

### Esecuzioni

I cuscinetti obliqui ad una corona di sfere possono sopportare carichi assiali che agiscono in un solo senso. Questi cuscinetti vengono montati generalmente in opposizione ad un secondo cuscinetto.

La gamma standard di cuscinetti obliqui a sfere comprende i cuscinetti delle serie 72 B e 73 B. Sono disponibili due versioni per applicazioni differenti

- cuscinetti in versione base (non idonei per montaggio universale) – possono essere utilizzati solo per disposizioni con cuscinetti singoli
- cuscinetti per montaggio universale.

L'angolo di contatto dei cuscinetti è di  $40^\circ$  (→ **fig. 1**) e pertanto possono sopportare carichi assiali molto elevati. Questi cuscinetti sono monoblocco e gli anelli presentano uno spallamento superiore ed uno inferiore. Quello inferiore permette l'incorporamento di un gran numero di sfere, garantendo quindi una capacità di carico relativamente elevata del cuscinetto.

#### Cuscinetti di esecuzione base

I cuscinetti obliqui ad una corona di sfere di esecuzione base sono stati concepiti per applicazioni in cui si monta un solo cuscinetto per ogni posizione. Sono realizzati nella classe di precisione Normale in termini di larghezza e stand-out degli anelli, pertanto non sono idonei per essere montati direttamente adiacenti gli uni agli altri.

#### Cuscinetti per montaggio universale

I cuscinetti per montaggio universale sono realizzati in modo che, montandoli uno accanto all'altro in qualsiasi disposizione, si ottenga un determinato gioco interno o precarico e/o una distribuzione uniforme del carico senza dover ricorrere a spessori calibrati o dispositivi simili. L'appellativo dei cuscinetti per montaggio universale è dotato di un suffisso che indica il gioco

interno (CA, CB, CC) o il precarico (GA, GB, GC) di una coppia prima del montaggio.

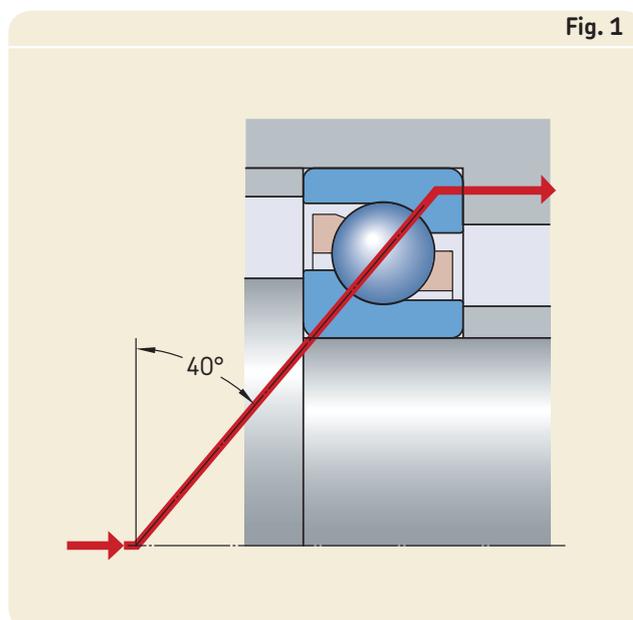
In sede di ordinazione, è necessario indicare il numero di cuscinetti singoli richiesti e non il numero di gruppi.

Il montaggio in coppia (→ **fig. 2**) si adotta quando la capacità di carico di un singolo cuscinetto non è sufficiente (disposizione in tandem) oppure quando i carichi combinati o assiali agiscono in entrambi i sensi (disposizioni a "O" e a "X").

Nelle disposizioni in tandem (**a**) le linee del carico sono parallele e i carichi radiale e assiale si distribuiscono equamente fra i cuscinetti. Tuttavia, il gruppo di cuscinetti può sostenere carichi assiali in un unico senso. Se i carichi assiali agiscono nei sensi opposti oppure sono presenti carichi combinati, è necessario prevedere un terzo cuscinetto montato in opposizione rispetto alla coppia in tandem.

