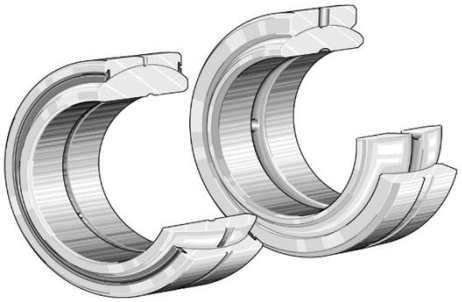


Introduzione
ai cuscinetti volventi

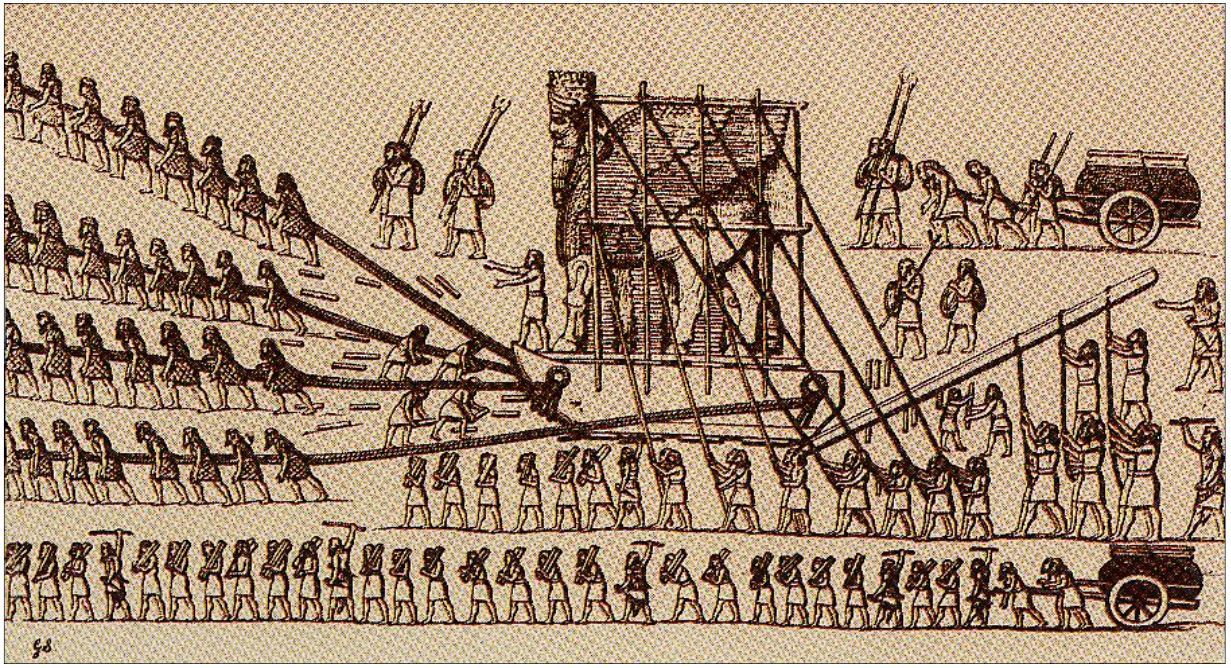
Si definiscono cuscinetti tutti gli organi meccanici aventi la funzione sia di sopportare i carichi applicati ad un corpo in moto relativo di rotazione oppure di traslazione da parte degli elementi della catena cinematica cui il corpo appartiene, sia la proprietà di originare coppie resistenti di piccola intensità.

I cuscinetti si suddividono in :
- cuscinetti a strisciamento (radenti)
- cuscinetti a rotolamento (volventi)





ca. 700 AC

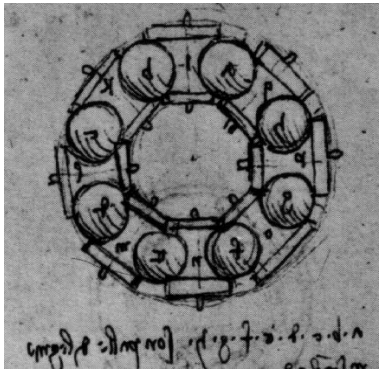


Storia della tecnologia dei cuscinetti

SCHAEFFLER



Leonardo da Vinci (1452 - 1519) ·

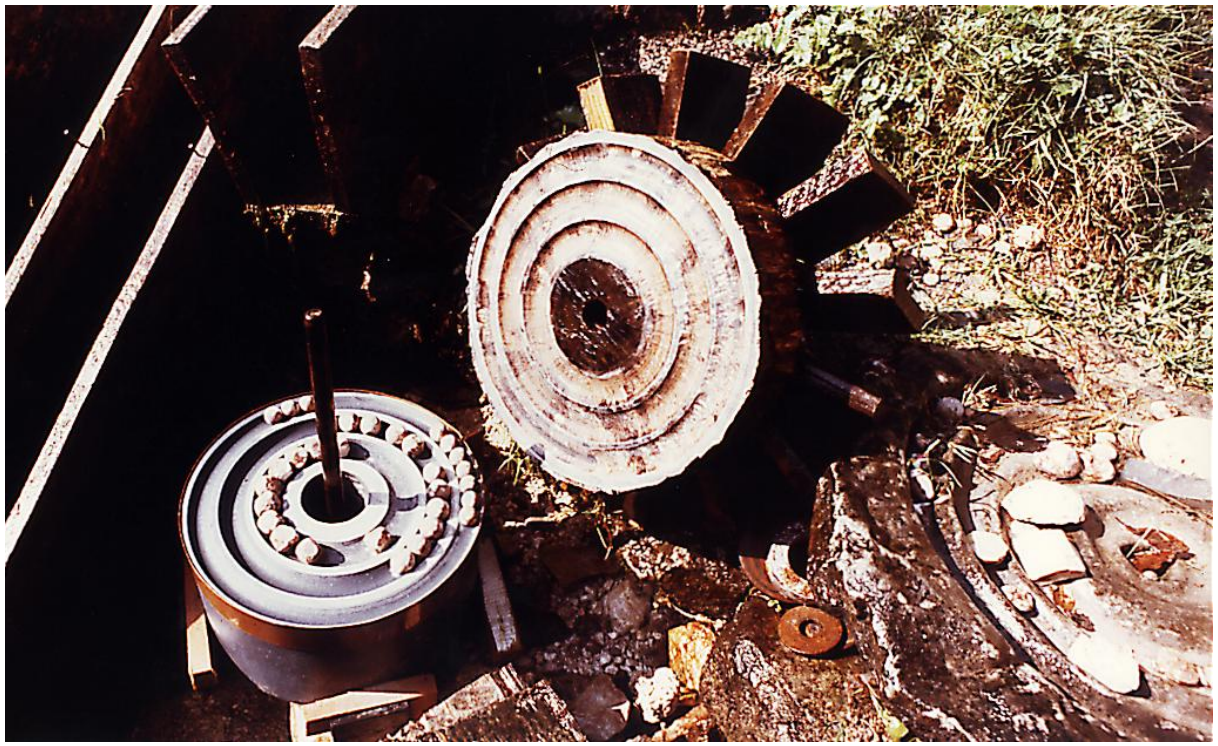




SCHAEFFLER

Produzione di sfere in pietra, 1683





La storia della tecnologia dei cuscinetti

SCHAEFFLER

La FAG Kugelfischer Georg Schäfer AG
è il più antico produttore di cuscinetti a sfere al mondo,
il pioniere dell'industria dei cuscinetti volventi.



Friedrich Fischer
(1849-1899)

Fondatore della Società ed inventore del processo di rettifica delle sfere che ha permesso la produzione in serie di sfere in acciaio di alta precisione, di dimensione uniforme. La sua scoperta rivoluzionaria ha rappresentato l'inizio storico dell'industria dei cuscinetti volventi a livello mondiale.



Macchina per rettifica delle sfere progettata da Friedrich Fischer nel 1883.

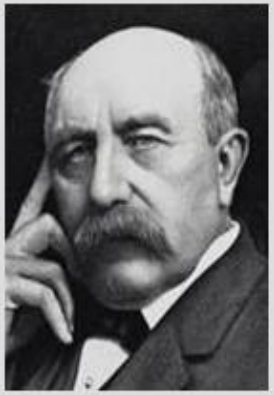


Georg Schäfer
(1861-1925)

Rilevò 10 anni dopo la morte di Friedrich Fischer la „Erste Automatische Gußstahlkugelfabrik, vormals Friedrich Fischer, AG".
Con grande dedizione personale creò un'impresa industriale famosa a livello internazionale.

La storia della tecnologia dei cuscinetti

SCHAEFFLER

Ball 1883	Tapered Roller 1897	Needle Roller 1950 (with cage)
		
Friedrich Fischer (1849-1899)	Henry Timken (1831-1909)	Georg Schaeffler (1917-1996)

The development of the Schaeffler Group – important milestones

SCHAEFFLER

1946 — Dr. Wilhelm and Dr.-Ing. E.h. Georg Schaeffler establish INA



1949 — First foreign plant in Llanelli, Great Britain



1957 — Entering a new market, North America: INA's company in Cheraw, South Carolina



1958 — Maria-Elisabeth Schaeffler-Thumann and son Georg F. W. Schaeffler take over



1969 — Acquisition of FAG Kugelfischer Georg Schäfer AG

1992 — Schaeffler successfully completes its initial public offering under the motto "We share our success"



1996 — The Schaeffler Group divides its business into three divisions – Automotive OEM, Automotive Aftermarket and Industrial.



1999 — Development of the needle roller cage



2001 — Close to the customer: Plant opening in Sao Paulo, Brazil



2008 — Milestone for the development of the growth region Asia: Plant in Ansan, Korea



2015 — Acquisition of LuK GmbH

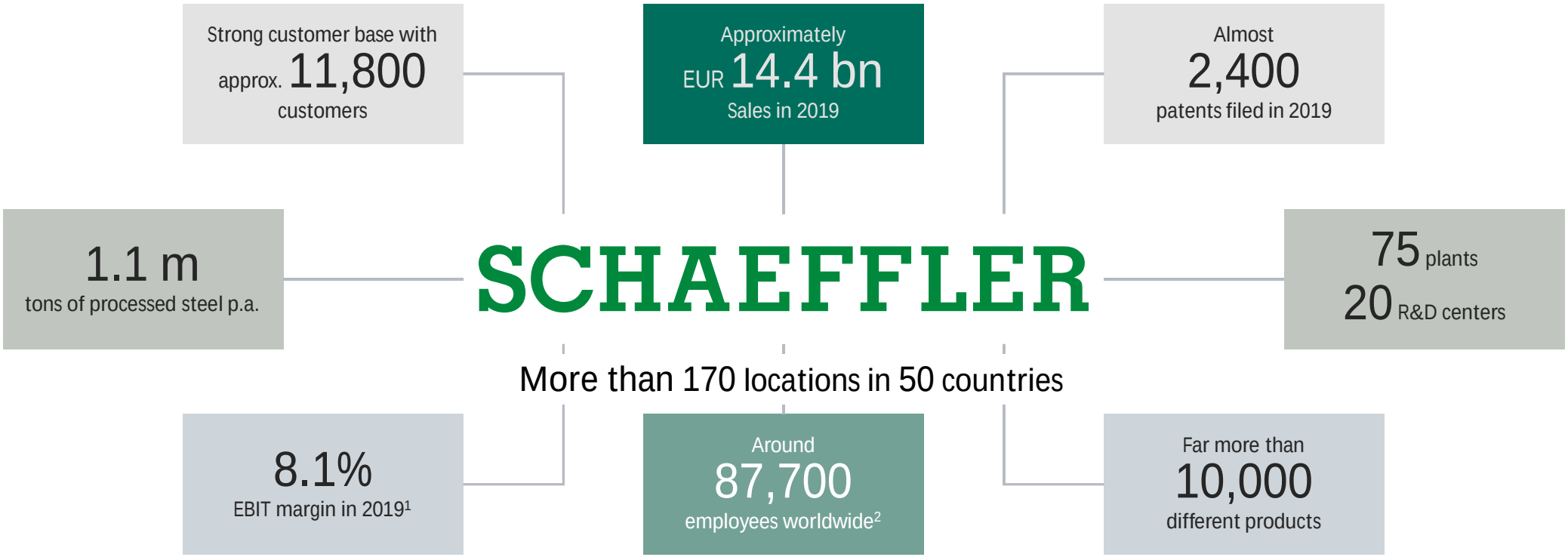
2016 — Schaeffler issues take-over bid

2018 — "Mobility for tomorrow" strategy with 4 focus areas, 8 strategic pillars and 20 strategic initiatives



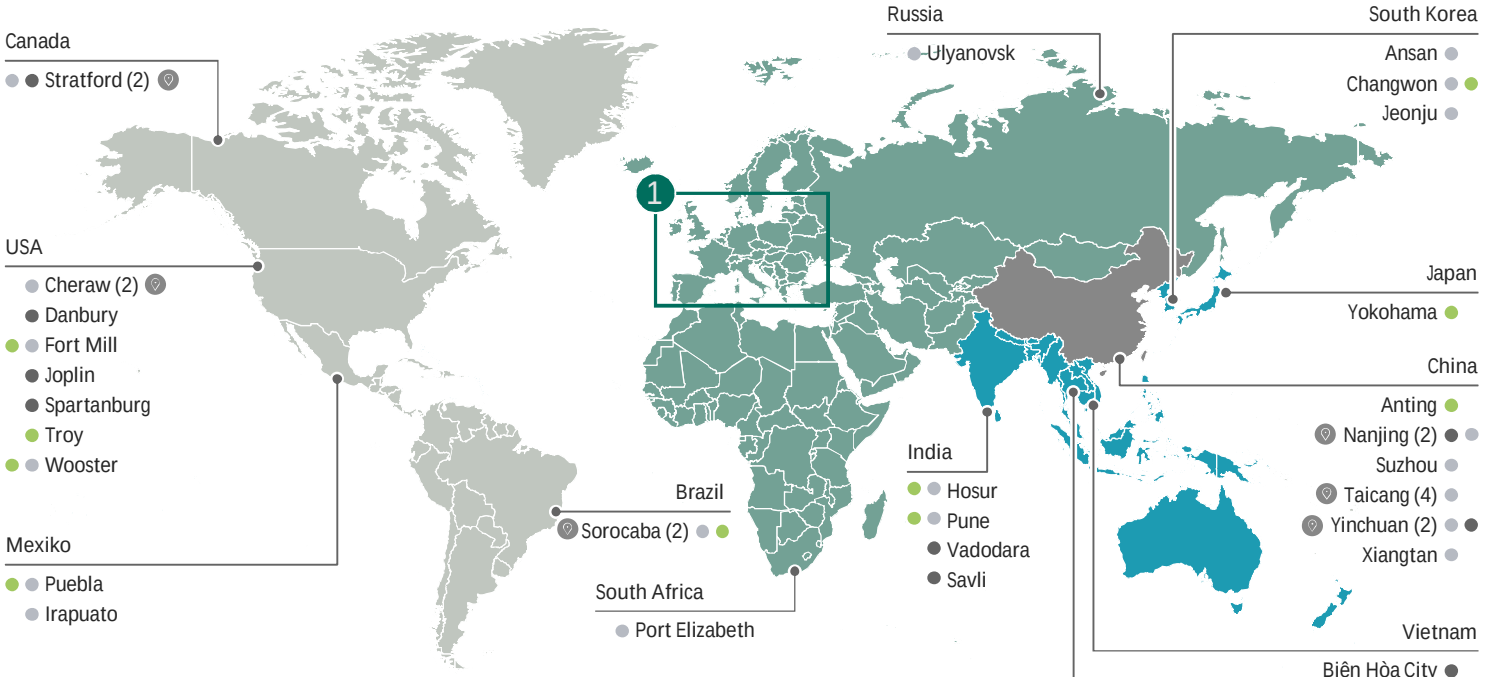
SCHAEFFLER

Schaeffler in facts – strong starting point



[1] Before one-off effects | [2] As at December 31, 2019

Customer proximity – global plants and R&D centers



Regions[1]	Europe	Americas	Greater China	Asia/Pacific
R&D centers	10	5	1	4
Campus locations	9	3	3	-
Plants	43	13	10	9
Automotive	28	9	8	6
Industrial	15	4	2	3

[1] The regions represent the regional structure of the Schaeffler Group

Number of plants in brackets

*1) 2 plants Automotive, 1 plant Industrial

*2) 2 plants Industrial, 1 plant Automotive

1 In Europe

Germany
- Bühl (2)
- Erlangen
- Gunzenhausen
- Herzogenaurach
- Hirschaid
- Höchstadt (2)
- Homburg (3)*1)
- Ingolstadt
- Lahr (2)
- Luckenwalde
- Morbach
- Nürnberg
- Schweinfurt (2) & Eltmann
- Steinhagen
- Suhl
- Wuppertal

Austria
- Berndorf-St. Veit

France
- Calais
- Chevilly
- Haguenau (2)

United Kingdom
- Sheffield

Italy
- Momo

Portugal
- Caldas da Rainha

Spain
- Elgoibar

Hungary
- Debrecen
- Szombathely

Romania
- Braşov (3)*2)

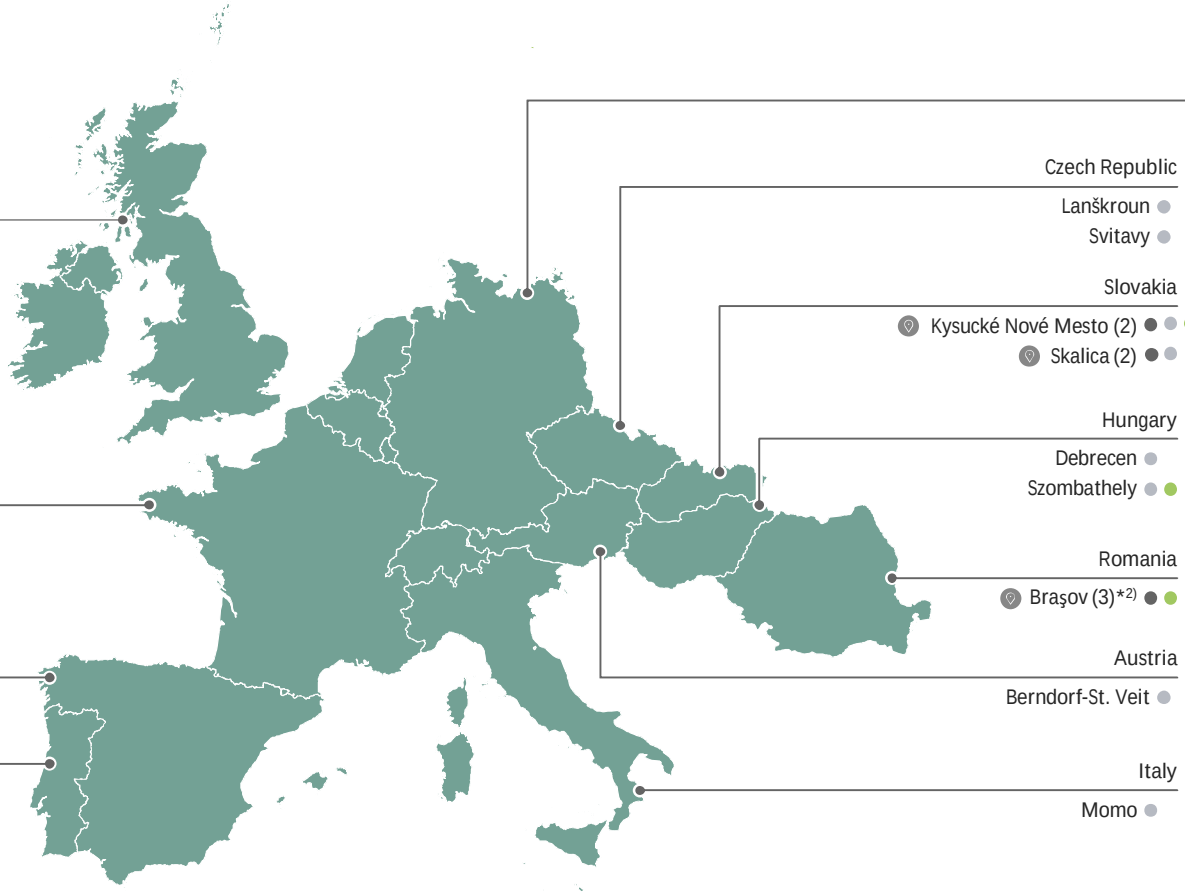
Slovakia
- Kysucké Nové Mesto (2)
- Skalica (2)

Czech Republic
- Lanškroun
- Svitavy

SCHAEFFLER

Customer proximity – global plants and R&D centers

Partial view



United Kingdom
- Sheffield

France
- Calais
- Chevilly
- Haguenau (2)

Spain
- Elgoibar

Portugal
- Caldas da Rainha

Germany
- Bühl (2)
- Erlangen
- Gunzenhausen
- Herzogenaurach
- Hirschaid
- Höchstadt (2)
- Homburg (3)* 1)
- Ingolstadt
- Lahr (2)
- Luckenwalde
- Morbach
- Nürnberg
- Schweinfurt (2) & Eltmann
- Steinhagen
- Suhl
- Wuppertal

Czech Republic
- Lanškroun
- Svitavy

Slovakia
- Kysucké Nové Mesto (2)
- Skalica (2)

Hungary
- Debrecen
- Szombathely

Romania
- Braşov (3)*2)

Austria
- Berndorf-St. Veit

Italy
- Momo

● R&D centers ● Automotive ● Industrial ◎ Campus locations Number of plants in brackets

Three divisions – automotive OEM, Automotive Aftermarket and Industrial

Automotive OEM | Systems



Engine Systems



Transmission Systems



Chassis Systems



Hybrid and Electrical Drive Systems

Automotive Aftermarket | Segments



Passenger Cars



Light Commercial Vehicles



Heavy Commercial Vehicles



Tractors & Agricultural Vehicles



Services

Industrial | Sector Clusters



Wind



Raw Materials



Aerospace



Railway



Offroad



Two Wheelers

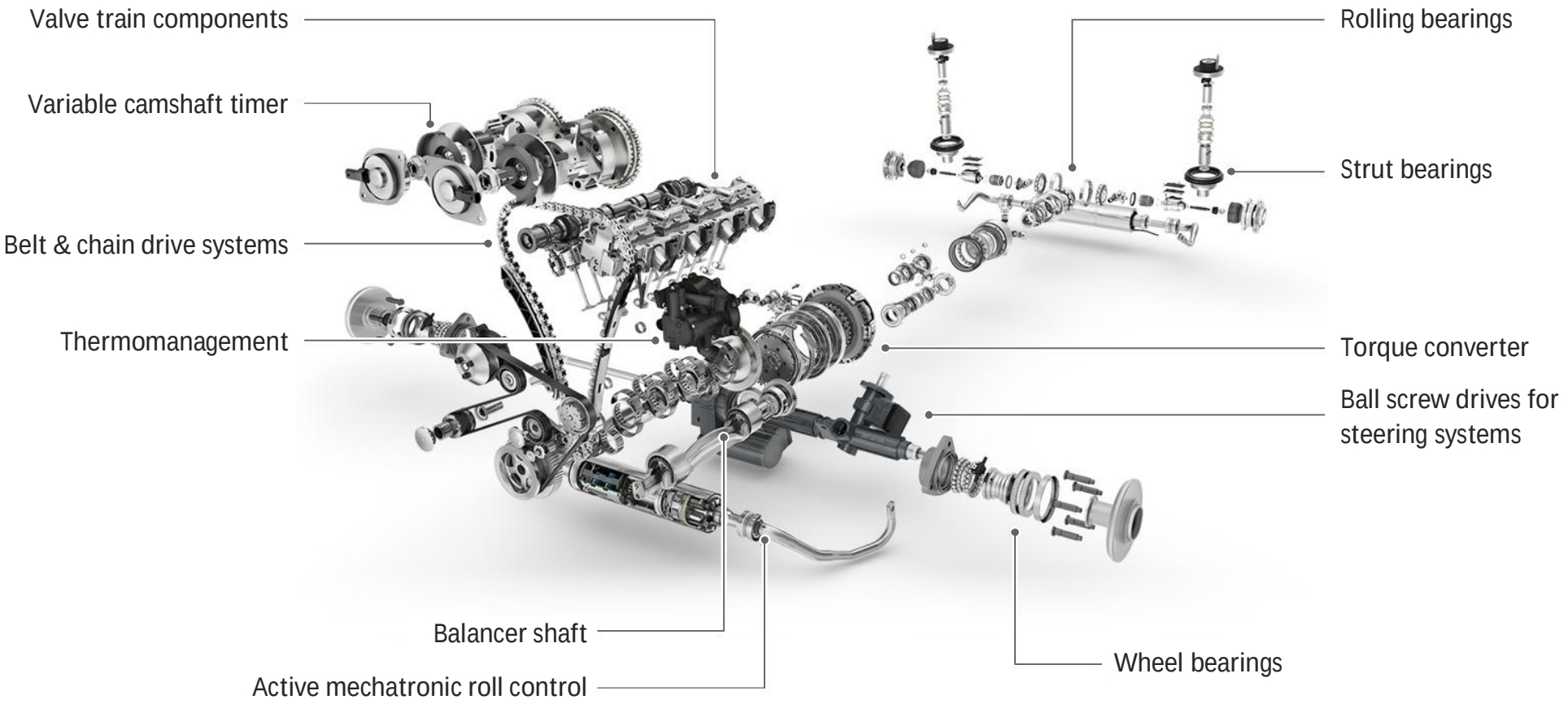


Power Transmission

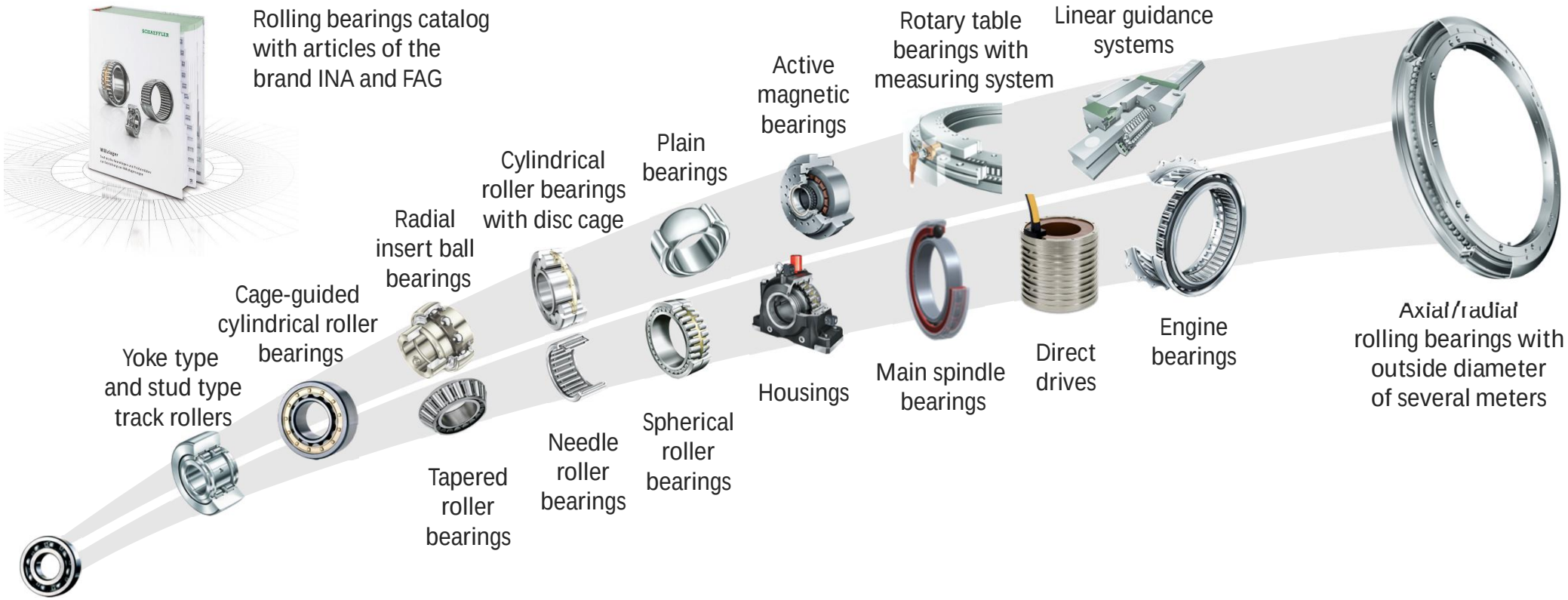


Industrial Automation

Division Automotive – broad product portfolio along the entire powertrain



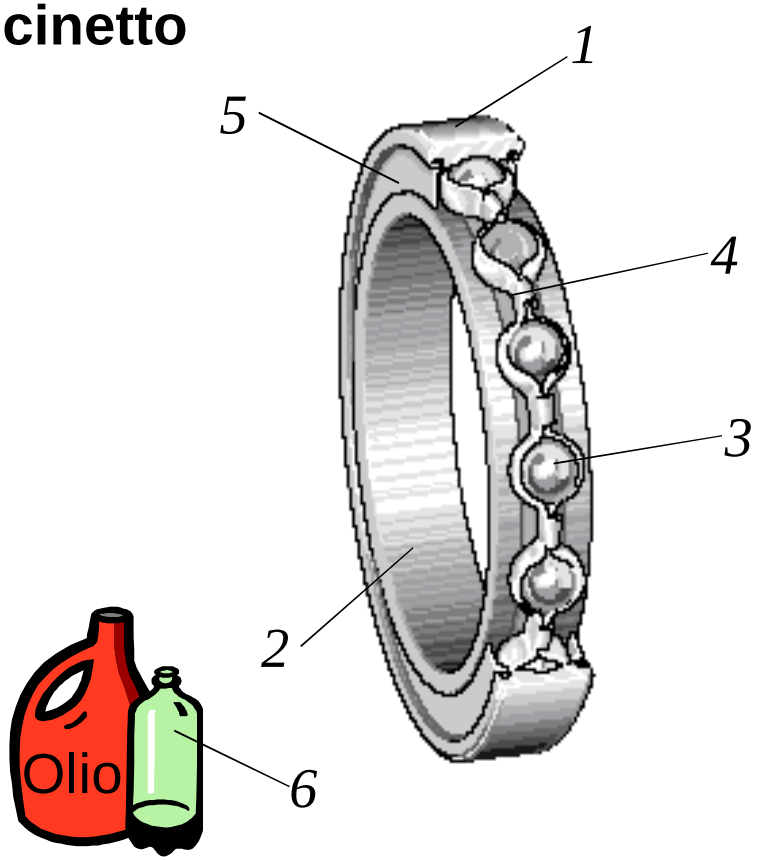
Division Industrial – broad product portfolio of standard and custom solutions



Composizione di un cuscinetto volvente standard

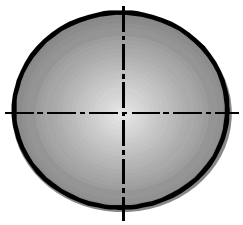
Il cuscinetto si compone di

1. **anello esterno**
2. **anello interno**
3. **corpi volventi**
4. **gabbia**
5. **con o senza tenute**
6. **lubrificante**

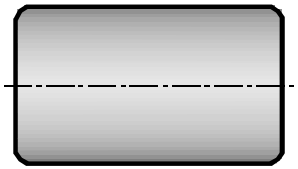


Corpi volventi
Panoramica

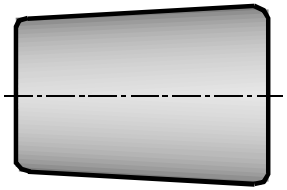
SCHAEFFLER



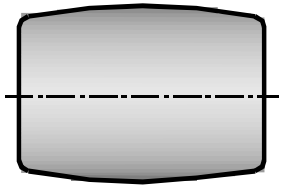
Sfere



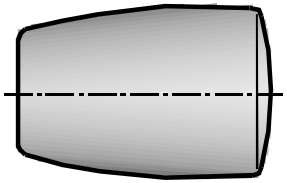
Rulli cilindrici



Rulli conici



Rulli a botte simmetrici



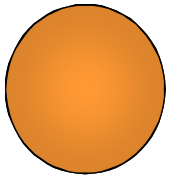
Rulli a botte asimmetrici



Rullini

Corpi volventi

SCHAEFFLER



Sfere: es.
elevate velocità,
basso attrito
basso carico
scarsa rigidezza

6020 (100x150x24)
n_G = 9500 min^{-1}

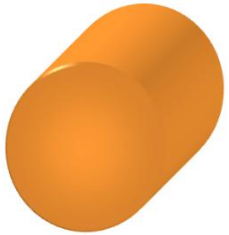
C = 60 kN
del (10.000N) = 0,0406 mm



Rullini: es.
basse velocità
alti carichi
attrito maggiore
elevata rigidezza

NA4920 (100x140x40)
n_G = 4100 min-1
C = 144 kN

del (10.000N) = 0,0250 mm



Rulli: es.
velocità intermedie
carichi intermedi
attrito intermedio
rigidezza intermedia

NU 1020 (100x150x24)
n_G = 7500 min-1
C = 116 kN

del (10.000N) = 0,0343 mm

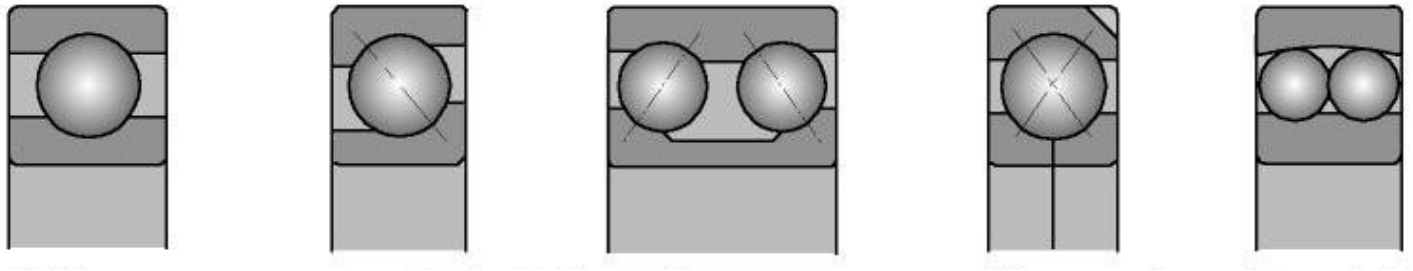
Nozioni di base

Principali tipologie di cuscinetti volventi



Cuscinetti radiali a sfere
Panoramica

SCHAEFFLER



radiali rigidi a sfere

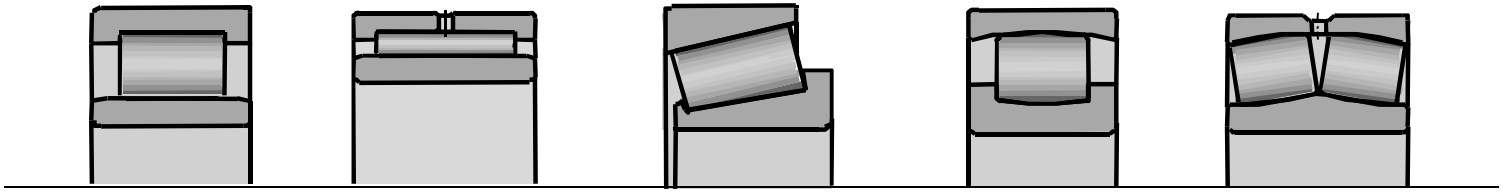
a sfere a contatto obliquo monocorona,a due corone

a quattro punti di contatto

orientabili

Cuscinetti radiali a rulli
Panoramica

SCHAEFFLER

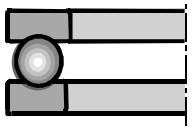


rulli cilindrici | rullini | rulli conici | a botte una corona | orientabili a due corone

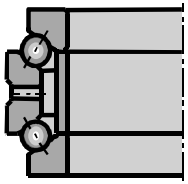
Cuscinetti assiali
Panoramica

SCHAEFFLER

assiali a sfere

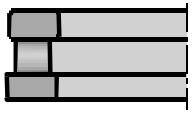


monodirezionali

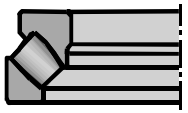


bidirezionali

assiali a rulli



monodirezionali
rigidi



orientabili

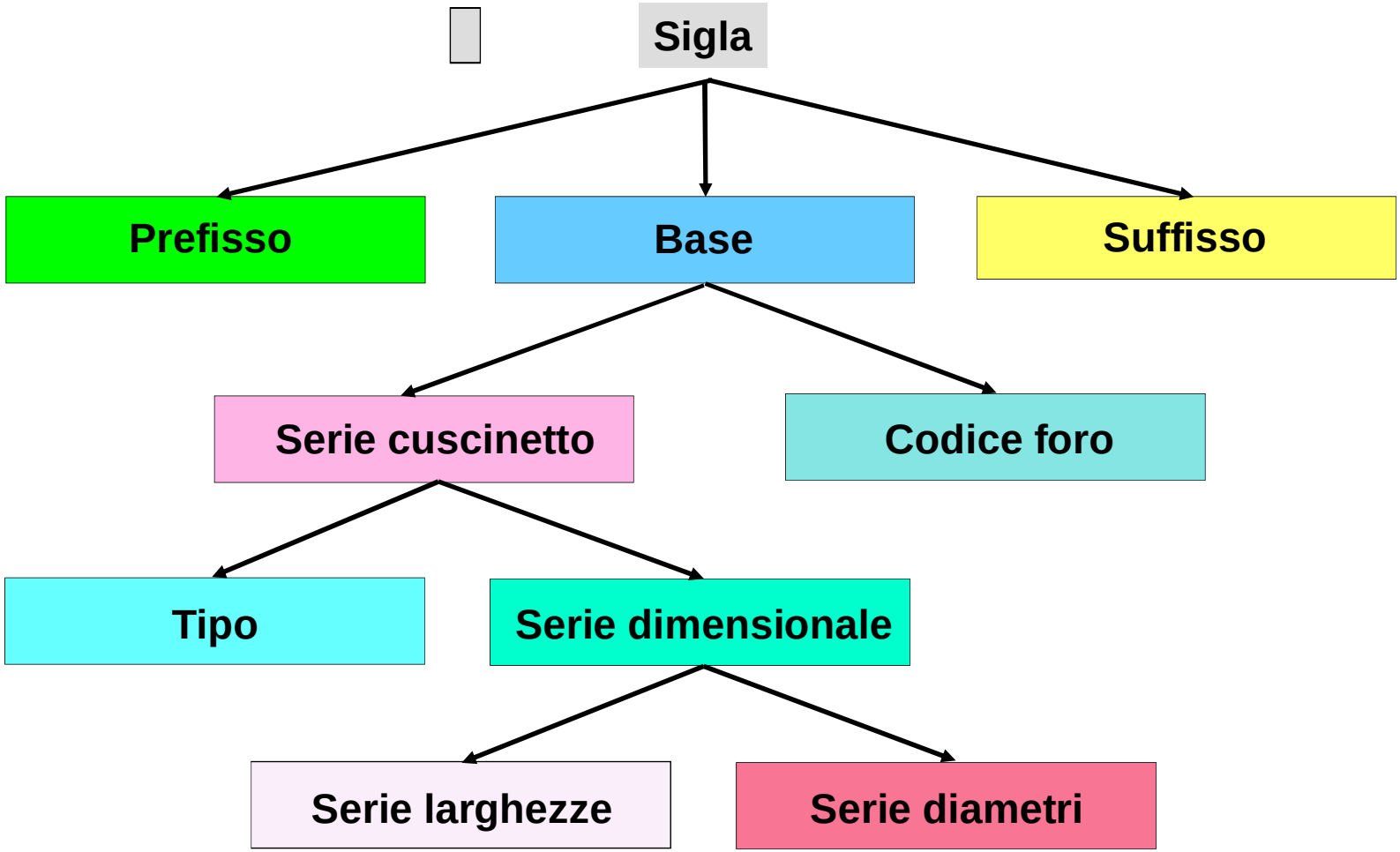
Nozioni di base

Sigle dei cuscinetti volventi

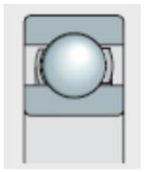
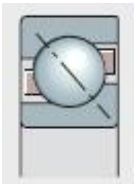
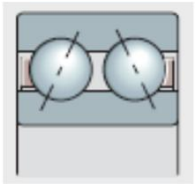
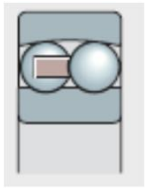
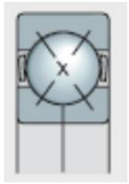
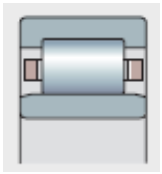
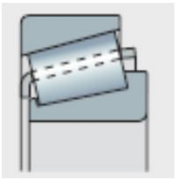


