) pari a o maggiore del 5% del perimetro esterno della sezione di detto elemento filiforme continuo (4) .

2. Apparecchiatura (100) per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre continue secondo la rivendicazione 1, in cui il dispositivo (40) comprende almeno due pareti mobili (41,42,43) configurate per essere a contatto con l'elemento filiforme continuo (4), in fase di deposizione, occupando almeno una

25 porzione della sezione del suo perimetro esterno;

- dette pareti mobili (41,42,43) essendo mobili in allontanamento o avvicinamento rispetto al centro della sezione dell'elemento filiforme (4).

3. Apparecchiatura (100) per la stampa tridimensionale di materiali compositi a

fibre continue secondo la rivendicazione 2, caratterizzata dal fatto che dette almeno due pareti (41,42,43) occupano almeno il 30% del perimetro esterno della sezione di detto elemento filiforme continuo (4).

4. Apparecchiatura (100) per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre continue secondo la rivendicazione 2 o 3, caratterizzata dal fatto che dette almeno due pareti mobili (41,42,43) comprendono due pareti laterali (41,42) contrapposte rispetto a detto elemento filiforme continuo; ciascuna parete laterale (41,42) comprendente un'estremità libera (41a,42a) ed un'estremità vincolata (41b,42b) ad una testa (44).

5. Apparecchiatura (100) per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre continue secondo la rivendicazione 4, caratterizzata dal fatto di comprendere un gruppo di movimentazione di dette due pareti mobili (41,42) comprendente almeno un attuatore (45) configurato per determinare la traslazione delle pareti laterali (41,42).

6. Apparecchiatura (100) per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre continue secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni da 3 a 5, caratterizzata dal fatto di presentare una parete superiore (43) disposta all'interno della testa di alimentazione (50) in modo da essere posizionata ortogonalmente a dette pareti laterali (41,42).

7. Apparecchiatura (100) per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre continue secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detto apparato di deposizione (1) comprende un dispositivo atto a misurare la pressione esercitata dalla parete superiore (43) sull'elemento filiforme continuo (4).

8. Apparecchiatura (100) per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre continue secondo la rivendicazione 6, caratterizzata dal comprendere un gruppo di movimentazione della parete superiore (43) comprendente almeno un attuatore (53) che determina la traslazione della parete superiore (43), rispetto alla direzione di estensione dell'elemento filiforme continuo (4).

9. Processo per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre continue con l'apparecchiatura (100) secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni comprendente le fasi di:

- alimentare almeno un elemento filiforme continuo (4) ad un apparato di deposizione (1);

- deporre l'elemento filiforme continuo su una superficie di supporto e/o su oggetto tridimensionale, impartendo una forma alla sezione di detto elemento filiforme continuo (4) per azione di contenimento combinato di detta almeno una parete del detto dispositivo e dell'elemento filiforme continuo (4) precedentemente depositato e/o della superficie di supporto;

- somministrare una predeterminata quantità di energia a detto elemento filiforme continuo (4) in modo da indurre un cambiamento chimico e/o fisico di detto elemento filiforme e, per effetto di detto cambiamento, realizzare almeno un punto di ancoraggio tra detto elemento filiforme continuo in fase di deposizione e detta superficie di supporto e/o oggetto tridimensionale;

-spostare detta testa di alimentazione (50) rispetto al punto di ancoraggio secondo un percorso prestabilito che definisce l'oggetto da stampare (20);

-settaggio del detto dispositivo (40) per variare la forma della sezione dell'elemento filiforme continuo (4);

-tagliare, l'elemento filiforme continuo (4).

10. Processo per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre continue secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che detta fase di settaggio viene implementata a monte della detta fase di deposizione.

11. Processo per la stampa tridimensionale di materiali compositi a fibre continue secondo la rivendicazione 9 o 10, caratterizzato dal fatto che detta fase di settaggio viene implementata durante la fase di deposizione.

