

# MANUALE DI INGEGNERIA

Versione 2022.1

## Per Cuscinetti In Thordon

R7(TYP)

\* GROOVES  
Q. SPACED

R°C\*(TYP)

ØA + (2°C)

PROJECTED AREA

I.D.

LENGTH

HYDRAULIC  
RAM

METAL CAP

THORPLAS  
BEARING

25° LEAD-IN  
CHAMBER

CHAMFER AT  
DING EDGE OF  
THE HOUSING

25 mm

R3

R7

BEARING I.D.

# THORDON



# INDEX

---

<b>1. DEFINIZIONE DI Thordon</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TRIBOLOGIA</b> .....	<b>2</b>
a. Attrito	
b. Lubrificazione	
c. Usura	
<b>3. PROPRIETÀ FISICHE</b> .....	<b>3</b>
a. Effetti termici	
b. Effetti di acqua e olio	
c. Fattore di forma	
d. Deformazione	
e. Rigidezza	
f. Compressione, strisciamento, rilassamento	
g. Taglio	
h. Impatto, resilienza	
i. Isterisi	
j. Resistenza agli agenti chimici	
k. Proprietà fisiche tipiche	
<b>4. PROGETTAZIONE</b> .....	<b>12</b>
a. Analisi delle applicazioni	
b. Pressione e carichi sul cuscinetto	
c. Velocità	
d. Grafico PVT	
e. Rapporto lunghezza/diametro	
f. Spessore della parete del cuscinetto	
g. Gole di lubrificazione	
h. Superficie di contatto	
i. Installazione	
j. Riduzione al minimo del gioco iniziale all'installazione	
k. Processo di selezione del materiale	
l. Problemi e cause di insuccesso	
<b>5. STUDI APPLICATIVI</b> .....	<b>27</b>
a. Studio applicativo	
b. Interferenza	
c. Incollaggio	
d. Restringimento interno	
e. Dilatazione termica	
f. Dilatazione igroscopica (assorbimento)	
g. Gioco minimo all'installazione	
h. Utilizzo del programma di calcolo del dimensionamento	
i. Calcoli di cuscinetti con chiavette di blocco/estrazione	
j. Cuscinetti per alta pressione	
k. Cuscinetti per pompe verticali : partenza a secco	
<b>6. LAVORAZIONE E MISURA</b> .....	<b>36</b>
a. Lavorazioni generiche	
b. Lavorazioni XL,SXL o COMPAC	
c. Lavorazioni RIVER TOUGH o Composite	
d. Sezionamento	
e. Misurazione dimensionale e finitura superficie	
<b>7. INCOLLAGGIO CON TG-75</b> .....	<b>48</b>
a. Preparazione della superficie	
b. Miscelazione TG-75	
c. Catalizzazione	
d. Applicazione adesivo	
e. Inconvenienti	
f. Pulitura	
g. Conservazione	



## 1) DEFINIZIONE DI THORDON

Il Thordon, elastomero per cuscinetti radenti, è costituito da resine termoregolate costituite da polimeri tridimensionali incrociati e condensati.

È una lega di polimeri sintetici molto dura e resistente con caratteristiche prestazionali superiori a quelle di molti altri materiali per cuscinetti radenti sia metallici che non.

Il Thordon ha prestazioni particolarmente apprezzate ove esposto o sommerso in acqua in ambienti particolarmente sporchi ed in applicazioni dove lo shock da impatto è un fattore particolarmente presente.

I fattori per cui il Thordon ha prestazioni superiori in questi casi sono principalmente due : Primo, il Thordon è un elastomero con memoria e tende a ritornare sempre alla forma originale dopo compressioni o deformazioni durante la normale operatività; Secondo, per la sua composizione il Thordon ha una naturale resistenza all'abrasione. Queste due caratteristiche danno risultati eccezionali e lunga durata in una grande quantità di applicazioni difficili in ogni tipo di campo applicativo.

La Thordon Bearings produce diversi gradi e tipi di materiale specifici per ogni tipo di applicazione, i tipi di Thordon si differenziano per il colore :

- **XL** (Nero)
- **SXL** (Bianco avorio)
- **SXL TRAXL** (SXL incollato in guscio metallico)
- **COMPAC** (Arancione)
- **Composite** (Giallo all'esterno e nero all'interno)
- **HPSXL** (Grigio)
- **HPSXL TRAXL** (HPSXL incollato in guscio metallico)
- **ThorPlas** : Manuale separato
- **Thorseal** : Manuale separato

Questo manuale di ingegneria è stato realizzato in seguito all'esperienza pluriennale della Thordon Bearings nella produzione e installazione di cuscinetti in tutto il mondo.

Queste informazioni sono offerte come parte del servizio al cliente e sono intese essere utilizzate da personale che abbia sufficienti conoscenze tecniche ma a sua discrezione e rischio.

### **Servizio e Supporto Globale**

I servizi offerti da Thordon non includono solo informazioni e supporto durante la progettazione e realizzazione ma anche supporto tecnico per messa in servizio e assistenza globale attraverso una fitta rete di distributori

Il servizio di supporto globale può essere contattato a:

te: + 1 905 335 1440, Ext. 7

fax: + 1 905 335 4033

email: [service@thordonbearings.com](mailto:service@thordonbearings.com)

web: [www.ThordonBearings.com](http://www.ThordonBearings.com)

La compagnia si riserva il diritto di cambiare o modificare qualsiasi specificazione senza preavviso. Le uniche responsabilità della Thordon Bearings verso clienti, utilizzatori e distributori per reclami, danni e perdite saranno quelle elencate nella sezione "Garanzia Limitata" a pag 60 di questo manuale. Per nessun motivo Thordon sarà responsabile o potranno esserle imputate danni indiretti e/o perdite consequenziali.

## 2) TRIBOLOGIA

La Tribologia è lo studio scientifico di attrito, lubrificazione e consumo, proviene dal greco "Tribos" che significa "strofinare"

- a. Attrito
- b. Lubrificazione
- c. Usura

### a) ATTRITO

L'attrito è generalmente inteso come la forza che crea resistenza al movimento di un oggetto. Con un cuscinetto il Thordon l'attrito si ha quando un albero si appoggia al cuscinetto. Con la rotazione dell'albero l'attrito tra albero e cuscinetto crea resistenza alla rotazione dell'albero stesso e di conseguenza una certa quantità di energia è necessaria per mantenere la rotazione. Questa energia non ha alcun risultato in lavoro utile ed è convertita in calore. La quantità di forza di attrito  $F_f$  dipende da un fattore chiamato "coefficiente d'attrito" ( $\mu$ ) ed il carico applicato (N). La relazione è la seguente :

$$F_f = \mu N$$

Di conseguenza, se i carichi sull'asse aumentano, aumenterà anche la forza di attrito insieme alla generazione di calore. Se il calore non viene dissipato attraverso lubrificazione o dissipazione naturale la temperatura della superficie del cuscinetto aumenterà e dato che il Thordon, come gli altri materiali sintetici adatti a questo scopo, è un cattivo conduttore di calore, questo fattore è molto importante durante la progettazione del cuscinetto stesso.

### b) LUBRIFICAZIONE

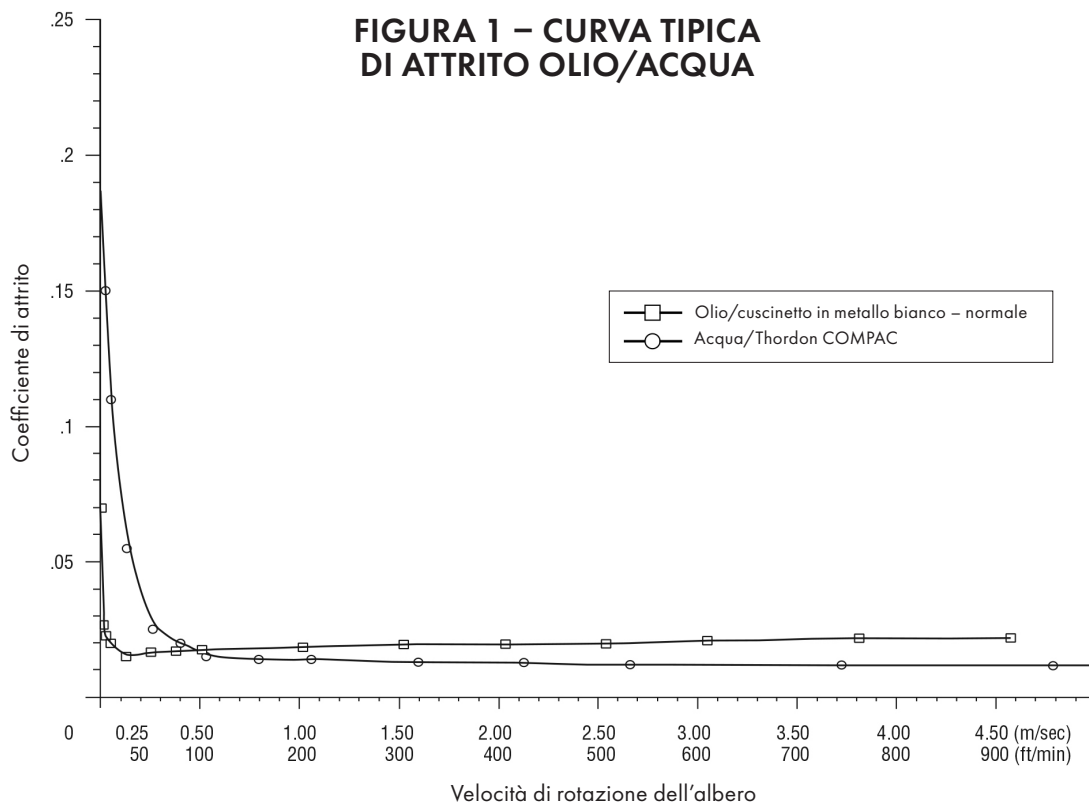
#### i) Lubrificazione Umida

L'attrito è un effetto in genere sempre indesiderato (fatto salvo per applicazioni tipo freni, frizioni e pneumatici). Molto spesso induce surriscaldamenti, consumi elevati e alti costi gestionali. Per ridurre l'attrito occorre un lubrificante.

La lubrificazione consiste nell'applicazione di una sostanza, in genere liquida, tra due superfici in movimento, con l'intento principale di ridurre l'attrito e secondariamente raffreddare.

Con il cuscinetto "bagnato" la forza di attrito diventa principalmente dipendente dalla velocità come mostrato nella figura 1.

La figura 1 mostra i risultati di un test con il Thordon COMPAC in acqua ed un normale cuscinetto in metallo bianco in olio. Il cuscinetto in metallo bianco parte con un livello di attrito inferiore che precipita immediatamente al suo minimo per poi lentamente risalire.



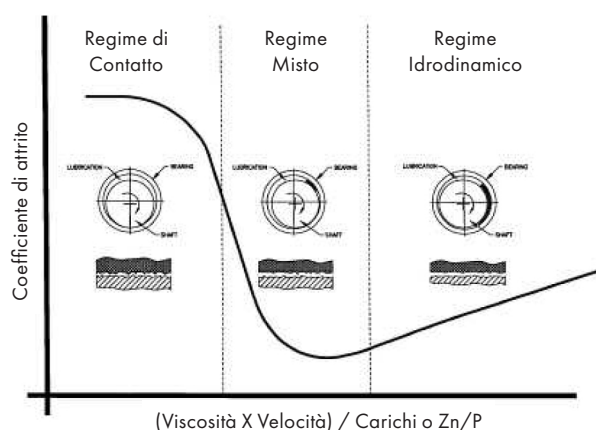
NOTA : Diametro dell'albero 101,4 mm (4") rapporto L/D 2:1 - 0,6 Mpa

La forza di attrito per il cuscinetto in acqua parte più alta per la scarsa capacità di lubrificazione dell'acqua stessa e richiede una maggiore velocità per raggiungere operatività idrodinamica. Questo a causa della scarsa viscosità dell'acqua.

Un'interessante osservazione è che ad alti regimi di velocità la forza di attrito nella lubrificazione ad acqua è inferiore a quella ad olio. Una volta raggiunta l'operatività idrodinamica l'attrito aumenta, ad ogni modo l'alta viscosità dell'olio causa forze tangenziali maggiori e maggiore attrito dell'acqua.

Questo è illustrato dalla tipica "Curva di Stribeck" (Figura 2) che confronta il coefficiente di attrito rispetto al parametro idrodinamico  $Zn/P$ . La curva è divisa nei 3 regimi di lubrificazione principale.

**FIGURA 2 - CURVA DI STRIBECK**



### La curva di Stribeck, Formazione del meato idrodinamico

Nel primo stadio del grafico il cuscinetto e l'albero sono in contatto, in questa fase il valore di attrito è altissimo, in questa zona della curva la capacità autolubrificante di un materiale è di fondamentale importanza. Con l'aumento del numero di giri ci spostiamo nel secondo stadio della curva dove il liquido lubrificante comincia a costruire il meato e a "sollevare" l'albero dalla superficie del cuscinetto con il risultato di abbassare drasticamente il valore di attrito. Nel terzo stadio del diagramma ci spostiamo definitivamente nella zona "idrodinamica" dove ogni contatto tra albero e cuscinetto è eliminato, l'attrito ricomincerà ad aumentare a causa della resistenza di taglio causata dalla viscosità del lubrificante. La transizione tra gli stadi del diagramma dipenderà principalmente da tipo di lubrificante, velocità e carichi, mentre il profilo della curva dipenderà da geometria del cuscinetto, giochi e autolubrificazione del cuscinetto, nonché dalla finitura della superficie di contatto. Un lubrificante ad alta viscosità solleverà prima l'albero spostando i punti transitori verso sinistra. Con

l'aumento della viscosità aumenterà comunque anche il minimo coefficiente operativo di attrito.

Diminuendo il coefficiente di attrito avremo un attrito minore negli stadi precedenti l'idrodinamicità dell'albero.

Anche la geometria del cuscinetto può influenzare la curva, in particolar modo tra un cuscinetto con le gole di lubrificazione ed un cuscinetto liscio. I calcoli mostrano che un cuscinetto con gole di lubrificazione necessita di circa il doppio della velocità per lo stadio idrodinamico.

La lubrificazione liquida porta inoltre un altro grande beneficio che è quello di dissipare il calore generato dall'attrito che è nemico di tutti i cuscinetti. Questo è particolarmente importante per il Thordon a causa della sua scarsa conduttività termica che non gli permette di dissipare il calore attraverso lo spessore (al contrario dei cuscinetti metallici).

La lubrificazione può essere fornita in diversi modi e con sistemi più o meno complessi, dalle normali casse di compensazione (generalmente per olio), ma in genere utilizzate per rotazioni a basse e medie velocità. Vengono utilizzati anche sistemi a bagno permanente, ma con il rischio di un surriscaldamento dell'intero sistema, incluso il liquido lubrificante.

Un terzo metodo è il flusso forzato continuo essenziale per applicazioni tipo assi portaelica, pompe verticali e turbine idrauliche dove l'alto numero di giri e carichi importanti possono causare generazione di calore molto elevata non dissipabile in una semplice condizione di immersione nel lubrificante.

### NOTA : QUANTITÀ DI ACQUA RICHIESTA

Un cuscinetto in Thordon in un'applicazione ove è presente rotazione continua potrebbe richiedere la necessità di acqua di raffreddamento, in questo caso la quantità richiesta è la seguente:

Applicazioni Orizzontali

0,15 l/min x mm diametro albero

Applicazioni Verticali (Turbine Idrauliche)

0,30 l/min x mm diametro albero

L'acqua dovrà essere più pulita e fredda possibile, la lubrificazione con acqua superiore a 40°C dovrebbe essere evitata.

## ii) Grasso

Il grasso è un lubrificante che abbassa il livello di attrito e permette la formazione di uno strato di lubrificante, non ha capacità di dissipare calore e periodicamente deve essere applicato nuovamente sia per evitare operatività a secco che per espellere il vecchio grasso contenente residui solidi. Con il Thordon dovrebbe essere utilizzato solo in ambienti relativamente puliti e dove la generazione di calore non è un problema (grafico PVT Figura 14F).

## iii) Assenza di Lubrificazione – Operatività a Secco

Il Thordon può essere utilizzato in assenza di lubrificazione ove siano presenti basse velocità e dove il grasso potrebbe essere contaminato eccessivamente. Il Thordon SXL è la scelta ideale in caso di operatività a secco per la sua alta concentrazione di lubrificante. Questo riduce attrito e generazione di calore. Quando il carico viene considerato eccessivo per Thordon SXL è possibile considerare HPSXL che può operare a secco benchè non abbia la stessa resistenza all'abrasione. In presenza di carichi eccessivi si possono considerare HPSXL in configurazione TRAXL o ThorPlas.

## iv) Curva PVT (Pressione, Velocità, Tempo)

La scelta sul metodo di lubrificazione più adatto può essere facilitata facendo riferimento alla curva PVT nella sezione "Guida alla progettazione" di questo manuale.



Tipico esempio di usura da abrasivi. ►

## c) USURA

Con "Usura" indichiamo la rimozione distruttiva di materiale tra parti in contatto in movimento, l'usura può assumere molteplici forme e, in quanto molto complessa, è difficile da predire.

### i) Usura da Adesione

L'usura da adesione si presenta quando minuscoli picchi di due superfici ruvide a contatto si saldano o si incastrano l'un con l'altra rimuovendo piccole particelle di entrambi i materiali. Questo tipo di usura è molto raro nel Thordon in condizioni di temperatura e pressioni ottimali mentre diventa possibile quando le temperature superano le temperature limite, le temperature massime di esercizio per il Thordon sono stimate per evitare questo tipo di fenomeno. L'importanza di questo tipo di consumo dipende dall'attrito tra le superfici, dalla pressione e da tipo e quantità di lubrificazione.

### ii) Usura da Abrasione

L'usura da abrasione coinvolge l'abrasione di una superficie più tenera da parte di particelle più dure (carta vetrata, mole abrasive) o presenza di sabbia o particelle solide tra un cuscinetto e un albero, l'entità di questa usura dipenderà dalla quantità di abrasivi come dalla sua composizione e forma, nonché dalla misura delle particelle abrasive.

L'approccio più indicato per ridurre al minimo questo tipo di usura è naturalmente provare a eliminare o ridurre la quantità di abrasivi utilizzando filtri o iniezione di acqua pulita. Ove ciò non fosse possibile, un'alternativa soddisfacente per ridurre al minimo questo tipo di usura consiste nell'utilizzo di una superficie molto dura e l'altra relativamente morbida e duttile, le particelle abrasive verranno quindi spinte nella superficie morbida e si muoveranno lungo la sua superficie causando un danno minimo o nullo all'albero, la natura elastomerica del Thordon agevola la resistenza a questo tipo di abrasioni perché il materiale "flette" quando incontra particelle abrasive, con la rotazione dell'albero le particelle si muovono fino a raggiungere le gole di lubrificazione ed essere espulse. Con materiali rigidi, questo tipo di operazione non è possibile in quanto tenderanno ad inglobare permanentemente le particelle creando una superficie abrasiva costante e danneggiando così molto probabilmente anche l'albero.

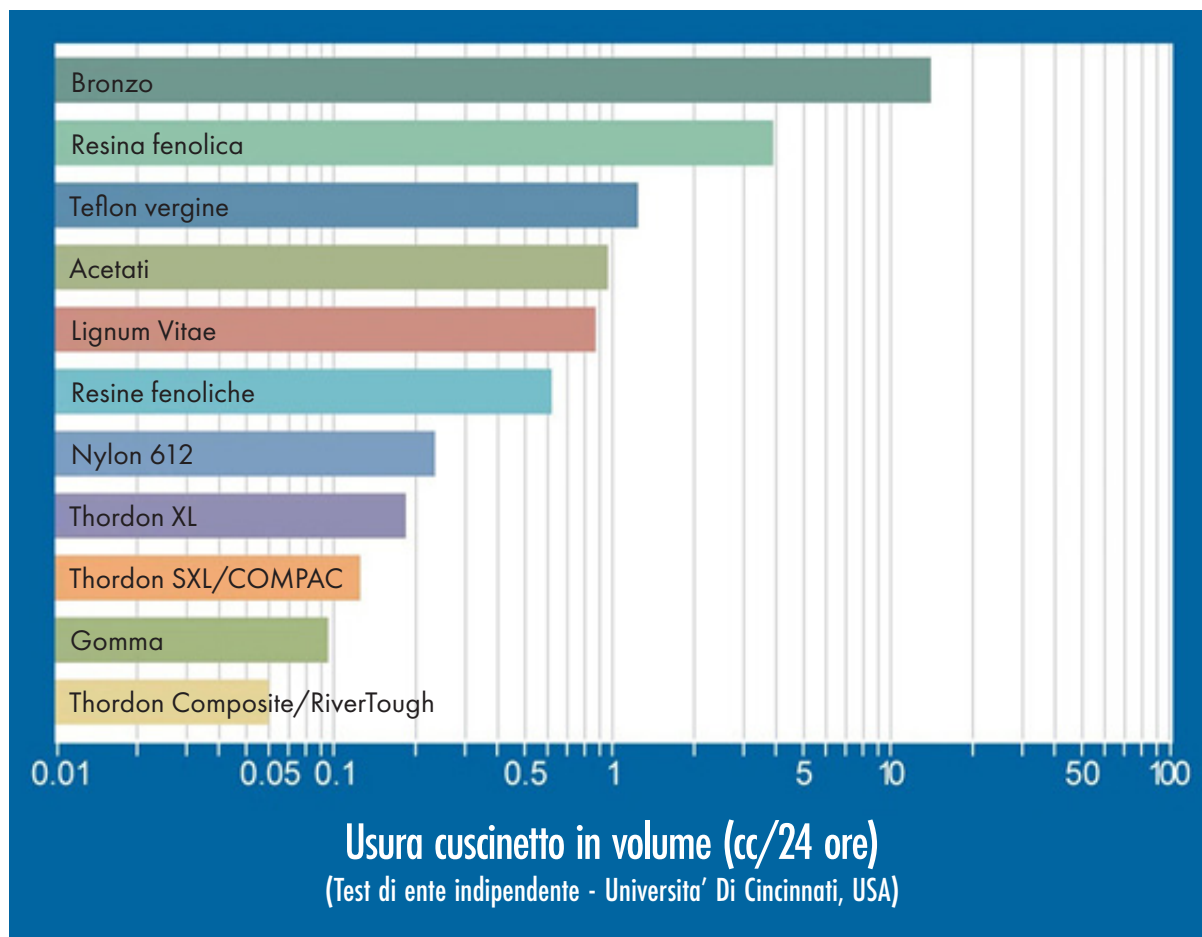
In definitiva un flusso continuo d'acqua pulita ed una superficie sull'albero molto dura riducono notevolmente questo tipo di usura.

Test di laboratorio hanno dimostrato che, in ambienti estremamente sporchi e abrasivi, il risultato migliore si è ottenuto con alberi molto duri, Thordon Composite e un flusso di acqua continuo.

### iii) Usure a Confronto

Il test in Fig. 3 è stato effettuato da un laboratorio indipendente negli Stati Uniti (Cincinnati) confrontando la capacità del Thordon e di altri materiali di resistere all'abrasione in un test prolungato. Il test è stato effettuato in una macchina progettata per tale scopo con ricircolo di acqua con solidi in sospensione, vedi Nota, Figura 3.

**FIGURA 3 – USURA DA ABRASIVI SU CUSCINETTO RADENTE - NORMALE**



NOTA: Particelle abrasive in sospensione  
 Materiale dell'albero : acciaio al carbonio  
 D.I. del cuscinetto : 25 mm  
 Abrasivi : 2% Bentonite, 6% sabbia, 6% argilla, 86% acqua

# PROPRIETA' FISICHE

## 3) PROPRIETA' FISICHE

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| a. Effetti termici          | f. Compressione - Deformazione permanente Rilassamento da tensione |
| b. Effetto di acqua o olio  | g. Taglio  |
| c. Fattore di Forma         | h. Resilienza  |
| d. Deformazione da tensione | i. Isterisi  |
| e. Rigidezza                | j. Resistenza agli agenti chimici                                  |
|                             | k. Tabella delle proprietà fisiche                                 |

### a) EFFETTI TERMICI

#### i) Limiti di temperatura

Tutti i cuscinetti sono soggetti, durante l'esercizio, all'effetto combinato della temperatura ambientale e del calore generato dall'attrito. Il Thordon, come tutti i cuscinetti non metallici, ha una bassissima conduttività termica e di conseguenza degli accorgimenti devono essere considerati per limitare la generazione di calore da attrito.

Il limite di temperatura per Thordon in ambienti non acquei è di 105°C, al di sopra di tale temperatura il materiale potrebbe cominciare a ammorbidirsi.

Con l'ammorbidimento della superficie il coefficiente di attrito aumenta causando ulteriore generazione di calore e il processo continua fino alla distruzione del cuscinetto stesso. In alcuni casi, però, questo fenomeno può arrestarsi da solo come nel caso di disallineamento dove, una volta riallineatosi, l'effetto cessa.

La temperatura minima d'esercizio del Thordon è -60°C sebbene per le installazioni è possibile utilizzare azoto liquido (-195°C) senza danni al materiale.

La temperatura massima di esercizio del Thordon immerso in liquidi è 60°C a causa dei fenomeni di idrolisi (Vedere capitolo "Effetti di olio e acqua"). Questo limite è da considerarsi valido per liquidi con significativo contenuto di acqua.

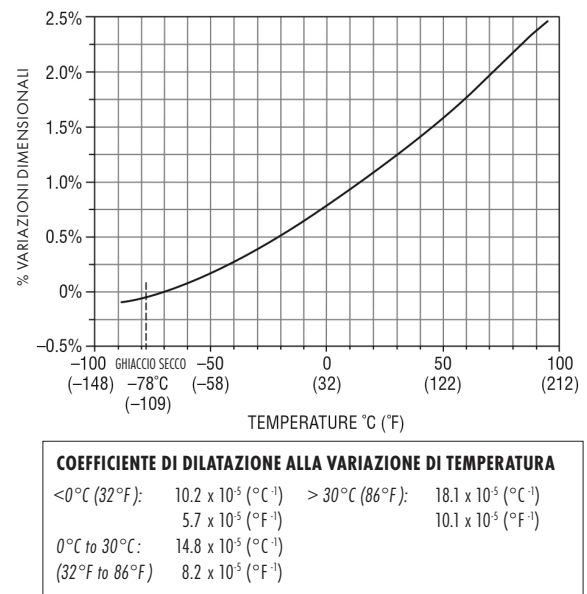
La temperatura massima di esercizio del Thordon in olio minerale è 75°C.

La Thordon produce gradi e tipi di polimero per temperature maggiori - contattare la Thordon Bearings per maggiori dettagli.

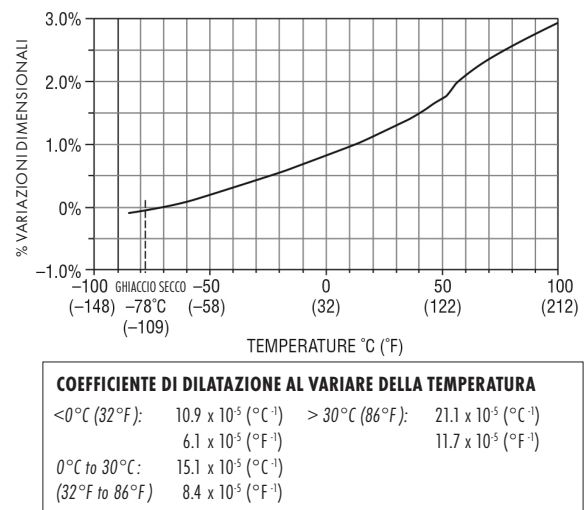
#### ii) Coefficiente di dilatazione/contrazione

Il coefficiente di dilatazione e contrazione del Thordon non è lineare e, come negli altri materiali non metallici, varia con la temperatura. Le Figura 4 e 5 mostrano i risultati tipici del Thordon che evidenzia un coefficiente di contrazione più basso rispetto al coefficiente di dilatazione. Ad esempio il coefficienti di dilatazione termica del Thordon HPSXL è  $12 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e non mostra la stessa non-linearità del Thordon SXL, COMPAC e XL.

