

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902103781A1

Publication Date

20140522

Applicant

UMBRA CUSCINETTI S.P.A.

Title

ATTUATORE ELETTROMECCANICO LINEARE CON ANTIROTAZIONE
INTEGRATA.

DESCRIZIONE

Annessa a domanda di brevetto per INVENZIONE INDUSTRIALE
avente per titolo

**"Attuatore elettromeccanico lineare con antirotazione
integrata"**

A nome: **UMBRA CUSCINETTI S.p.A.** con sede in Zona
Industriale Paciana - Foligno

Inventori Designati: Massimiliano BOSI,
Luciano PIZZONI, Marcello PIERMARINI,
Riccardo MACCAGLIA, Romano BEFFA

Mandatari: Ing. Sergio DI CURZIO, Albo iscr. nr.323 BM,
Ing. Paolo BELLOMIA, Albo iscr. nr.695 BM

La presente invenzione ha per oggetto un attuatore
elettromeccanico lineare con antirotazione integrata, in
particolare del tipo a ricircolo di sfere.

5 Gli attuatori elettromeccanici lineari presentano
generalmente un motore elettrico il cui statore è
connesso ad un dispositivo a vite (per esempio a
ricircolo di sfere) preposto a trasformare il moto
rotatorio del rotore in un moto di avanzamento lineare
di uno o più spintori facenti parte del dispositivo a
10 vite.

Affinché i citati spintori (elementi traslanti del
dispositivo a vite) possano essere dotati del solo moto
di traslazione lineare, l'attuatore elettromeccanico
lineare deve essere equipaggiato di un sistema di
15 antirotazione che, per l'equilibrio delle forze, vada a
bilanciare la coppia generata dal motore elettrico.

Sistemi di antirotazione di tipo noto sono descritti,
per esempio, nelle pubblicazioni brevettuali JP2002-

54708 e JP59-19762 e fanno uso di strutture di antirotazione facenti parte dell'attuatore o ad esso stabilmente collegate.

I tradizionali sistemi di antirotazione presentano i seguenti limiti:

- sono fortemente sensibili al disallineamento tra l'attuatore e la struttura dove viene realizzata l'antirotazione; particolarmente in tutte quelle applicazioni con elevati carichi di esercizio e condizioni di funzionamento continuo, i disallineamenti tra attuatore e struttura di antirotazione generano dei carichi trasversali sull'attuatore che possono portare ad un malfunzionamento del dispositivo, ad un rapido degrado delle sue prestazioni e quindi ad una bassa affidabilità del sistema;

- per tutte quelle applicazioni con elevati carichi di esercizio e condizioni di funzionamento continuo, richiedono elevati spazi necessari al contenimento di una struttura di antirotazione sufficientemente robusta per soddisfare i requisiti di capacità di carico e di durata richiesti dall'applicazione;

- portano ad un aumento delle masse traslanti dell'attuatore e quindi ad una diminuzione delle prestazioni dinamiche del sistema;

- i sistemi di antirotazione di tipo a strisciamento sono tradizionalmente impiegati laddove le pressioni tra gli elementi di contatto e i requisiti di durata sono sostanzialmente contenuti; in applicazioni con elevati carichi di esercizio e condizioni di funzionamento continuo, i sistemi di antirotazione a strisciamento

possono portare ad un rapido degrado delle prestazioni e quindi ad una bassa affidabilità del sistema.

- i sistemi di antirotazione sono normalmente disposti in serie rispetto all'elemento vite a ricircolo di sfere portando ad un elevato ingombro assiale e comunque alla somma in serie della corsa della vite con la corsa dell'antirotazione.

Pertanto, scopo della presente invenzione è rendere disponibile un attuatore elettromeccanico lineare che superi gli inconvenienti della tecnica nota sopra citati.

In particolare, è scopo della presente invenzione mettere a disposizione un attuatore elettromeccanico lineare ad antirotazione integrata che presenti elevata robustezza ed, al contempo, ingombri contenuti.

Lo scopo è pienamente raggiunto dall'attuatore elettromeccanico lineare a singolo effetto secondo la presente invenzione, che si caratterizza per quanto contenuto nelle rivendicazioni sotto riportate.

