NOTE TECNICHE

MORO
dal 1984
INDUSTRIAL FORNITURE
BEARING POWER TRANSMISSION
PTE
FNDI
Federazione Nazionale Distribuzione Industriale
CERTIFIED QUALITY MANAGEMENT SYSTEM ISO 9001:2008
SINCERT DNV
info@morotreviso.com
www.morotreviso.com

1

CONSIDERAZIONI GENERALI PER LA DETERMINAZIONE DEL TIPO DI CATENA

Per una corretta impostazione della procedura di calcolo e selezione delle catene di trasporto, ci permettiamo di richiamare l'attenzione sui seguenti punti fondamentali:

1) TIPO DI TRASPORTATORE
2) PESO TOTALE DA MOVIMENTARE
3) VELOCITA' DI TRASLAZIONE DELLA CATENA
4) PASSO DELLA CATENA
5) ATTACCO DELLA CATENA
6) AMBIENTE DI LAVORO
7) LUBRIFICAZIONE
8) CARICO DI ROTTURA DELLA CATENA

1) TIPO DI TRASPORTATORE

I trasportatori si suddividono in due categorie fondamentali:
a) con catene e piastre striscianti,
b) con catene a rulli,
Nell'ambito di questa classificazione si possono ulteriormente distinguere in:
a) orizzontali,
b) inclinati,
c) verticali,
d) combinati.

2) PESO TOTALE DA MOVIMENTARE

E' il peso del materiale da trasportare che grava sulle catene di trasporto e degli eventuali supporti (tapparelle - bilancelle - traverse - cerniere - etc.).
E' indispensabile tenere in considerazione anche la distribuzione del carico sul trasportatore, in quanto le considerazioni di calcolo relative al carico concentrato su ridotte superfici di appoggio sono differenti rispetto a quelle di carico uniformemente distribuito.

3) VELOCITÀ DI TRASLAZIONE DELLA CATENA

E' lo spazio percorso dalla catena nell'unità di tempo.
E' fondamentale per la determinazione della portata del trasportatore ed è legata al passo della catena in funzione dei diametri delle ruote di comando e rinvio.
Il seguente grafico esemplifica queste relazioni.

