



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

<b>DOMANDA NUMERO</b>	<b>101997900602564</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>09/06/1997</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>09/12/1998</b>

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	15	B		

Titolo

ATTUATORE MUSCOLARE A FLUIDO A FIBRE DIRITTE.

Descrizione dell'invenzione industriale dal titolo:

"Attuatore muscolare a fluido a fibre diritte"

di:

Dipartimento di Meccanica, Politecnico di Torino, Nazionalità Italiana,  
Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129, Torino.

Inventori designati:

Carlo FERRARESI, Andrea MANUELLO BERETTO, Walter FRANCO

Depositata il

9 GIU. 1997

T 0 97 A 000499

Descrizione

La presente invenzione si riferisce ad un attuatore deformabile a fluido capace di un funzionamento analogo a quello di un muscolo fisiologico.

Lo scopo dell'invenzione è di fornire un apparecchio del tipo indicato, atto all'impiego con fluidi diversi, sia liquidi sia gassosi, capace di generare una elevata forza di trazione, in corrispondenza ad una contrazione generata dalla pressione di alimentazione del fluido di lavoro.

L'attuazione pneumatica permette un facile controllo della forza di attuazione con elevate velocità di movimentazione. Applicazioni recenti vedono l'impiego di attuatori pneumatici anche in casi in cui è richiesto il controllo del moto di un manipolatore: ciò è stato reso possibile da una ricerca ormai consolidata rivolta sia all'identificazione ed alla modellazione dei sistemi pneumatici, sia allo studio ed all'applicazione di varie tecniche di controllo, sia allo sviluppo di particolari componenti dedicati. Per quanto concerne gli attuatori pneumatici, accanto alle soluzioni di tipo tradizionale, in cui è possibile controllare il moto lineare o rotatorio di un elemento, si stanno recentemente proponendo tipologie particolari, in cui la struttura

Il Direttore del Dipartimento  
(Prof. Guido BELFORTI)

stessa dell'attuatore si deforma per effetto della pressione. L'uso di questi attuatori deformabili, in applicazioni che richiedono il controllo della posizione o della forza di attuazione, comporta sostanzialmente due vantaggi: la maggiore leggerezza rispetto alle tipologie tradizionali e la quasi totale assenza di forze di attrito durante il movimento. Negli attuatori deformabili la struttura, solitamente di materiale elastomerico, e di forma tubolare, all'aumentare della pressione interna, tende a dilatarsi sia in direzione assiale, sia in direzione radiale. Introducendo opportuni vincoli, è possibile controllare la deformazione nel modo più conveniente per il tipo di applicazione.

Un tipo particolare di attuatore si ottiene se all'elemento deformabile viene imposto un vincolo capace di provocare una contrazione longitudinale a fronte di una espansione radiale dell'attuatore ottenibile con l'aumento della pressione interna. Si ha così un comportamento simile a quello di un muscolo fisiologico. Questo vincolo, nelle soluzioni attuali, è costituito da fibre inestensibili avvolte ad elica ed intrecciate sulla superficie esterna dell'elemento deformabile e vincolate a testate di estremità. Questi muscoli artificiali presentano teoricamente interessanti prospettive di utilizzo, ad esempio per l'azionamento di strutture articolate leggere di tipo antropomorfo o per la realizzazione di tutori attivi di supporto a persone disabili. Tuttavia, i muscoli artificiali finora realizzati mostrano dei limiti riguardo alla forza esercitata od alle contrazioni ottenute, per cui le loro prestazioni non sono ancora paragonabili a quelle dei muscoli fisiologici. Una condizione particolarmente limitativa delle prestazioni è costituita dalla disposizione delle fibre inestensibili di rinforzo, che nelle realizzazioni

Il Direttore del Dipartimento  
(Prof. Guido BELFORTE)

consuete sono poste ad elica sulla superficie esterna dell'elemento deformabile, in modo da formare una trama intrecciata. Questa disposizione è svantaggiosa essenzialmente per due motivi: la presenza di attrito tra le fibre e la necessità di una componente di forza in senso circonferenziale quando l'attuatore viene dilatato; entrambi i fenomeni ostacolano la dilatazione in senso radiale dell'elemento deformabile, riducendo l'entità della forza utile sviluppata dall'attuatore.

