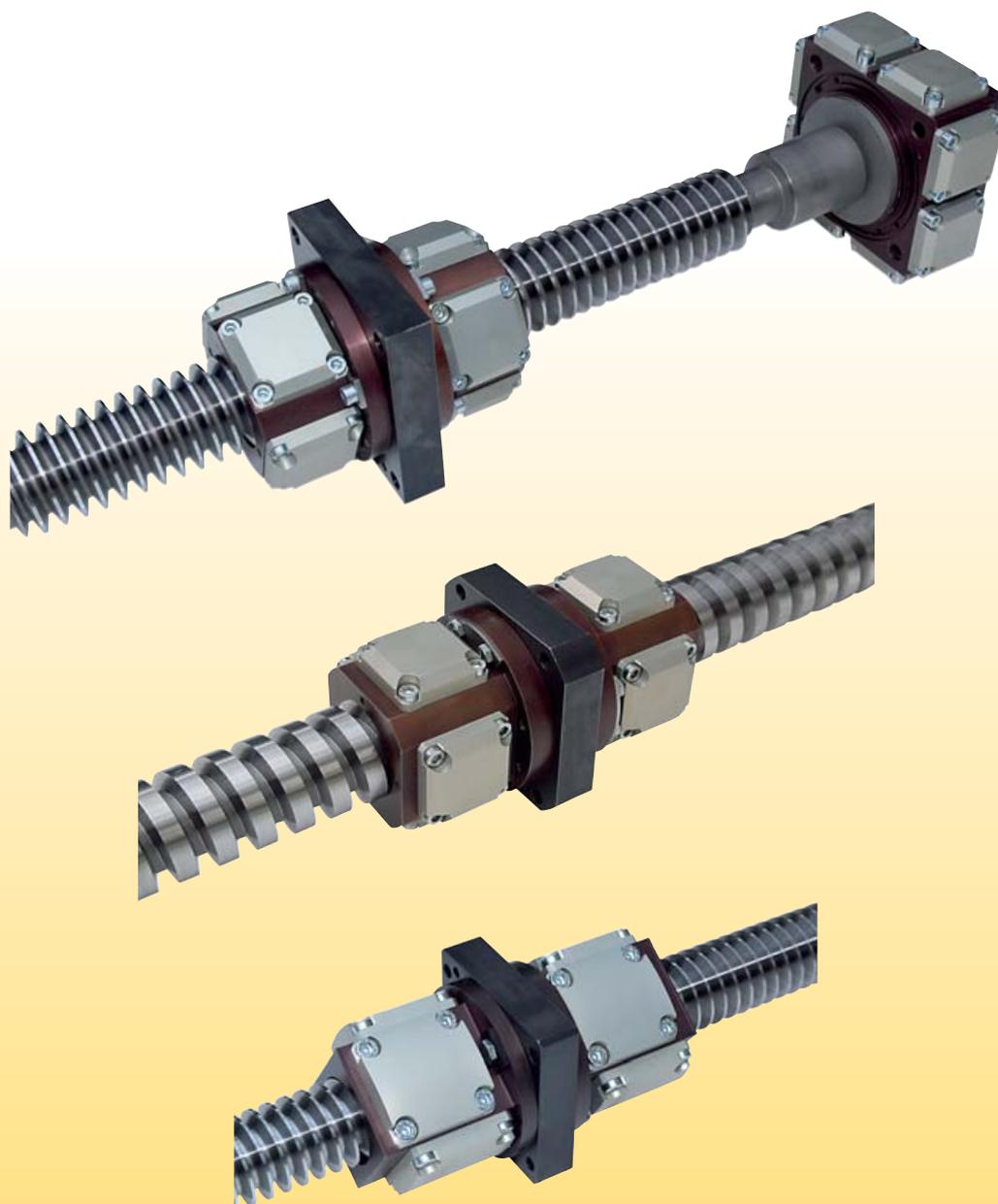


## Viti idrostatiche e il loro corrispondente sostentamento





# Indice

1.	■ <b>Viti con chiocciole idrostatiche o a ricircolo di sfere?</b>	<b>4</b>
2.	■ <b>Modi di esecuzione degli azionamenti idrostatici</b>	<b>4</b>
2.1	Capacità di carico radiale della chiocciola idrostatica	4
2.2	Viti idrostatiche con doppio appoggio	4
2.3	Chiocciole o viti rotanti?	4
2.4	Modi di fissaggio della chiocciole per viti rotanti?	5
2.5	Azionamenti per elevate velocità lineari (con passo maggiorato e/o alti giri di rotazione)	5
3.	■ <b>Vantaggi grazie al impiego del nostro regolatore PM</b>	<b>5</b>
4.	■ <b>Condizioni costruttivi</b>	<b>6</b>
4.1	Alimentazione d'olio e il ritorno dalla chiocciola idrostatica verso la centralina idraulica	6
4.2	Irreversibilità	6
4.3	Spazi e ingombri	6
4.4	Sicurezza Crash	6
5.	■ <b>Dati tecnici</b>	<b>6</b>
5.1	Dimensioni d'ingombro principali e dati tecnici	6
5.2	Dimensioni d'ingombro della chiocciola flangiata	7
5.2.1	Chiocciola flangiata con flangia di attacco rotonda	7
5.2.2	Chiocciola flangiata con flangia di attacco quadrato	8
5.3	Capacità di carico e rigidità	9
5.4	Valori di alimentazione d'olio, perdite di resa, e giri su alcuni esempi	9
6.	■ <b>Impiego e montaggio delle viti con chiocciole idrostatiche</b>	<b>9</b>
6.1	Consegna degli avanzamenti a vite	9
6.2	Montaggio della chiocciola idrostatica	10
6.3	Istallazione e allineamento del avanzamento idrostatico	10
6.4	Tolleranze di Istallazione dei sistemi di avanzamento idrostatico	10
7.	■ <b>Sostentamento idrostatico per sistemi di avanzamento con viti</b>	<b>11</b>
7.1	Sostentamento per viti di avanzamento con 4 regolatori	11
7.2	Sostentamento per viti di avanzamento con 8 regolatori	12
8.	■ <b>La vite con chiocciola idrostatica nel confronto rispetto al motore lineare e alla vite a ricircolo di sfere</b>	<b>16</b>
	■ <b>Vantaggi rispetto alla vite a ricircolo di sfere</b>	<b>14</b>
	Viti idrostatici	14
	Sostentamento idrostatico per viti	15
	■ <b>La vite con chiocciola idrostatica nel confronto rispetto al motore lineare e alla vite a ricircolo di sfere</b>	<b>16</b>
	rispetto al motore lineare e alla vite a ricircolo di sfere	16

## 1. Viti con chiocciole idrostatiche o a ricircolo di sfere?

Utilizzando azionamenti con vite a ricircolo di sfere, a causa del moto delle sfere con cambio direzionale e dei errori di forma e tolleranze delle piste delle sfere presenti anche sulle viti a ricircolo di precisione, ogni spostamento – pur piccolo – è caratterizzato da momenti torcenti che variano notevolmente. Inoltre i cambi direzionali delle sfere creano vibrazioni, le quali si sentono soprattutto a velocità elevate come rumore classico delle viti a ricircolo.

La vite a ricircolo di sfere è caratterizzata da uno smorzamento molto ridotto ed è soggetta ad usura, questo causa differenze di attrito, rigidità e salti di coppie nel momento di inversione del moto. A causa di queste limitazioni fisiche non si possono realizzare alte accelerazioni e nemmeno giri elevati nonché movimenti oscillanti con durate vita accettabili. Dovuto al precarico della chiocciola si manifesta un notevole salto di coppia torcente ad ogni cambiamento di moto. La coppia d'attrito della chiocciola a ricircolo a sfere varia a causa dell'ingresso e dell'uscita delle singole sfere.

A causa di questa discontinuità della coppia torcente e della sua continua variazione la realizzazione di spostamenti

precisi con percorsi molto piccoli, e movimenti con velocità molto basse sono possibili in modo limitato. Per risolvere definitivamente tutte queste problematiche, è stato sviluppato il progetto di una vite di avanzamento con chiocciola idrostatica. Questa chiocciola si distingue per il suo eccellente smorzamento, assenza di usura, bassissimo coefficiente d'attrito – quasi proporzionale al numero di giri – e il suo moto estremamente silenzioso. Inoltre grazie al suo principio idrostatico, si evitano i dannosi salti di coppia torcente nel attimo di inversione del movimento, e quindi si ottengono elevatissime precisioni di posizionamento e traiettorie di percorso. La rigidità della chiocciola può essere scelta a richiesta decisamente più alta rispetto ad una chiocciola a ricircolo di sfere.

Come profilo della chiocciola idrostatica è stata scelta una forma trapezoidale con angolo dei fianchi di 20°. Tramite la scelta del diametro idoneo del filetto della vite, il numero dei passi portanti della chiocciola, della pressione del olio, la sua viscosità e della sua portata si può adattare la vite idrostatica alle più svariate richieste d'utilizzo con le specifiche richieste di rigidità, numero di giri e carico. ■

## 2. Modi di esecuzione degli azionamenti idrostatici

### 2.1 Capacità di carico radiale della chiocciola idrostatica

Le chiocciole idrostatiche sono dotate per ogni passo del filetto di 4 tasche idrostatiche. Grazie al angolo dei fianchi di 20° la vite viene radialmente centrata della chiocciola.

Viti con questa caratteristica hanno un campo d'impiego molto universale, così essi si prestano anche per viti „a sbalzo”, viti lunghi, e per elevate velocità di rotazione. ■

### 2.2 Viti idrostatiche con doppio appoggio

Viti di azionamento assi sono normalmente previste di un appoggio imbrigliato e l'altro lato (opposto) con sostentamento scorrevole. A causa della differenza di distanza tra appoggio fisso e chiocciola l'elemento vite di azionamento risulta poco rigido. Per aumentare la rigidità di questi viti – soprattutto nei casi di viti lunghi – e per ottenere una rigidità costante lungo tutto il percorso della vite stessa, i viti possono essere montati con precarico a tensione. Questo precarico deve essere contrastato dai cuscinetti posti alle due estremità della vite. ■

Dato che la forza di trazione dipende molto dalla condizione termica della vite, e dei altri parti circostanti della macchina, questi cuscinetti possono essere sovraccaricati e danneggiati. Onde evitare questo, si consiglia di raffreddare l'olio idrostatico a temperatura ambiente oppure alcuni gradi °C in meno. In alternativa si potrebbe passare al sistema con chiocciola rotante e vite fissa, come viene descritto nel paragrafo 2.3. In questo caso i cuscinetti alle estremità sono protetti da sovraccarico. ■

### 2.3 Chiocciole o viti rotanti?

Una ragione per l'utilizzo delle viti di azionamento con chiocciola rotante sono i precedentemente descritti vantaggi concettuali nei casi di viti con doppio imbrigliamento.