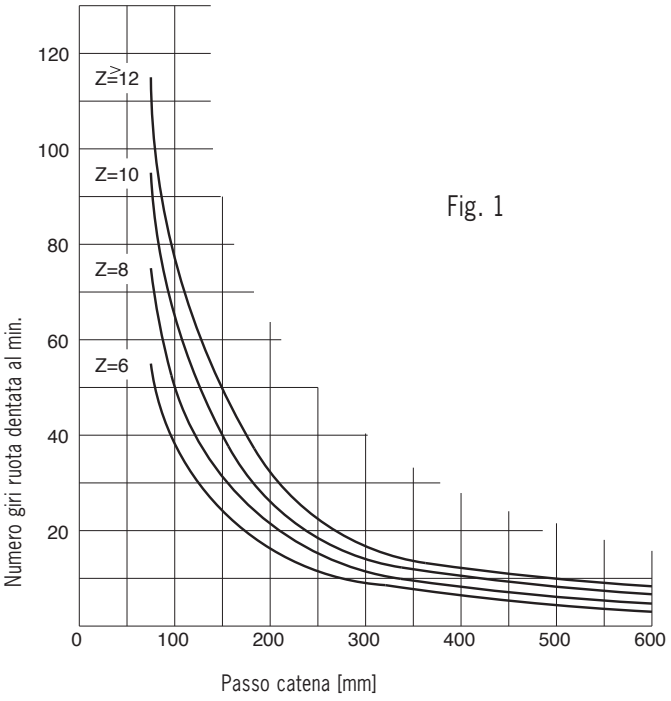


Fig. 1

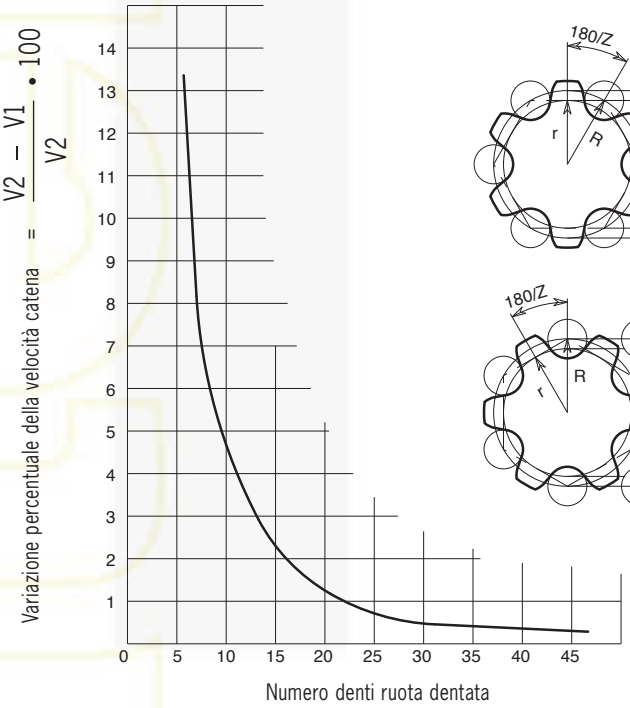
$$V = \frac{P \cdot Z \cdot n}{1000} \quad [m/min]$$

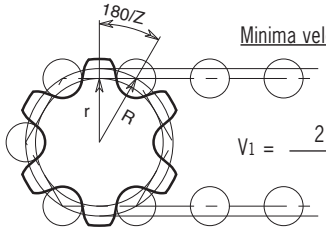
P = passo catena [mm]
Z = numero denti
n = n° giri ruota dentata (giri al 1')

Nelle catene di trasporto il limite massimo di velocità è 60 m/min. ca. con valori ideali compresi tra 0 e 30 m/min.
La velocità della catena gioca un ruolo rilevante nel fenomeno comunemente denominato **pendolamento o cangurismo** delle catene. Questo fenomeno si evidenzia con un avanzamento irregolare della catena costituito da una serie di scatti intervallati da istanti di rallentamento. Le cause di questo fenomeno, che in alcuni casi può compromettere la funzionalità degli impianti di trasporto, sono numerose e tra loro sinergiche. Sicuramente concorre al pendolamento l'effetto poligonale dovuto all'avvolgimento della catena sulle ruote di comando e di rinvio, esemplificato in fig. 2, che determina accelerazioni e decelerazioni periodiche della catena. Un altro fattore importante è la variazione del coefficiente d'attrito della catena in funzione della velocità di avanzamento di quest'ultima. Sia che la catena strisci sulle guide, sia che essa avanzi per effetto del rotolamento dei rulli, alle basse velocità può innescarsi il fenomeno di stick-slip (incolla-scivola). In altre parole accade che, in prossimità della velocità critica per un dato impianto, l'attrito (tra piastre e guide o tra rullo e bussola) si trova al limite tra attrito idrodinamico e attrito a secco (molto maggiore) e passa ciclicamente dall'una all'altra condizione. L'effetto che si verifica è appunto di incollaggio alternato a scivolamento con conseguenze dirette sull'avanzamento irregolare della catena. Un ulteriore fattore da considerare è quello relativo alle proprietà elastiche del "sistema catena".

E' importante tenere presente alcune condizioni operative che favoriscono o amplificano il fenomeno indesiderato:
* lunghezza del trasportatore superiore a 80-100 m;
* numero di denti delle ruote inferiore a 18-20 (Z);
* bassa velocità delle catene. Per velocità comprese tra 1,5 e 3 m/min. il "cangurismo" è probabile, al di sotto di 1,5 m/min. il fenomeno è generalmente certo;
* passo della catena maggiore di 200 mm;
* lubrificazione non appropriata, con prodotti non idonei, non mirata ai punti corretti o in quantità eccessiva.

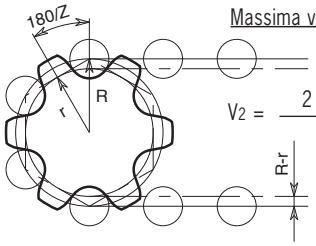
Il grafico che segue evidenzia l'ampiezza della velocità in percentuale.





Minima velocità catena

$$V_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot n}{12} = \frac{\pi \cdot r \cdot n}{6} \text{ [m/min]}$$



Massima velocità catena

$$V_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot n}{12} = \frac{\pi \cdot R \cdot n}{6} \text{ [m/min]}$$

Fig. 2

n = numero giri al minuto ruota dentata
Z = numero denti ruota dentata
R = raggio primitivo[m] ruota dentata

$$r = R \cdot \cos \frac{180°}{Z} \text{ [m]}$$

R-r = ampiezza di variazione dell'effetto poligonale

Generalmente il fenomeno di "cangurismo" è ininfluente per valori di variazione percentuale intorno ad 1.