Un muscolo artificiale costruito secondo la presente invenzione fornisce prestazioni superiori a quelle degli attuatori attualmente disponibili e risulta semplice ed economico essendo costruito con materiali a basso costo e di facile lavorazione, senza compromettere le caratteristiche di forza sviluppabile, precisione, leggerezza. Il trovato presenta un meccanismo di funzionamento particolarmente vantaggioso poiché esso non implica fenomeni di strisciamento relativo tra le parti costituenti e quindi non provoca dissipazioni di energia dovute all'attrito.

Questo vantaggio è determinato dal particolare sistema di irrigidimento longitudinale che consente di ottenere valori di forza sviluppata significativamente superiori rispetto a quelli degli attuatori analoghi fino ad ora realizzati.

Il trovato è costituito da una camera deformabile tubolare di materiale elastomerico cedevole atta a ricevere il fluido di lavoro, dotata di una serie di fibre inestensibili diritte, cioè disposte non ad elica, bensì lungo le generatrici della camera stessa e vincolate a due testate di estremità; queste ultime consentono l'alimentazione, garantiscono la tenuta della camera verso l'esterno e permettono l'ancoraggio alla struttura da movimentare.

Il Direttore del Dipartimento  
(Prof. Guido BELFORTE)

La presenza delle fibre inestensibili disposte lungo le generatrici della camera deformabile fa sì che la lunghezza complessiva di tali generatrici, durante la deformazione, si mantenga costante. Ciò implica che, in presenza di pressione di alimentazione, la camera deformabile tenda ad assumere una forma sferica, determinando l'avvicinamento delle testate di estremità e subendo quindi una contrazione assiale.

L'acorciamiento dell'attuatore si verifica senza scorrimento relativo fra le fibre inestensibili; tale modalità di funzionamento fa sì che la forza di contrazione del muscolo risulti particolarmente vantaggiosa, non verificandosi le perdite di energia per attriti di strisciamento, che si manifestano negli analoghi attuatori attualmente disponibili.

Il trovato è in grado di operare con fluidi diversi (aria, acqua, olio ...) senza richiedere alcuna variazione o modifica nel suo complesso o in una qualche sua parte.

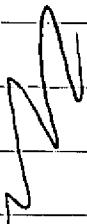
Nel trovato, essendo presenti tenute unicamente di tipo statico, in condizioni di normale funzionamento è esclusa una qualsiasi perdita di fluido dalla camera verso l'esterno, escludendo così qualsiasi tipo di inquinamento dell'ambiente da parte del fluido di lavoro che può peraltro essere di tipo non inquinante e a basso costo (es.: aria o acqua).

Il trovato è in grado di agire in ambienti dove siano presenti forti campi elettromagnetici senza sostanziali variazioni delle prestazioni originali.

Il trovato è in grado di agire in ambienti asettici, è facilmente sterilizzabile ed adatto ad applicazioni mediche.

Vantaggiosamente, con un opportuno dimensionamento sia delle fibre sia della camera in elastomero, sarà possibile alimentare l'attuatore con fluido di

Il Direttore del Dipartimento  
(Prof. Guido BELFORTE)



lavoro incompressibile (olio, acqua) a pressioni anche molto elevate, con pericolo ridotto in caso di scoppio, ottenendo così un valore maggiore di forza sviluppabile, oppure, a parità di forza ottenuta, una riduzione dell'ingombro e del peso dell'attuatore.

Vantaggiosamente, la camera deformabile può essere realizzata in modo tale da racchiudere un volume di forma toroidale, e le fibre inestensibili possono essere disposte longitudinalmente lungo tutta la superficie della camera deformabile, dalla parte opposta a quella del fluido di lavoro; questa soluzione permette di ottenere, a parità di pressione di lavoro e di ingombro dell'attuatore, valori superiori di forza sviluppata.