Un secondo motivo si evidenzia nelle applicazioni altamente

dinamiche con viti molto lunghi, in questi casi la massa rotante può essere notevolmente ridotta grazie al impiego di una chiocciola rotante. Questa applicazione risulta vantaggiosa solo con viti di lunghezza maggiore a ca. 1500 mm. ■

Un terzo, non meno importante, motivo per la scelta di una chiocciola rotante, è che grazie a questa variante tecnica si riescono ad evitare gli oscillazioni flettenti tipici delle viti lunghi e/o velocemente rotanti, in particolare a regime dei loro numero di giri critici. Alternativamente la chiocciola idrostatica rotante può essere azionata da un motore con

albero cavo oppure tramite un motoriduttore per adattare i giri motore a giri della chiocciola. La chiocciola idrostatica rotante è dotata di un cuscinetto integrato e richiede una aggiuntiva alimentazione olio in esecuzione rotante. Per motivi di spazio e costi raccomandiamo di utilizzare azionamenti con viti rotanti dove possibile. ■

## 2.4 Modi di fissaggio della chiocciola per viti rotanti?

Viti di azionamento idrostatiche sono disponibili in generale con chiocciola flangiate: due semi-chiocciola unilaterali e una flangia distanziale vengono montate insieme per ottenere l'unità chiocciola idrostatica funzionante. Le dimensioni delle due semi-chiocciola così come lo spessore della flangia distanziale non possono essere modificate, comunque è possibile adattare la sagoma esterna della flangia distanziale per andare incontro alle esigenze del cliente.

Per esempio si può scegliere una flangia a sezione quadrilatero oppure rotondo (vedi figura 1; 2).

Per quanto riguarda la taglia con diametro nominale 50, la quale viene maggiormente utilizzata, è prevista una chiocciola in esecuzione standard (vedi figura 1) dove lo spazio a disposizione è sufficiente, e in più per gli spazi ristretti c'è la versione compatta (vedi figura 2).

Le chiocciola idrostatiche si distinguono dal fatto che i regolatori che determinano la portata d'olio delle tasche idrostatiche sono integrate nella chiocciola stessa, in altre parole l'utilizzatore deve solamente disporre di una alimentazione d'olio alla chiocciola. Queste chiocciola possono reggere forze radiali relativamente basse, per esempio il peso della vite nel montaggio orizzontale. ■

## 2.5 Azionamenti per elevate velocità lineari (con passo maggiorato e/o alti giri di rotazione)

Le viti di azionamento idrostatiche con passo standard – nel caso di una vite con diametro nominale di 50 mm corrisponde a 10 mm – sono state progettate per una velocità massima del carrello di 30 m/min (con viti corte si possono realizzare velocità ancora molto più elevate utilizzando oli con viscosità basse).

Se si richiedono velocità lineari molto elevate, si utilizzano passi maggiori, questi però richiedono, a parità delle forze di avanzamento, coppie maggiori ai motori assi.

Inoltre a causa del rapporto meno idoneo tra motore asse e carrello si manifestano piccole imprecisioni di posizionamento e di controllo del percorso.

Come servizio aggiuntivo possiamo fornire l'ottimizzazione del progetto non solo della vite idrostatica, ma anche di tutto l'asse di avanzamento con il calcolo del numero di giri critici, determinazione delle coppie necessarie tenendo conto dei forze di lavorazione, accelerazione e di gravità fino ad un suggerimento del motore stesso. ■

## 3. Vantaggi grazie al impiego del nostro regolatore PM

Grazie ad alcune caratteristiche costruttive del nostro regolatore PM si raggiunge una rigidità 4-5 volte maggiore rispetto ad una corrisponde soluzione tecnica alimentata da tubi capillari. Visto che 90% della pressione pompa può essere utilizzata come massima pressione della tasca idrostatica, è possibile, in casi di carico massimo, ottenere

un delta di pressione tra le tasche del lato sinistro e destro della chiocciola di ca. 80% della pressione pompa. Soltanto dopo lo sviluppo del nostro regolatore era quindi possibile, con ragionevoli alimentazioni d'olio, realizzare viti idrostatiche con elevate rigidità e capacità di carico, come quelle che possiamo attualmente offrire. ■

## 4. Condizioni costruttive

### 4.1 Alimentazione d'olio e il ritorno dalla chiocciola idrostatica verso la centralina idraulica

I regolatori PM per l'alimentazione delle singole tasche idrostatiche sono integrate nella chiocciola stessa. L'utilizzatore deve solamente disporre di una alimentazione d'olio alla chiocciola e non deve installare nessun altro dispositivo di regolazione.

Normalmente le viti di avanzamento sono disposte nel carrello da movimentare sotto le relative protezioni. In questi casi l'olio può uscire ad entrambe i due lati della chiocciola.

In molti casi però, soprattutto con viti che girano velocemente, la libera fuoriuscita dell'olio non può essere

accettata. Per questi casi è stata sviluppata una apposita guarnizione, tramite la quale non si raggiunge una perfetta tenuta, ma comunque una notevole riduzione del flusso d'olio a una piccola perdita. Al momento non ci sono dati a sufficienza per dare una stima di vita di questa guarnizione. Visto che la vite idrostatica è priva di usura, e ogni guarnizione è comunque un pezzo di usura per definizione, nel nostro caso la sua sostituzione non è neanche tanto facile, raccomandiamo dove possibile rinunciare alla sua applicazione. ■

### 4.2 Irreversibilità

A differenza rispetto alle viti a ricircolo di sfere, le viti idrostatiche con passo normale si distinguono dal loro effetto di irreversibilità pochi istanti dopo che la loro alimentazione d'olio viene interrotta. Questo fenomeno risulta particolarmente vantaggioso soprattutto nelle applicazioni con viti verticali nel momento di montaggio e

riparazione. Se le viti idrostatiche sono dotate anche con cuscinetti idrostatici, questa irreversibilità si estende anche alle viti con passo maggiorato, dato che anche l'attrito dei cuscinetti aumenta notevolmente in questo caso. ■

### 4.3 Spazi e ingombri

Per motivi costruttivi delle viti idrostatiche e dei regolatori PM integrati nella chiocciola, essa richiede uno spazio maggiore rispetto a quello di una vite a ricircolo di sfere. Malgrado ciò sono state ottenute dimensioni d'ingombro della chiocciola compatta (vedi figura 2), analoghe rispetto al diametro di una corrispondente chiocciola a ricircolo.

Quindi un canale rettangolare previsto per il montaggio di una vite a ricircolo di sfere permette normalmente anche l'utilizzo di una chiocciola idrostatica. Questo vale in maniera generica anche per le altre taglie di viti. La posizione di lavoro della vite idrostatica è indifferente. ■

### 4.4 Sicurezza Crash

Le viti idrostatiche sono concepite, che nel caso di Crash, quindi con il carrello che urta qualcosa, possono essere sovraccaricate per un breve attimo, senza che ci sia contatto tra vite e chiocciola. Grazie a questa particolarità si evitano danni del sistema di avanzamento.

**Per sbloccare una situazione di quel genere, non si deve assolutamente svitare la vite dalla chiocciola. Piuttosto bisognerebbe smontare i pezzi incastrati.** ■

## 5. Dati tecnici

### 5.1 Dimensioni d'ingombro principali e dati tecnici

Nella tabella 1 sono state riassunti i dati delle diverse taglie. I carichi indicati tengono conto di una riserva di carico del 50% e di una pressione massima del pompa di 80 bar. In casi particolari sono possibili pressioni fino a 160 bar, e quindi

carichi raddoppiati. Il massimo numero di passi utili nella chiocciola, come indicato nella stessa tabella, è realizzabile solo con passo normale. ■

**Tabella I: Dimensioni e dati tecnici degli avanzamenti idrostatici**

Diametro nominale della vite		40	50	63	80	100	125	160	200
Diametro esterno filetto	mm	40	52	65	80	100	128	160	200
Diametro fondo filetto	mm	27.3	36	45	55.5	70.5	88	112	140
Diametro interno chiocciola	mm	28	37	46	57	72	90	114	142
Passo normale	mm	8	10	12	15	18	25	25	28
Passo maggiorato I	mm	16	20	25	25	30			
Passo maggiorato II	mm	25	30	40	40	50			
Angolo fianchi	°	20	20	20	20	20	20	20	20
Mass. Numero dei giri con passo normale		5	5	6	6	6	6	6	6
Superficie utile / passo	cm <sup>2</sup>	4.9	8.1	13.5	18.7	28.5	47.4	74.6	118.8
Sezione vite (nocciolo)	cm <sup>2</sup>	5.9	10.2	15.9	24.2	37.9	60.8	98.5	154
Mass. capacità di carico con 80 bar / passo*	kN	2.2	3.7	6.0	8.4	12.8	21.3	32.6	49
Mass. capacità di carico con 80 bar mass. numero di filetti*	kN	11	18	36	50	77	128	200	320

\*) con 50% di riserva di carico

Viti **realizzate / possibili per carichi elevati**

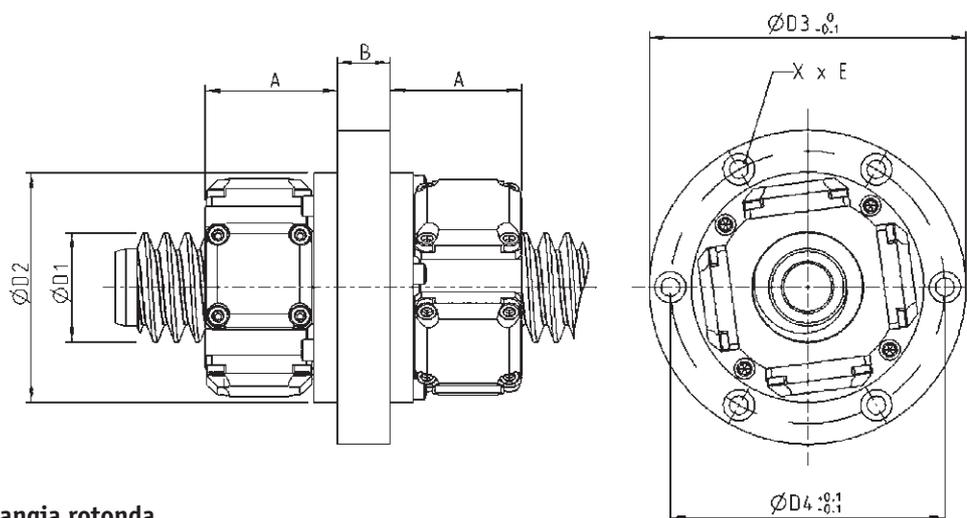
Numero di giri filetto		4	6	6	6	6	6	6
Pressione pompa	bar	<b>120</b>	160	160	160	<b>160</b>	160	160
Mass. capacità di carico	kN	<b>25</b>	85	120	175	<b>300</b>	460	750