Le linee di carico nei cuscinetti disposti a "O" (**b**) divergono verso l'asse del cuscinetto ed è pertanto possibile sopportare carichi assiali in entrambi i sensi, ma con un solo cuscinetto. I cuscinetti disposti a "O" forniscono una sistemazione relativamente rigida, in grado di sopportare anche i momenti ribaltanti.

Le linee di carico nei cuscinetti disposti a "X" (**c**) convergono verso l'asse del cuscinetto ed è pertanto possibile sopportare carichi assiali in entrambi i sensi, ma con un solo cuscinetto. Questa sistemazione non è rigida quanto quella a "O" ed è meno indicata per sopportare eventuali momenti ribaltanti.



I cuscinetti idonei per il montaggio universale si sono rivelati vantaggiosi anche per le disposizioni con cuscinetti singoli. La maggior parte dei cuscinetti appartengono alla serie Explorer e pertanto presentano maggiore precisione, capacità di carico e di capacità esercizio in presenza di velocità.

## Cuscinetti Explorer

I cuscinetti obliqui a sfere ad alte prestazioni Explorer sono contrassegnati da un asterisco nella tabella dei prodotti. I cuscinetti Explorer mantengono gli appellativi dei cuscinetti standard precedenti, ad es. 7208 BECBP. Tuttavia, ogni cuscinetto e la relativa confezione sono contrassegnati dal marchio "EXPLORER".

## Cuscinetti – dati generali

### Dimensioni

Le dimensioni d'ingombro dei cuscinetti obliqui a una corona di sfere sono conformi alla norma ISO 15:1998.

### Tolleranze

I cuscinetti obliqui a una corona di sfere con design di base per il montaggio singolo sono realizzati nella classe di precisione Normale. I cuscinetti standard per montaggio universale sono prodotti con tolleranze più ristrette.

I cuscinetti obliqui a sfere Explorer sono prodotti esclusivamente per il montaggio universale con precisione dimensionale P6 e precisione di rotazione P5.

I valori per delle classi di tolleranza corrispondono alla norma ISO 492:2002 e sono riportati nelle **tabelle da 3 a 5**, da **pagina 125**.

### Gioco interno e precarico

Nei cuscinetti obliqui a una corona di sfere, il gioco interno si ottiene solo a montaggio avvenuto e dipende dalla regolazione rispetto al secondo cuscinetto, che determina il posizionamento assiale in senso opposto.

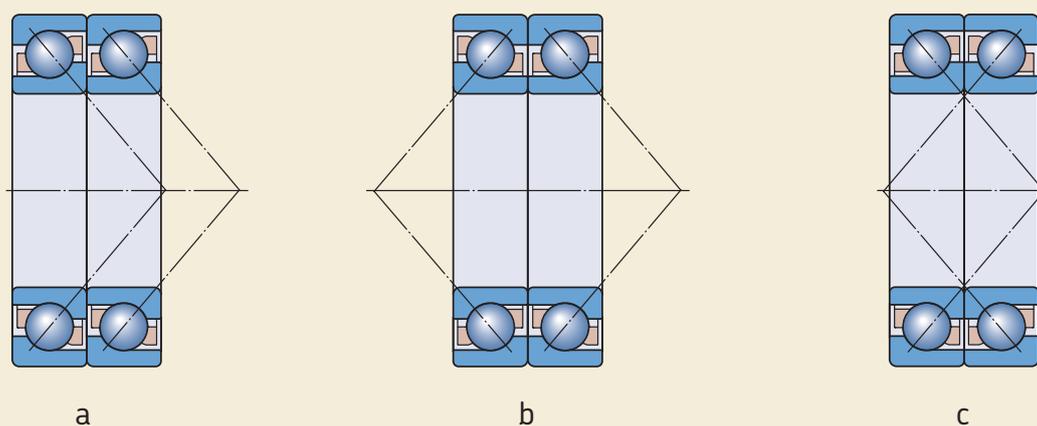
Ogni cuscinetto per montaggio universale è prodotto in tre diverse classi di gioco e precarico. Le classi di gioco dei gruppi di cuscinetti sono

- CA gioco assiale minore rispetto a quello Normale
- CB gioco assiale Normale (standard)
- CC gioco assiale maggiore rispetto a quello Normale.