Il valore assoluto della contrazione dell'attuatore dipende dalla sua lunghezza, ma non cresce proporzionalmente con essa, a causa della rigidezza non nulla della camera deformabile. Vantaggiosamente è possibile ottenere un'elevata corsa di lavoro applicando ad un attuatore di proporzioni notevolmente snelle, oltre alle fibre inestensibili longitudinali, anche opportuni anelli di contenimento radiale posti ad intervalli predefiniti. In questo modo, con un unico attuatore di elevata lunghezza, si può ottenere lo stesso valore di contrazione ottenibile con più attuatori di lunghezza ridotta collegati in serie.

Vantaggiosamente il trovato può essere facilmente dotato di un sistema di sensorizzazione totalmente integrato e protetto, in grado di fornire il valore della contrazione per consentirne il controllo in catena chiusa.

A seconda della necessità dell'applicazione si possono prevedere diversi tipi di sensorizzazione: il sensore può essere posto internamente in direzione assiale tra le testate, misurando così direttamente lo spostamento relativo

Il Direttore del Dipartimento  
(Prof. Guido BELFORTE)



delle testate; vantaggiosamente il sensore può essere posto internamente in senso diametrale collegato alle pareti della camera deformabile, misurando direttamente la variazione della dimensione diametrale; vantaggiosamente il sensore può essere posto circonferenzialmente sulla mezzeria della camera deformabile, rilevando direttamente la variazione di lunghezza dell'equatore dell'attuatore.

Ulteriori vantaggi e caratteristiche della presente invenzione risultano evidenti dalla descrizione dettagliata che segue, effettuata con riferimento ai disegni annessi, forniti a puro titolo di esempio non limitativo, di cui:  
la fig. 1 rappresenta il complessivo schematico dell'attuatore con un esempio di sensorizzazione interna, la fig.2 rappresenta il principio di funzionamento, la fig.3 rappresenta il complessivo di una testata, le figg. 4 e 5 rappresentano diverse possibili soluzioni di sensorizzazione, la fig.6 rappresenta un attuatore a muscolo torico, la fig.7 rappresenta un attuatore ad elevata corsa di lavoro.

In fig.1 è riportato il complessivo schematico del trovato. La camera deformabile (1) è rivestita da fibre inestensibili diritte (2) bloccate sulle testate di estremità (3). Le testate consentono l'alimentazione della camera deformabile mediante il raccordo (4), garantiscono la tenuta del fluido di lavoro e permettono l'ancoraggio dell'attuatore al carico. Il trasduttore di posizione (5) è montato internamente all'attuatore, vincolato fra le due testate.

In fig.2 è illustrato il principio meccanico di funzionamento del trovato. La presenza delle fibre inestensibili disposte lungo le generatrici della camera deformabile fa sì che la lunghezza complessiva di tali generatrici, anche in

Il Direttore del Dipartimento  
(Prof. Guido BELFORTE)



condizioni di deformazione, si mantenga pari ad L. Ciò implica che, in presenza di pressione di alimentazione P e con conseguente deformazione delle pareti della camera interna, l'estremità libera A dell'attuatore si sposti di un certo valore x, con conseguente contrazione dell'attuatore stesso.

In fig.3 è illustrata una testata di estremità dell'attuatore. Due ogive coniche (6) e (7) vengono serrate mediante la vite di collegamento (8) sul manicotto biconico (9), afferrando contemporaneamente l'estremità della camera deformabile (1) e delle fibre (2). In particolare, la camera deformabile è bloccata insieme alle fibre fra il cono (6) e la relativa sede, mentre le parti sporgenti delle fibre vengono ulteriormente serrate fra il cono (7) e la relativa sede. Tale accorgimento fa sì che contemporaneamente sia garantita la tenuta fra la camera deformabile e l'esterno dell'attuatore, e che sia realizzato il vincolo fra le fibre e le testate, a loro volta collegabili al carico esterno mediante l'estremità della vite (8).

Nelle figg. 4 e 5 sono riportate diverse possibili soluzioni di sensorizzazione.

In fig.4 il sensore (9) è montato all'interno dell'attuatore in posizione diametrale, in corrispondenza della mezzeria della camera deformabile. In tale situazione, il sensore rileva direttamente la variazione del diametro massimo dell'attuatore nelle diverse condizioni di lavoro, e può fornire un eventuale segnale di pericolo di esplosione per variazioni di diametro superiori ad un valore considerato massimo per un corretto esercizio dell'attuatore.