## 5.2 Dimensions of the flange nuts

### 5.2.1 Flange nut with round fastening flange

Nella figura 1 è rappresentata la chiocciola flangiata con flangia rotonda (senza guarnizione) in maniera schematica. Nella tabella II si trovano i corrispondenti dimensioni principali. I valori per le dimensioni D3, D4 X e E possono

essere adattati individualmente a richiesta del cliente. Le dimensioni indicate in corsivo così come le dimensioni di sagoma della chiocciola flangiata riferito ai diametro nominali delle viti d=100 bis 200 mm non sono vincolanti. ■



**Figura 1:**  
Chiocciola idrostatica con flangia rotonda

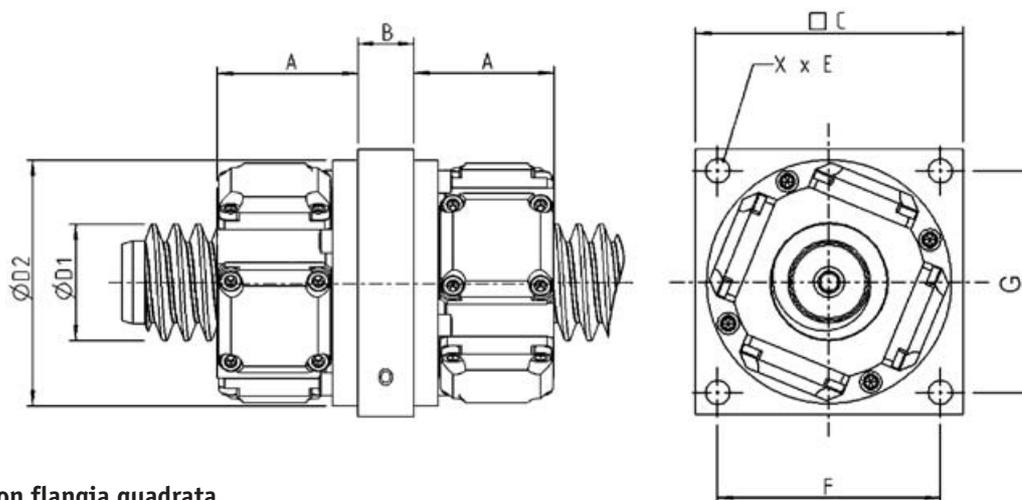
**Tabella II: Dimensioni delle chiocciole secondo figura 1**  
(non vincolanti per diametri nominale da 100 a 200)

Diametro nominale della vite	mm	40	50	65	80	100	125	160	200
D1	mm	40	52	65	80	100	128	160	200
Passo normale	mm	8	10	12	15	18	25	25	28
Passo maggiorato	mm	16	20	25	25	30			
Passo elevato	mm	25	30	40	40	50			
D2	mm	85	110	125	150	185	225	270	
D3	mm	110	150	160	190	230	270	335	
D4	mm	97.5	130	142	170	205	245	300	
A	mm	73	62.5	85	85	90	125	160	
B	mm	20	25	30	40	50	60	80	
E	mm	6.6	9	9	11	13	13	17	
X	Stk.	6	6	8	8	8	12	12	

### 5.2.2 Flange nut with square fastening flange

Nella figura 2 è rappresentata la chiocciola flangiata con flangia quadrata (senza guarnizione) in maniera schematica. Nella tabella III si trovano le corrispondenti dimensioni principali. I valori per le dimensioni C, F, X e E possono essere adattati individualmente a richiesta del

cliente. Le dimensioni indicate in corsivo così come le dimensioni di sagoma della chiocciola flangiata riferito ai diametri nominali delle viti d=100 bis 200 mm non sono vincolanti.



**Figura 2:**  
Chiocciola idrostatica con flangia quadrata

**Tabella III: Dimensioni delle chiocciole secondo figura 2**  
(non vincolanti per diametri nominali da 100 a 200)

Diametro nominale della vite	mm	40	50	50	65	80	100	125	160	200
D1	mm	40	52	52	65	80	100	128	160	200
Passo normale	mm	8	10	10	12	15	18	25	25	28
Passo maggiorato	mm	16	20	20	25	25	30			
Passo elevato	mm	25	30	30	40	40	50			
D2	mm	85	100	110	125	150	185	225	270	
A	mm	73	70	62.5	85	85	90	125	160	
B	mm	20	25	25	30	40	50	60	80	
C	mm	85	108	120	140	165	200	240	280	
F	mm	73	94	100	120	140	110/175	150/210	180/250	
G	mm	64	70	100	90	105	175/110	210/150	250/180	
E	mm	6.6	9	11	11	13	13	17	17	
X	Stk.	4	4	4	4	4	8	8	8	

### 5.3 Capacità di carico e rigidità

Nella tabella IV sono stati indicati i possibili carichi e rigidità tenendo conto di una pressione pompa di 80 bar, chiocciola con 6 giri di filetto e 50% di riserva di carico. Per configurazioni simili si possono stimare i relativi valori in

maniera proporzionale alla pressione pompa e numero di giri filetto della chiocciola. I corrispondenti valori di rigidità invece possono essere approssimati solo grossolanamente e richiedono quindi un calcolo più preciso. ■

**Tabella IV:** Capacità di carico e valori di rigidità delle chiocciole con 80 bar di pressione pompa, 50% di riserva di carico e 6 giri di filetto portanti

Diametro nominale della vite	mm	40	50	65	80	100	125	160	200
Mass. capacità di carico	kN	11	18	36	50	77	128	200	320
Rigidità assiale	kN/μm	1.2	2.5	4.5	6	9.5	15	25	40

### 5.4 Valori di alimentazione d'olio, perdite di resa, e giri su alcuni esempi

Nella tabella V sono riportati alcuni esempi con relativi dati tecnici, p.e. portata d'olio necessaria, il tipo d'olio, il

riscaldamento d'olio, la quantità di perdite di potenza con giri zero e alla massima velocità di rotazione. ■

**Tabella V:** Dimensioni e dati tecnici degli avanzamenti idrostatici

Diametro nominale della vite		50	50	50	80	160
Mass. numero di giri	min <sup>-1</sup>	2000	3250	3333	1000	160
Passo filetto	mm	10	20	30	25	25
Mass. velocità lineare (rapido)	m/mm	20	65	100	25	4
Filetti portanti	destra	5	4	3	5	6
Filetti portanti	sinistra	3	4	3	2	4
Mass. capacità di carico destra <sup>1)</sup>	kN	10	10	10	50	500
Mass. capacità di carico sinistra <sup>1)</sup>	kN	5	10	10	15	320
Rigidità della chiocciola	N/μm	1250	1000	1000	1500	4000
Pressione pompa	bar	50	63	63	100	160
Tipo di olio		VG32	VG22	VG22	VG68	VG100
Portata richiesta a 40 °C (T olio)	l/min	1.3	2.8	2.8	4.7	5.8
Perdite d'attrito nella chiocciola alla mass. velocità di rotazione	W	90	180	180	160	68
Mass. delle perdite di potenza (pompa + attrito)						
a giri zero	W	145	390	390	1050	2000
alla mass. velocità di rotazione	W	235	570	570	1210	2070
Riscaldamento d'olio						
a giri zero	°C	4.2	5.2	5.2	8.2	11.8
alla mass. velocità di rotazione	°C	10.5	12.0	12.0	14.0	13.0

<sup>1)</sup> con 50% di riserva di carico

<sup>2)</sup> con 26% di riserva di carico e Tmax=32 °C (olio)

## 6. Utilizzo e montaggio delle viti con chiocciole idrostatiche

### 6.1 Consegna degli avanzamenti a vite

In assenza di alimentazione d'olio, quindi anche durante il trasporto, la chiocciola ha del gioco rispetto alla vite. In direzione assiale, il gioco è circa 30-70 μm, in base al diametro della vite, mentre il gioco radiale risulta di

conseguenza dall'angolo di 20° e quindi varia da ±46 μm fino a ±107 μm. Onde evitare danni durante il trasporto, chiocciola viene separata dalla vite, e quindi essa deve essere poi rimontata. ■

## 6.2 Montaggio della chiocciola idrostatica

Dato che non ci sono pezzi sciolti nella chiocciola, il suo montaggio sopra la vite può essere fatto relativamente facile, è sufficiente inserire la vite nella chiocciola. Per non danneggiare durante questa fase la chiocciola, bisogna calzare sopra la parte della vite che verrà introdotto all'inizio una boccola di plastica, con diametro esterno appena più piccolo del diametro interno della chiocciola, vedi figura 3. Grazie a questa boccola, la vite viene sufficientemente bene centrata nella chiocciola.

Per viti con un diametro nominale sopra di 80 mm, raccomandiamo inoltre l'applicazione di una apposita flangia di plastica, vedi sempre figura 3. Entrambe i pezzi sono disponibili da noi. Nel momento di avvitare la vite nella seconda metà della chiocciola, bisogna tirare la vite via della chiocciola – quindi verso l'operatore – e poi avvitare lentamente senza ogni sforzo.

Chiocciole per viti con diametro maggiore di 100 mm sono da montare in maniera verticale da sotto mentre la vite stessa rimane appesa.

**Ogni chiocciola viene accoppiata ad una determinata vite. Solo viti e chiocciola appaiate possono essere montate insieme. Inoltre ognuno dei 2 fianchi portanti della chiocciola sono abbinati al corrispondente fianco della vite. La chiocciola deve quindi essere montato solamente nella direzione indicata nel disegno relativo.**

La chiocciola è comunque contrassegnata dal foro di alimentazione d'olio. Tante volte si riconosce la posizione corretta della chiocciola grazie alla sua sagoma asimmetrica.