I cuscinetti con classe di gioco CB sono standard. La disponibilità di cuscinetti con altre classi di gioco si ricava dalla **matrice 1**, a **pagina 419**.

I cuscinetti per montaggio universale con gioco, possono essere combinati in gruppi di più cuscinetti.

Fig. 2



## Cuscinetti obliqui ad una corona di sfere

Le classi di precarico dei gruppi di cuscinetti sono

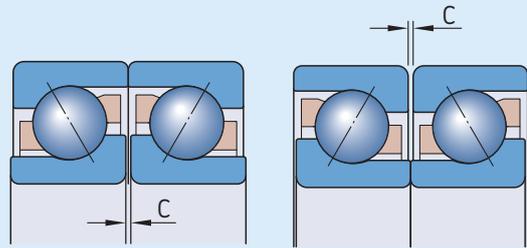
- GA precarico leggero (standard)
- GB precarico medio
- GC precarico elevato.

I cuscinetti standard appartengono alla classe di precarico GA (**matrice 1, pagina 419**). Al contrario dei cuscinetti per il montaggio universale con gioco, i cuscinetti con precarico possono essere combinati solo a coppie, poiché in caso contrario il precarico aumenterebbe.

I valori delle classi di tolleranza sono riportati nella **tabella 1** e quelli delle classi di precarico nella **tabella 2**. Questi valori sono relativi a gruppi di cuscinetti prima del montaggio, disposti ad "O" o ad "X", con carico di misura zero.

Tabella 1

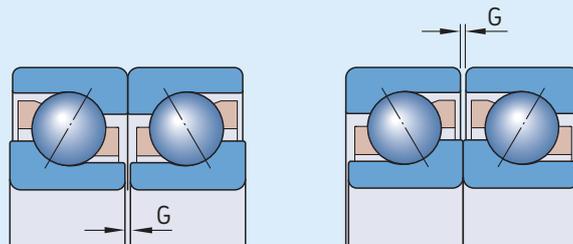
Gioco interno assiale dei cuscinetti obliqui a una corona di sfere per montaggio universale, disposti ad "O" o ad "X"



Diametro foro		Gioco interno assiale					
d	oltre	Classe CA		CB		CC	
oltre	fino a	min	max	min	max	min	max
mm		μm					
10	18	5	13	15	23	24	32
18	30	7	15	18	26	32	40
30	50	9	17	22	30	40	48
50	80	11	23	26	38	48	60
80	120	14	26	32	44	55	67
120	180	17	29	35	47	62	74
180	250	21	37	45	61	74	90

Tabella 2

Precarico dei cuscinetti obliqui a una corona di sfere per montaggio universale disposti ad "O" o ad "X"



Diametro foro	d	oltre	fino a	Precarico Classe GA			GB		GC			
				min	max	max	min	max	min	max	min	max
mm				μm			μm		μm		N	
10	18	+4	-4	80	-2	-10	30	330	-8	-16	230	660
18	30	+4	-4	120	-2	-10	40	480	-8	-16	340	970
30	50	+4	-4	160	-2	-10	60	630	-8	-16	450	1280
50	80	+6	-6	380	-3	-15	140	1500	-12	-24	1080	3050
80	120	+6	-6	410	-3	-15	150	1600	-12	-24	1150	3250
120	180	+6	-6	540	-3	-15	200	2150	-12	-24	1500	4300
180	250	+8	-8	940	-4	-20	330	3700	-16	-32	2650	7500

## Disallineamento

I cuscinetti obliqui a una corona di sfere hanno una capacità limitata di tollerare il disallineamento. Il disallineamento consentito dell'albero rispetto all'alloggiamento, che non produca elevate forze supplementari inammissibili, dipende dal gioco interno al cuscinetto durante l'esercizio, dalle dimensioni e dalla configurazione interna del cuscinetto, nonché dalle forze e dai momenti che agiscono su di esso. A causa della relazione complessa fra questi fattori, non è possibile indicare valori specifici applicabili universalmente.