**FIGURA 4 – THORDON XL E GM2401  
VARIAZIONE DIMENSIONALE AL  
VARIARE DELLA TEMPERATURA**



**FIGURA 5 – THORDON SXL E COMPAC  
VARIAZIONE DIMENSIONALE AL  
VARIARE DELLA TEMPERATURA**



## b) EFFETTO DI ACQUA E OLIO

### i) Assorbimento di acqua

Il Thordon espande il suo volume di circa l'1,3% quando viene immerso in acqua a temperatura ambiente pari a 21°, a causa della natura isotropica della struttura del polimero. A questa temperatura il Thordon impiega dai 12 ai 18 mesi per la dilatazione totale, a seconda della geometria.

Con l'aumento della temperatura aumenta sia la variazione in volume che la velocità di assorbimento, in un ambiente a 60°C l'aumento volumetrico è stato del 2% in 100 ore.

Per determinare il comportamento del Thordon immerso in un liquido, è stata effettuata una serie di test in laboratorio. Il risultato è una riduzione del diametro interno di circa 0,011 moltiplicato per lo spessore del cuscinetto, mentre per la lunghezza si riduce di circa 0,005 moltiplicato per la lunghezza sull'assorbimento assiale a 21°C.

### ii) Idrolisi

Quando il Thordon viene immerso costantemente in acqua con temperature pari a 60°C o superiori, si deteriora chimicamente nel tempo a causa delle reazioni all'acqua calda. Questo deterioramento è comunemente noto con il nome di idrolisi. La superficie del materiale si ammorbidisce e, a volte, si incrina. Il fenomeno di idrolisi si presenta anche con altri liquidi ad alto contenuto di acqua.



*Esempio tipico di cuscinetto con effetto da idrolisi.*

### iii) Assorbimento di Olio

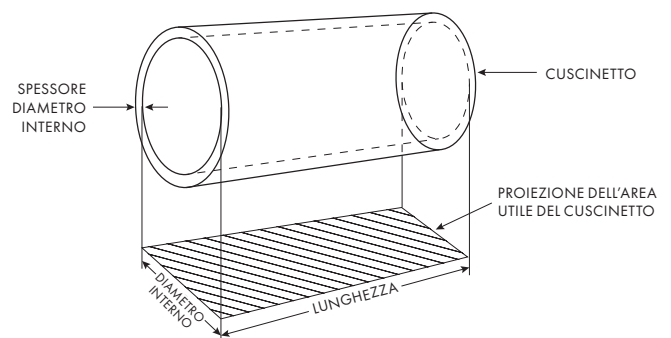
L'assorbimento di olio minerale da parte del Thordon è estremamente basso a basse e medie temperature, non è rilevante come quello in acqua. Ad ogni modo, a temperature elevate, anche l'assorbimento di olio diventa rilevante. Test di laboratorio dimostrano che in esercizio continuo in olio a 75°C si ha un aumento in volume di oltre il 2,5%.

In pratica, comunque, per le applicazioni in olio vengono utilizzati gli stessi parametri di una applicazione in acqua, questo principalmente per la minore conduttività termica dell'olio rispetto all'acqua. Nel caso di utilizzo di olii particolari si consiglia di testare l'effettiva compatibilità del prodotto con il Thordon (o rivolgersi alla Casa Produttrice) poiché olii non standard potrebbero avere effetti inaspettati sulla variazione volumetrica del Thordon (anche superiori all'acqua) o ammorbidimenti del materiale dopo circa 24 ore, segno che l'olio non è compatibile con il Thordon.

## c) FATTORE DI FORMA

I test di compressione sugli elastomeri hanno determinato che la curva di deformazione è altamente influenzata dalla forma dell'oggetto testato. Questo effetto è chiamato Fattore di Forma e si ottiene dividendo l'area sottoposta a carico per l'area libera. A un dato carico con l'aumento del fattore di forma, la deflessione dell'elastomero diminuisce. La portata di un cuscinetto in elastomero è indicata dal limite alla sua deflessione, di conseguenza, aumentando il fattore di forma aumentiamo la portata di un cuscinetto.

**FIGURA 6 – FATTORE DI FORMA**



La relazione tra il fattore di forma e un cuscinetto in una sede è molto importante, la Fig. 6 indica come viene calcolato il fattore di forma di un cuscinetto in una sede.

$$\text{Fattore di Forma} = \frac{\text{Lunghezza del cuscinetto}}{2 \times \text{spessore della parete del cuscinetto}}$$

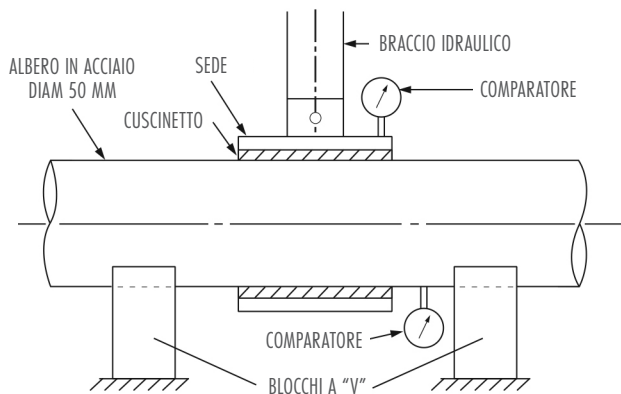
Utilizzando l'equazione vediamo che, riducendo lo spessore aumenterà il fattore di forma. Il fattore di forma comunemente utilizzato per i test del Thordon è 8. Risultati e metodi nella sezione d).

# PROPRIETA' FISICHE

## d) DEFORMAZIONE DA TENSIONE

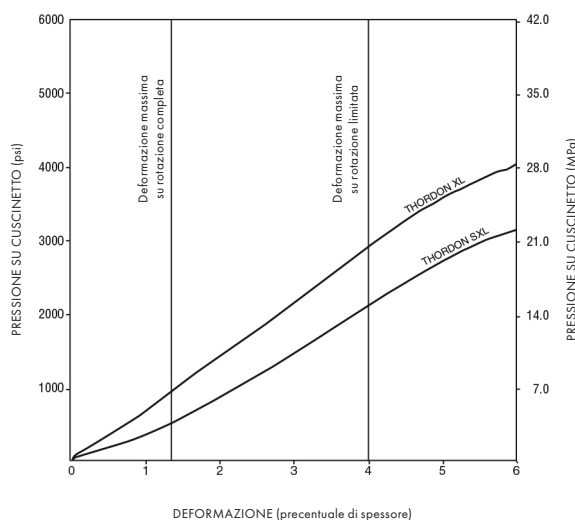
Quando un carico viene applicato su un cuscinetto in Thordon, lo stesso si muove in funzione della forza esercitata. Durante la compressione la variazione volumetrica non è significativa, ma possono esserci NOTAVOLI variazioni di forma. Una normale curva di deformazione si può ottenere con una macchina da trazione e un campione di materiale, nel nostro caso si è deciso di effettuare un test di compressione su un cuscinetto di forma cilindrica tipica.

**FIGURA 7 - MODALITA' DI TEST**



Nella Figura 7 viene mostrato come è stato effettuato il test, si noti che la curvatura dell'asse è stata sottratta dalla curvatura della sede del cuscinetto per ottenere un valore netto.

**FIGURA 8 – ELASTOMERI THORDON**



Foro 50 mm Lunghezza 65 mm  
Spessore 4 mm Fattore di forma 8

Durante la compressione la curva da tensione per gli elastomeri in Thordon ( Figura 8) mostra come la curva vari in funzione del fattore di forma e della capacità del cuscinetto di muoversi contro la superficie dell'asse e della sede, su un cuscinetto incollato a parità di deformazione il cuscinetto sosterrà carichi maggiori rispetto a un cuscinetto che può espandersi assialmente, inoltre, nel caso di lubrificazione, la curva sarà più piatta rispetto ad una applicazione a secco.

Utilizzando un Fattore di Forma pari a 8, i test di laboratorio indicano una deflessione massima dell'1,25% per la rotazione continua e del 4% per movimenti oscillatori, oltre questi fattori le prestazioni del cuscinetto possono essere compromesse, inoltre questi limiti non prendono in considerazione il calore generato durante la rotazione.

In conclusione il concetto del fattore di forma è utilizzabile per ottenere cuscinetti in grado di sostenere carichi molto elevati, ad esempio il cuscinetto il Thordon TRAXL ha un fattore di forma altissimo essendo un sottilissimo strato di Thordon incollato all'interno di un portacuscinetto metallico, un TRAXL può sostenere carichi fino a 70 MPa in funzione dell'ambiente operativo.

Il Thordon SXL, COMPAC e XL sono elastomeri puri e, in quanto tali, non hanno una resistenza alla compressione definitiva.

Cuscinetti con spessori sottili incollati in una sede metallica possono essere comunque ottenuti utilizzando il Thordon XL e SXL.

## e) RIGIDEZZA

La rigidità di un cuscinetto dipende sia dai parametri dimensionali che dalle proprietà fisiche del materiale. I parametri dimensionali sono lunghezza, diametro e spessore, la proprietà fisica da considerare è il modulo di compressione di Young ( $E_0$ ) del materiale del cuscinetto, che è dato dal carico di compressione diviso la deformazione ottenuta.

$$\text{Rigidità} = (L \times D \times E_0) / t$$

Dove : L = Lunghezza del cuscinetto in mm

D = Diametro del cuscinetto in mm

$E_0$  = Modulo di elasticità di Young in MPa

t = Spessore del cuscinetto in mm

Se si considerano dimensionamenti uguali del cuscinetto la rigidità di un cuscinetto sarà direttamente proporzionale al valore del modulo di compressione di Young, nella Figura 9 sono indicati i moduli di compressione di diversi materiali generalmente utilizzati per i cuscinetti.

Quindi, a parità di dimensioni e fattore di forma, un cuscinetto in Thordon XL sarà 4,7 volte più rigido di un cuscinetto in gomma.

*NOTA : per i calcoli evidenziati sopra il fattore di forma è stato considerato pari a 8. Con considerevoli aumenti del fattore di forma negli elastomeri il modulo di compressione di Young aumenta leggermente, di conseguenza i valori di rigidità esposti sono da considerare con una tolleranza del +/-20% includendo una grande variazione nel fattore di forma.*

Nei calcoli di ingegneria la rigidità di un supporto per cuscinetti è normalmente tra 0,5 e 1,0 MN/mm, che è notevolmente inferiore alla rigidità tipica di un cuscinetto che varia in genere tra 5,0 e 20,0 MN/mm.

La rigidità tipica del Thordon è circa 5 MN/mm e la tipica rigidità della pellicola di acqua tra cuscinetto e albero è circa 50 MN/mm. Di conseguenza la rigidità del cuscinetto in Thordon di norma non viene considerata nei calcoli torsionali di un albero. Nel caso di cuscinetti in gomma, a causa della bassa rigidità della stessa (20/25% inferiore a quella del Thordon) nella progettazione dell'albero può essere presa in considerazione durante i calcoli torsionali, questo non è il caso del Thordon per la sua maggiore rigidità. Molto spesso può avere una rigidità superiore al suo stesso supporto e/o struttura.

**FIGURA 9 – MODULO DI COMPRESSIONE ELASTICA DI YOUNG (E<sub>0</sub>)**

Materiale	E <sub>0</sub> (MPa)
<b>Thordon SXL/COMPAC</b>	<b>440</b>
UHMWPE	480
<b>Thordon XL</b>	<b>490</b>
<b>Thordon HPSXL</b>	<b>650</b>
Fenolico laminato	2,500
Nylon	2,750
<b>ThorPlas</b>	<b>3,280</b>
Metallo Bianco	33,500
Acciaio	206,900

## f) INDICE DI COMPRESSIONE DEFORMAZIONE PERMANENTE RILASSAMENTO DA TENSIONE

### ij) Indice di Compressione

L'indice di compressione è inteso come la deformazione permanente residua dopo aver eliminato la causa. In normali condizioni operative l'indice di compressione non è significativo per il Thordon. Rivolgersi al produttore in casi in cui si considerino pressioni elevate permanenti congiunte a temperature superiori a 50°C.

Per ridurre questo fenomeno occorre aumentare il fattore di forma poiché, riducendo la deformazione iniziale, si contiene la dilatazione residua permanente. Aumentare il fattore di forma in particolar modo con applicazioni dove i carichi siano superiori ai 10 MPa dove si consiglia l'utilizzo di ThorPlas o TRAXL.

### ii) Deformazione permanente

Quando un elastomero viene sottoposto a carichi subirà una deformazione direttamente proporzionale al carico ed inversamente proporzionale al fattore di forma; alcune deformazioni continueranno nel tempo. Questo fenomeno, noto come "deformazione a carico costante", nel normale utilizzo del Thordon, non è un fattore determinante. Così come nella compressione, diventa significativo quando il cuscinetto è esposto in maniera costante a carichi eccessivi ed alte temperature, l'effetto della deformazione, così come quello della compressione può essere ridotto al minimo riducendo il fattore di forma con l'aumento della pressione, riducendo così lo snervamento per gli eventuali carichi.

### iii) Rilassamento da tensione

Il rilassamento da tensione è diretta conseguenza di una deformazione permanente e varia a seconda del grado di tensione subito. In genere è espresso in percentuale di tensione residua dopo un certo tempo ad una certa temperatura.

Questo è un fattore molto rilevante per i cuscinetti inseriti ad interferenza poiché occorre che abbiano sufficiente forza di ritenzione nel tempo per restare nella propria sede.

Da test in laboratorio risulta che Thordon SXL e COMPAC possono perdere la capacità di interferenza a temperature superiori ai 60°C in esercizio continuo mentre si arriva a 80° per XL e Composite. Per applicazioni in questo campo di temperatura si dovrà preferire l'incollaggio piuttosto che l'installazione per interferenza a freddo.

# PROPRIETA' FISICHE

## g) TAGLIO

La forza di taglio in un cuscinetto nella sua sede (o forza tangenziale) è una funzione del coefficiente di attrito tra cuscinetto, albero e carico nominale. In un cuscinetto installato a interferenza in genere la forza relativa del cuscinetto è sufficiente a prevenire eventuali rotazioni dello stesso, se il coefficiente di attrito o i carichi nominali dovessero aumentare drasticamente ad esempio a causa di un eccessivo accumulo di abrasivi la forza di taglio potrebbe superare la forza di ritenzione del cuscinetto nella sua sede. In caso di possibili dubbi a riguardo consultare il produttore.

## h) IMPATTO/RESILIENZA

Il Thordon, che possiede una grande capacità di impatto, ha la capacità di assorbire urti e la resilienza per ritornare alla forma originale. La Resilienza è definita dal rapporto tra l'energia necessaria per ritornare alla forma originale dopo un impatto e l'energia che è stata necessaria per produrre la deformazione, questa combinazione permette al Thordon di resistere a deformazioni che possono danneggiare cuscinetti in metallo e plastiche. Con circa 10 volte la capacità di impatto del nylon, il Thordon è virtualmente indistruttibile!

In applicazioni dove sono previsti urti bassi e significativi il cuscinetto dovrà essere progettato con una spessore maggiore.

## i) ISTERISI

L'isterisi è un danneggiamento di tipo dinamico dovuta ad impatti ad alta frequenza.

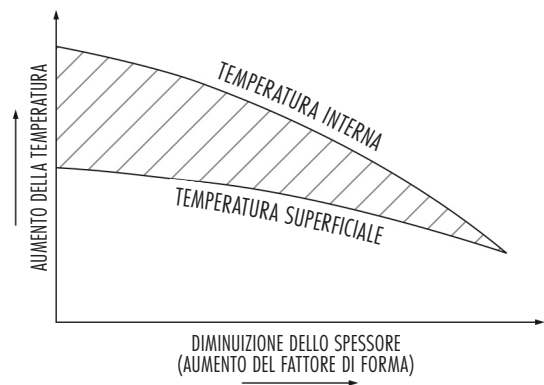
L'effetto è causato quando il materiale assorbe un urto, ma prima che abbia recuperato totalmente ne subisce un altro, e così via.

Il risultato è un accumulo di energia sotto forma di calore nel substrato del materiale che raggiunti i limiti supportabili del materiale e lo danneggia.

L'isterisi è quindi la percentuale di energia perduta per ogni ciclo di deformazione a può essere misurata come differenza tra la Resilienza percentuale e il 100%

Il Thordon, per la sua formulazione, è un materiale soggetto ad isterisi, se l'applicazione coinvolge questo tipo di rischio vi sono accorgimenti durante la progettazione che possono tendere a ridurre al minimo la potenzialità del problema. La Figura 10 mostra che, aumentando il fattore di forma (diminuendo lo spessore) si riduce la deflessione (deformazione) aumentando il rapporto di recupero e di conseguenza riducendo la quantità di calore generato nel substrato. Uno spessore sottile inoltre aiuterà la dissipazione del calore generato nel cuscinetto attraverso l'alloggio dello stesso.

FIGURA 10 – EFFETTO DI ISTERISI



## j) RESISTENZA AGLI AGENTI CHIMICI

Il Thordon è un materiale non corrosivo ed è resistente a olio, acqua e gran parte dei prodotti chimici di norma utilizzati con i cuscinetti radenti.

Il Thordon non viene attaccato da acidi medi o bagni caustici (ph 2-7) o altri ambienti chimici che sarebbero pericolosi per cuscinetti metallici.

Fare riferimento alla Guida alla resistenza chimica in Figura 11.

Per applicazioni che si ritengono critiche si raccomanda un test di immersione del Thordon nel liquido in questione per verificarne la compatibilità, verificare se dopo 24 ore di immersione si notano ammorbidimenti del materiale o significanti cambi di dimensione, questo indicherà che Thordon non è adatto a quel tipo di applicazione.

Per ulteriori informazioni, contattare il produttore.

FIGURA 11 – RESISTENZA AGLI AGENTI CHIMICI DEGLI ELASTOMERI THORDON

Agente Chimico	Resistenza	Agente Chimico	Resistenza
Soluzioni saline	A	Idrocarburi/benzine	A-B
Cloruro di Sodio	A	Aromatici – Benzene, Toluene	B
Acidi deboli	B-D	Alifatici – Diesel, grassi	A-B
Acido Acetico	D	Olii lubrificanti	B
Acido Lattico	B	Solventi (cloruri)	D
Acidi forti	B-D	Alcool	D
Acido Solforico 5%	B-C	Etanolo	D
Acido Solforico concentrato	D	Metanolo	D
Acido Idrocloridrico 10%	B	Ketoni	D
Basi deboli	A-B	Ketone eterometilico	D
Ammoniacca 10%	A	Acetone	D
Carbonato di Sodio	B	Etere	D
Trietanollamine	B-D	Etere Dietilico	D
Basi forti	B	Ester	D
Ipcloclorito di sodio 10%	B	Acetati Etilici	D
Agenti ossidanti	B-C	Acetati Metilico	D
Perossido idrogeno 1-3%	B	Freon 12	A-C
Acido Cromico	C	Olii vegetali	A-C

A : Eccellente – nessun effetto  
C : Sufficiente – effetti moderati

B : Buono, effetti lievi  
D : Non utilizzabili

## k) Figura 12 – Proprietà Fisiche Tipiche<sup>(1)</sup>

Proprietà <sup>(2)</sup>		XL	SXL	HPSXL	COMPAC	RiverTough/ Composite (GM2401)	
Resistenza alla trazione ASTM D-638	MPa	35	37,5	40	37,5	17	
	psi	5.000	5.450	5.800	5.450	2.500	
Valore di durezza nominale Shore D - ASTM D-2240		73	67	76	67	92 <sup>(3)</sup>	
% Allungamento - ASTM D-638		70	150	70	150	265	
Modulo di Young (trazione)	MPa	850	605	925	605	-	
	psi	123.000	88.000	134.000	88.000	-	
Rapporto di Poisson		~ 0,45	~ 0,45	~ 0,45	~ 0,45	~ 0,45	
Resistenza all'impatto IZOD Avg. - ASTM D-256	Joules/m	~150	~500	-	~500	} campione non rotto	
	ft-lb/in	~3	~9	-	~9		
Peso Specifico		1,21	1,16	1,28	1,16	1,10	
Conducibilità Termica	W/m-k		~0,25	~0,25	~0,25	~0,25	
	Btu/hr-ft-F		~0,14	~0,14	~0,14	~0,14	
Capacità Termica	KJ/kg-k @ 30°C	~1,5	~1,5	~1,5	~1,5	~1,5	
	Btu/lbm-F @86°F	~0,36	~0,36	~0,36	~0,36	~0,36	
Coefficiente di dilatazione termica Deformazione x10 <sup>-5</sup> (°C <sup>-1</sup> ) or (°F <sup>-1</sup> )				(-20°C < T < 80°C) (-4°F < T < 176°F) 12x10 <sup>-5</sup> °C <sup>-1</sup> or 6.7x10 <sup>-5</sup> °F <sup>-1</sup>			
	T < 0°C	10,2	10,9		10,9	~10,2	
	0°C < T < 30°C	14,8	15,1		15,1	~14,8	
	T > 30°C	18,1	21,1		21,1	~18,1	
	T < 32°F	5,7	6,1		6,1	~5,7	
	32°F < T < 86°F	8,2	8,4		8,4	~8,2	
	T > 86°F	10,1	11,7		11,7	~10,1	
Assorbimento in volume (%) @20°C (68°F)							
- <b>Acqua</b>		1,3	1,3	1,3	1,3	~1,3	
- <b>Olio/Grasso</b>		1,3	1,3				
Modulo di compressione (%) Rif. ASTM D395 metodo B		-	-	-	-	27%	
Coefficiente di attrito				< 200 Bar < 3000 psi	> 200 Bar > 3000 psi		
<b>Asciutto</b>	statico	0,35 - 0,45	0,25 - 0,35	~0,35	0,09 - 0,15	0,25 - 0,35	-
	dinamico	0,30 - 0,40	0,10 - 0,20	0,28 - 0,35	0,07 - 0,12	0,10 - 0,20	-
<b>Bagnato</b>	statico	0,30 - 0,40	0,25 - 0,35	0,30 - 0,40	0,08 - 0,15	0,25 - 0,35	0,40
	dinamico	0,20 - 0,25	0,10 - 0,20	0,25 - 0,35	0,06 - 0,12	0,10 - 0,20	0,15 - 0,20
Infiammabilità - ASTM D-635-56T		SE <sup>(4)</sup>	SE	SE	SE	SE	
Temperature di esercizio (Min./Max.)							
Asciutto <sup>(5)</sup>	°C	-60/107	-60/107	-60/107	-60/107	-60/107	
	°F	-76/225	-76/225	-76/225	-76/225	-76/225	
Bagnato	°C	-7/60	-7/60	-7/60	-7/60	-7/60	
	°F	20/140	20/140	20/140	20/140	20/140	
Olio/Grasso	°C	/75	/75		/75		
	°F	/167	/167		/167		
<p>Nota:</p> <p><sup>(1)</sup> Il simbolo '~' Indica valori stimati di test effettuati in fabbrica.</p> <p><sup>(2)</sup> Tutti i risultati dei test indicati sono stati effettuati sotto stretto controllo e in ambienti controllati. Tenere presente che i valori dell'allungamento a rottura sono meno significative per i materiali non metallici rispetto ai metalli, questo è particolarmente valido su cuscinetti non metallici in compressione.</p> <p><sup>(3)</sup> Shore A.</p> <p><sup>(4)</sup> SE – Autoestinguente</p> <p><sup>(5)</sup> Nel caso di utilizzo a secco con temperature superiori ai 60°C deve essere corredato di appositi anelli di tenuta, contattare l'ufficio tecnico di Thordon Bearings per valutare queste applicazioni.</p>							

## 4) GUIDA ALLA PROGETTAZIONE

- |                               |   |                                   |
|-------------------------------|---|-----------------------------------|
| a. Analisi delle applicazioni | e. Rapporto Lunghezza/Diametro (L/D)    | i. Installazione                  |
| b. Pressione sul cuscinetto   | f. Spessore della parete del cuscinetto | j. Riduzione dei giochi iniziali  |
| c. Velocità                   | g. Gole di lubrificazione               | k. Processo di selezione          |
| d. Grafico PVT                | h. Superficie di contatto               | l. Problemi e cause di insuccessi |

### a) ANALISI DELLE APPLICAZIONI

Per essere in grado di effettuare un'analisi su un'applicazione, tutte le possibili e necessarie informazioni dovranno essere considerate e correttamente valutate, qui di seguito è riportato un elenco di fattori molto importanti per la selezione e la progettazione del cuscinetto, alcuni trattati precedentemente, altri verranno trattati in questo capitolo.

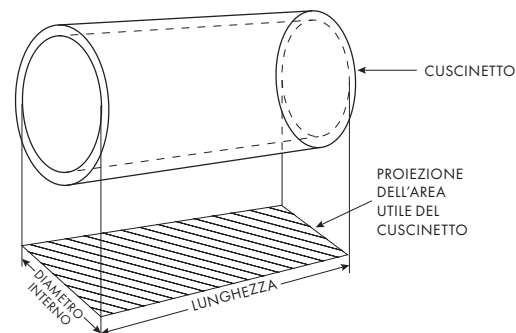
- Ambiente di esercizio
  - i) Temperature
  - ii) Abrasivo o pulito
- Pressione
- Velocità periferica
- Tipo di lubrificazione
- Dimensioni
- Metodo di tenuta
- Eventuale materiale precedente e problemi ad esso associati.
- Superficie di contatto
- Richiesta di durata
- Ciclo di lavoro
- Giochi iniziali necessari

### b) PRESSIONE SUL CUSCINETTO

La pressione sul cuscinetto viene calcolata dividendo il carico sulla proiezione della sezione del cuscinetto. La proiezione dell'area si calcola moltiplicando il diametro interno del cuscinetto per la lunghezza (Fig. 13). L'utilizzo del diametro interno per la lunghezza viene considerato una norma industriale per calcolare la proiezione dell'area del cuscinetto e la sua pressione.

Dividendo il carico per l'area si ottiene una pressione approssimativa, poiché si ipotizza una uguale pressione sull'intera area, in realtà la pressione è maggiore a ore 6 e diminuisce in una curva parabolica fino a 0 dove l'albero ha gioco con il cuscinetto. È quindi vantaggioso considerare la portata per tenere i giochi di esercizio al minimo.

FIGURA 13 - PRESSIONE SUL CUSCINETTO



Il carico radiale deve essere considerato come carico massimo ammissibile, di normale operatività o combinazione di carichi statici e dinamici. Inoltre, il carico è costante o ciclico? Tutti questi elementi andranno analizzati per la selezione del materiale come specificato nella sottosezione 4 a).

$$\text{Pressione Sul cuscinetto} = \frac{\text{Carico Radiale}}{\text{Proiezione area}} = \frac{\text{Carico}}{\text{Lunghezza} \times \text{Diam. interno}}$$

### c) VELOCITÀ PERIFERICA

La velocità di strisciamento, o periferica è un fattore importante nella progettazione di un cuscinetto, la velocità è un fattore di enorme importanza quando si deve considerare il calore generato dall'attrito, per gli assi rotanti è calcolata come segue :

$$V \text{ (m/s)} = \frac{\pi \times dN}{60 \times 1000} \text{ oppure } \frac{dN}{19.100}$$

Dove:

- V = Velocità periferica
- d = Diametro albero (mm)
- N = Numero di giri dell'albero
- $\pi$  = 3,1416

## d) GRAFICO PVT

Qualunque analisi su cuscinetti radenti si basa su tre fattori. Pressione, Velocità e Tempo. Sono fattori singoli, ma è impossibile separarli durante la selezione di un materiale per cuscinetti perché il calore generato dallo strisciamento è direttamente proporzionale a tutti e tre i valori come dalla seguente relazione :

$$H \sim PV\mu T$$

Dove:

H = Calore o aumento di temperatura

P = Pressione

V = Velocità periferica

$\mu$  = Coefficiente di Attrito

T = Tempo

Per essere in grado di valutare l'applicazione è necessario conoscere il ciclo operativo del cuscinetto. Quanto lavora ogni giorno, (8; 12; 24 ore) si ferma e riparte? Rotazione completa o oscillatoria su un angolo stabilito? Se completa a che velocità? Se oscillatoria a che angolo e a quale velocità? Quanti cicli? Tutti questi fattori giocano un ruolo importante nella determinazione del calore da attrito generato ad una data pressione.