Ogni sistema di avanzamento a vite idrostatica viene accompagnato dal suo relativo disegno di commessa. ■

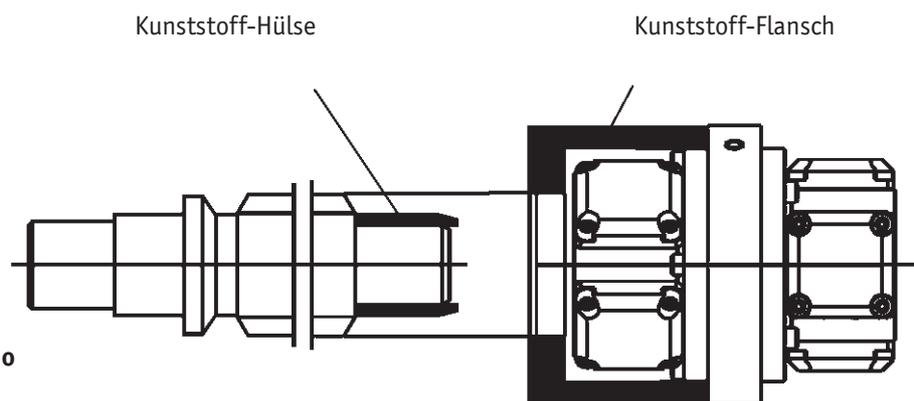


Figura 3:  
Attrezzi di aiuto per il montaggio

## 6.3 Installazione e allineamento del avanzamento idrostatico

Come già descritto precedentemente, la chiocciola ha del gioco rispetto alla vite in assenza di alimentazione d'olio. La vite con chiocciola idrostatica quindi non può essere utilizzata, come nel caso di viti con chiocciola a ricircolo di sfere, come strumento ausiliario per allinearla alle guide di

scorrimento. Il suo allineamento è da eseguire meccanicamente in assenza di alimentazione d'olio. Se le guide sono del tipo idrostatiche questo allineamento (in maniera centrico rispetto alla vite) è da fare con il carrello sollevato. ■

## 6.4 Tolleranze di installazione dei sistemi di avanzamento idrostatico

Le tolleranze di montaggio dei sistemi di avanzamenti idrostatico sono comparabili a quelli delle classiche viti a ricircolo a sfere (in classe precisa). Le tolleranze vincolanti

sono indicati nelle rispettivo disegno correlato all'ordine della vite stessa. Valori indicativi vengono illustrati nella figura 4. ■

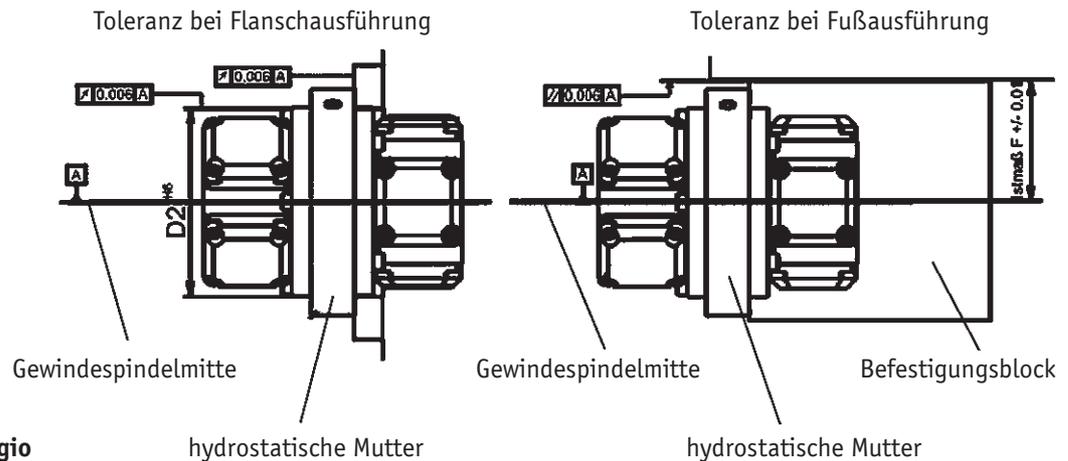


Figura 4:  
Tolleranze di montaggio

## 7. Sostentamento idrostatico per sistemi di avanzamento con viti

Il sostentamento idrostatico offre molti vantaggi rispetto ai comunemente usati cuscinetti con corpi volventi.

**Vantaggi dei sostentamenti idrostatici di viti di avanzamento:**

- Durata di vita illimitata in assenza di contatto fisico
- Accelerazione illimitata
- Nessun salto di coppia nel momento di inversione di moto
- Funzionamento a continuo inversione di moto in alta frequenza possibile senza nessun limite
- Smorzamento assiale moltiplicato
- Per viti in alta velocità di rotazione

### 7.1 Sostentamento per viti di avanzamento con 4 regolatori

I sostentamenti per viti di avanzamento con 4 regolatori dispongono di tre tasche radiali e una tasca assiale. Questo tipo di sostentamento può reggere forze in direzione radiale e assiale, però non regge nessuna coppia.

**Vantaggi dei sostentamenti idrostatici di viti di avanzamento con 4 regolatori:**

- Prezzo d'acquisto conveniente
- Dimensioni molto compatte
- Nessun trasferimento di coppia sulla vite idrostatica

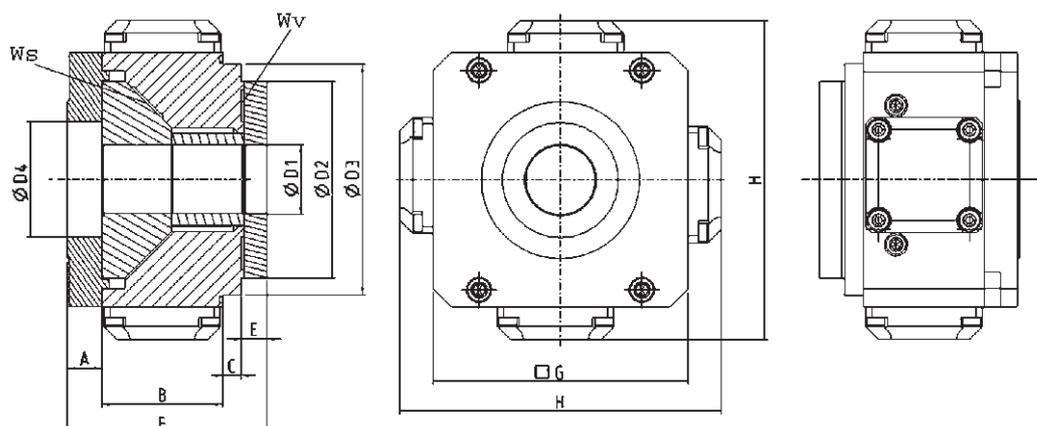


Figura 5:  
Sostentamento idrostatico con 4 regolatori

**Tabella VI: Dimensioni sostentamento con 4 regolatori**

G	mm	88	110	G	mm	88	110
D1	mm	25	30	C	mm	8	9
D2	mm	71	85	E	mm	10	10
D3	mm	80	100	F	mm	90	86
D4	mm	50	50	H	mm	116	138
A	mm	15	15	Ws	cm <sup>2</sup>	22.6	34.4
B	mm	57	52	Wv	cm <sup>2</sup>	24.9	36.1

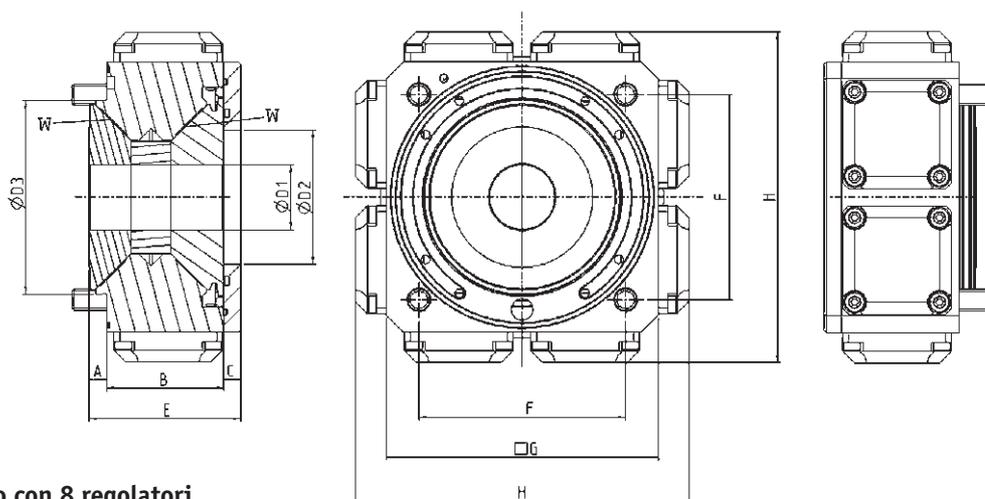
## 7.2 Sostentamento per viti di avanzamento con 8 regolatori

I sostentamenti per viti di avanzamento con 8 regolatori dispongono di 2 coni con sostentamento idrostatici, realizzati con 4 tasche idrostatiche a 90 °C, contrapposti.

Questo tipo di sostentamento può reggere forze in direzione radiale e assiale e anche coppie.

### Vantaggi dei sostentamenti idrostatici di viti di avanzamento con 8 regolatori:

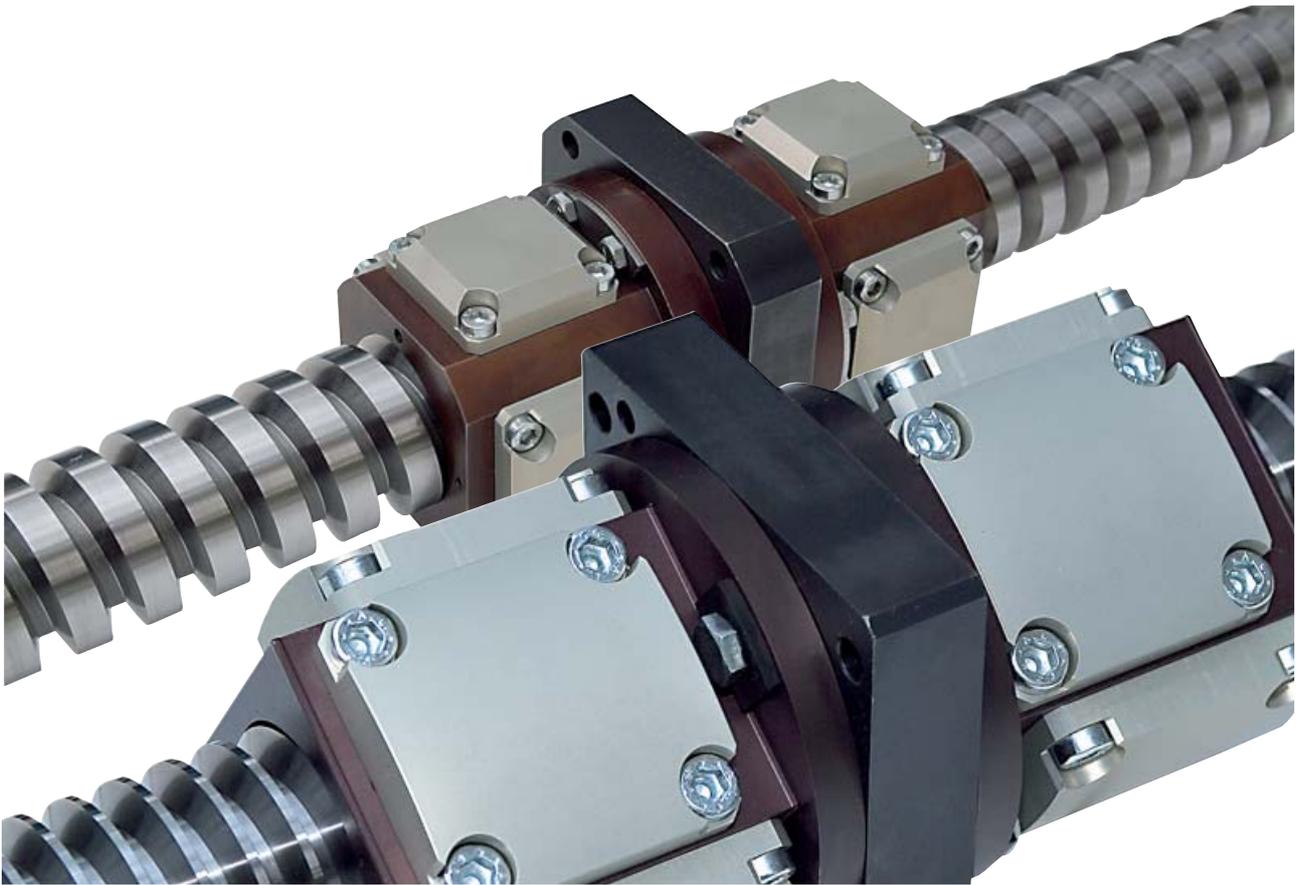
- Utilizzabili per viti „a sbalzo” (senza cuscinetto d'appoggio)
- Si applica in maniera eccezionale per viti lunghi
- Compensazione di freccia tramite sostentamento di coppie