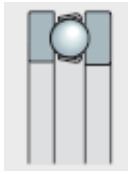
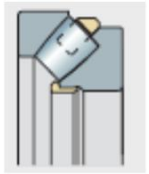
Sigla dei cuscinetti volventi

SCHAEFFLER

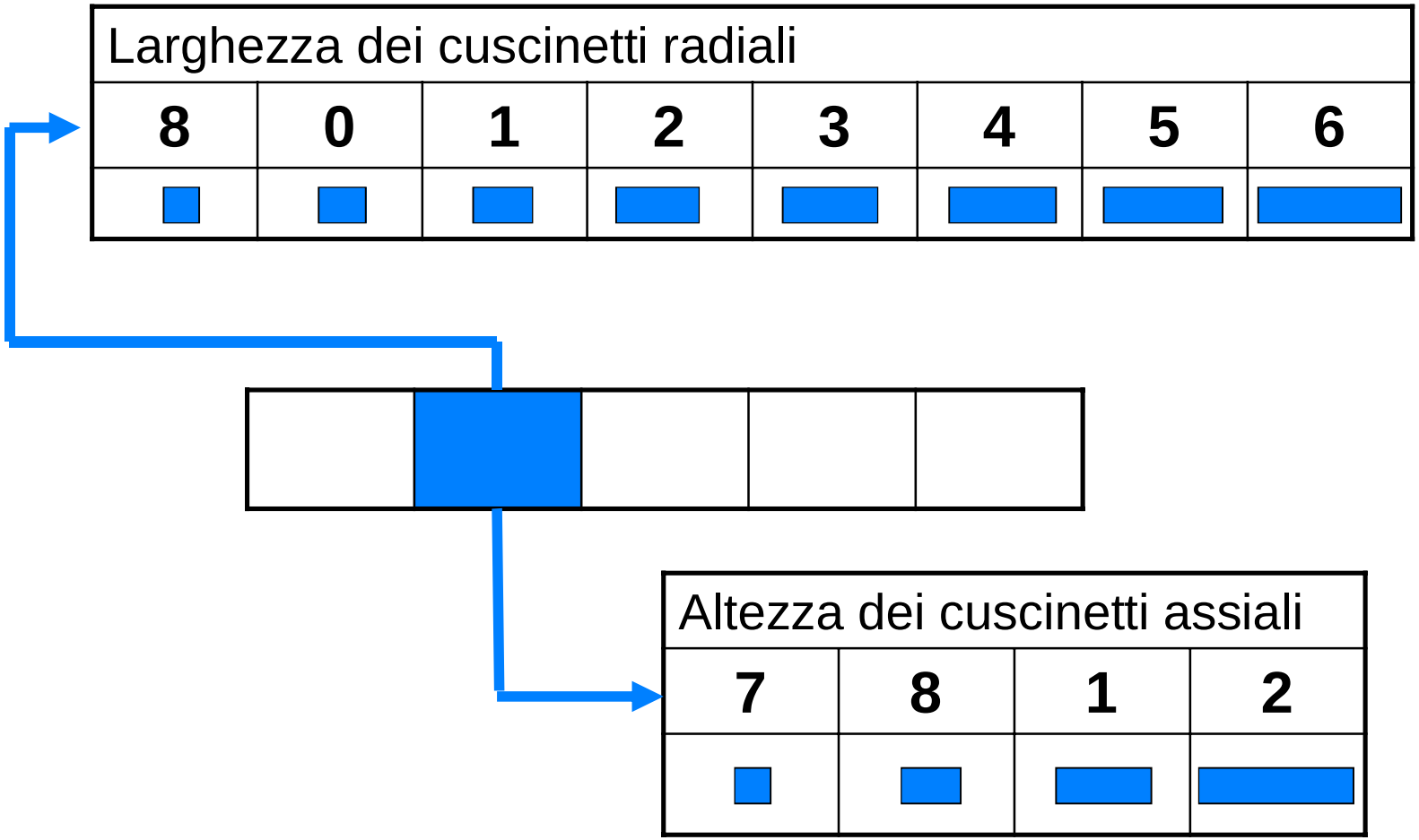


Sigle standardizzate di cuscinetti volventi
TIPO

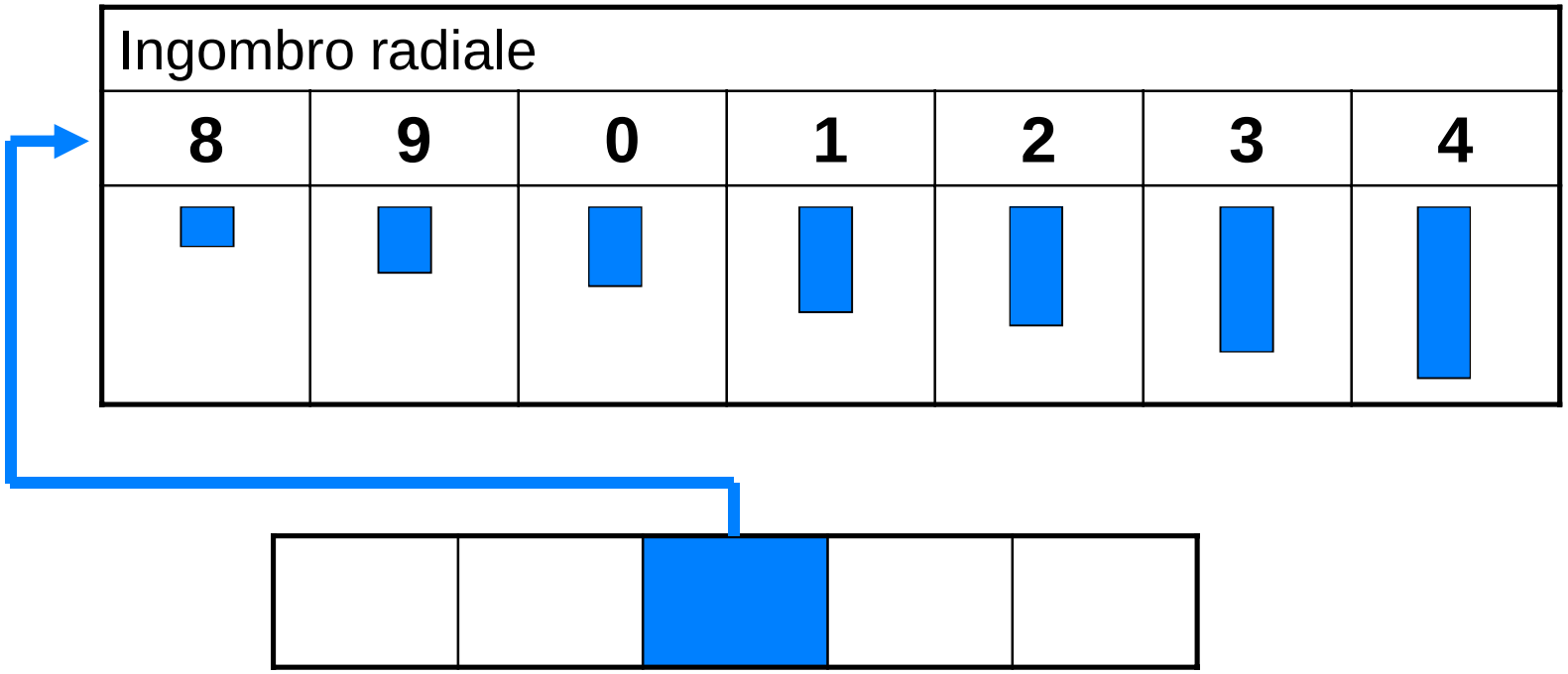
Cuscinetti radiali							
							
3, 4 , 5 cifre	4, 5 cifre	4 cifre	4 cifre			5 cifre	5 cifre
6	**7**	**3**	**1,2**	**QJ**	**N..**	**3**	**2**

Cuscinetti assiali		
		
5 cifre	5 cifre	5 cifre
5	**8**	**2**

Sigle standardizzate di cuscinetti volventi
Serie larghezze

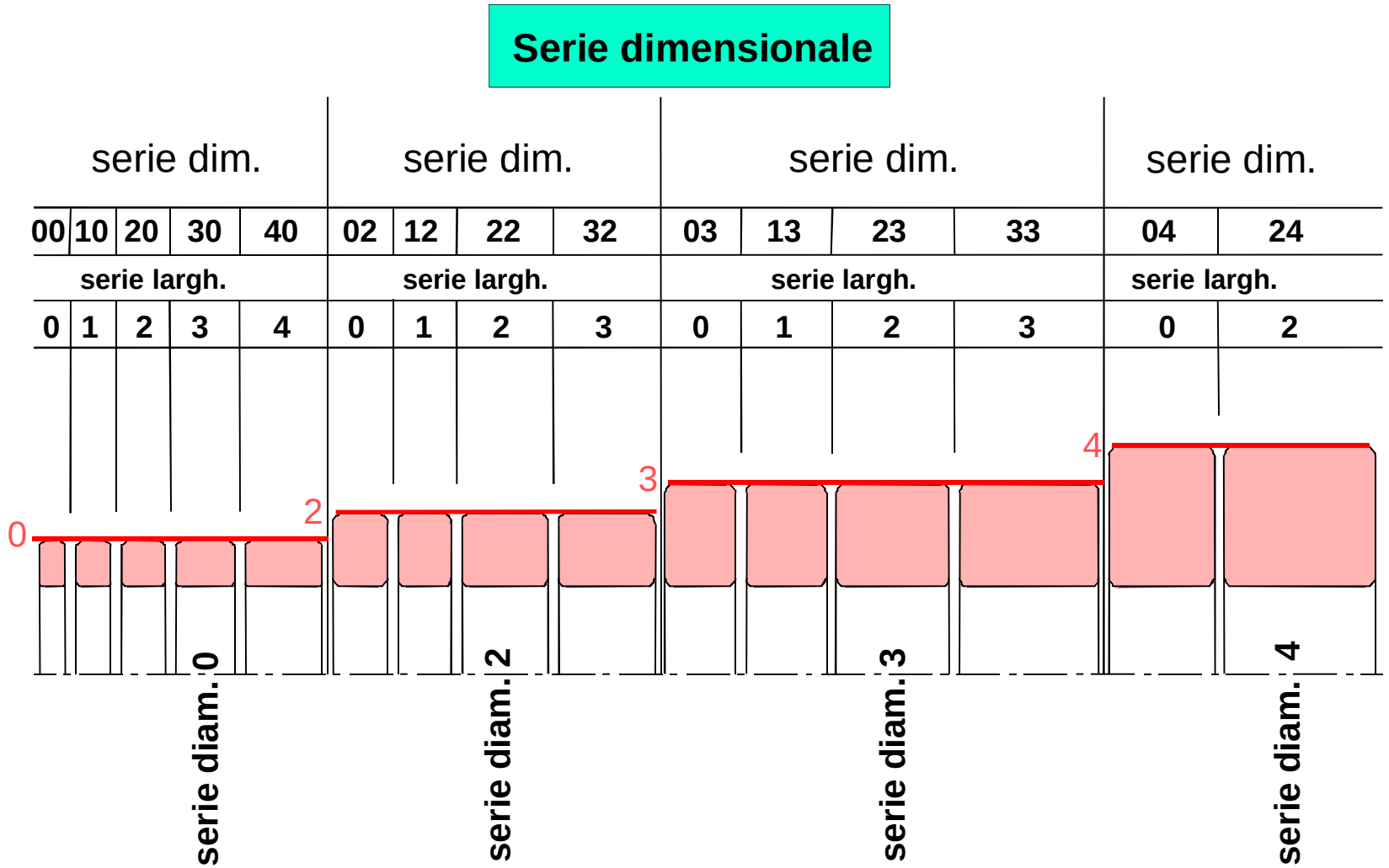


Sigle standardizzate di cuscinetti volventi
Serie diametri



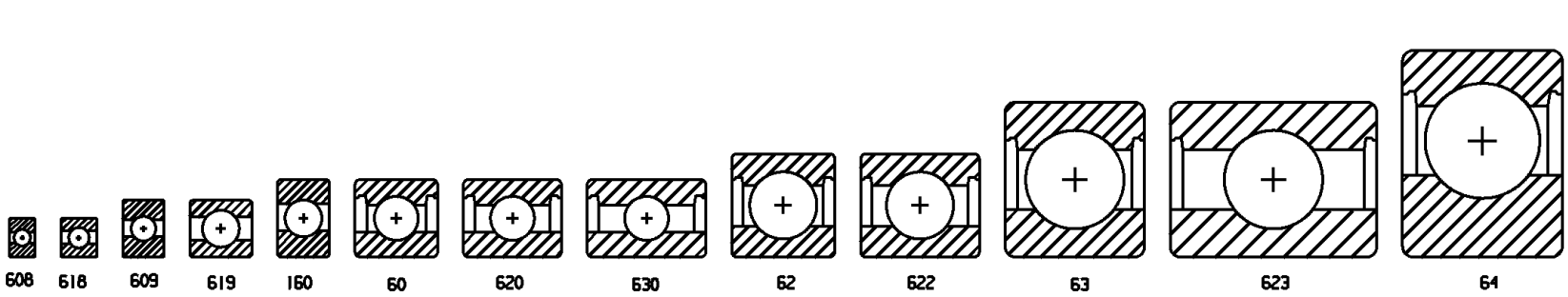
Sigla dei cuscinetti volventi

SCHAEFFLER



Esempio: cuscinetti radiali a sfere

Normativa di riferimento : DIN 616



Sigle standardizzate di cuscinetti volventi
Diametro effettivo



5 regole

1	**d < 10 mm** e.g. 608 = Ø 8 mm	**da 3 a 9**
2	**d ≥ 10 a < 20 mm** 6200 = Ø 10 mm 6201 = Ø 12 mm 6202 = Ø 15 mm 6203 = Ø 17 mm	**da 00a 03**
3 – x5	**d ≥ 20 a 480 mm** es. 6204 = Ø 20 mm	**da 04 a 96**
4	**d > 500 mm** es. 239/500 = Ø 500 mm	
5 Eccezioni	**d / . .** es. 320/22X = Ø 22 mm	

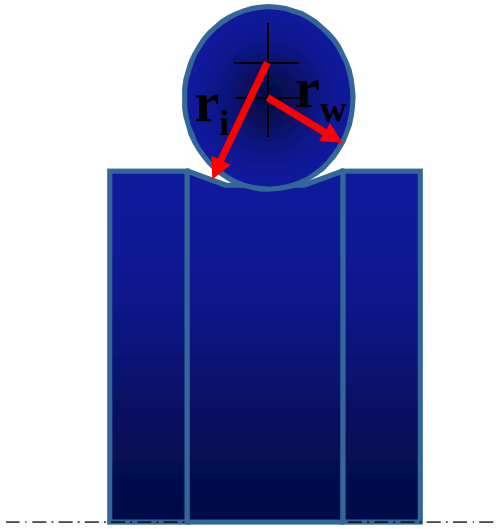
Distribuzione dei carichi sui corpi volventi



SCHAEFFLER

Contatto puntiforme

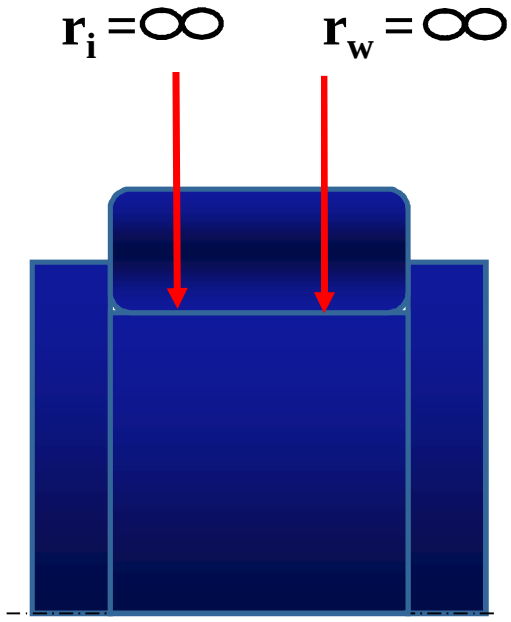
$$1 / r_w > 1 / r_i$$



SCHAEFFLER

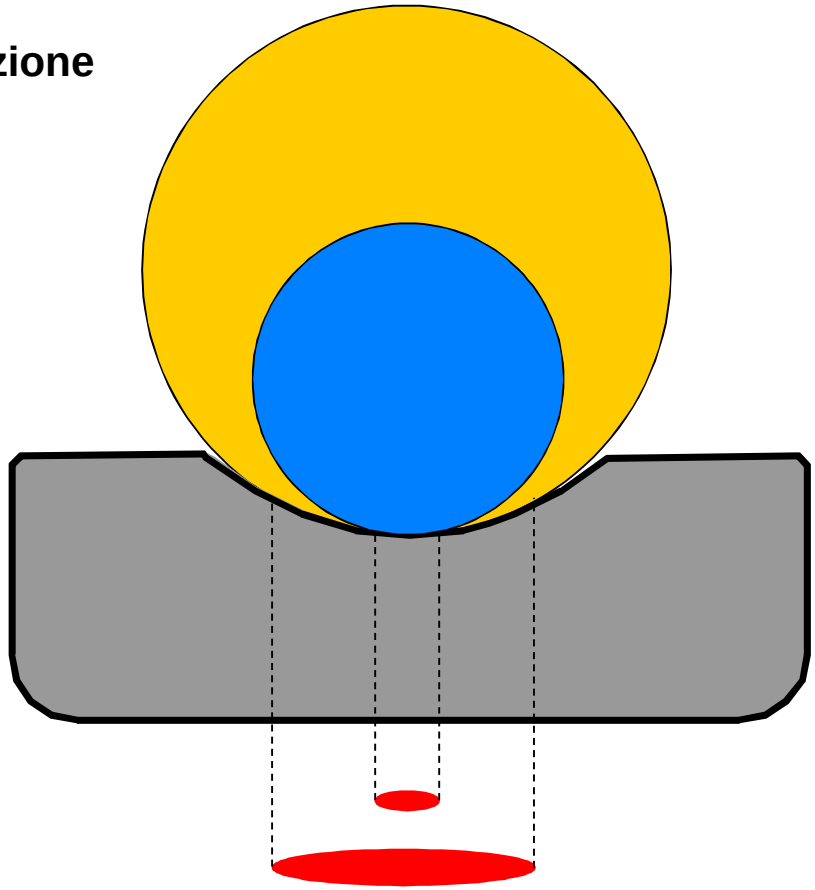
Contatto lineare

$$1 / r_w = 1 / r_i$$



SCHAEFFLER

Osculazione



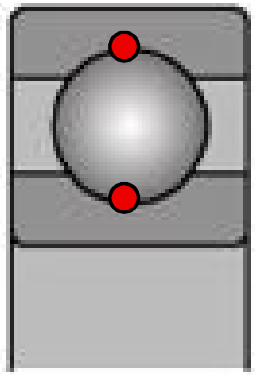
piccola osculazione

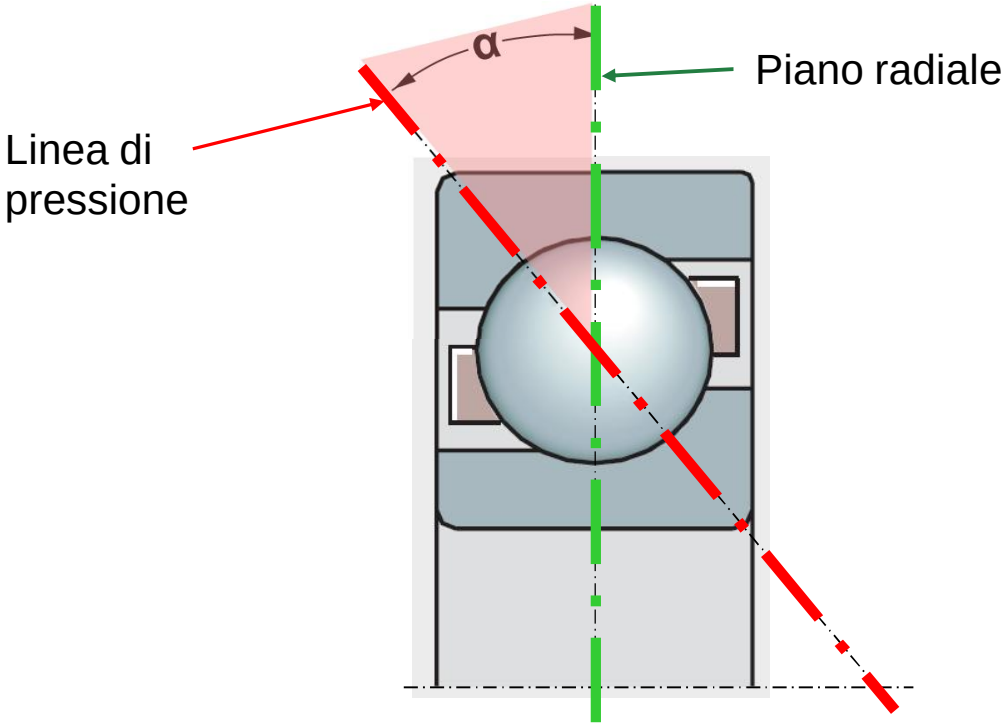
grande osculazione

Generalità sui cuscinetti volventi
Angolo di pressione

SCHAEFFLER

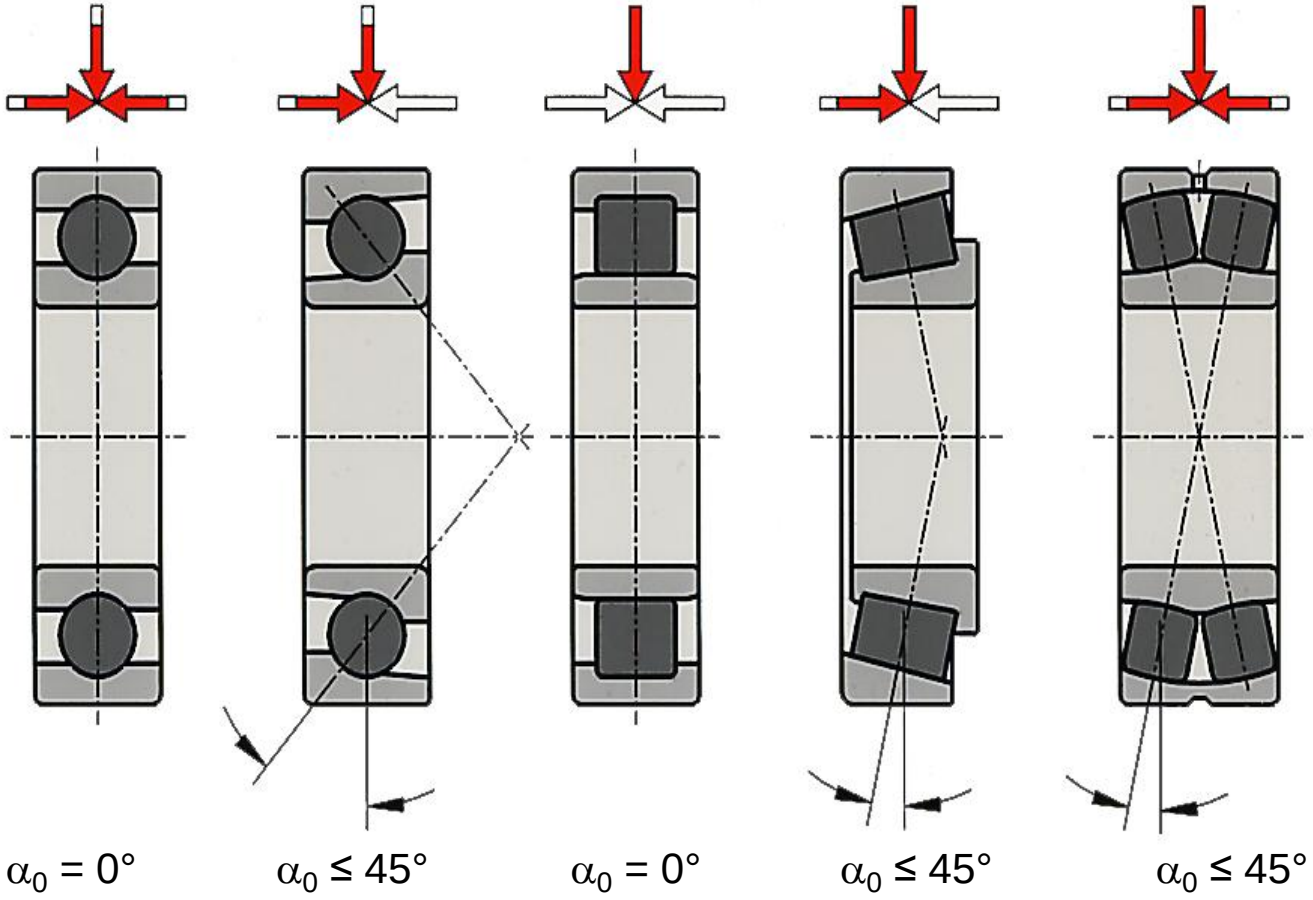
Angolo di pressione **α** = angolo tra il piano radiale e la linea di pressione





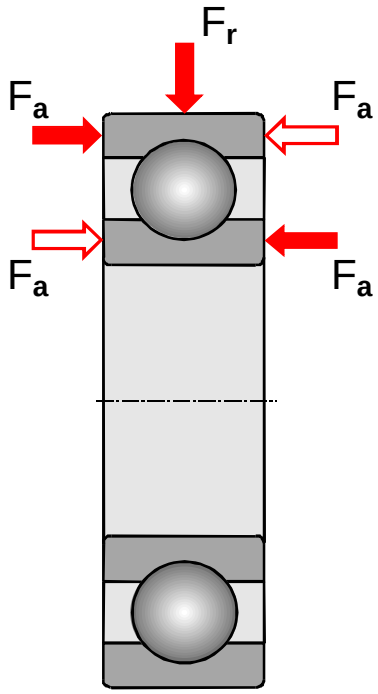
Carichi sopportabili dai cuscinetti radiali

SCHAEFFLER



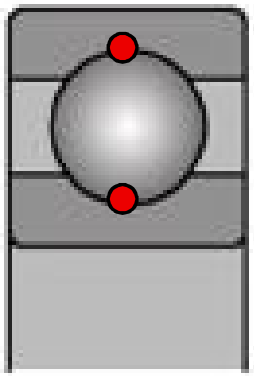
Cuscinetti radiali rigidi a sfere

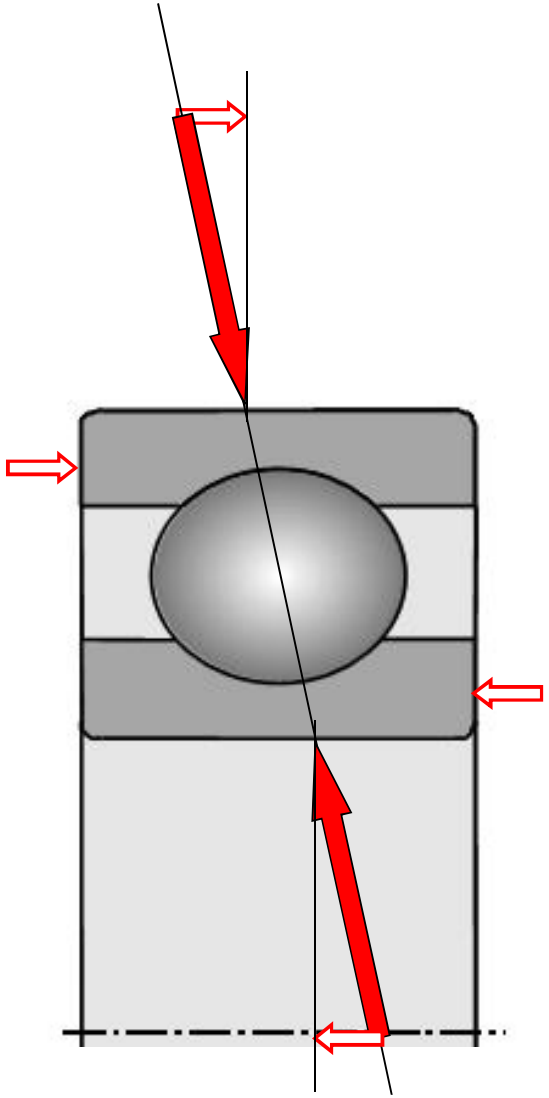
SCHAEFFLER





Cuscinetti radiali rigidi a sfere



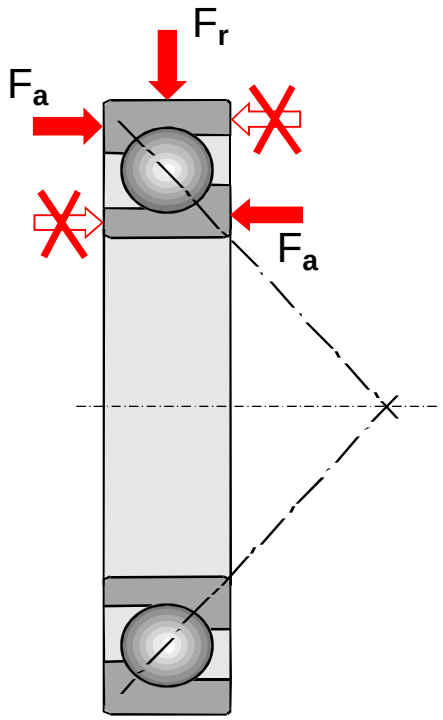


Per effetto dello sfavorevole angolo di pressione, una piccola forza assiale fa nascere una grande forza risultante

Cuscinetti radiali a sfere a contatto obliquo

SCHAEFFLER

angolo di pressione 40 °

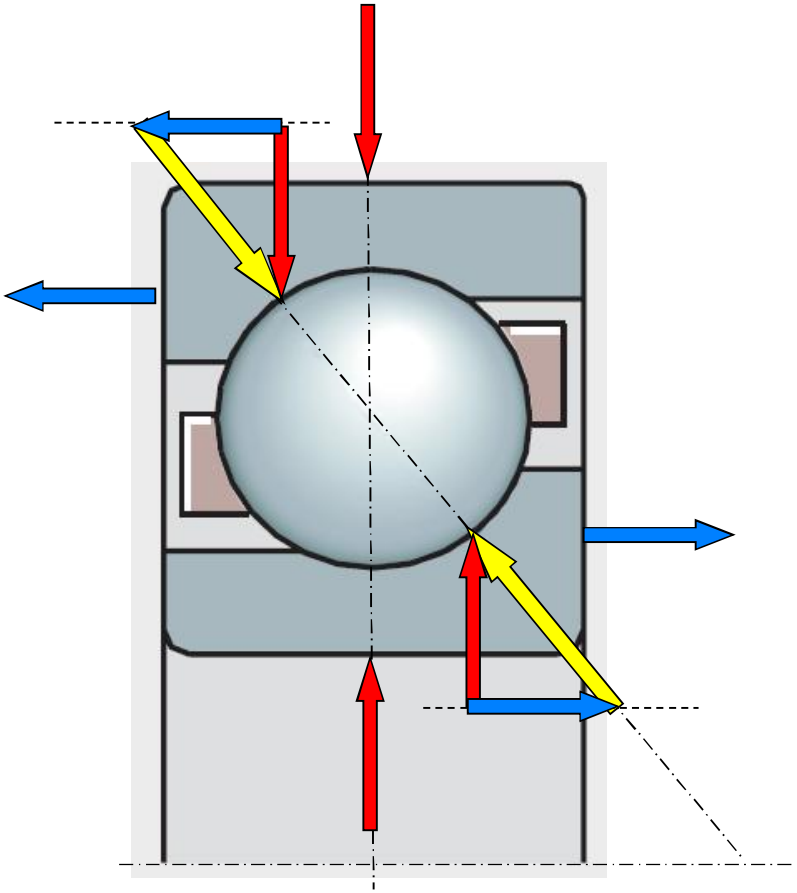




Cuscinetti radiali a sfere a contatto obliquo

Effetto di un carico radiale

SCHAEFFLER

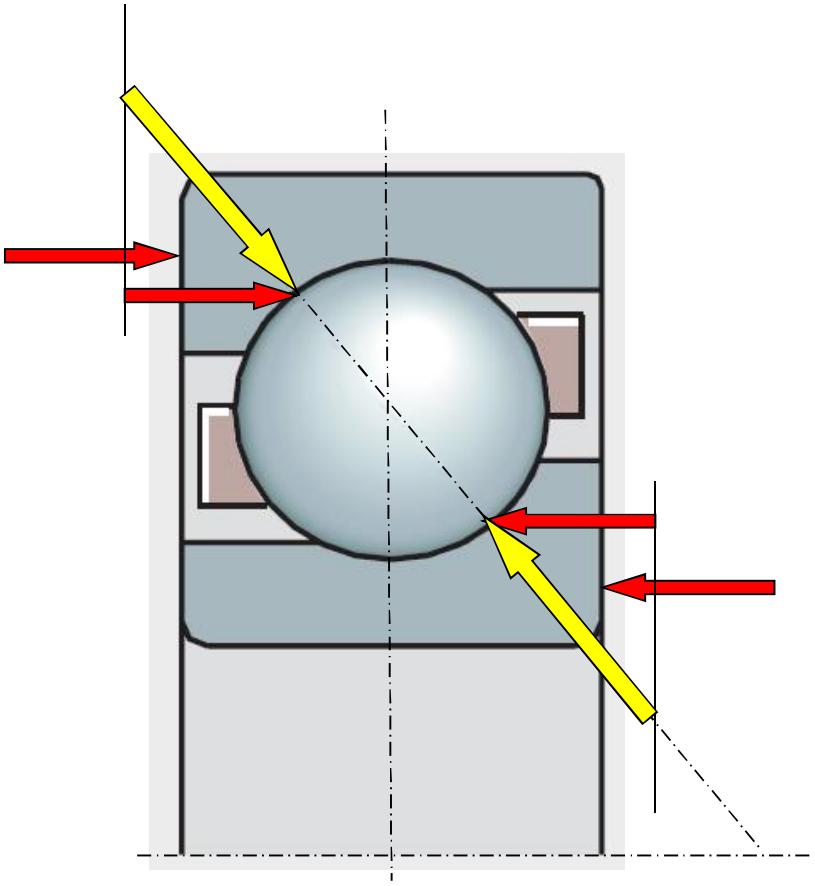


L'angolo di pressione fa sì che un carico radiale generi un carico assiale sull'albero