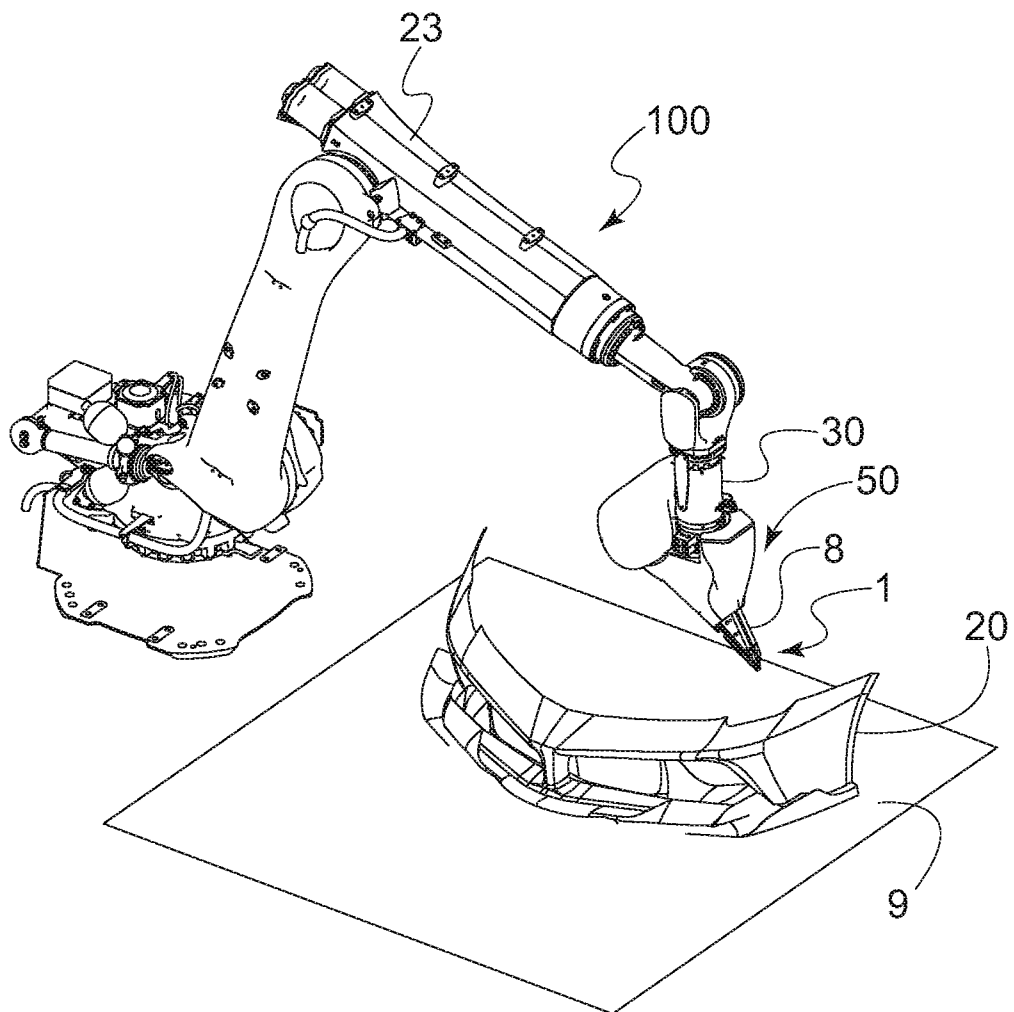


Fig. 1

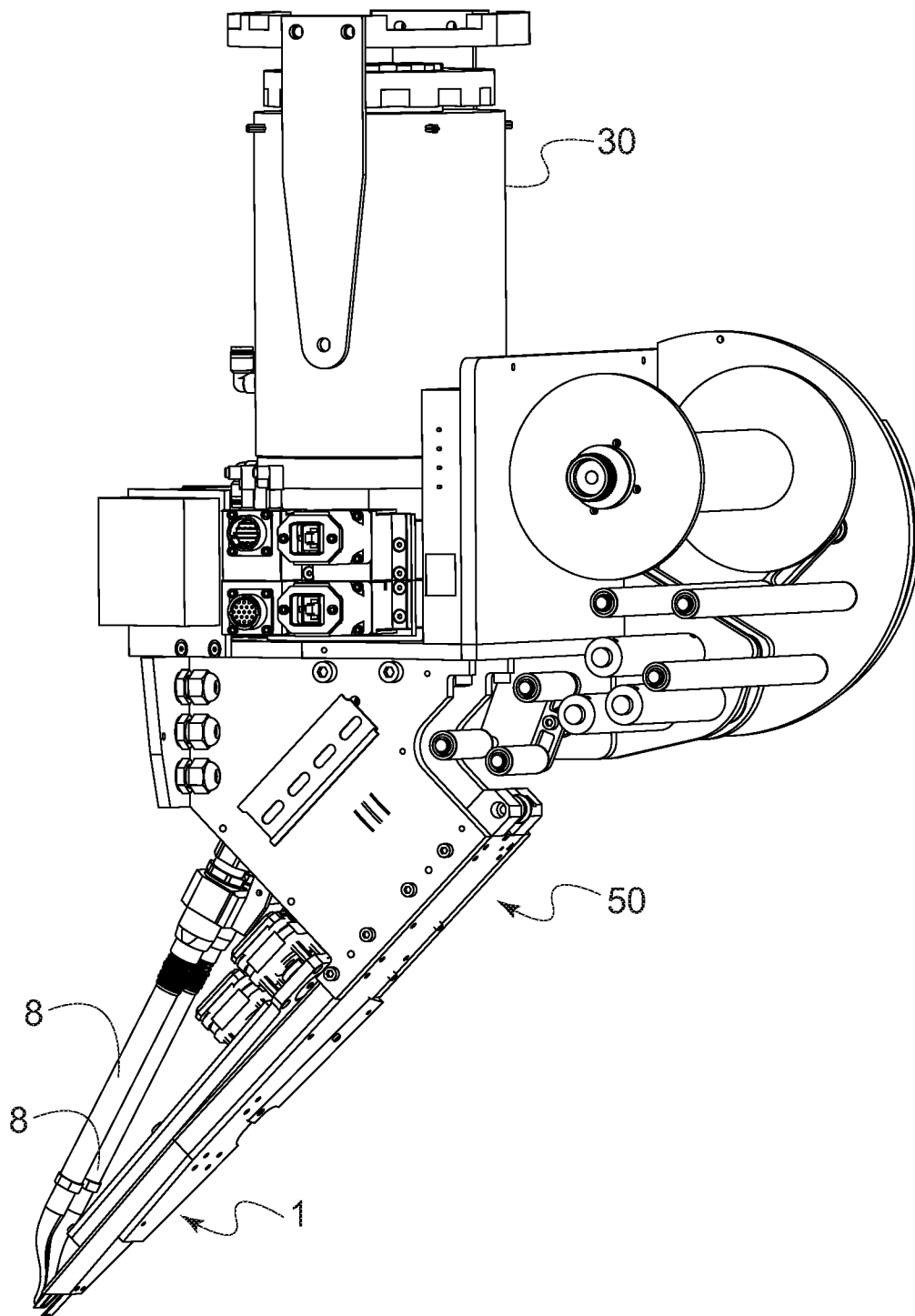