**Figura 6:**  
Sostentamento idrostatico con 8 regolatori

**Tabella VII: Dimensioni sostentamento con 8 regolatori**

G	mm	125	125	135	135	135
D1	mm	30	40	30	40	50
D2	mm	62	62	72	72	72
D3	mm	90	90	100	100	100
A	mm	8	8	8	8	8
B	mm	54	54	54	54	54
C	mm	8	8	8	8	8
E	mm	70	70	70	70	70
F	mm	95	95	112	112	112
H	mm	153	153	163	163	163
W	cm <sup>2</sup>	31	34	45.2	45.2	33



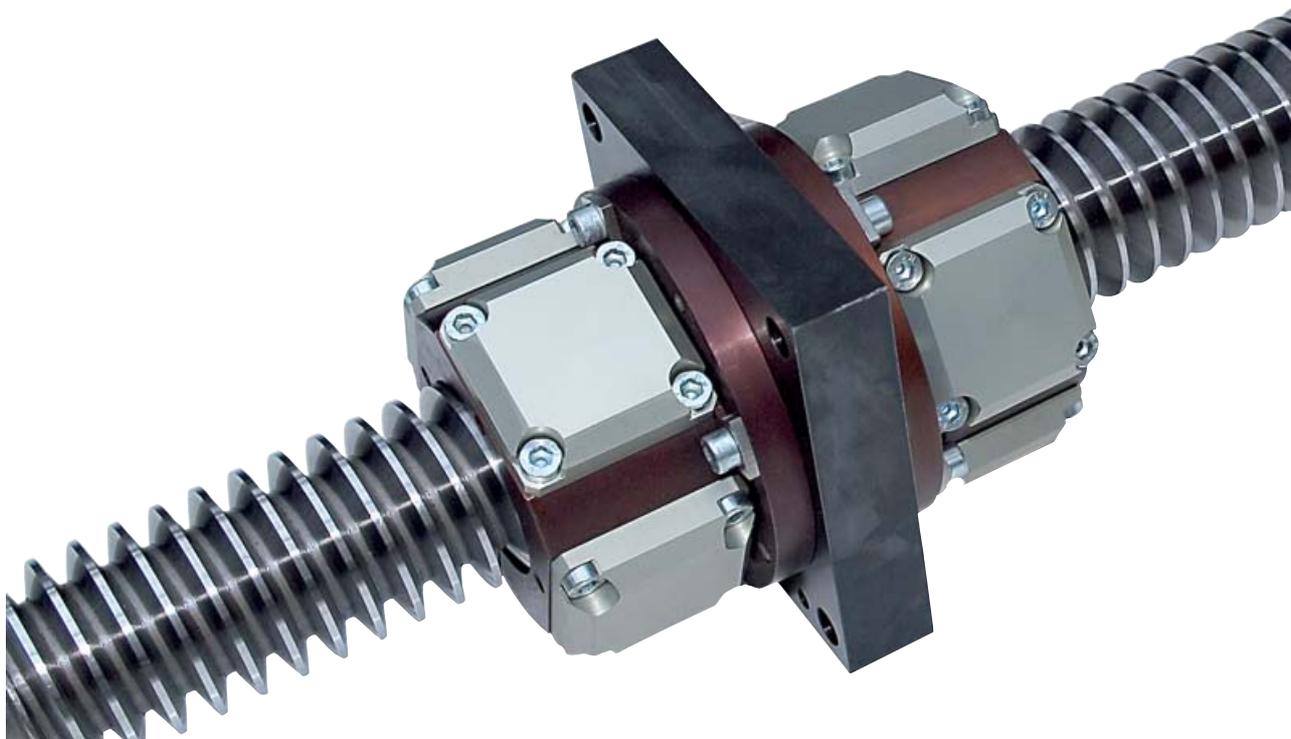
**HYPROSTATIK®**

I vantaggi di  
????????????????  
????????????????

Hydrostatik dalla Hyprostatik®

I vantaggi di un azionamento innovativo

## Viti idrostatici



### Vantaggi rispetto alla vite a ricircolo di sfere

- privo di usura, in assenza di contatto fisico
- nessuna perdita di precisione, anche con impiego prolungato sotto pieno carico a velocità massima
- assenza di attrito a basse velocità
- nessun salto di coppia d'attrito nel momento di inversione del moto
- trasmette piccolissimi movimenti di rotazione
- nessun effetto di stick-slip a basse velocità
- nessuna oscillazione della coppia d'attrito dal movimento delle sfere
- più elevata rigidità assiale rispetto alle viti a ricircolo di sfere
- smorzamento moltiplicato, miglioramento delle superficie lavorate e durata utensile
- nessuna oscillazione dovuto al movimento delle sfere
- idoneo anche per elevate velocità e accelerazioni
- alternativa economica rispetto al motore lineare, con riscaldamento inferiore, smorzamento eccellente e evitando i problemi degli trucioli sul magnete permanente

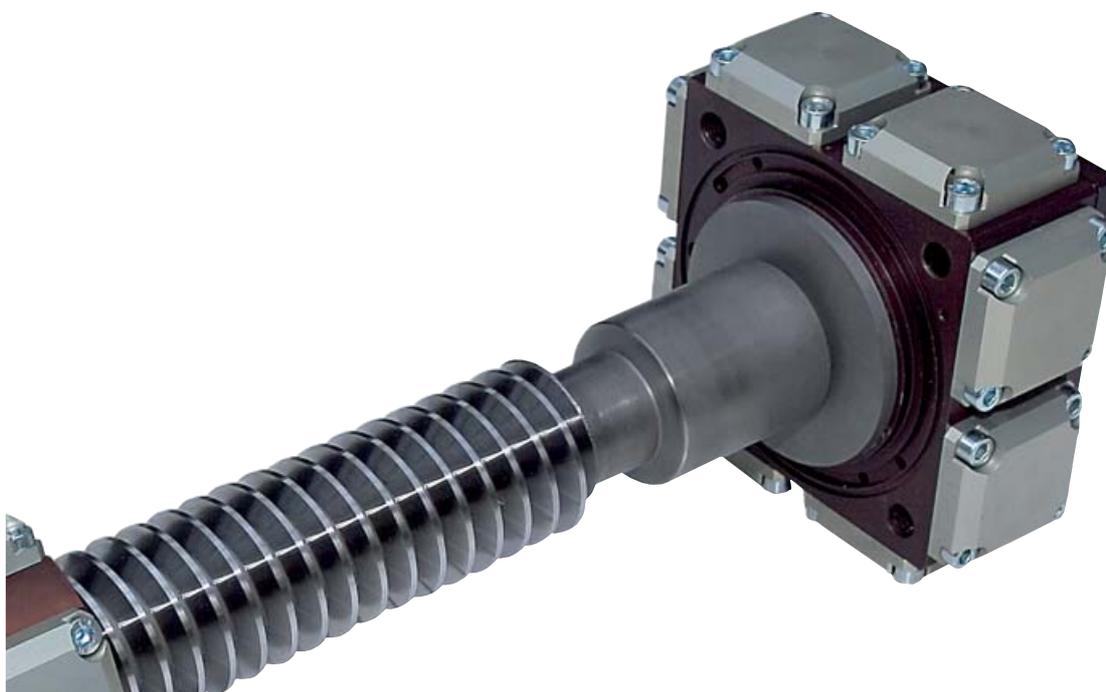
### Particolarità tecniche

- trasformazione ultraprecisa del movimento rotatorio in lineare, p.e. per avanzamenti a vite
- chiocciola con sostentamento idrostatico senza sfere
- regolazione integrale delle portate d'olio, richiede un solo allacciamento idraulico, nessuna regolazione elettronica
- le dimensioni d'ingombro sono simile a quelle delle viti a ricircolo di sfere
- le due estremità della vite possono essere eseguite secondo le esigenze del cliente

La chiocciola idrostatica può essere adattato a:

carichi assiali in entrambe le direzioni  
massima velocità di rotazione  
rigidità desiderata

## Sostentamento idrostatico per Viti



### Vantaggi rispetto ai cuscinetti con corpi volventi

- privo di usura, in assenza di contatto fisico
- nessuna perdita di precisione, anche con impiego prolungato sotto pieno carico a velocità massima
- assenza di attrito a basse velocità
- nessun salto di coppia d'attrito nel momento di inversione del moto
- trasmette piccolissimi movimenti di rotazione
- nessun effetto di stick-slip a basse velocità
- nessuna oscillazione della coppia d'attrito dal movimento delle sfere
- smorzamento moltiplicato, miglioramento delle superficie lavorate e durata utensile

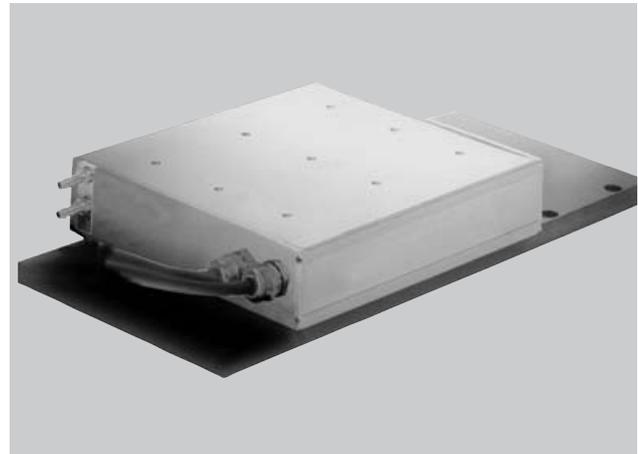
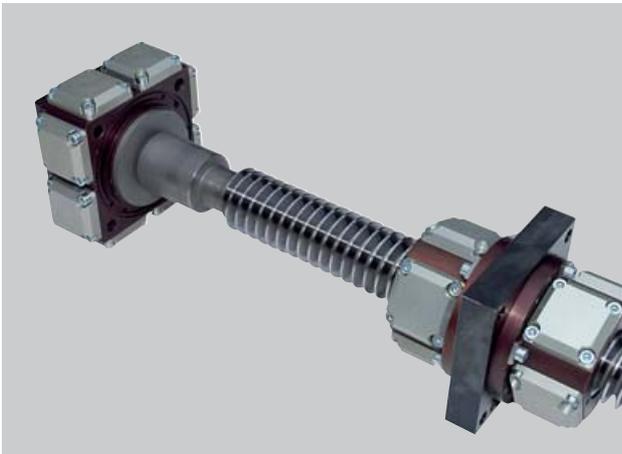
### Particolarità tecniche