Da tenere comunque presente che, se il calore generato dall'attrito è rimosso da un flusso sufficiente di liquido lubrificante di raffreddamento come acqua, olio o liquidi di processo, i cuscinetti in Thordon opereranno tranquillamente anche a valori molto distanti da quelli riportati nei grafici seguenti. Applicazioni tipiche dove ciò avviene sono gli assi portaelica delle navi, le pompe verticali e le turbine idrauliche dove un flusso costante di liquido refrigerante è sempre presente

**La quantità minima consigliata di acqua di raffreddamento è 0,15 l/min per mm di albero per gli alberi portaelica e pompe verticali mentre è 0,30 l/min per mm di albero per le turbine idrauliche verticali.**

I grafici PVT nelle Figura da 14a a 14f sono stati sviluppati da Thordon Bearings come guida alla progettazione e alla scelta del migliore grado di Thordon per pressioni, velocità e tempi specifici; le curve sono state sviluppate con intervalli di pressione durante i quali sono stati effettuati test a varie velocità con la sola limitazione della temperatura che arbitrariamente è stata fissata a 82°C misurata sull'esterno del cuscinetto (eccetto per i cuscinetti immersi in liquido, impostata a 60°C per evitare fenomeni di idrolisi).

Quando la temperatura raggiunge i limiti il test viene interrotto ed il tempo registrato, il campione viene poi lasciato tornare a temperatura ambiente per riprendere il test al passo successivo. Il fattore di forma utilizzato per i test è 4.

Per utilizzare i grafici, selezionare il tipo di applicazione che più si avvicina a quella desiderata, individuare la velocità periferica per l'applicazione, dove la velocità interseca la curva vicino alla zona di pressione di applicazione. Leggere il tempo massimo suggerito per operatività in quelle condizioni prima di raggiungere temperature critiche. Se il tempo di applicazione è inferiore al valore della curva l'applicazione è sicura, altrimenti bisognerà considerare un altro grado di Thordon o implementare il raffreddamento.

Il grafico relativo all'acqua e olio è stato realizzato considerando i liquidi senza flusso forzato, quindi in semplice bagno, se il sistema integra un sistema di flussaggio forzato, molto del calore di attrito verrà dissipato dalla circolazione del liquido e, una volta che il cuscinetto è idrodinamico, non si avrà nessuna ulteriore generazione di calore ad eccezione di quel minimo per l'attrito del lubrificante ma del tutto trascurabile per l'operatività del cuscinetto.

**Quindi per applicazioni dove si ha un flusso forzato di liquido di raffreddamento i grafici PVT seguenti non sono applicabili. L'albero portaelica di una nave con flusso di lubrificazione forzato (acqua o olio) è un esempio tipico.**

I grafici PVT sono forniti esclusivamente come guida indicativa, esistono molteplici applicazioni di Thordon con PVT che ricade al di fuori del campo dei grafici; ad esempio il Thordon SXL in alcune pompe verticali lavora fino ad oltre un minuto completamente a secco a velocità superiori a quelle indicate nelle curve.

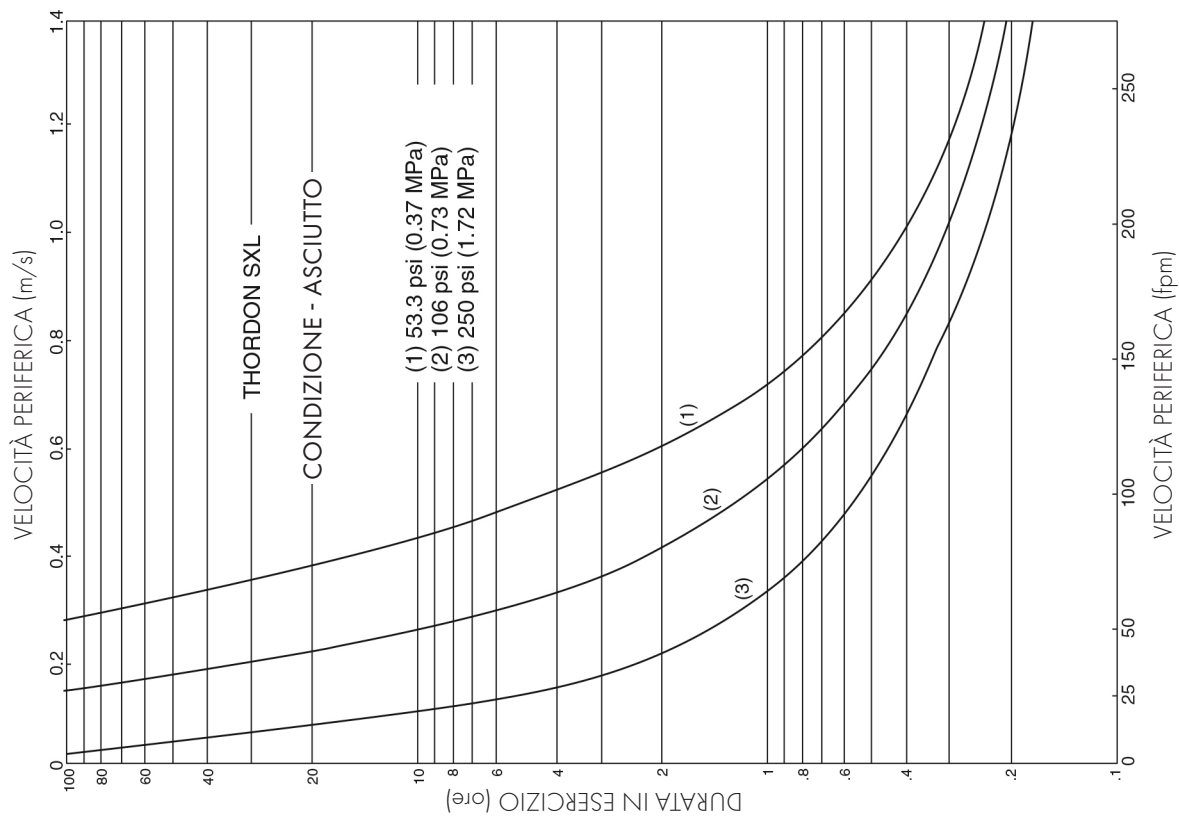
*NOTA 1 : Per applicazioni potenziali che ricadono al di fuori del grafico contattare il produttore.*

*NOTA 2 : I valori P e V sono forniti da molti produttori di materiali non metallici e spesso con assunzioni non corrette, la prima è che i valori P e V abbiano poca importanza finché si resta nei valori accettati dal materiale. La seconda e forse la più pericolosa è il tempo limitato della durata dei test per determinare P e V . In genere non si da valore formale al tempo (T) ma i grafici nelle Figura 14 indicano che, affinché il calore da attrito si sviluppi, occorre tempo.*

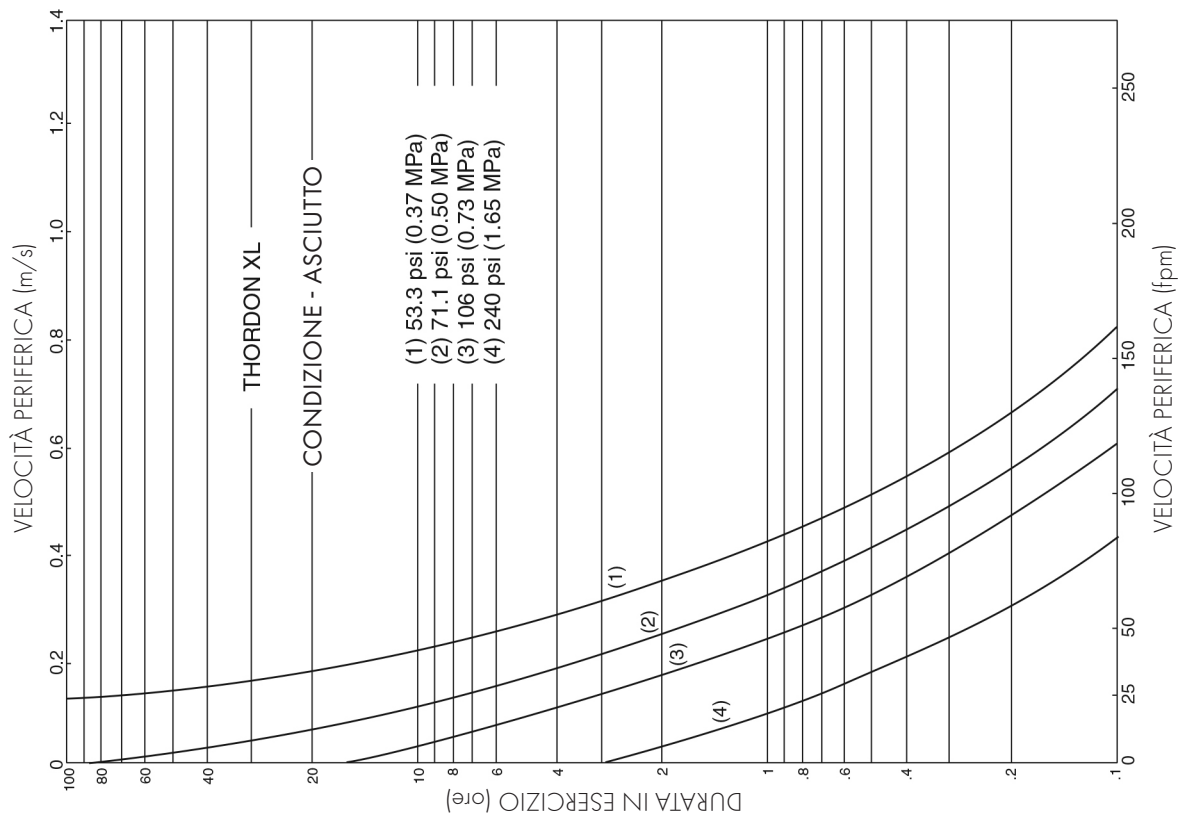
*NOTA 3 : I risultati dei grafici sono da test di laboratorio, i risultati reali potrebbero essere diversi.*

*NOTA 4 : Questa guida ai valori è da intendersi puramente indicativa, i limiti P e V per tutti i materiali possono variare in diverse combinazioni di pressione e velocità, così come in diverse condizioni di test.*

**FIGURA 14B - GRAFICO PVT PER THORDON SXL**  
 Lubrificazione : Assente

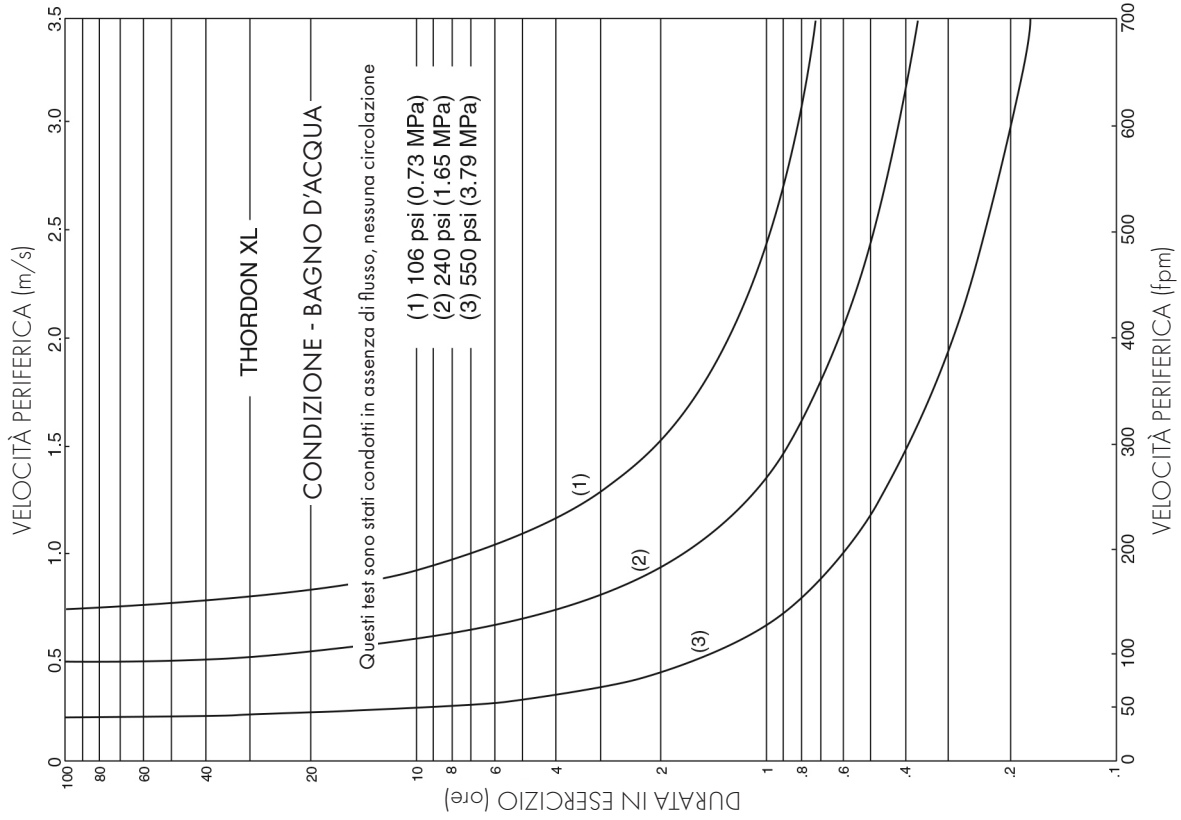


**FIGURA 14A - GRAFICO PVT PER THORDON XL**  
 Lubrificazione : Assente

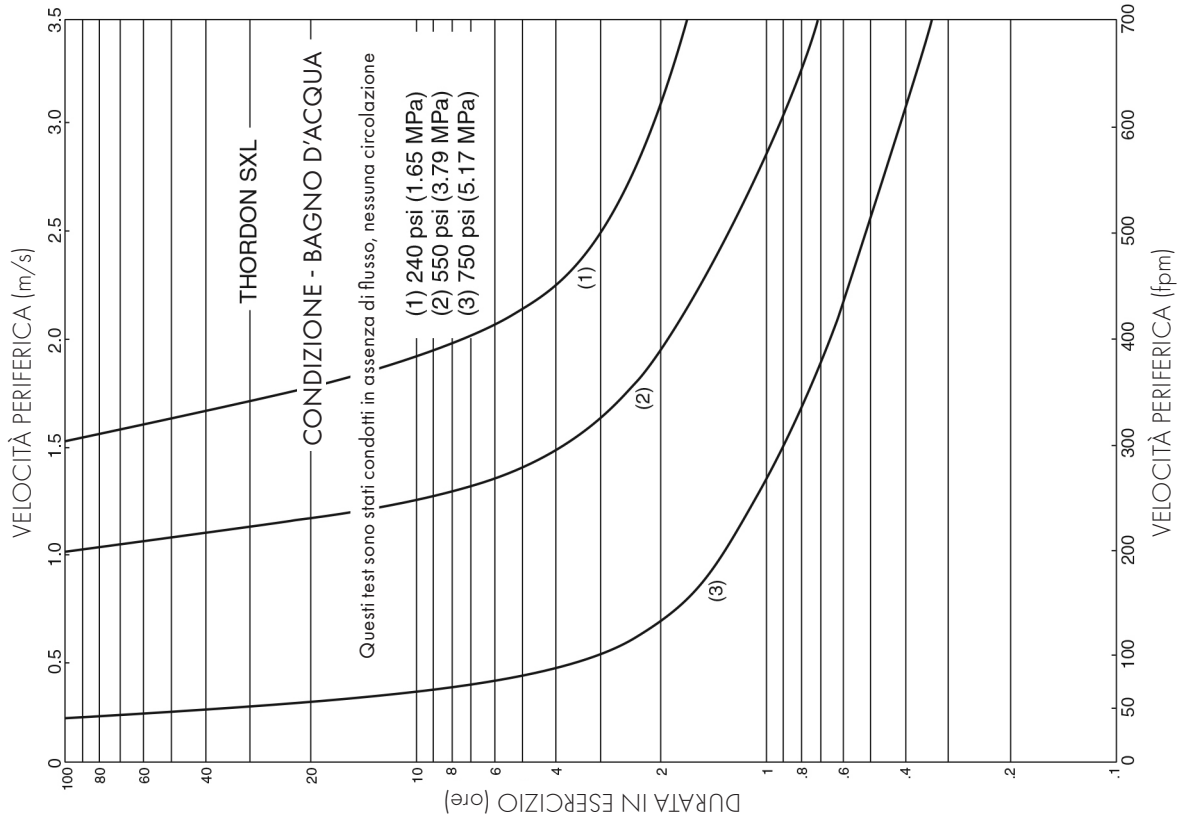


NOTA : I test sono eseguiti con un cuscinetto con fattore di forma pari a 4

**FIGURA 14C - GRAFICO PVT PER THORDON XL**  
**Lubrificazione : Bagno d'acqua**



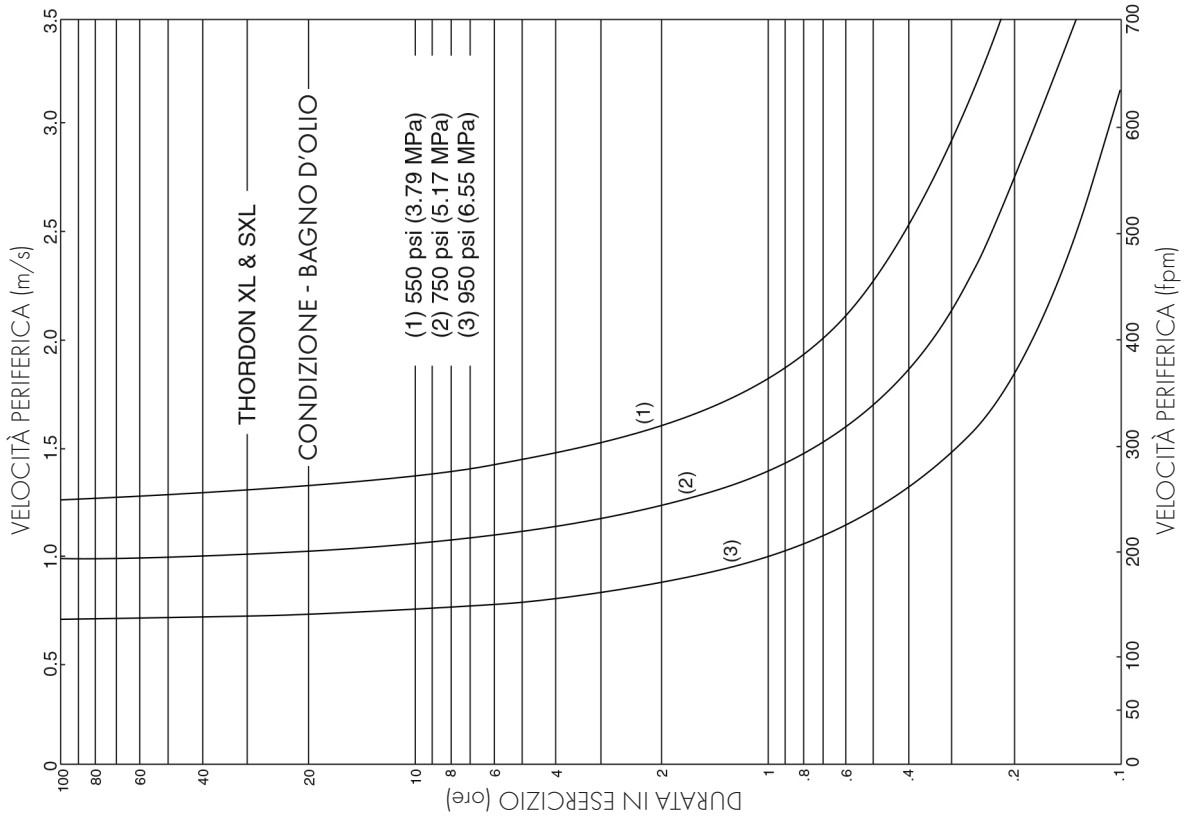
**FIGURA 14D - GRAFICO PVT PER THORDON SXL**  
**Lubrificazione : Bagno d'acqua**



NOTA : I test sono eseguiti con un cuscinetto con fattore di forma pari a 4

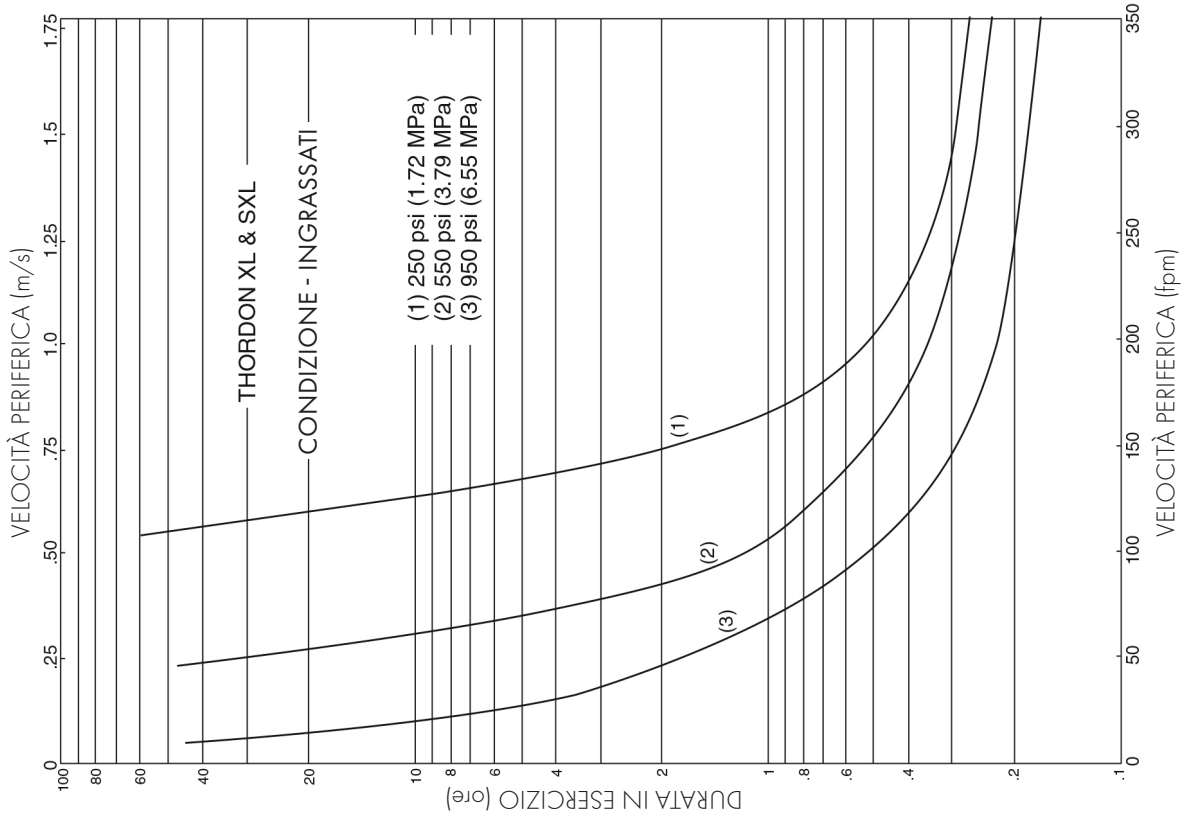
**FIGURA 14E – GRAFICO PVT PER THORDON XL & SXL**

**Lubrificazione : Bagno d'olio**



**FIGURA 14F – GRAFICO PVT PER THORDON XL & SXL**

**Lubrificazione : Grasso**



NOTA : I test sono eseguiti con un cuscinetto con fattore di forma pari a 4

## e) RAPPORTO LUNGHEZZA/DIAMETRO

Il rapporto L/D tipico per un cuscinetto radente in applicazioni industriali varia da 1:1 a 1:5. Questa proporzione permette un allineamento ottimale durante il montaggio.

Nelle applicazioni di alberi da propulsione il rapporto è stato storicamente sempre 4:1, questo per tenere bassi i carichi sul cuscinetto, es. 0,25 Mpa. Sebbene i carichi del propulsore siano concentrati nella parte del cuscinetto lato elica e la parte opposta del cuscinetto può arrivare ad avere dei carichi vicino a 0.

Durante l'operatività il rapporto eccessivo L/D tende a creare maggiori forze di attrito, questo perché la parte opposta al propulsore non supporta l'albero creando comunque delle forze tangenziali all'acqua non necessarie, si potrebbe anche arrivare al contatto dell'albero con la parte superiore del cuscinetto dalla parte opposta al propulsore.

Da test effettuati su un cuscinetto il Thordon con un rapporto 2:1 nelle stesse condizioni di un cuscinetto con rapporto 4:1 fu scoperto che generava forze di attrito minori, il risultato del test unitamente all'incoraggiamento delle società di classificazione ha portato alla realizzazione del Thordon COMPAC.

Nella maggior parte delle applicazioni dove il carico è uniforme, un rapporto L/D maggiore porterà una pressione inferiore sul cuscinetto e quindi molto probabilmente una maggiore durata, l'allineamento risulterà più complesso ma con pressioni alte potrebbe essere necessario.

Nel caso del COMPAC il rapporto tipico è di 2:1, si consiglia di non superare un rapporto L/D di 3:1, questo perché potrebbe essere compromesso il flusso del liquido di raffreddamento in un cuscinetto troppo lungo con le gole solo nella parte superiore a velocità relativamente alte. Il rapporto dei cuscinetti in gomma è tipicamente 4:1.

Per applicazioni ad alta pressione con rotazioni limitate viene considerato il Thordon HPSXL, TRAXL o il ThorPlas.

## f) SPESSORE

In applicazioni dove il Thordon viene utilizzato in sostituzione di materiale pre-esistente la configurazione esistente condizionerà lo spessore del cuscinetto.

Qualora lo spessore dovesse risultare eccessivo è possibile utilizzare delle camicie esterne o una camicia sull'albero, in entrambi i casi si avrà una riduzione dello spessore del Thordon. Nel caso di una camicia sull'albero il beneficio sarà doppio perché aumentando il diametro interno del cuscinetto avremo dei carichi specifici minori.

Il grado di "massima usura consentita" prima che un cuscinetto sia da sostituire sarà anche un aspetto

importante nella determinazione dello spessore del cuscinetto da utilizzare, così come il massimo gioco permesso in un'applicazione e altri fattori esterni.

Nel caso di un cuscinetto con gole di lubrificazione su 360° si considera la massima usura ammissibile, un valore leggermente inferiore alla profondità delle gole stesse.

Per la sua natura elastomerica il Thordon deve essere supportato per la sua intera lunghezza, le parti del cuscinetto in Thordon non sostenute virtualmente non supporteranno alcun carico.

Nel caso in cui sia possibile specificare lo spessore in fase di progettazione è preferibile utilizzare uno spessore più sottile, questo limiterà giochi e tolleranze, la dissipazione del calore sarà agevolata e aumenterà la capacità di carico, tuttavia vi sono applicazioni dove la capacità di assorbimento degli urti e un effetto "ammortizzatore" del cuscinetto è richiesto e un cuscinetto più spesso migliorerà le prestazioni.

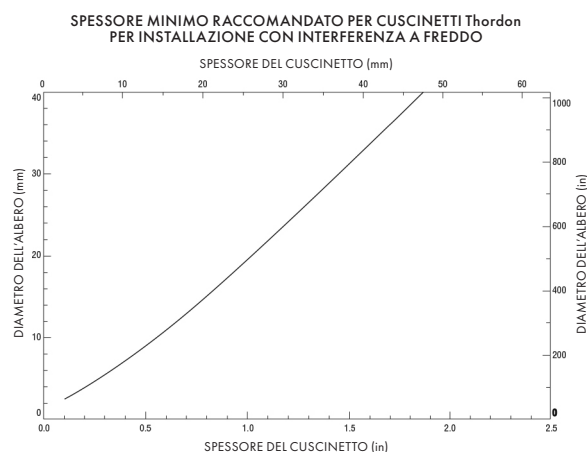
Contattare il produttore o il distributore locale per dettagli sulle varie applicazioni che potranno raccomandare la migliore soluzione per lo spessore del cuscinetto da utilizzare.