Fig. 2

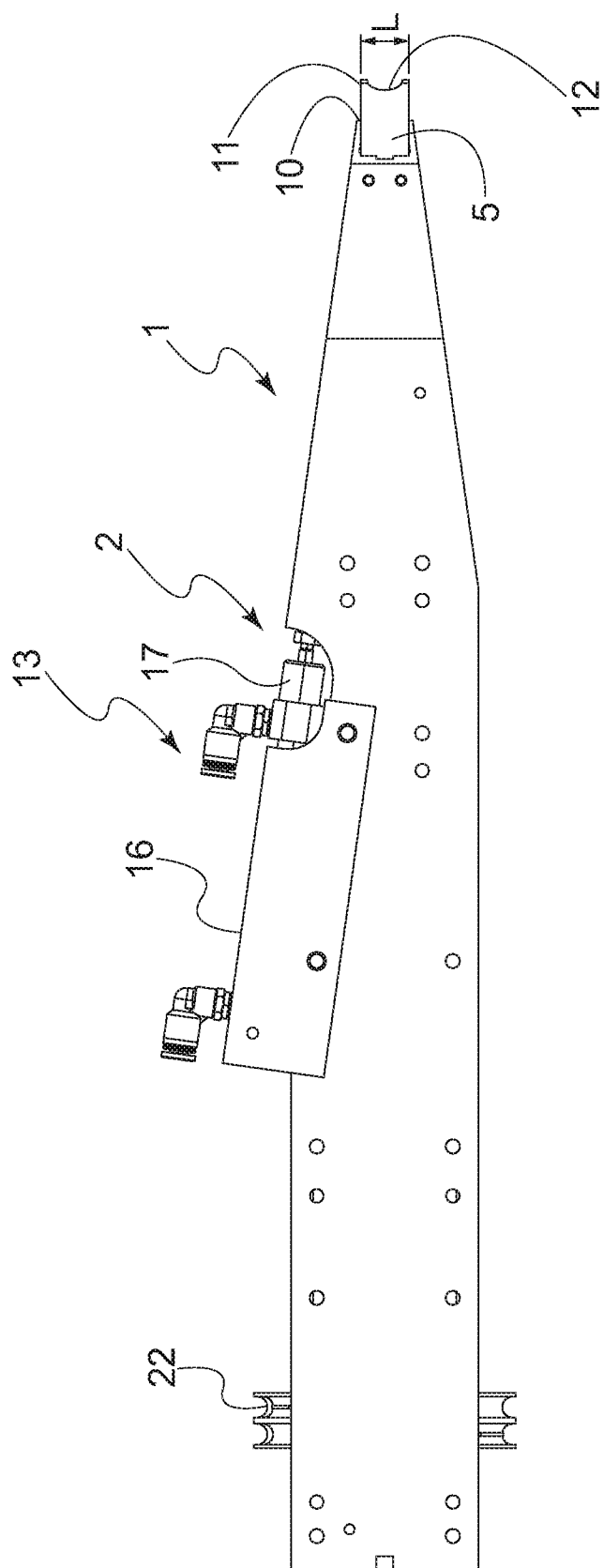


Fig. 3a

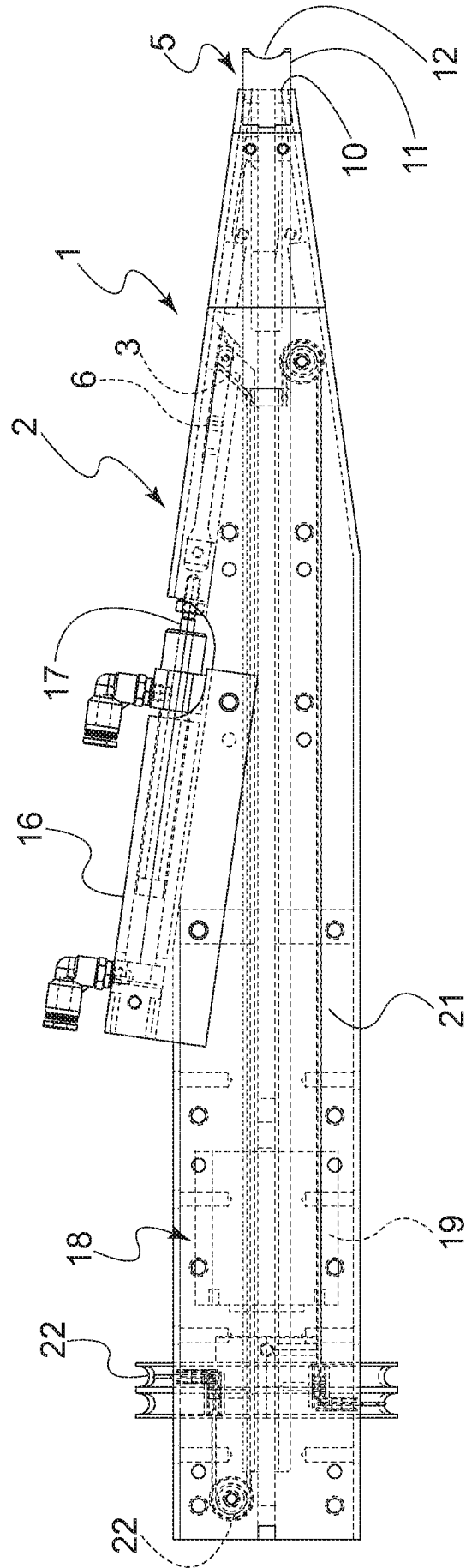