4) PASSO DELLA CATENA

S'intende l'interasse, espresso in millimetri o in pollici, di due perni consecutivi della catena.
E' determinato da alcune caratteristiche del trasportatore, quali:
a) velocità di traslazione della catena,
b) diametro delle ruote di comando e rinvio,
c) distribuzione del carico sul trasportatore,
d) dimensioni degli eventuali supporti (tapparelle - bilancelle - traverse - cerniere - etc.).

5) ATTACCO DELLA CATENA

E' normalmente costituito da un angolare saldato alle piastre della catena o ricavato dalle stesse.
E' definito nelle sue caratteristiche di dimensioni, di forma e di numero per metro lineare, dalla soluzione tecnica di movimentazione del materiale adottata.

6) AMBIENTE DI LAVORO

E' lo spazio circostante la catena considerato in tutte le sue caratteristiche, e precisamente:
- grado di pulizia,
- temperatura,
- presenza di sostanze abrasive,
- umidità/agenti atmosferici,
- sostanze chimiche aggressive,
- etc.

Questi fattori determinano il dimensionamento della catena, la qualità dei materiali di costruzione, i giochi, le tolleranze di lavorazione, i trattamenti galvanici ed i coefficienti di sicurezza da adottare.
Limitatamente all'effetto temperatura Vi proponiamo una tabella con i fattori di correzione del carico di lavoro delle catene.

TABELLA 1

TEMPERATURA	CARICO DI LAVORO CORRETTO	
–40° C ~ –20° C	(Carico di lavoro max. ammissibile)	x 0,25
–20° C ~ –10° C	(Carico di lavoro max. ammissibile)	x 0,3
–10° C ~ 160° C	(Carico di lavoro max. ammissibile)	x 1
160° C ~ 200° C	(Carico di lavoro max. ammissibile)	x 0,75
200° C ~ 300° C	(Carico di lavoro max. ammissibile)	x 0,5

Per tutte le altre condizioni ambientali Vi preghiamo di contattare il nostro Ufficio Tecnico.

7) LUBRIFICAZIONE

Incide sulla determinazione degli attriti da considerare per il calcolo del tiro e favorisce la resistenza all'usura, alla corrosione ed all'ossidazione di tutti i componenti della catena.
Per la qualità dei prodotti e la modalità di impiego Vi rimandiamo a pag. 1.7/2 dove l'argomento è ampiamente trattato.

8) CARICO DI ROTTURA DELLA CATENA

Espresso in Newton [N] è il valore del carico all'istante della rottura della catena.
I dati del catalogo sono relativi a prove eseguite a temperatura ambiente di ca. 20° C.
Ciascun carico di rottura va interpretato come valore medio ottenuto in base ad una serie di prove. La forcella di possibile variazione del carico di rottura rispetto al valore medio indicato è contenuta entro il 5% in più o in meno.

SELEZIONE DEL TIPO DI CATENA IN FUNZIONE DELLA FORZA DI TRAZIONE

La forza di trazione è lo sforzo necessario a muovere le catene, le parti meccaniche connesse ed il carico da trasportare.
Concorrono alla sua determinazione, secondo le formule più avanti esposte, i seguenti fattori:

1) PESO DEL MATERIALE TRASPORTATO
2) PESO DELLE CATENE ED EVENTUALI SUPPORTI (TAPPARELLE - BILANCELLE - TRAVERSE - CERNIERE - ETC.)
3) COEFFICIENTE DI ATTRITO
4) FATTORE DI SERVIZIO IN FUNZIONE DEL CARICO E DELLE ORE DI FUNZIONAMENTO
5) FATTORE DI AVVOLGIMENTO

Il calcolo della forza di trazione si sviluppa in due fasi:
- in una fase preliminare si determina il tipo di catena da utilizzare, assumendo in approssimazione il peso della catena e il coefficiente di attrito;
- nella fase di verifica, al peso della catena ed al coefficiente di attrito presunti si sostituiscono i valori certi della catena identificata.

1) PESO DEL MATERIALE TRASPORTATO = P1 [kg]

Vedere paragrafo 2 del capitolo “Considerazioni generali per la determinazione del tipo di catena”.