### Spessore Minimo Raccomandato per installazioni a interferenza

Lo spessore minimo raccomandato per installazioni ad interferenza è mostrato nella Figura 15. I valori mostrati sono basati sull'interferenza tra il cuscinetto e la sua sede, aumentando lo spessore aumenterà l'interferenza. Nel caso di cuscinetti con gole di lubrificazione, lo spessore considerato sarà quello di spallamento alle gole, visto che l'interferenza viene data solo dalla superficie continua lungo la sede.

Per quanto riguarda Composite verrà considerato solo lo spessore del guscio esterno giallo visto che la miscela in GM2401 è troppo morbida per contribuire all'interferenza.

**FIGURA 15 – GUIDA ALLO SPESSORE DEL CUSCINETTO**



NOTA : per i cuscinetti con gole di lubrificazione lo spessore viene misurato dalla base della gola al diametro esterno.

# GUIDA ALLA PROGETTAZIONE

Nel caso in cui Thordon sia utilizzato al posto di un materiale esistente e lo spessore risulta troppo sottile per l'installazione ad interferenza si può procedere con l'incollaggio o aumentare il diametro della sede fino a uno spessore minimo accettabile.

Contattare il produttore o il distributore locale per informazioni sullo spessore minimo per i valori minimi di interferenza.

*NOTA : Le informazioni suindicate sono applicabili a Thordon XL,SXL,COMPAC e Composite e non applicabili a Thordon HPSXL per il quale non si raccomanda l'installazione con interferenza a freddo.*

## g) GOLE DI LUBRIFICAZIONE

In applicazioni che coinvolgono flussi di liquidi di lubrificazione vengono considerate delle gole per tutta la lunghezza del cuscinetto per assicurare la circolazione del liquido di raffreddamento e facilitare l'espulsione degli abrasivi in circolo. La quantità di gole così come la loro geometria cambia con la dimensione del cuscinetto e con il suo spessore, tipicamente per cuscinetti per albero superiore a 400 mm sono profonde 7 mm e la larghezza è in genere uguale alla profondità. La larghezza potrebbe però variare se, a causa di spessori limitati, la profondità non fosse sufficiente a garantire un corretto flusso di liquido. Il programma di Calcolo di Thordon Bearings fornisce sia la quantità di gole che la loro geometria una volta specificate le misure dell'asse, dell'alloggio e il tipo di servizio.

Contattare il produttore per ulteriori informazioni sulle gole di lubrificazione.

**FIGURA 16 – DUREZZA DEI MATERIALI DI USO COMUNE PER CAMICIE ALBERO<sup>1</sup>**

MATERIALE	DUREZZA			NOTA
	Rockwell C	Rockwell B	Brinell <sup>5</sup>	
Acciaio Inox <sup>2</sup> 316	(16) <sup>4</sup>	95	(205)	Ricotto
Duplex 2205	30.5	(105)	290	
Acciaio Inox S41000	(1) 26 to 43	82 (103 to 113)	(156) (258 to 400)	Ricotto Temperato in olio 1010°C
Acciaio Inox S17400	31 33 to 44	(106) (108 to 114)	(294) (311 to 409)	Ricotto Temperato in acqua 1038°C
Acciaio Inox S30400	ND	81	(153)	Ricotto
Gunmetal (G1) <sup>3</sup>	ND	ND	70 to 95	
Leaded Gunmetal C92200	ND	ND	70 to 85	
70/30 Rame-Nichel C96600	ND	74	(135)	
Inconel 625	(21)	98	(228)	Ricotto
Inconel 600	ND	75	(137)	Ricotto
Nichel-Cromo-Boro (NiCrB)	> 60	ND	> 654	Trattamento superficiale

NOTE:

<sup>1</sup> Lo scopo delle durezze elencate e' per una rapida consultazione. Fare riferimento al Manuale di Durezze materiali per maggiori dettagli se necessari

<sup>2</sup> Fare riferimento al "Stainless Steel ASM Specialty Handbook" edito da J.R. Davis 1994 ISBN:0-87170-503-6 per dettagli sull'acciaio inox

<sup>3</sup> Fare riferimento a: "Standard Handbook" Cast Copper and Copper Alloy Products, pubblicato nel 1996 dalla Copper Development Association Inc. 260 Madison Ave., New York, NY 10016 per dettagli sul bronzo

<sup>4</sup> I numeri tra parentesi sono stati convertiti dai numeri fuori parentesi utilizzando tabelle di conversione e sono esclusivamente per propositi di comparazione

<sup>5</sup> La scala BRINNEL utilizzata in questa tavola e' la BHN 3000 kg

## **h) SUPERFICIE DI CONTATTO (CAMICIA ALBERO)**

Fermo restando le caratteristiche di durezza e di anticorrosione (se richieste), la maggior parte dei metalli sarà adatta all'uso con un cuscinetto il Thordon.

In Figura 16 sono indicati i materiali più comunemente usati come rivestimento dell'albero in congiunzione ad un cuscinetto radente.

Dove la corrosione non è un rischio l'acciaio al carbonio viene comunemente usato ma in casi in cui la corrosione può essere possibile si dovrebbe considerare una camicia in bronzo. I tipici bronzi utilizzati includono Gunmetal, (88% Cu, 10% Sn e 2% Zn) o in alternativa Rame o Nichel.

Il Bronzo al Nickel e Alluminio è sconsigliato poiché test di laboratorio hanno riscontrato elevati consumi, non sono consigliati nemmeno Alluminio e Titanio.

Diversi gradi di acciaio inox sono largamente usati per la camicia dell'albero, in ambienti particolarmente abrasivi acciai più teneri come il 304 dovrebbero essere evitati così come gli alberi in Aquamet® nei gradi più teneri e, in caso di esposizione ad ambienti maggiormente abrasivi, sono preferibili superfici in inox più dure o Inconel 625.

In alcuni casi vengono effettuati riporti di saldatura in materiale duro o Inconel 625 nella zona di lavoro del cuscinetto o lungo l'intero albero.

In ambienti altamente abrasivi la soluzione migliore andrebbe cercata con il materiale più duro possibile e il cuscinetto più duttile e durevole.

Il Thordon Composite è la soluzione ideale per ambienti altamente abrasivi e sarebbe da utilizzare con una camicia con durezza pari ad almeno 40 Rockwell C.

In linea generale materiali teneri come il Thordon tendono a danneggiare meno l'albero, i materiali rigidi non sono mai una soluzione per gli ambienti abrasivi.

Utilizzare il materiale più duro possibile sull'albero ed il più tenero possibile sul cuscinetto è la condizione estrema in ambienti altamente abrasivi per riuscire a contenere l'usura congiunta di cuscinetto e albero, naturalmente con il diminuire delle condizioni abrasive di esercizio questa necessità diminuisce. Altri fattori come un basso coefficiente di attrito del cuscinetto devono essere tenuti in considerazione come fattori importanti.

In un ambiente pulito (condizione puramente teorica) qualsiasi tipo di combinazione funzionerebbe egregiamente, ma il principio di avere una superficie tenera che lavora contro una superficie più dura è sempre una buona idea. Utilizzare lo stesso materiale per cuscinetto e camicia deve essere evitato. Il Thordon non può lavorare contro il Thordon.

La finitura della superficie di contatto gioca anche un ruolo dominante. Diversi test hanno dimostrato che contro una superficie perfettamente liscia il Thordon sviluppa meno calore da attrito e la curva PVT aumenta.

Il Thordon opera tranquillamente su superfici di finitura normale ma per una operatività ottimale sarebbe richiesta una finitura da 0,4 a 0,8 Ra.

Finiture fino a 1,6 Ra saranno comunque accettabili.

## **i) MONTAGGIO**

Il Thordon XL, SXL, COMPAC e Composite vengono in genere installati per interferenza, è una installazione semplice e veloce specialmente se effettuata a freddo. Il Thordon può comunque anche essere incollato con adesivi appropriati nelle seguenti circostanze :

- Dove viene utilizzato un cuscinetto estremamente sottile e la forza di ritenzione ridotta non potrebbe garantire l'interferenza
- Dove i cuscinetti vengono esposti ad alte temperature che potrebbero causare un rilascio da tensione termica e perdere la ritenzione.
- Dove viene utilizzato HPSXL
- Dove il portacuscinetto non è perfettamente tondo o è danneggiato dalla corrosione.

Il dimensionamento finale del cuscinetto dipenderà dal tipo di installazione che è fondamentale e dipende dal tipo di servizio richiesto.

**Un montaggio con interferenza** in genere è sufficiente a prevenire rotazioni del cuscinetto, ma devono essere adottati dei fermi longitudinali per evitare che il cuscinetto si muova assialmente.

Gli anelli di fermo devono avere un diametro interno almeno 3 mm più largo del diametro delle gole di lubrificazione. Gli anelli di fermo non sono obbligatori nel caso di cuscinetto incollato ma sono una utile precauzione. Nel caso di applicazioni critiche o cuscinetti disallineati si raccomanda un fermo alla rotazione.

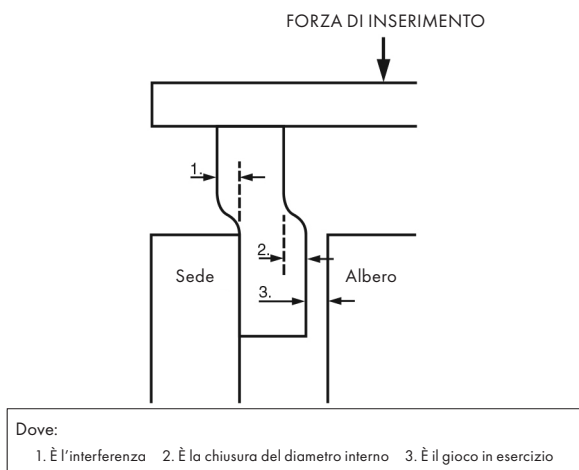
# GUIDA ALLA PROGETTAZIONE

## (i) Interferenza

Come detto, nella maggioranza delle applicazioni i cuscinetti in Thordon vengono installati ad interferenza, si consiglia comunque, in questo tipo di installazione, che il rapporto L:D sia almeno pari a 0,5:1 e che tutti i parametri di progettazione siano stati presi in considerazione. L'esperienza pratica indica che i cuscinetti di dimensioni ridotte vengono facilmente installati ad interferenza solo a pressione mentre per i cuscinetti di dimensioni maggiori e di maggior diametro il montaggio avviene con facilità con l'ausilio di ghiaccio secco o azoto liquido. **Per nessun motivo la sede deve essere riscaldata ed è controindicato l'utilizzo di olio o grasso durante l'inserimento del cuscinetto.**

Nei casi in cui un cuscinetto venga installato ad interferenza come in Figura 17 bisognerà tenere in considerazione anche l'effetto sul diametro interno del cuscinetto. La chiusura interna del cuscinetto è trattata nella sez. 5 Progettazione Applicativa.

**FIGURA 17 – PARAMETRI PER INSTALLAZIONE CON INTERFERENZA**



**Nota :** Gioco minimo all'installazione = Gioco in esercizio  
+ Dilatazione Termica (se applicabile)  
+ Tolleranza assorbimento acqua (se applicabile)

I cuscinetti completamente finiti prima dell'installazione sono soggetti ad un aumento di tolleranze che possono risultare in un aumento del gioco una volta installati.

Ad esempio un cuscinetto dimensionato con un dato gioco sarà soggetto alla tolleranze del suo spessore + la tolleranza della sede + la tolleranza dell'albero. Questo può eventualmente essere ridotto lavorando solo il diametro esterno del cuscinetto per poi finire la lavorazione una volta installato in un posto fino ad un massimo del 5% del suo spessore.

La chiusura del diametro interno è il fattore più variabile e potrebbe discostarsi da quello prefisso generando giochi maggiori di quelli necessari.

In alcuni casi per essere certi del diametro interno si installa il cuscinetto in un simulacro che rispecchi esattamente la sede. Terminata la lavorazione, si rimuove il cuscinetto dal simulacro e lo si installa nella sua sede; questo potrebbe essere necessario in applicazioni critiche di pompe verticali o turbine idrauliche dove è richiesto il minimo gioco possibile.

## (ii) Installazione a freddo

L'installazione a freddo è la via più semplice per installare un cuscinetto in Thordon grazie al suo alto coefficiente di contrazione/dilatazione. L'azoto liquido è la soluzione ideale ma anche il ghiaccio secco serve allo scopo.

**Per Composite e ThorPlas utilizzare esclusivamente ghiaccio secco.**

Il contenitore per l'azoto liquido deve essere stagno per evitare costose perdite di liquido e il cuscinetto completamente immerso. Una volta terminata l'ebollizione del materiale il cuscinetto avrà raggiunto la temperatura di  $-196^{\circ}\text{C}$  e può con facilità essere inserito nella sua sede; si hanno a disposizione dai 5 ai 30 minuti a seconda dello spessore del cuscinetto. In caso di utilizzo di ghiaccio secco, questo dovrebbe essere in pellets o sminuzzato per facilitare il contatto con l'intera superficie del cuscinetto (interno e esterno) e poi sigillato. Le dimensioni del cuscinetto possono essere controllate dopo circa 3 ore e, se necessario, continuare il raffreddamento. Sigillando nuovamente il cuscinetto nel ghiaccio secco.

*ATTENZIONE: non utilizzare azoto liquido o grandi quantità di ghiaccio secco in ambienti poco ventilati. I vapori e i fumi possono essere letali.*

Il restringimento di Thordon sarà approssimativamente di 0,014mm sui diametri per ogni  $10^{\circ}\text{C}$  di raffreddamento.

## (iii) Incollaggio

Come detto in precedenza l'incollaggio è un tipo di installazione accettabile in determinate circostanze. Lo spessore dell'adesivo dovrà essere tenuto in considerazione quando si calcola il diametro esterno del cuscinetto, non vi sarà alcuna chiusura del diametro interno con questo tipo di installazione (Figura 18).

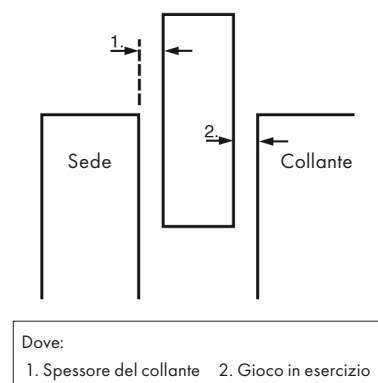
Per ridurre al minimo i giochi il cuscinetto dovrebbe essere finito sul diametro esterno, incollato e conseguentemente finito sul diametro interno, questo tipo di lavorazione è preferibile su pompe e turbine idrauliche dove è importante limitare i giochi iniziali al minimo.

Per una buona riuscita dell'operazione di incollaggio, si consiglia di seguire le indicazioni raccomandate e utilizzare collanti approvati da Thordon Bearings (sezione 7).

La procedura di incollaggio dovrebbe essere effettuata a temperatura possibilmente costante, variazioni di temperatura durante la catalizzazione potrebbero portare effetti negativi alla catalizzazione stessa.

L'incollaggio non deve essere considerato insieme al raffreddamento di alcuna delle parti poiché l'umidità sviluppata nel ritorno in temperatura potrebbe causare effetti negativi sulla catalizzazione del collante ed alla sua resistenza finale.

**FIGURA 18 – PARAMETRI PER INCOLLAGGIO**



**Nota:** Gioco minimo all'installazione = Gioco in esercizio  
+ Dilatazione Termica (se applicabile)  
+ Tolleranza assorbimento acqua (se applicabile)

# GUIDA ALLA PROGETTAZIONE

## (iv) Sede del cuscinetto

La sede del cuscinetto deve essere tonda e allineata, non conica, la massima ovalizzazione consentita non deve eccedere 1/3 del gioco in esercizio del cuscinetto. Deve inoltre supportare il Thordon per la sua intera lunghezza, eventuali giochi devono essere corretti in macchina, installando una camicia o incollando il cuscinetto (distanze fino a 3 mm).

Non è raccomandato decentrare il diametro interno del Thordon dopo l'installazione (cuscinetto eccentrico) a causa di possibili variazioni nei valori di interferenza e forza di ritenzione. Le alternative possono essere l'allineamento diretto del cuscinetto con conseguente incollaggio sul posto o allineare e resinare un simulacro per poi rimuoverlo e installare il cuscinetto in Thordon con interferenza.

## i) GIOCO MINIMO ALL'INSTALLAZIONE

Il gioco iniziale tra cuscinetto in Thordon e albero è inizialmente maggiore di quello in esercizio definitivo, questo perché il gioco iniziale deve tenere in considerazione le variazioni di volume dovute all'assorbimento igroscopico e alla reazione termica. Queste due variabili spariranno durante l'operatività del cuscinetto ma ci vuole tempo.

Ci sono alcuni casi in cui il gioco iniziale deve essere molto contenuto, come nel caso di pompe verticali o turbine idrauliche, il gioco finale in esercizio è accettabile ma quello iniziale che tiene in considerazione le suddette variabili va oltre i parametri di progetto, bisognerà quindi contenere al massimo il gioco iniziale e vi sono diversi possibili accorgimenti :

1. Cuscinetto più sottile – Considerando un cuscinetto più sottile sia l'assorbimento di acqua che la reazione termica saranno molto più contenuti, essendo in funzione del volume totale del cuscinetto, a questo scopo può essere utile il programma di calcolo di Thordon per cercare con vari tentativi il gioco minimo all'installazione più adatto. Nel caso di cuscinetti eccessivamente sottili per ottenere i propri scopi la ritenzione per interferenza potrebbe non essere più sufficiente e rendersi necessario incollare il cuscinetto .

2. Limitare la riduzione del diametro interno – La riduzione del diametro interno a seguito di una installazione con interferenza è la variabile più difficile da predire con esattezza. Dipenderà da diversi fattori quali il rapporto L/D e la finitura e il dimensionamento dell'alloggio e del cuscinetto stesso. Ci sono diverse possibilità di ridurre questo importante valore:

- a. riducendo il rapporto L/D si ridurrà la chiusura del diametro interno lungo l'intera lunghezza.
- b. finire di lavorazione il diametro interno dopo l'installazione, in questo caso si raccomanda però di sgrossare il cuscinetto in modo da non eccedere il 5% dello spessore del cuscinetto durante la lavorazione finale nel caso di cuscinetti senza gole, per i cuscinetti con le gole di lubrificazione il 10% con la raccomandazione di lavorare le gole di lubrificazione PRIMA di montare il cuscinetto.
- c. Utilizzare un simulacro di portacuscinetto con le identiche dimensioni del portacuscinetto finale, rimuovere il cuscinetto dal simulacro dopo la finitura e inserirlo nella sua sede, questo metodo può essere utilizzato quando non è possibile finire il cuscinetto nella sua sede finale (questo metodo è meno preciso della soluzione b) in quanto suscettibile delle variazioni di tolleranza tra il simulacro e il portacuscinetto).

## k) CRITERI DI SELEZIONE

In tutte le applicazioni di cuscinetti radenti la prima considerazione è assicurarsi che il calore generato dall'attrito venga assorbito e dissipato dai meccanismi circostanti o, in alternativa, portato via da un corretto flusso di lubrificante o refrigerante. Occorre un bilanciamento nel sistema che porti ad un equilibrio delle temperature che siano entro i limiti sopportabili dal materiale, se ciò non è garantito è probabile un insuccesso dell'applicazione.

Un altro aspetto da considerare sarà l'ambiente dove il cuscinetto andrà ad operare, pulito, abrasivo ecc. tutto questo influenzerà la scelta del materiale.

*NOTA : La Guida Generale di Selezione del Materiale (Figura 19) è stata compilata per una corretta scelta del tipo di Thordon e dovrebbe essere utilizzata congiuntamente alla curva del grafico PVT.*

*La guida non considera alcun tipo di generazione di calore, nel caso la velocità periferica fosse alta abbastanza da generare calore da attrito, la pressione specifica sul cuscinetto dovrà essere significativamente inferiore, ad esempio nel caso di alberi portaelica la pressione massima sul cuscinetto è limitata a 0,6 MPa.*

Per applicazioni con alte pressioni e dove il calore generato non è fattore rilevante (oscillazione o bassa velocità) il cuscinetto dovrà essere dimensionato con un fattore di forma  $> 100$  (HPSXL o TRAXL).

### TIPI DI Thordon

**Thordon XL** (Nero) è utilizzato in vaste applicazioni industriali e navali.

- Basso coefficiente di attrito (0,20~0,25)
- Alta resistenza alle abrasioni asciutto
- Alta resistenza a impatti e vibrazioni

**Thordon SXL** (Bianco) ha capacità nelle operazioni a secco, coefficiente di attrito inferiore e resistenze alle abrasioni simili a quelle dell'XL.

- Minore coefficiente di attrito (0,10~0,20)
- Superiore PV a secco
- Maggiore resistenza alle abrasioni in applicazioni lubrificate/raffreddate
- Capacità di avvio a secco
- Alta resistenza ad impatti e vibrazioni

*NOTA : Dove l'SXL è utilizzato con avvii a secco contattare il produttore, la capacità di operatività a secco dipenderà dalla velocità periferica e dal carico sul cuscinetto.*

**Thordon COMPAC** (Arancione) è un cuscinetto Top nella gamma di Thordon utilizzato principalmente su alberi portaelica in applicazioni marittime. Progettato per ridurre attriti iniziali e incollamenti ha una configurazione esclusiva che gli permette una idrodinamicità molto più rapida dei cuscinetti con configurazione standard a basso numero di giri.

Il COMPAC è approvato dalla maggioranza delle società di Classificazione per un rapporto L/D di 2:1, le proprietà sono molto simili a quelle di Thordon SXL.

**Thordon Composite** (Giallo/Nero GM2401) è un cuscinetto per pompe e applicazioni navali in due materiali composti, specificatamente progettato per ambienti altamente abrasivi.

- Applicazioni in ambienti altamente abrasivi (pompe, draghe ecc)
- Alta resistenza all'abrasione  $> 2$  volte la gomma
- Coefficiente di attrito significativamente minore della gomma
- Maggiore resilienza e rigidità della gomma
- Disponibile con guscio Giallo o in metallo

**Thordon HPSXL** (Grigio) : progettato per alte temperature sia omogeneo che combinato in versione TRAXL (spessori minimi incollato su guscio metallico).

- Pressione massima 15 MPa (movimenti limitati)
- Versione TRAXL pressione massima 55 MPa (movimenti limitati)
- Basso coefficiente di attrito (0,06~0,12)
- Moderata resistenza ad ambienti abrasivi (inferiore a quella di Thordon XL e SXL)
- Alta resistenza a impatti e vibrazioni


**ThorPlas** (Blu) Unico della famiglia a non essere un elastomero, progettato specificatamente per alte pressioni.

- Pressione massima fino a 45 MPa (dinamica)
- Basso coefficiente di attrito (0,10~0,17)
- Basso consumo in ambienti non abrasivi
- Resistenza accettabile in ambienti abrasivi, non come gli elastomeri ma meglio di bronzo, resine fenoliche e di molti cuscinetti non metallici

**Il ThorPlas non è trattato specificatamente in questo manuale, fare riferimento al manuale dedicato.**

# GUIDA ALLA PROGETTAZIONE

**FIGURA 19 - GUIDA GENERICA PER LA SELEZIONE DEL MATERIALE PER APPLICAZIONI INDUSTRIALI**

Parametri	TIPOLOGIA DI Thordon				
	SXL	RiverTough/ Composite (GM2401)	XL	ThorPlas-Blu	ThorPlas-Bianco
Descrizione	Polimero elastomero	Polimero elastomero	Polimero elastomero	Termoplastico	Termoplastico
Limiti di temperatura	60°C (140°F)	60°C (140°F)	60°C (140°F)	80°C (176°F)	80°C (176°F)
Partenza a secco	SI**	NO	NO	SI**	SI**
Resistenza agli acidi	Limitata	Limitata	Limitata	Limitata	Buona
Resistenza agli alcali	Limitata	Limitata	Limitata	Limitata	Debole
Idrocarburi	SI	SI	SI	SI	SI
Resistenza all'abrasione	Molto buona	Eccellente	Buona	Accettabile	Accettabile
Gioco iniziale	Da media a bassa	Maggiore	Media	Minima	Minima
Materiale Camicia albero	Bronzo, Acciaio Inox	Ni-Cr-B Raccomandato	Bronzo, Acciaio Inox	Bronzo, Acciaio Inox	Bronzo, Acciaio Inox
Lubrificazione	Acqua, acqua di mare, altri fluidi (pH 5-10)	Acqua, acqua di mare, altri fluidi (pH 5-10)	Acqua, acqua di mare, altri fluidi (pH 5-10)	Acqua, acqua di mare, altri fluidi (pH 3-11)	Acqua potabile
NOTA	Basso coefficiente di attrito. Adatto ad avvii a secco.	Per utilizzo in ambienti molto abrasivi	Buon rapporto tra consumo e medio coefficiente di attrito	Coefficiente basso di attrito adatto ad ambienti poco abrasivi. Per temperature ed agenti chimici inadatti agli elastomeri Thordon.	Certificazione Internazionale NSF per componenti e impianti per acqua potabile e alimenti. Accettato da CFIA WRAS. 

**\*\* Per partenze a secco superiori a 30 sec contattare Thordon Bearings per selezione materiale.**

**Nota :** Per usi nucleari possono essere forniti certificazione di qualità unitamente ai rapporti dei test. Thordon opera ai sensi del 10 CFR21.

Questa guida generale è da intendersi per riferimenti tecnici indicativi. Applicazioni critiche vicine ai valori indicati o soggette ad un ambiente particolare è consigliabile siano analizzate dall'ufficio tecnico della Thordon Bearings.

**FIGURA 20 - GUIDA ALLA SELEZIONE DEL MATERIALE  
IN BASE A LUBRIFICAZIONE/PRESSIONE OPERATIVA**

Lubrificazione/ Pressione di esercizio	RECOMMENDED Thordon GRADES		
	★★★★★ Eccellente	★★★★ Buona	★★★ Insufficiente
<b>Secco (sigillato o asciutto minimi)</b>			
0-10 MPa (0-1450 psi)	SXL	ThorPlas-Blu	-
10-15 MPa (1450-2175 psi)	HPSXL	ThorPlas-Blu	-
15-45 MPa (2175-6525 psi)	ThorPlas-Blue	HPSXL TRAXL	-
45-55 MPa (6525-8000 psi)	HPSXL TRAXL	-	-
<b>Asciutto (presenza di abrasivi)</b>			
0-5.5 MPa (0-800 psi)	XL	SXL	ThorPlas-Blu
5.5-10 MPa (800-1450 psi)	SXL	ThorPlas-Blue	-
10-15 MPa (1450-2175 psi)	HPSXL	ThorPlas-Blue	-
15-45 MPa (2175-6525 psi)	ThorPlas-Blue	-	-
<b>Umido (sigillato o abrasivi minimi)</b>			
0-10 MPa (0-1450 psi)	SXL	ThorPlas-Blu	-
10-15 MPa (1450-2175 psi)	HPSXL	ThorPlas-Blu	-
15-45 MPa (2175-6525 psi)	ThorPlas-Blu	HPSXL TRAXL	-
45-55 MPa (6525-8000 psi)	HPSXL TRAXL	-	-
<b>Umido (presenza di abrasivi)</b>			
0-3 MPa (0-500 psi)	GM2401	SXL	ThorPlas-Blu
3-10 MPa (500-1450 psi)	SXL	ThorPlas-Blu	-
10-15 MPa (1450-2175 psi)	HPSXL	ThorPlas-Blu	-
15-45 MPa (2175-6525 psi)	ThorPlas-Blu	-	-
<b>Acqua potabile (umido o quasi asciutto)</b>			
0-3 MPa (0-500 psi)	ThorPlas-Bianco	-	-
3-10 MPa (500-1450 psi)	ThorPlas-Bianco	-	-
10-15 MPa (1450-2175 psi)	ThorPlas-Bianco	-	-
15-45 MPa (2175-6525 psi)	ThorPlas-Bianco	-	-
<p><i>NOTA : Le pressioni massime indicate per i vari Prodotti sono considerate dinamiche e per rotazioni limitate o oscillatorie. Per applicazioni con rotazione continua, i limiti PV ridurranno notevolmente le pressioni indicate; contattare Thordon Bearings per ulteriori dettagli.</i></p>			

Questa guida generale è da intendersi per riferimenti tecnici indicativi. Applicazioni critiche vicine ai valori indicati o soggette ad un ambiente particolare è consigliabile siano analizzate dall'ufficio tecnico della Thordon Bearings.