- ricevimento di forze assiali e radiali così come delle coppie
- idoneo per sostentamento unilaterale della vite
- sostentamento ultrapreciso della vite
- sistemazione delle tasche idrostatiche in posizione „0” su un doppio cono.
- regolazione integrale delle portate d'olio, richiede un solo allacciamento idraulico, nessuna regolazione elettronica
- tutti gli allacciamenti sul piano della flangia
- tipi di guarnizione unilaterale a scelta con aria pressurizzata oppure a strisciamento

Il sostentamento idrostatico può essere adattato a:

carico assiale e radiale così la coppia  
massima velocità di rotazione  
rigidità desiderate  
viscosità e temperatura del olio

# La vite con chiocciola idrostatica nel confronto rispetto al motore lineare e alla vite a ricircolo di sfere



**Gli svantaggi, ormai conosciuti degli azionamenti assi tramite viti a ricircolo di sfere, hanno portato allo sviluppo sia dei motori lineari sincroni sia delle viti con chiocciola idrostatiche Fa. HYPROSTATIK Schönfeld GmbH con alta capacità di carico e prive di usura.**

**Qui di seguito è presentata la vite con chiocciola idrostatica nel confronto con il motore lineare e la vite a ricircolo di sfere.**

## 1. La chiocciola idrostatica

In maniera analoga alla vite a ricircolo di sfere, la chiocciola idrostatica trasforma il moto rotatorio di un motore asse in un movimento lineare. La chiocciola della vite idrostatica è sospesa su un velo d'olio ed è così completamente priva di usura. Tramite la regolazione della portata nei regolatori PM, lo spessore del velo d'olio è mantenuto costante indipendentemente dal carico e dalla velocità. La chiocciola idrostatica è inoltre priva di gioco, molto rigida e ha un bassissimo coefficiente d'attrito. Negli spostamenti a bassa velocità, per esempio nella fase di posizionamento fine, l'attrito è pressoché zero. La precisione di posizionamento, il minimo spostamento possibile così come la più bassa velocità di avanzamento dipendono ormai soltanto dal sistema di misura e dal relativo controllo. Alla presenza di

Dopo l'euforia iniziale durante la fase delle prime applicazioni dei motori lineari è arrivato il momento di analisi sobria e tante volte anche la delusione da parte dei primi utilizzatori e applicatori, nel frattempo tutte le chiocciola idrostatiche continuano a lavorare in centinaia di esemplari, spesso montate in macchine che girano 24 ore su 24 ormai da più di sette anni, garantendo sempre la stessa massima precisione e affidabilità. ■

carichi dinamici la chiocciola idrostatica ha l'effetto di un eccellente smorzatore di vibrazioni. Data l'assenza di contatto tra le parti la chiocciola idrostatica si muove in silenzio. Inoltre non ci sono vibrazioni analoghe alla vite a ricircolo di sfere. Il sistema „chiocciola idrostatica” è disponibile con vite o chiocciola rotante, le taglie partono da diametri 40 fino a 160 mm, previste per carichi assiali da 10 fino a 300kN, velocità lineari possibili fino a 120 m/min, in lunghezze fino a 4 metri con passi diversi e ovviamente con le code delle viti personalizzate a richiesta del cliente. Le chiocciola idrostatiche sono completate dalle boccole idrostatiche (assiale/radiale oppure solo radiale) e dalle guide idrostatiche. ■

## 2. Basi fisici

L'energia elettrica può essere convertita in modo molto efficace in energia meccanica con bassi carichi e velocità elevate. Classicamente si utilizzano per avanzamenti elettrici motori asse con elevate velocità di rotazione, abbinati a viti di trasmissione per la generazione di velocità

lente con alta spinta di avanzamento del relativo carrello. In questo modo si trasmette la forza elettromotrice con una leva notevole sul carrello. Avendo a disposizione degli organi di trasmissione di alta qualità si può anche spostare il carrello con spinte basse in maniera molto sensibile. ■

Nei casi di applicazione del motore lineare è abbandonato questo principio. Per generare le grandi forze dirette di spinta, bisogna a loro volta generare grandi e potenti campi magnetici. Per ottenere ciò ci vogliono forti correnti elettriche e/o bobine con alta induttanza. Perché ogni bobina in un qualsiasi circuito elettrico corrisponde ad una „massa elettrica“, bisogna prevedere una continua accelerazione alternata di questa grossa „massa elettrica“ nei casi di cambiamenti dei carichi dinamici, anche se il carrello deve

solo mantenere la sua posizione. Anche se si utilizzano tensioni molto elevate per la modifica del flusso magnetico, resta il fatto che la forza del motore non è una costante, ma risulta una funzione del tempo.

Questo problema sussiste nel sistema „vite di trasmissione/motore rotativo“ in maniera decisamente più ridotta, perché le correnti elettriche da gestire per alcuni decimali più piccoli rispetto a quelli del motore lineare. ■

### 3. La rigidità con carico statico e dinamico

La rigidità del motore lineare dipende esclusivamente dal circuito di regolazione di posizionamento del suo azionamento insieme alla indispensabile riga ottica. Senza questo circuito la rigidità del motore lineare è uguale a zero. Nei casi di carichi statici la rigidità del motore lineare diventa infinito. Questo vale però anche per la vite con chiocciola idrostatica controllata tramite riga ottica.

La rigidità „dinamica“ del motore lineare è a causa di perdite di tempo nella misurazione di spostamento, tempi di reazione del controllo e il tempo di variazione di campi magnetici piuttosto bassa. Secondo le indicazioni di un fabbricante di motori lineari la rigidità dinamica è compresa nell'intervallo tra 30 N/μm (con carrello di 100 kg) fino a 120 N/μm (con carrello di 600 kg) senza indicazione di

frequenze. Data la mancanza di smorzamento nella direzione di movimento è possibile che si possano generare oscillazioni di risonanza dovute a carichi oscillanti.

La rigidità di un'alimentazione asse con vite e chiocciola idrostatica, assumendo il più piccolo diametro nominale disponibile di 50 mm e una lunghezza della vite utile di 400 mm, è di ca 350 fino a 400 N/μm, nei casi di viti montate a sbalzo raggiunge valori ancora più elevati.

Insieme allo smorzamento elevato e grazie alla più grande massa dell'insieme, risultante soprattutto dalla massa rotativa della vite, il sistema vite e chiocciola idrostatica può realizzare corse di oscillazione piccolissime con errori di posizionamento dinamico molto ridotti rispetto al motore lineare. ■

### 4. La massima accelerazione

Sia la vite con chiocciola idrostatica sia il motore lineare hanno un limite massimo di accelerazione costruttivo. La massima accelerazione è limitata in entrambe i principi dalle masse in gioco e quindi dalla forze di avanzamento. La durata della vite con chiocciola idrostatica non dipende dalla accelerazione. Il motore asse deve oltre alla sua

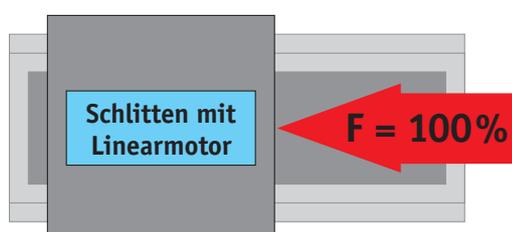
propria inerzia anche accelerare l'inerzia della vite. Nonostante ciò i motori asse dell'ultima generazione possono realizzare con carrelli pesante tra i 500 e 1000 kg, accelerazioni fino a 16-34 m/s<sup>2</sup>.

Nei casi di carrelli con corsa ridotta le accelerazioni possono essere ancora più elevati. ■

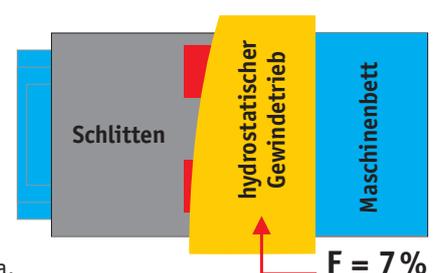
### 5. La forza di avanzamento

La forza massima continua di spinta del più grande motore lineare è di ca. 8 kN, questa però non risulta sufficiente per la maggior parte delle applicazioni nell'ambito delle macchine utensili. Le viti con chiocciola idrostatiche di taglia 50 possono trasmettere spinte fino a 20 kN, con la taglia 125 le spinte possono raggiungere i 300 kN!

Il sistema vite con chiocciola idrostatica è in quel senso tecnicamente superiore al motore lineare! Elevati carichi sia nei casi di movimentazione molto lenta così come nei movimenti estremamente veloci oppure oscillanti non limitano in nessun modo né la funzione né la durata della chiocciola idrostatica. ■



Effetto cuneo e confronto di forze tra il motore lineare e la vite con chiocciola idrostatica.