Le caratteristiche tecniche dell'invenzione, secondo il suddetto scopo, sono chiaramente riscontrabili dal contenuto delle rivendicazioni sotto riportate, ed i vantaggi della stessa risulteranno maggiormente evidenti nella descrizione dettagliata che segue, fatta con riferimento ai disegni allegati, che ne rappresentano una forma di realizzazione puramente esemplificativa e non limitativa, in cui:

- la figura 1 illustra una vista in sezione, secondo un piano longitudinale identificato con I-I in figura 4, di un attuatore elettromeccanico secondo la presente invenzione;

- la figura 2 illustra una vista parzialmente in esploso del meccanismo di antirotazione implementato nell'attuatore di figura 1;

5 - la figura 3 illustra una vista in sezione, secondo la direttrice III-III di figura 5, del meccanismo di antirotazione di figura 2;

- la figura 3A è una vista in sezione di una porzione del meccanismo di antirotazione di figura 2;

10 - la figura 4 illustra una vista frontale del meccanismo di antirotazione di figura 2;

- la figura 5 illustra il meccanismo di antirotazione di figura 2 in una configurazione montata ed operativa;

15 - la figura 6 illustra una vista in sezione, secondo la direttrice VI-VI di figura 4, del meccanismo di antirotazione di figura 2

Con riferimento alle figure annesse, con 1 è complessivamente rappresentato un attuatore elettromeccanico lineare con antirotazione integrata.

20 In accordo con la vista di figura 1, l'attuatore 1 comprende una struttura rigida di contenimento 2 all'interno della quale trova alloggiamento un motore elettrico, in particolare uno statore 3 esterno ed un rotore 4 disposto internamente allo statore 3.

25 All'interno del rotore 4, ed in rigida connessione ad esso, è disposta una chiocciola 5 avente un asse di rotazione "X" coincidente con l'asse del rotore 4. La chiocciola 5 è quindi messa in rotazione dall'interazione elettromagnetica tra rotore 4 (generalmente del tipo a magneti permanenti) e statore
30 5.

Nella forma realizzativa illustrata, la chiocciola 5 presenta una direzione prevalente di sviluppo coincidente con il citato asse "X".

5 La chiocciola 5 è abilitata al solo moto di rotazione attorno all'asse "X", mentre ad essa è impedita la traslazione lungo l'asse "X" per esempio mediante appositi spallamenti di bloccaggio od altre soluzioni note.

10 All'interno della chiocciola 5 è disposto un albero vite 6 il quale si sviluppa attorno ad un asse coincidente con l'asse "X".

15 L'albero vite 6 è interconnesso alla chiocciola 5 attraverso un accoppiamento elicoidale, preferibilmente a ricircolo di sfere (ma che potrebbe anche essere di diverso tipo, per esempio vite-madrevite) in modo tale che una rotazione reciproca tra chiocciola 5 e albero vite 6 determini una traslazione reciproca degli stessi lungo l'asse "X".

20 Nella forma realizzativa illustrata nelle figure annesse, e come visibile in figura 1, sia la superficie interna della chiocciola 5 che la superficie esterna dell'albero vite 6 presentano rispettive scanalature elicoidali 5a, 6a destinate a mutuo impegno.

25 A ciascuna delle proprie estremità assiali, l'albero vite 6 è stabilmente connesso ad uno spintore 7 definente l'elemento attivo dell'attuatore 1. In particolare, ciascuno spintore 7 attraversa un'apposita apertura della struttura di contenimento 2 per fuoriuscire da quest'ultimo ed è traslabile insieme
30 all'albero vite 6 per definire una pluralità di posizioni operative lungo l'asse "X".

L'attuatore 1 comprende inoltre un meccanismo di antirotazione 8 attivo sull'albero vite 6 per impedire una rotazione dell'albero vite 6 attorno all'asse "X".

5 In altre parole, il meccanismo di antirotazione 8 mantiene l'albero vite 6 rotazionalmente fisso durante la rotazione della chiocciola 5 in modo tale che la rotazione della chiocciola 5 determini la traslazione dell'albero vite 6 lungo l'asse "X".

10 Il meccanismo di antirotazione 8 è comunque conformato in modo tale da guidare, allo stesso tempo, in modo fluido e preciso l'albero vite 6 in traslazione lungo l'asse "X".

15 In maggior dettaglio, il meccanismo di antirotazione 8 comprende almeno una barra di guida 9 fissata alle proprie estremità alla struttura di contenimento 2 ed accoppiata in relazione di scorrimento con l'albero vite 6. Nella forma realizzativa illustrata, sono previste due barre di guida 9 tra loro parallele.

20 Il fissaggio delle estremità delle barre di guida 9 avviene mediante collegamento con flange di supporto 10, contrapposte tra loro, della struttura di contenimento 2, per esempio mediante inserimento delle estremità delle barre di guida 9 all'interno di rispettive sedi ricavate sulle citate flange 10. Le flange di supporto
25 10 possono per esempio costituire flange di testa dell'attuatore 1, trasversali all'asse "X", da cui fuoriescono gli spintori 7 e preposte alla chiusura a pacco dell'attuatore.

30 Le barre di guida 9 presentano rispettive direzioni prevalenti di sviluppo rettilinee (almeno in condizione indeformata, vale a dire non sotto carico) e parallele

all'asse "X" ed, al fine di disimpegnare lo spazio attorno all'asse "X" impegnato già dalla presenza degli spintori 7, le barre di guida 9 risultano distanziate dall'asse "X".