Fig. 3b

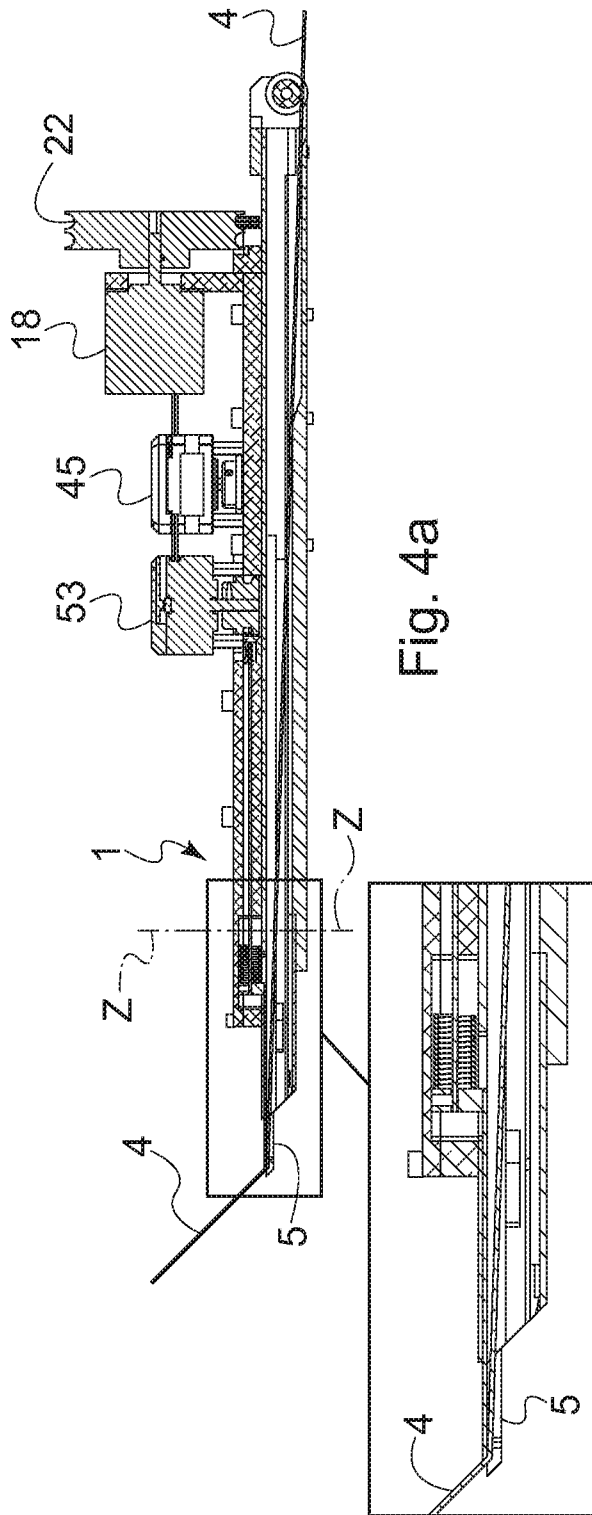


Fig. 4a

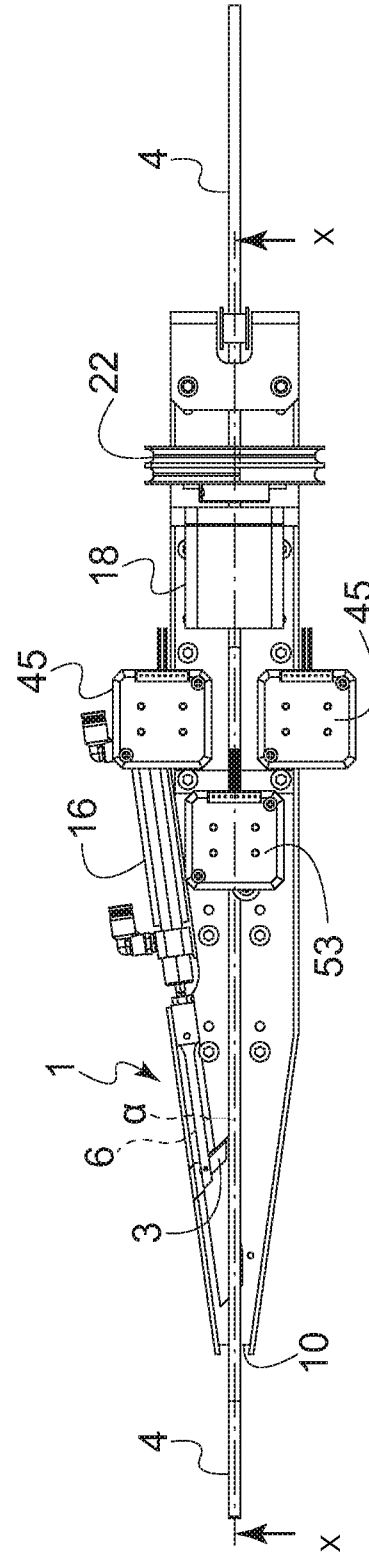