Per i cuscinetti montati in gruppi, in particolare quelli con un gioco assiale interno ridotto e disposti a "0", il disallineamento può essere sopportato soltanto aumentando i carichi sulle sfere, che tuttavia provoca sollecitazioni sulla gabbia ed implica quindi una riduzione della durata del cuscinetto. Il disallineamento degli anelli del cuscinetto comporta inoltre una riduzione della silenziosità in esercizio.

## Influenza della temperatura di funzionamento sul materiale dei cuscinetti

I cuscinetti obliqui a sfere sono sottoposti a uno speciale trattamento termico. Se dotati di gabbia in acciaio, in ottone o in PEEK, possono operare a temperature fino a +150 °C.

## Gabbie

A seconda della serie e delle dimensioni, i cuscinetti obliqui a una corona di sfere sono dotati di serie di una delle seguenti gabbie (→ fig. 3)

- gabbia stampata ad iniezione, del tipo a feritoie, in poliammide 6,6 rinforzata con fibre di vetro, centrata sulle sfere, suffisso nell'appellativo P (a)
- gabbia stampata ad iniezione, del tipo a feritoie, in polieter-eter-chetone (PEEK) rinforzata con fibra di vetro, centrata sulle sfere, suffisso nell'appellativo PH
- gabbia stampata in ottone a feritoie, centrata sulle sfere, suffisso nell'appellativo Y (b)
- gabbia massiccia in ottone a feritoie, centrata sulle sfere, suffisso nell'appellativo M (c).

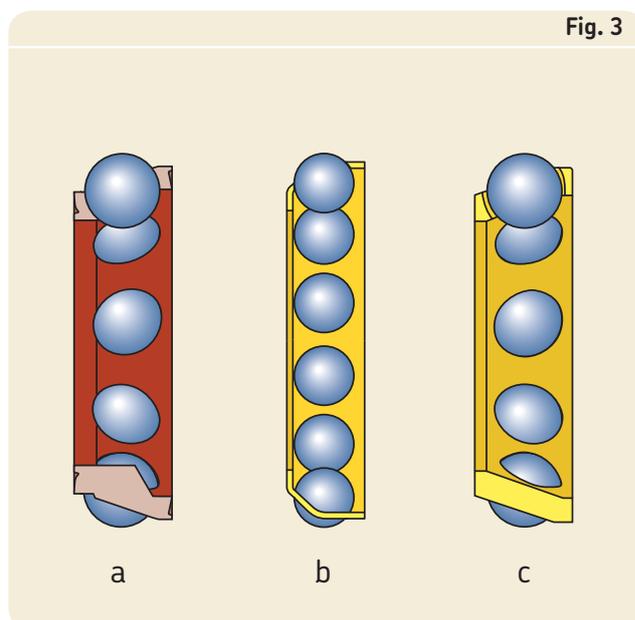
## Nota

i cuscinetti con gabbie in poliammide 6,6 possono operare a temperature fino a +120 °C. I lubrificanti generalmente utilizzati per i cuscinetti volventi non compromettono le proprietà della gabbia, ad eccezione di pochi oli sintetici e grassi a base di oli sintetici e lubrificanti che contengono una percentuale elevata di additivi EP, se utilizzati a temperature elevate.

Per maggiori informazioni sulla resistenza alle temperature e sull'idoneità delle gabbie, si faccia riferimento alla sezione "Materiali delle gabbie", da **pagina 140**.