Cuscinetti radiali a sfere a contatto obliquo

Effetto di un carico assiale

SCHAEFFLER

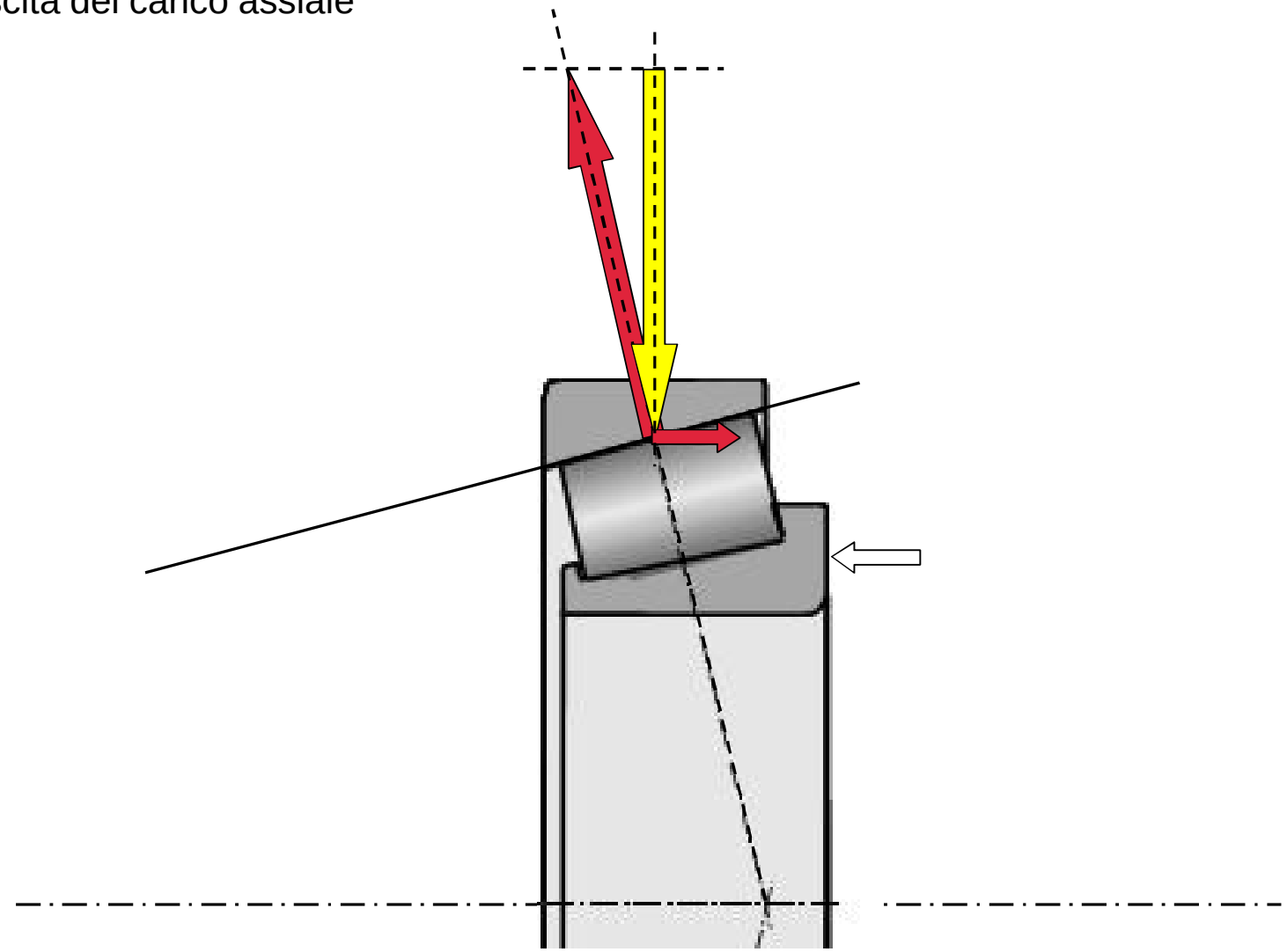


L'angolo di pressione fa sì che un carico assiale possa essere sopportato senza generare eccessive tensioni

Cuscinetti a rulli conici

Nascita del carico assiale

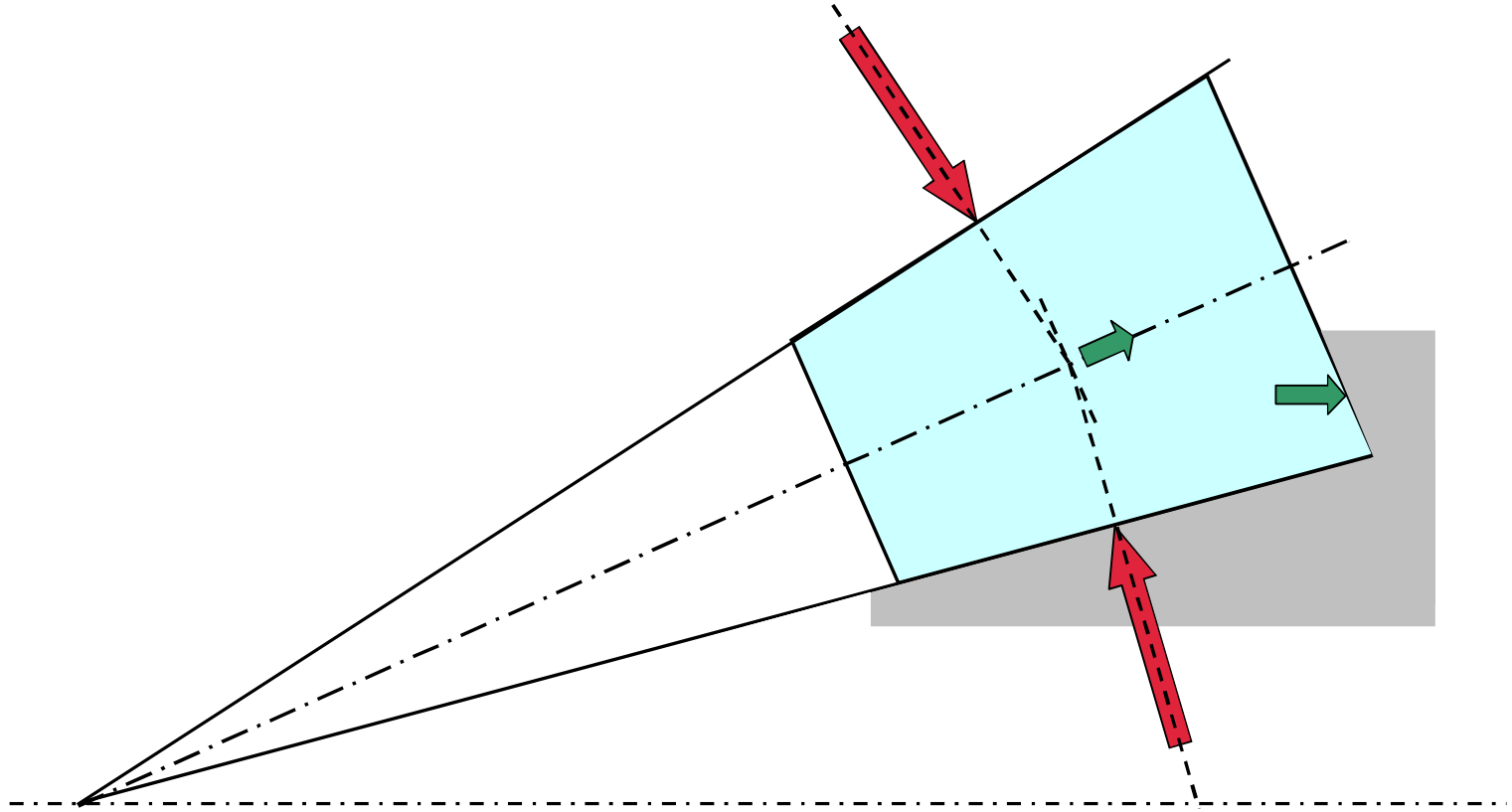
SCHAEFFLER



Cuscinetti a rulli conici

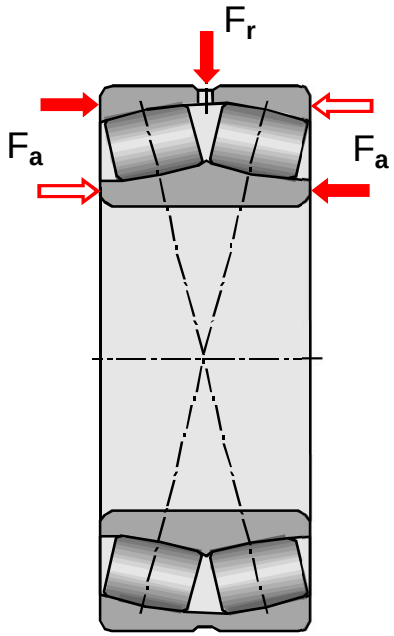
Carico assiale sul bordino

SCHAEFFLER



Cuscinetti orientabili a rulli
Caratteristiche

SCHAEFFLER



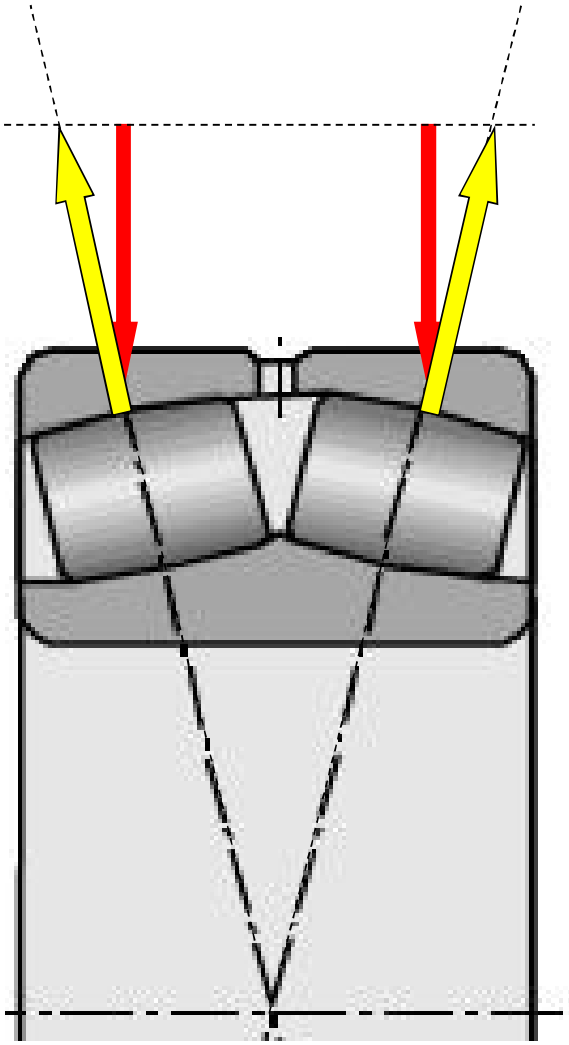
Design
-E1



Cuscinetti orientabili a rulli

Effetto di un carico radiale

SCHAEFFLER

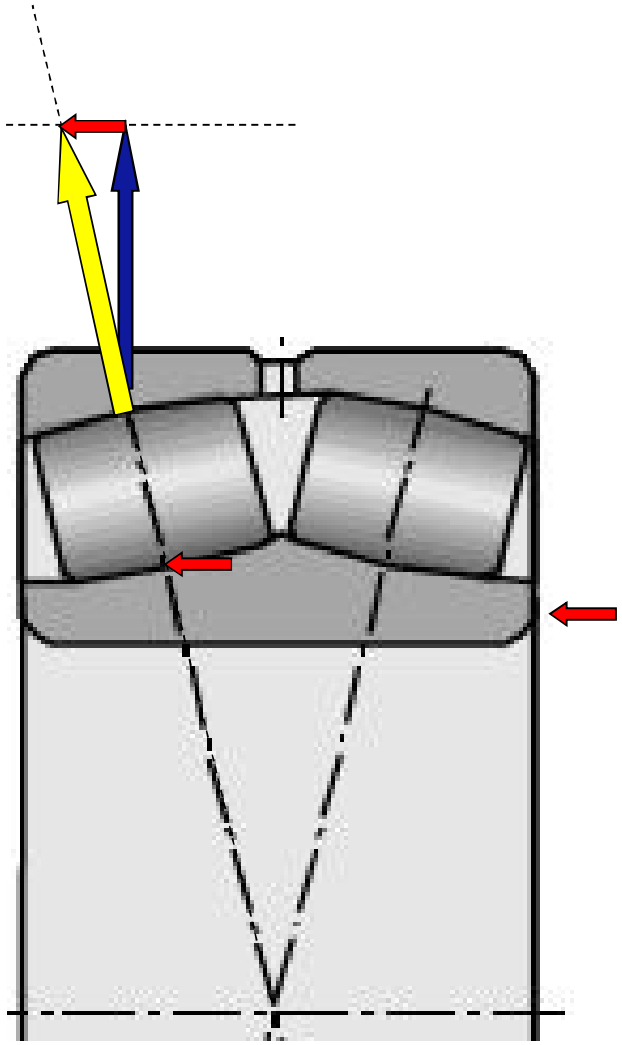


Per effetto dell'angolo di pressione, il carico radiale genera un leggero sovraccarico sui rulli

Cuscinetti orientabili a rulli

Effetto di un carico assiale

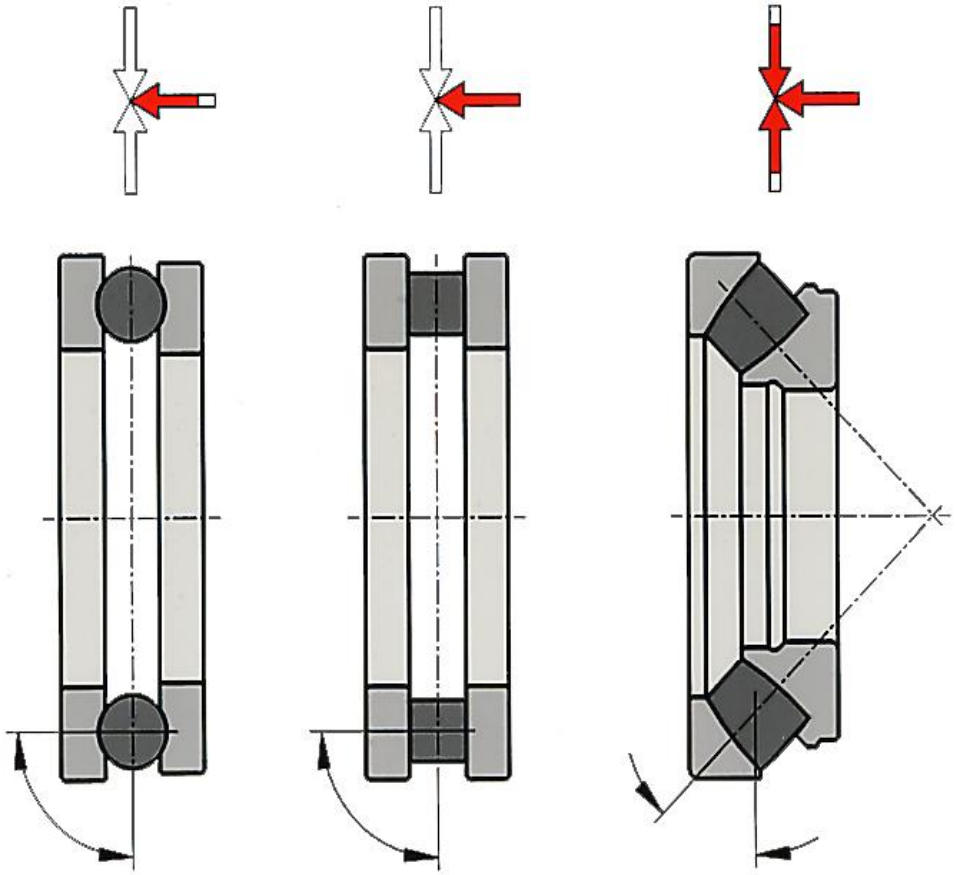
SCHAEFFLER



Per effetto dell'angolo di pressione, un leggero carico assiale genera un forte sovraccarico sui rulli

Carichi sopportabili dai cuscinetti assiali

SCHAEFFLER



$\alpha_0 = 90°$ $\alpha_0 = 90°$ $\alpha_0 > 45°$



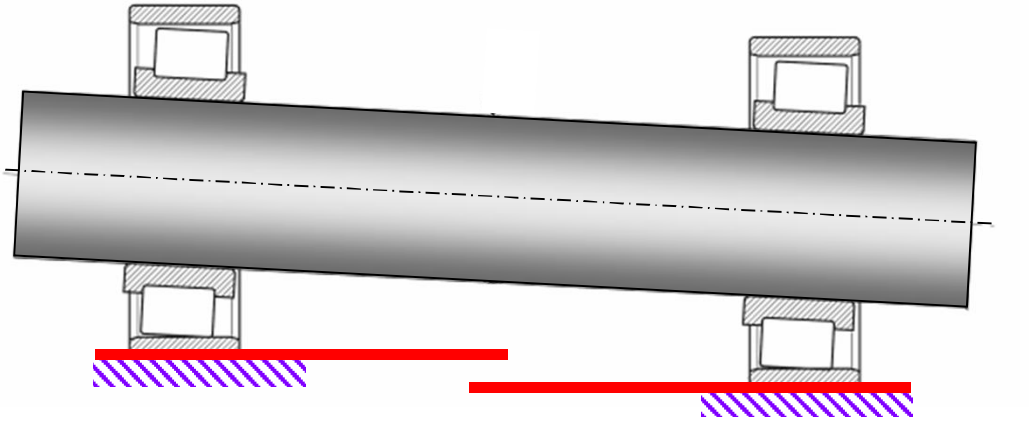
Compensazione di errori angolari

Caratteristiche dei cuscinetti volventi

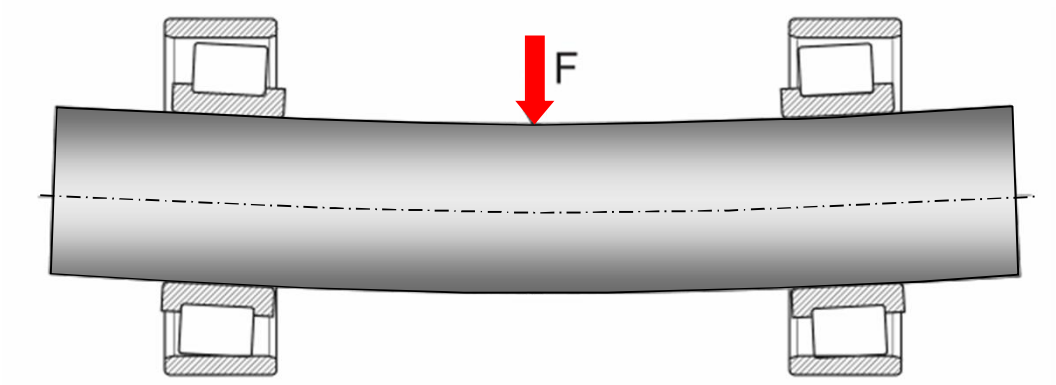
Disassamento

SCHAEFFLER

Disassamento



Flessione

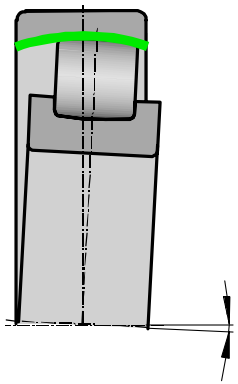


Caratteristiche dei cuscinetti volventi

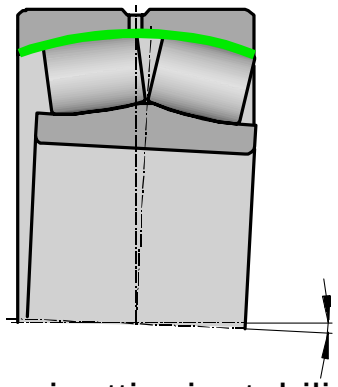
Cuscinetti volventi orientabili

SCHAEFFLER

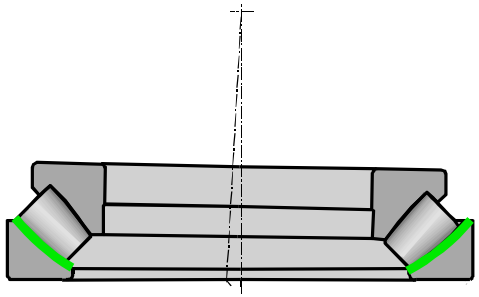
Dinamici



Cuscinetti a rulli a botte

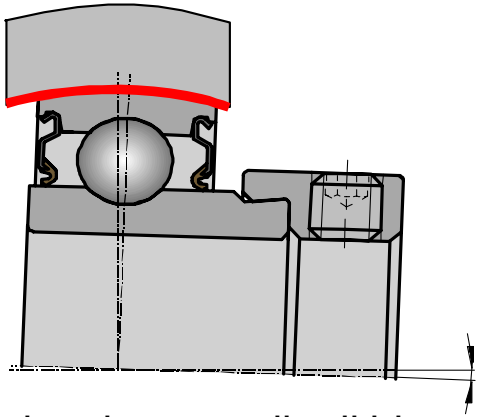


Cuscinetti orientabili a rulli

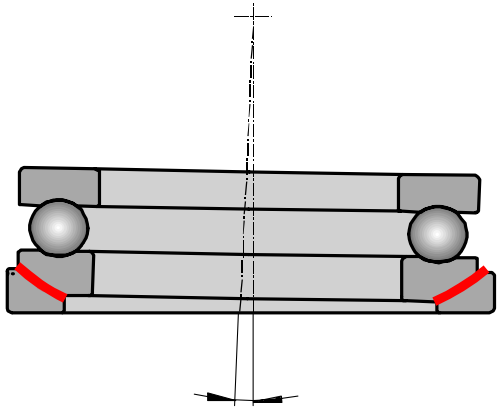


Cuscinetti assiali orientabili a rulli

Statici



Cuscinetti con anello di bloccaggio



Cuscinetti assiali rigidi a sfere con piastra di orientabilità

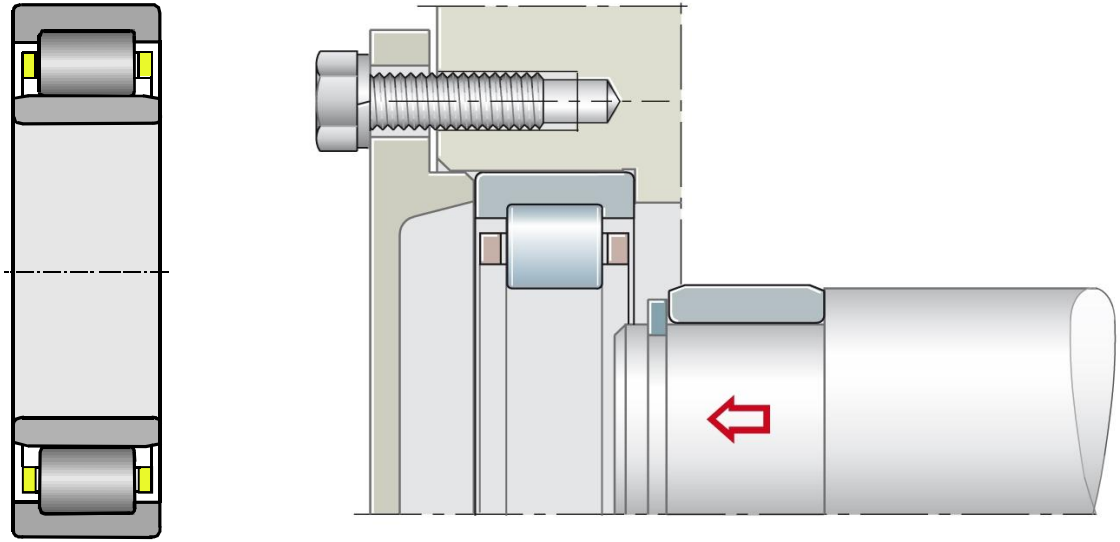


Scomponibilità

Caratteristiche dei cuscinetti volventi

Cuscinetti volventi scomponibili

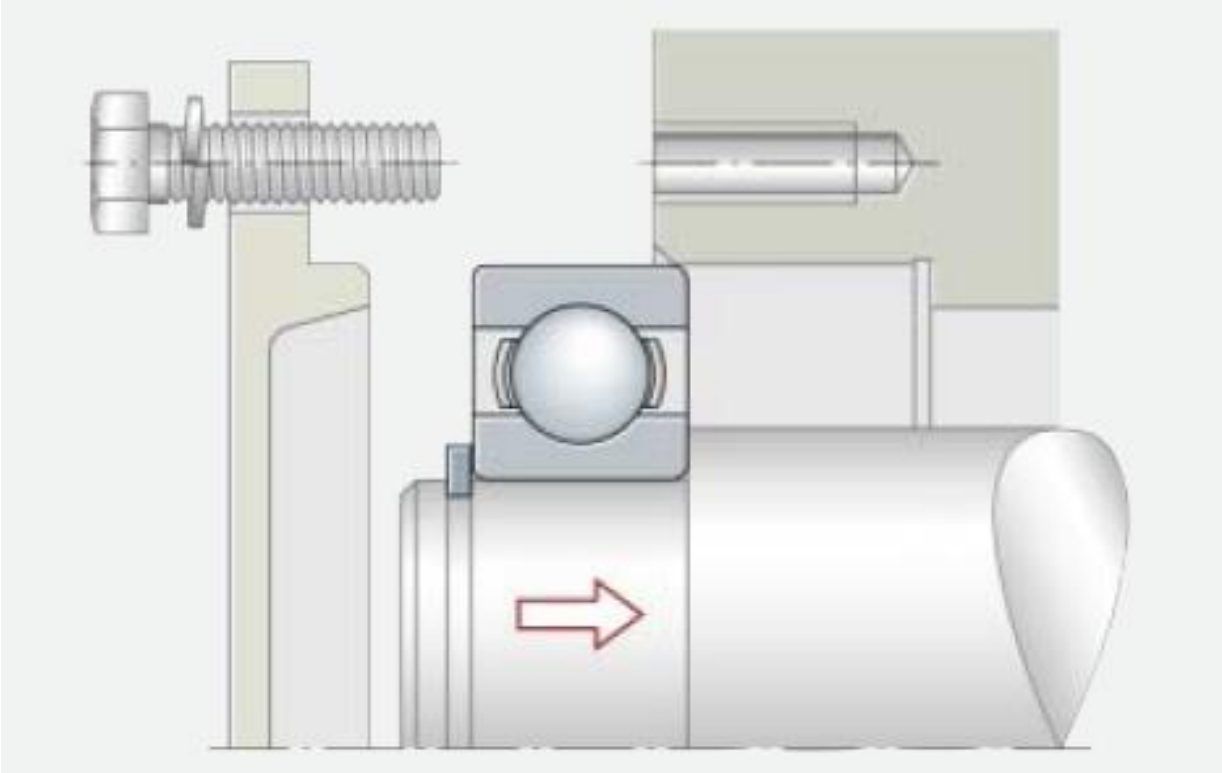
SCHAEFFLER



Caratteristiche dei cuscinetti volventi

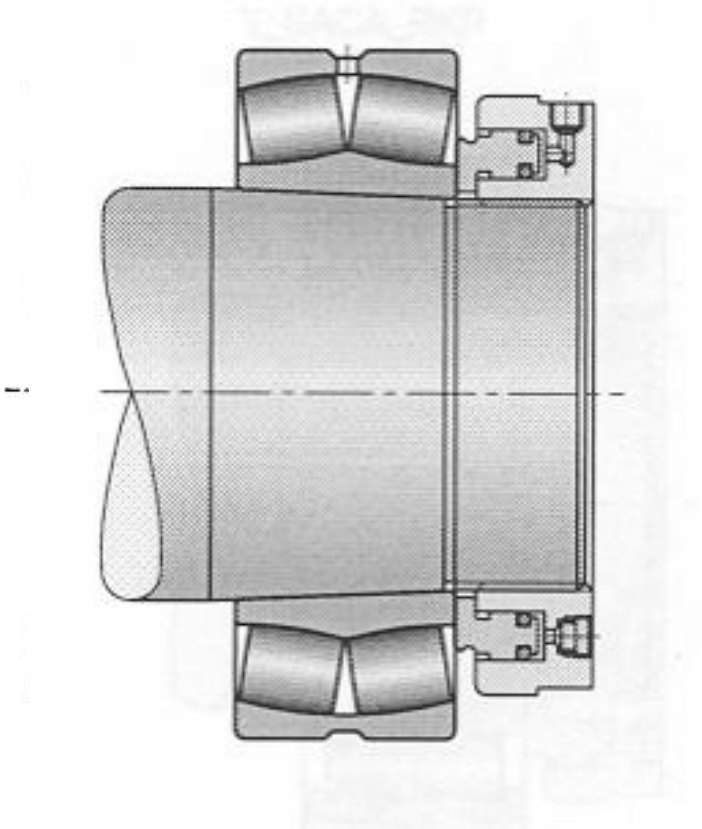
Cuscinetti volventi non scomponibili

SCHAEFFLER

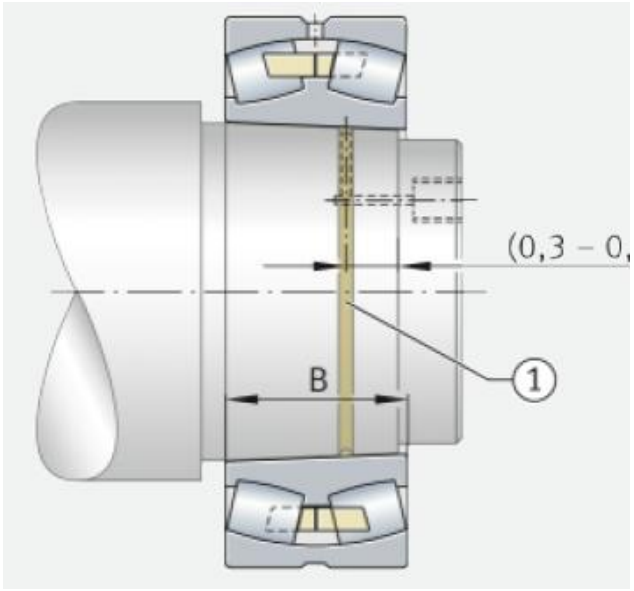


Caratteristiche dei cuscinetti volventi

Cuscinetti volventi non scomponibili







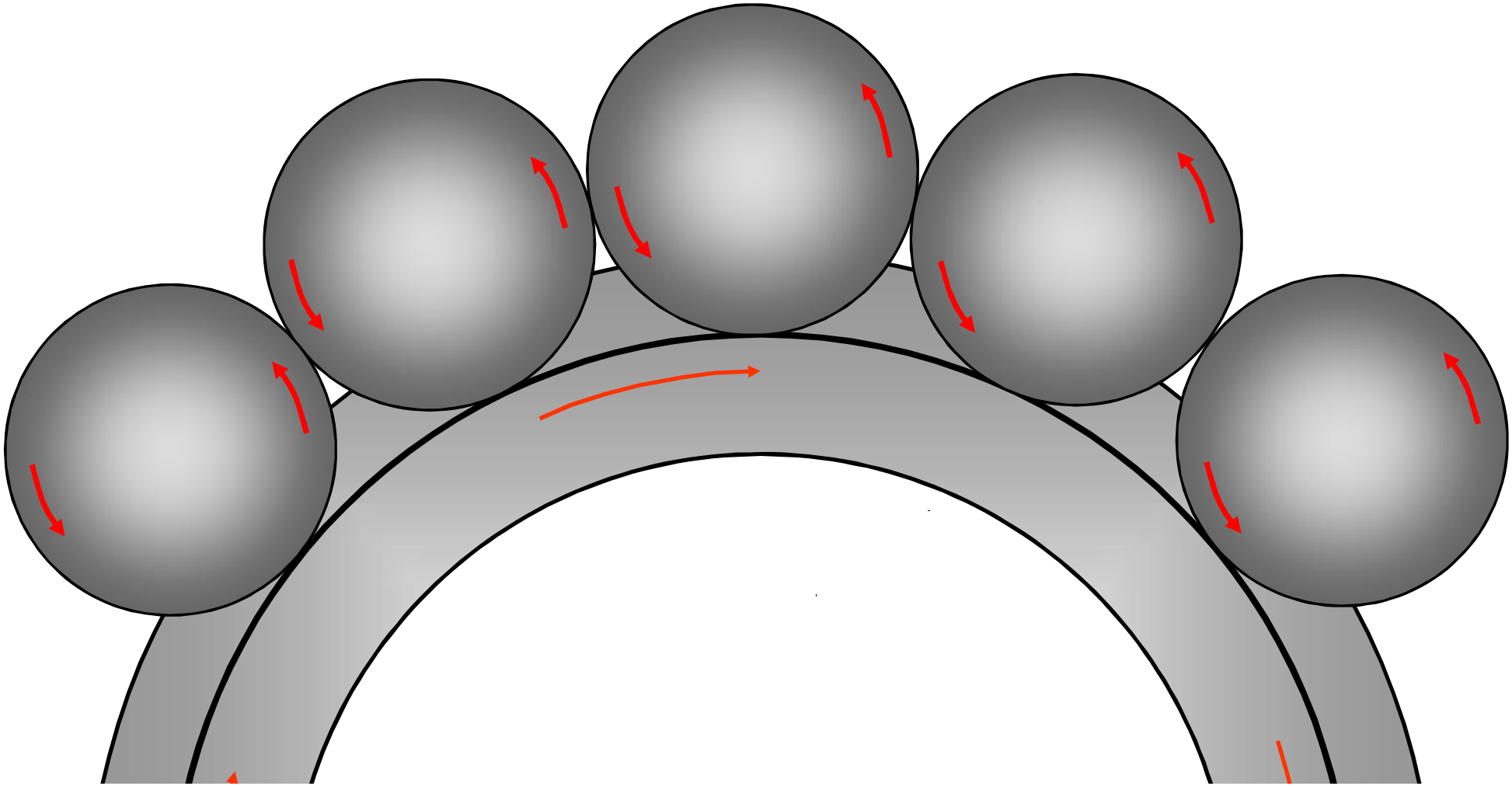


Nozioni di base

Gabbie

Generalità sui cuscinetti volventi

Pieno riempimenti di sfere - Attriti

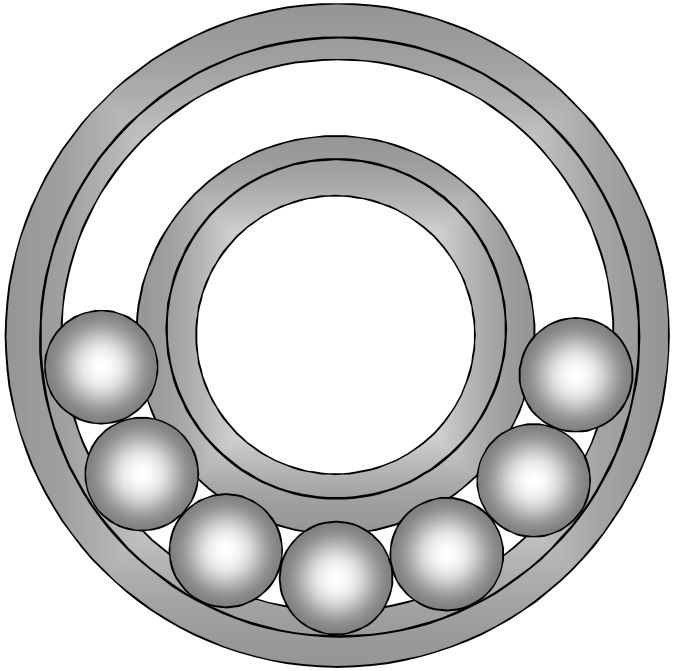


Caratteristiche dei cuscinetti volventi
Gabbia dei cuscinetti volventi

SCHAEFFLER

Quali sono le funzioni della gabbia?

1. Separa i corpi volventi gli uni dagli altri
2. Mantiene i corpi volventi alla medesima distanza gli uni dagli altri
3. Nei cuscinetti i cui singoli componenti possono essere separati o allontanati gli uni dagli altri, previene un’eventuale fuoriuscita dei corpi volventi

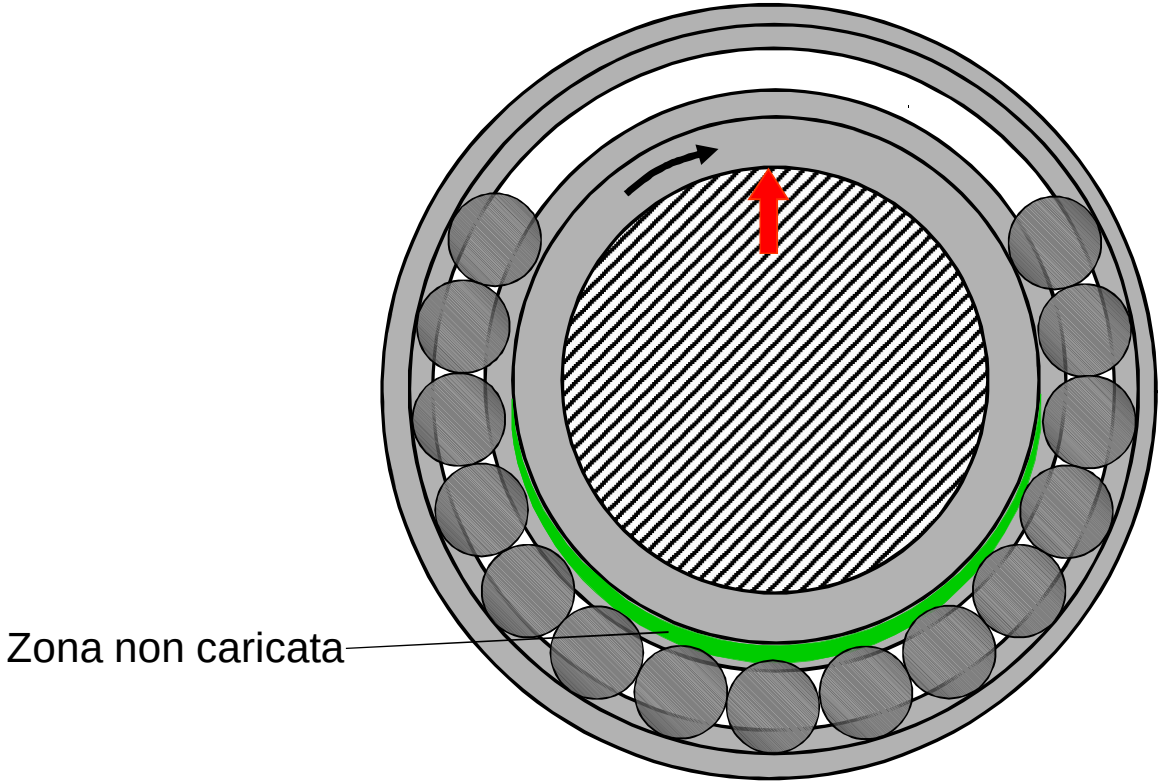


Caratteristiche dei cuscinetti volventi

Gabbia dei cuscinetti volventi

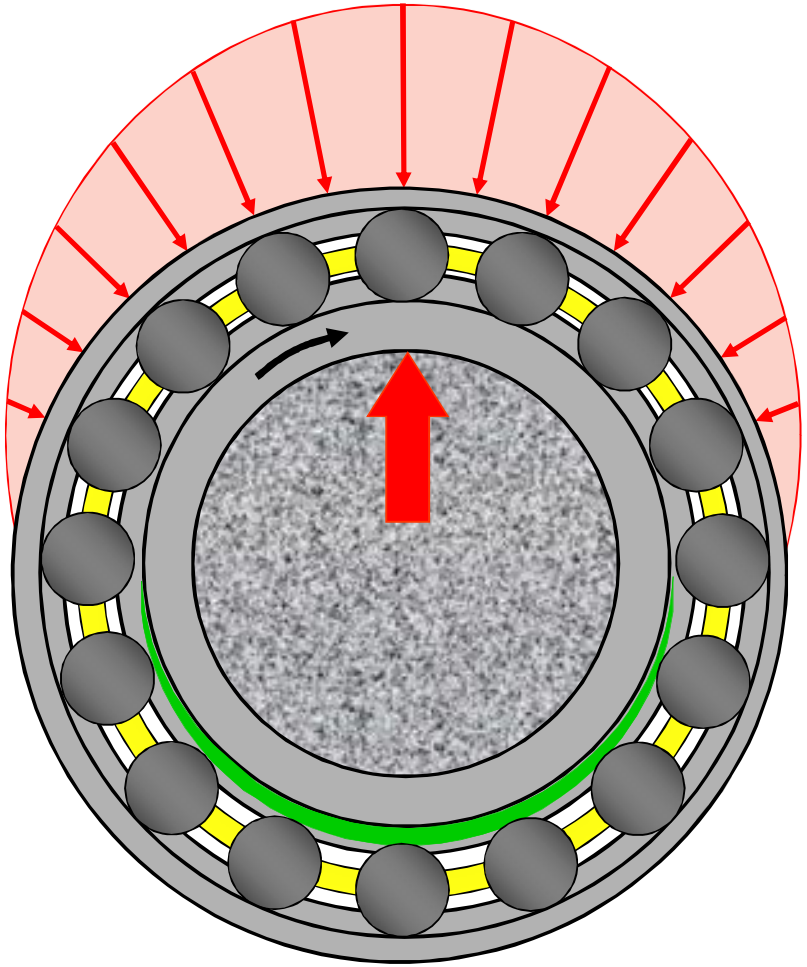
Quali altre funzioni ha la gabbia?