# GUIDA ALLA PROGETTAZIONE

## I) PROBLEMI E CAUSE IN ESITI INSUCCESSI

PROBLEMA		CAUSA	SOLUZIONE
<b>A</b>	Il cuscinetto perde interferenza a basse temperature ed è libero di ruotare anche se realizzato per lavorare a tali temperature.	Quando un cuscinetto è installato ad interferenza ed è soggetto ad un rapido calo di temperatura, la sua contrazione è maggiore della sua capacità di recupero dell'interferenza.	Quando il Thordon è soggetto a questo tipo possibile di shock dovrebbe essere incollato e assicurato meccanicamente.
<b>B</b>	Il cuscinetto perder interferenza dopo essere stato soggetto per lungo periodo ad una temperatura > 60°C (XL, SXL, COMPAC e Composite)	Il materiale ha subito un rilascio da stress e l'interferenza non è più presente, con la riduzione della temperatura il cuscinetto si contrae diventando allentato nella sua sede.	Un cuscinetto soggetto a questo tipo di sollecitazione continua dovrebbe essere incollato e assicurato meccanicamente.
<b>C</b>	Il cuscinetto "cammina" e si muove assialmente.	Questo accade normalmente quando le pressioni lungo il cuscinetto non sono uniformi oppure sono cicliche e le componenti di forza in gioco creano carichi radiali	Assicurarsi della presenza di anelli di tenuta assiali o "scalini" nella sede, in alternativa incollare.
<b>D</b>	Il cuscinetto si fonde sull'albero.	Giochi insufficienti o valori combinati PVT troppo elevati.	Controllare il gioco all'installazione e tenere conto dell'espansione termica e igroscopica, controllare il valore PVT e, se necessario, fornire adeguato raffreddamento o lubrificazione.
<b>E</b>	Il cuscinetto ha un aspetto smaltato sull'intero diametro interno o solo sulla zona di carico, possono apparire incrinature o spaccature.	Il cuscinetto ha operato in acqua con temperature > 60°C o in vapore, è stato soggetto a fenomeno di idrolisi causando ammorbidimento e/o incrinature.	Fornire acqua fredda per raffreddare correttamente il cuscinetto, non utilizzare vapore per pulire il cuscinetto.
<b>F</b>	Il cuscinetto presenta fenomeni di delaminazione per la metà del suo spessore circa.	Generazione di calore all'interno del materiale dovuto probabilmente ad impatti ad alto carico e frequenza, fenomeno di Isterisi.	Lo spessore del cuscinetto va ridotto per limitare la deformazione e il recupero dopo l'impatto, Fare riferimento alla curva PVT
<b>G</b>	Il cuscinetto è tenero e parte del materiale sembra essere stato trasportato nelle gole di lubrificazione.	Non vi è abbastanza lubrificazione o raffreddamento, il calore da attrito generato è superiore a quello che l'attuale raffreddamento può dissipare.	Aumentare lubrificazione e/o raffreddamento <ul style="list-style-type: none"> <li>In caso di raffreddamento ad acqua assicurarsi che la quantità sia corretta e che l'acqua sia fredda.</li> <li>Per diversi tipi di lubrificazione assicurarsi che la quantità di lubrificante sia sufficiente e sia adeguatamente raffreddato.</li> </ul>
<b>H</b>	Il cuscinetto raffreddato correttamente mostra segni di eccessiva usura e di fusione.	Il cuscinetto è sovraccaricato.	Controllare i carichi e la pressione massima, fare riferimento alla figura 20.
<b>I</b>	Il cuscinetto si usura con velocità eccessiva e l'albero è ricoperto di bianco.	Il bianco è gesso di origine catodica, può accadere se la corrente impressa è più potente del necessario.	Pulire l'albero e controllare correnti parassite e livello della protezione a corrente impressa, nel caso la nave trascorra molto tempo nello stesso porto controllare che all'interno del porto non ci siano protezioni a corrente impressa aggiuntive.
<b>J</b>	Il cuscinetto si usura prematuramente con poche ore di moto.	Vegetazione o residui sull'albero.	In caso di soste superiori ai 2 giorni in porto ruotare l'asse 2 volte a giorni alterni per rimuovere depositi, in caso di temperature dell'acqua di mare superiori ai 25°C si raccomanda di ruotare l'asse manualmente 2 volte quotidianamente.

## 5) PROGETTAZIONE APPLICATIVA

- |                              |                                   |  |
|------------------------------|-----------------------------------|--|
| a. Progettazione Applicativa | e. Gioco in esercizio             | i. Utilizzare il Programma di calcolo di dimensionamento Thordon |
| b. Interferenza              | f. Dilatazione termica            | j. Calcolo per Cuscinetti con chiavette                          |
| c. Incollaggio               | g. Dilatazione igroscopica        | k. Cuscinetti per alta pressione                                 |
| d. Chiusura diametro interno | h. Gioco minimo all'installazione | l. Pompe verticali, avvii a secco                                |

### a) PROGETTAZIONE APPLICATIVA

Il dimensionamento finale di un cuscinetto in Thordon dipenderà dal metodo di installazione. La corretta selezione di questa operazione è importantissima per la corretta operatività del cuscinetto e dipenderà dal tipo di servizio.

I cuscinetti il Thordon vengono installati con interferenza o incollati, in alcune applicazioni si rendono necessarie chiavette o fermi per assicurare il cuscinetto in posizione. Se un cuscinetto è installato con interferenza bisognerà tenere conto dell'interferenza stessa, della chiusura del diametro interno, del gioco in esercizio e della dilatazione termica e igroscopica, nel caso di un cuscinetto incollato solo gli ultimi tre fattori verranno considerati.

La Thordon Bearings ha sviluppato un programma di calcolo al computer che facilita molto il calcolo del dimensionamento di un cuscinetto il suo utilizzo è il metodo consigliato da Thordon per il corretto dimensionamento di un cuscinetto.

Si dovranno considerare i seguenti parametri:

- Dimensioni della sede e tolleranze
- Diametro dell'albero e tolleranze
- Lunghezza del cuscinetto
- Temperature d'esercizio
- Temperatura dell'officina
- Tipo di lubrificazione
- Metodo di tenuta cuscinetto

### b) INTERFERENZA

Una delle più importanti caratteristiche del Thordon rispetto ad altri materiali per cuscinetti radenti è la necessità di maggiore interferenza per la natura stessa del materiale. La maggiore interferenza non crea alcun problema operativo ma è necessaria affinché il cuscinetto abbia sufficiente forza di tenuta per restare in posizione nella sua sede.

Gli elastomeri in Thordon stringono sul diametro esterno e sul diametro interno con il calare delle temperature, a causa del loro elevato indice di dilatazione e contrazione l'elemento temperatura dovrà essere tenuto in debito conto in funzione dell'ambiente operativo.

Per difetto consideriamo una temperatura standard di 21°C durante il calcolo di dimensionamento, in seguito le dimensioni possono essere variate in funzione della temperatura reale in officina al momento della lavorazione.

L'installazione con interferenza può essere effettuata sia a freddo che a pressione, nel caso si operasse a pressione occorrerà un invito sul diametro esterno del cuscinetto per facilitare l'inserimento.

**La forza necessaria all'installazione a pressione si calcola come segue :**

**Forza della pressione (kg) =**

$$\frac{\text{Interferenza (mm)} \times \text{spessore (mm)} \times \text{lunghezza (mm)} \times 85}{\text{Diametro sede (mm)}}$$

**Forza della pressione (N) =**

$$\frac{\text{Interferenza (mm)} \times \text{spessore (mm)} \times \text{lunghezza (mm)} \times 850}{\text{Diametro sede (mm)}}$$

*NOTA : Calcoli indicativi utilizzando un coefficiente di attrito pari a 0,3 e un modulo di compressione nominale adatto a tutti i gradi di Thordon.*

# PROGETTAZIONE APPLICATIVA

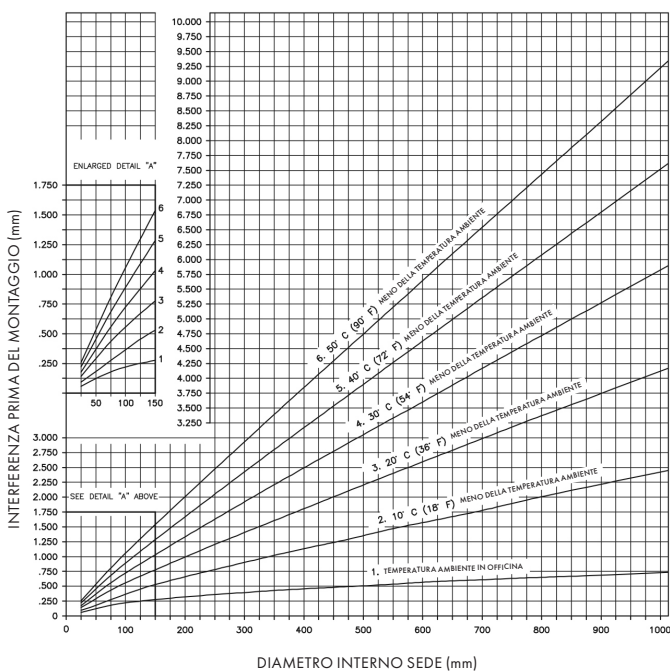
Per il raffreddamento del cuscinetto da inserire ad interferenza la scelta del refrigerante dipenderà dal differenziale di temperatura per il quale l'interferenza è stata calcolata.

La temperatura differenziale è la differenza tra la temperatura durante la lavorazione e la temperatura minima operativa, se la differenza è 40°C o inferiore, il ghiaccio secco potrà essere una opzione accettabile, se fosse maggiore bisognerà utilizzare azoto liquido, il grado di restringimento del cuscinetto può essere stimato come segue :

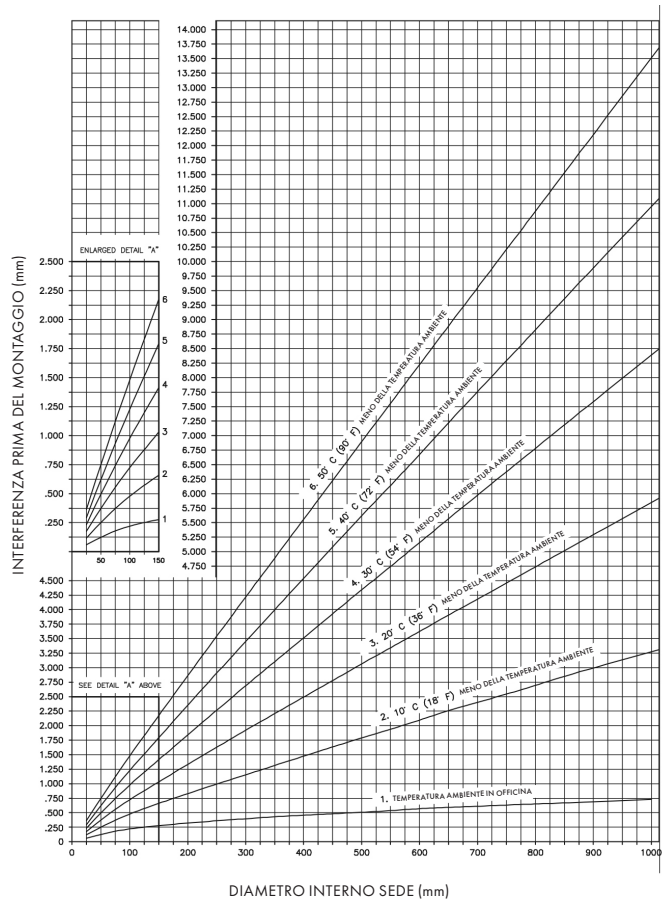
- Ogni 10°C di diminuzione di temperatura risulterà in un restringimento di circa 0,0014 mm sul diametro.
- Nel caso di rimozione del cuscinetto il cuscinetto tenderà a tornare alla forma originale con un iniziale considerevole ritorno per poi continuare lentamente. Da test, il recupero di circa il 90% della forma originale avviene in diverse settimane.

NOTA : Thordon HPSXL non è adatto all'installazione con interferenza, questo materiale dovrà essere incollato nella sua sede.

**FIGURA 21 - INTERFERENZA NELLA SEDE PER THORDON XL**



**FIGURA 22 - INTERFERENZA NELLA SEDE PER THORDON SXL**



NOTA : I test sono eseguiti con un cuscinetto con fattore di forma pari a 4

## c) INCOLLAGGIO

Come indicato nella sezione 4(I)-III, l'incollaggio è un'alternativa all'installazione con interferenza. In caso di incollaggio non si considererà alcuna interferenza, ma il diametro esterno del cuscinetto dovrà tenere conto dello spessore del collante. Il programma di dimensionamento di Thordon Bearings è in grado di raccomandare le misure esatte in caso di incollaggio, vedere anche gli esempi di calcolo nella sezione 5(j)-2.

Per un risultato corretto si raccomanda di utilizzare collanti approvati da Thordon come indicato alla sezione 7.

## d) RESTRINGIMENTO DIAMETRO INTERNO

Quando un cuscinetto il Thordon viene installato con interferenza il diametro interno si riduce a causa del riassetto volumetrico, il valore reale del diametro interno varia in funzione della finitura del diametro esterno del cuscinetto e del diametro interno della sua sede, entrambi possono influenzare la compressione assiale così come il coefficiente di attrito del materiale.

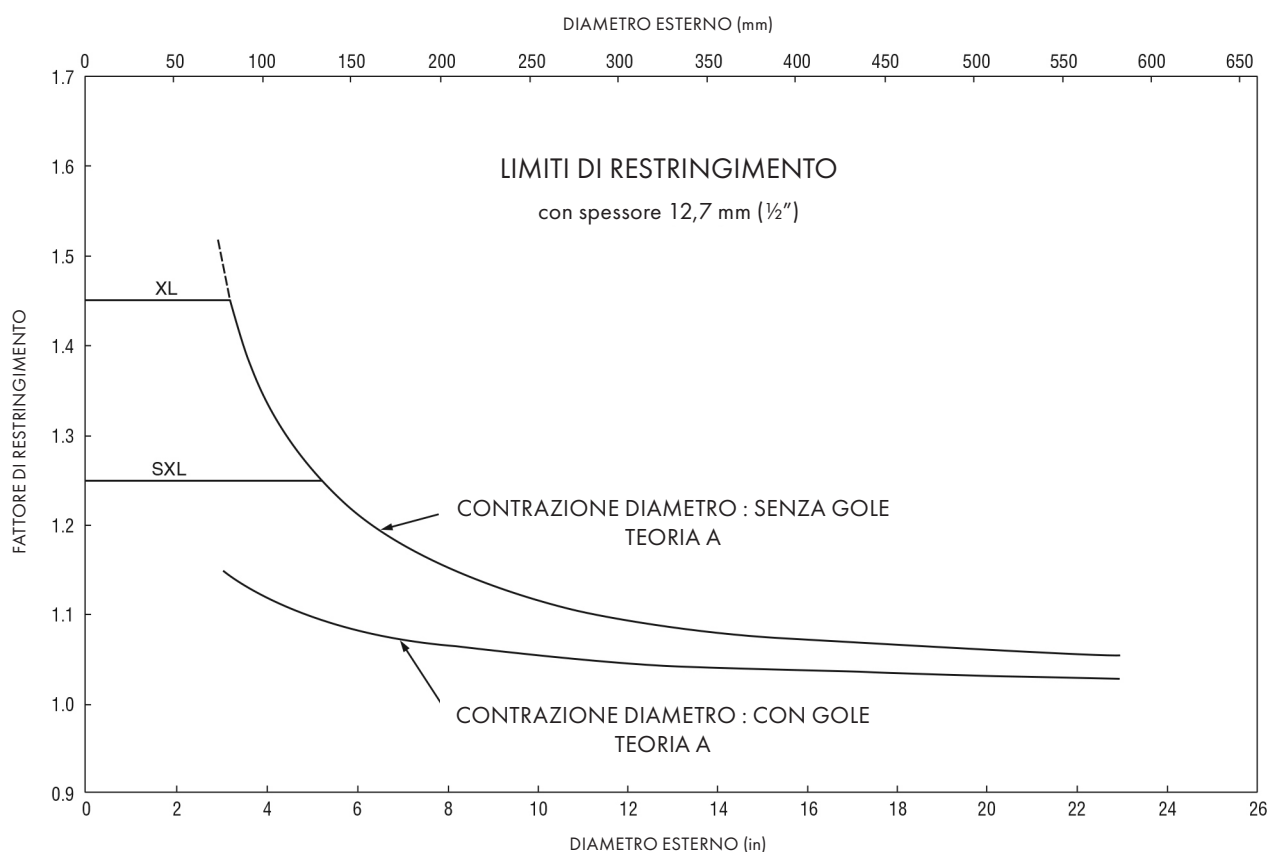
La Thordon Bearings ha studiato approfonditamente questo fenomeno basandosi su due teorie., La teoria A non considera il movimento assiale, mentre la teoria B ne tiene conto.

La prima è stata considerata la più sicura e conservativa poiché garantisce un maggiore gioco tra asse e cuscinetto. (Figura 22). I due risultati sono stati uniti con predominanza della teoria A. La figura 23 mostra i risultati tipici del test. Per il dimensionamento dei cuscinetti in Thordon viene utilizzata la teoria A essendo il calcolo che offre maggiore sicurezza assicurando un maggiore gioco in esercizio.

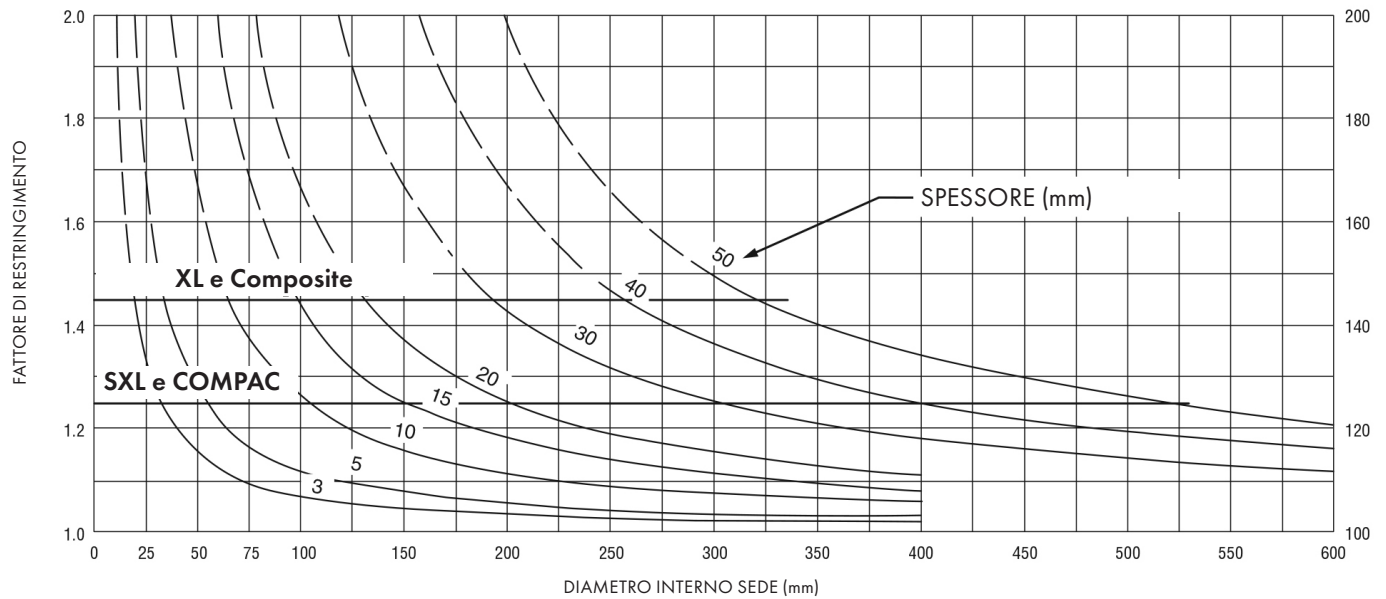
I risultati sul campo sono stati misti ma più vicini alla teoria A. Le Figura 24 riflettono la teoria A con un massimo restringimento del diametro interno di 1,45 per Thordon XL e Composite e di 1,25 per Thordon SXL ed COMPAC. Nel caso si rendesse necessario uno studio più approfondito per una specifica applicazione, contattare Thordon Bearings. La teoria A è utilizzata anche nel programma di Calcolo di Thordon Bearings. Il fattore di restringimento ottenuto dalle Figura 24 è moltiplicato per l'interferenza media (Interferenza minima + 50% della tolleranza di lavorazione della sede e 50% della tolleranza di lavorazione sul diametro esterno del cuscinetto) per indicare la tolleranza del restringimento stesso.

Il restringimento del diametro interno è espresso come fattore e applicato all'interferenza media e aggiunto al diametro interno del cuscinetto.

**FIGURA 23 – RESTRINGIMENTO DEL FORO – RISULTATI DEL TEST**

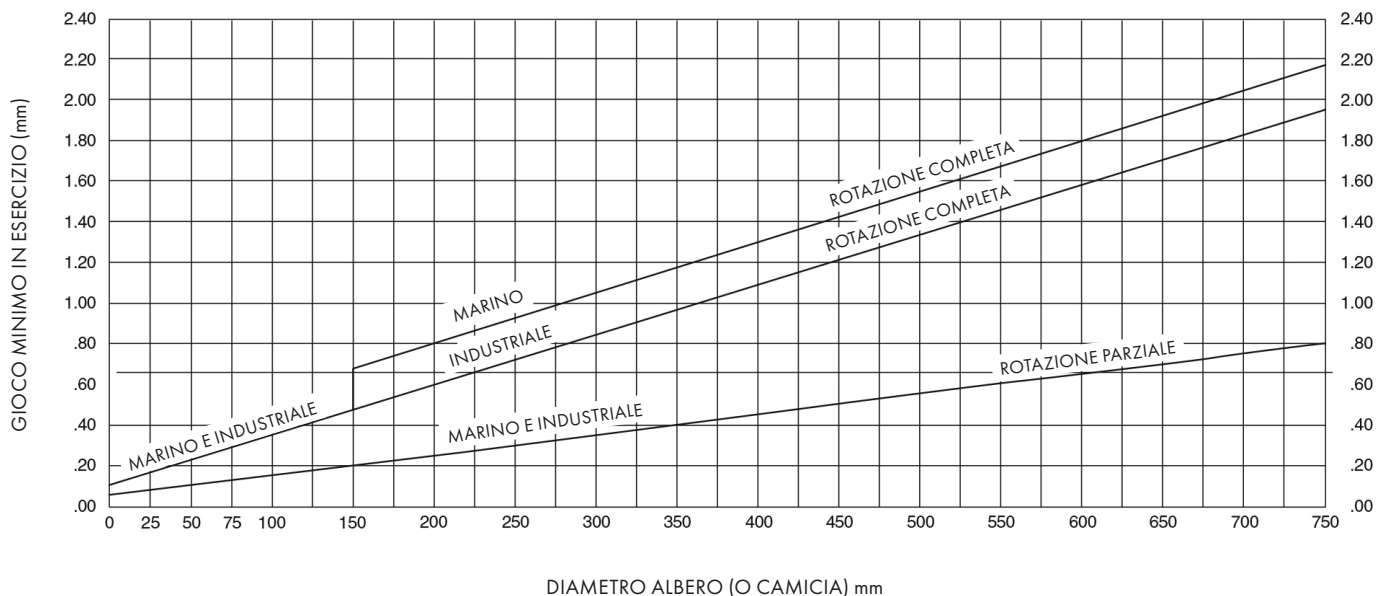


**FIGURA 24 – FATTORE DI RESTRINGIMENTO SU VARI SPESSORI**



NOTA : il grafico è stato limitato ad un fattore di restringimento massimo di 1,25 per SXL e COMPAC e 1,45 per XL e Composite.

**FIGURA 25 : GIOCO MINIMO IN ESERCIZIO PER I CUSCINETTI THORDON IN FUNZIONE DEL DIAMETRO DELL'ALBERO**



NOTA : I giochi sui cuscinetti piccoli riflettono applicazioni industriali standard mentre i cuscinetti con diametro 150 mm e superiori hanno un gioco maggiore per rispettare le normative delle società di classificazione sulle imbarcazioni.

NOTA : Dove necessario una maggiore tolleranza deve essere considerata per espansione termica e assorbimento igroscopico – riferimento ai passaggi 5 e 6 nella procedura di calcolo

## e) GIOCO IN ESERCIZIO

I giochi in esercizio raccomandati da Thordon Bearings per i suoi cuscinetti sono, come in genere per la maggioranza dei cuscinetti non metallici, superiori a quelli generalmente considerati per i cuscinetti in metallo.

Il gioco in esercizio è necessario per garantire la quantità minima di lubrificante attraverso l'intero cuscinetto ed inoltre un margine di sicurezza per una eventuale ulteriore chiusura del diametro interno a causa di riscaldamento da attrito del cuscinetto durante le operazioni. La Figura 25 mostra i giochi diametrali relativi ad applicazioni industriali e navali.

Come gioco in esercizio intendiamo la distanza tra il diametro interno del cuscinetto, una volta conclusi gli effetti di assorbimento igroscopico e di dilatazione termica, e il diametro esterno dell'albero. Nelle applicazioni oscillatorie dove il calore generato è limitato si può ridurre il gioco in esercizio come da Figura 25.

Un gioco in esercizio inadeguato finirà per danneggiare irrimediabilmente il cuscinetto che sarà caratterizzato da visibile fusione all'interno.



### **Esempio tipico di cuscinetto "spazzolato".**

*Nota 1 : In cuscinetti dove il carico non è unidirezionale come le pompe verticali e le turbine idrauliche il gioco in esercizio può essere ridotto. In queste applicazioni il gioco in esercizio può essere di circa 0,075% o 1% del diametro dell'albero, giochi ancora più contenuti sono possibili, contattare la Thordon Bearings per informazioni.*

*Nota 2 : In applicazioni particolari, possono essere considerati giochi appositi, consultare la Thordon Bearings per dettagli.*

## f) DILATAZIONE TERMICA

La dilatazione termica ( $C_t$ ) è una variabile da tenere in considerazione quando il cuscinetto opererà in ambienti con temperatura variabile e diversa da quella dell'officina dove è stato lavorato. La  $C_t$  diametrale è calcolata in funzione del coefficiente di dilatazione termica del materiale utilizzando la formula seguente :

$$C_t \text{ (Diametrale)} = 2 \text{ W.T.} \times (T_o - T_a)$$

$\alpha$  = Coefficiente di Dilatazione Termica del Thordon  
come segue:

Per temperature da 0°C a 30°C

**XL e RiverTough/Composite :**

$$\alpha = 0,000148^\circ\text{C}^{-1}$$

**SXL e COMPAC :**

$$\alpha = 0,000151^\circ\text{C}^{-1}$$

NOTA : *Indice dei simboli sul retro copertina.*

Questo gioco ( $C_t$ ) viene quindi aggiunto al gioco in esercizio come da Figura 25.

In applicazioni dove ci sono tenute assiali un'ulteriore dilatazione termica assiale va tenuta in considerazione in modo da permettere al cuscinetto la possibilità di estendersi sino alle tenute, calcolata come segue :

$$C_t \text{ (Assiale)} = L \times \alpha \times (T_o - T_a)$$

NOTA : *Nel caso in cui il gioco assiale non venisse tenuto in giusta considerazione e il cuscinetto cominciasse ad espandersi assialmente potrebbe danneggiare le tenute o, non avendo possibilità di allungarsi, si restringerebbe ulteriormente riducendo così il gioco minimo richiesto con conseguente danneggiamento del cuscinetto stesso.*

# PROGETTAZIONE APPLICATIVA

## g) ASSORBIMENTO IGROSCOPICO

Il Thordon assorbe in genere liquidi ad una percentuale di 1,3% sul volume, anche se in caso di liquidi a temperature più alte può arrivare al 2% del volume. Sebbene sia considerevolmente più bassa di altri materiali non metallici questa dilatazione deve essere tenuta in considerazione quando si dimensiona un cuscinetto poiché le conseguenze saranno un gioco più stretto ed un leggero aumento dell'interferenza.