## Velocità per coppie di cuscinetti

Per i cuscinetti montati in coppia, le velocità di base riportate nella tabella dei prodotti per i cuscinetti singoli devono essere ridotte di circa il 20 %.



## Cuscinetti obliqui ad una corona di sfere

### Capacità di carico delle coppie di cuscinetti

I valori della capacità di carico e del carico limite di fatica riportati nella tabella dei prodotti si riferiscono ai cuscinetti singoli. Per le coppie di cuscinetti montati l'uno accanto all'altro valgono i valori seguenti

- capacità di carico dinamico per i cuscinetti standard in tutte le disposizioni e per i cuscinetti Explorer disposti a "O" o "X"

$$C = 1,62 \times C_{\text{cuscinetto singolo}}$$

- capacità di carico dinamico per i cuscinetti Explorer disposti in tandem

$$C = 2 \times C_{\text{cuscinetto singolo}}$$

- capacità di carico statico

$$C_0 = 2 \times C_0_{\text{cuscinetto singolo}}$$

- carico limite di fatica

$$P_u = 2 \times P_u_{\text{cuscinetto singolo}}$$

### Carico minimo

Per garantire un funzionamento soddisfacente, i cuscinetti obliqui a sfere, come tutti i cuscinetti a sfere e a rulli, devono sempre essere sottoposti a un determinato carico minimo, in particolare se operano a velocità elevate o sono soggetti a forti accelerazioni oppure a rapidi cambi di direzione del carico. In tali condizioni, le forze di inerzia di sfere e gabbia, nonché l'attrito del lubrificante hanno un'influenza negativa sul funzionamento e possono provocare dannosi slittamenti fra sfere e piste.

Il carico minimo necessario da applicare ai cuscinetti singoli e in coppia disposti in tandem può essere valutato utilizzando la formula

$$F_{am} = k_a \frac{C_0}{1\,000} \left( \frac{n d_m}{100\,000} \right)^2$$

mentre per le coppie di cuscinetti ad "O" o ad "X" con la formula

$$F_{rm} = k_r \left( \frac{v n}{1\,000} \right)^{2/3} \left( \frac{d_m}{100} \right)^2$$

Tabella 3

#### Fattori minimi di carico

Serie cuscinetto	Fattori minimi di carico	
	$k_a$	$k_r$
72 BE	1,4	0,095
72 B	1,2	0,08
73 BE	1,6	0,1
73 B	1,4	0,09

in cui

$F_{am}$  = carico assiale minimo, kN

$F_{rm}$  = carico radiale minimo, kN

$C_0$  = capacità di carico statico del cuscinetto singolo o di una coppia di cuscinetti (→ tabella dei prodotti), kN

$k_a$  = fattore di carico minimo assiale secondo la **tabella 3**

$k_r$  = fattore di carico minimo radiale secondo la **tabella 3**

$v$  = viscosità dell'olio alla temperatura di esercizio, mm<sup>2</sup>/s

$n$  = velocità di rotazione, giri/min.

$d_m$  = diametro medio del cuscinetto = 0,5 (d + D), mm

In caso di avviamento della macchina a basse temperature o elevata viscosità del lubrificante, possono essere necessari carichi minimi maggiori. Generalmente, il peso dei componenti che gravano sul cuscinetto e le forze esterne superano il carico minimo richiesto. In caso contrario, il cuscinetto obliquo a sfere deve essere sottoposto a un carico supplementare. I cuscinetti singoli e in coppia disposti in tandem possono essere precaricati assialmente registrando la posizione reciproca degli anelli interno ed esterno o utilizzando delle molle.

## Carico dinamico equivalente sul cuscinetto

Per i cuscinetti singoli e i cuscinetti in tandem

$$P = F_r \quad \text{quando } F_a/F_r \leq 1,14$$
$$P = 0,35 F_r + 0,57 F_a \quad \text{quando } F_a/F_r > 1,14$$

Per determinare la forza assiale  $F_a$  si faccia riferimento alla sezione "Determinazione delle forze assiali per cuscinetti montati singolarmente o in tandem".