4. Guida i corpi volventi al di fuori della zona non caricata del cuscinetto



Caratteristiche dei cuscinetti volventi

Gabbia dei cuscinetti volventi



Generalità sui cuscinetti volventi

Gabbia in lamiera

SCHAEFFLER

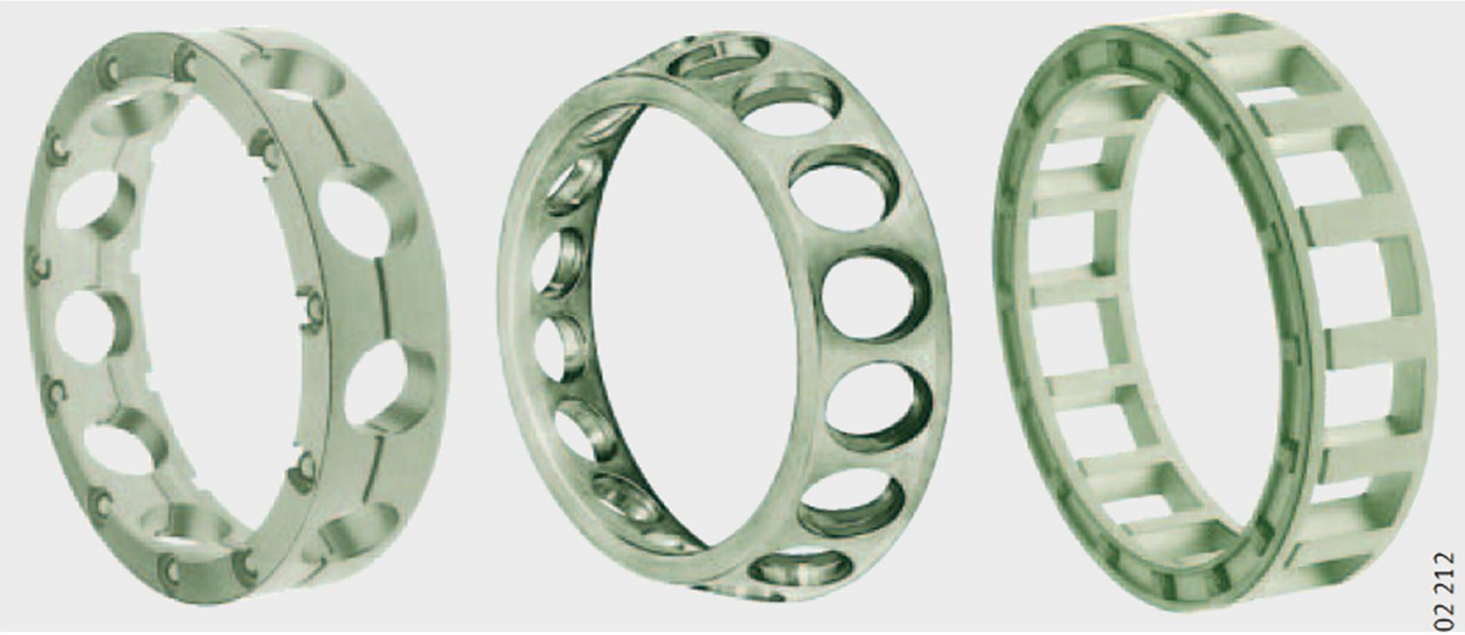


J **JN** **JPA**

Generalità sui cuscinetti volventi

Gabbia massiccia in ottone

SCHAEFFLER



M **MP** **M1**

Generalità sui cuscinetti volventi

Gabbie massicce in plastica

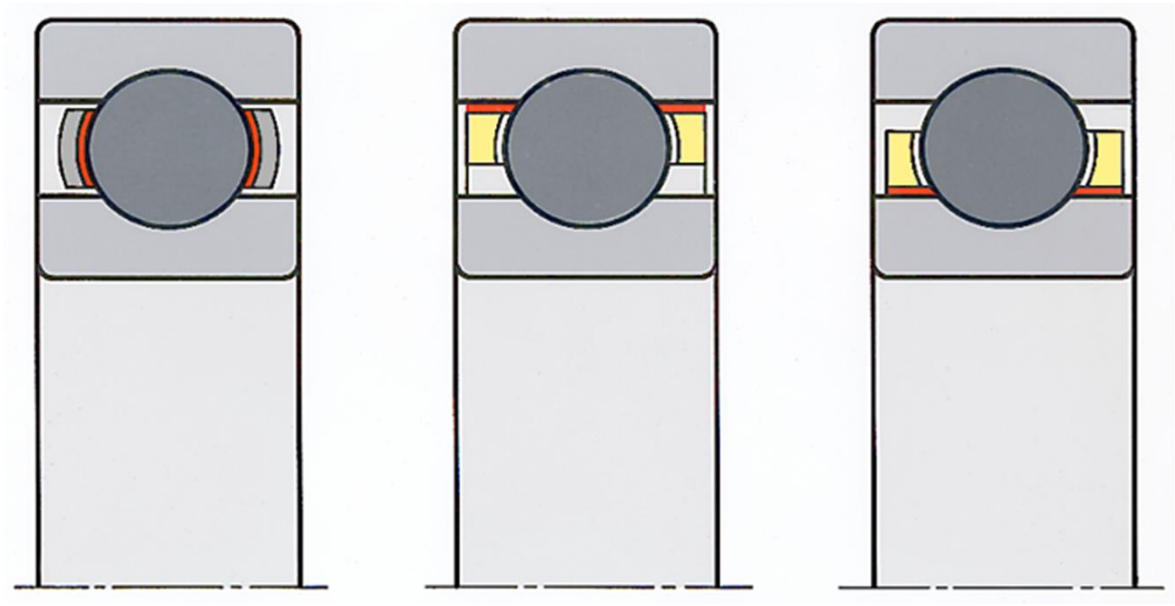
SCHAEFFLER



TVP **TVP2** **TVH**

Generalità sui cuscinetti volventi

Gabbia



Guida sui corpi volventi

Guida sull'anello esterno
Suffisso **A**

Guida sull'anello interno
Suffisso **B**

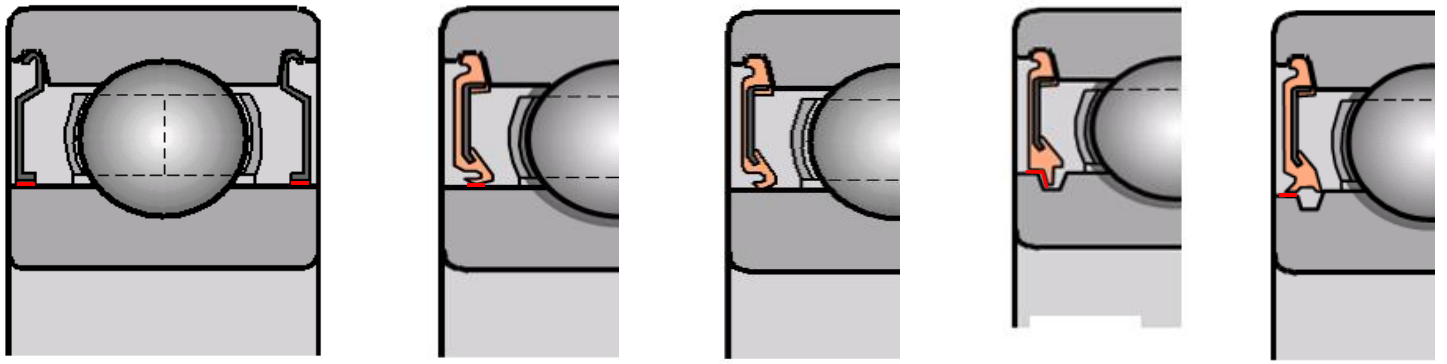


Nozioni di base

Tenute

Tenute integrate nei cuscinetti

SCHAEFFLER



Z opp. 2Z **RSD** **RSR** **BRS** **URS**

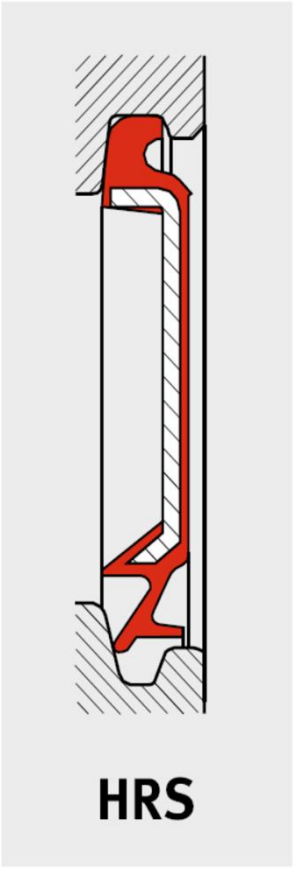
Z	schermo	senza contatto	- lamiera d'acciaio
RSD	anello di tenuta	senza contatto	- NBR con armatura
RS / RSR	anello di tenuta	a contatto	- NBR con armatura
BRS	tenuta a labirinto	senza contatto	- NBR con armatura
URS	tenuta a labbro	a contatato	- NBR con armatura

Stato dell'arte - Tenute HRS

SCHAEFFLER

Caratteristiche tecniche:

- **Tenuta HRS innovativa con una geometria del labbro di nuovo design**
- **Contatto assiale tra anello interno e labbro di tenuta**
- **Protezione per uscita grasso e ingresso impurità**

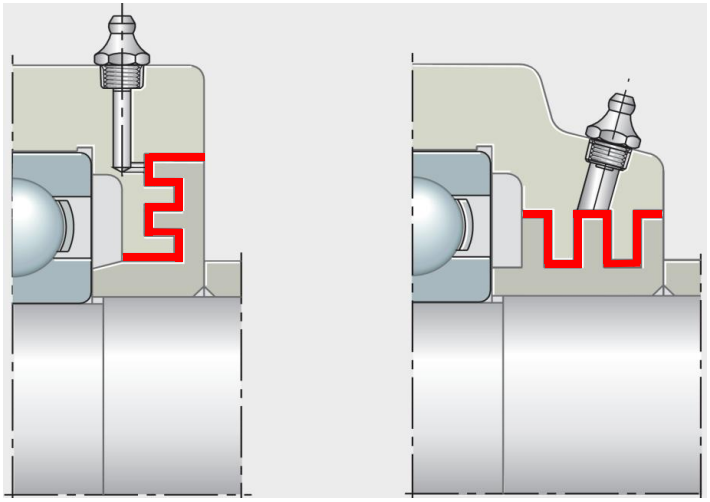


Tenute esterne al cuscinetto

Senza contatto

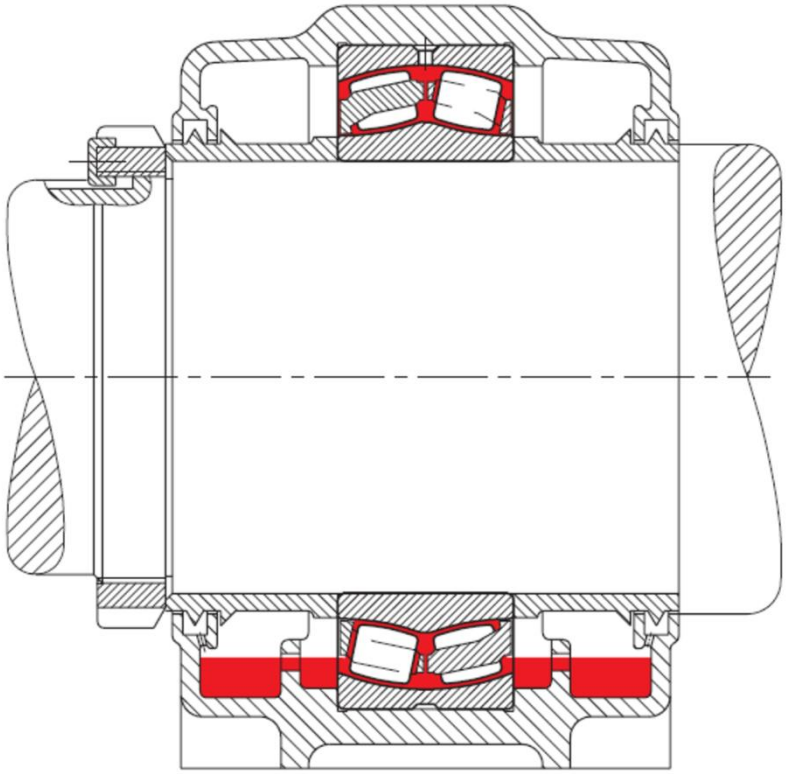
SCHAEFFLER

Tenute a labirinto



Tenute esterne al cuscinetto

Senza contatto



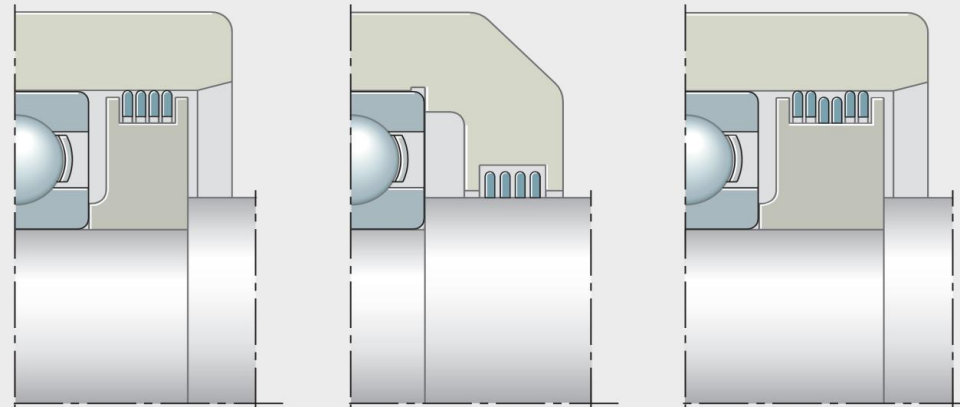
Nei supporti di grandi dimensioni, che prevedono grandi quantità di olio, il serbatoio dovrebbe essere diviso da pareti con fori per il passaggio dell'olio. In questo modo si ottiene che, soprattutto alle velocità elevate, non tutta la quantità disponibile di olio si metta in movimento. Le impurità si depositano nelle camere laterali e non vengono continuamente interessate dalla zona di turbolenza

Tenute esterne al cuscinetto

Contatti striscianti

SCHAEFFLER

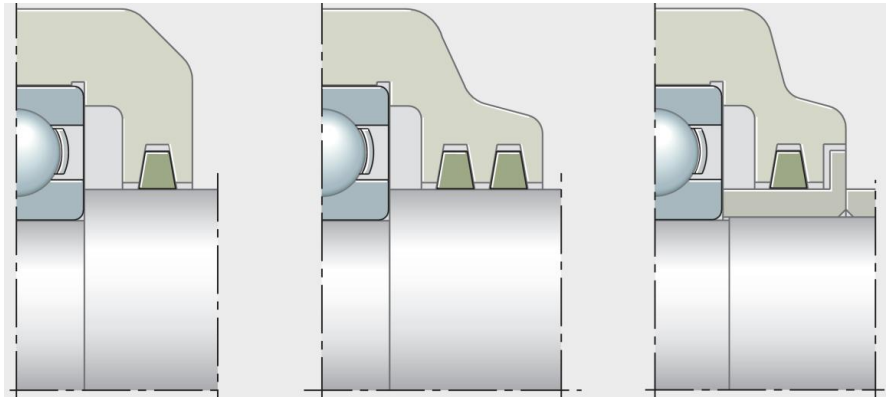
Anelli lamellari



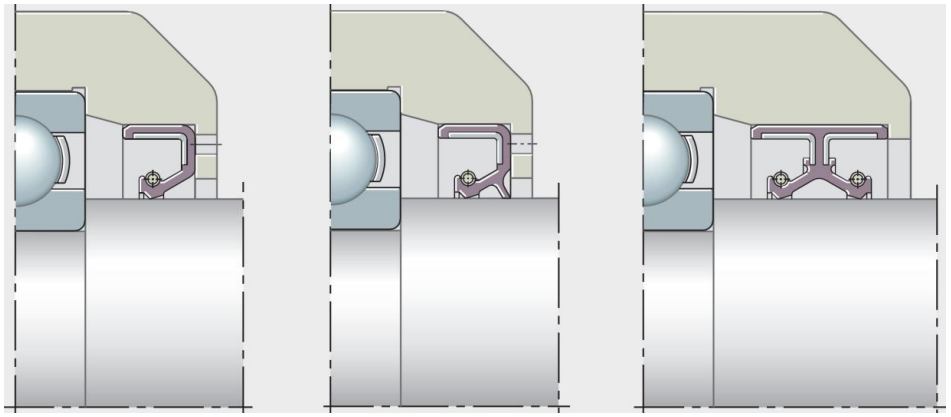
Tenute esterne al cuscinetto
Contatti striscianti

SCHAEFFLER

Anelli o nastri in feltro



Tenute radiali per alberi





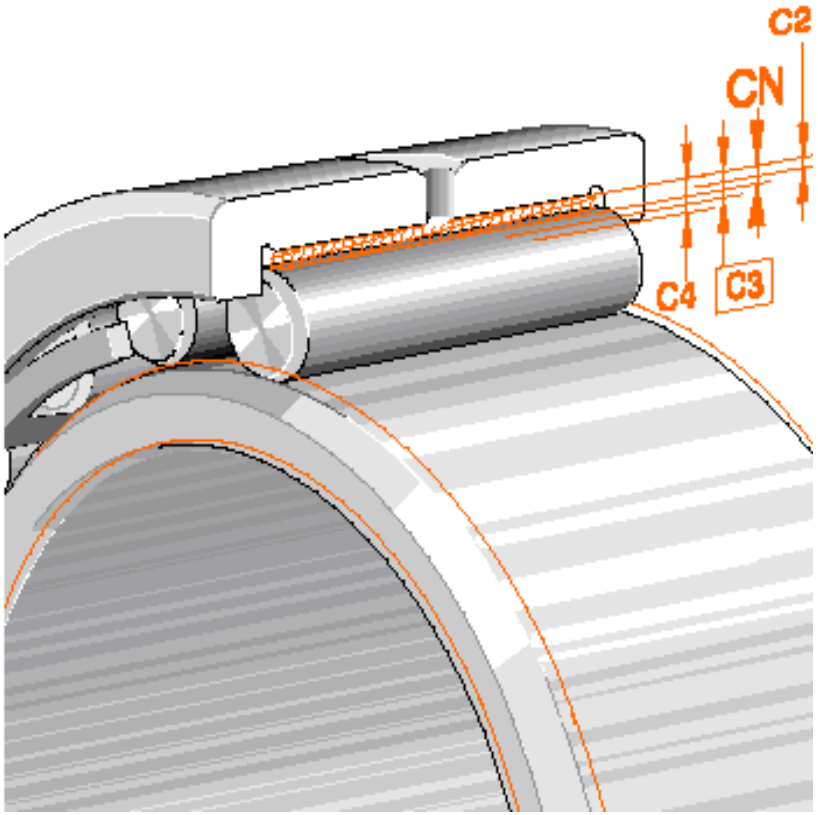
Nozioni di base

Giochi

Gioco del cuscinetto

Definizione

Il gioco del cuscinetto – in caso di cuscinetto non montato – **è lo spazio** entro cui gli anelli del cuscinetto possono essere spostati da un'estremità all'altra in direzione assiale o radiale. Si distingue tra gioco assiale e gioco radiale.

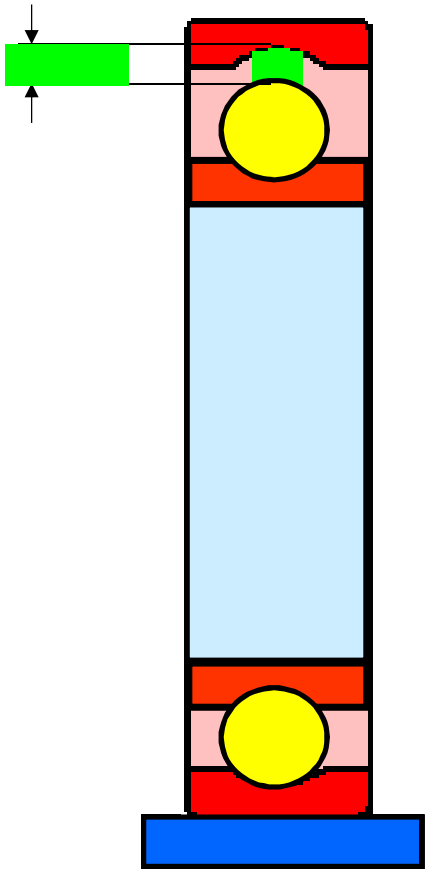


Gioco del cuscinetto

Gioco radiale

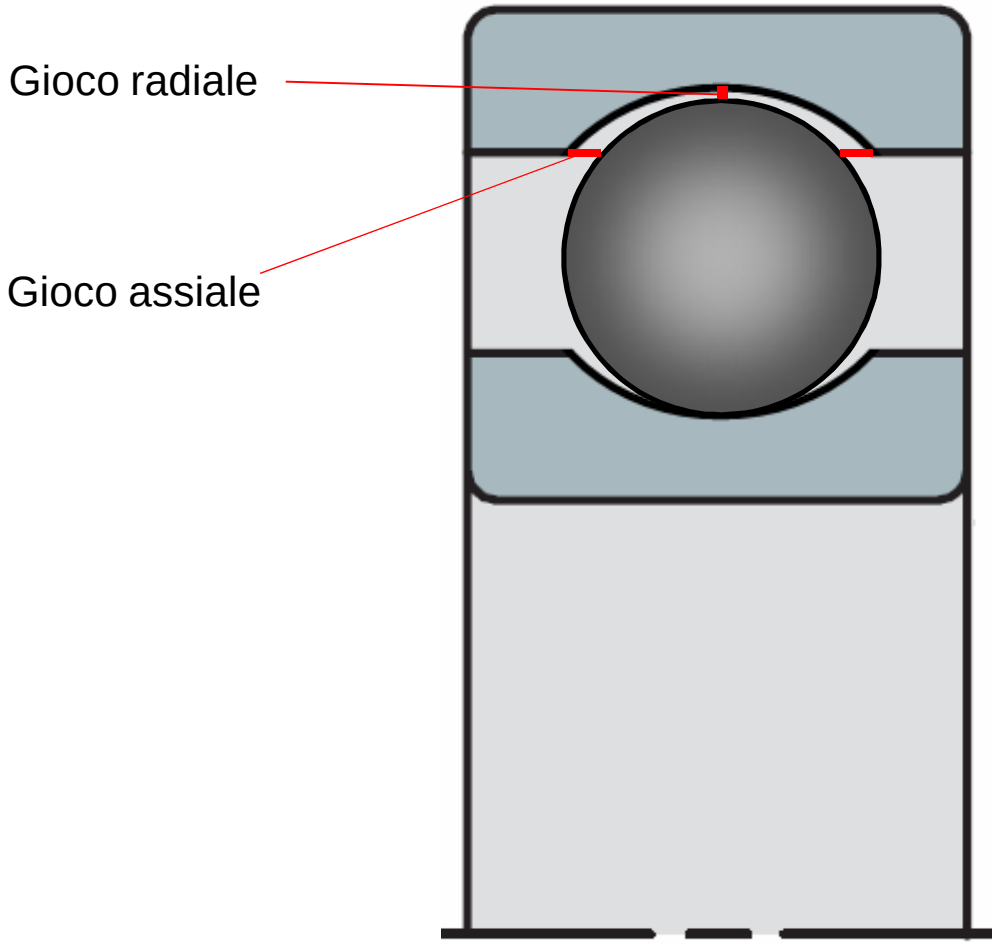
SCHAEFFLER

Gioco radiale



Gioco radiale / gioco assiale

Relazioni geometriche



Gioco del cuscinetto

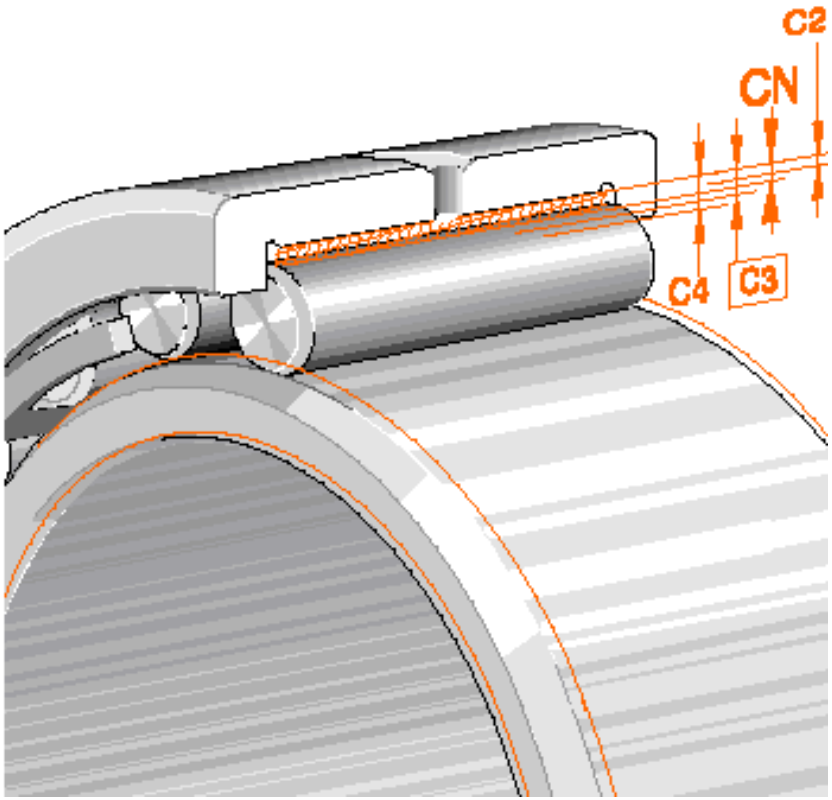
Categorie di giochi radiali

SCHAEFFLER

Le categorie di giochi radiali sono stabilite nella DIN 620, sezione 4.

C1	**inferiore a C2**
C2	**inferiore al normale**
CN[1]	**gioco normale, in genere non specificato**
C3	**superiore al normale**
C4	**superiore a C3**

[1)] in passato C0



Cuscinetti radiali rigidi a sfere

Gioco radiale

SCHAEFFLER

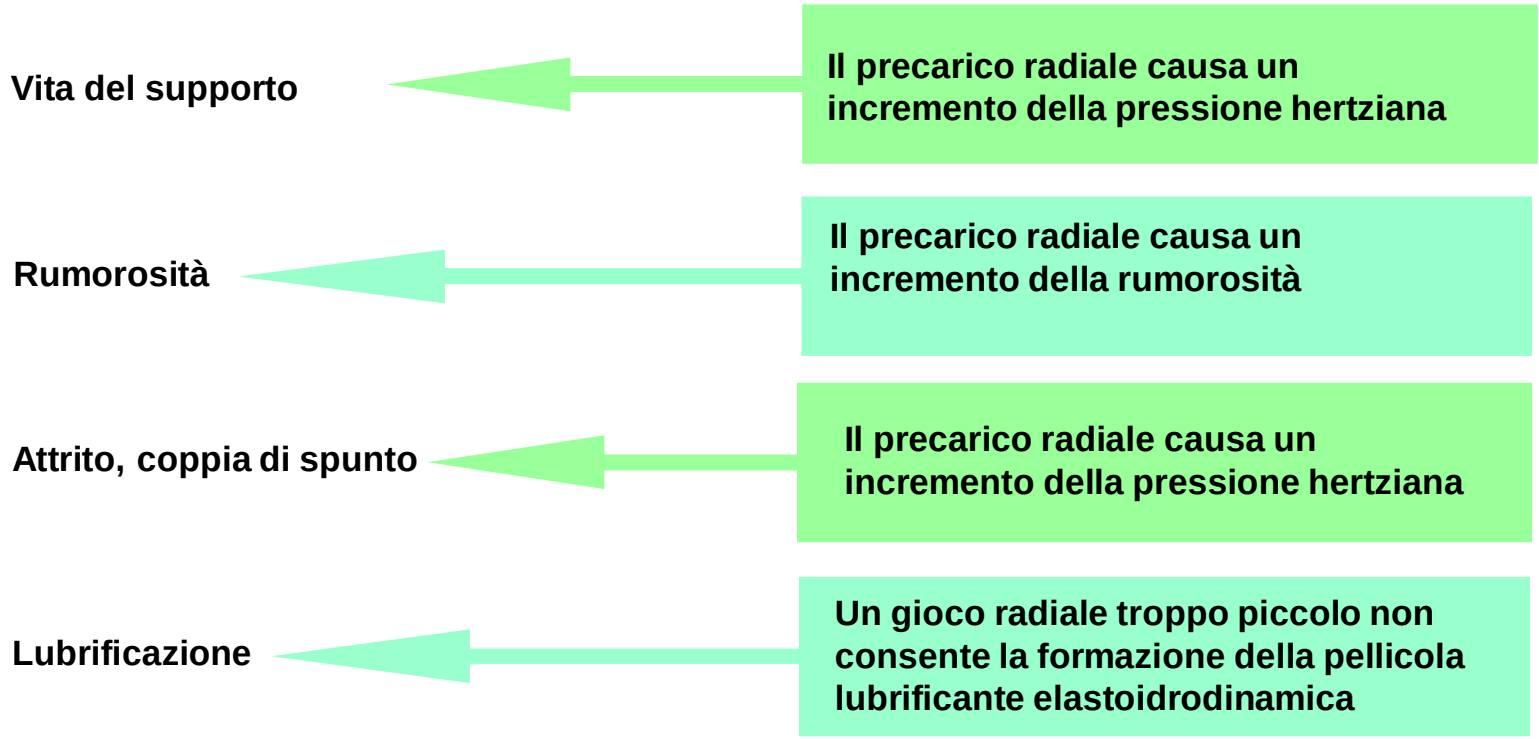
Esempio:
6008-C3

Foro d mm		Gioco radiale							
		C2 µm		CN µm		C3 µm		C4 µm	
oltre	fino a	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
2,5	6	0	7	2	13	8	23	–	–
6	10	0	7	2	13	8	23	14	29
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41
30	40	1	11	6	20	**15**	**33**	28	46
40	50	1	11	6	23			30	51
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71

Gioco radiale / gioco assiale

Gioco radiale e assiale

È importante perchè ha impatto su …



Un gioco radiale errato è causa di cattive prestazioni

Giochi

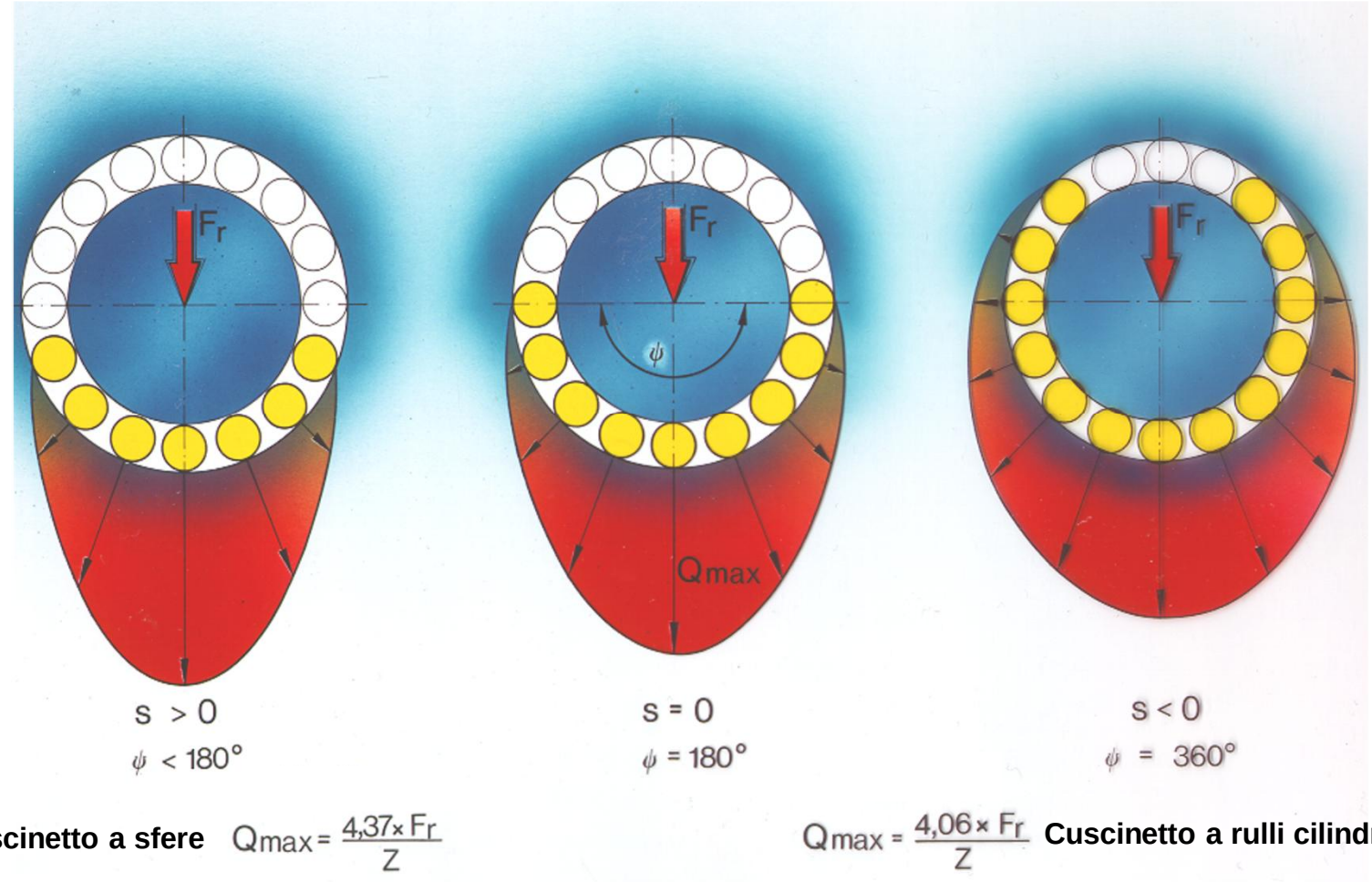
SCHAEFFLER

Gruppi di gioco radiale

Gruppo	Suffisso	Classificazione	Spettro di applicazione
CN	nessun suffisso	Gioco normale (standard)	Utilizzabile per: ■ condizioni d'esercizio normali per tolleranze albero/alloggiamento come nel "gioco d'esercizio" e "struttura del supporto"
C3		Gioco radiale >CN (Esecuzione speciale)	Utilizzabile per: ■ Accoppiamenti forzati degli anelli del cuscinetto ■ Grande differenza di temperatura tra anello interno ed esterno
C4		Gioco >C3	
C5		Gioco >C4	
C2		Gioco radiale <CN	Utilizzabile per: ■ forti variazioni di carico abbinate a movimenti di oscillazione  Osservare attentamente il cuscinetto, dato che si potrebbero verificare forti riscaldamenti.