5 In maggior dettaglio, le barre di guida 9 sono disposte ad una distanza minima dall'asse "X" superiore ad una dimensione trasversale massima (perpendicolare all'asse "X") degli spintori 7, in particolare di una porzione cilindrica degli stessi destinata ad attraversare la
10 struttura di contenimento 2.

Preferibilmente, la summenzionata porzione cilindrica degli spintori 7 ha sezione circolare. Tuttavia, essa potrebbe avere sezione trasversale di forma diversa.

Preferibilmente, le barre di guida 9 sono
15 simmetricamente disposte rispetto all'asse "X". In altre parole, le barre di guida 9 sono disposte in posizioni diametralmente opposte, cioè angularmente distanziate tra loro di 180° attorno all'asse "X".

Il citato meccanismo di antirotazione 8 comprende
20 inoltre, per ciascuna barra di guida 9, almeno un ricircolo di sfere 11 interposto tra la barra di guida 9 ed una porzione interna dell'albero vite 6.

Come visibile nelle figure 2-4, ciascuna barra di guida 9 è conformata in modo tale da presentare almeno una
25 pista di rotolamento 12, di profilo preferibilmente ad arco di circonferenza, sulla quale si impegnano le sfere del ricircolo di sfere 11. Preferibilmente, ciascuna barra di guida 9 presenta una coppia di piste di rotolamento 12 tra loro contrapposte e su ciascuna delle
30 quali è attivo un rispettivo ricircolo di sfere 11.

La figura 3A mostra nel dettaglio la conformazione delle

barre di guida 9 in una sezione trasversale all'asse "X". In accordo con tale vista in sezione, ciascuna barra di guida 9 presenta almeno una porzione di testa conformata sostanzialmente a "T" presentante una porzione centrale 9a e due protrusioni laterali 9b
5 raccordate con la porzione centrale 9a e definenti, in corrispondenza del raccordo con la porzione centrale 9a, le citate piste di rotolamento 12.

Come visibile in figura 6, i ricircoli di sfere 11
10 associati alla barra di guida si sviluppano su rispettivi percorsi chiusi. Tali percorsi chiusi giacciono su rispettivi piani tra loro incidenti ed in particolare convergenti in allontanamento dall'asse (X), come si evince chiaramente dalle figure 3 e 4.

15 Come visibile nella figura 6, l'albero vite 6 è composto da:

- una porzione centrale 6 presentante esternamente una scanalatura elicoidale 6a per il collegamento con la chiocciola 5 e presentante inoltre almeno una prima
20 scanalatura interna 14 ed una seconda scanalatura interna 15, tra loro disposte in affiancamento e corrispondenti rispettivamente ad un primo tratto 11a e ad un secondo tratto 11b del un ricircolo di sfere 11, e da

25 - due coperchi di estremità 16 disposti trasversalmente all'asse "X" e definenti rispettive scanalature ricurve 11c di raccordo tra le scanalature interne 14, 15.

Come visibile nelle figure 3 e 4, il primo tratto 11a del ricircolo di sfere 11 si affaccia su una cavità
30 longitudinale dell'albero vite 6 destinata all'alloggiamento di una rispettiva barra di guida 9.

Inoltre, come visibile nelle figure 3 e 4, il primo tratto 11a di ciascun ricircolo di sfere 11 si trova direttamente in contatto su una pista di rotolamento 12 (indicata in figura 3A) della rispettiva barra di guida

5

9.
Nella forma realizzativa illustrata, i due tratti 11a, 11b del ricircolo di sfere 11 sono sostanzialmente paralleli all'asse "X" e sono disposti sostanzialmente alla medesima distanza dall'asse "X".

10

Preferibilmente, per una corretta distribuzione delle sfere le prime scanalature interne 14 di fig. 3 (vale a dire le scanalature affacciate sulla cavità longitudinale dell'albero vite 6 e definenti il primo tratto 11a del ricircolo di sfere 11) non sono perfettamente rettilinee ma presentano una curvatura (minima) tale da seguire la linea elastica delle antagoniste barre di guida 9. Tale linea elastica è definita in base alle deformazioni sotto il carico di esercizio. Conseguentemente, il primo tratto 11a di

15

20

ciascun ricircolo di sfere 11 è preferibilmente non rettilineo (seppur orientato sostanzialmente parallelamente all'asse "X") mentre il corrispondente secondo tratto 11b può essere mantenuto rettilineo.

25

Preferibilmente, le piste di rotolamento 12 sono rettificate con rugosità molto bassa per aumentare il rendimento meccanico e rendere le pressioni di contatto il più uniforme possibile.

La presente invenzione raggiunge lo scopo proposto, superando gli inconvenienti lamentati nella tecnica

30

nota.