In fig.5 il sensore (10) è montato in posizione circonferenziale, in corrispondenza dell'equatore della camera deformabile. In tale caso, esso rileva direttamente il valore della circonferenza massima dell'attuatore nelle

Il Direttore del Dipartimento  
(Prof. Guido BELFORTE)

diverse condizioni di lavoro.

In fig.6 è illustrato un attuatore a muscolo torico. La camera deformabile (11) è realizzata in modo da racchiudere un volume di forma toroidale. Le fibre inestensibili (12) sono disposte longitudinalmente lungo tutta la superficie della camera deformabile, dalla parte opposta a quella del fluido di lavoro. Le testate (13) svolgono solamente il ruolo di ancoraggio dell'attuatore al carico, essendo la camera deformabile a tenuta intrinseca. L'alimentazione della camera è realizzata col raccordo (14). Questa tipologia di attuatore fa sì che, a parità di ingombro esterno e di pressione di alimentazione, la forza generata sia superiore.

Infine in fig.7 si riporta lo schema di un attuatore ad elevata corsa di lavoro. Esternamente alla camera deformabile ed alle fibre inestensibili sono posti, a distanza predefinita, anelli di irrigidimento radiale (15). Tale soluzione costruttiva fa sì che l'attuatore si comporti come più attuatori disposti in serie, generando complessivamente la stessa forza, ma con una corsa di attuazione maggiore.

Il Direttore del Dipartimento  
(Prof. Guido BELFORTE)

## Rivendicazioni

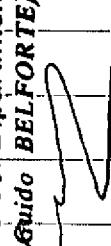
1. Attuatore muscolare a fluido a fibre diritte costituito da una camera deformabile di materiale elastomerico, sulla cui superficie esterna sono poste, in direzione longitudinale, fibre inestensibili di materiale metallico o altro di adeguate caratteristiche meccaniche e da due testate a cui sono collegate le fibre ed aventi la funzione di ancorare l'attuatore alla struttura o meccanismo da movimentare.
2. Attuatore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che la camera deformabile è a forma tubolare.
3. Attuatore secondo le rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto che le testate sono costituite da due ogive troncoconiche serrate contro un manicotto internamente biconico da un opportuno elemento di collegamento, in modo da realizzare contemporaneamente, con un unico afferraggio, la tenuta del fluido all'interno della camera deformabile ed il vincolo delle estremità delle fibre inestensibili.
4. Attuatore secondo le rivendicazioni 1, 2 e 3, caratterizzato dal fatto che gli elementi di collegamento tra ogive e manicotto biconico fungono anche da vie di alimentazione del fluido essendo forati longitudinalmente.
5. Attuatore secondo la rivendicazione 1; caratterizzato dal fatto che le fibre di irrigidimento lungo le generatrici sono inglobate all'interno della parete della camera deformabile.
6. Attuatore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che la camera deformabile è realizzata in modo da racchiudere un volume di forma toroidale e le fibre inestensibili sono disposte longitudinalmente lungo tutta la superficie della camera deformabile, dalla parte opposta a

Il Direttore del Dipartimento  
(Prof. Guido BELFORTE)

quella del fluido di lavoro.

7. Attuatore secondo le rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto di avere una camera deformabile di elevata snellezza, sulla cui superficie esterna sono posti, a distanze predefinite, anelli di irrigidimento tali da impedire, in loro corrispondenza, lo spostamento radiale delle pareti della camera e delle fibre inestensibili.
8. Attuatore secondo le rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto di essere dotato di un sensore disposto longitudinalmente in modo da rilevare lo spostamento relativo delle testate.
9. Attuatore secondo le rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto di essere dotato di un sensore disposto diametralmente all'interno della camera deformabile in corrispondenza della mezzeria della camera stessa, così da rilevare direttamente la variazione del diametro massimo dell'attuatore.
10. Attuatore secondo le rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto di essere dotato di un sensore disposto circonferenzialmente all'esterno dell'attuatore in corrispondenza della mezzeria della camera deformabile, così da rilevare direttamente il valore della circonferenza massima dell'attuatore nelle diverse condizioni di lavoro.
11. Attuatore deformabile a fluido secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, sostanzialmente come descritto ed illustrato.