2) PESO DELLE CATENE = P [kg]

E’ il peso totale approssimativo dell’intero anello di catena nel calcolo preliminare; è il peso certo nel calcolo di verifica.

3) COEFFICIENTE DI ATTRITO

E’ il valore che definisce la forza necessaria a vincere la resistenza al moto di due corpi a contatto.
Quando le catene lavorano “a striscio” sulle vie di corsa, siamo in condizioni di attrito radente - “fr.”
I valori dei coefficienti di attrito radente sono riassunti nella seguente tabella.

TABELLA 2

CORPI IN CONTATTO	fr sup. asciutte	fr sup. lubrif.
Catene in acc. su guide in legno duro	0,44	0,29
Catene in acc. su guide in acciaio	0,30	0,20
Catene in acc. su guide ruvide o arrugg.	0,35	0,25
Catene in acc. su guide in polietilene ad alta densità ed altissimo peso molecolare	0,18	0,05

Quando le catene scorrono sui propri rulli, sulle vie di corsa, siamo in condizioni di attrito radente e volvente combinati - “fv.”
Il valore del coefficiente di rotolamento nel calcolo preliminare è fv = 0,2, nel calcolo di verifica vale:

$$fv = C \cdot \frac{d}{D} + \frac{b}{D}$$

dove
d = diametro esterno bussola [mm] (D5 nelle tabelle del catalogo)
D = diametro esterno rullo [mm] (D1, D2 o D3 nelle tabelle del catalogo)
b = Coefficiente sperimentale per la determinazione dell’attrito volvente, che dipende dalla natura dei materiali a contatto e dal grado di lavorazione delle relative superfici:
= 1 - per rullo in acciaio su guide in acciaio con superficie liscia,
= 2 - per rullo in acciaio su guide in acciaio con superficie ruvida,
C = coefficiente di attrito radente tra bussola e rullo, secondo i valori riportati nella seguente tabella.

TABELLA 3

CORPI IN CONTATTO	senza lubrificazione "C"	con lubrificazione "C"
Rullo in acciaio su bussola in acciaio	0,25	0,15
Rullo con boccola su bussola in acciaio	==	0,13
Rullo in nylon su bussola in acciaio	0,15	0,10

Importante

All'inizio del moto, il coefficiente di attrito (attrito di primo distacco) può presentare un valore da 1,5 a 3 volte più grande del coefficiente di attrito dinamico.
E' buona norma, per un corretto rotolamento del rullo, che il suo diametro esterno sia almeno 2,5 volte superiore al diametro esterno della bussola.

4) FATTORE DI SERVIZIO = FS

E' un coefficiente di correzione della forza di trazione che dipende dalle condizioni e dalle caratteristiche di funzionamento del trasportatore. La seguente tabella riporta i valori di Fs relativi alle più comuni applicazioni.

TABELLA 4

CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO	Fs
Posizionamento del carico	
- Centrato	1
- Non centrato	1,2
Caratteristiche del carico	
- Uniforme: entità di sovraccarico inferiore al 5%	1
- Con modeste variazioni: entità di sovraccarico 5÷20%	1,2
- Con forti variazioni: entità di sovraccarico 20÷40%	1,5
Frequenza di avviamento-arresto sotto carico	
- Inferiori a 5 al giorno	1
- Da 5 al giorno fino a 2 all'ora	1,2
- Più di 2 all'ora	1,5
Ambiente di lavoro	
- Relativamente pulito	1
- Moderatamente polveroso o sporco	1,2
- Umido, molto sporco o corrosivo	1,3
Ore di funzionamento giornaliero	
- Fino a 10	1
- Oltre a 10	1,2

Il valore di FS da impiegare nel calcolo della forza di trazione è il prodotto dei valori parziali (Fs) corrispondenti ad ogni singola condizione di funzionamento.

5) FATTORE DI AVVOLGIMENTO = FA

E' un coefficiente di correzione della forza di trazione, la quale aumenta per la resistenza di attrito dovuta all'avvolgimento delle catene sulle ruote di comando e rinvio.

FA = 1,05 per ruote dentate su bronzine
= 1,03 per ruote dentate su cuscinetti

La somma di tutti i prodotti, ottenuti moltiplicando FA per la forza di trazione rilevata in ciascun punto di avvolgimento, determina la nuova forza di trazione complessiva.
Non si ritiene opportuno considerare il fattore FA nelle formule di calcolo seguenti, data l'incidenza trascurabile sui trasportatori elementari come quelli esemplificati.