Per i cuscinetti montati in coppia e disposti ad "O" oppure ad "X"

$$P = F_r + 0,55 F_a \quad \text{quando } F_a/F_r \leq 1,14$$
$$P = 0,57 F_r + 0,93 F_a \quad \text{quando } F_a/F_r > 1,14$$

$F_r$  e  $F_a$  sono le forze che agiscono sulla coppia di cuscinetti.

## Carico statico equivalente sul cuscinetto

Per i cuscinetti singoli e i cuscinetti in tandem

$$P_0 = 0,5 F_r + 0,26 F_a$$

Se  $P_0 < F_r$ , si applica  $P_0 = F_r$ . Per determinare la forza assiale  $F_a$  si faccia riferimento alla sezione si faccia riferimento alla sezione "Determinazione delle forze assiali per cuscinetti montati singolarmente o in tandem".

Per i cuscinetti montati in coppia e disposti ad "O" oppure ad "X"

$$P_0 = F_r + 0,52 F_a$$

$F_r$  e  $F_a$  sono le forze che agiscono sulla coppia di cuscinetti.

## Determinazione delle forze assiali per cuscinetti montati singolarmente o in tandem

Qualora venga applicato un carico radiale, il carico è trasmesso da una pista all'altra con una certa angolazione rispetto all'asse del cuscinetto e nei cuscinetti obliqui ad una corona di sfere viene indotta una forza interna assiale. È necessario considerare tale forza per calcolare i carichi equivalenti sul cuscinetto nelle applicazioni costituite da due cuscinetti singoli e/o coppie di cuscinetti disposti in tandem. Le relative equazioni sono riportate nella **tabella 4, pagina 416**, per le varie disposizioni dei cuscinetti e i diversi carichi. Le equazioni sono valide solo se i cuscinetti vengono disposti uno contro l'altro con un gioco praticamente zero, ma senza precarico. Nelle sistemazioni indicate, il cuscinetto A è soggetto al carico radiale  $F_{rA}$  e il cuscinetto B al carico radiale  $F_{rB}$ . Sia  $F_{rA}$  che  $F_{rB}$  sono sempre considerati positivi, anche se agiscono in senso opposto rispetto a quello indicato nelle figure. I carichi radiali agiscono nei centri di pressione dei cuscinetti (vedere dimensione a nella tabella dei prodotti).

### Variabile R

La variabile R nella **tabella 4** prende in considerazione le condizioni di contatto all'interno del cuscinetto. I valori di R possono essere ottenuti dal **diagramma 1, pagina 417**, come funzione del rapporto  $K_a/C$ .  $K_a$  è il carico assiale esterno che agisce su albero o supporto e C è il coefficiente di carico dinamico di base del cuscinetto, che deve sopportare il carico assiale esterno. Se  $K_a = 0$  si applica  $R = 1$ .

Carichi assiali nei sistemi con due cuscinetti obliqui a una corona di sfere di esecuzione B oppure BE e/o coppie di cuscinetti in tandem