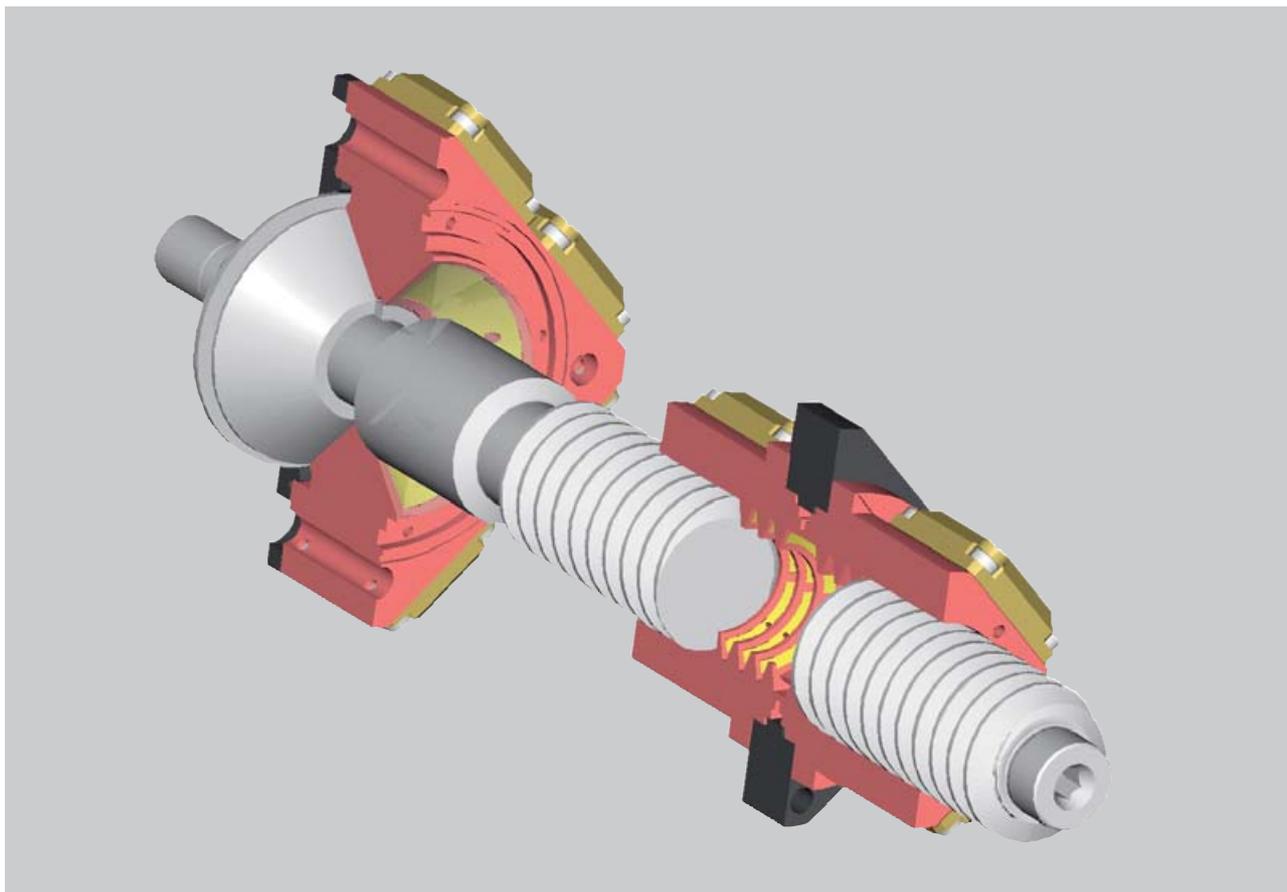
## 6. La velocità massima del carrello

La velocità massima del carrello raggiungibile con la vite idrostatico è

- ca. 40 m/min con passo vite di 10 mm
- ca. 80 m/min con passo vite di 20 mm
- ca. 120 m/min con passo vite 30 mm

Nei casi delle viti rotanti la massima velocità di rotazione è limitata dalla velocità critica di rotazione della vite. Questo limite non esiste nel caso della chiocciola rotante.

La massima velocità del carrello azionato da un motore lineare è indicato da 60 fino a 200 m/min ipotizzando il carico nominale. Essa viene limitata nella applicazioni pratiche dal sicuro controllo delle masse in movimento anche nei casi di improvvisa caduta di alimentazione elettrica, situazioni di collisione (crash) e possibili rischi di infortuni.



## 7. Utilità di elevate accelerazioni e velocità

Nella maggior parte delle macchine utensili le velocità elevate di spostamento dei carrelli così come le elevate accelerazioni non sono impiegate durante il processo di lavorazione, ma soltanto per la riduzione dei tempi passivi. La riduzione dei tempi passivi attraverso accelerazioni superiori ai  $10 \text{ m/s}^2$  hanno poco senso con i tempi di lavorazione medi. Accelerazioni ancora più elevate dovrebbero essere previste soltanto se esse sono necessariamente richieste dal processo di lavorazione stesso oppure nei casi di tempi di lavorazione estremamente corti.

E decisamente più sensato aumentare la velocità di spostamento del carrello da 20 fino a 40 m/min. Per giustificare un ulteriore aumento della velocità di

spostamento del carrello da 40 fino a 60 m/min la corsa di avanzamento in rapido dovrebbe essere normalmente di almeno 400 mm, invece una velocità massima di 80 m/min sembra utile solo in casi di percorsi in rapido maggiore di ca. 800 mm.

Con il sistema vite/chiocciola idrostatica si possono realizzare accelerazioni di  $20 \text{ m/s}^2$  e velocità massime di 120 m/min. Nella maggior parte delle macchine utensili è invece utile operare con velocità e accelerazioni leggermente inferiore per ottenere migliori risultati di lavorazione, durate più elevate, meno deformazioni dovute al riscaldamento della struttura meccanica, e inoltre si riducono i costi di manutenzione ordinaria e di consumo corrente elettrica.



## 8. Fabbisogno energetico, introduzione di calore, raffreddamento

La maggior parte delle macchine utensili richiede durante i tempi attivi, le quali predominano nella somma totale del tempo ciclo, una bassa velocità di spostamento del carrello di ca. 0,1-0,4 m/min, e allo stesso momento un'alta forza di spinta.

La potenza di raffreddamento del nostro motore lineare di riferimento è, considerando queste bassa velocità di spostamento e 6600 N di forza nominale, secondo le indicazioni del fabbricante di 5,4 kW. Il relativo gruppo frigorifero richiede inoltre una potenza di ca. 2,1 kW. Alla fine si sono consumati ca. 7,5 kW, per ottenere una spinta di avanzamento di 6600 N.

Un tipico sistema vite con chiocciola idrostatica per elevate velocità richiede una portata d'olio di ca. 2,0 l/min ipotizzando una pressione pompa di 50 bar. La somma di potenza dei motori necessari per la pompa pressione e quella del ricircolo di raffreddamento tramite scambiatore aria-olio, è di ca. 0,45 kW, il motore asse richiede per una velocità di 400 mm/min di avanzamento e 10000 N di spinta (supponendo un rendimento del 50%) una potenza di 0,14 kW. Quindi in questa applicazione risulta un fabbisogno di potenza di ca. 0,6 kW. Nonostante la forza di spinta decisamente più grande le perdite di potenza rispetto al motore lineare sopra descritto sono soltanto 1/12 o meglio ridotte di 6,9 kW!

Supponendo un utilizzo medio per un asse, solo sulla base del costo di corrente elettrica di 0,08 Euro/kWh e 2000 ore/anno costi aggiuntivi sarebbero 750 Euro/anno.

Ipotizzando un ambiente con tre turni lavorativi 2250 Euro/anno. Tenendo conto della capitalizzazione di questi costi con un tasso complessivo di 12%, essi sono comparabili con investimenti uguali a 6.250 Euro, rispettivamente 18.750 Euro per asse.

Anche per poche macchine dotate di motori lineari, bisogna tener conto dei probabili costi aggiuntivi per eventuali trasformatori separati.

Il motore lineare deve essere applicato sotto il carrello. L'enorme potenza di riscaldamento del motore lineare deve essere isolata tramite appositi circuiti con acqua dal carrello soprastante, altrimenti il trasferimento di calore causa imprecisioni non accettabili.

Il motore asse del sistema vite con chiocciola idrostatica è normalmente posto in modo che il trasferimento di calore sull'asse stesso risulti trascurabile. Quindi per il raffreddamento del motore è sufficiente una ventilazione forzata, soltanto in casi particolari si richiede con circuito di raffreddamento ad acqua. La quantità di energia trasferita all'olio attraverso la pompa e attrito della chiocciola idrostatica è, anche nel caso di veloci spostamenti del carrello, tipicamente di ca. 60 fino a 120 Watt e viene nella maggior parte asportato dall'olio stesso. L'olio ha inoltre la funzione di mantenere costante la temperatura della vite, e di continua pulitura. Soltanto nelle applicazioni con elevate velocità di spostamento oppure dove ci sono particolari richieste di stabilità termica della macchina si richiede uno scambiatore aria-olio. ■

## 9. Confronto con la vite a ricircolo di sfere

Utilizzando azionamenti con vite a ricircolo di sfere, a causa del moto delle sfere con cambio direzionale, non si possono realizzare alte accelerazioni e nemmeno giri elevati nonché movimenti oscillanti con durate vita accettabili. La vite a ricircolo di sfere è caratterizzata da uno smorzamento molto ridotto ed è soggetta ad usura, questo causa differenze di attrito, rigidità e salti di coppie nel momento di inversione del moto. Nei casi di collisione possono rimanere impronte sulle piste delle sfere, le quali richiedono la sostituzione della vite. Dovuto al precarico della chiocciola si manifesta un notevole salto di coppia torcente ad ogni cambiamento di moto. La coppia d'attrito della chiocciola a ricircolo a sfere varia a causa dell'ingresso e dell'uscita delle singole sfere. A causa di questo salto della coppia torcente e della sua continua variazione la realizzazione di spostamenti precisi con percorsi molto piccoli, e movimenti con velocità molto basse sono possibili in modo limitato.

### Tutti questi svantaggi non esistono nel sistema vite con chiocciola idrostatica!

L'idrostatica non conosce limiti di accelerazione e la chiocciola idrostatica può essere ottimizzata per ogni applicazione attraverso la scelta della viscosità dell'olio, la pressione e la portata. Vite e chiocciola idrostatica sono prive di usura, movimenti lenti anche in presenza di carichi elevati così come movimenti oscillanti non sono problematici neanche ad alte frequenze e elevata velocità. Lo smorzamento di vibrazioni longitudinali nella chiocciola idrostatica è eccellente. Per quanto riguarda casi di collisione, la chiocciola è meno delicata, anche se in casi estremi la chiocciola/vite idrostatica possono soffrire dei danni.