FORMULE DI CALCOLO DELLA FORZA DI TRAZIONE PER TRASPORTATORI A CATENE PORTANTI

a) Trasporto orizzontale con catene striscianti

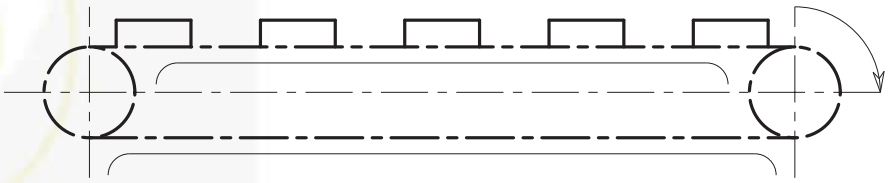


Fig. 3

$$T = 9{,}81 \frac{(P+P1) \cdot fr \cdot FS}{N° \text{ catene}} \text{ [N]}$$

b) Trasporto orizzontale con catena a rulli

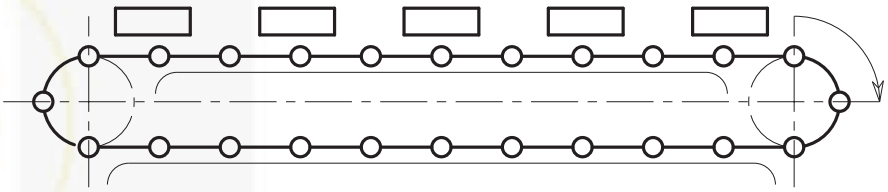


Fig. 4

$$T = 9{,}81 \frac{(P+P1) \cdot fv \cdot FS}{N° \text{ catene}} \text{ [N]}$$

c) Trasporto inclinato con catene striscianti

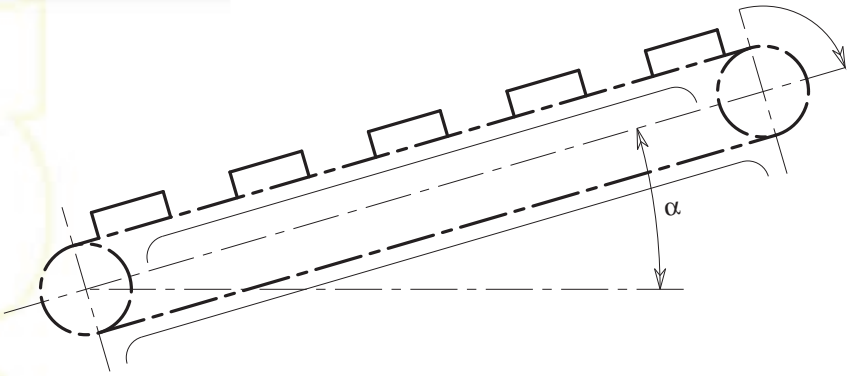


Fig. 5

$$T = 9{,}81 \frac{[\cos\alpha\,(P+P1) \cdot fr + \text{sen}\alpha \cdot P1] \cdot FS}{N° \text{ catene}} \text{ [N]}$$

d) Trasporto inclinato con catene a rulli

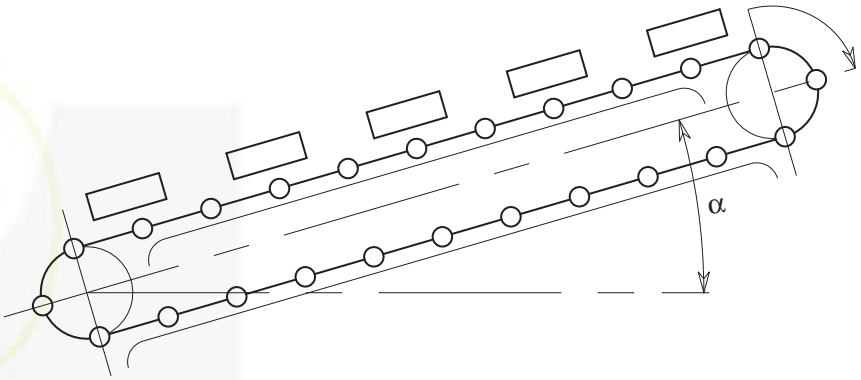


Fig. 6

$$T = 9{,}81 \frac{[\cos\alpha\,(P+P1) \bullet fv + \operatorname{sen}\alpha \bullet P1] \bullet FS}{N° \text{ catene}} \text{ [N]}$$