Il meccanismo di antirotazione utilizzato permette infatti di ottenere una lunghezza dell'intero attuatore molto contenuta, in quanto il meccanismo di antirotazione è costruito direttamente di pezzo all'interno della vite, non occupa spazio e non costringe la vite ad allungarsi, a differenza dei casi in cui l'antirotazione viene posta in cascata con l'accoppiamento chiocciola - albero vite.

Inoltre, l'utilizzo di sfere come superfici di contatto tra la vite e le barre di guida permette di avere rendimenti molto elevati. Non avendo strisciamento tra la parti ma puro rotolamento, la potenza persa dovuta all'attrito è notevolmente più bassa, con conseguente riduzione dell'usura e del calore generato.

Roma, 22 novembre 2012

IL MANDATARIO

Ing. Sergio DI CURZIO
(Albo iscr. n. 323 BM)

RIVENDICAZIONI

1. Attuatore elettromeccanico lineare con antirotazione integrata, comprendente:

- una struttura di contenimento (2);

5 - almeno uno spintore preposto a traslare rispetto alla struttura di contenimento (2) per fuoriuscire almeno parzialmente dalla struttura di contenimento (2) durante il funzionamento dell'attuatore (1);

10 - una chiocciola (5) disposta nella struttura di contenimento (2) e girevole attorno ad un asse (X) sotto l'azione di una forza motrice;

- un albero vite (6) inserito all'interno della chiocciola (5) e connesso a detto spintore, detto albero vite (6) essendo interconnesso alla chiocciola (5)
15 attraverso un accoppiamento elicoidale (5a, 6a) a ricircolo di sfere in modo tale che una rotazione della chiocciola (5) determini una traslazione dell'albero vite (6) lungo detto asse (X);

20 - un meccanismo di antirotazione (8) attivo sull'albero vite (6) per impedire una rotazione dell'albero vite (6) attorno a detto asse (X);

caratterizzato dal fatto che detto meccanismo di antirotazione (8) comprende almeno una barra di guida (9) fissata a detta struttura di contenimento (2) ed
25 accoppiata in relazione di scorrimento con l'albero vite (6), detta barra di guida (9) sviluppandosi lungo una direzione parallela a detto asse (X) e distanziata da detto asse (X).

30 2. Attuatore secondo la rivendicazione 1, in cui detto almeno uno spintore (7) presenta una porzione cilindrica destinata ad attraversare la struttura di contenimento

(2), ed in cui detta almeno una barra di guida (8) è disposta ad una distanza minima dall'asse (X) superiore ad una dimensione trasversale massima di detta porzione cilindrica dello spintore (7).

5 3. Attuatore secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la struttura di contenimento (2) presenta una coppia di flange di supporto (10) contrapposte e disposte trasversalmente a detto asse (X), ed in cui detta almeno una barra di guida (9) presenta rispettive estremità
10 fissate a dette flange di supporto (10).

4. Attuatore secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui detta almeno una barra di guida (9) è conformata in modo tale da presentare almeno una pista di rotolamento (12) ed in cui detto meccanismo di
15 antirotazione (8) comprende inoltre almeno un ricircolo di sfere (11) interposto tra detta pista di rotolamento (12) ed una porzione interna di detto albero vite (6).

5. Attuatore secondo la rivendicazione 4, in cui almeno una barra di guida (9) presenta due piste di rotolamento
20 (12) contrapposte ed in cui detto meccanismo di antirotazione (8) comprende inoltre ricircoli di sfere (11) ciascuno dei quali interposto tra una rispettiva pista di rotolamento (12) e detta porzione interna dell'albero vite (6).

25 6. Attuatore secondo la rivendicazione 5, in cui detti ricircoli di sfere (11) associati alla barra di guida si sviluppano su rispettivi percorsi chiusi giacenti su rispettivi piani tra loro incidenti.

30 7. Attuatore secondo la rivendicazione 5, in cui detti piani sono convergenti in allontanamento da detto asse (X).

8. Attuatore secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni da 5 a 7, in cui ciascuna barra di guida (9) presenta almeno una porzione di testa conformata sostanzialmente a "T" presentante una porzione centrale (9a) e due protrusioni laterali contrapposte (9b) raccordate con la porzione centrale (9a) e definenti, in corrispondenza del raccordo con la porzione centrale (9a), dette piste di rotolamento (12).

9. Attuatore secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui detto meccanismo di antirrotazione (8) comprende due barre di guida (9), simmetricamente disposte rispetto a detto asse (X).

10. Attuatore secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni da 4 a 8, in cui detto albero vite (6) è composto da:

- una porzione centrale (13) presentante esternamente una scanalatura elicoidale (6a) per il collegamento con la chiocciola (5) e presentante inoltre almeno una prima scanalatura (14) interna ed una seconda scanalatura (15) interna, disposte in mutuo affiancamento e corrispondenti rispettivamente ad un primo tratto (11a) e ad un secondo tratto (11b) di detto almeno un ricircolo di sfere (11), e da

- due coperchi di estremità (17) disposti trasversalmente a detto asse (X) e definenti rispettive scanalature ricurve (16) di raccordo tra dette scanalature interne (14, 15).