Come testimoniano rilevamenti dell'istituto di „Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik“ (wbk) dell'Università di Karlsruhe, la rigidità del sistema vite con chiocciola idrostatica è decisamente più grande rispetto a quella di una paragonabile vite a ricircolo di sfere ed inoltre essa non è oggetto di usura. Nonostante ciò le perdite d'attrito della chiocciola idrostatica sono molto piccole e soprattutto proporzionali alla velocità di rotazione, grazie a questo nel cambio di direzione del moto non ci sono salti

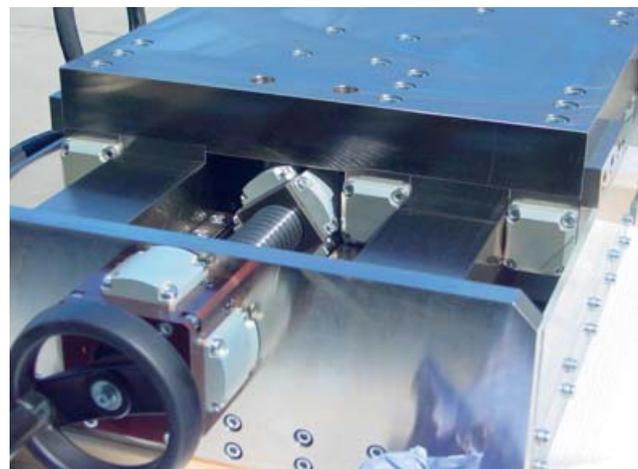
della coppia torcente. Se la vite idrostatica è sorretta su boccole idrostatiche e se il carrello è dotato di guide idrostatiche, il motore asse non deve vincere nessun attrito nel cambio direzione del moto neppure negli spostamenti con velocità bassissime. Il sistema vite con chiocciola idrostatica permette inoltre di realizzare spostamenti del carrello di frazioni di micron con estrema lentezza indipendentemente dal carico. ■

## 10. Assi verticali, caduta di tensione

La frenatura del motore lineare nel caso improvvisa caduta di tensione resta problematica anche utilizzando un carrello frenato. Invece con freno integrato nel motore asse si possono applicare tramite la vite forze frenanti molto più elevate. La vite con chiocciola idrostatica e passo normale (con taglia 50 e passo 10 mm) è inoltre irreversibile – con

alimentazione d'olio interrotta! – in confronto alla vite con chiocciola a ricircolo di sfere.

In presenza di assi verticali senza compensazione di peso, solo per tenere l'asse in posizione, il motore lineare richiede una quantità d'energia maggiore rispetto al sistema con vite e chiocciola (vedi punto 8). ■



## 11. Guide

Le guide del motore lineare sono caricate dalle elevate forze magnetiche, le quali agiscono anche a macchina spenta. Questo carico varia ed è multiplo della forza massima del motore, nel caso del nostro motore di riferimento ammonta a 40 kN. In combinazione con alte velocità e accelerazioni si ridurrebbe la durata di vita delle guide a rulli, perciò si usano tante volte guide idrostatiche per motori lineari.

Come la chiocciola idrostatica anche le guide idrostatiche lavorano in assenza di usura, e hanno una forza d'attrito che è circa un ventesimo fino ad un millesimo rispetto alle guide

a rulli, inoltre questa forza è proporzionale alla velocità di spostamento e indipendente dal carico. Anche qui nel caso di inversione del moto non esiste nessun salto di forze passive dovute alla guida. Quindi è possibile, con azionamenti e controlli di una certa qualità, utilizzando carrelli a croce „completamente idrostatici“ ottenere movimenti circolari in interpolazione assi con errori di profilo di ca. 0,1 µm, e questo permette un nuovo concetto macchine, p.e.: alesatrici, rettificatrici di profili descritti con coordinate. ■

## 12. Caratteristiche tecniche di motori lineari e viti con chiocciolate idrostatiche

Truciolini magnetici sono attirati dai forti campi magnetici degli elementi del motore lineare e possono poi causare problemi. Per questo motivo il motore lineare richiede delle protezioni particolari. Il montaggio, la manutenzione e la sostituzione del motore lineare, integrato nella macchina, è molto più difficoltoso che nel caso di un solito motore asse, il quale può essere sostituito senza dover smontare il carrello stesso. A causa dei forti campi magnetici bisogna inoltre prevedere misure di protezione aggiuntive per alcuni gruppi di persone (con pacemaker, protesi in metallo, donne incinte) e per alcuni oggetti (dischetti, orologi, carte di credito). Il costruttore della macchina utensile rimane legato al costruttore del motore lineare, e da questo risulta un legame ad un solo fabbricante di Controllo Numerico. Le forze magnetiche permanenti creano, anche durante la fase di montaggio macchina dei problemi: i fornitori dei motori lineari consigliano di tenere durante la fase di montaggio dei cunei non magnetici pronti, con le quali si potrebbe in casi accidentali dividere le parti del motore!

L'olio della chiocciola idrostatica deve ritornare nella centralina. O si prevede un raschiatore sulla chiocciola idrostatica con la tubazione fino alla centralina, oppure esso ritorna insieme all'olio delle guide nel serbatoio. Per la guida idrostatica, la vite con chiocciola idrostatica, così come per i cuscinetti della vite si può prevedere lo stesso olio con la stessa pressione fornite da un'unica centralina. Inoltre quest'olio può anche essere utilizzato in un circuito idraulico oppure di lubrificazione.

Per applicare un motore lineare bisogna ri-progettare la corrispondente macchina. Le viti con chiocciolate idrostatiche possono sostituire le viti a ricircolo di sfere con poche modifiche progettuali. Tenendo conto nei progetti nuovi delle dimensioni leggermente maggiori della chiocciola idrostatica rispetto a quella a ricircolo di sfere, il cliente potrà scegliere tra i due tipi di viti con chiocciolate a sfere oppure idrostatiche.

## 13. Confronto economico

Un concreto confronto al livello di prezzo dipende molto da alcuni dettagli. Rispetto alla vite a ricircolo di sfere la vite idrostatica costa di più come componente però per quanto riguarda la centralina e le protezioni non ci sono costi aggiuntivi.

Nella maggior parte dei casi la soluzione con la vite e chiocciola idrostatica e motore asse è più economica di quella con il motore lineare, la quale crea costi soprattutto per le parti del motore, piastre di raffreddamento, periferia, riga ottica, controllo, gruppo frigo di dimensioni notevoli e costi per la ricostruzione della macchina. Le viti con

chiocciolate idrostatiche abbassano i costi per gli utenti finali delle macchine, perché essi, anche ipotizzando il funzionamento su tre turni, sono anche dopo più di 5 anni praticamente nuovi, mentre una vite a ricircolo di sfere sarebbe già stata sostituita almeno una volta se non di più.

Con corse lunghe il motore lineare aumenta anche di prezzo dovuto all'impiego dei magneti permanenti.

Quindi si può riassumere che:

L'avanzamento asse con vite e chiocciola idrostatica e motore asse è più economico dell'utilizzo di un motore lineare!

## 14. Applicazioni

7 anni dopo le consegne delle prime viti con chiocciolate idrostatiche, centinaia di loro sono oggi applicate in serie dalle più importanti case costruttrici europee di rettificatrici per alberi a camme e gomito, universali, ultraprecisi e per dentatura. Lavorazioni non tonde con oscillazioni dell'asse superiore a 60 Hz e 3000 giri/minuto del pezzo sono state già realizzate. Nelle brocciatrici lavorano le prime viti con

chiocciola idrostatica con spinte assiali di 300 kN e 3,5 m di lunghezza creando dentature interne per cambi automatici. Nel „Machine Tool Research Center“ in Florida c'è una fresatrice con guide e chiocciolate idrostatiche, e l'istituto „Fraunhofer IPT“ ad Aquisgrana (Germania) utilizza viti con chiocciolate idrostatiche così come guide idrostatiche in una macchina utensile di ultraprecisione.

## 15. Riassunto

Le viti con chiocciola a ricircolo di sfere sono limitate in termini di precisione di posizionamento, rigidità, accelerazione, velocità capacità di carico e durata.

Nella vasta gamma di applicazioni con velocità di lavoro e di rapido fino a 80 m/min, la vite con chiocciola idrostatica è dal punto di vista tecnica ed economico da preferire rispetto al motore lineare.

In alternativa alla vite a ricircolo di sfere e al motore lineare, la vite con chiocciola idrostatica, raggiunge velocità fino a 120 m/min, accelerazioni analoghe al motore lineare, e nello stesso momento consuma solo ca. 1/10 dell'energia nei tipici casi di macchine utensili.

A parità di accelerazione, la vite con chiocciola idrostatica offre una maggiore forza di spinta rispetto al motore lineare. La vite con chiocciola idrostatica possiede uno smorzamento eccellente, l'applicazione di una riga ottica non è strettamente necessario.

La rigidità dinamica del motore lineare è molto bassa (da 30 a 120 N/μm). La rigidità della vite con chiocciola idrostatica rispetto al suo appoggio (idrostatico) è ancora più alta della rigidità statica di ca. 1200 - 2000 N/μm. Dotate di guide idrostatiche entrambe i sistemi possono raggiungere elevate precisioni di posizionamento, il motore lineare ha problemi di tenere fermo questa posizione in casi di variazioni esterne del carico o con carichi dinamici. Le portate d'olio d'esercizio della chiocciola idrostatica di ca. 1-2 l/min possono essere facilmente ricondotte verso la centralina.

Con guide idrostatiche entrambe i sistemi possono raggiungere posizionamenti molto precisi, il motore lineare però ha problemi di mantenere fermo l'asse quando le forze di lavorazione non sono costanti (carichi dinamici). Le enormi perdite dei motori lineari creano temperature molto elevate sotto il carrello e devono perciò essere raffreddate con appositi costosi gruppi frigoriferi. Trucioli d'acciaio e ghisa vengono attratti dai magneti permanenti e sono in grado di danneggiare le parti primarie e secondarie.

I trucioli che si trovano sulla vite, temprata e non magnetica sono semplicemente spinti via dalla chiocciola. La chiocciola idrostatica pulisce la vite e mantiene inoltre costante la sua temperatura in maniera continua.

Le elevate forze del motore lineare causano un'usura precoce delle guide con corpi volventi, questo si può rimediare applicando guide idrostatiche. Durante il montaggio ci sono pericoli notevoli legati alle caratteristiche magnetiche del motore lineare.

Un motore asse accoppiato al terminale di una vite è molto più facile da sostituire rispetto alla sostituzione di un motore lineare guasto. Inoltre alle viti si possono collegare motori e controlli numerici di fornitori diversi senza pesanti modifiche costruttive strutturali della macchina stessa.

A prescindere da alcune macchine HSC (High Speed Cutting), quale richiedono durante l'asportazione di materiale elevate velocità da 20 a 40 m/min – ed accelerazioni, anche valore di accelerazioni estreme – vale a dire maggiori di 10 m/s<sup>2</sup> - soltanto un minimo risparmio di tempo. Questo guadagno di tempo non giustifica nella maggior parte dei casi il dispendio costruttivo soprattutto per realizzare le accelerazioni più elevate.

L'euforia, con la quale sono lodati i motori lineari, non sembra fondata, considerando i fatti descritti sopra. ■

**Noi insistiamo quindi nel consigliare, almeno come alternativa al motore lineare, l'applicazione di una vite con chiocciola idrostatica, idealmente completa di reggispinta idrostatica!**

**Parliamo di miglioramenti e innovazioni tecniche  
tramite applicazioni della Hyprostatik®.**



La squadra della Hyprostatik® Schönfeld GmbH



**HYPROSTATIK®** Schönfeld GmbH  
Felix-Hollenberg-Str. 3 · D-73035 Göppingen  
Telefon +49 (0)7161/965959-0 · Fax -20  
Email: [info@hyprostatik.de](mailto:info@hyprostatik.de)

[www.hyprostatik.de](http://www.hyprostatik.de)