L'assorbimento diametrale viene calcolato con la formula seguente :

$$C_s \text{ (Diametrale)} = W.A.F. \times W.T.$$

Dove W.A.F. è il fattore di assorbimento acqua determinato dalla Figura 27 per la temperatura massima operativa approssimativa e W.T. è lo spessore del cuscinetto.

**FIGURA 26 – FATTORE DI ASSORBIMENTO ACQUA (W.A.F.) A VARIE TEMPERATURE**

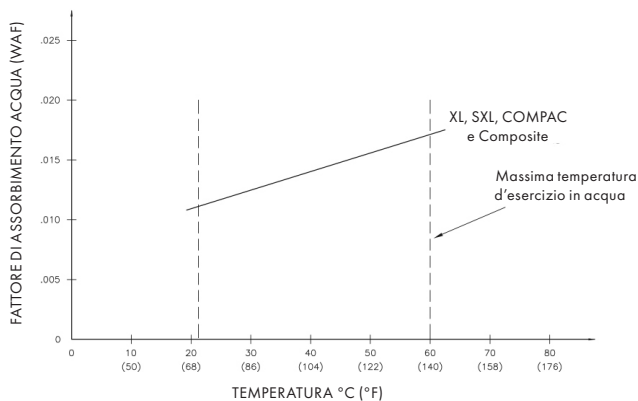


GRAFICO BASATO SU TEST A 21°C (70°F) e 60°C (140°F)

Ad esempio se la temperatura massima è 21°C il W.A.F. sarà 0,011, questo valore andrà poi aggiunto al gioco minimo in esercizio ottenuto dalle figure 25a o 25b.

In applicazioni dove il cuscinetto immerso in liquido ha dei mezzi di tenuta assiale dovrà essere considerata anche la variazione per assorbimento assiale che dovrà essere dedotta dalla lunghezza del cuscinetto onde permettere un ulteriore allungamento utilizzando la formula seguente :

$$C_s \text{ (Assiale)} = 0,005 \times \text{Lunghezza cuscinetto}$$

*NOTA : Nel caso in cui il gioco assiale non venisse tenuto in giusta considerazione e il cuscinetto cominciasse ad espandersi assialmente potrebbe danneggiare le ritenute o, non avendo possibilità di allungarsi, si restringerebbe ulteriormente riducendo così il gioco minimo richiesto con conseguente danneggiamento del cuscinetto stesso.*

## h) GIOCO MINIMO ALL'INSTALLAZIONE

Come indicato negli esempi seguenti il diametro interno di un cuscinetto è calcolato sommando la chiusura del diametro interno (se applicabile), il gioco in esercizio, l'assorbimento igroscopico e la dilatazione termica. Nel caso di un cuscinetto già inserito in una sede, la chiusura del diametro interno è già avvenuta quindi restano da sommare l'assorbimento igroscopico e la dilatazione termica al gioco in esercizio, la somma di questi fattori viene chiamata "gioco minimo all'installazione". Questo è indicato chiaramente nel programma di calcolo di Thordon Bearings. Con il cuscinetto in uso, la dilatazione termica verrà raggiunta quando il cuscinetto opererà alla massima temperatura operativa, l'assorbimento igroscopico verrà raggiunto con il tempo assorbendo il refrigerante e resterà solo il gioco in esercizio.

Il gioco minimo all'installazione è un fattore determinante per il successo di un'applicazione, se questo parametro non fosse rispettato ci sono alte probabilità di danneggiamento del cuscinetto. Nel caso fosse inferiore a quanto raccomandato bisognerà intervenire prima di mettere in servizio il cuscinetto.

## i) PROGRAMMA DI CALCOLO Thordon Bearings

Un programma di calcolo per PC è disponibile per dimensionare correttamente il cuscinetto, il programma tiene conto di tutti i parametri discussi in questa sezione e semplifica enormemente il lavoro di calcolo del dimensionamento. Il programma di calcolo è disponibile presso i distributori Thordon o presso la Thordon Bearings Inc.

Naturalmente la correttezza del dimensionamento del cuscinetto dipenderà dalla correttezza delle informazioni inserite, selezionare con cura le variabili, correttamente. La versione attuale del programma di calcolo Thordon Bearings è il risultato di più di 30 anni di esperienza di calcolo con il programma stesso.

Si ha la possibilità di inserire dimensioni massime e minime della sede a patto che la differenza sia inferiore a 1/3 del gioco in esercizio. Sono disponibili schermate del programma nei vari passaggi, per necessità specifiche.

Di seguito alcuni esempi del programma di calcolo :

### 1. ESEMPIO DI CALCOLO CON PROGRAMMA (CUSCINETTO DA INSTALLARE NELLA SEDE)

#### ESEMPIO:

INSTALLAZIONE : Interferenza

MATERIALE : XL

#### Dati:

1. Servizio	Albero portaelica
2. Diametro albero	100 +0.00/-0.04 mm
3. Sede cuscinetto	150 +0.04/-0.00 mm
4. Lunghezza della sede	400mm
5. Temperature d'esercizio	-2°C ~ +45°C
6. Temperatura dell'officina	21°C
7. Ambiente	Acqua

Il programma darà i seguenti risultati :

Diametro interno cuscinetto :

150.96 +0.13/+0.00 mm

Diametro esterno cuscinetto :

102.28 +0.13/+0.00 mm

Gioco Minimo all'Installazione : 0,89 mm

Lunghezza cuscinetto : 396,26 mm +0,00-0,50

Spessore cuscinetto : 24,34 mm

Il programma di dimensionamento della thordon bearings puo' essere utilizzato per effettuare i calcoli seguenti in modo veloce e accurato:

Il programma fornirà le misure di lavorazione del diametro esterno sia per installazione ad interferenza o ad incollaggio. Per il diametro interno aggiungere il "minimum installed clearance" al diametro asse per ottenere le misure di lavorazione del diametro interno.

### 2. ESEMPIO DI CALCOLO CON PROGRAMMA (CUSCINETTO INSERITO NELLA SEDE)

#### ESEMPIO :

Lavorazione del cuscinetto dopo inserimento nell'alloggio

INSTALLAZIONE : Interferenza

Lavorazione dopo inserimento nella sede

MATERIALE : SXL

#### Dati:

1. Servizio	Pompa verticale
2. Diametro albero	100 +0.00/-0.04 mm
3. Diametro sede	150 +0.03/-0.00 mm
4. Lunghezza sede	200mm
5. Temperature d'esercizio	-2°C ~ +30°C
6. Temperatura dell'officina	21°C
7. Ambiente	Acqua

Utilizzando il programma di dimensionamento Thordon Bearings avremo il seguente risultato:

Diametro interno del cuscinetto :

151.03 +0.13/+0.00 mm

Diametro esterno del cuscinetto :

101.85 +0.13/+0.00 mm

Gioco Minimo all'Installazione : 0,53 mm

Lunghezza cuscinetto : 198,62 mm +0,00-0,50

Spessore cuscinetto : 24,59 mm

Passaggio 1 : Lavorare l'esterno del cuscinetto a 151,03 come indicato dal programma.

Passaggio 2 : Inserire il cuscinetto nella sede.

Passaggio 3 : Lavorare il diametro interno alla quota del diametro massimo dell'albero + il gioco minimo all'installazione  
= 100+0,53= 100,53 mm

(La differenza tra il valore al passaggio 3 e il diametro interno dato dal programma è la chiusura del diametro interno).

Utilizzando questo metodo andiamo a rimuovere materiale compresso che serve alla tenuta del cuscinetto in posizione e di conseguenza solo una minima parte di materiale dovrà essere rimosso, **bisognerà prestare attenzione a non rimuovere più del 5% dello spessore del cuscinetto nel caso di cuscinetti senza gole.**

Nel caso di cuscinetti con gole di lubrificazione il limite è il 10% dello spessore a causa della minore tensione del cuscinetto ma senza superare il 25% della profondità delle gole (valore minore come riferimento).

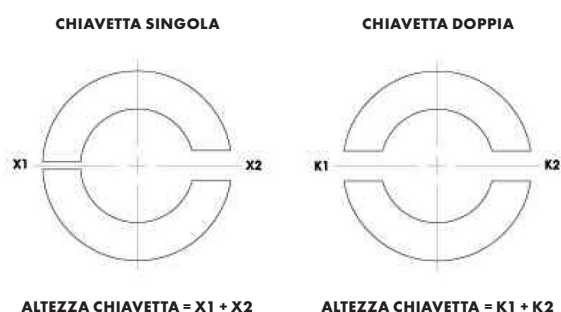
**Le gole di lubrificazione dovranno essere lavorate PRIMA dell'installazione nella sede.**

## j) CALCOLO PER CUSCINETTI CON CHIAVETTA

I cuscinetti in Thordon vengono spesso installati ad interferenza con l'ausilio di una o due chiavette di fermo. Per ottenere un corretto dimensionamento del cuscinetto e dei tagli per le chiavette seguire la seguente procedura:

1. Calcolare le dimensioni del cuscinetto seguendo le normali procedure per un cuscinetto tubolare.
2. Lavorare il cuscinetto come indicato dai risultati del programma o del calcolo manuale.
3. Misurare l'altezza circonferenziale della/e chiavetta/e e la luce del taglio opposto nel caso di chiavetta singola (Fig. 27).

**FIGURA 27 - MISURAZIONE CHIAVETTE**



4. Tagliare il/i settore/i nel cuscinetto in modo che il materiale rimosso sia identico all'altezza della/e chiavetta/e. Assicurarsi che l'interferenza tra circonferenza del cuscinetto e chiavette sia uguale a quella di un cuscinetto tubolare. Nel caso di più chiavette il cuscinetto verrà tagliato in più punti posizionati logicamente.
5. In caso di più chiavette di blocco il cuscinetto verrà tagliato di conseguenza ed il materiale rimosso in ogni punto dovrà essere uguale all'altezza della chiavetta corrispondente.

*NOTA : Operare nello stesso modo in caso di cuscinetto in due metà senza chiavette, è importante mantenere la stessa circonferenza di un cuscinetto tubolare dopo il taglio. L'approccio più semplice è terminare la lavorazione del cuscinetto come con uno tubolare e infine tagliare, utilizzare il programma di calcolo Thordon come fosse un cuscinetto in un pezzo, sommare sui diametri gli effetti dello spessore delle lame di taglio - spessore totale dei tagli. Contattare il distributore Thordon di zona per maggiori informazioni.*

## k) CUSCINETTI AD ALTA PRESSIONE

Thordon propone 2 tipi di cuscinetto per applicazioni ad alta pressione : uno in ThorPlas, un nuovo materiale omogeneo e non elastomero. Un manuale separato è disponibile per dettagli. L'altro tipo per applicazioni ad alta pressione è il Thordon HPSXL TRAXL, specifico per molte applicazioni navali e industriali. Il Thordon HPSXL TRAXL è perfetto per applicazioni con carichi importanti e dove la lubrificazione non è prevista.

Applicazioni tipiche sono i distributori di turbine idrauliche, cerniere di portelloni, tamburi avvolgicavo, gru e snodi per attrezzature da costruzione.

Il Thordon HPSXL TRAXL ha una costruzione composita con uno strato sottilissimo di HPSXL incollato in un guscio metallico.

Come sottolineato nella sezione "processo di selezione" con i cuscinetti HPSXL TRAXL è possibile raggiungere pressioni operative fino a 55 MPa con picchi fino a 70 MPa o superiori.

Queste pressioni sono però raggiungibili tramite una combinazione di diversi fattori.

Le applicazioni devono essere oscillatorie o con rotazioni lente in modo che il calore generato non sia un fattore rilevante.

Il cuscinetto deve avere un fattore di forma molto alto (di solito superiore a 100). Questo significa avere uno spessore molto limitato, tipicamente 1,5 mm o inferiore.

La realizzazione ottimale di un cuscinetto TRAXL si ottiene colando direttamente l'HPSXL in uno speciale guscio metallico con gole che viene poi inserito a pressione nel portacuscinetto. Per pressioni inferiori è anche possibile un incollaggio a freddo di un sottile tubo di Thordon nel portacuscinetto, le pressioni di esercizio dei due differenti metodi è riportata nella figura 28.

**FIGURA 28 – LIMITI DI PRESSIONE PER DIFFERENTI METODI DI PRODUZIONE DEL CUSCINETTO**

Metodologia di Produzione	Pressione	
	Operatività tipica MPa	Picchi statici MPa
TRAXL	27.5 - 55.0	70.0
Incollato a freddo	13.7 - 20.6	27.5

*NOTA : I cuscinetti Thordon possono essere progettati per pressioni superiori per applicazioni specifiche, per ulteriori informazioni contattare Thordon Bearings.*

# PROGETTAZIONE APPLICATIVA

L'incollaggio a freddo viene considerato in applicazioni con pressioni relativamente alte e spessori maggiori, la capacità di sopportare alte pressioni diminuisce con l'incremento dello spessore per la diminuzione del fattore di forma.

I giochi in esercizio del Thordon HPSXL TRAXL sono di molto inferiori ai giochi tipici del Thordon, questo per una serie di fattori :

1. Tutte le lavorazioni sono effettuate con il cuscinetto incollato nella sua sede, di conseguenza tutte le variazioni di tolleranze sono ridotte al minimo.
2. Grazie alla rigidità del supporto metallico ed al supporto fornito all'HPSXL le tolleranze di lavorazione possono essere più contenute.
3. Il gioco in esercizio di progetto è minimo a causa della limitata rotazione (quindi il calore generato non è considerato) , inoltre a causa dello spessore sottile sia l'assorbimento igroscopico che la dilatazione termica non sono rilevanti.

I seguenti parametri dovranno comunque essere tenuti in considerazione nel progettare un cuscinetto in Thordon per alte pressioni :

- Interferenza
- Chiusura diametro interno
- Gioco in esercizio
- Dimensioni di albero e sede
- Dimensionamento cuscinetto e tolleranze

*NOTA 1 : la dilatazione termica e l'assorbimento igroscopico non sono rilevanti nel caso di Thordon HPSXL TRAXL in quanto lo spessore del Thordon in genere non è superiore a 1,5 mm. Nel caso in cui fosse considerato uno spessore superiore bisognerà considerare sia la dilatazione termica che l'assorbimento igroscopico.*

*NOTA 2 : Il calcolo del dimensionamento di un Thordon HPSXL TRAXL è differente dal calcolo standard dei cuscinetti il Thordon in quanto relativamente sottile e all'interno di un guscio metallico. Il calcolo dell'interferenza e della eventuale chiusura del diametro interno dovranno essere basati sulle proprietà del guscio in metallo piuttosto che del Thordon.*

## **i) Interferenza:**

Il valore dell'interferenza di un cuscinetto il Thordon HPSXL TRAXL dipenderà dalle condizioni operative e aumenterà con l'aumentare della pressione. L'interferenza standard varia da 0,025% a 0,1% del diametro esterno del cuscinetto, variando in funzione del diametro esterno, maggiore diametro, minore interferenza.

*NOTA : i cuscinetti in Thordon HPSXL TRAXL non devono mai essere raffreddati prima dell'installazione (ghiaccio secco o azoto liquido) poiché vi è un alto rischio di danneggiamento dell'incollaggio tra il Thordon HPSXL e il guscio metallico.*

## **ii) Chiusura diametro interno:**

Da esperienze pratiche la chiusura del diametro interno da installazione a interferenza tra due parti metalliche è in genere tra il 75% ed il 90% del valore dell'interferenza stessa. Per essere certi di avere un gioco adeguato all'installazione si raccomanda un valore dell'indice di restringimento pari a 1.

## **iii) Gioco in esercizio:**

Il gioco in esercizio generalmente raccomandato è di 0,1% del diametro dell'albero con un minimo assoluto di 0,075 mm.

In applicazioni dove il gioco necessario fosse inferiore contattare il Thordon Bearings o il distributore locale per eventuali raccomandazioni.

## **iv) Dimensioni di albero e sede:**

Per un gioco in esercizio ottimale è necessario controllare accuratamente dimensioni e tolleranze non solo del cuscinetto ma anche della sua sede. Una sede o tolleranze eccessive si tramutano in un aumento del gioco tra cuscinetto e albero.

Nel caso di applicazioni che coinvolgono una serie di cuscinetti, come il gruppo del distributore di una turbina idraulica ogni sede e ogni albero dovrebbero essere misurati e lavorati in modo da poter lavorare i cuscinetti con lavorazione specifica per ogni posizione.

## **v) Dimensionamento cuscinetto e tolleranze:**

**I diametri esterno e interno di Thordon HPSXL TRAXL vengono calcolati come segue:**

- Ø Esterno = diametro albero + normale interferenza
- Ø Interno = diametro albero (massimo) + restringimento (diametro massimo cuscinetto-diametro minimo sede) + gioco in esercizio

**Le tolleranze di lavorazione standard per un cuscinetto il Thordon per alta pressione sono:**

- Ø Esterno = +0,025 mm / -0,000 mm
- Ø Interno = +0,075mm / -0,000 mm

## **I) CUSCINETTI PER POMPE VERTICALI : AVVIO A SECCO**

Il Thordon SXL è largamente usato nelle pompe verticali grazie alla sua capacità di avvio a secco. Il periodo di lavoro a secco è di solito sufficiente ed in linea con le necessità. Il programma di calcolo il Thordon modificherà il gioco iniziale in funzione del tempo richiesto per l'avvio a secco.

**Per ulteriori informazioni contattare la Thordon Bearings.**

## 6) LAVORAZIONE E MISURAZIONE

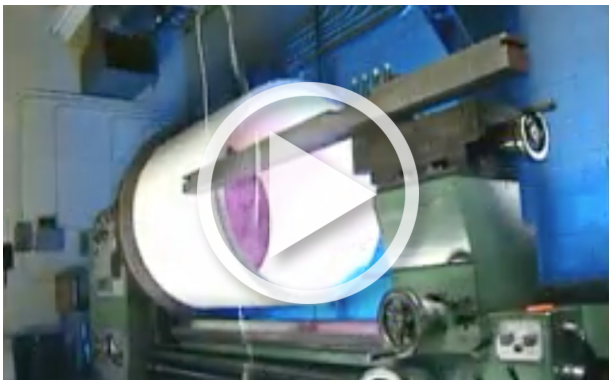
- |                              |                                      |
|------------------------------|--------------------------------------|
| a. Lavorazione               | c. Lavorare Composite                |
| b. Lavorare XL, SXL e COMPAC | d. Misure dimensionali e di finitura |

### a) LAVORAZIONE

Il Thordon è un polimero duro e resistente ma che può essere lavorato facilmente.

È necessario comunque ricordare che non è un metallo e va lavorato diversamente dai prodotti metallici.

A causa della sua natura elastomerica il Thordon tenderà ad allontanarsi da qualsiasi cosa eserciti pressioni, ivi inclusi utensili di ogni tipo. Il Thordon non può essere fuso o smerigliato ma deve essere tagliato con un utensile affilato. **L'importanza di utensili affilati è fondamentale e mai eccessivamente enfatizzata, se si vuole ottenere un buon risultato.**



NOTA: Video dimostrativi di lavorazione sono disponibili da Thordon Bearings o dal distributore, sono uno strumento eccellente per capire come lavorare i cuscinetti in Thordon.

[www.youtube.com/ThordonBearings](http://www.youtube.com/ThordonBearings)

Con spessori particolarmente sottili bisogna ricordare che l'eccessiva pressione causerà una deformazione del cuscinetto, bisognerà quindi utilizzare modifiche al mandrino, supportare il cuscinetto con apposite crociere di supporto, tappi o controflange.

Le velocità di lavorazione sono altrettanto importanti, una lavorazione con rotazioni e avanzamento lenti genererà una finitura grossolana a causa della natura elastomerica del Thordon, una velocità eccessiva di rotazione e avanzamento potrebbe generare eccessivo calore e fondere il materiale dandogli un aspetto gommoso.

La combinazione più adatta di velocità e avanzamento è quella usata generalmente per l'alluminio.

I giochi del Thordon, come specificato precedentemente in questo manuale possono sembrare eccessivi rispetto a quelli utilizzati per i metalli, bisogna però ricordare che il Thordon si dilata con la temperatura e con l'assorbimento di liquidi, se immerso. Inoltre il Thordon potrebbe subire restringimenti sul diametro interno anche superiori al 100% del valore di interferenza, questo a causa della sua natura incompressibile. **Il gioco minimo all'installazione** tiene conto di tutti questi fattori. Tiene inoltre conto con coefficienti di sicurezza di eventuali aumenti di calore generati da attriti inaspettati. Il gioco in esercizio non deve essere mai diminuito senza aver prima contattato la Thordon Bearings o il distributore locale.

NOTA: nel caso in cui il gioco in esercizio fosse inadeguato, il danneggiamento del cuscinetto è quasi certo.

In linea teorica, tutte le lavorazioni effettuabili sui metalli sono replicabili su Thordon come forature, filettature, sagomature, tagli, fresature e incollaggi. È possibile lavorare il Thordon anche con utensili manuali tenendo sempre conto di evitare surriscaldamenti del materiale.

# LAVORAZIONE

## b) LAVORARE XL, SXL E COMPAC

### i) Utensile da Taglio

La scelta del corretto utensile per lavorare il Thordon al tornio è di importanza fondamentale. L'utensile deve essere sagomato in modo da asportare il materiale e proiettarlo lontano dalla superficie di lavorazione.

Quando si lavora Thordon dalla lavorazione viene generato un filo continuo, l'utensile, dopo la smerigliatura, dovrebbe essere trattato con pietra per affilare per assicurare la capacità di taglio.

Alcuni nuovi utensili hanno una eccellente capacità di taglio iniziale e tengono a lungo il tagliente fornendo risultati eccellenti nella lavorazione del Thordon.

Il Thordon raccomanda un utensile da taglio prodotto da Kennametal® che è disponibile ovunque nel mondo. La punta dell'utensile è in metallo duro rivestito di nitruri al titanio (PVD), il codice è CPGT3251HP-KC730, mentre il codice del portautensile è SCMPN-083V.

Nella serie Kennametal® KC730 sono diversi gli utensili offerti, le norme ISO applicabili sono M05-M20-S15-S25, nel caso ci fossero problemi nel reperire utensili adatti si prega di contattare il Thordon Bearings o il distributore locale.



Utensile da taglio Kennametal®

È estremamente importante, specialmente negli interni, che il filo prodotto dalla lavorazione venga espulso dalla zona di lavoro, se così non avvenisse si rischiano interferenze durante il taglio e una finitura grossolana ed imperfetta.

*NOTA : A causa della sua natura elastomerica bisognerà prestare attenzione quando si rimuovono i residui di taglio dal cuscinetto.*

I disegni nella figura 30 mostrano la configurazione corretta degli utensili da taglio con tagliente convenzionale, per l'SXL e il COMPAC può essere utilizzato acciaio ad alta velocità, carburi di tungsteno per l'XL.

### ii) Velocità di rotazione e avanzamento

Le velocità di rotazione suggerite sono nella tabella seguente :

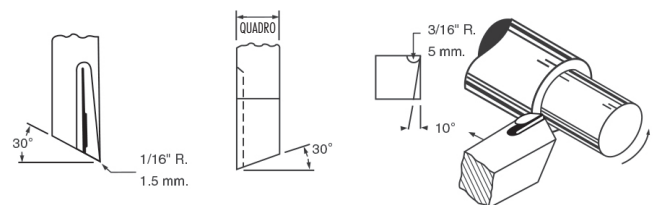
**FIGURA 29 – VELOCITÀ E AVANZAMENTI TIPICI**

Diametro del Cuscinetto	RPM	Sgrossatura	Finitura
75mm	600	0.6mm/rev.	0.4mm/rev.
150mm	450	(0.025"/rev.)	(0.015"/rev.)
300mm	300	for HSS tool	for HSS tool
450mm	150	-	-
600mm	120	0.3mm/rev.	0.2mm/rev.
750mm	95	(0.012"/rev.)	(0.007"/rev.)
900mm	80	for tipped tool	for HSS tool

*NOTA 1 : Le velocità di rotazione e avanzamento sono puramente indicative, la velocità ottimale potrebbe essere superiore o inferiore e dipende da vari fattori quali lunghezza del cuscinetto, spessore, tipo di fissaggio sul tornio. Come in tutti i tipi di lavorazioni meccaniche alcune prove saranno necessarie per un risultato ottimale.*

*NOTA 2 : non sono necessari né tantomeno consigliati liquidi lubrificanti.*

**FIGURA 30 - PASSAGGI DI LAVORAZIONE**

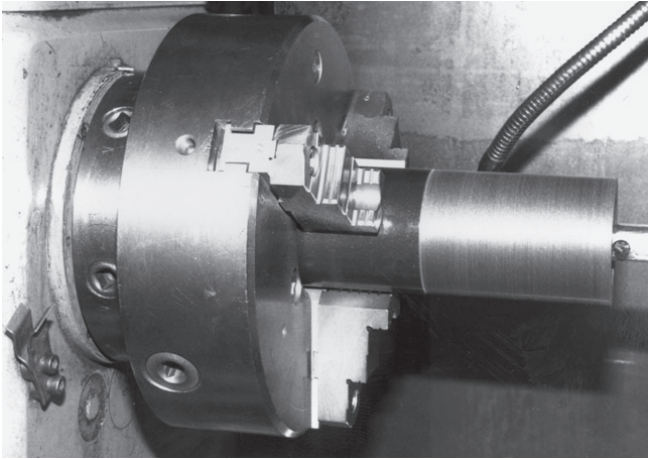


## LAVORAZIONE MANUALE O A CONTROLLO NUMERICO

Essendo i cuscinetti in Thordon lavorati sui diametri interno e esterno e la lunghezza una lavorazione manuale è in genere più comune.

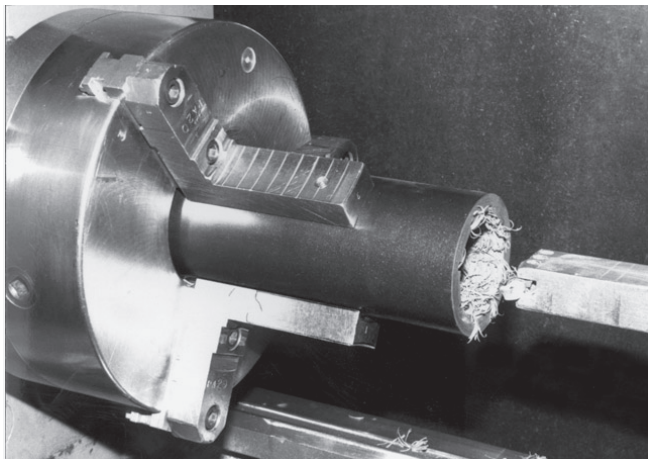
### iii) Preparazione del cuscinetto

#### LAVORAZIONE – LUNGHEZZA PARZIALE DA TUBO



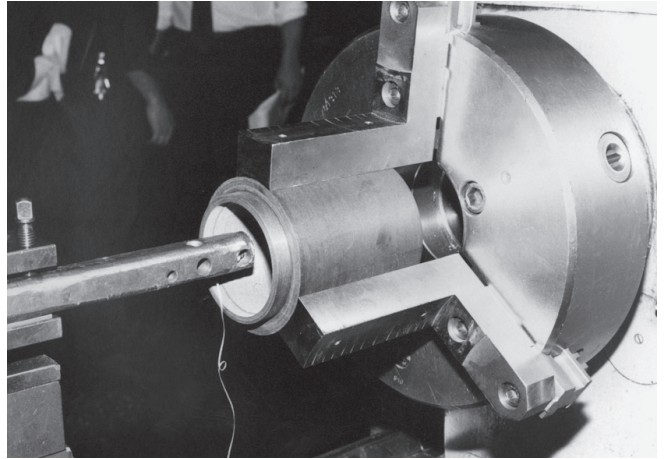
Un cuscinetto realizzato da una lunghezza parziale di un tubo può essere lavorato utilizzando un mandrino classico a 3 bracci, facendo attenzione a non eccedere nel blocco per evitare eventuali deformazioni del tubo, sgrossare il diametro esterno, sgrossare e finire il diametro interno, finire l'esterno e tagliare.