11. Attuatore secondo la rivendicazione 10, in cui detto primo tratto (11a) del ricircolo di sfere (11) si affaccia su una cavità longitudinale di detto albero vite (6) destinata all'alloggiamento di una rispettiva

barra di guida (9).

12. Attuatore secondo la rivendicazione 10 o 11, in cui detto primo tratto (11a) di detto almeno un ricircolo di sfere (11) è disposto in contatto con detta pista di rotolamento (12) e si sviluppa lungo una linea curva adatta a seguire una linea elastica di deformazione, sotto carico, della rispettiva barra di guida (9).

13. Attuatore secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, comprendente una coppia di spintori (7) tra loro contrapposti e connessi a detto albero vite (6) in corrispondenza di lati opposti dell'albero vite (6).

Roma, 22 novembre 2012

IL MANDATARIO

Ing. Sergio DI CURZIO
(Albo iscr. n. 323 BM)

CLAIMS

1. A linear electro-mechanical actuator with built-in anti-rotation, comprising:

- a containment structure (2);

5 - at least one pusher designed to translate relative to the containment structure (2) in such a way that it at least partly comes out of the containment structure (2) during actuator (1) operation;

10 - a nut (5) located in the containment structure (2) and able to rotate about an axis (X) driven by a driving force;

- a screw shaft (6) inserted in the nut (5) and connected to the pusher, the screw shaft (6) being interconnected with the nut (5) by means of a helical recirculating ball coupling (5a, 6a) in such a way that
15 a rotation of the nut (5) causes a translation of the screw shaft (6) along the axis (X);

- an anti-rotation mechanism (8) acting on the screw shaft (6) to prevent the screw shaft (6) from rotating
20 about said axis (X);

characterised in that the anti-rotation mechanism (8) comprises at least one guide bar (9) fixed to the containment structure (2) and coupled in a sliding fashion with the screw shaft (6), the guide bar (9)
25 extending along a direction parallel to the axis (X) and spaced from the axis (X).

2. The actuator according to claim 1, wherein the at least one pusher (7) has a cylindrical portion designed to pass through the containment structure (2), and
30 wherein the at least one guide bar (8) is positioned at a minimum distance from the axis (X) greater than a

maximum transversal dimension of the cylindrical portion of the pusher (7).

3. The actuator according to claim 1 or 2, wherein the containment structure (2) comprises a pair of supporting flanges (10) facing each other and positioned transversally to the axis (X), and wherein the at least one guide bar (9) has respective ends fixed to the supporting flanges (10).

4. The actuator according to any one of the preceding claims, wherein the at least one guide bar (9) is shaped in such a way as to have at least one rolling track (12) and wherein the anti-rotation mechanism (8) also comprises at least one recirculating ball screw (11) interposed between the rolling track (12) and an inner portion of the screw shaft (6).

5. The actuator according to claim 4, wherein at least one guide bar (9) has two rolling tracks (12) facing each other and wherein the anti-rotation mechanism (8) also comprises recirculating ball screws (11) each or which interposed between a respective rolling track (12) and the inner portion of the roll shaft (6).

6. The actuator according to claim 5, wherein the recirculating ball screws (11) associated with the guide bar extend on respective closed paths lying on respective planes incident with each other.

7. The actuator according to claim 5, wherein the planes converge away from the axis (X).

8. The actuator according to any one of claims 5 to 7, wherein each guide bar (9) has at least one head portion substantially T-shaped having a central portion (9a) and two lateral protuberances (9b) facing each other

connected with the central portion (9a) and forming, at the connection with the central portion (9a), the rolling tracks (12).

5 9. The actuator according to any one of the preceding claims, wherein the anti-rotation mechanism (8) comprises two guide bars (9), positioned symmetrically relative to the axis (X).

10. The actuator according to any one of claims 4 to 8, wherein the screw shaft (6) comprises:

10 - a central portion (13) having externally a helical groove (6a) for connection with the nut (5) and also having at least one first inner groove (14) and a second inner groove (15), positioned side by side with each other and corresponding respectively with a first
15 stretch (11a) and a second stretch (11b) of the at least one recirculating ball screw (11), and
- two end covers (17) positioned transversally to the axis (X) and forming respective curved grooves (16) for connecting between the inner grooves (14, 15).

20 11. The actuator according to claim 10, wherein the first stretch (11a) of the recirculating ball screw (11) faces a longitudinal cavity of the screw shaft (6) designed for housing a respective guide bar (9).

25 12. The actuator according to claim 10 or 11, wherein the first stretch (11a) of the at least one recirculating ball screw (11) is positioned in contact with the rolling track (12) and extends along a curved line designed to follow a line of elastic deformation, under load, of the respective guide bar (9).