e) Trasporto verticale

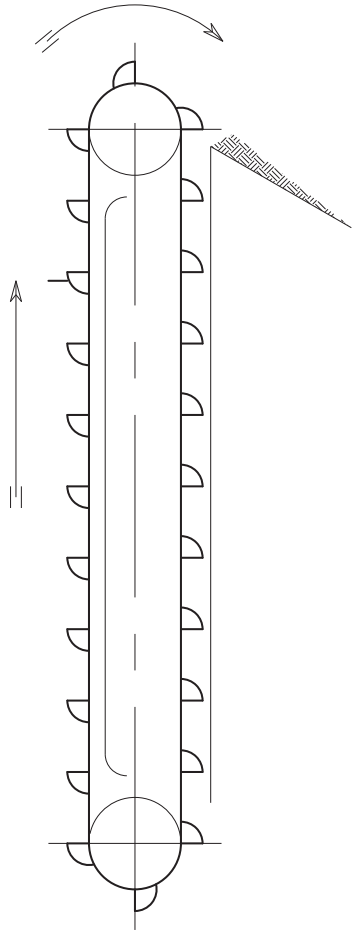


Fig. 7

$$T = 9{,}81 \frac{(P/2+P) \bullet FS}{N° \text{ catene}} \text{ [N]}$$

N.B.:
Soluzioni di movimentazione verticale differenti da quella evidenziata in figura, meritano considerazioni e procedure di calcolo appropriate.
Il nostro Ufficio Tecnico è a Vs. disposizione.

FORMULE DI CALCOLO DELLA FORZA DI TRAZIONE PER TRASPORTATORI RASCHIANTI

Nel calcolo della forza di trazione sulle catene dei trasportatori raschianti, oltre ai simboli già noti, annotiamo anche i seguenti:

fm = coefficiente di attrito fra prodotto trasportato e canale di contenimento - tabella 5 -,
L = lunghezza del trasportatore caricato [m],
Q = quantità del prodotto da trasportare [T/h],
H = altezza del canale di trasporto [m],
B = larghezza del canale di trasporto [m],
β = grado di riempimento del canale di trasporto - 0,5÷0,6,
γ = peso specifico del materiale trasportato [T/m^3] - tabella 5 -,
v = velocità di traslazione della catena [m/sec].

TABELLA 5

MATERIALE TRASPORTATO	Peso spec. γ. [T/m^3] **	Coeff. d'attrito fm **
Avena	0,45	0,7
Grano	0,75	0,4
Mais	0,8	0,4
Orzo secco	0,45	0,7
Segale	0,65	0,4
Riso	0,75	0,4
Semi di lino	0,7	0,4
Malto secco	0,4	0,4
Farina di grano	0,7	0,4
Farina di mais	0,65	0,4
Zucchero raffinato in polvere	0,8	0,5
Cemento	1,00	0,9
Carbone antracite in pezzi	0,7÷0,9	0,4
Carbone coke	0,5	0,7
Argilla asciutta	1,6	0,7
Cenere	0,6	0,6
Ghiaia KLINKER di cemento	1,3	0,8

** valori indicativi

a) Trasporto orizzontale con catene striscianti

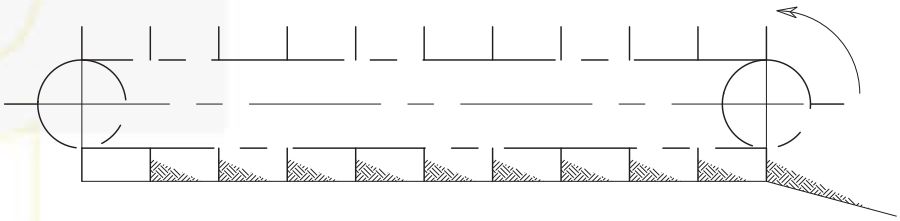


Fig. 8

$$T = 9{,}81 \frac{[(P \cdot fr + P1 \cdot fm) \cdot FS]}{N° \text{ catene}} \text{ [N]}$$

dove P1 si può calcolare come segue:

a) $P1 = H \cdot B \cdot L \cdot \beta \cdot \gamma \cdot 1000$ [kg]

b) $P1 = \frac{L \cdot Q}{3{,}6 \cdot v}$ [kg]