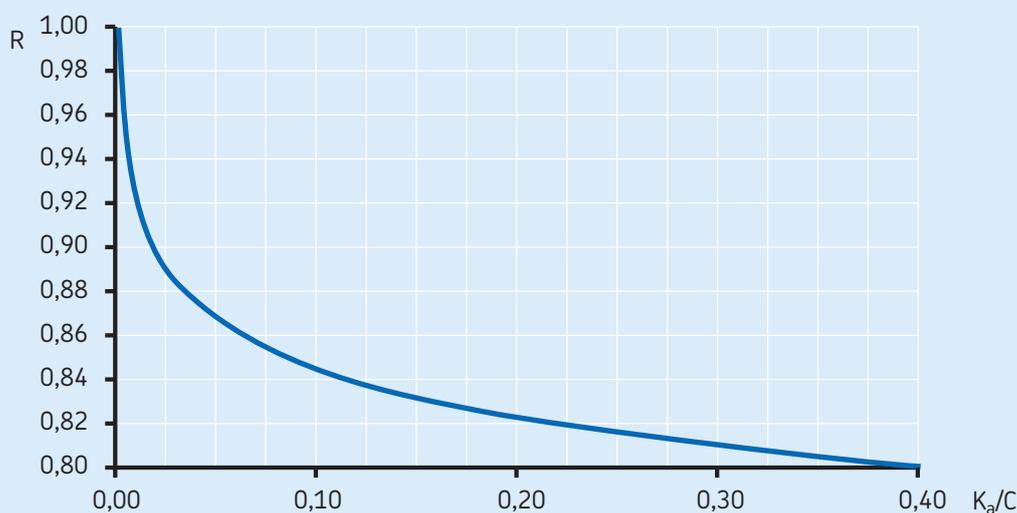
Disposizione dei cuscinetti	Condizioni di carico	Forze assiali	
<p>Ad "O"</p>	<p><b>Condizione 1a</b></p> $F_{rA} \geq F_{rB}$ $K_a \geq 0$	$F_{aA} = R F_{rA}$	$F_{aB} = F_{aA} + K_a$
	<p><b>Condizione 1b</b></p> $F_{rA} < F_{rB}$ $K_a \geq R (F_{rB} - F_{rA})$	$F_{aA} = R F_{rA}$	$F_{aB} = F_{aA} + K_a$
<p>Ad "X"</p>	<p><b>Condizione 1c</b></p> $F_{rA} < F_{rB}$ $K_a < R (F_{rB} - F_{rA})$	$F_{aA} = F_{aB} - K_a$	$F_{aB} = R F_{rB}$
<p>Ad "O"</p>	<p><b>Condizione 2a</b></p> $F_{rA} \leq F_{rB}$ $K_a \geq 0$	$F_{aA} = F_{aB} + K_a$	$F_{aB} = R F_{rB}$
	<p><b>Condizione 2b</b></p> $F_{rA} > F_{rB}$ $K_a \geq R (F_{rA} - F_{rB})$	$F_{aA} = F_{aB} + K_a$	$F_{aB} = R F_{rB}$
<p>Ad "X"</p>	<p><b>Condizione 2c</b></p> $F_{rA} > F_{rB}$ $K_a < R (F_{rA} - F_{rB})$	$F_{aA} = R F_{rA}$	$F_{aB} = F_{aA} - K_a$

## Appellativi supplementari

I suffissi nell'appellativo utilizzati per identificare alcune caratteristiche dei cuscinetti obliqui ad una corona di sfere sono i seguenti.