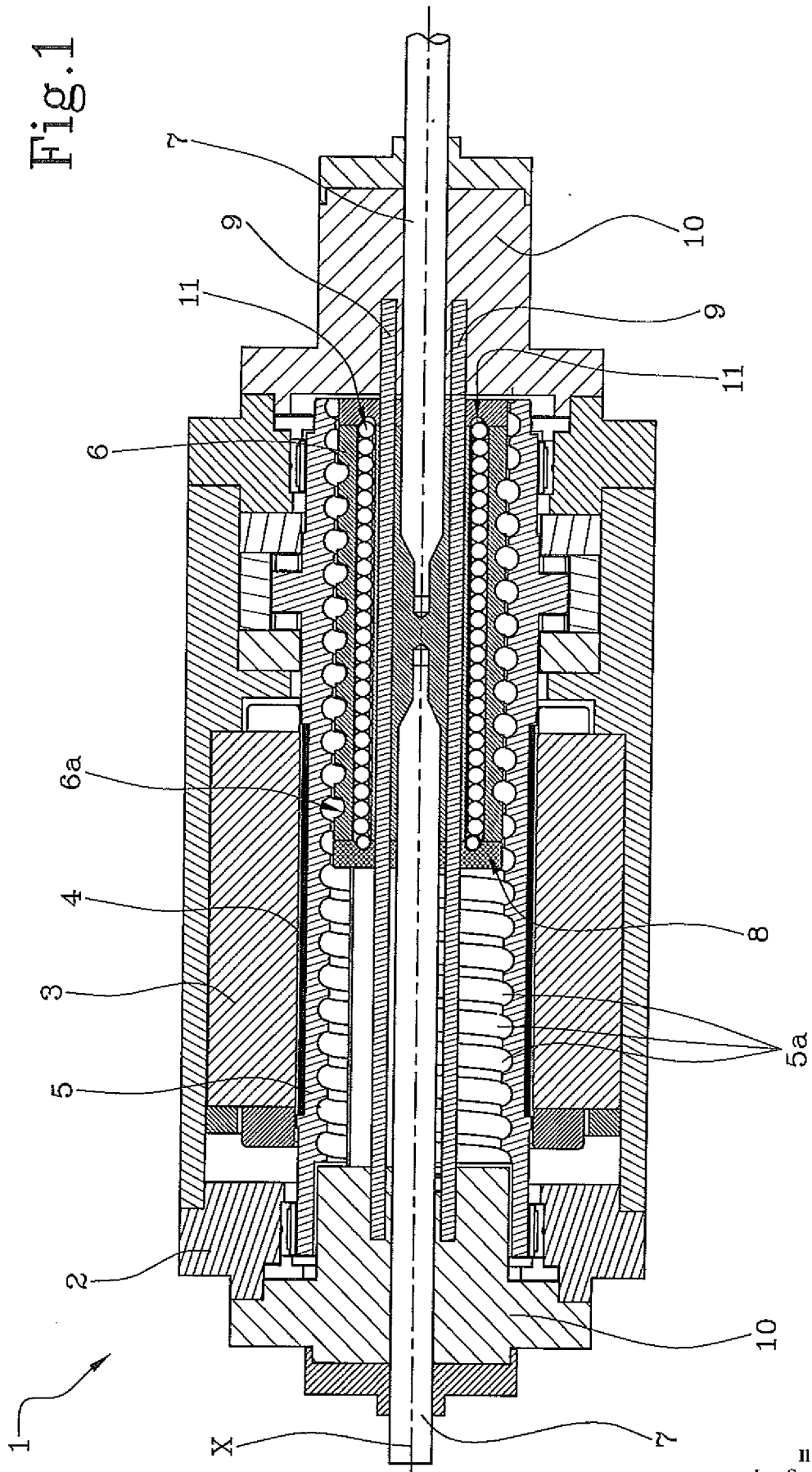
30 13. The actuator according to any one of the preceding claims, comprising a pair of pushers (7) facing each