Il Direttore del Dipartimento  
(Prof. Guido BELFORTE)



Il Direttore del Dipartimento  
(Prof. Guido BELFORTE)

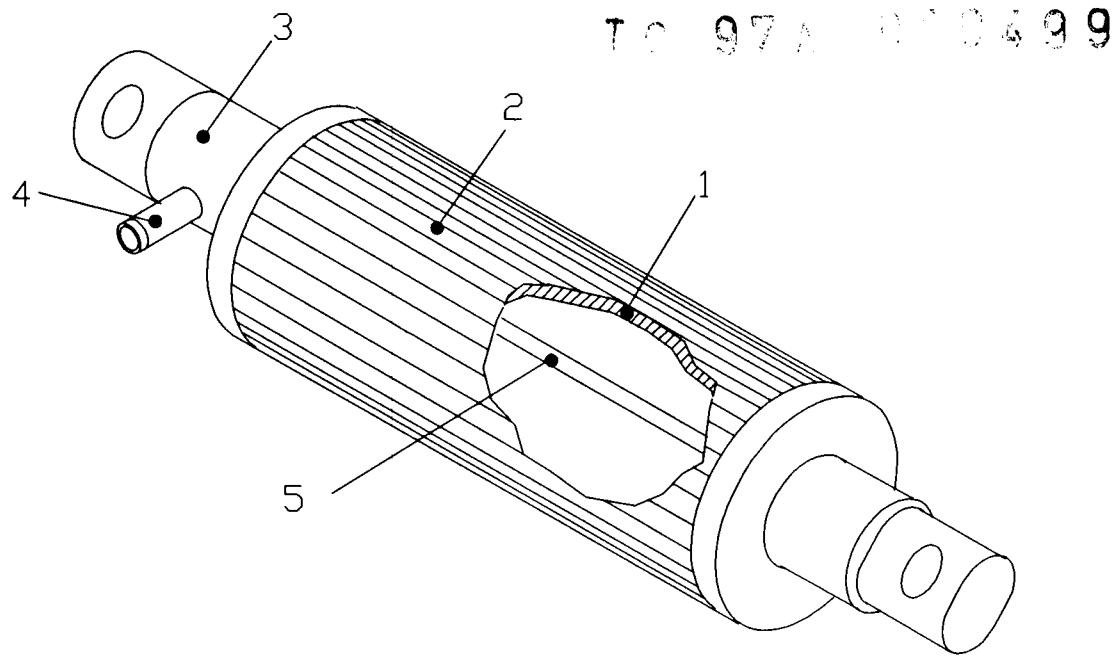


Figura 1

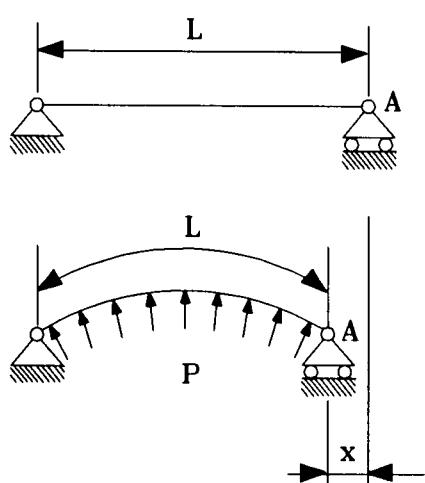


Figura 2

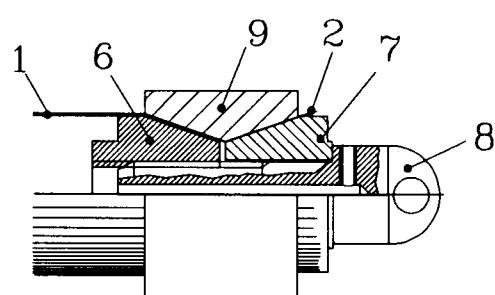
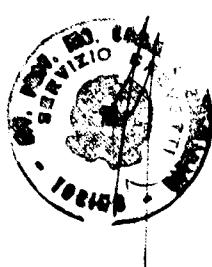