Accoppiamento forzato – influenza sul gioco radiale

Influenza del gioco sulla distribuzione del carico



Cuscinetto a sfere $Q_{max} = \frac{4{,}37 \times F_r}{Z}$

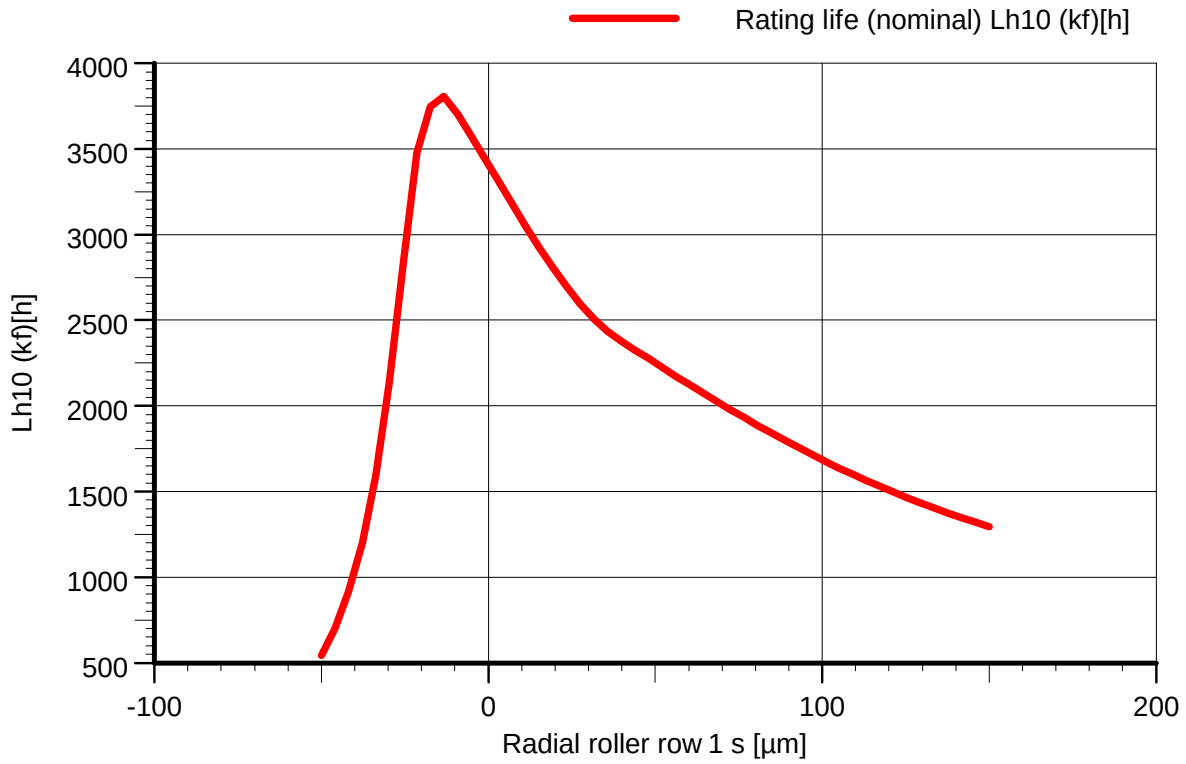
$Q_{max} = \frac{4{,}06 \times F_r}{Z}$ **Cuscinetto a rulli cilindrici**

Progettazione delle sedi
Influenza del precarico sulla durata

SCHAEFFLER

Cuscinetto NJ2210

P = 20.000 N
n = 1.000 rpm
C_N : 0,030 – 0,060 mm



Nozioni di base

Precisione



SCHAEFFLER

Classi di tolleranza

Nessun suffisso	**classe di tolleranza PN “Normale” (prima P0)**
P6	**precisione superiore a PN**
P5	**precisione superiore a P6**
P4	**precisione superiore a P5**
P4S	**tolleranze di forma e dimensione secondo P4, tolleranze di rotazione secondo P2**
P2	**precisione superiore a P4**

Precisione

SCHAEFFLER

Sigle di misura e simboli di tolleranza

Definizioni e simboli di tolleranza	Caratteristica con tolleranza secondo DIN 1132 e DIN 620
d	Diametro nominale del foro
Δ_{dmp}	Scostamento del diametro medio del foro in un singolo piano
Δ_{d1mp}	Scostamento del diametro medio grande per fori conici
V_{dsp}	Variazione di un singolo diametro del foro in un piano singolo
V_{dmp}	Variazione del diametro medio del foro
D	Diametro nominale del mantello esterno
Δ_{Dmp}	Scostamento del diametro medio del mantello in un piano singolo
V_{Dsp}	Variazione di un singolo diametro del mantello in un piano singolo
V_{Dmp}	Variazione del diametro medio del mantello esterno
B	Larghezza nominale dell'anello interno
Δ_{Bs}	Scostamento di una singola misura della larghezza dell'anello interno
V_{Bs}	Variazione della larghezza dell'anello interno
C	Larghezza nominale dell'anello esterno
Δ_{Cs}	Scostamento di una singola misura della larghezza dell'anello esterno
V_{Cs}	Variazione della larghezza dell'anello esterno
K_{ia}	Eccentricità di rotazione radiale dell'anello interno nel cuscinetto assemblato
K_{ea}	Eccentricità di rotazione radiale dell'anello esterno nel cuscinetto assemblato
S_d	Difetto di quadratura delle facce frontali rispetto al foro
S_D	Variazione dell'inclinazione della linea del mantello esterno riferita alla superficie laterale
S_{ia}	Eccentricità di rotazione assiale dell'anello interno nel cuscinetto assemblato
S_{ea}	Eccentricità di rotazione assiale dell'anello esterno nel cuscinetto assemblato
S_i	Variazione dello spessore di una ralla per albero
S_e	Variazione dello spessore di una ralla per alloggiamento
T	Altezza nominale di un cuscinetto assiale a semplice effetto

Precisione

Cuscinetti radiali

SCHAEFFLER

Cuscinetto : 6006 – tolleranza foro ?

Cuscinetto 6006 P5 – tolleranza foro ?

Classe di tolleranza PN
anello interno
tolleranze in µm

d mm		Δ_{dmp} Scostamento		V_{dsp} Serie dei diametri			V_{dmp}	K_{ia}
				9	0, 1	2, 3, 4		
oltre	fino a	superiore	inferiore	max.	max.	max.	max.	max.
0,6[1)]	2,5	0	−8	10	8	6	6	10
2,5	10	0	−8	10	8	6	6	10
10	18	0	−8	10	8	6	6	10
18	30	0	−10	13	10	8	8	13
30	50	0	−12	15	12	9	9	15

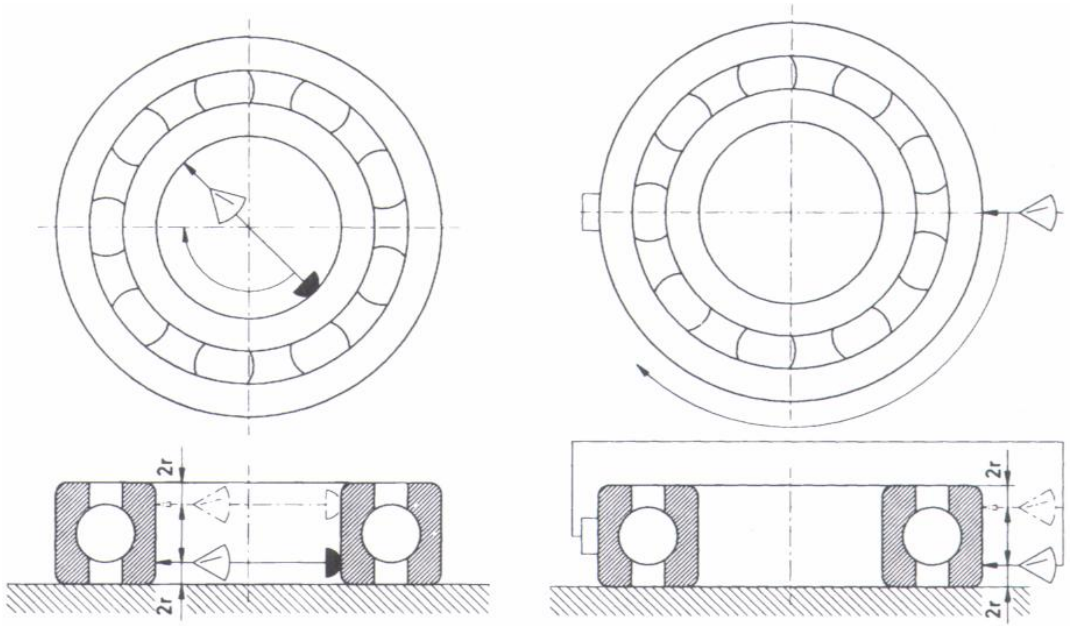
Classe di tolleranza P5
anello interno
tolleranze in µm

d mm		Δ_{dmp} Scostamento		V_{dsp} Serie dei diametri		V_{dmp}	K_{ia}	S_d
				9	0, 1, 2, 3, 4			
oltre	fino a	superiore	inferiore	max.	max.	max.	max.	max.
0,6[1)]	2,5	0	−5	5	4	3	4	7
2,5	10	0	−5	5	4	3	4	7
10	18	0	−5	5	4	3	4	7
18	30	0	−6	6	5	3	4	8
30	50	0	−8	8	6	4	5	8

Precisione

SCHAEFFLER

d_{mp} / D_{mp}
V_{dmp} / V_{Dmp}

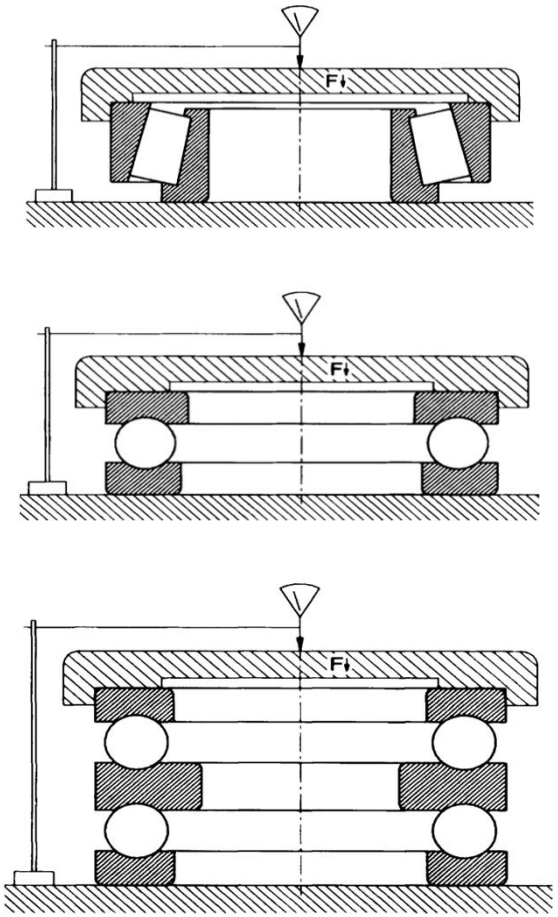


Misurazione su due punti del diametro del foro d e del diametro esterno D.
Il diametro medio (dmp, Dmp) in un piano di misura è calcolato sulla base dei valori massimo e minimo determinati nel piano.
La variazione (Vdmp, VDmp - parallelismo) del diametro medio è la differenza tra il massimo ed il minimo diametro medio ottenuti da misurazioni su vari piani. I piani di misura devono trovarsi ad una distanza minima 2r dalla superficie frontale del cuscinetto.

SCHAEFFLER

Altezza - T

L'altezza T dei cuscinetti a rulli conici e dei cuscinetti assiali è misurata sull'asse del cuscinetto. Il comparatore è impostato alla quota T tramite cuscinetti campione. I cuscinetti sono caricati con 50 ± 5 N (in aggiunta al peso proprio) e sono fatti ruotare ripetutamente prima della misurazione. I rulli conici devono essere in contatto con il bordo del cono.

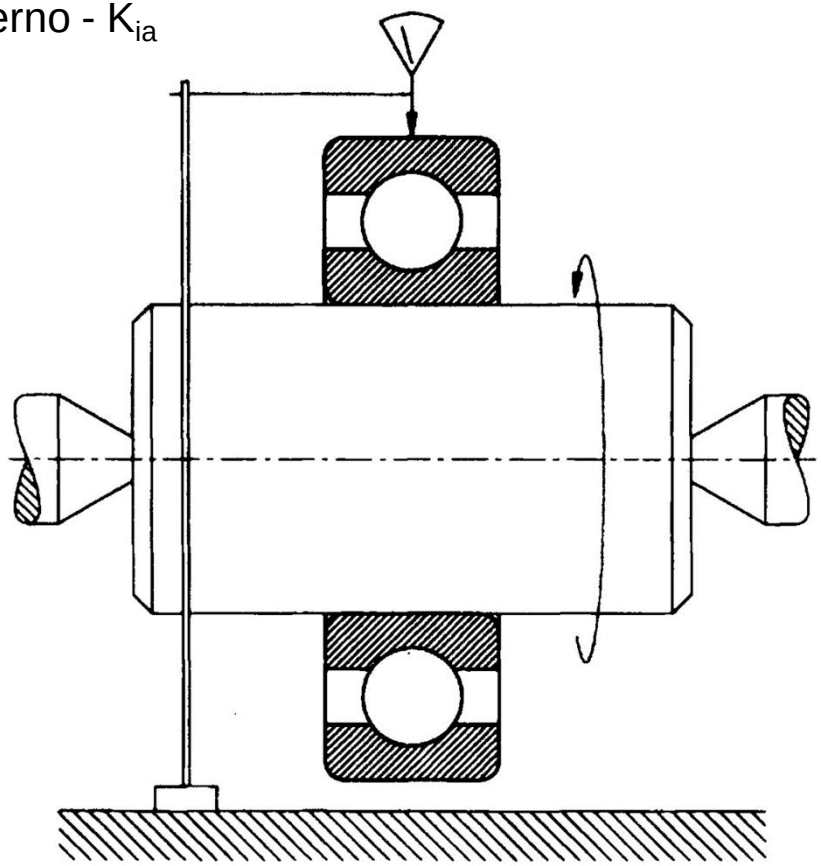


Precisione

SCHAEFFLER

Precisione di rotolamento dell'anello interno - K_{ia}

Precisione di rotolamento K_{ia} del cuscinetto assemblato con anello interno rotante La differenza tra il valore maggiore e minore misurato è la precisione di rotolamento dell'anello interno K_{ia}



Nozioni di base

Tolleranze di montaggio



Condizioni di rotazione

Con "condizione di rotazione" si intende il movimento relativo tra anelli e direzione del carico.

Carico circonferenziale/periferico (rotante)
Si ha una condizione di carico circonferenziale quando la direzione del carico è rotante rispetto agli anelli.
Ad ogni giro dell'anello in esame, ogni punto della pista di rotolamento è sottoposto a carico.



L'anello che vede il carico come carico circonferenziale va fissato sulla sede con accoppiamento forzato

Condizioni di rotazione

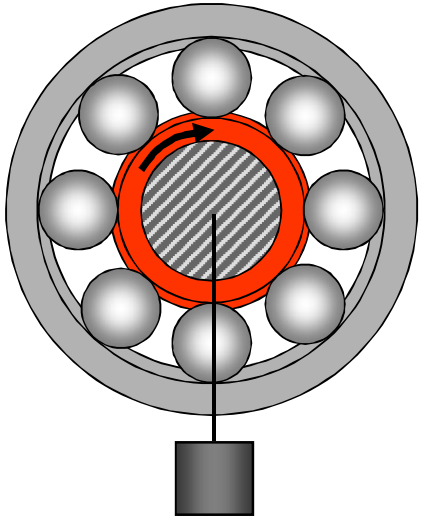
Carico puntiforme (fisso)

Si ha una condizione di carico puntiforme quando il carico agisce sempre sulla stessa zona del cuscinetto.

In questo caso è possibile un accoppiamento libero.

Tolleranze di montaggio
Progettazione delle sedi

SCHAEFFLER

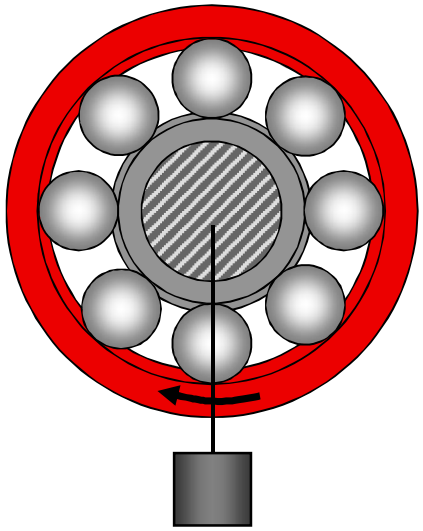


Anello interno Carico periferico

Anello esterno Carico puntiforme

Tolleranze di montaggio
Progettazione delle sedi

SCHAEFFLER

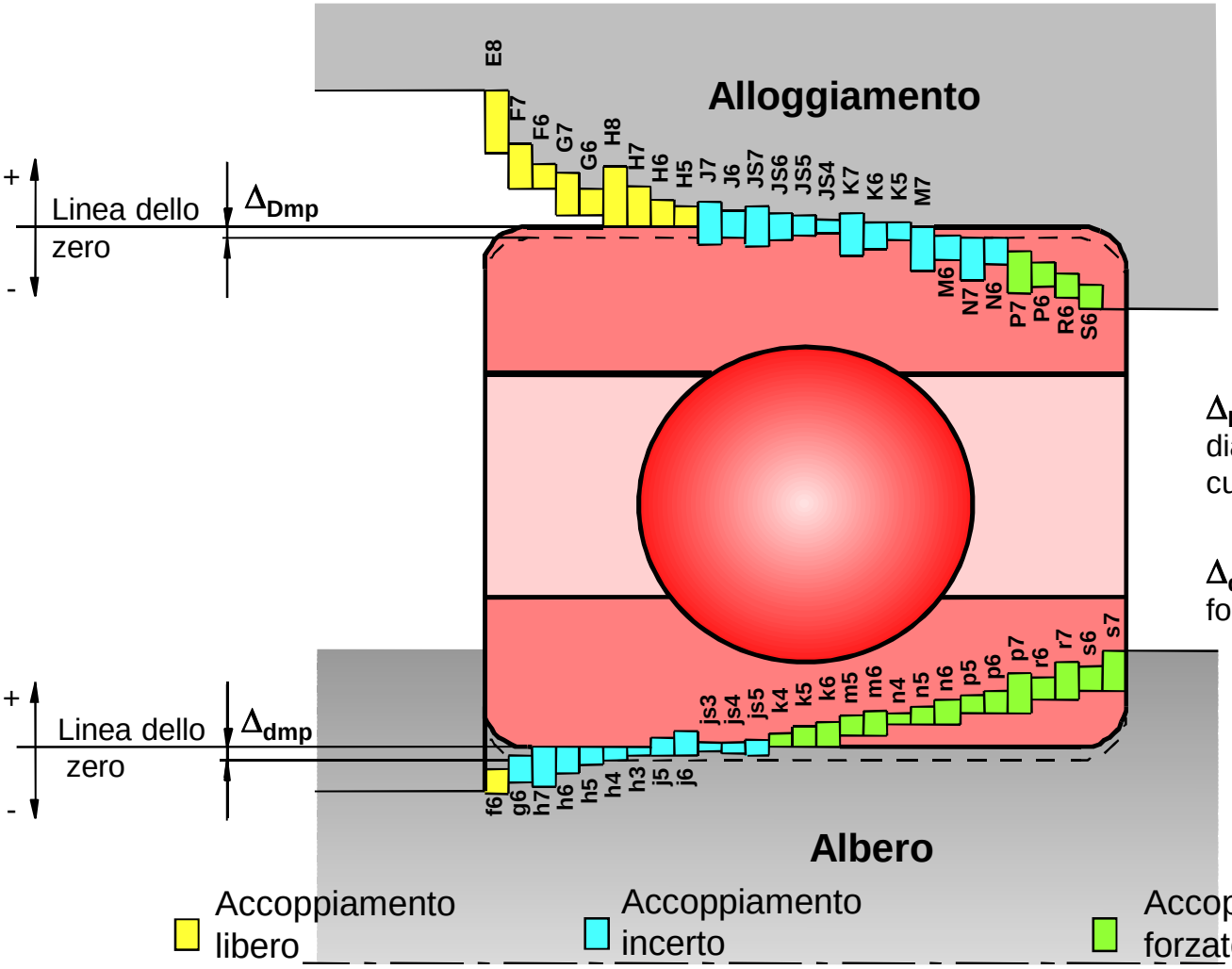


Anello interno — Carico puntiforme

Anello esterno — Carico periferico

Tolleranze di montaggio
Progettazione delle sedi

SCHAEFFLER



Δ_{Dmp} = Tolleranza diametro estermo cuscinetto

Δ_{dmp} = Tolleranza foro cuscinetto

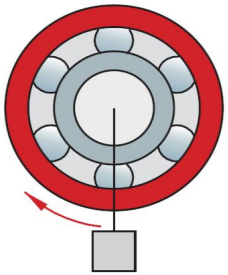
Progettazione delle sedi

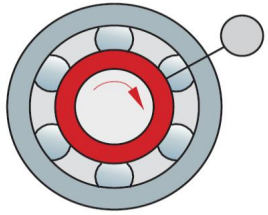
Scelta degli accoppiamenti

SCHAEFFLER

Cuscinetto radiale

con foro cilindrico





Carico puntiforme sull'anello interno

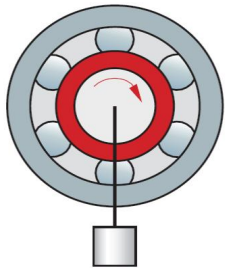
Tipo di cuscinetto	Diametro dell'albero mm	Scorrevolezza Carico	Tolle-ranza
Cuscinetti a sfere, cuscinetti a rulli	Tutte le grandezze	Anello interno facilmente spostabile	g6 (g5)
		Anello interno difficilmente spostabile cuscinetti a sfere, a contatto obliquo e cuscinetti a rulli conici con registrazione	h6 (j6)
Cuscinetti a rullini	Tutte le grandezze	Cuscinetto libero	h6 (g6)[1)]

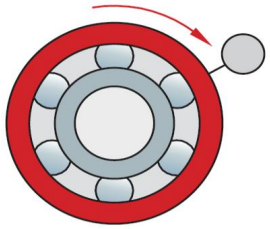
Progettazione delle sedi

Scelta degli accoppiamenti

SCHAEFFLER

Cuscinetto radiale con foro cilindrico





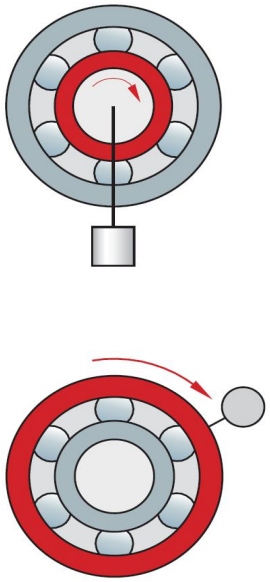
Carico rotante per l'anello interno o direzione di carico indeter-minata	Cuscinetti a sfere	fino 50	Carico normale[2)]	j6 (j5)
		50 fino a 100	Carico basso[3)]	j6 (j5)
			Carico norm./elevato[4)]	k6 (k5)
		100 fino a 200	Carico basso[2)]	k6 (m6)
			Carico norm./elevato[5)]	m6 (m5)
		oltre 200	Carico basso	m6 (m5)
			Carico norm./elevato	n6 (n5)
	Cuscinetti a rulli	fino 60	Carico basso	j6 (j5)
			Carico norm./elevato	k6 (k5)
		60 fino a 200	Carico basso	k6 (k5)
			Carico normale	m6 (m5)
			Carico elevato	n6 (n5)
		200 fino a 500	Carico normale	m6 (n6)
			Carico elevato, urti	p6
		oltre 500	Carico normale	n6 (p6)
			Carico elevato	p6
	Cuscinetti a rullini	fino 50	Carico basso	k6
			Carico norm./elevato	m6
		50 fino a 120	Carico basso	m6
			Carico norm./elevato	n6
		120 fino a 250	Carico basso	n6
			Carico norm./elevato	p6
		250 fino a 400	Carico basso	p6
			Carico norm./elevato	r6
		400 fino a 500	Carico basso	r6
			Carico norm./elevato	s6
		oltre 500	Carico basso	r6
			Carico norm./elevato	s6

Progettazione delle sedi

Scelta degli accoppiamenti

SCHAEFFLER

Cuscinetto radiale



Carico puntiforme sull'anello esterno

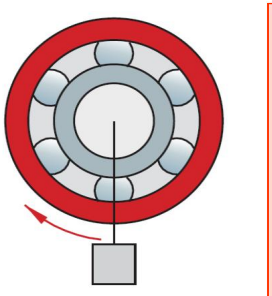
Spostabilità carico	Condizioni d'esercizio	Tolle-ranza
Anello esterno facilmente spostabile, supporto monoblocco	La qualità della tolleranza si basa sulla necessaria precisione di rotolamento	H7 (H6)[1)]
Anello esterno facilmente spostabile, supporto in due metà		H8 (H7)
Anello esterno difficilmente spostabile, supporto monoblocco	Necessaria una elevata pre-cisione di rotolamento	H6 (J6)
Anello esterno difficilmente spostabile, cuscinetti a sfere a contatto obliquo e cuscinetti a rulli conici con registrazione	Normale precisione di rotolamento	H7 (J7)
Anello esterno facilmente spostabile	Adduzione di calore dall'albero	G7[2)]

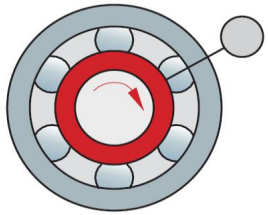
Progettazione delle sedi

Scelta degli accoppiamenti

SCHAEFFLER

Cuscinetto radiale





Carico rotante per l'anello esterno o direzione di carico indeter-minata	Carico ridotto, anello esterno non spostabile	Per elevate esigenze di precisione d'esercizio K6, M6, N6 e P6	K7 (K6)
	Carico normale, urti, anello esterno non spostabile		M7 (M6)
	Carico elevato, urti ($C/P < 6$), anello esterno non spostabile		N7 (N6)
	Carico elevato, forti urti, alloggiamento a parete sottile, anello esterno non spostabile		P7 (P6)

Fretting corrosion

SCHAEFFLER

- Sintomi
  - Machie nere/marroni sulle sedi
  - Usura sulle sedi
  - Rumorosità
  - Possibili rotture a fatica
- Cause
  - Micro-movimenti tra le parti a contatto nei casi di accoppiamento non forzato
  - Inflessioni di albero o alloggiamento
  - Errori di forma delle sedi
- Rimedi
  - Rispetto delle tolleranze prescritte
  - Ricoprire le sedi con lubrificanti adatti



Progettazione delle sedi

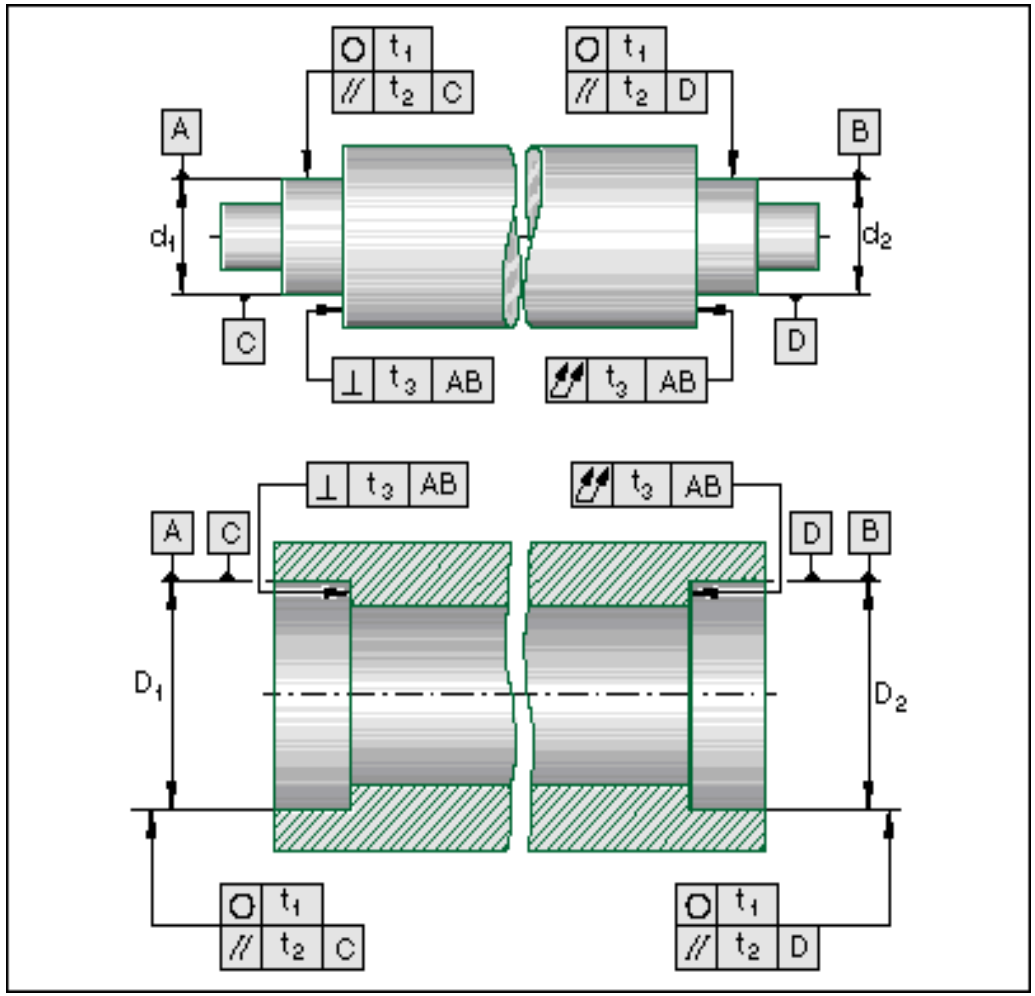
Tolleranze di forma delle sedi

SCHAEFFLER

La precisione del punto di supporto è influenzata da :

- la precisione della struttura circostante
- la precisione delle sedi del cuscinetto
- il gioco in esercizio
- la precisione del cuscinetto

La precisione delle sedi è funzione della classe di precisione del cuscinetto.



Progettazione delle sedi

Tolleranze di forma delle sedi

SCHAEFFLER

Tolleranze di forma e di posizione delle superfici d'appoggio dei cuscinetti

Superficie d'appoggio del cuscinetto	Tolleranza su diametro	Tolleranza di rotondità t1	Tolleranza di parallelismo t2	Tolleranza di planarità dello spallamento t3
Classe di tolleranza dei cuscinetti PN				
Albero	IT 6 (IT 5)	Carico periferico IT 4/2	IT 4	IT 4
		Carico puntiforme IT 5/2	IT 5	
Supporti	IT 7 (IT 6)	Carico periferico IT 5/2	IT 5	IT 5
		Carico puntiforme IT 6/2	IT 6	
Classe di tolleranza dei cuscinetti P5				
Albero	IT 5	Carico periferico IT 2/2	IT 2	IT 2
		Carico puntiforme IT 3/2	IT 3	
Supporti	IT 6	Carico periferico IT 3/2	IT 3	IT 3
		Carico puntiforme IT 4/2	IT 4	



Nozioni di base

Configurazione del sistema di supporto

Cuscinetto fisso – mobile

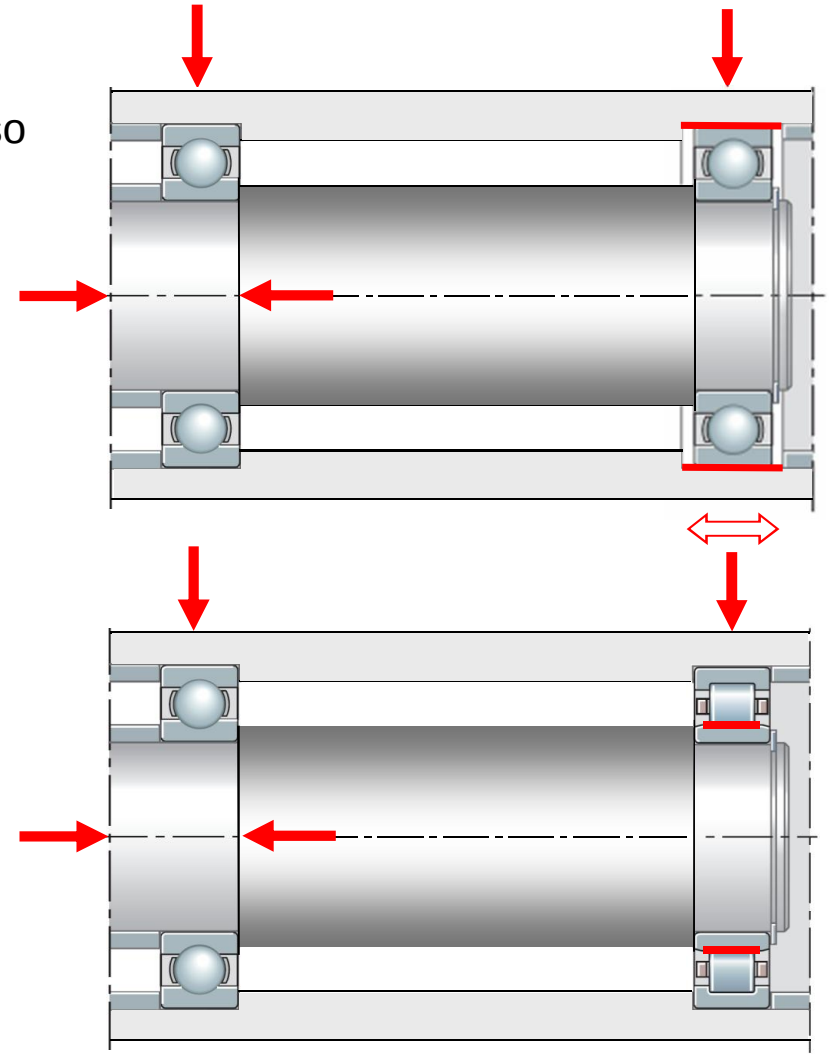
Cuscinetti flottanti

Cuscinetti registrabili

Configurazione : cuscinetto fisso – cuscinetto mobile

SCHAEFFLER

Cuscinetto fisso



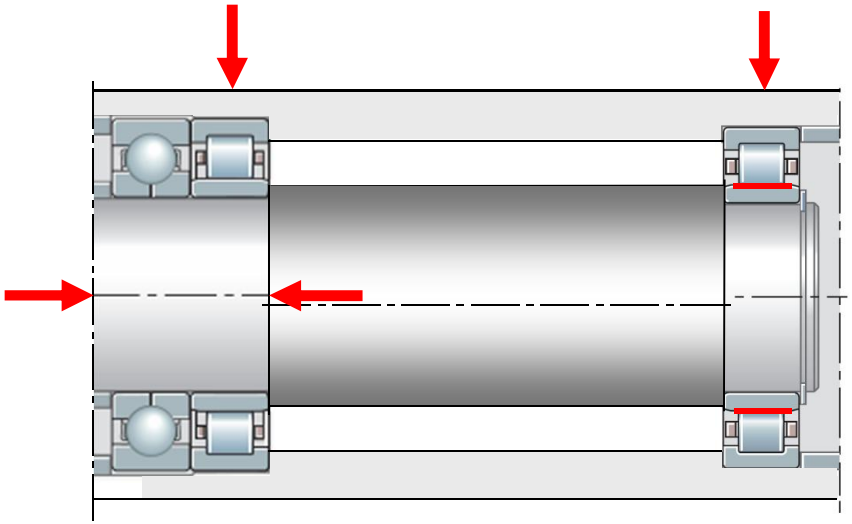
Cuscinetto mobile

Configurazione : cuscinetto fisso – cuscinetto mobile

SCHAEFFLER

Cuscinetto fisso

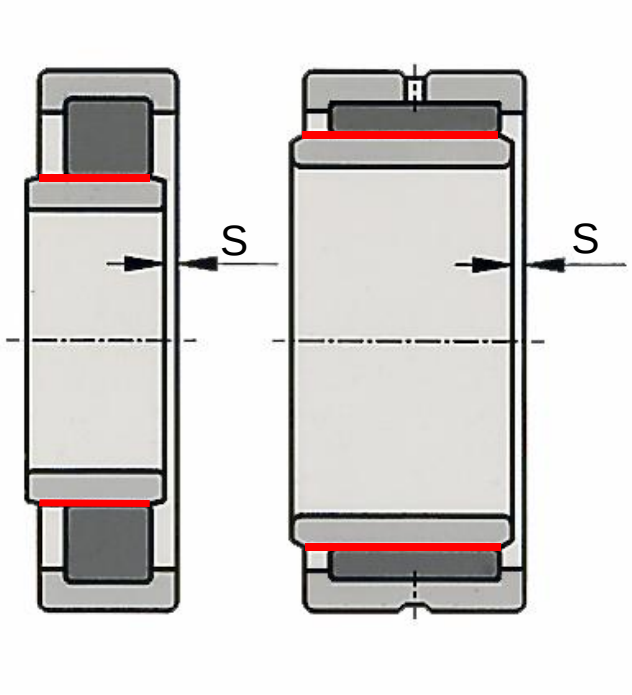
Cuscinetto mobile



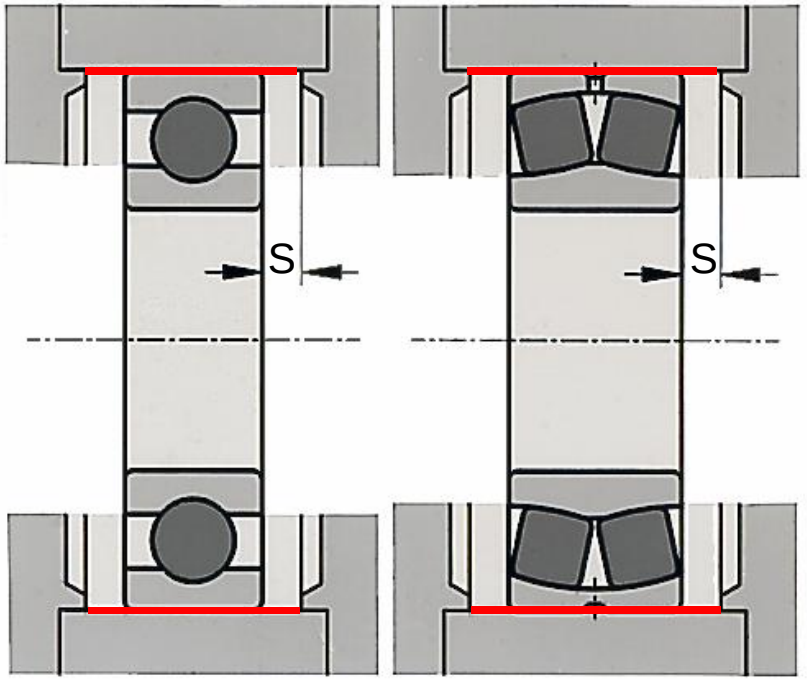
Configurazione : cuscinetto fisso – cuscinetto mobile