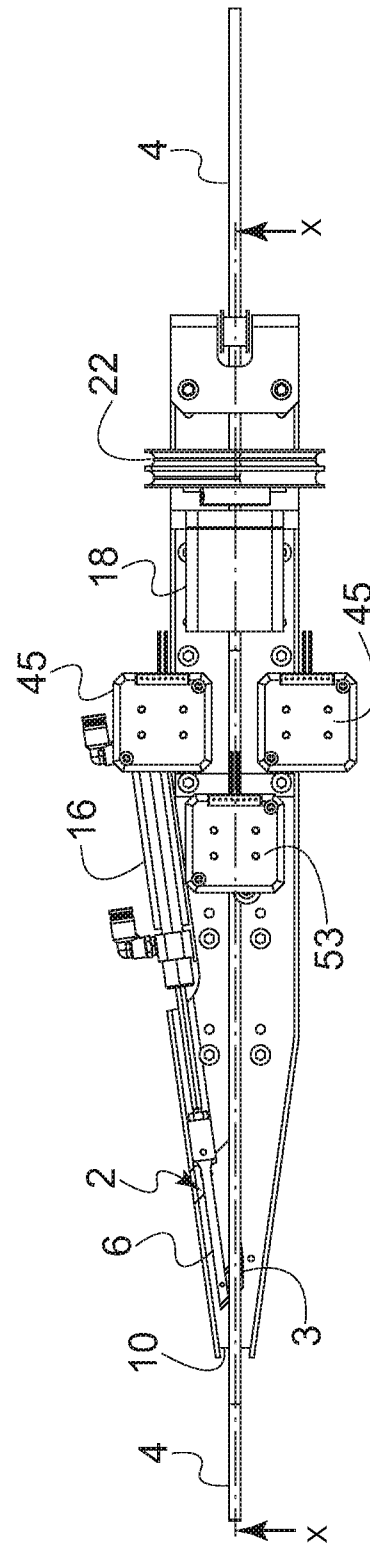
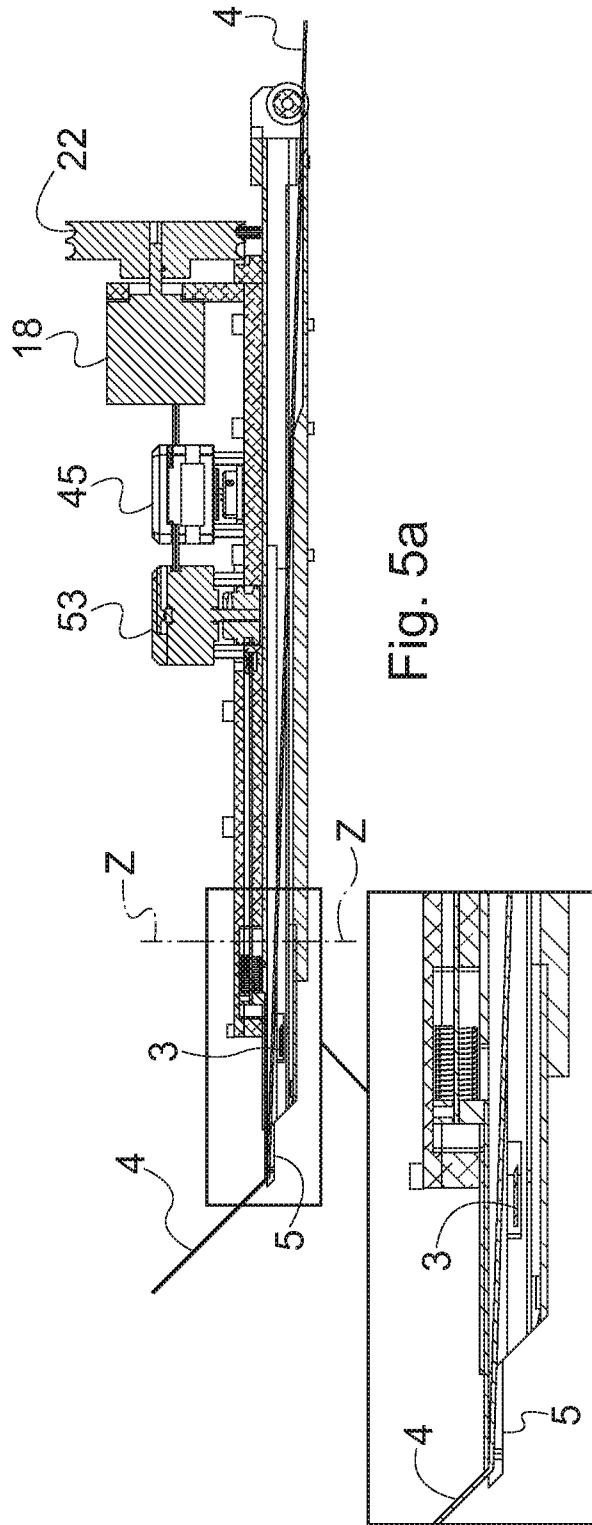