<b>A</b>	Angolo di contatto di 30°	<b>GC</b>	Cuscinetto per montaggio universale. Due cuscinetti disposti a "O" o "X" con un precarico elevato prima del montaggio
<b>AC</b>	Angolo di contatto di 25°	<b>J</b>	Gabbia a feritoie in lamiera d'acciaio stampata, centrata sulle sfere
<b>B</b>	Angolo di contatto di 40°	<b>M</b>	Gabbia massiccia in ottone a feritoie, centrata sulle sfere, le varie esecuzioni sono identificate da un numero, per esempio M1
<b>CA</b>	Cuscinetto per montaggio universale. Due cuscinetti disposti a "O" o "X" con gioco assiale interno inferiore al normale (CB) prima del montaggio	<b>MB</b>	Gabbia massiccia in ottone, centrata sull'anello interno
<b>CB</b>	Cuscinetto per montaggio universale. Due cuscinetti disposti a "O" o "X" con gioco assiale interno normale prima del montaggio	<b>N1</b>	Un intaglio di bloccaggio sulla facciata larga laterale dell'anello esterno
<b>CC</b>	Cuscinetto per montaggio universale. Due cuscinetti disposti a "O" o "X" con gioco assiale interno maggiore rispetto al normale (CB) prima del montaggio	<b>N2</b>	Due intagli di bloccaggio sulla facciata larga laterale dell'anello esterno, posizionati a 180° l'uno dall'altro
<b>DB</b>	Due cuscinetti disposti a "O"	<b>P</b>	Gabbia stampata ad iniezione, del tipo a feritoie, in poliammide 6,6 rinforzata con fibre di vetro, centrata sulle sfere
<b>DF</b>	Due cuscinetti disposti a "X"	<b>PH</b>	Gabbia stampata ad iniezione, del tipo a feritoie, in polieter-eter-chetone (PEEK) rinforzata con fibre di vetro, centrata sulle sfere
<b>DT</b>	Due cuscinetti disposti in tandem	<b>P5</b>	Precisione dimensionale e di rotazione secondo la classe di tolleranze 5 della norma ISO
<b>E</b>	Esecuzione interna ottimizzata	<b>P6</b>	Precisione dimensionale e di rotazione secondo la classe di tolleranze 6 della norma ISO
<b>F</b>	Gabbia massiccia a feritoie in acciaio, centrata sulle sfere	<b>W64</b>	Riempimento con Solid Oil
<b>GA</b>	Cuscinetto per montaggio universale. Due cuscinetti disposti a "O" o "X" con un leggero precarico prima del montaggio	<b>Y</b>	Gabbia in lamiera d'ottone stampata, a feritoie, centrata sulle sfere
<b>GB</b>	Cuscinetto per montaggio universale. Due cuscinetti disposti a "O" o "X" con un medio precarico prima del montaggio		

Diagramma 1



## Progettazione dei sistemi di cuscinetti

Nella fase di progettazione delle disposizioni dei cuscinetti obliqui a una corona di sfere, è necessario ricordare che questi cuscinetti devono essere utilizzati con un altro cuscinetto o in gruppo (→ **fig. 4**).

Se si utilizzano due cuscinetti obliqui a una corona di sfere, la loro posizione reciproca deve essere regolata fino a ottenere il precarico o il gioco richiesti (→ sezione "Precarico del cuscinetto", da **pagina 206**).

Se si utilizzano cuscinetti per montaggio universale e questi vengono montati in coppia, uno adiacente all'altro, non occorre eseguire registrazioni. Il precarico o gioco richiesto si ottiene scegliendo i cuscinetti di una classe di precarico o gioco appropriata e realizzando accoppiamenti adeguati per i cuscinetti sull'albero e nell'alloggiamento.

Per il corretto funzionamento dei cuscinetti e l'affidabilità del montaggio, è essenziale che i cuscinetti siano registrati correttamente oppure che siano stati scelti un precarico o un gioco adeguati. Se il gioco del cuscinetto in esercizio è troppo elevato, la capacità di carico dei cuscinetti non potrà essere sfruttata completamente; d'altra parte, un precarico eccessivo genererà più attri-

to e maggiori temperature di esercizio, riducendo la durata del cuscinetto. Si ricorda inoltre che, utilizzando i cuscinetti obliqui a una corona di sfere delle serie 72 B e 73 B (angolo di contatto di  $40^\circ$ ), si potranno ottenere condizioni di rotazione corrette solo se cuscinetto avrà un coefficiente di carico  $F_a/F_r \geq 1$ .

È anche necessario prestare particolare attenzione alle disposizioni a "O" e "X" in cui il carico assiale agisce principalmente in un senso. In queste condizioni, si può compromettere la corretta rotazione delle sfere del cuscinetto non sottoposto al carico e si possono verificare rumorosità, discontinuità nella pellicola lubrificante e maggiori sollecitazioni sulla gabbia. In queste condizioni, si consiglia un funzionamento senza gioco, che può essere mantenuto ad esempio utilizzando delle molle.

Fig. 4