#### LAVORAZIONE – INTERNO E SPESSORE SOTTILE



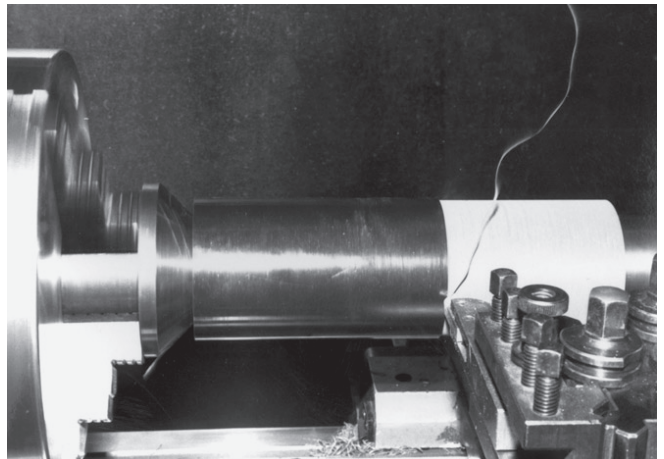
Per finire un diametro interno di un cuscinetto sottile occorrerà utilizzare un mandrino a bracci lunghi e possibilmente morbidi. Sgrossare l'esterno e lavorare in finitura il diametro interno, poi finire il diametro esterno.

#### LAVORAZIONE – SPESSORE SOTTILE CON CAMICIA



Un cuscinetto sottile può anche essere lavorato con una camicia esterna in metallo, finendo il diametro esterno e pressando leggermente il cuscinetto in una camicia lavorata a misura, in questo modo è possibile ottenere tolleranze più strette ma è un metodo più complesso e spesso non necessario.

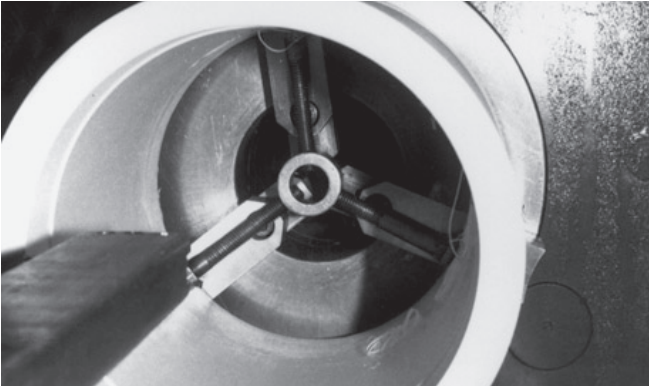
#### LAVORAZIONE – DIAMETRO ESTERNO DI UN CUSCINETTO CON GOLE DI LUBRIFICAZIONE



Una volta terminato il diametro interno e le gole il cuscinetto può essere centrato sul diametro interno allineato con una chiavetta lungo una gola di lubrificazione, questo metodo è accettabile nel caso di cuscinetti portaelica ma non garantisce le tolleranze richieste, ad esempio, per i cuscinetti per le pompe.

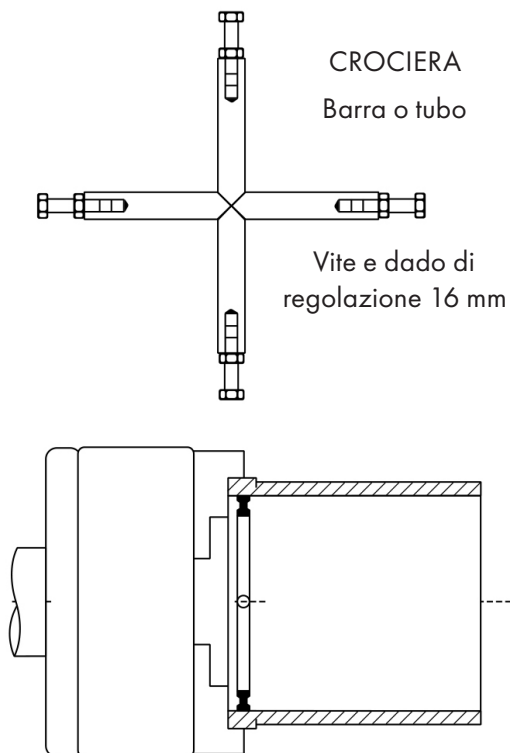
# LAVORAZIONE

## LAVORAZIONE – DIAMETRO ESTERNO CON TAPPO O CROCIERA REGOLABILE

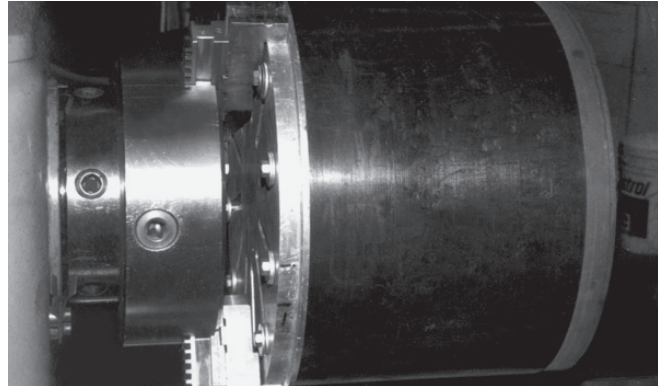


Una volta terminata la lavorazione del diametro interno, si può utilizzare un tappo lavorato a misura da installare all'interno del cuscinetto per finire l'esterno, per cuscinetti di dimensioni maggiori può essere utilizzata una crociera regolabile. Entrambi i sistemi eviteranno possibili distorsioni durante la finitura esterna. Bisognerà considerare però in entrambi i metodi circa 50 mm di materiale extra per il mandrino.

**FIGURA 31 – CROCIERA REGOLABILE**



## LAVORAZIONE – SUGGERIMENTI PER INTERNO ED ESTERNO



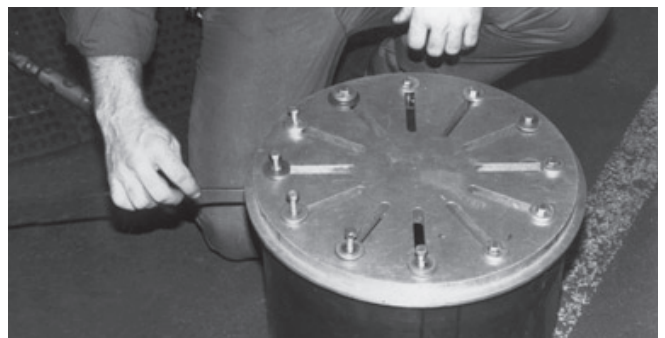
I cuscinetti con diametro superiore a 380 mm sono generalmente lavorati fissandoli ad una flangia preforata e asolata con dei tirafondi. La flangia può quindi essere montata verticalmente se si lavora con una fresa o un tornio verticale o orizzontalmente se si utilizza un tornio orizzontale. Si ricorda di considerare sempre circa 50 mm di materiale extra per il fissaggio al mandrino. La flangia deve essere centrata il più accuratamente possibile e poi assicurata al tubo di Thordon (preforato) con dei tirafondi. Il tubo verrà eventualmente riposizionabile allentando i tirafondi e utilizzando le asole della flangia.

La procedura di lavorazione rimane invariata, sgrossare il diametro esterno, sgrossare e finire il diametro interno, finire il diametro esterno, tagliare il tubo alla misura calcolata.

Nel caso in cui il cuscinetto fosse troppo largo per essere tagliato completamente per il rischio di caduta della parte tagliata si può tagliare al tornio per uno spessore di circa 80-90% del totale, rimuovere il cuscinetto dal tornio, rimuovere la flangia e finire di tagliare a mano.

**Un cuscinetto montato su tornio non deve essere lasciato troppo a lungo in posizione ma finito non appena possibile, questo per evitare che il cuscinetto si deformi sotto il suo stesso peso.**

*NOTA : assicurarsi che il cuscinetto sia fissato correttamente alla piastra prima della lavorazione, in caso di fissaggio non appropriato ne potrebbero conseguire danni a cose o persone.*

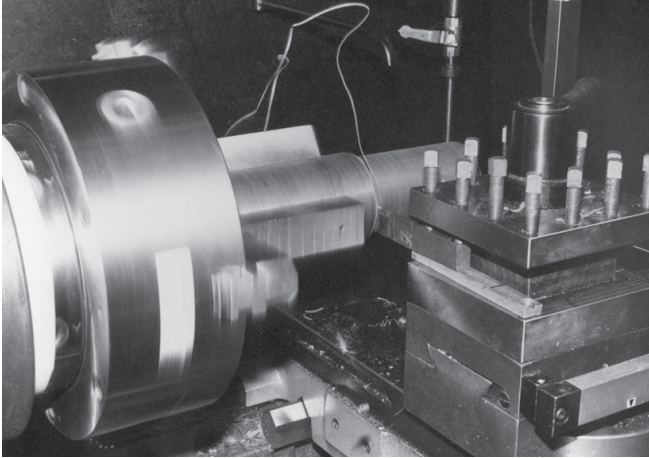


## iv) Taglio a misura

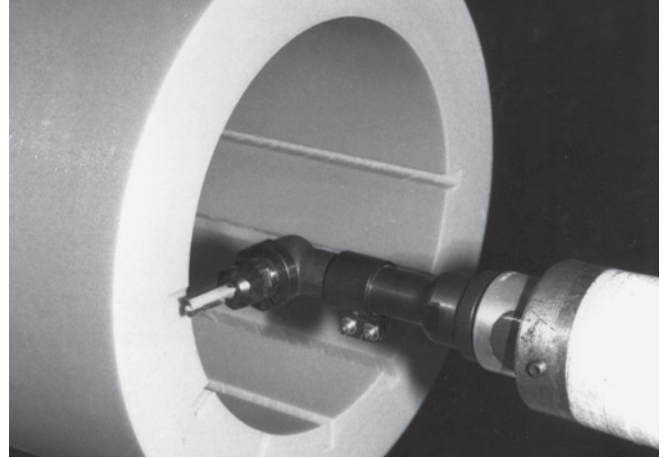
Il Thordon può essere tagliato con utensili standard ma si raccomanda del gioco addizionale lateralmente in modo da evitare che il lato dell'utensile surriscaldi una parte utile del cuscinetto. Prestare inoltre attenzione a che il materiale tagliato venga rimosso durante l'operazione in modo da ottenere una superficie di taglio uniforme.

*NOTA : A causa dell' elasticità del Thordon si raccomanda la massima attenzione rimuovendo il materiale residuo di lavorazione.*

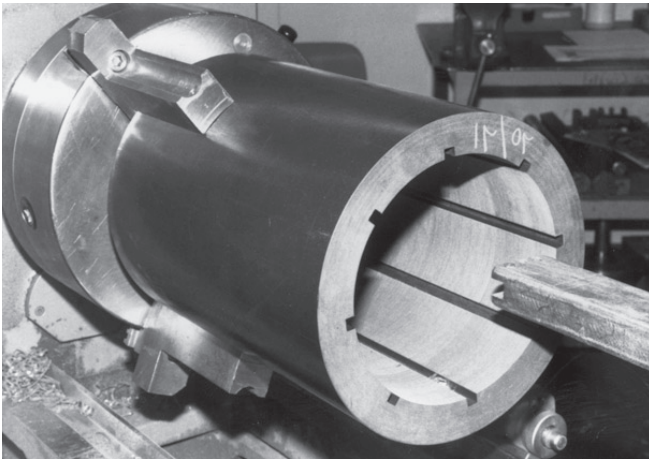
## v) Lavorazione delle gole di lubrificazione



Le gole di lubrificazione possono essere realizzate sia a mano che con una elettrofresa montata sul tornio.



Molto più semplice l'operazione mediante elettrofresa dove sarà sufficiente un'unica passata alla misura desiderata.



Per la lavorazione manuale un utensile da taglio viene montato sulla barra da interno del tornio e viene spinto manualmente lungo l'intero cuscinetto. Diverse passate saranno necessarie per raggiungere le profondità necessarie.

*NOTA : Le gole di lubrificazione dovranno sempre essere realizzate PRIMA che il cuscinetto venga inserito nella sua sede, il diametro interno potrà eventualmente essere finito dopo l'inserimento ma le gole di lubrificazione mai.*



Il diametro esterno del mandrino può poi essere marcato per avere una guida sulle posizioni delle gole di lubrificazione.

# LAVORAZIONE

## vi) Suggerimenti generali per la lavorazione

1. Per un risultato ottimale di dimensioni e finitura il passaggio di finitura dovrebbe essere tra 1,5 e 2,5mm e l'utensile affilato come un rasoio.
2. Le lavorazioni dovranno preferibilmente effettuarsi in ambienti a temperatura controllata, sensibili variazioni di temperatura potrebbero provocare significative variazioni dimensionali. Fare riferimento alle tavole delle temperature del programma di dimensionamento.
3. Grazie alla sua natura elastomerica, se vi fosse un errore nel diametro interno ma vi fosse ancora sufficiente spessore, l'errore sull'interno potrebbe essere recuperato sul diametro esterno, contattare eventualmente la Thordon Bearings o il distributore locale per i nuovi valori del diametro esterno.
4. Prima del passaggio di finitura bisognerà essere sicuri che il cuscinetto non abbia subito surriscaldamenti dalle passate precedenti, se la temperatura del cuscinetto fosse superiore a quella ambientale le dimensioni finali non saranno corrette.

## vii) Lavorazione di cuscinetti con diametro >1000 mm

Il modo più semplice per lavorare un cuscinetto in Thordon di grandi dimensioni è senza dubbio un tornio verticale, in questo caso si suggerisce quanto segue :

1. Utilizzare una lavorazione in due stadi (vedi sotto) per evitare variazioni dimensionali al termine.
2. Lavorare su tornio verticale.
3. Usare un calibro a nastro per circonferenze per la misurazione del diametro esterno.
4. Usare un micrometro a sfere per lo spessore del cuscinetto.

Un cuscinetto in Thordon di grandi dimensioni varierà le sue misure notevolmente al variare della temperatura, è essenziale monitorare la temperatura durante la lavorazione e le misurazioni. I blocchi macchina e il calore generato dal mandrino potrebbero influenzare le misurazioni.

### 1. LAVORAZIONE – PRELIMINARE

Sgrossare sia il diametro esterno che il diametro interno – tracciare la lunghezza ed effettuare una cava circolare per il bloccaggio.

### 2. LAVORAZIONE – FINALE

Bloccare il cuscinetto dalla cava realizzata in precedenza su una flangia , si suggerisce di lavorare il cuscinetto dalla flangia verso l'alto dato che il filamento di Thordon di lavorazione, generando calore, potrebbe influenzare la misurazione della temperatura del cuscinetto, inoltre il materiale asportato tenderà ad allontanare l'utensile dalla superficie del cuscinetto e potrebbe risultare una finitura troppo grossolana o non in tolleranza.

- Sgrossare diametri esterno e interno
- Finire il diametro esterno, utilizzare la tabella delle temperature e misurare il diametro esterno almeno in 3 posizioni (alto-medio-basso)
- Finire il diametro interno misurando lo spessore del cuscinetto – utilizzare la tabella delle temperature. Tagliare quasi completamente alla lunghezza finale, finire di tagliare a mano.

Ricontrollare il diametro esterno con il calibro per circonferenze in 3 punti e lo spessore alle due estremità una volta rilasciato il cuscinetto dalla flangia di tenuta.

## c) LAVORARE IL COMPOSITE

La lavorazione del Composite si differenzia dalle classiche lavorazioni del Thordon XL, SXL e COMPAC a causa del materiale interno (GM2401) estremamente più morbido. Il guscio giallo esterno può essere lavorato utilizzando le stesse tecniche indicate nella sezione 6b).

La lavorazione del diametro interno verrà trattata in questa sezione.

### i) Utensile da taglio

L'utensile Kennametal® in metallo duro rivestito di nitruri al titanio (PVD) descritto in precedenza, è altamente raccomandato per la lavorazione del Composite. Con l'ausilio di questo tipo di inserto permette una finitura interna accettabile e non rende più necessario l'utilizzo di smerigliature finali come raccomandato in passato.

Se viene utilizzato un utensile convenzionale HSS per lavorare il Composite interno si dovrà utilizzare la configurazione qui di seguito. Come per gli altri gradi di Thordon è fondamentale avere inserti ben affilati.

Utilizzando un utensile HSS convenzionale saranno necessari alcuni procedimenti supplementari.

A causa della natura del materiale un utensile convenzionale si usurerà molto rapidamente, questo durante la lavorazione del diametro interno causerà una conicità interna che dovrà essere corretta con una seconda passata, quindi bisognerà tenere conto che avremo bisogno di due passate di finitura tra 2 mm e 3 mm. Alla fine della prima passata quindi si dovrà controllare la conicità del diametro interno, in genere circa 0,15 mm, e quindi correggerla con una seconda passata.

*NOTA : È molto importante che la passata di correzione venga effettuata alle stesse velocità di rotazione e avanzamento della precedente, in caso contrario l'usura dell'utensile sarà diversa e l'errore non verrà corretto.*

La lavorazione del diametro interno provocherà sbavature lungo le gole di lubrificazione che possono essere eliminate con tela smeriglio o uno sbavatore.

La superficie interna del cuscinetto potrà apparire grossolana ma il materiale verrà ripulito dall'albero durante le prime rotazioni e la prestazione sarà ottimale.



**Sbavatore**

### ii) Procedura di lavorazione (ØEst. ≤ 250 mm)

La procedura per la lavorazione di Thordon Composite può essere riassunta come segue :

- Tagliare il cuscinetto in eccesso e finire la lunghezza
- Centrare il cuscinetto e sgrossare il diametro esterno.
- Inserire con leggera pressione il cuscinetto in una sede di supporto e finire il diametro interno.
- Rimuovere il cuscinetto dalla sua sede
- Assicurare in modo leggero il cuscinetto al mandrino e finire il diametro esterno.

### iii) Procedura di lavorazione (ØEst. > 250 mm)

I cuscinetti con diametro esterno > 250 mm devono essere assicurati con delle controflange, sgrossati e finiti sul diametro interno, sgrossati e finiti sul diametro esterno, tagliati e finiti sulla lunghezza.

*NOTA : assicurarsi che il cuscinetto sia fissato correttamente alla piastra prima della lavorazione, in caso di fissaggio non appropriato ne potrebbero conseguire danni a cose o persone.*

# LAVORAZIONE

## d) PARTIZIONE IN DUE META' DI UN CUSCINETTO IN THORDON

Esistono due metodi per dividere in due metà un cuscinetto in Thordon, con lama o con coltello, entrambi i metodi vengono esposti qui di seguito:

### i) Tagliare un cuscinetto utilizzando una sega circolare

Il cuscinetto deve essere completamente finito su diametri, gole di lubrificazione, eventuali smussi prima di iniziare la procedura di taglio. Una fresa orizzontale con lama rotativa è il modo migliore e più accurato per un risultato ottimale. Le Figure qui di seguito illustrano il processo e l'attrezzatura necessaria.

In funzione della lunghezza del cuscinetto saranno necessari 2 o 3 dischi di supporto dal diametro uguale al diametro interno del cuscinetto finito, i dischi in legno dovranno essere dello spessore di circa 20 mm. Realizzare 2 fori a 180° nei dischi di supporto per il passaggio delle barre filettate di bloccaggio. Sistemare i dischi di supporto alle due estremità del cuscinetto e, se necessario, al centro, i dischi manterranno la rotondità del cuscinetto durante le operazioni di taglio.

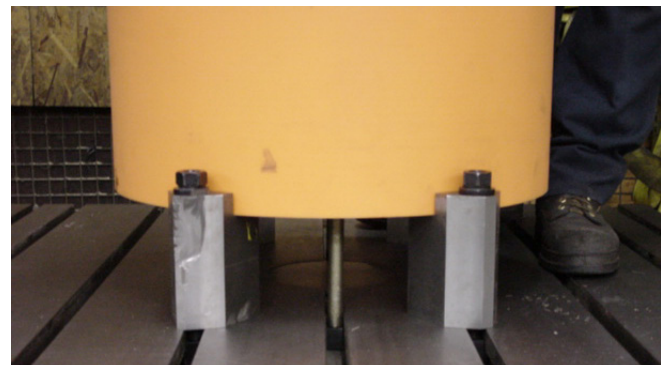


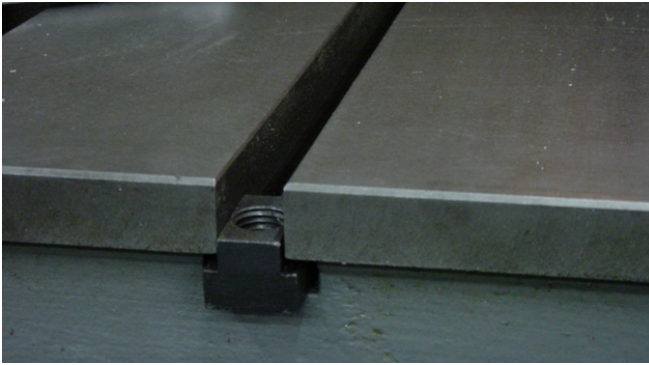
Utilizzare 4 blocchi di supporto a 90° (centrati sul piano e con l'ausilio di comparatori sollevare il cuscinetto. Posizionare il cuscinetto per il taglio con indicato in figura.

*NOTA : Misurare il diametro interno del cuscinetto alla temperatura a cui è stato lavorato e utilizzare questi dati per realizzare gli inserti in legno, la temperatura deve restare costante durante tutte le operazioni di taglio, un repentino cambio di temperatura potrebbe rendere gli inserti inutilizzabili.*

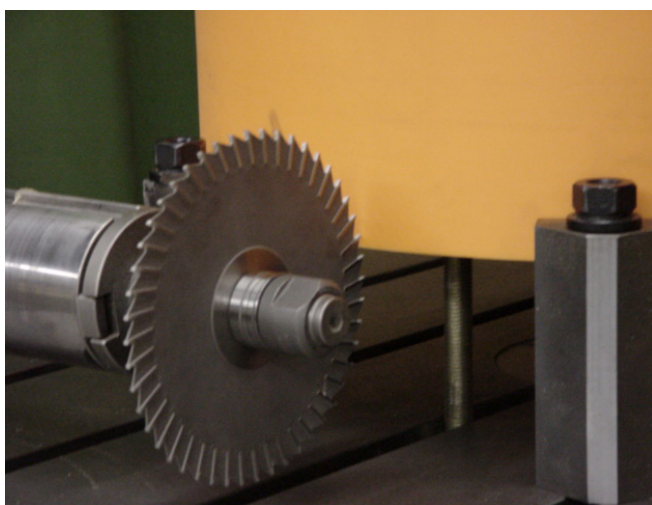
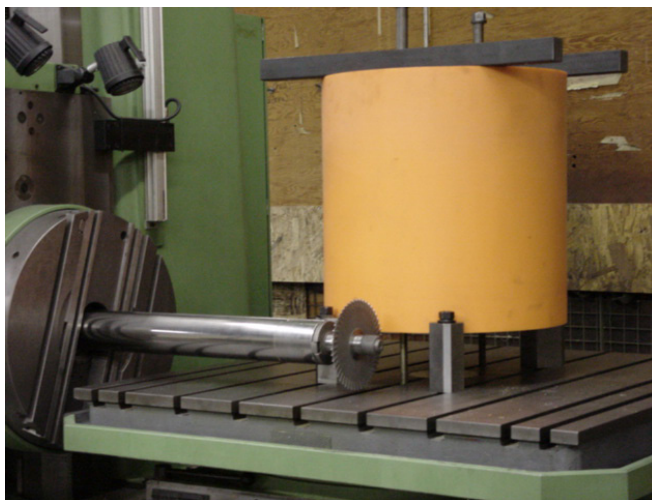


Il cuscinetto è quindi fissato sul piano di taglio con 2 barre filettate assicurate con dadi a "T" nelle scanalature del piano, due barre di acciaio sono assicurate sulla parte superiore del cuscinetto e bloccate con dadi alle barre filettate. Prestare attenzione affinché i blocchi di fermo non siano eccessivamente stretti per evitare deformazioni.



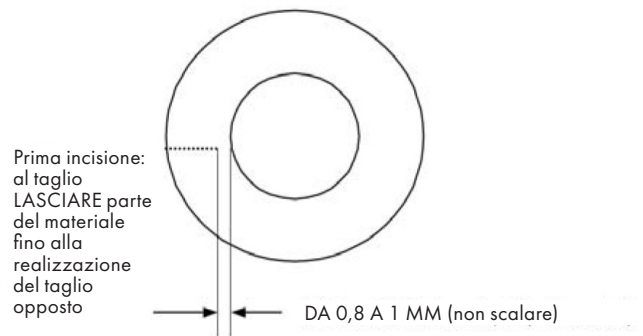


Allineare il mandrino con la linea di taglio precedentemente segnata sul cuscinetto (come indicato in figura) e spianare la superficie del cuscinetto nel punto di taglio. La produzione di Thordon Bearings utilizza generalmente una lama da taglio HSS 200x3x32 mm per effettuare i tagli. La velocità di taglio è indicativamente 250 mm/min ad una velocità di 140 RPM. Posizionare la lama con i denti opposti alla direzione di taglio per essere certi che i residui si allontanino dal cuscinetto.



Tagliare dall'esterno verso l'interno lasciando da 0,8 mm a 1 mm che sarà tagliato dopo aver effettuato il taglio opposto (vedi figura sotto). Nel caso in cui si tagliasse completamente il cuscinetto potrebbe tendere a rilassarsi e distendersi rendendo complicata la seconda fase di taglio, avendo perso rotondità.

**FIGURA 33 – TAGLIARE IN DUE METÀ' UN CUSCINETTO IN THORDON**



Ruotare il piano di 180° e procedere con il secondo taglio lasciando nuovamente da 0,8 a 1 mm di materiale come mostrato in figura 33. Assicurarsi che entrambe le metà abbiano la stessa lunghezza di circonferenza. Si raccomanda l'uso di aria compressa continua durante il processo di taglio per la rimozione di particelle per evitare che durante il taglio blocchino o danneggino la lama. Rimuovere il cuscinetto dal banco e con una lama affilata separare le due semicirconferenze. Pulire e rifinire angoli e spigoli.

*NOTA L'aria compressa è raccomandata durante l'intera operazione di taglio, particelle di Thordon se non rimosse potrebbero fondersi sulla lama durante il taglio.*

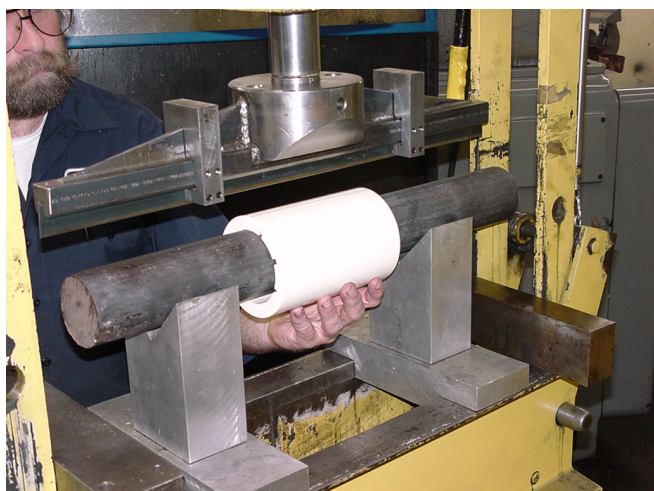
# LAVORAZIONE

## ii) Tagliare un cuscinetto Thordon con lama

Entrambi i diametri, così come le gole di lubrificazione, dovranno essere completamente finiti prima di procedere con questo tipo di taglio. Segnare la linea di taglio prima di procedere.