Fig. 4b



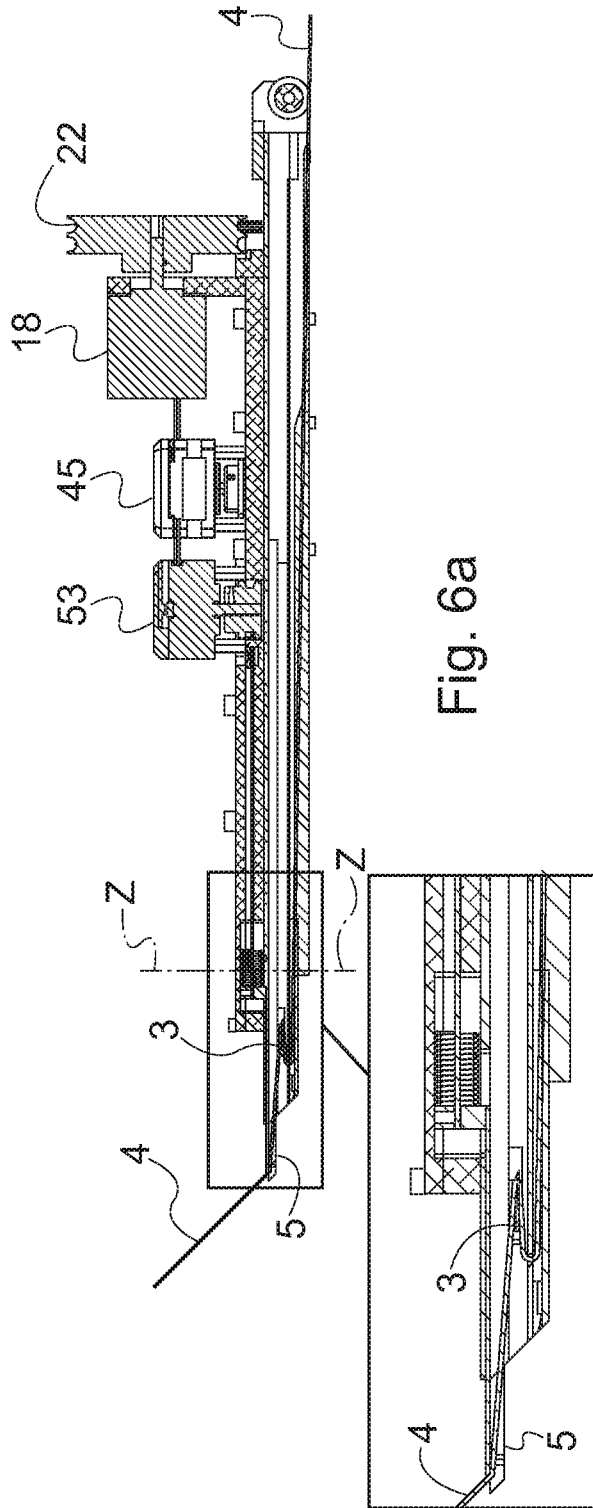


Fig. 6a

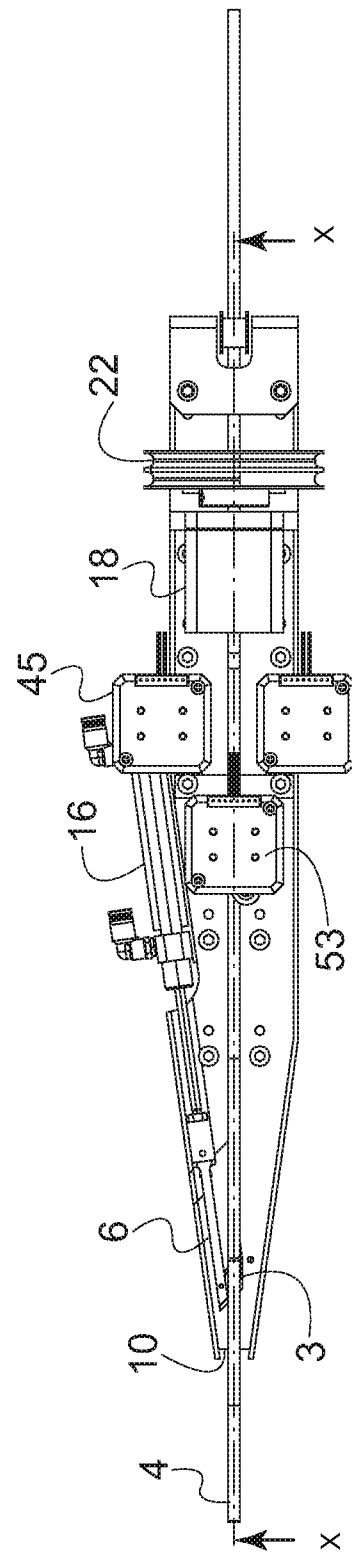


Fig. 6b