SCHAEFFLER

Movimento assiale
entro il cuscinetto

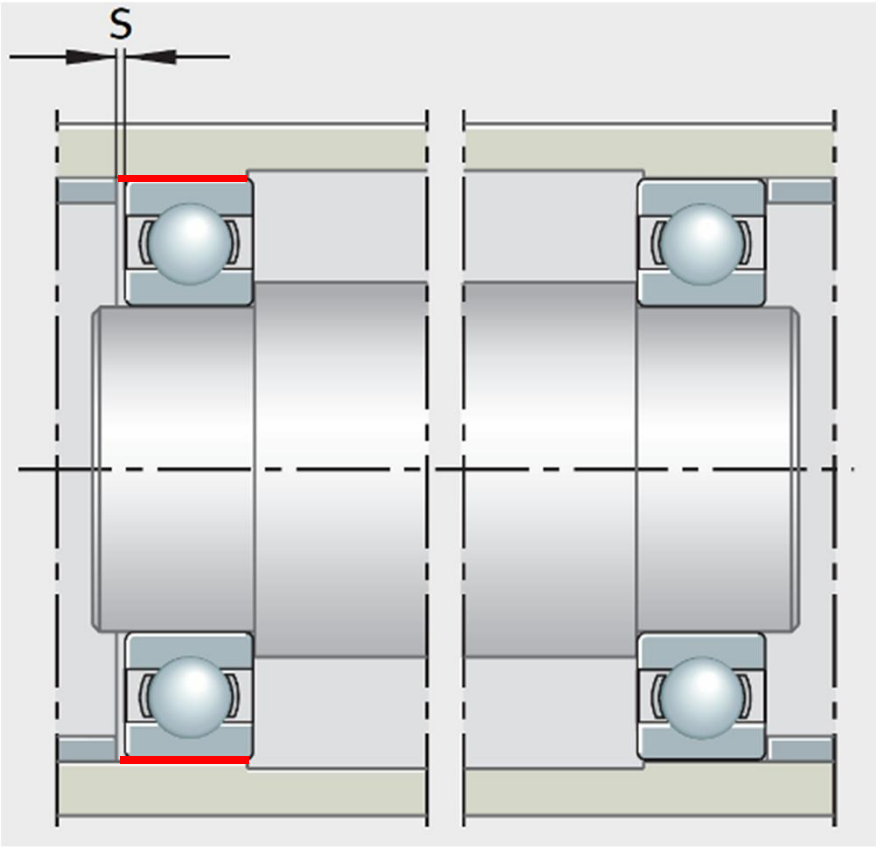


Movimento assiale tra
cuscinetto e alloggiamento



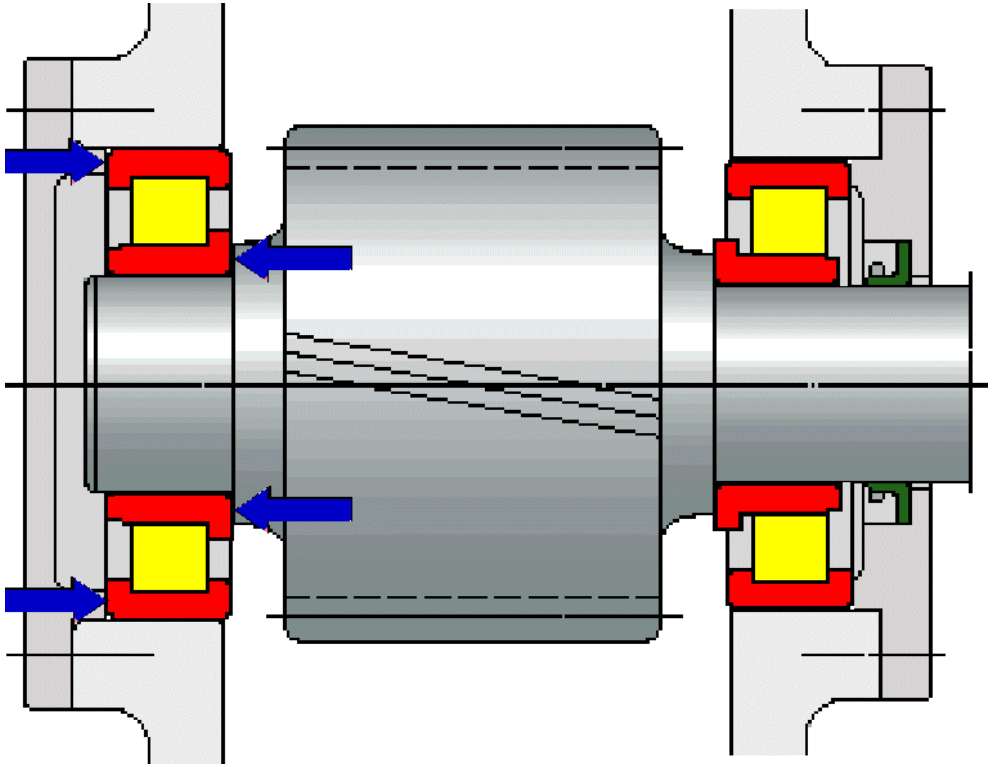
Configurazione : cuscinetti flottanti

SCHAEFFLER



Configurazione : cuscinetti flottanti

SCHAEFFLER

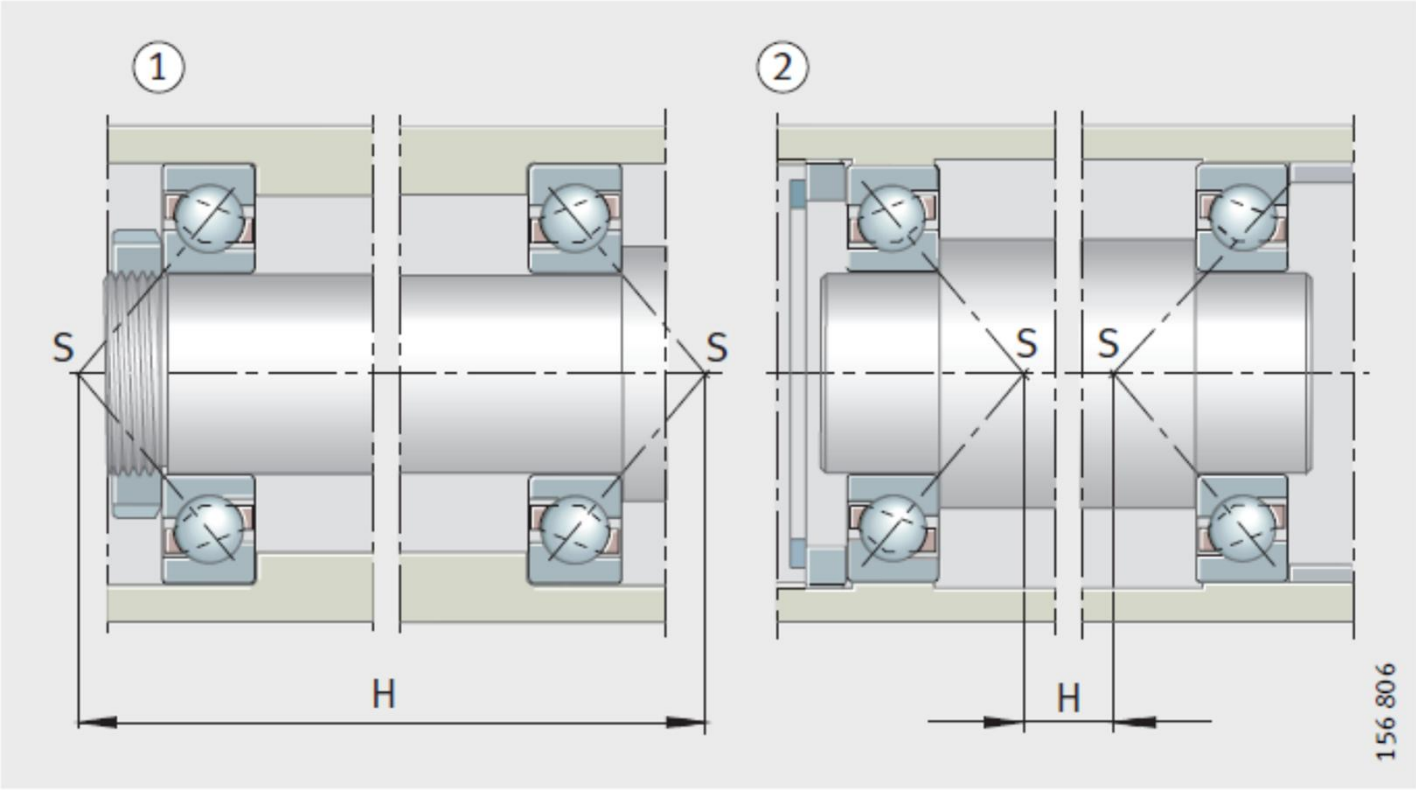


Cuscinetto di appoggio

Cuscinetto di appoggio

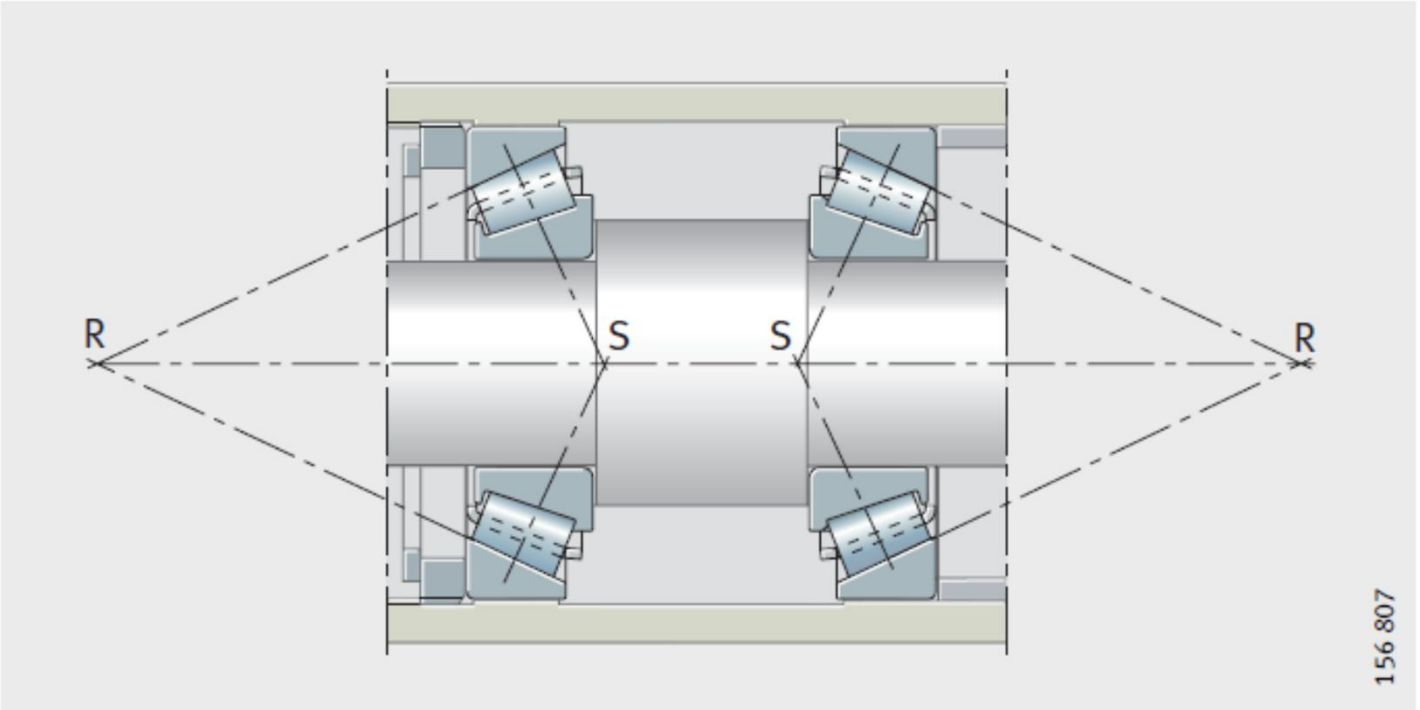
Configurazione : cuscinetti registrabili

Questa configurazione permette la registrazione dei giochi



Configurazione : cuscinetti registrabili

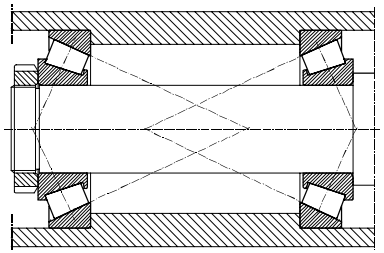
SCHAEFFLER



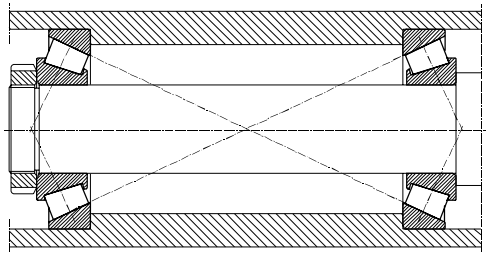
Cuscinetti a rulli conici

Cuscinetti registrabili: Disposizione ad O.
Effetti delle dilatazioni termiche sul gioco

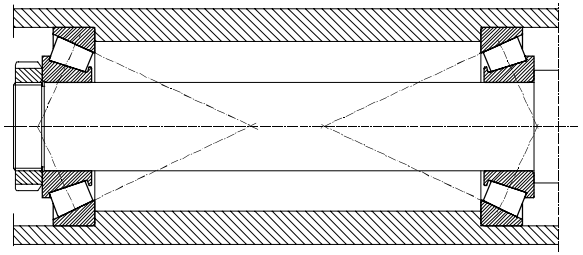
SCHAEFFLER



- Sovrapposizione dell'apice del cono dei rulli
- (distanza piccola tra i cuscinetti)
  - **Diminuzione del gioco assiale con la dilatazione termica**



- Punto coincidente dell'apice del cono dei rulli
  - **Nessuna variazione di gioco assiale**



- Nessun punto in comune tra gli apici del cono dei rulli
- (grande distanza tra i cuscinetti)
  - **Aumento del gioco assiale con la dilatazione termica**



Nozioni di base

Calcolo della durata

Calcolo della durata

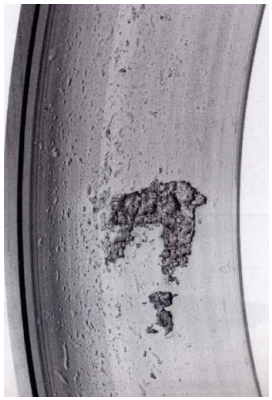
SCHAEFFLER

La durata si riferisce al numero di rotazioni – e al tempo che ne consegue – che un anello del cuscinetto effettua rispetto all'altro. La durata termina nel momento in cui uno dei due anelli mostra i primi segni di affaticamento del materiale.

Fattori che influiscono sull'affaticamento (classica teoria dell'affaticamento):

- la configurazione di carico dinamico sul cuscinetto volvente in rotazione
- l'entità del carico

Il metodo di calcolo per cuscinetti volventi secondo ISO riduce l'affaticamento del materiale all'ipotesi di massima tensione tangenziale alternata.
Tale ipotesi è supportata dalla presenza del maggior numero di rotture da fatica alla profondità in cui la tensione tangenziale alternata raggiunge il suo valore massimo

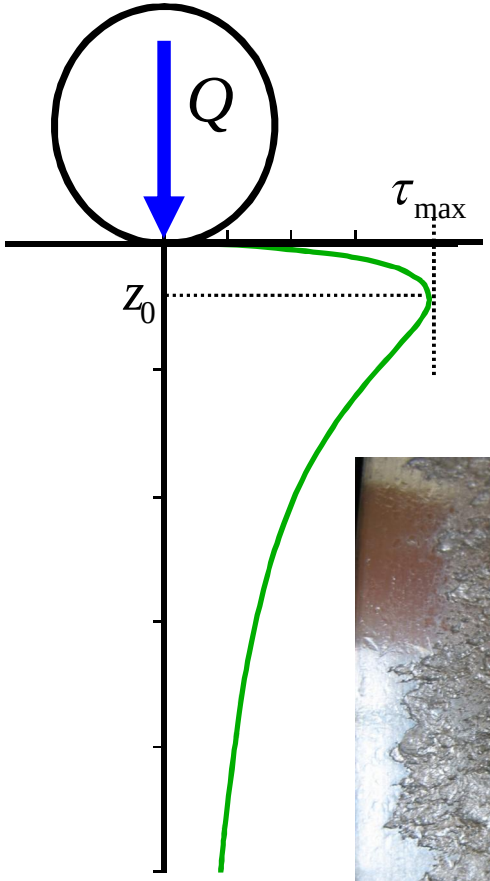


Calcolo della durata a fatica (stato dell'arte)
ISO 281 – approccio di calcolo secondo Lundberg e Palmgren

SCHAEFFLER

$$\ln\left(\frac{1}{S}\right) \sim \frac{\tau_0^c \cdot N^e \cdot V}{z_0^h}$$

S = Probabilità di sopravvivenza
τ_0= massima tensione tangenziale
z_0= profondità della massima τ
N = numero di cicli di carico
V = volume sollecitato
c,h= esponenti determinato in modo empirico



$$z_0 \sim p_H \cdot D_w \cdot \left(1 - \frac{D_w}{d_m}\right) \qquad \tau_0 = 0.25 \cdot p_H$$



Calcolo della durata

Vita teorica

SCHAEFFLER

Durata in milioni di giri oppure ore di esercizio

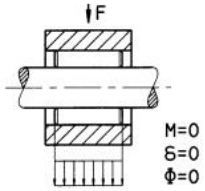
$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{p} \qquad L_{10h} = \left(\frac{16666}{n}\right) \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^{p}$$

Durata raggiunta o superata dal **90%** di un lotto significativo di cuscinetti all'apparenza identici prima che compaiano i primi segni di affaticamento del materiale.

C	Capacità di carico dinamico		
P	Carico dinamico equivalente per cuscinetti radiali e assiali		$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$
p	esponente	**Cuscinetti a rulli e rullini**	$p = \frac{10}{3}$
		Cuscinetti a sfere	$p = 3$

Basic rating life L_{10} and L_{10h} according to ISO 281:2007

SCHAEFFLER

Rating Life Method:	Catalogue basic rating life without internal load distribution
Formula:	$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$ **$L10_{XY} = (C/P)^p$**
Calculation Model:	
Influencing Factors:	- Combined Loads by Factors - No Clearance - No Tilting, no Moments - No Centrifugal Force - No Lubrication and Contamination - Rigid Bearing
Application Area:	Very rough estimation of rating life

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

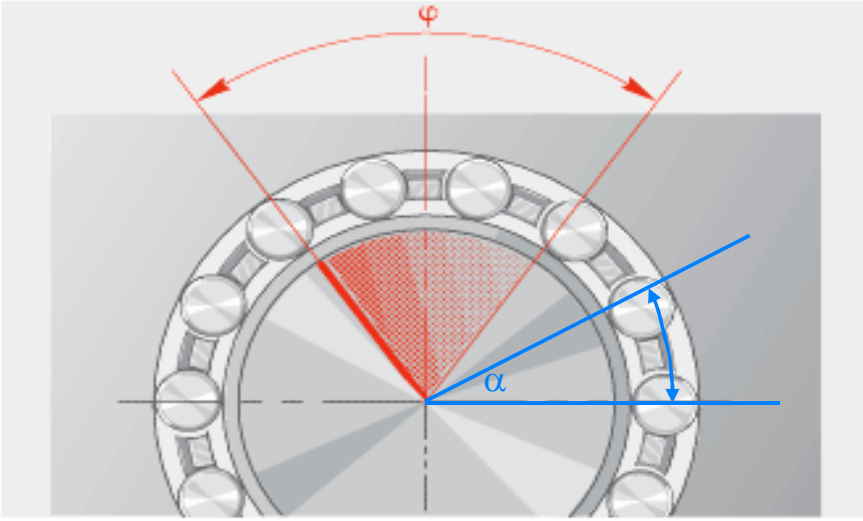
$$L_{10h} = \frac{16\,666}{n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

L_{10}	10^6	The basic rating life in millions of revolutions, that is reached or exceeded by 90% of a sufficiently large number of apparently identical bearings before the first indications of material fatigue appear
L_{10h}	h	The basic rating life in operating hours, that is reached or exceeded by 90% of a sufficiently large number of apparently identical bearings before the first indications of material fatigue appear
C	N	Basic dynamic load rating, see product tables
P	N	Equivalent dynamic bearing load
p	–	Life exponent; for roller bearings: $p = 10/3$ for ball bearings: $p = 3$
n	min^{-1}	Operating speed (nominal speed).

Basic catalog rating life L_{10} (xy) to ISO 281

- without taking account of the precise internal load distribution, but with calculation of the equivalent load according to the XY method (corresponding to simple manual calculation in accordance with the catalog)
- without taking account of lubrication

Movimento oscillante



$$n = n_{osc} \cdot \frac{\varphi}{180}$$

ϕ	Angolo di oscillazione
n	Velocità equivalente
n_{osc}	Frequenza di oscillazione

Attenzione: la formula va utilizzata soltanto se l'angolo di oscillazione è maggiore di due volte il passo dei corpi volventi, altrimenti vi è il pericolo di ondulazione della pista.

$$\varphi > 2\alpha$$

Calcolo della durata
Coefficiente di carico dinamico C

SCHAEFFLER

Cuscinetto a sfere radiale	D_w<=25,4mm	$C = b_m \cdot f_c \cdot (i \cdot \cos\alpha_0)^{0,7} \cdot z^{2/3} \cdot D_W^{1,8}$
	D_w>25,4mm	$C = b_m \cdot f_c \cdot (i \cdot \cos\alpha_0)^{0,7} \cdot z^{2/3} \cdot 3{,}647 \cdot D_W^{1,4}$
Cuscinetto a rulli radiale		$C = b_m \cdot f_c \cdot (i \cdot l_{eff} \cdot \cos\alpha_0)^{7/9} \cdot z^{3/4} \cdot D_W^{29/27}$
Cuscinetto a sfere assiale $\alpha_0 = 90°$	D_w<=25,4mm	$C = b_m \cdot f_c \cdot z^{2/3} \cdot D_W^{1,8}$
	D_w>25,4mm	$C = b_m \cdot f_c \cdot z^{2/3} \cdot 3{,}647 \cdot D_W^{1,4}$
Cuscinetto a sfere assiale $\alpha_0 < 90°$	D_w<=25,4mm	$C = b_m \cdot f_c \cdot (\cos\alpha)^{0,7} \cdot \tan\alpha_0 \cdot z^{2/3} \cdot D_W^{1,8}$
	D_w>25,4mm	$C = b_m \cdot f_c \cdot (\cos\alpha)^{0,7} \cdot \tan\alpha_0 \cdot z^{2/3} \cdot 3{,}647 \cdot D_W^{1,4}$
Cuscinetto a rulli assiale	$\alpha_0 < 90°$	$C = b_m \cdot f_c \cdot l_{eff}^{7/9} \cdot z^{3/4} \cdot D_W^{29/27}$
	$\alpha_0 > 90°$	$C = b_m \cdot f_c \cdot l_{eff}^{7/9} \cdot \tan\alpha_0 \cdot z^{3/4} \cdot D_W^{29/27}$

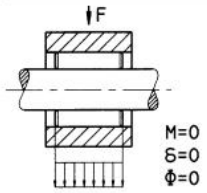
D_w	**mm**	**Diametro cuscinetto volvente**
l_{eff}	**mm**	**Lunghezza effettiva di contatto tra rullo e pista di rotolamento**
D_{pw}	**mm**	**Diametro primitivo delle gabbie a sfere o a rulli**
i	**-**	**Numero di corone di corpi volventi in un cuscinetto**
z	**-**	**Numero di corpi volventi in una corona**
α_0	**°**	**Angolo di contatto nominale**

L'entità del coefficiente $\mathbf{f_c}$ dipende dal tipo di cuscinetto e dal rapporto $\frac{D_w \cdot \cos\alpha_0}{D_{pw}}$

L'entità del coefficiente $\mathbf{b_m}$ dipende dalla qualità del materiale, dalla qualità di produzione e dal tipo di cuscinetto.

Expanded adjusted rating life L_{nm} according to ISO 281:2007

SCHAEFFLER

Rating Life Method:	Catalogue basic rating life without internal load distribution, with lubrication and contamination factor
Formula:	**$L_{hm} = a_{DIN} * Lh10_{(xy)}$**
Calculation Model:	
Influencing Factors:	- Combined Loads by Factors - No Clearance - No Tilting, no Moments - No Centrifugal Force - With Lubrication and Contamination - Rigid bearing
Application Area:	Very rough estimation of rating life

$$L_{nm} = a_1 \cdot a_{ISO} \left(\kappa, e_C, \frac{C_u}{P} \right) \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

L_{nm}	10^6	Expanded adjusted rating life in millions of revolutions in accordance with ISO 281:2007
a_1	–	Life adjustment factor for a requisite reliability other than 90% ➤37 | 1
a_{ISO}	–	Life adjustment factor for operating conditions
κ	–	Viscosity ratio
e_C	–	Life adjustment factor for contamination
C_u	kN	Fatigue limit load; see product tables
C	kN	Basic dynamic load rating; see product tables
P	kN	Equivalent dynamic bearing load
p	–	Life exponent.

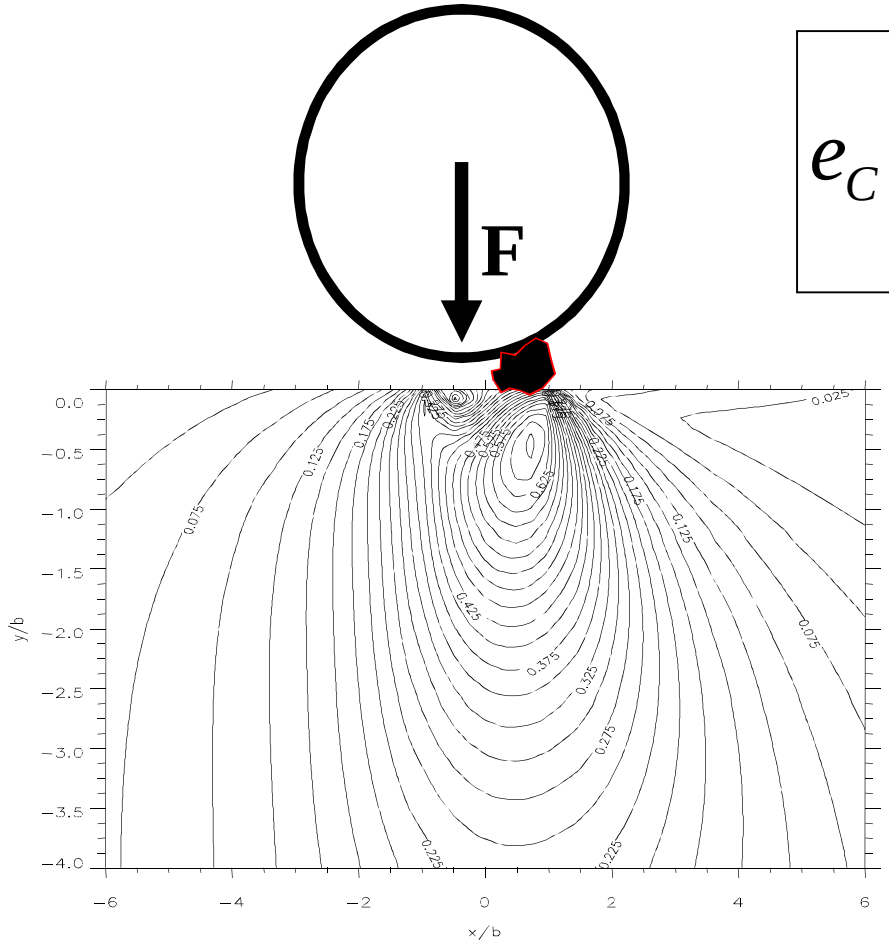
a_{DIN} factor (former DIN ISO 281 Addendum 1) has been renamed as a_{ISO} factor in ISO 281:2007, without any change to the calculation method.

Modified catalog rating life L_m to ISO 281 (previously DIN ISO 281, Addendum 1)

- without taking account of the precise internal load distribution, but with calculation of the equivalent load according to the xy method (corresponding to simple manual calculation)
- without taking account of tilting of the bearing
- the life adjustment factor a_{ISO} (previously a_{DIN}) is calculated for the whole bearing. It is not possible to take account of different loads acting on individual rows

Calcolo della durata a fatica (stato dell'arte)
ISO 281 – Fattore di contaminazione e_c

SCHAEFFLER



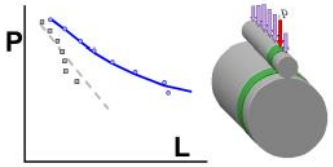
$$e_C \approx \frac{\sigma_{\max,\text{pulito}}}{\sigma_{\max,\text{contaminato}}}$$

Rating life calculation methods

Basic reference rating rating life L_r/L_{hr} and modified reference rating life L_{mr}/L_{hmr} according to ISO/TS 16281

SCHAEFFLER

Rating Life Method:	Modified rating life due to current contact pressure according to DIN ISO 281, Add. 4)
Formula:	$L_{hmr} = f(p_{rH}, C_u, \kappa, \eta_C)$ **internal pressure distribution**
Calculation Model:	Load distribution in the bearing Disk pressure Rating life of the single contact Rating life of a raceway disk Rating life of both rings Rating life of the total bearing
Influencing Factors:	- Actual Contact Pressure - Bearing Tilting - Bearing Clearance - Roller Profile, Raceway Profile - With centrifugal force - Lubrication κ and Contamination ηC
Application Area:	Basic method for all applications



Basic reference rating life L_r

The basic reference rating life L_r to ISO TS 16281 (previously DIN ISO 281, Addendum 4) takes account of:

- the type of bearing
- the fatigue limit of the material
- the spatial loading and tilting of the bearing
- the influence of operating clearance

Modified reference rating life L_{mr}

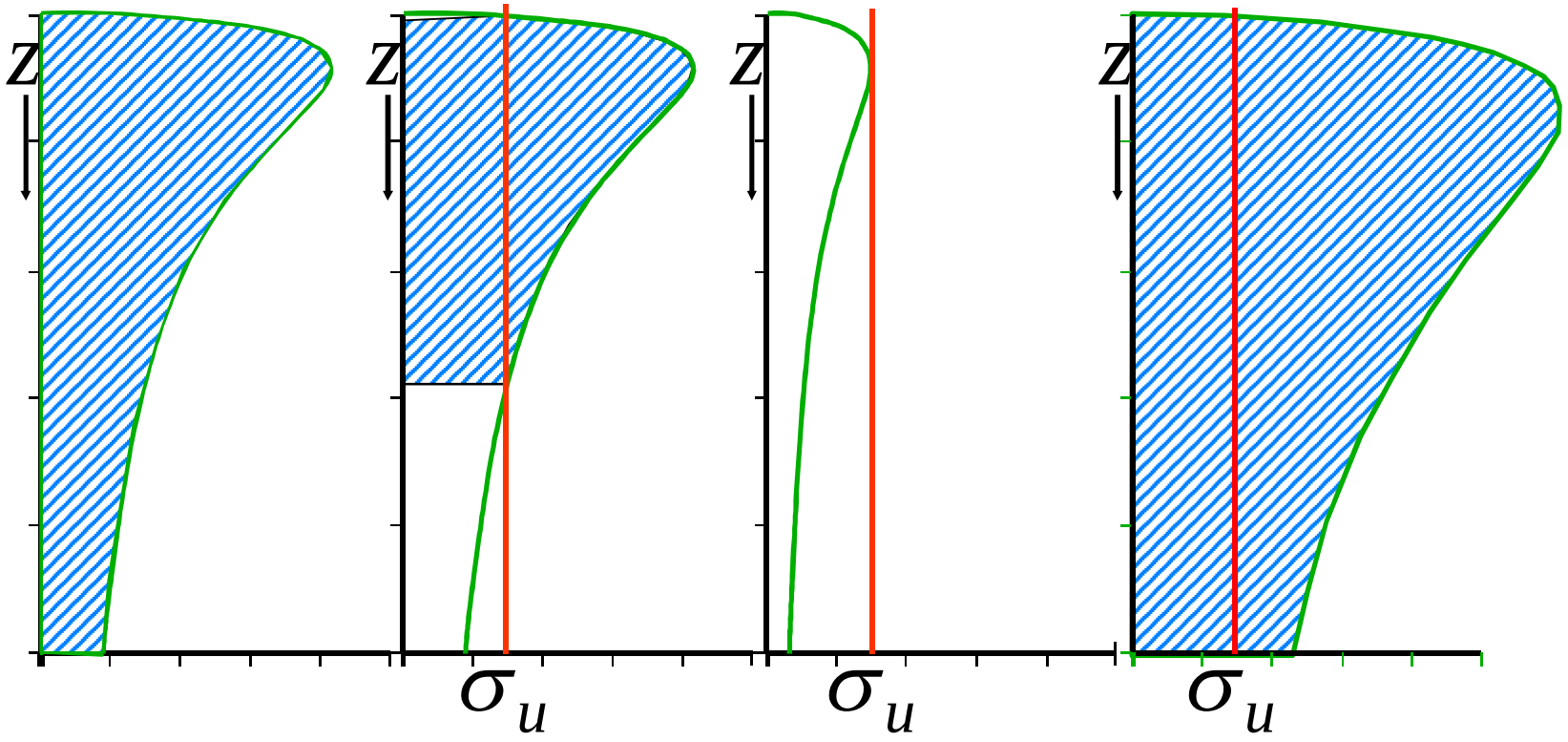
The modified reference rating life L_{mr} to ISO TS 16281 (previously DIN ISO 281, Addendum 4) takes account of:

- the type of bearing
- the fatigue limit of the material
- the spatial loading and tilting of the bearing
- the influence of operating clearance
- the extent to which the surfaces are separated by the lubricant
- the cleanliness in the lubricant gap
- additives in the lubricant

Calcolo della durata a fatica (stato dell'arte)

ISO 281 – calcolo della durata a fatica ampliata

SCHAEFFLER



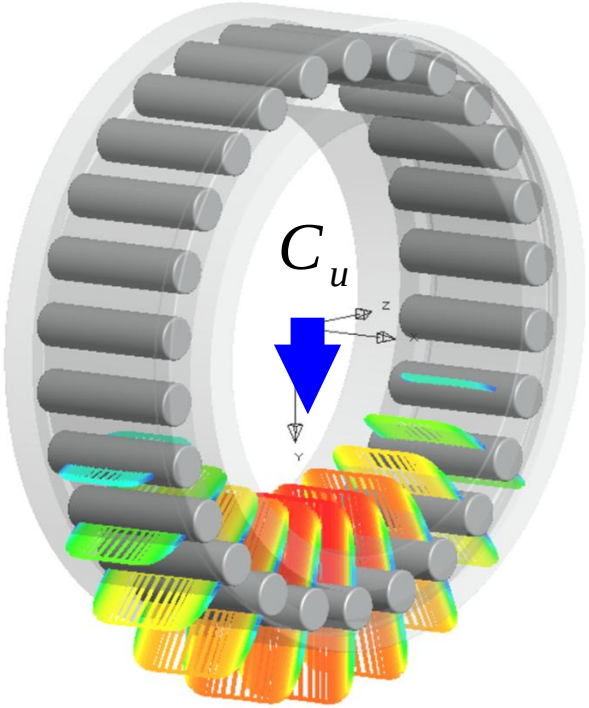
$\sigma >> \sigma_u$

$\sigma < \sigma_u$

L_{old} $L > L_{old}$ $L \to \infty$ $L \to L_{old}$

Calcolo della durata a fatica (stato dell'arte)
ISO 281 – Carico limite di fatica C_u

SCHAEFFLER



Condizioni al contorno:

σ_u= 1500 N/mm^2 per cuscinetti normali

Ripartizione del carico idealizzata per il cuscinetto senza gioco

Tensione di contatto dal modello esatto

Calcolo della durata a fatica (stato dell'arte)
ISO 281 – Carico limite di fatica C_u

SCHAEFFLER

B.3.2.2 Fatigue load limit of a complete bearing

B.3.2.2.2 Radial ball bearings

$$C_u = 0{,}228\,8\,Z\,Q_u\,i\cos\alpha \qquad \text{for } D_{pw} \leqslant 100 \text{ mm} \qquad \text{(B.10)}$$

$$C_u = 0{,}228\,8\,Z\,Q_u\,i\cos\alpha\left(\frac{100}{D_{pw}}\right)^{0,5} \qquad \text{for } D_{pw} > 100 \text{ mm} \qquad \text{(B.11)}$$

B.3.2.2.4 Radial roller bearings

$$C_u = 0{,}245\,3\,Z\,Q_u\,i\cos\alpha \qquad \text{for } D_{pw} \leqslant 100 \text{ mm} \qquad \text{(B.14)}$$

$$C_u = 0{,}245\,3\,Z\,Q_u\,i\cos\alpha\left(\frac{100}{D_{pw}}\right)^{0,3} \qquad \text{for } D_{pw} > 100 \text{ mm} \qquad \text{(B.15)}$$

Calcolo della durata a fatica (stato dell'arte)
ISO 281 – Carico limite di fatica C_u

SCHAEFFLER

B.3.3 Simplified method for calculating the fatigue load limit, C_u

B.3.3.2 Ball bearings

$$C_u = \frac{C_0}{22} \quad \text{for bearings with } D_{pw} \leq 100 \text{ mm} \qquad \text{(B.18)}$$

$$C_u = \frac{C_0}{22}\left(\frac{100}{D_{pw}}\right)^{0,5} \quad \text{for bearings with } D_{pw} > 100 \text{ mm} \qquad \text{(B.19)}$$

B.3.3.3 Roller bearings

$$C_u = \frac{C_0}{8,2} \quad \text{for bearings with } D_{pw} \leq 100 \text{ mm} \qquad \text{(B.20)}$$

$$C_u = \frac{C_0}{8,2}\left(\frac{100}{D_{pw}}\right)^{0,3} \quad \text{for bearings with } D_{pw} > 100 \text{ mm} \qquad \text{(B.21)}$$

Lubrificazione dei cuscinetti volventi

Il processo di fatica preso come criterio di rottura nella classica formula di calcolo della vita nominale dei cuscinetti volventi inizia al di sotto della superficie e viene identificato come **fatica sub-superficiale**.
Esistono però altri processi, dei quali è responsabile la lubrificazione che portano al danneggiamento dei cuscinetti. Questi meccanismi di cedimento vengono identificati come **affaticamento superficiale**.