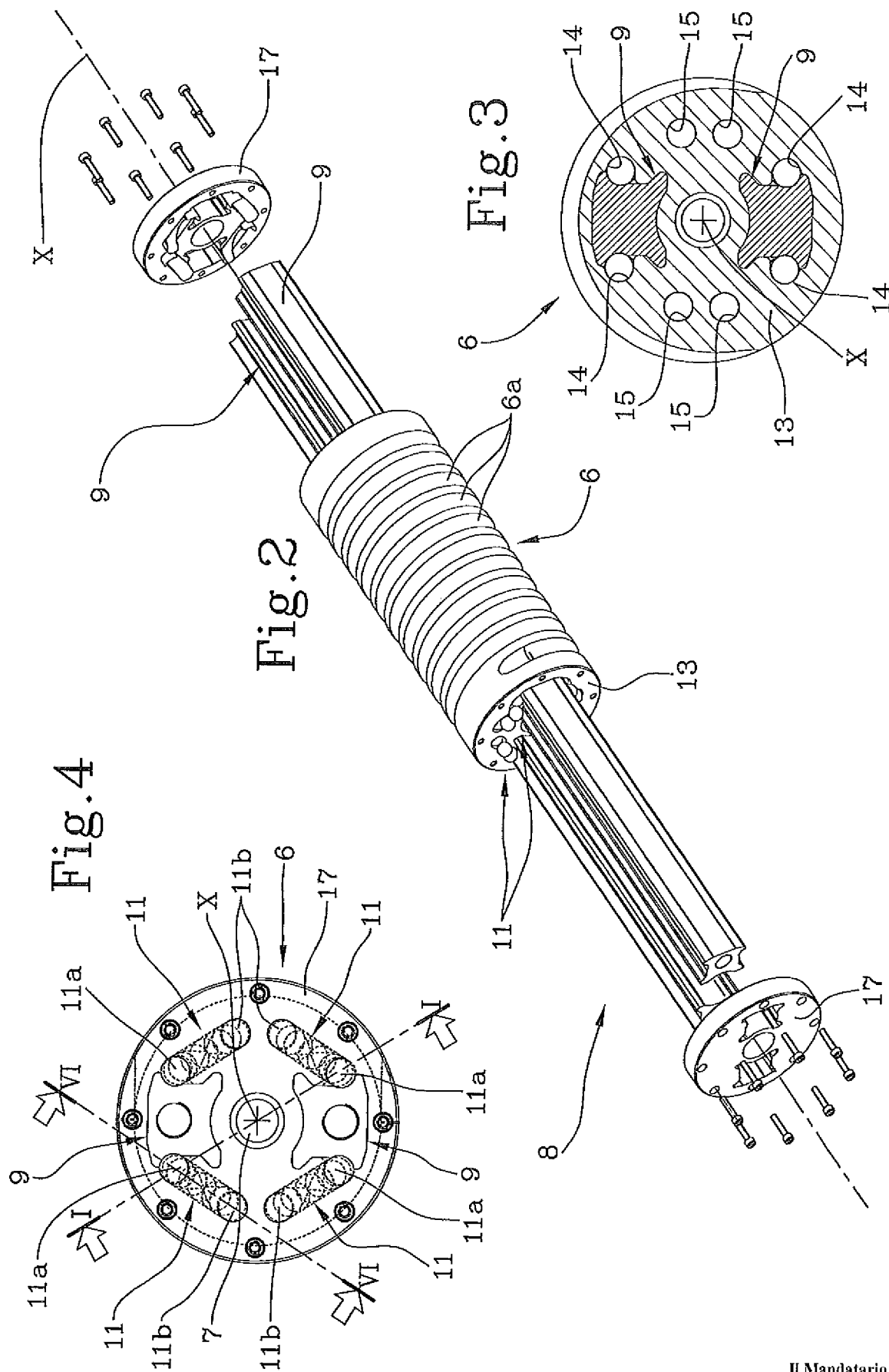
other and connected to the screw shaft (6) at opposite sides of the screw shaft (6).