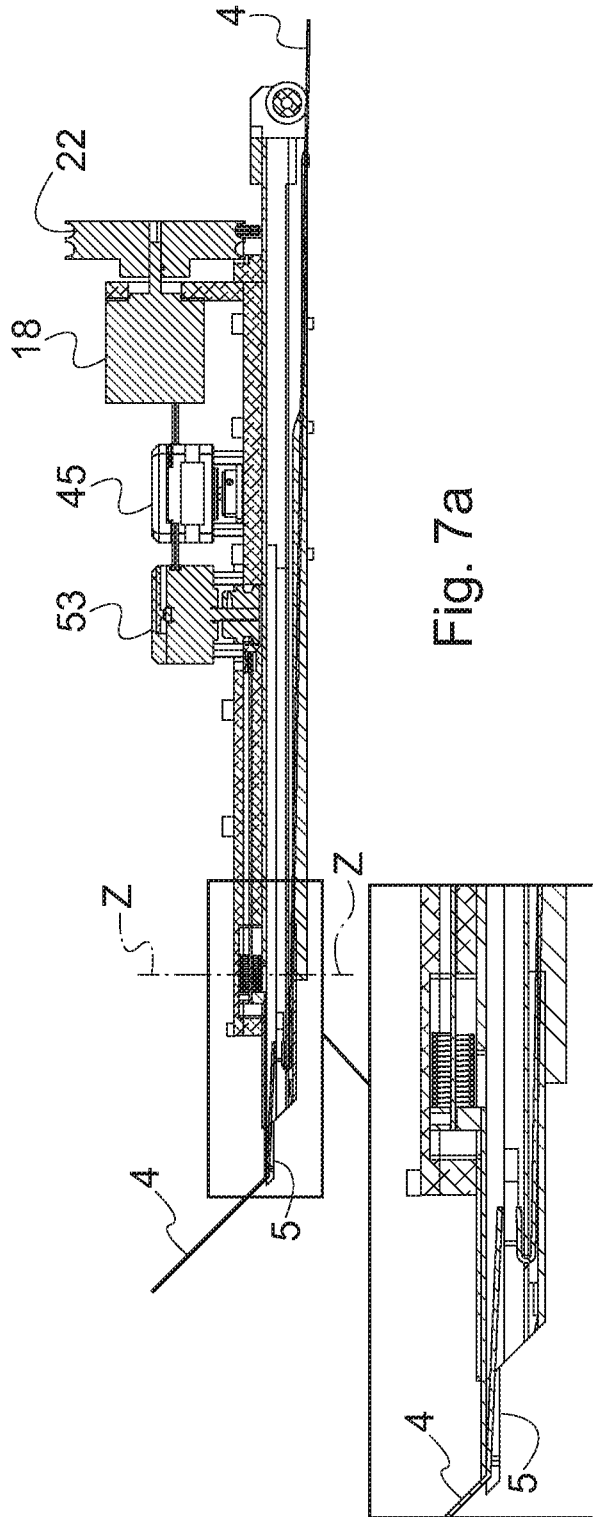


Fig. 7a

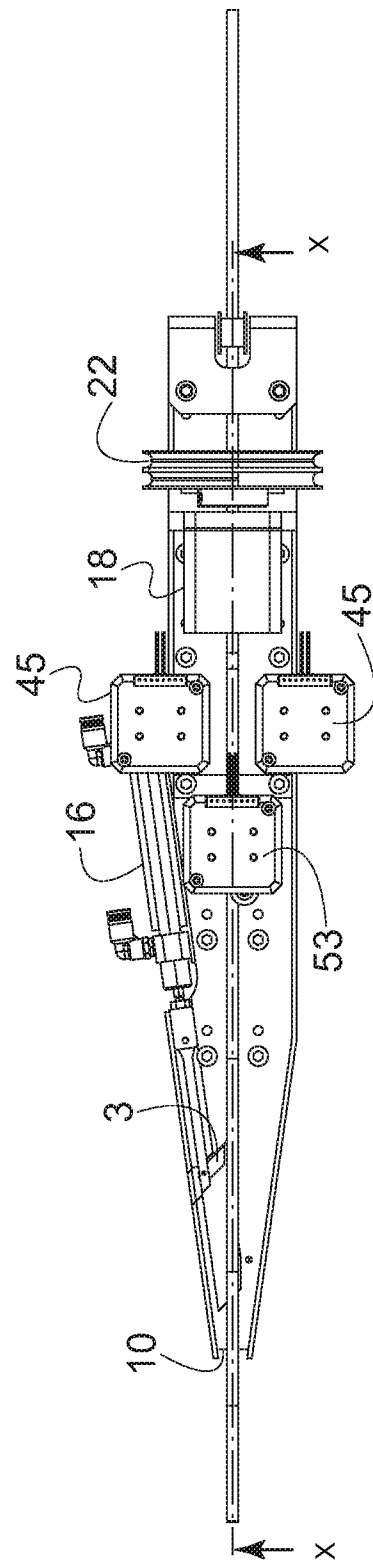


Fig. 7b

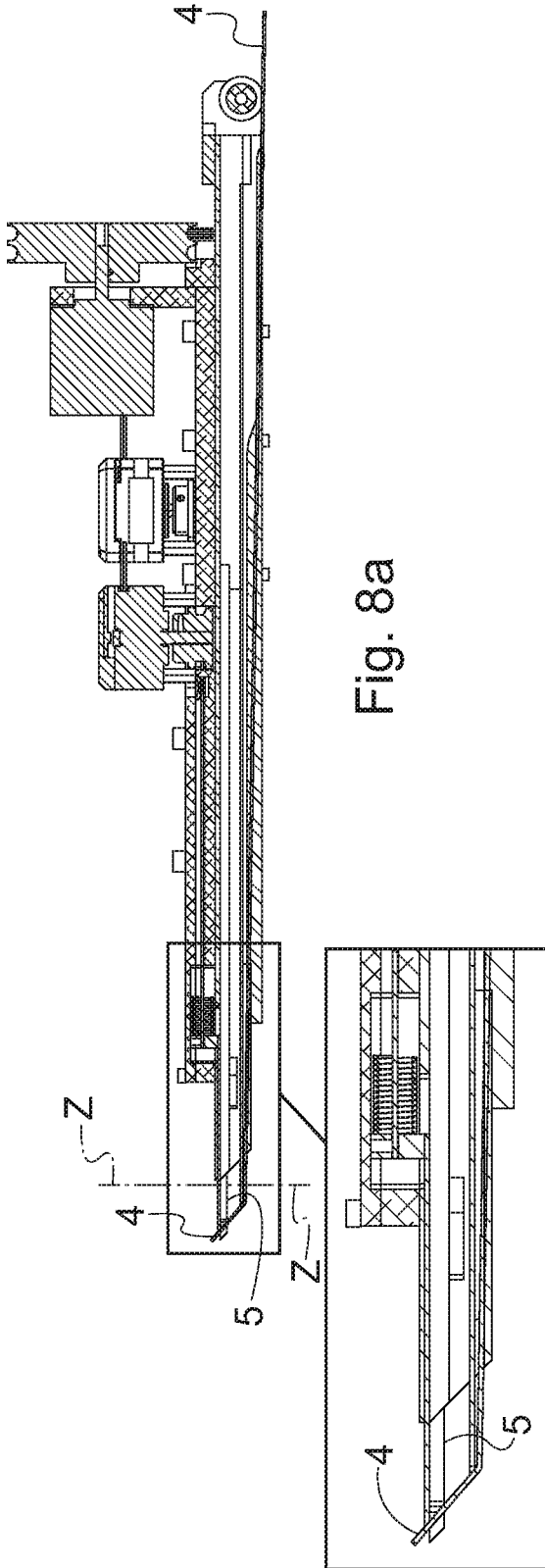