Il termine "fatica con inizio superficiale" sintetizza ogni perdita di material della superficie esterna per effetto di:

- Usura adesiva e abrasive
- Macchie grigie / Grey staining
- Sfaldamenti con inizio superficiale



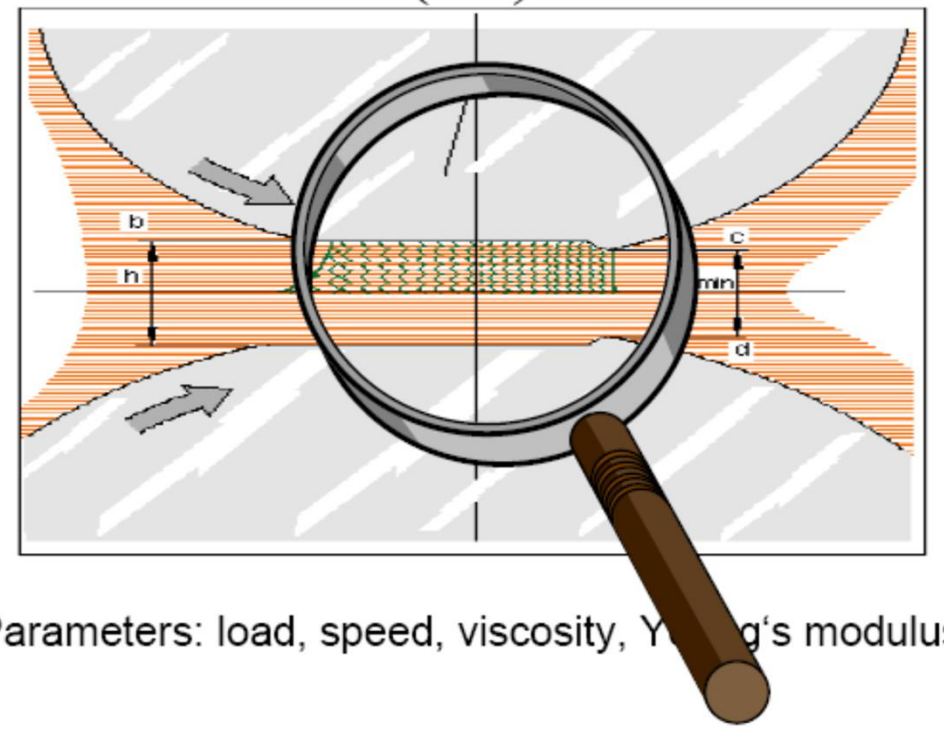
Lubrificazione dei cuscinetti volventi

SCHAEFFLER

Elasto-hydrodynamic lubrication

EHL (1)

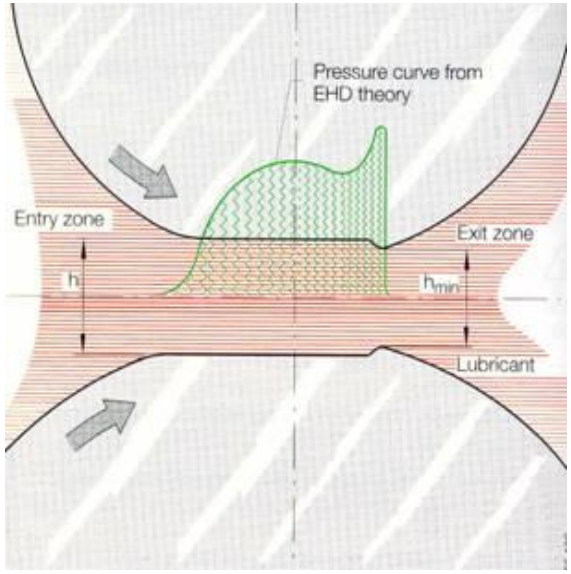




Parameters: load, speed, viscosity, Y g's modulus

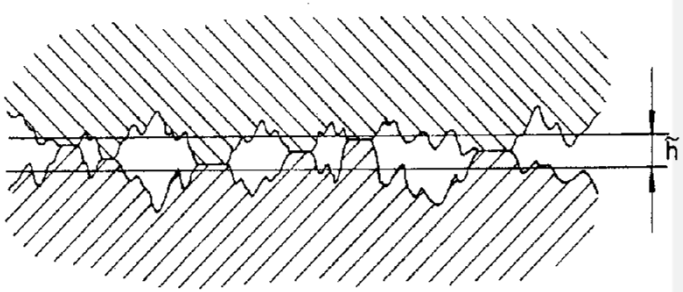
Lubrificazione dei cuscinetti volventi

SCHAEFFLER



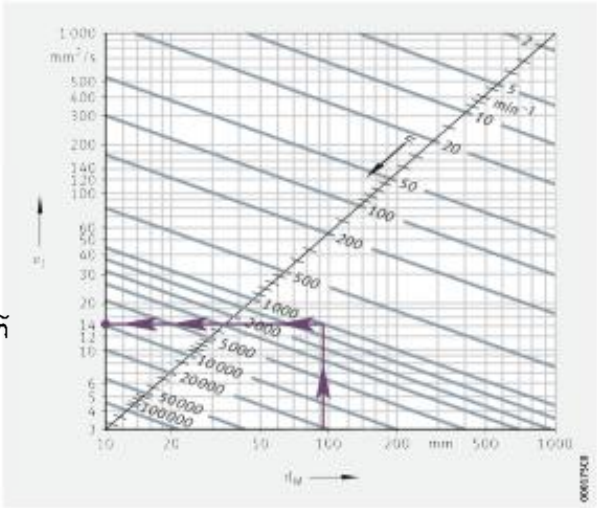
κ (Kappa)

$$\kappa = \frac{\nu}{\nu_1}$$



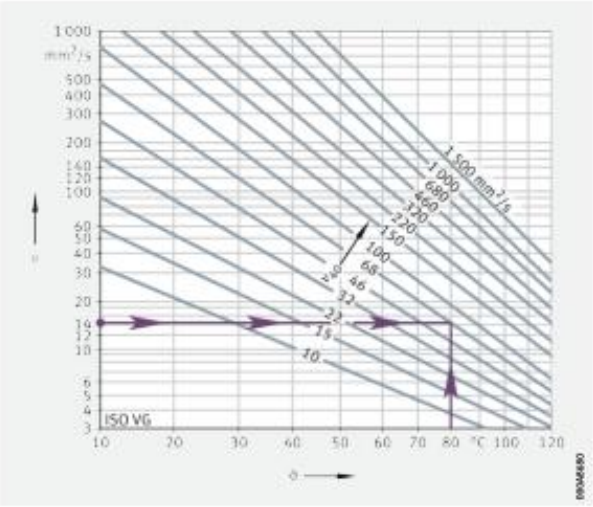
5
Reference viscosity ν_1

ν_1 = reference viscosity
d_M = mean bearing diameter; (d + D)/2
n = operating speed



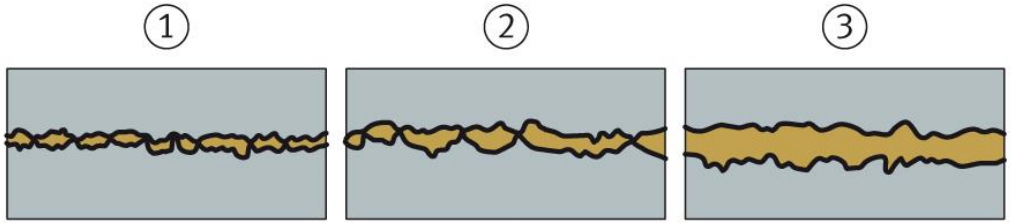
6
ν/ϑ diagram for mineral oils

ν = operating viscosity
ϑ = operating temperature
ν_{40} = viscosity at +40 °C



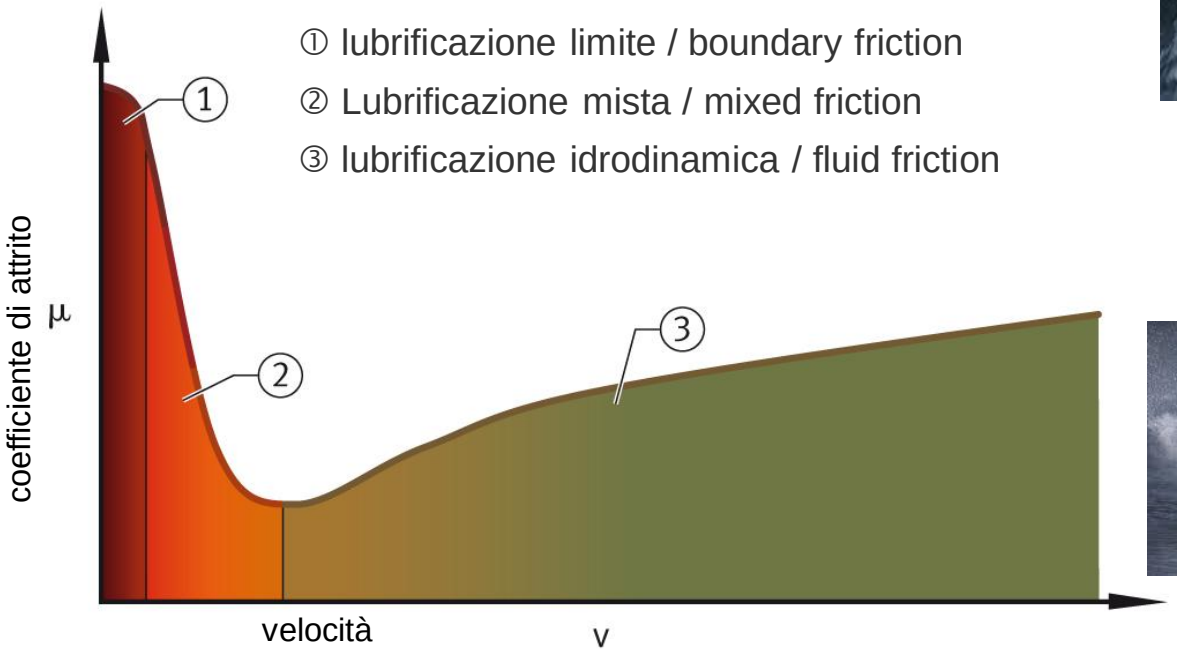
Lubrificazione dei cuscinetti volventi

SCHAEFFLER





① lubrificazione limite / boundary friction
② Lubrificazione mista / mixed friction
③ lubrificazione idrodinamica / fluid friction





Calcolo della durata a fatica (stato dell'arte)

ISO TS 16281 – Durata a fatica di riferimento L_{10r}

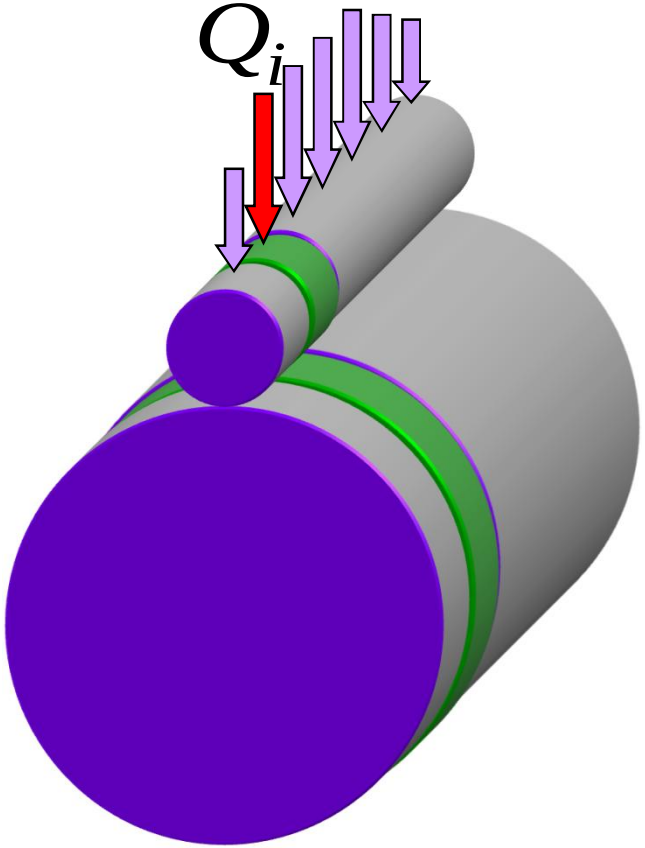
SCHAEFFLER

contatto singolo $L_i = \left(\frac{Q_c}{Q_i} \right)^p$

lamina

$$L_S = 1 \cdot \left[\frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} \left(L_i \{\varphi\} \right)^{\frac{-w}{p}} d\varphi \right]^{\frac{-p}{w}}$$

cuscinetto $L_{10r} = \left(\sum \left(\frac{1}{L_S} \right)^e \right)^{\frac{-1}{e}}$



Calcolo della durata a fatica (stato dell'arte)

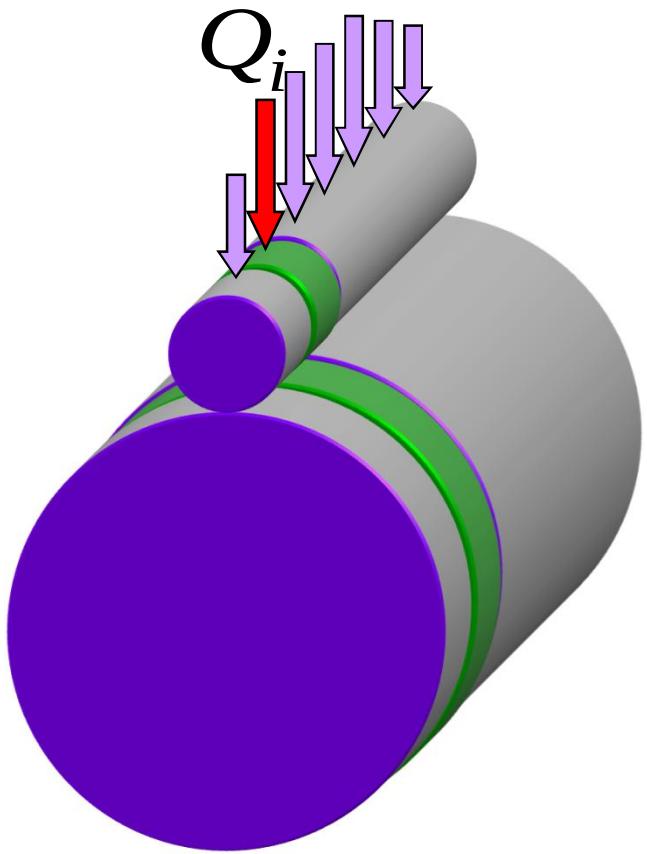
ISO TS 16281 – Durata a fatica modificata L_{10mr}

SCHAEFFLER

contatto singolo $L_i = \left(\frac{Q_c}{Q_i} \right)^p$

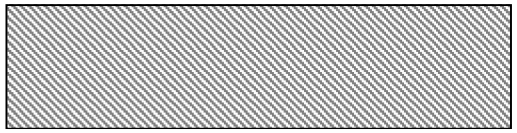
lamina $L_S = a_{ISO} \left[\frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} \left(L_i \{\varphi\} \right)^{\frac{-w}{p}} d\varphi \right]^{\frac{-p}{w}}$

cuscinetto $L_{10mr} = \left(\sum \left(\frac{1}{L_S} \right)^e \right)^{\frac{-1}{e}}$



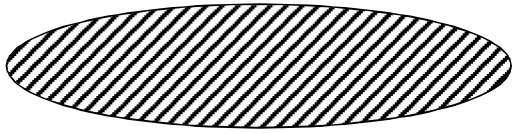
Cuscinetti a rulli: linea di contatto modificata

carichi elevati:



$$p = 4$$

carichi molto bassi:



$$p = 3$$

carico normale:

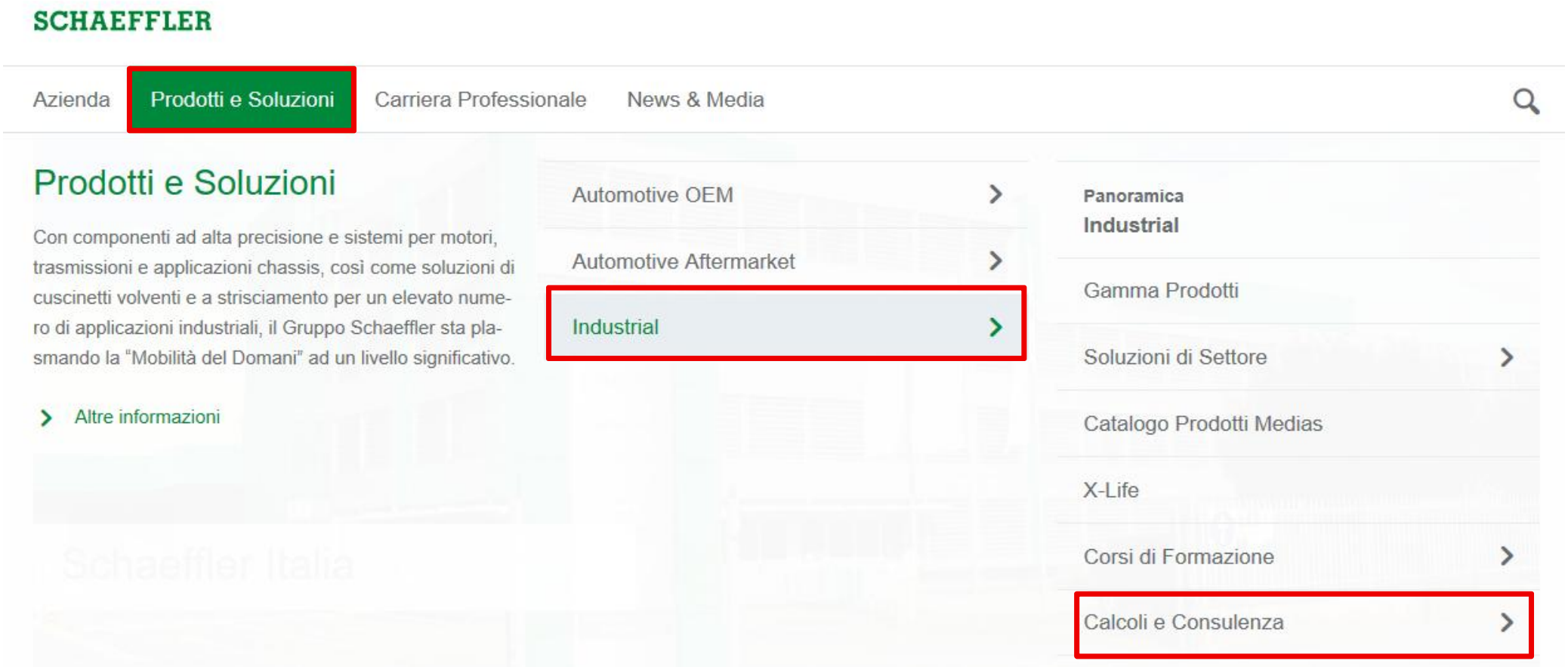


$$p = \frac{10}{3}$$

Programmi di calcolo online

SCHAEFFLER

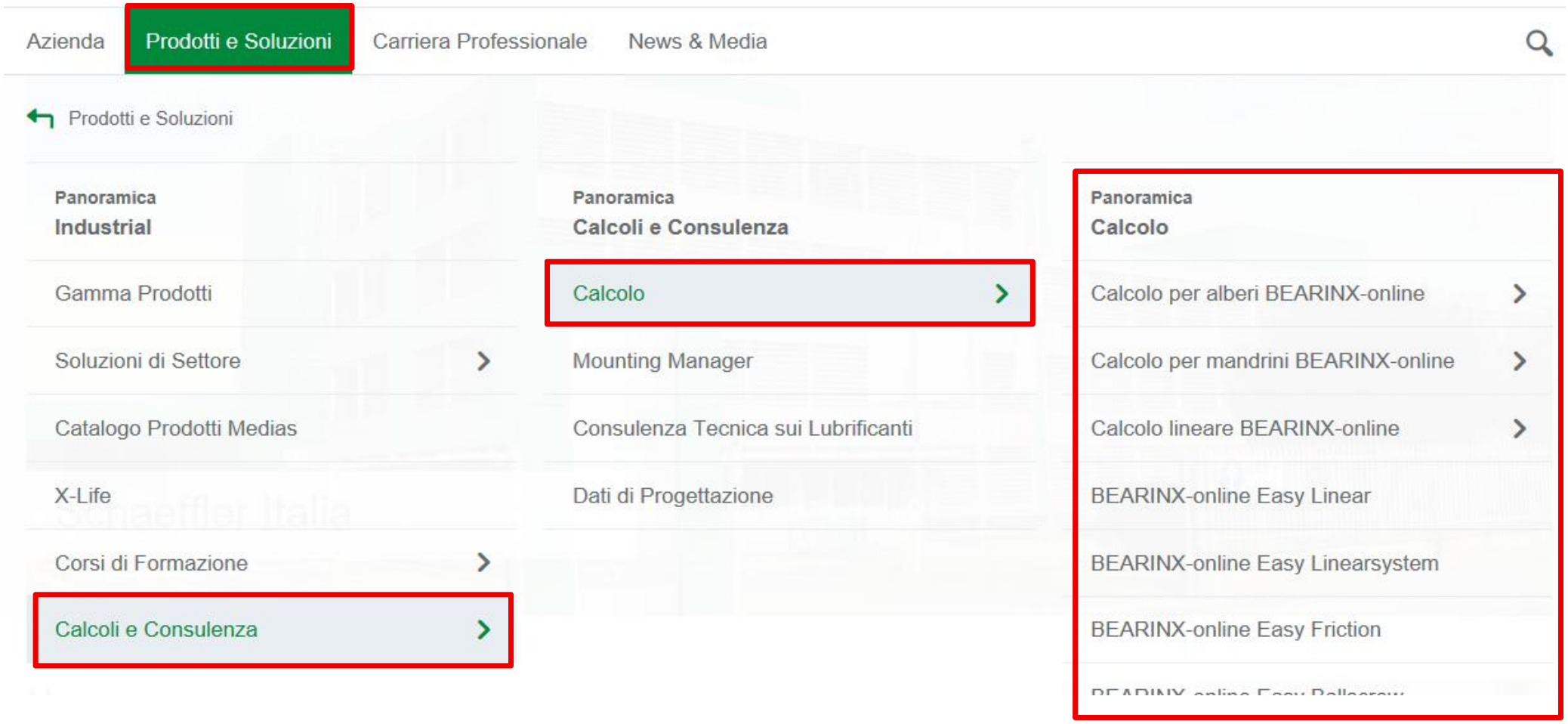
www.schaeffler.it



Programmi di calcolo online

SCHAEFFLER

www.schaeffler.it



Programmi di calcolo online

SCHAEFFLER

SCHAEFFLER

BEARINX

Programmi di calcolo BEARINX-online e medias

medias — Sito — Catalogo



Catalogo online con possibilità di dimensionamento di cuscinetti singoli

medias - interchange



Database di intercambiabilità per identificare la corretta descrizione di prodotto Schaeffler

BEARINX-online Easy Linear



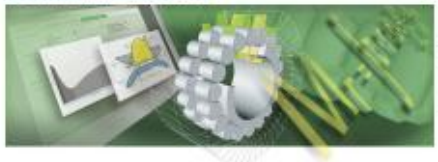
Calcolo dei sistemi lineari con guide profilate INA

BEARINX-online Easy Linearsystem



Calcolo dei moduli lineari INA

BEARINX-online Easy Friction — Sito — Catalogo



Simulazione dettagliata dell'attrito dei cuscinetti volventi

BEARINX-online Easy EMachine



Calcolo dei cuscinetti per motori elettrici e per generatori

BEARINX-online Easy Pump



Calcolo dei cuscinetti per pompe centrifughe

BEARINX-online RopeSheave



Calcolo dei cuscinetti di supporto nelle pulegge

Spazio per biglietto da visita

Schaeffler Italia S.r.l.
Via Dr. Georg Schaeffler, 7
20015 Momo MO
marketing.it@schaeffler.com
www.schaeffler.it



Nozioni di base

Carico statico

SCHAEFFLER

Si ha un carico statico in caso di

- inattività
- lenti movimenti oscillanti
- velocità pari fino a $n \cdot d_m = 4000 \left[\frac{mm}{\min} \right]$

(n=velocità al minuto, dm=diametro medio del cuscinetto)

Commenti:

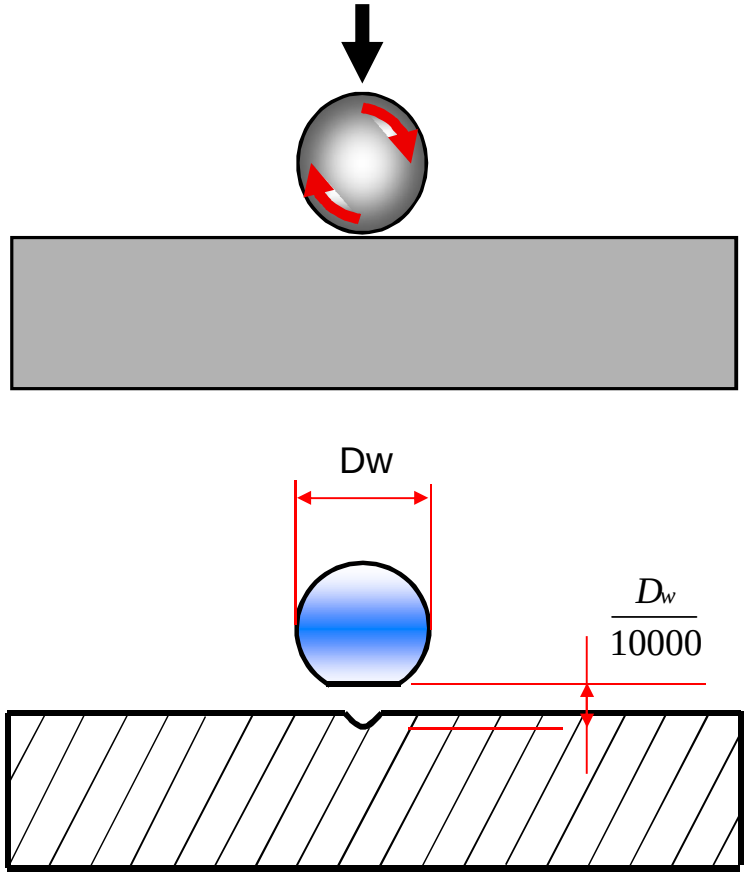
l'aggettivo "statico" si riferisce alle condizioni d'esercizio del cuscinetto volvente in regime di carico costante o variabile.

I carichi che comportano deformazioni plastiche permanenti sulle piste di rotolamento costituiscono il limite massimo del carico statico.

I solchi o le aree appiattite risultanti non devono compromettere la scorrevolezza e la silenziosità del cuscinetto.

Carico statico ammissibile sui corpi volventi

Definizione



La deformazione (plastica) permanente dei corpi volventi e della pista di rotolamento non deve superare lo 0,01% del diametro dei corpi volventi al punto di contatto sottoposto al massimo carico.

→ Nessun impatto sulla scorrevolezza
→ Nessun impatto sulla durata a fatica.

Per una sfera del diametro di 10 mm, ciò equivale a una deformazione plastica pari a 1µm per entrambi i corpi.

Carico statico ammissibile sui corpi volventi

Deformazione totale e pressione di contatto

SCHAEFFLER

La deformazione ammissibile totale, pari a 0, 01% Dw, equivale all'incirca alle pressioni di contatto ammissibili p_{oper}

$$p_{0\,per} = 4600 \frac{N}{mm^2}$$ per cuscinetti orientabili a sfere

$$p_{0\,per} = 4200 \frac{N}{mm^2}$$ per altri cuscinetti a sfere

$$p_{0\,per} = 4000 \frac{N}{mm^2}$$ per tutti i cuscinetti a rulli

Carico statico – coefficiente di sicurezza statica

Definizione

SCHAEFFLER

Il coefficiente di sicurezza statica è il rapporto tra

- il coefficiente di carico statico $\mathbf{C_o}$ e
- il carico massimo agente sul cuscinetto $\mathbf{F_o}$.

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0}$$

S_0 –
Coefficiente di sicurezza statica

C_0 (C_{or}, C_{oa}) N
Coefficiente di carico statico secondo tabelle dimensionali

P_0 (P_{or}, P_{oa}) N
Carico statico equivalente del cuscinetto radiale o assiale.

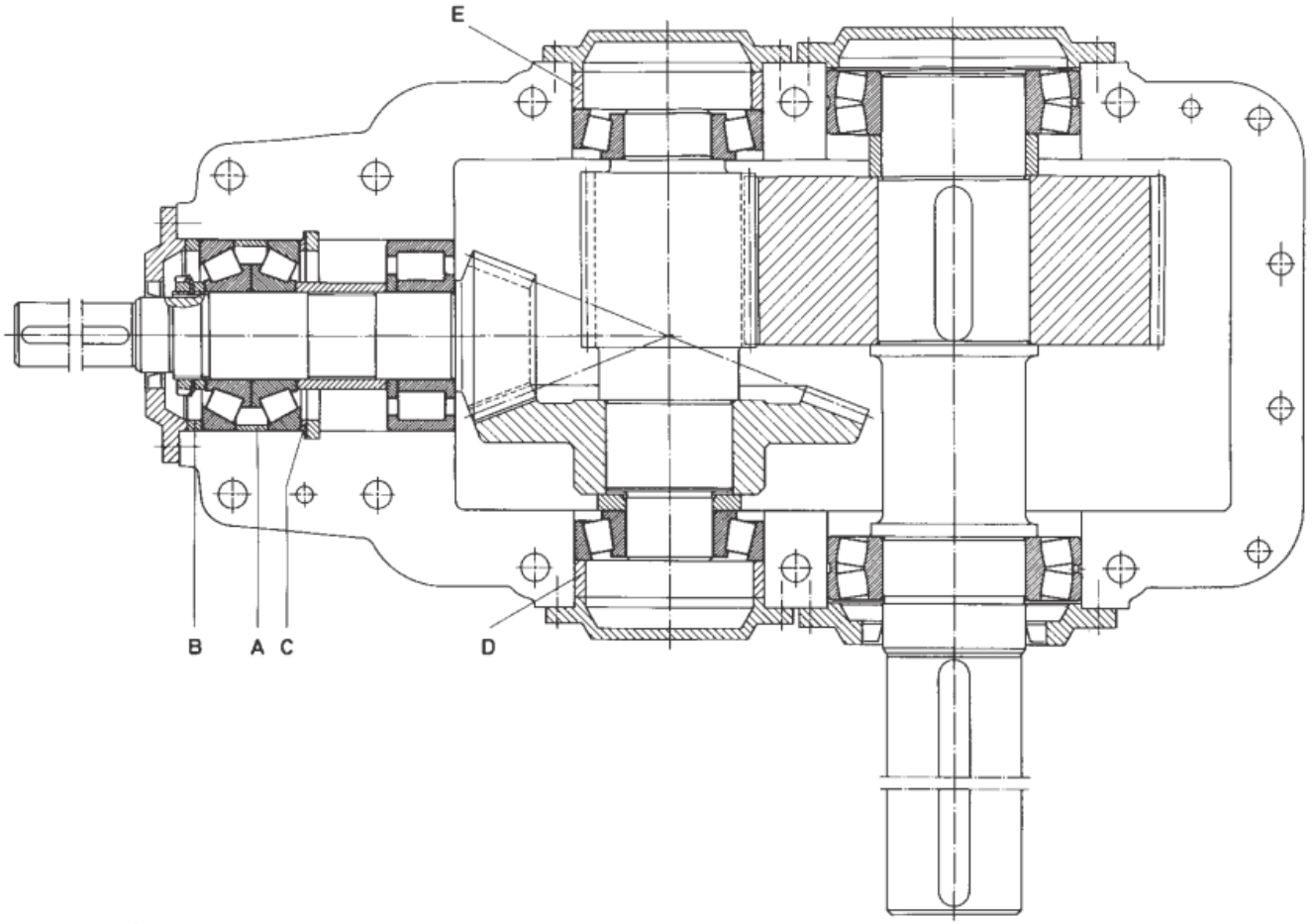
Condizioni d'esercizio	S_0	
	Cuscinetti a rulli	Cuscinetti a sfere
Funzionamento silenzioso, con pochi urti ed esercizio normale con poche esigenze di silenziosità cuscinetti con bassi movimenti di rotazione	≧ 1	≧ 0,5
Esercizio normale con elevate esigenze di silenziosità di funzionamento	≧ 2	≧ 1
Funzionamento con accentuati carichi ad urto	≧ 3	≧ 2
Supporti con elevate esigenze di precisione e silenziosità di funzionamento	≧ 4	≧ 3