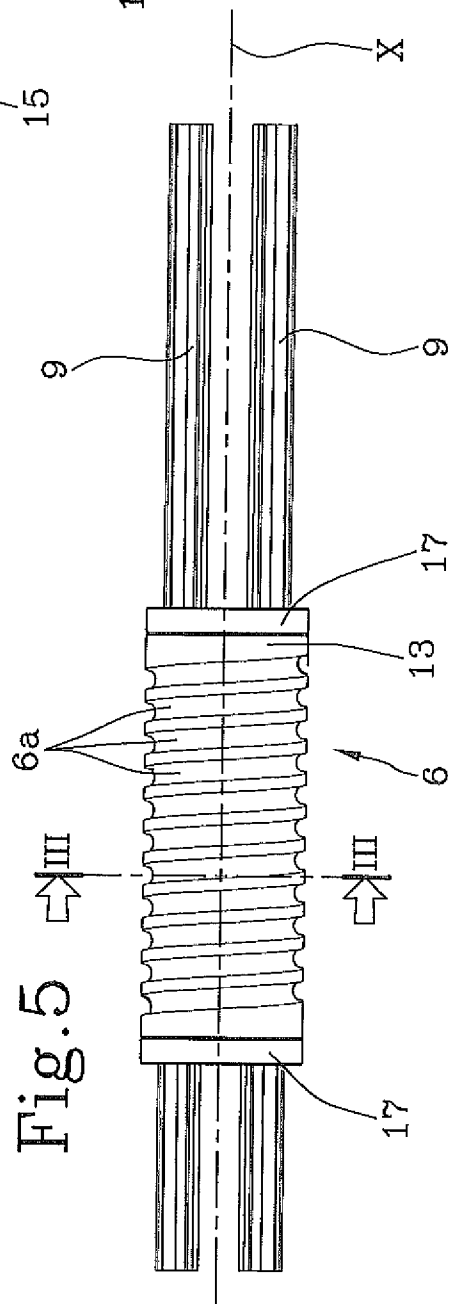
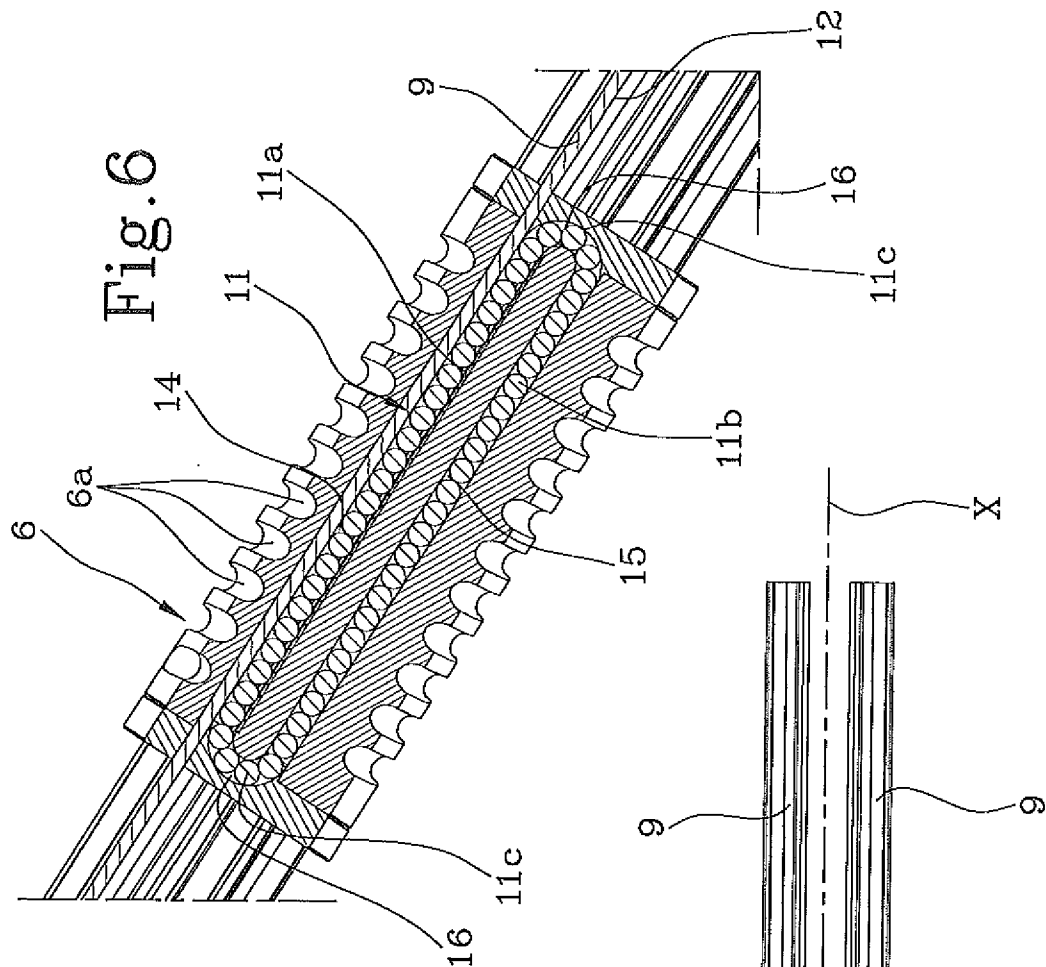
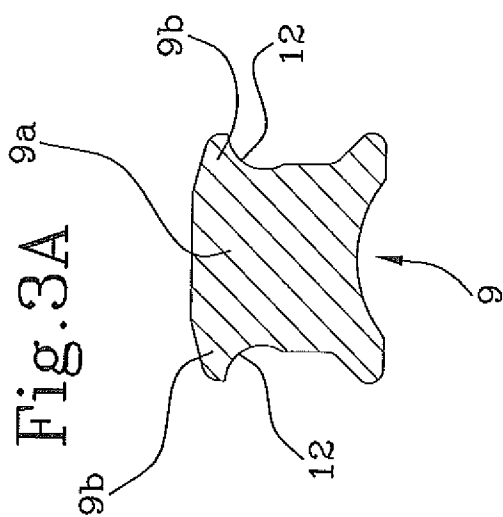
Rome, 22 November 2012

THE AGENT

Sergio DI CURZIO
(Roll No. 323 BM)







Il Mandatario
Ing. Sergio Di Curzio
(albo iscr. n. 323 BM)