Fig. 8a

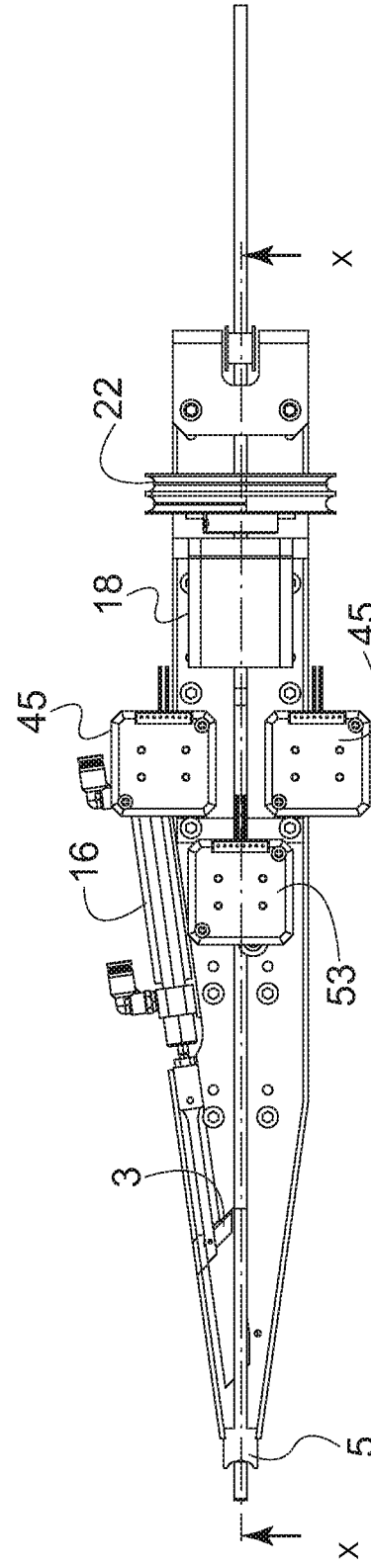


Fig. 8b

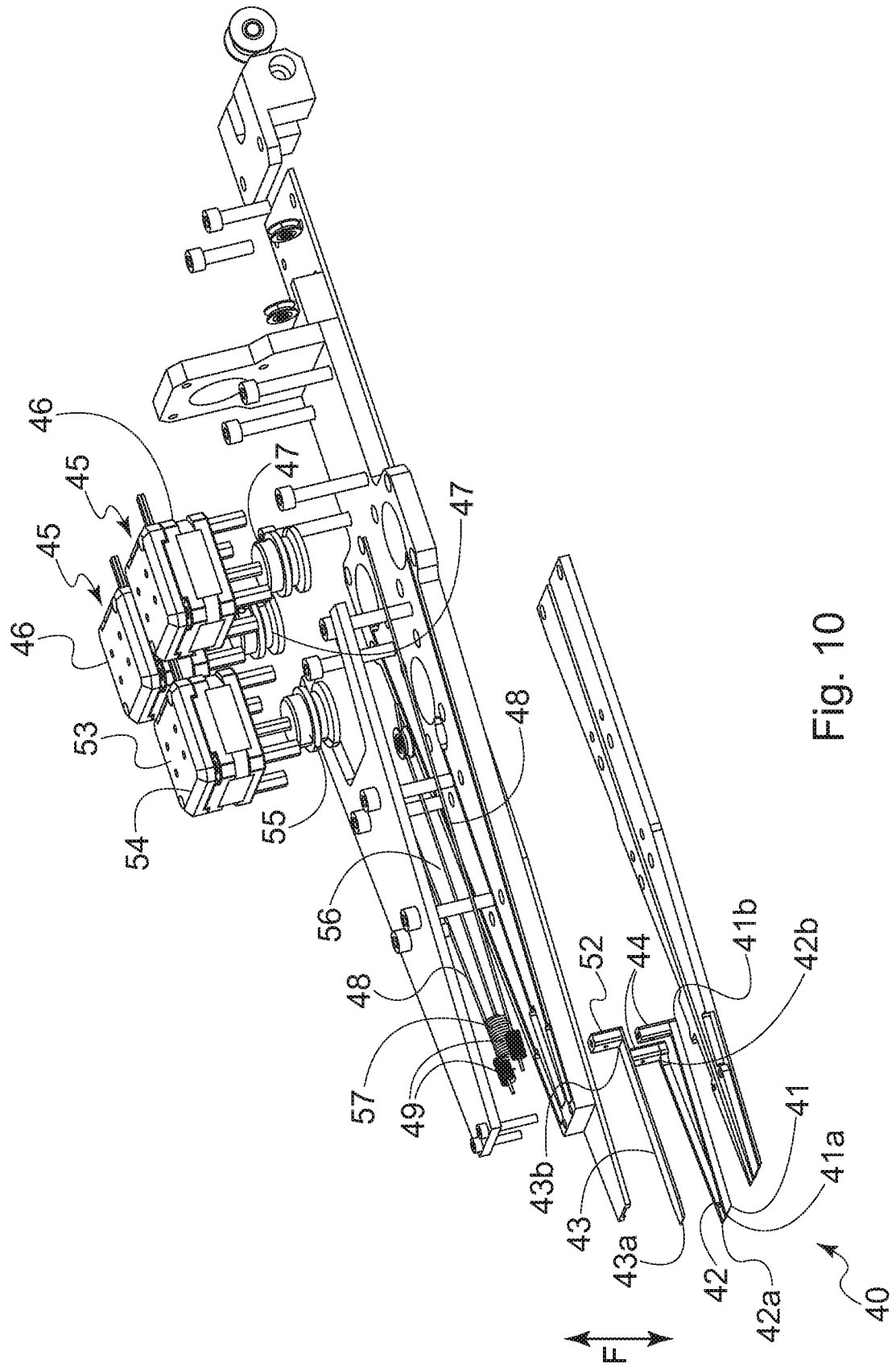


Fig. 10