Una pressa idraulica viene utilizzata per il taglio con la lama senza lasciare luce di taglio.



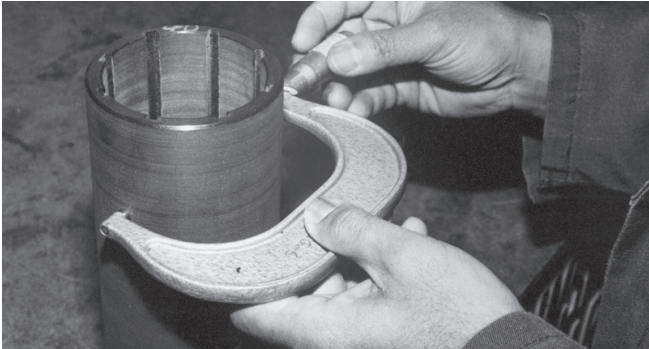
L'asse viene inserito nel cuscinetto e l'insieme posizionato tra i due supporti.



Tenere fermo il cuscinetto durante la discesa della lama. Ruotare il cuscinetto di 180° e supportare il cuscinetto affinché resti immobile durante il secondo taglio.

## e) MISURAZIONI DIMENSIONALI E DI FINITURA

### i) Misurazioni Dimensionali



**Micrometro da esterno**

Nella maggior parte dei casi il Thordon può essere misurato con le stesse apparecchiature utilizzate per la maggior parte dei materiali. Bisogna però ricordare che si tratta di un elastomero e di conseguenza occorreranno pressioni leggere durante la misurazione per evitare deformazioni, inoltre, trattandosi di materiale con alto coefficiente di dilatazione/contrazione, le misure dovranno essere rilevate alla temperatura di lavorazione, ove ciò non fosse possibile bisognerà calcolare la variazione di volume in funzione della temperatura tra la temperatura dell'officina e quella dove si fanno i rilievi.

Le variazioni di temperature sono fornite dal programma di calcolo di Thordon Bearings.

Nel caso di cuscinetti con diametri importanti e relativi spessori sottili è molto comune che una volta rimossi dal tornio si deformino sotto il loro stesso peso, questo può anche accadere quando vengono, ad esempio, fissati a un pallet per la spedizione. Il cuscinetto si presenterà di conseguenza ovalizzato e fuori tolleranza. Questo non è un problema poiché una volta inserito in una sede rotonda il cuscinetto tornerà tondo e a misura, per la misurazione in questi casi si suggerisce però l'uso di un flessometro per diametri per il diametro esterno e di un micrometro a sfere per lo spessore così da ottenere il diametro interno corretto.



**Un calibro per circonferenze è un nastro in acciaio di precisione per rilevare il diametro misurando la circonferenza.**

### ii) Finitura superficiale e tolleranze

Il Thordon, a causa della sua natura non metallica ed elastomerica, non può essere finito ad una superficie perfettamente liscia come un metallo, questo però non è un problema poiché ad inizio attività attraverserà un periodo di rodaggio in cui la ruvidità iniziale sparirà ottenendo una finitura liscia. È comunque importante una finitura migliore possibile per attenuare fenomeni di attrito iniziali e resistenza eccessive.

Il metodo per ottenere una finitura accettabile è trattato nel settore Lavorazione di questo manuale ma è importante conoscere i metodi corretti per verificare la finitura di un cuscinetto in Thordon.

A causa della sua natura non metallica un cuscinetto in Thordon sarà più liscio al tatto di quanto in realtà sia, paragonato ad un metallo. Per misurare accuratamente la finitura della superficie di un cuscinetto in Thordon occorrerà usare un rugosimetro a contatto. La pratica ha dimostrato che un comparatore darà risultati inferiori a quelli reali, questo a causa della superficie più morbida rispetto ai metalli.

**Le tolleranze di finitura sono le seguenti:**

- **XL, SXL, COMPAC, HPSXL:**  
3,2 micron Ra
- **RiverTough/Composite:**  
4,2 micron Ra

*NOTA : Grazie alle caratteristiche uniche del Thordon, risultati ottimali possono essere ottenuti anche con gradi di finitura relativamente alti rispetto ai metalli.*

# LAVORAZIONE

## iii) Tolleranze di lavorazione

Il Thordon, essendo un materiale non metallico, non può essere lavorato con le tolleranze di un qualsiasi materiale metallico, per contro, le tolleranze contenute dei metalli non sono necessarie per ottenere risultati ottimali.

Le tolleranze standard per il Thordon sono indicate nella figura 34.

**FIGURA 34 – TOLLERANZE DI LAVORAZIONE PER  
XL, SXL, COMPAC & RiverTough/Composite**

Diametri fino a 330 mm	
Diametro Esterno	+0.13mm, -0.00mm
Diametro Interno	+0.13mm, -0.00mm

Diametri tra 330 e 530 mm	
Diametro Esterno	+0.18mm, -0.00mm
Spessore	+0.00mm, -0.13mm
Diametro Interno (Solo Composite)	+0.18mm, -0.00mm

Diametri Superiori a 530 mm	
Diametro Esterno	+0.25mm, -0.00mm
Spessore	+0.00mm, -0.13mm
Diametro Interno (Solo Composite)	+0.25mm, -0.00mm

Tolleranze Lunghezza	
Cuscinetti Inferiori A 500 mm	+0.00mm, -0.50mm
Cuscinetti Superiori A 500 mm	+0.00mm, -1.00mm

NOTA 1 : Per quanto riguarda il Thordon XL, SXL e COMPAC per cuscinetti superiori ai 330 mm di diametro il diametro interno dovrebbe essere controllato attraverso lo spessore, per quanto riguarda Composite bisognerà controllare il diametro interno effettivo.

NOTA 2 : Con un spessore inferiore a 25 mm potrebbero esserci restrizioni per la lavorazione in funzione della lunghezza del cuscinetto, contattare la Thordon Bearings o il distributore locale.

NOTA 3 : Se per un caso specifico occorrono tolleranze diverse da quelle indicate consultare la Thordon Bearings o il distributore locale.

## 7) INCOLLARE CON TG-75

- |  |                                 |                  |
|--|---------------------------------|------------------|
| a. Preparazione della superficie         | d. Procedura di applicazione    | g. Conservazione |
| b. Miscelazione corretta dei componenti  | e. Inconvenienti e suggerimenti |                  |
| c. Tempi e temperature di catalizzazione | f. Pulizia                      |                  |

### a) PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE

Sia la superficie del substrato in metallo che la superficie di incollaggio del Thordon dovranno essere debitamente preparate. Una preparazione delle superfici insufficiente potrebbe causare distacchi del cuscinetto o rotazioni dello stesso durante le operazioni.

#### i) Preparazione del supporto metallico

La superficie metallica dovrebbe essere lavorata con una finitura non inferiore a 3,0 micron Ra, quindi essere sabbiata per aumentare l'adesione, la finitura del metallo dovrebbe essere quasi bianca come da Standard SSPC-SP No.10/NACE No.2.

*NOTA : L'applicazione del collante deve avvenire al massimo entro 2 ore dal trattamento delle superfici e conseguente pulizia, per materiali come acciaio inox o alluminio il tempo si riduce a 30 minuti poiché in questi materiali i principi di ossidazione dopo la sabbiatura sono molto più rapidi.*

La superficie dovrà essere pulita dopo la sabbiatura con un solvente o sgrassante organico tipo metiletilchetone, alcool isopropilico o equivalente che non lasci residui per rimuovere ogni tipo di contaminazione prima dell'applicazione del TG-75.

Lasciare asciugare completamente la parte senza toccarla ulteriormente, nel caso occorresse muovere la parte indossare guanti in lattice nuovi per evitare contatti con la pelle.

#### ii) Preparazione del Thordon

Il Thordon deve essere lavorato prima dell'incollaggio ad una finitura tra i 3 e i 6 micrometri Ra. Può essere utilizzata della carta vetrata per irruvidire la superficie del Thordon da incollare.

Si raccomanda di ripassare il Thordon con un panno pulito con piccole quantità di sgrassante organico o carta finissima, rimuovere ogni traccia di abrasivi della carta con una spazzola pulita.

Lasciare eventualmente asciugare completamente il Thordon prima dell'applicazione del collante.

Il Thordon non deve mai essere immerso nei solventi.

### b) MISCELARE IL TG-75

Il TG-75 è un adesivo bicomponente formato dal catalizzatore "TG-75A" e la base "TG-75B", questi due componenti devono essere miscelati nella seguente percentuale :

**Parte A to Parte B = 1:2**

Una non corretta miscelazione potrebbe portare a problemi di catalizzazione (poco catalizzatore, reazione scarsa, troppo catalizzatore, reazione troppo veloce e fragile).

Anche la temperatura è molto importante, nel caso in cui il collante fosse tenuto a basse temperature bisognerebbe riportarlo a temperatura ambiente PRIMA della miscelazione. Consultare la sezione Conservazione per ulteriori informazioni.

Una volta miscelato il prodotto si hanno circa 60' per essere applicato a 23°, con una viscosità di circa 50000 cps, con l'aumento della temperatura il tempo disponibile si riduce.

Il TG-75 è in tubi pre-misurati con una capacità di 450 ml di prodotto miscelato. La capacità di copertura è di circa 7000 cm<sup>2</sup> ad uno spessore di 0,25 mm.

Lo spessore raccomandato va da 0,25 mm a 0,38 mm, uno spessore eccessivo riduce la forza di tenuta della colla. Contattare Thordon Bearings ove fossero necessari spessori superiori.

# INCOLLARE

## i) Procedura di applicazione A – pistola pneumatica

(disponibile presso la Thordon Bearings)

- Ritirare completamente la pistola manualmente : la pistola deve essere collegata all'aria e la barra arretrata fino al completo ritiro del pistone.
- Inserire la cartuccia doppia nella pistola, fare attenzione affinché i pistoni siano allineati al centro della cartuccia, se non fossero centrati ci possono essere rischi di slittamento e quindi miscelazione non corretta o perdite, operare manualmente fino a che i pistoni non arrivino a contatto con le cartucce (Figura 35).

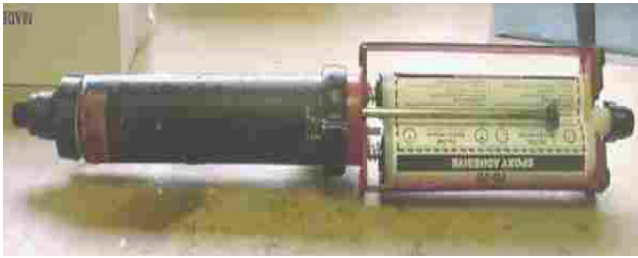


Figura 35 - Cartuccia inserita correttamente

- Allineare la cartuccia – utilizzare la pistola pneumatica con una pressione massima di 0,70 MPa , ruotare la manopola di regolazione in senso antiorario fino a fine corsa, rimuovere i tappi dalle cartucce (Figura 36).



Figura 36 - Tappi delle cartucce del TG-75

Tenere le punte delle cartucce su una superficie da non riutilizzare, tenere premuto il grilletto e lentamente ruotare la manopola in senso orario fino a quando il prodotto miscelato comincia a uscire, rilasciare il grilletto.

- Applicazione : aprire lentamente la pressione fino a raggiungere il flusso desiderato, il completo contenuto delle cartucce dovrebbe essere raccolto in un contenitore monouso e conseguentemente miscelato ulteriormente fino a quando il composto raggiunga un colore uniforme.

## ii) Procedura di applicazione B - pistola manuale

(disponibile presso la Thordon Bearings)

- Depressurizzare la pistola e ritrarre completamente il carrello (Figura 37).

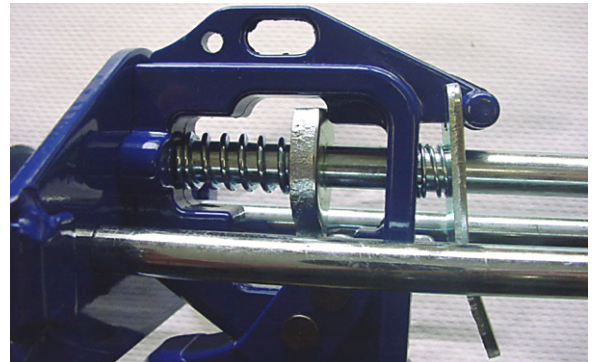


Figura 37 - Depressurizzazione (freccia)

- Inserimento della cartuccia – rimuovere i tappi dalle cartucce e metterli in luogo sicuro per riutilizzarli, posizionare le cartucce correttamente sui pistoni, accertarsi del loro allineamento (Figura 38) fare attenzione affinché i pistoni siano allineati al centro della cartuccia, se non fossero centrati ci possono essere rischi di slittamento e quindi miscelazione non corretta o perdite, operare manualmente fino a che i pistoni non arrivino a contatto.

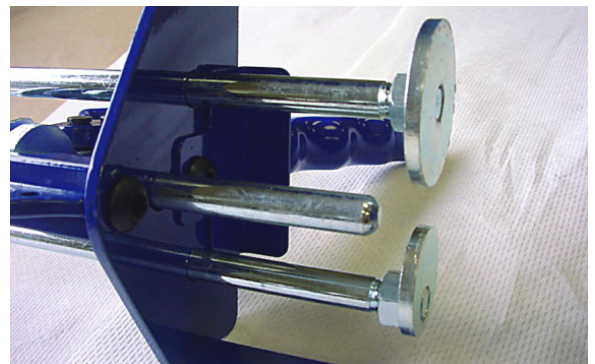


Figura 38 : pistoni della pistola manuale

- Puntare i beccucci delle cartucce su una superficie da non riutilizzare, premere delicatamente sul grilletto sino a quando il liquido miscelato non comincerà a uscire da entrambi i beccucci. Rilasciare il grilletto e depressurizzare con l'apposita leva.
- Mantenere una pressione costante sul grilletto e svuotare entrambe le cartucce in un contenitore monouso. Miscelare a lungo sino a quando il colore della miscela non sarà uniforme.

## c) CATALIZZAZIONE

Presumendo che la miscelazione sia stata fatta correttamente il tempo di catalizzazione varia in funzione della temperatura. Le temperature raccomandate sono :

- Tipica 20°C ~ 40°C
- Minima 10°C

Contattare la Thordon Bearings se il TG-75 dovesse essere utilizzato a temperature diverse da quelle indicate.

### Tempi di catalizzazione e temperatura

Più del 60% della forza di incollaggio viene raggiunto in circa 8 ore a 23°C, circa l'80% in 4 ore a 40°C – la catalizzazione completa si ottiene in cinque giorni a 23°C.

Un tempo di catalizzazione insufficiente prima dell'immersione in acqua causerà una catalizzazione parziale visto che l'acqua interromperà il processo, dopo l'applicazione mantenere le parti incollate a temperatura costante durante il processo di catalizzazione.

*NOTA : nel caso di cuscinetti superiori a 250 mm di diametro esterno bisognerà fare attenzione a che la lavorazione e l'incollaggio vengano eseguiti alla stessa temperatura, variazioni sensibili tra le operazioni potrebbero portare discontinuità e significativi aspetti negativi sullo spessore del collante. Segue esempio :*

Dopo l'applicazione mantenere la temperatura costante cuscinetto e alloggiamento.

### ESEMPIO

#### Effetto della temperatura sullo spessore del collante:

Un cuscinetto in Thordon SXL viene lavorato alla temperatura di 30°C per adattarsi ad una sede da 250 mm, basandoci sullo spessore ottimale del collante per un cuscinetto di queste dimensioni (0,25 mm) il cuscinetto viene lavorato sull'esterno a

$$250 \text{ mm} - 2 \times 0,25 \text{ mm} = 249,50 \text{ mm}$$

Il cuscinetto viene installato il giorno dopo, con una temperatura che raggiunge 35°C.

Utilizzando il coefficiente di dilatazione dell'SXL  $21.1 \times 10^{-5} \text{ cm/cm/}^\circ\text{C}$  e la differenza di temperatura (5°C), il diametro esterno del cuscinetto a 35°C verrà aumentato a 249,76 mm.

Lo spessore del collante si sarà quindi ridotto a 0,12 mm a causa dell'aumento di temperatura, questo effetto termico è ancora più importante in cuscinetti di dimensioni maggiori.

## d) APPLICAZIONE DELL'ADESIVO

Si ribadisce quindi che, per ottenere un risultato ottimale, è fondamentale effettuare l'incollaggio alla stessa temperatura alla quale si è lavorato il cuscinetto, nelle applicazioni invernali si raccomanda di non operare mai sotto i 10°C per una corretta catalizzazione del prodotto.

### i) Cuscinetti in due metà o parti piane

a. Mascherare le parti da non incollare (bordi ecc) con del nastro da carrozziere, applicare il prodotto miscelato sul supporto metallico e sul cuscinetto da incollare distribuendolo uniformemente con una spatola liscia o dentata (Figura 39 e 40).



Figura 39 - Applicazione sul supporto metallico



Figura 40 - Applicazione sull'esterno del cuscinetto

b. Posizionare il cuscinetto in Thordon nel supporto metallico e fissarlo con dei morsetti fino ad avere fuoriuscita del collante dai bordi (Figura 41). Evitare qualsiasi movimentazione o contatto con i particolari incollati per almeno 8 ore – ripulire con uno straccio le parti di nastro sporche di colle per facilitarne la rimozione ad operazioni ultimate.

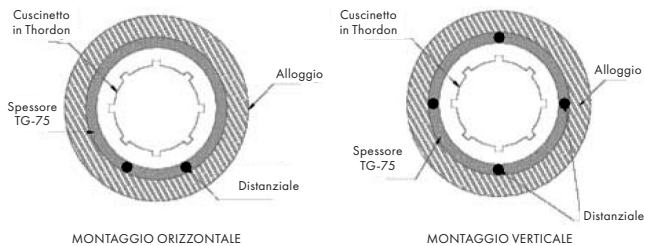


Figura 41 – Serraggio dolce dell'SXL nella sede

# INCOLLARE

## ii) Cuscinetti cilindrici

- Il cuscinetto dovrebbe essere dimensionato per l'applicazione di uno spessore di colla tra 0,25mm e 0,38mm quindi con un gioco sul diametro esterno di circa 0,50~0,76 rispetto alla sede. Il TG-75 riesce a riempire recessi fino ad uno spessore di 3 mm ma la resistenza alle forze di taglio del collante inizia a diminuire con spessori superiori a 0,60 mm.
- Applicare il prodotto sia sul supporto in metallo che sul cuscinetto da incollare con un raschietto o con una spatola dentata.
- Inserire il cuscinetto nella sede, una lieve rotazione durante l'inserimento può facilitare uno strato uniforme del collante, per contro un eccessivo movimento oscillatorio potrebbe provocare bolle d'aria tra i particolari.
- Per tenere il cuscinetto eventualmente eccentrico e per l'uniformità dello spessore del collante possono essere utilizzati degli spessori appositi per garantire l'uniformità dello spessore del collante.



**Figura 42 : Distanziale (fil di ferro) per tenere il cuscinetto eccentrico nella sede.**

## e) INCONVENIENTI E SUGGERIMENTI

- Nel caso in cui il prodotto durante lo svuotamento delle cartucce fuoriuscisse dal lato posteriore, controllare che i pistoni della pistola siano perpendicolari alla sede della cartuccia.
- Se il prodotto fuoriuscisse dal dado di ritenuta controllarne il filetto ed eventualmente stringerlo ulteriormente
- Il prodotto miscelato deve avere colore omogeneo e consistente.

## f) PULIZIA

Raschiare l'eccesso di adesivo dopo la catalizzazione e rimuovere le polveri e i residui con uno straccio.

## g) CONSERVAZIONE DEL TG-75 E DURATA DEL PRODOTTO

Tenerlo a temperature inferiori a -10°C può causare cristallizzazioni al prodotto e dargli un aspetto di cera semi solida, questo non è indice di prodotto degradato, sebbene prima dell'utilizzo il prodotto dovrà essere lentamente riportato a temperatura ambiente per non compromettere la miscelazione tra le parti. Le parti A e B non dovrebbero essere miscelate se si sospetta cristallizzazione. Il fenomeno di cristallizzazione è reversibile, sarà quindi sufficiente riscaldare il prodotto a circa 50°C per 30 minuti e attendere che torni a temperatura ambiente lentamente prima del riutilizzo.

Nel caso di utilizzo parziale del TG-75, previa accurata chiusura delle parti A e B, si può conservare in congelatore sino al prossimo utilizzo.

### NOTA:

- Non contiene reagenti e solventi volatili
- Non contiene CFC
- Scheda tecnica di sicurezza disponibile su richiesta

# GARANZIA LIMITATA E LIMITAZIONE DI RESPONSABILITÀ PER THORDON BEARINGS INC. ("TBI")

- a. Condizioni di base. TBI fornisce una garanzia limitata sulle Merci di propria produzione venduti all'Acquirente, relativamente a difetti di materiale e lavorazione (la "Garanzia Limitata").
- b. Copertura. La presente Garanzia Limitata copre la riparazione, la sostituzione o il rimborso del prezzo di acquisto, a discrezione di TBI, per qualsiasi prodotto difettoso del quale, una volta scoperto il difetto, l'Acquirente abbia dato immediata comunicazione scritta. TBI NON garantisce la commerciabilità del proprio prodotto e NON fornisce alcuna garanzia, espressa o implicita, diversa da quella contenuta nel presente documento.
- c. Prodotti di terzi. Accessori, attrezzature e parti non prodotte da TBI sono garantite solo nella misura e nelle modalità garantite a TBI dall'effettivo produttore, pertanto solo nella misura in cui TBI è in grado di far valere tale garanzia.
- d. Responsabilità limitata. La responsabilità di TBI per qualsiasi reclamo, danno, perdita e lesione derivante da o relativa alla sua stipula o violazione di qualsiasi contratto di vendita di merci e produzione, consegna in seguito a vendita, rivendita, riparazione o utilizzo di qualsiasi merce, NON potrà superare il prezzo concordato per tali Merci. Il rimedio per l'Acquirente sarà, a discrezione di TBI, la sostituzione o la riparazione delle Merci. Questo sarà il solo, esclusivo e unico rimedio per l'Acquirente contro TBI.  
IN NESSUN CASO TBI POTRÀ ESSERE RITENUTA RESPONSABILE PER DANNI INCIDENTALI, SPECIALI O CONSEGUENZIALI, COMPRESI, A TITOLO ESEMPLIFICATIVO, PERDITA DI PROFITTI, AFFARI, AVVIAMENTO, FERMO DI MACCHINARI, DISTRUZIONE O PERDITA DI QUALSIASI BENE STRUMENTALE, RESPONSABILITÀ PER INFORTUNI, MORTE, DANNI MATERIALI E QUALSIASI ALTRO TIPO DI DANNO SIMILE O DIVERSO DA QUELLI RIPORTATI IN QUESTO ELENCO.
- e. Difetti latenti. In caso di difetti nei materiali o nella lavorazione o difetti derivanti dalla selezione del materiale o dei processi di produzione, tali difetti devono essere evidenti nelle Merci entro tre (3) mesi, dalla consegna e dall'accettazione delle Merci da parte dell'Acquirente.
- f. Esclusioni. TBI, per quanto riguarda ciascun suddetto difetto, sarà sollevata da qualsiasi obbligo e responsabilità, ai sensi della presente Garanzia limitata, se:
1. le Merci vengono utilizzate con accessori, attrezzature o parti non specificatamente approvate da TBI e non fabbricate da TBI o in base a progetto e specifiche di TBI, a meno che l'Acquirente non fornisca una ragionevole prova che tale installazione non è stata una causa del difetto; a condizione che questa disposizione non si applichi ad alcun accessorio, attrezzatura o parte, il cui utilizzo non pregiudichi la sicurezza delle Merci;
  2. le Merci non sono state gestite o sottoposte a manutenzione in conformità con le istruzioni scritte di TBI come consegnate all'Acquirente, in qualsiasi momento o di volta in volta, a meno che l'Acquirente non fornisca prove ragionevoli che tale uso o manutenzione non sia stato una causa del difetto;
  3. le Merci non sono state utilizzate o sottoposte a manutenzione in condizioni di normale uso industriale, a meno che l'Acquirente non fornisca prove ragionevoli che tale uso non sia stato una causa del difetto;
  4. le Merci sono state riparate, alterate o modificate senza l'approvazione scritta di TBI o, se le Merci avrebbero dovuto essere utilizzate successivamente al loro coinvolgimento in un incidente o in un guasto, a meno che l'Acquirente non fornisca prove ragionevoli che tale riparazione, alterazione, modifica, uso, incidente o guasto non sia stato una causa del difetto; a condizione, tuttavia, che questa limitazione, per quanto riguarda riparazioni, incidenti e guasti, NON sia applicabile a riparazioni o sostituzioni di routine o incidenti lievi o guasti lievi che normalmente si verificano durante l'uso di una macchina, se tali riparazioni o sostituzioni vengono effettuate con materiali idonei e secondo la prassi e la tecnica standard;
  5. l'Acquirente non fornisce a TBI prove ragionevoli che il difetto sia dovuto a un materiale coperto dalla presente Garanzia Limitata di TBI.
- g. Condizione della garanzia. La presente Garanzia Limitata fornita da TBI e contenuta nei presenti Termini e Condizioni, o contenuta in qualsiasi documento fornito al fine di eseguire le transazioni contemplate nel presente documento, continuerà ad essere pienamente in vigore ed efficace a vantaggio dell'Acquirente, fatto salvo ed eccetto che nessuna richiesta di garanzia possa essere effettuata o presentata dall'Acquirente dopo la scadenza che è dodici (12) mesi dopo la consegna e l'accettazione delle Merci ai sensi del presente Contratto.
- h. Scadenza e rilascio. Dopo la scadenza del periodo di validità della presente Garanzia Limitata, come sopra indicato, TBI sarà sollevata da tutti gli obblighi e le responsabilità correlati a tale garanzia redatta da TBI e contenuta nel presente Contratto o in qualsiasi documento fornito al fine di effettuare le transazioni qui contemplate.



# FOCALIZZATI SUL CLIENTE PER SUPPORTARE BISOGNI IMMEDIATI E FUTURI

## **Fornitura e assistenza**

Strutturata per fornire risposte rapide alle necessità del cliente, la Thordon conosce l'importanza di consegne rapide e efficaci. I cuscinetti in Thordon per la marina e l'industria possono essere progettati e realizzati esattamente come richiesti e spediti rapidamente.

## **Ingegnerizzazione applicativa**

L'ufficio tecnico della Thordon Bearings lavora fianco a fianco con il cliente per fornire supporto e innovazione al fine di raggiungere e a volte superare le richieste tecniche applicative specificate

## **Produzione**

La struttura produttiva della Thordon Bearings è formata da personale di comprovata esperienza e capacità, possono essere prodotti cuscinetti fino a 2200mm di diametro e fino a 1500mm di diametro possono essere lavorati all'interno dell'azienda.

## **Qualità**

La Thordon Bearings è una compagnia canadese che produce in accordo al sistema di qualità ISO 9000. Con oltre 40 anni di esperienza nella progettazione e produzione di cuscinetti in polimeri la qualità e le prestazioni dei cuscinetti della Thordon Bearings sono riconosciuti in tutto il mondo

## **Ricerca e sviluppo**

La Thordon Bearings continua la ricerca per nuove geometrie e nuove applicazioni con test presso i nostri laboratori valutando nuovi possibili utilizzi prima che vengano messi in servizio, questi test non solo permettono di affinare le geometrie del cuscinetto ma garantiscono qualità e prestazioni dopo l'installazione. Il nostro laboratorio di polimeri valuta nuove applicazioni e modifiche al polimero stesso in un continuo processo di miglioramento dei cuscinetti Thordon così come nuovi polimeri per nuove soluzioni.

**Il tuo distributore autorizzato Thordon**

**THORDON**  
THORDON BEARINGS INC.

3225 Mainway, Burlington, Ontario L7M 1A6 Canada

Tel : +1.905.335.1440 Fax : +1.905.335.4033 Email : [info@thordonbearings.com](mailto:info@thordonbearings.com) Website : [www.ThordonBearings.com](http://www.ThordonBearings.com)



TEBEM-ITA 05/22/A4  
Stampato in Canada