Figura 3



**Il Direttore del Dipartimento  
(Prof. Guido BELFORTE)**

T 0 97 A 000499

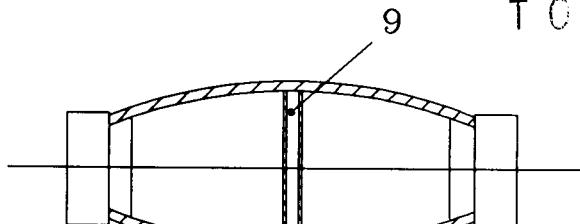


Figura 4

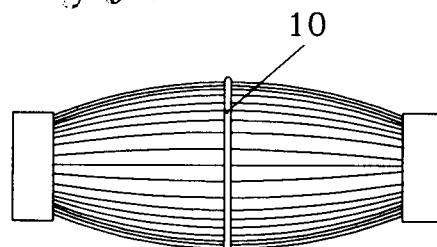


Figura 5

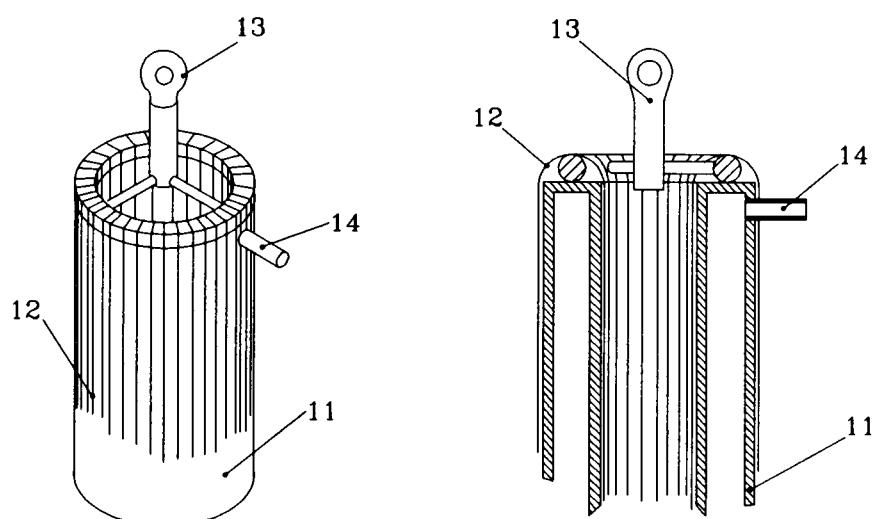


Figura 6

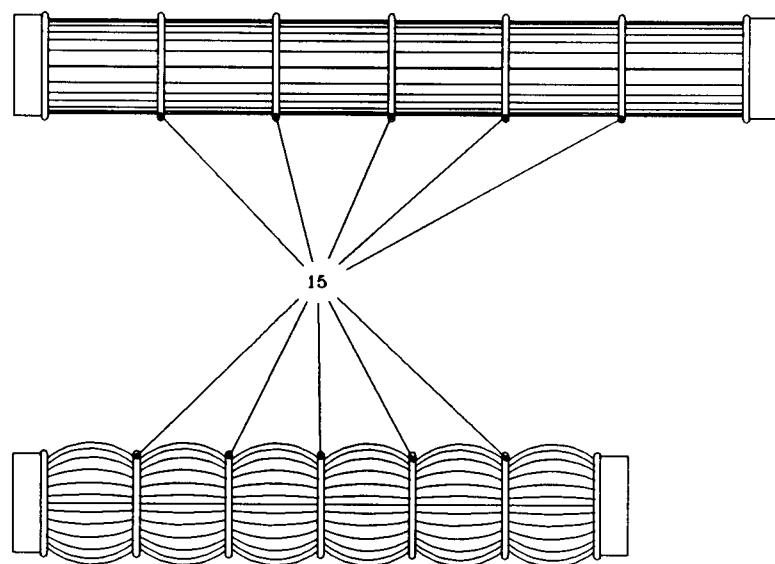


Figura 7

II Direttore del Dipartimento  
(Prof. Guido BELFORTE)

*[Handwritten signature]*