SCHAEFFLER

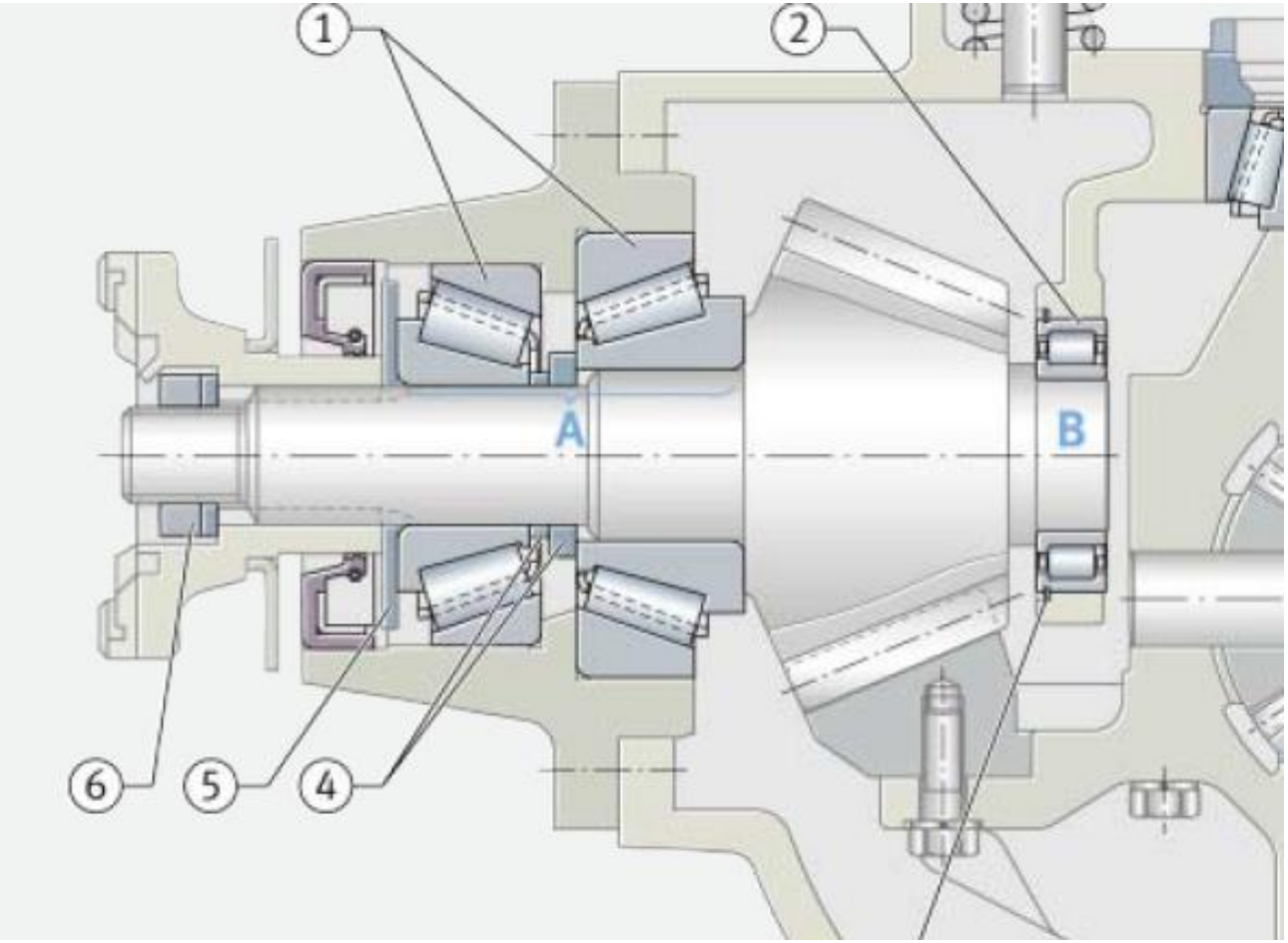


Esempi di applicazioni

Esempi

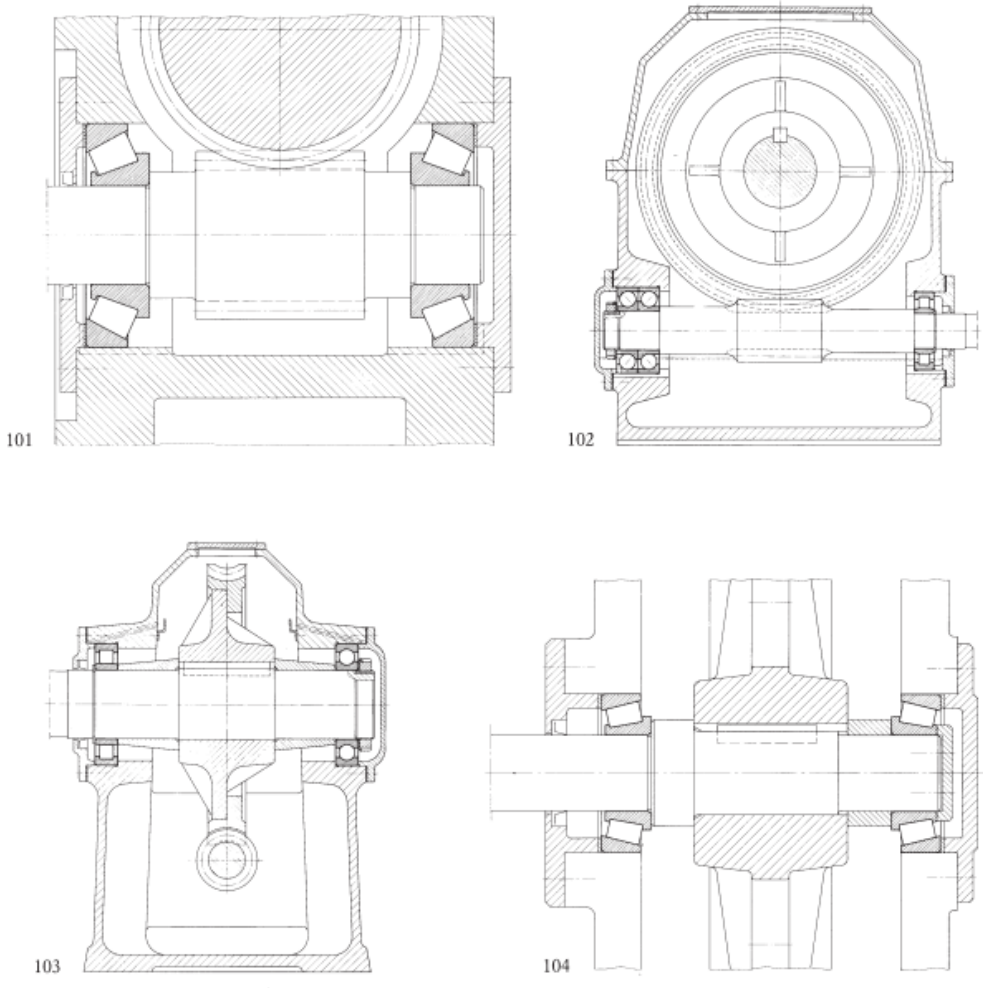


Esempi

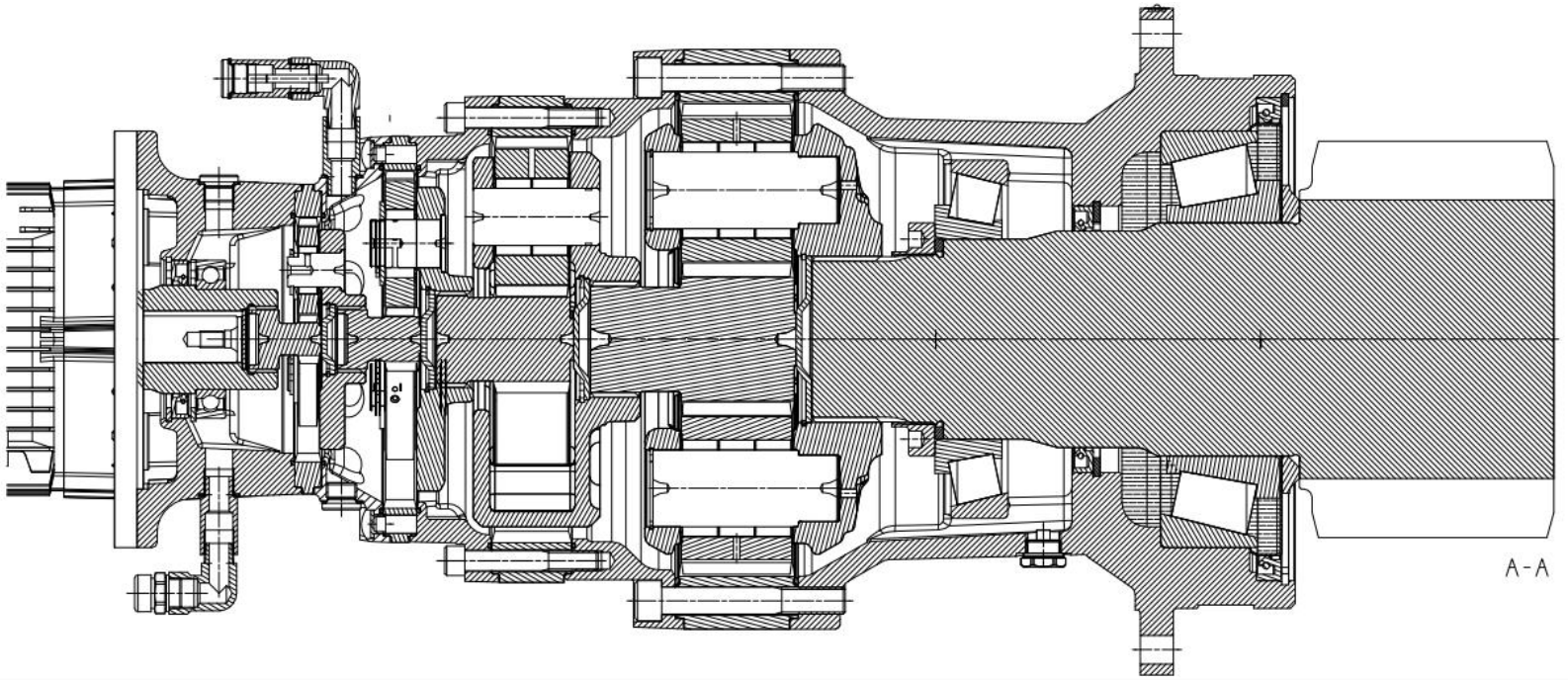


Esempi

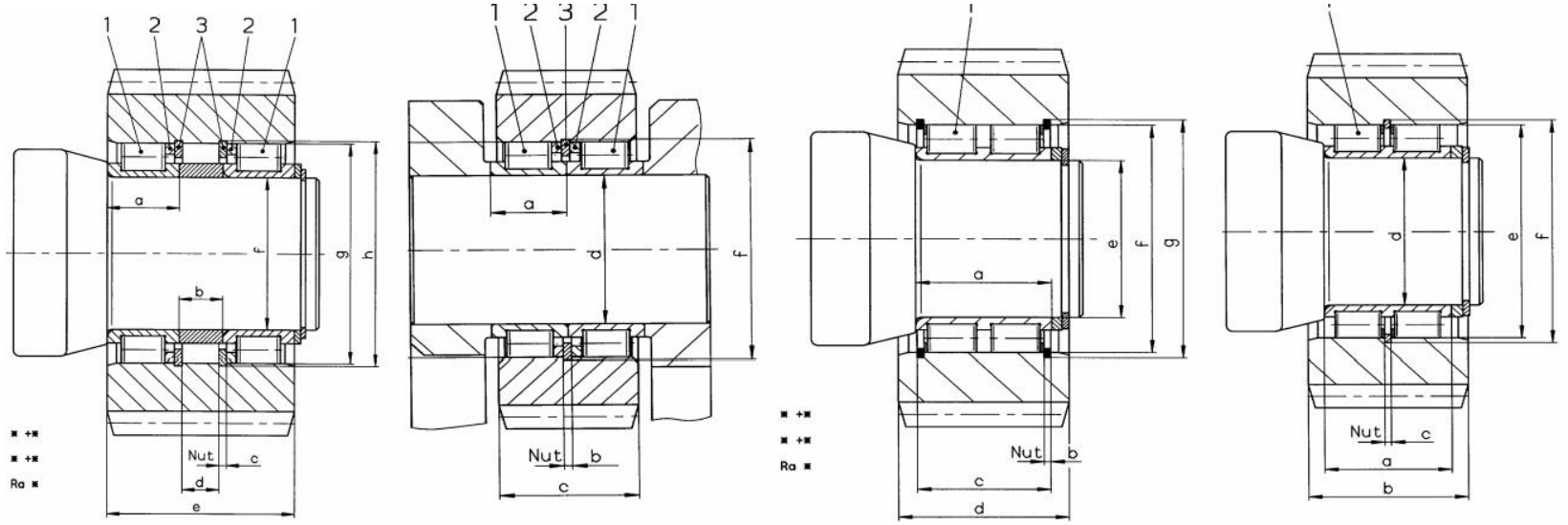
SCHAEFFLER



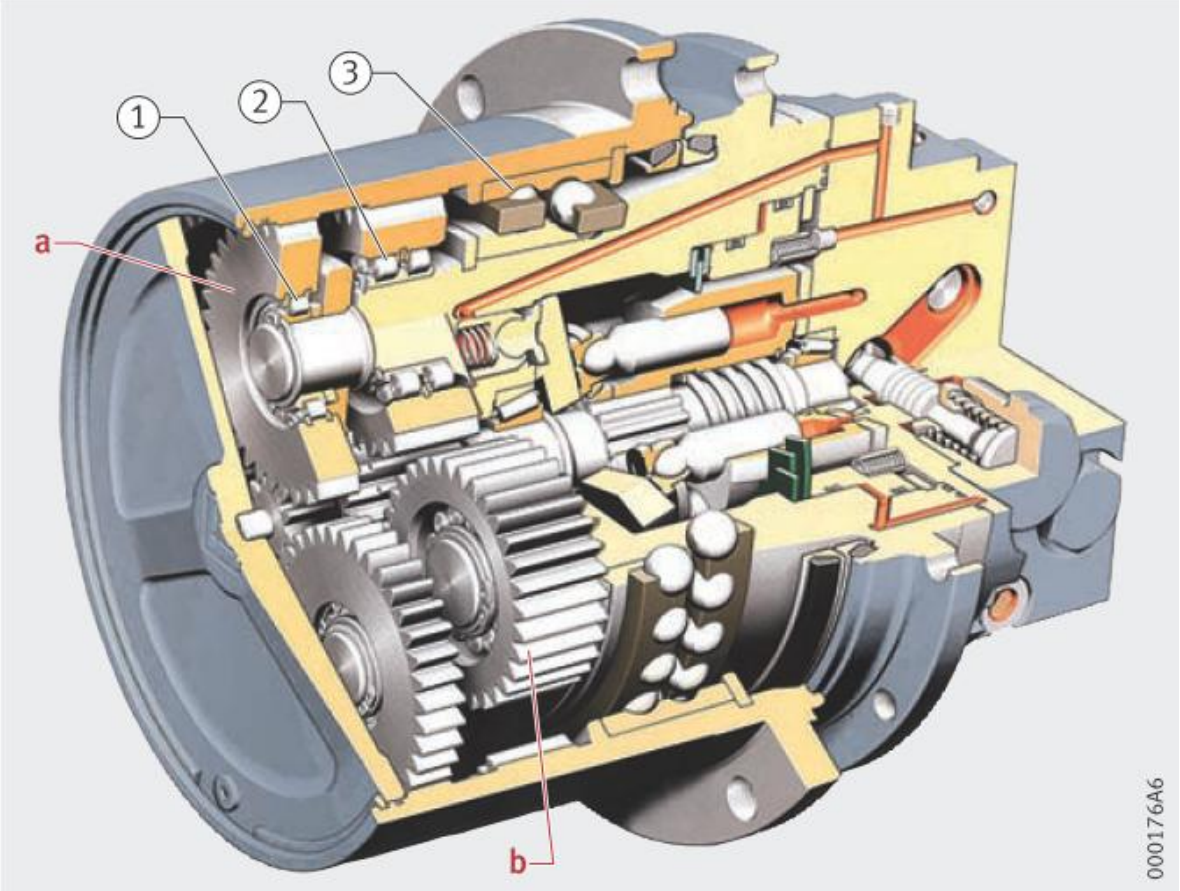
Esempi



Esempi

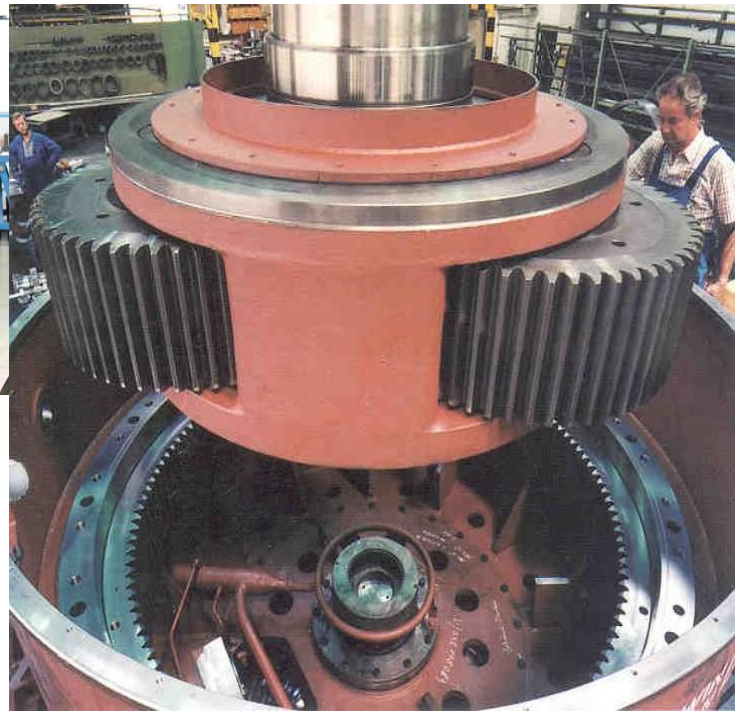

1 2 3 2 1
a
b
f
g
h
Nut
c
d
e
Ra
1 2 3 2 1
a
d
f
Nut
b
c
Ra
a
e
f
g
Nut
b
c
d
d
e
f
Nut
c
a
b

Esempi

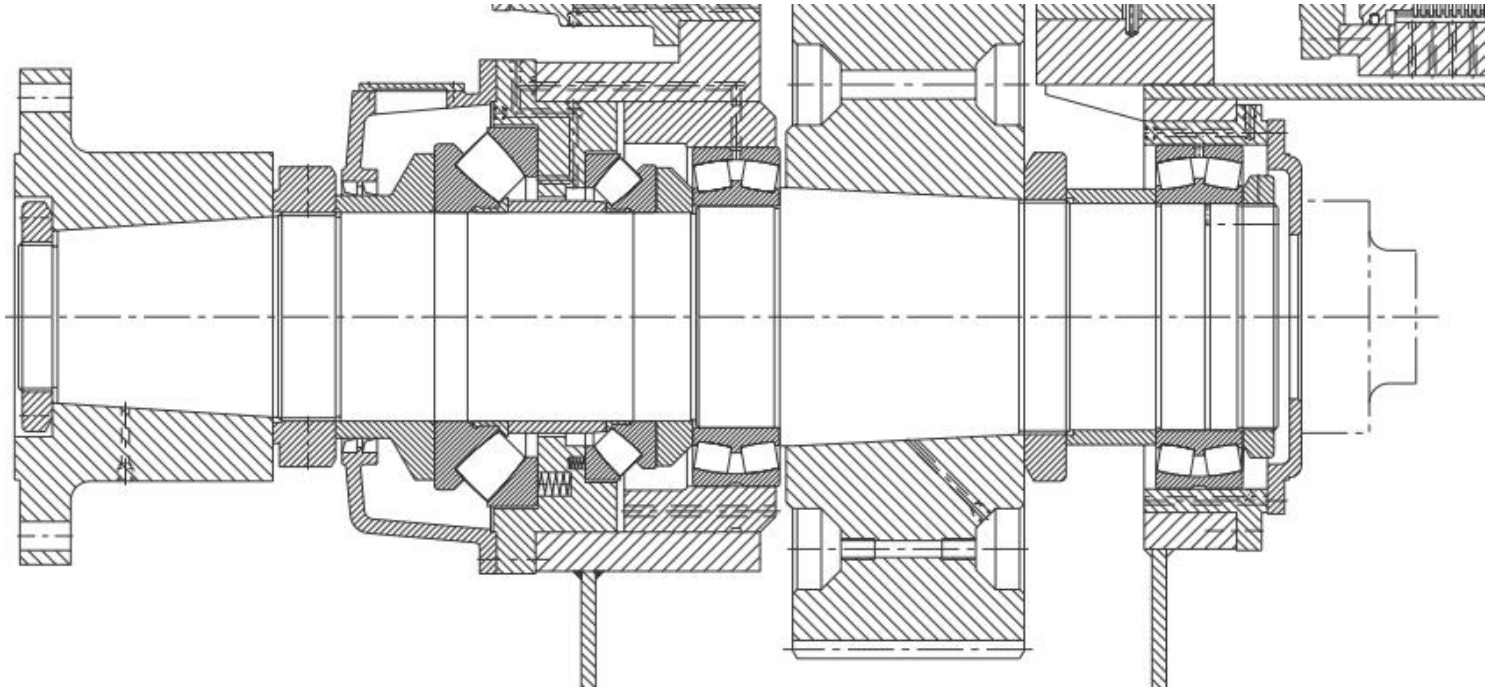


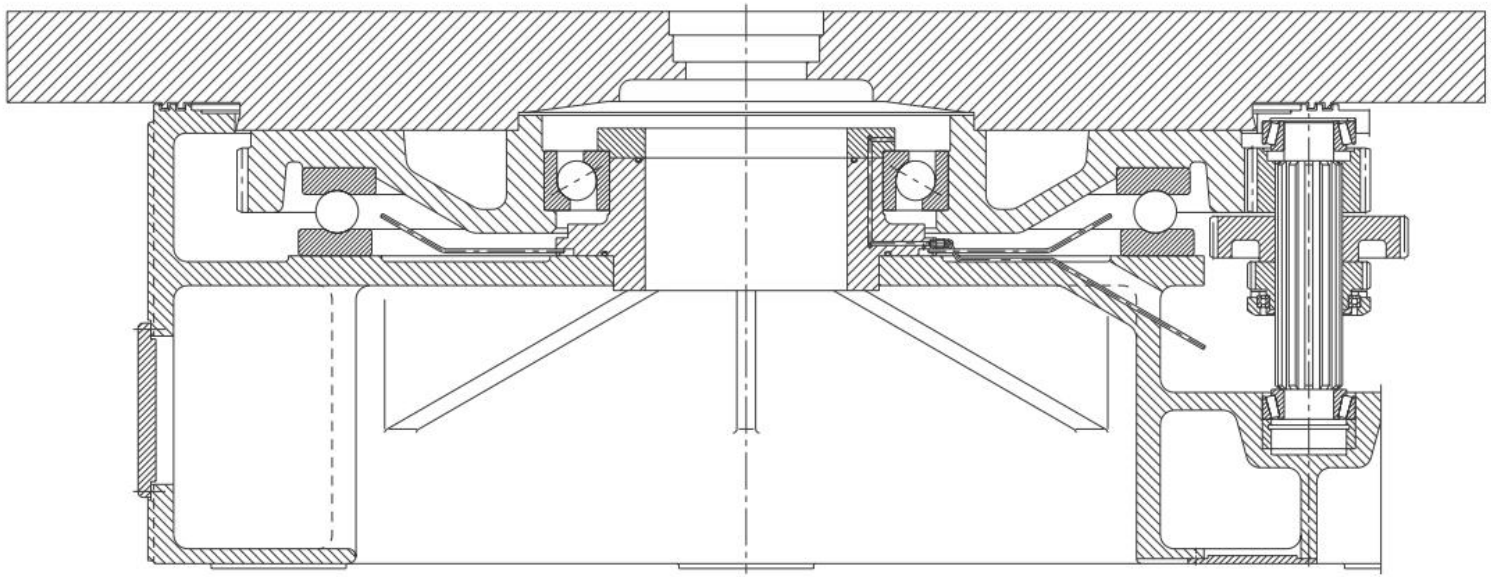
Esempi





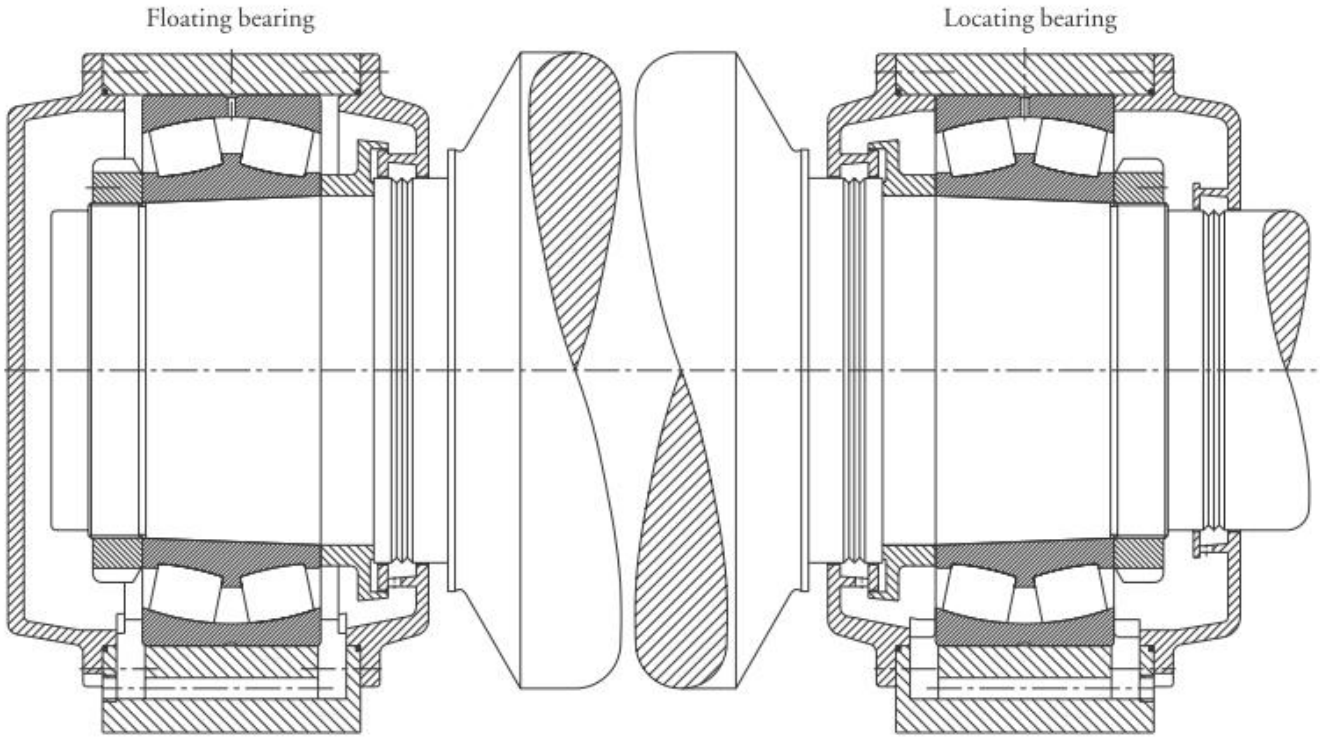
Esempi



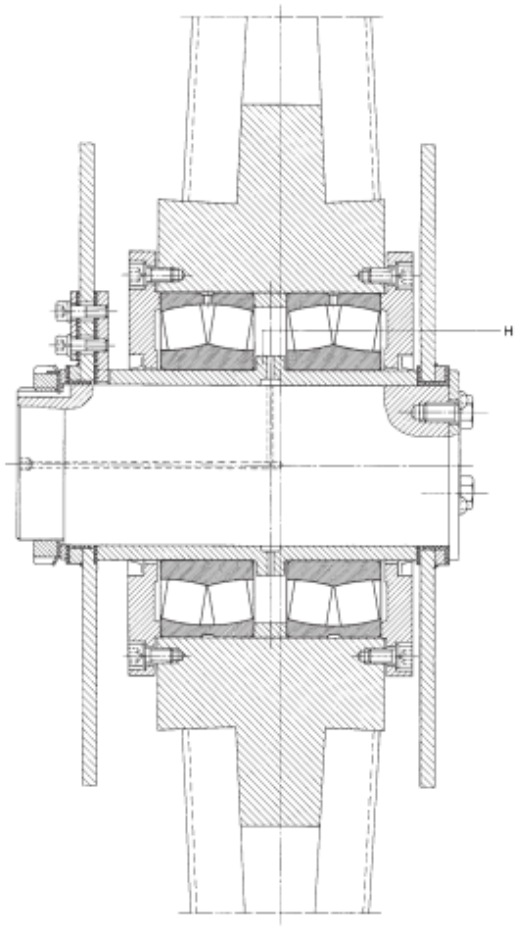


19: Bearing arrangement of a rotary table of a vertical lathe

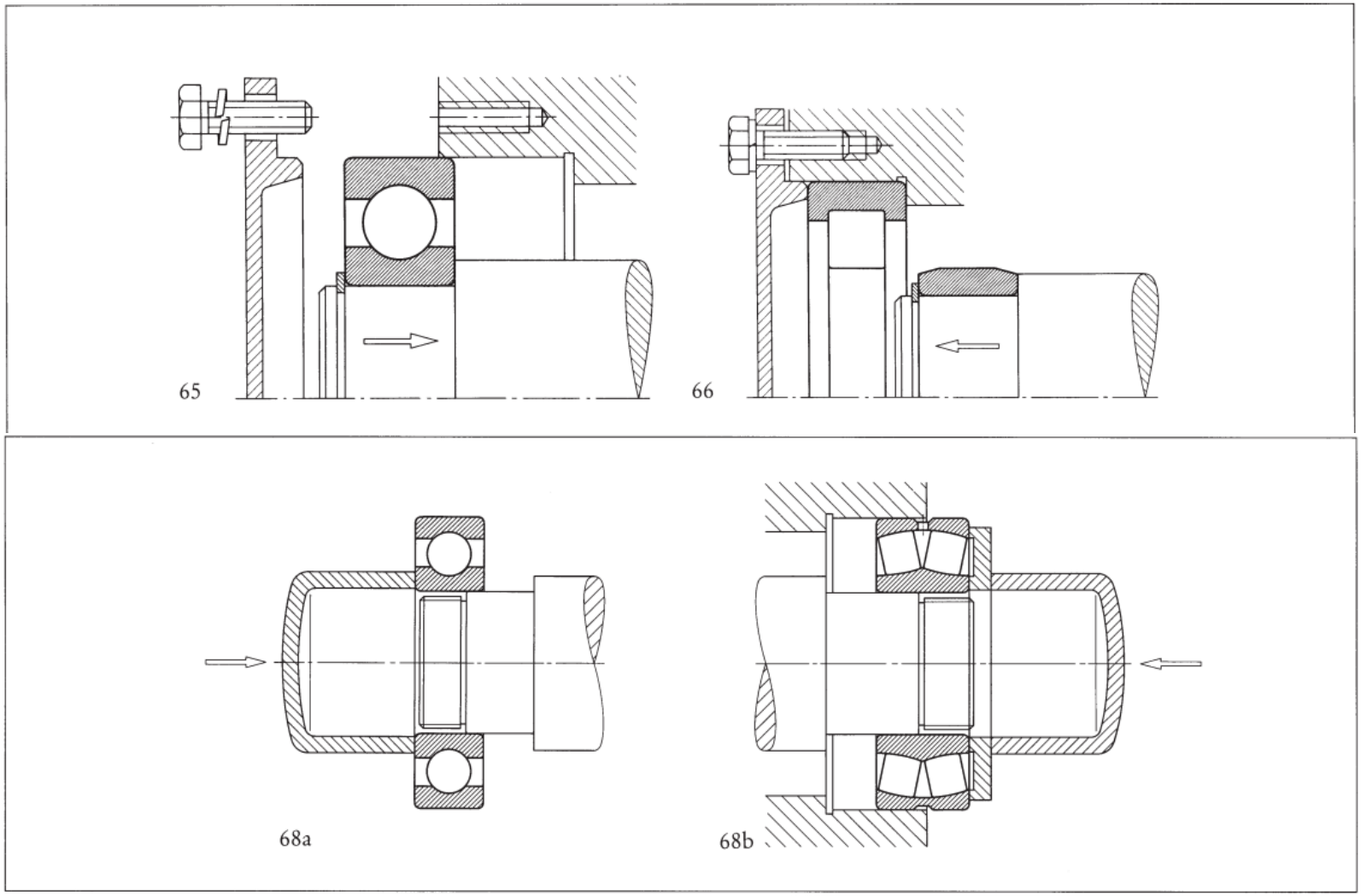
Esempi



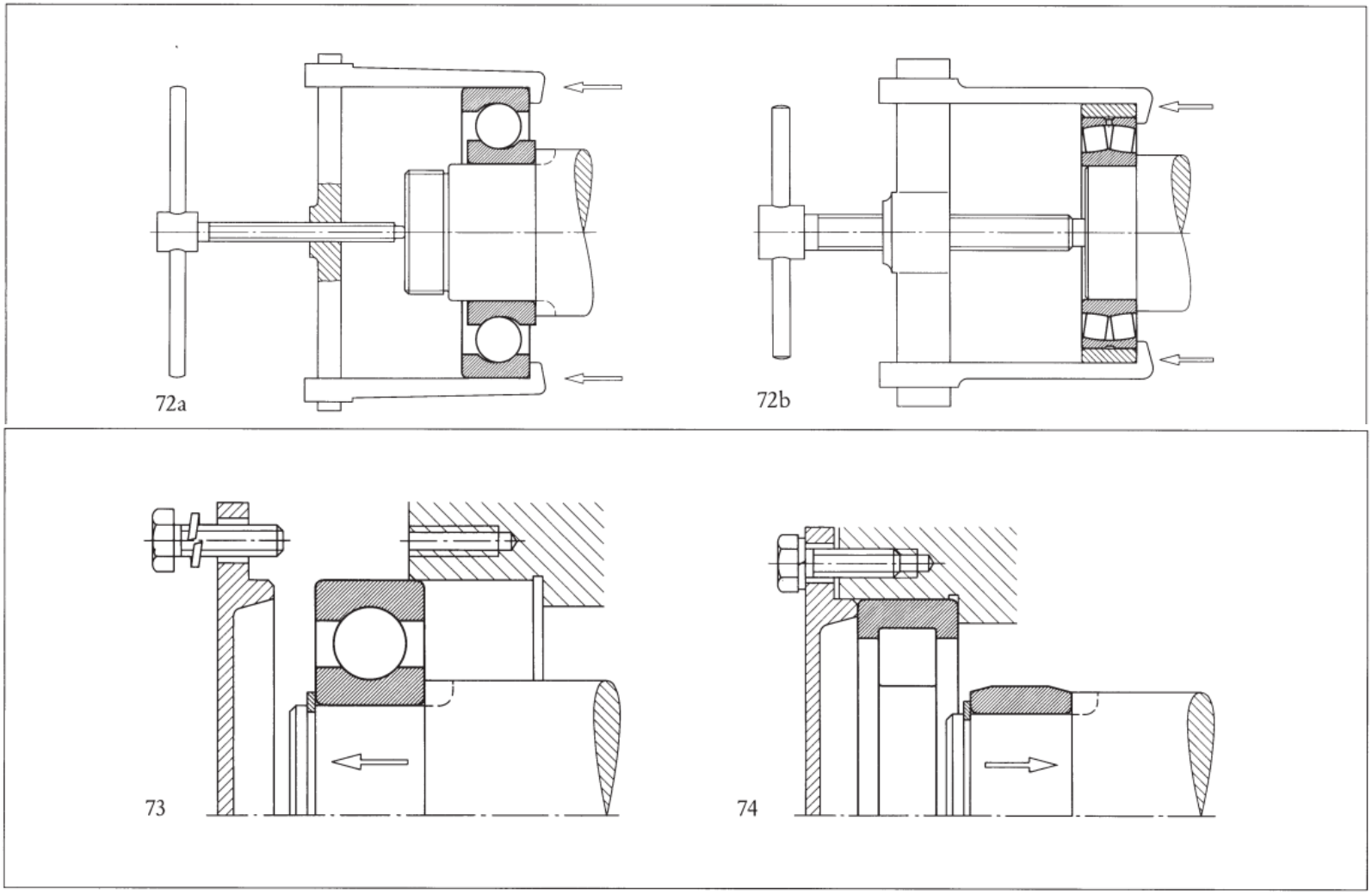
Esempi



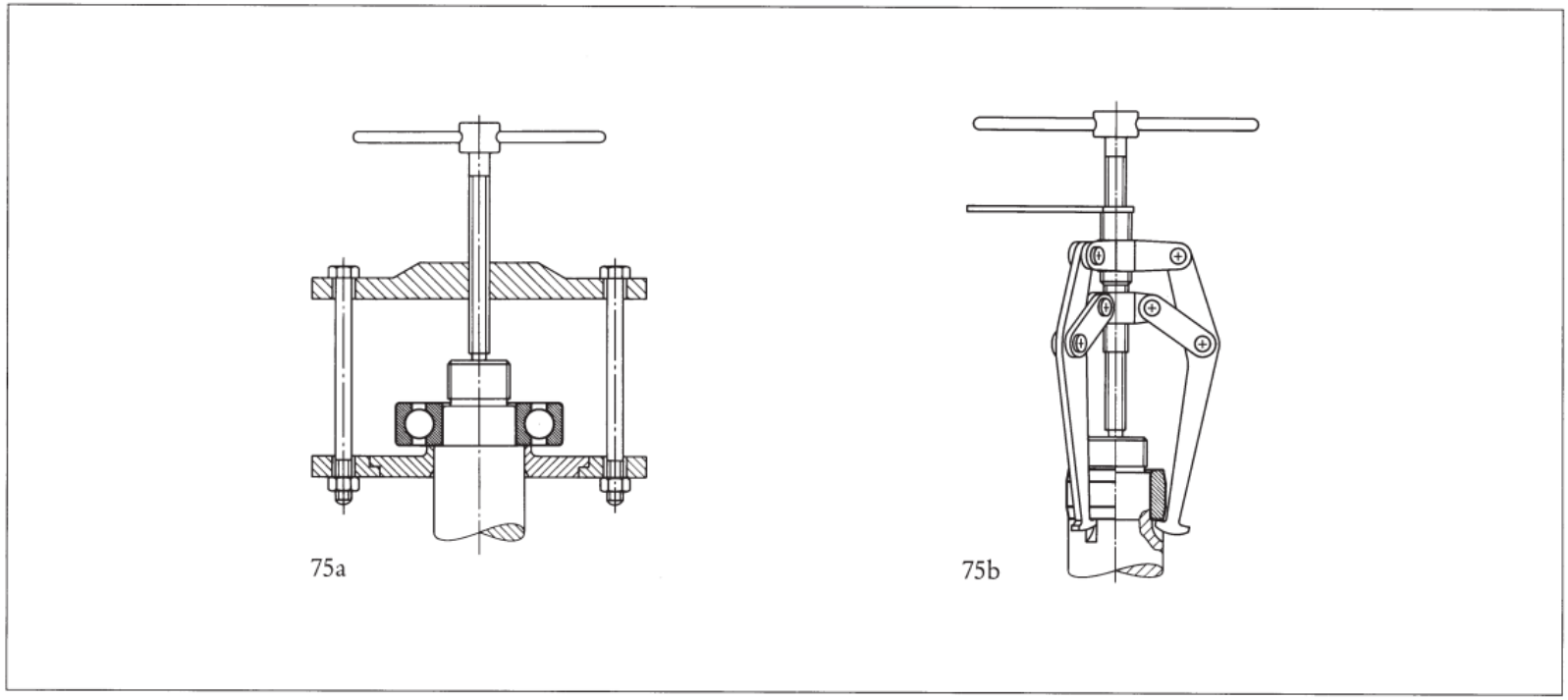
Esempi



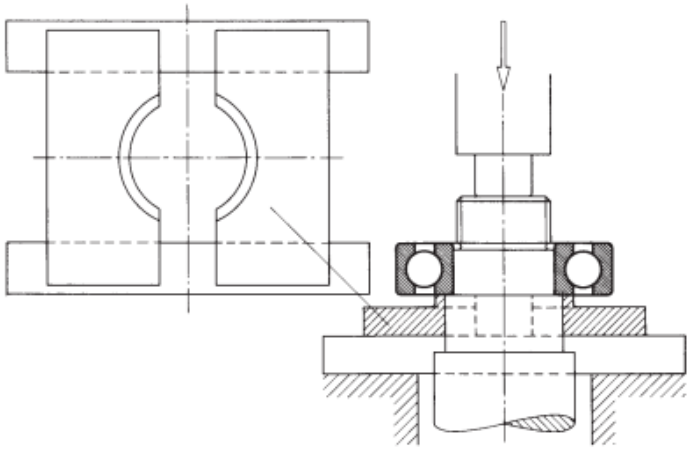
Esempi

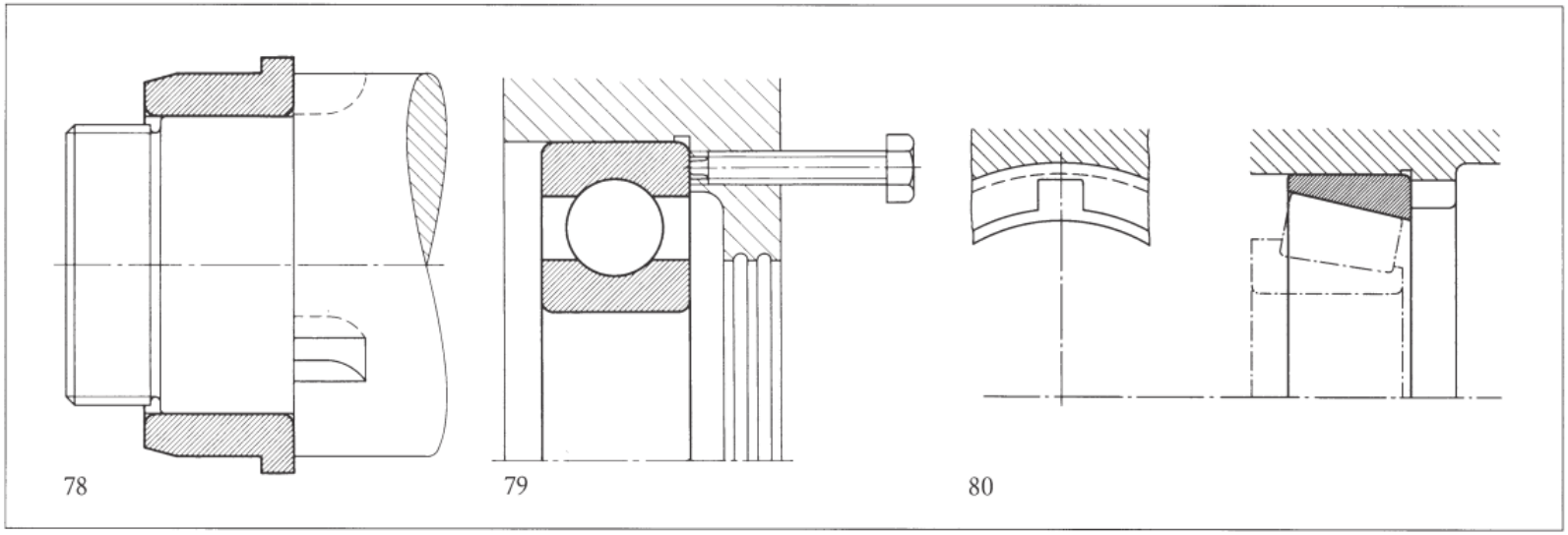


Esempi



Esempi





SCHAEFFLER



Grazie per la vostra attenzione!