se Q non è noto: $Q = H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600$ [T/h]

b) Trasporto orizzontale con catene a rulli e tapparelle raschianti

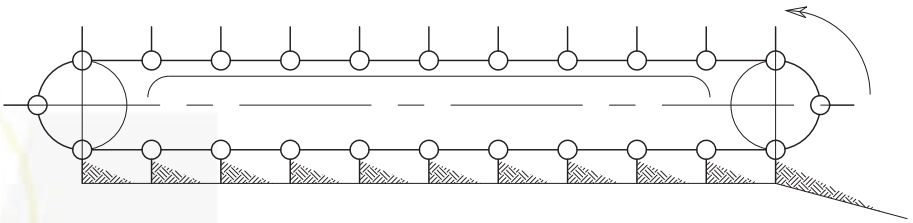


Fig. 9

$$T = 9{,}81 \frac{[(P \cdot fr + P1 \cdot fm) \cdot FS]}{N° \text{ catene}} \quad [N]$$

dove P1 si può calcolare come segue:

a) $P1 = H \cdot B \cdot L \cdot \beta \cdot \gamma \cdot 1000$ [kg]

b) $P1 = \frac{L \cdot Q}{3{,}6 \cdot v}$ [kg]

se Q non è noto: $Q = H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600$ [T/h]

INDIVIDUAZIONE DEL TIPO DI CATENA DA IMPIEGARE

Determinato lo sforzo massimo di trazione, il corretto dimensionamento della catena dovrà tener conto delle sollecitazioni ammissibili per i materiali di costruzione.
Di massima, già con un valore di carico di lavoro di 2/3 del carico di rottura della catena, i materiali sono sollecitati oltre il limite di "deformazione permanente" (0,2% di allungamento).
Per questa ragione, suggeriamo che il carico di rottura della catena sia almeno 8 volte lo sforzo massimo di trazione ed indichiamo questo rapporto come "COEFFICIENTE DI SICUREZZA".
Condizioni di esercizio particolarmente gravose, con sforzi di trazione difficilmente quantificabili nelle loro variazioni, richiedono coefficienti di sicurezza adeguati, per la determinazione dei quali il nostro Ufficio Tecnico è a Vostra disposizione.
Dopo aver individuato il tipo di catena da impiegare, suggeriamo, particolarmente nell'eventualità di movimentazione di carichi concentrati su ridotte superfici del trasportatore, di verificare anche i valori di pressione specifica tra rulli-bussole e bussole-perni.
Il calcolo della forza di trazione, in queste particolari condizioni di carico, non è sempre sufficiente a determinare il tipo di catena da utilizzare.
Infatti, qualora i valori di pressione specifica riscontrati dovessero superare i valori limite ammissibili, evidenziati alle tabelle 6 - 7, è indispensabile optare per una catena che offra maggiori superfici di contatto tra rulli-bussole e bussole-perni, in modo da avere un minore carico per unità di superficie.

Calcolo della pressione specifica

a) pressione specifica sul rullo = $\frac{P}{L \cdot Dr} \left[\frac{kgf}{mm^2}\right]$

b) pressione specifica sul perno = $\frac{T}{Lb \cdot Dp} \left[\frac{kgf}{mm^2}\right]$

Intendendo per:

P	=	carico [kg] sopportato da ciascun rullo
T	=	sforzo di trazione effettivo sulla catena [kg]
L	=	lunghezza foro rullo [mm]
Lb	=	lunghezza totale bussola [mm]
Dr	=	diametro foro rullo [mm]
Dp	=	diametro esterno perno [mm]

MASSIME PRESSIONI SPECIFICHE AMMISSIBILI

TABELLA 6

MATERIALI A CONTATTO Bussola	Perno	Press. spec. max Kgf/mm²
Acciaio cementato	Acciaio cementato	2,5
Acciaio cementato	Acciaio bonificato	2,1
Ghisa	Acciaio cementato	1,75
Acciaio inox	Acciaio inox	1,2
Bronzo	Acciaio cementato	1

TABELLA 7

MATERIALI A CONTATTO Rullo	Bussola	Press. spec. max Kgf/mm²
Acciaio cementato	Acciaio cementato	1
Acciaio bonificato	Acciaio cementato	1
Ghisa	Acciaio cementato	0,70
Bronzo	Acciaio cementato	0,60
Polietilene A.D.	Acciaio cementato	0,1
Acciaio inox	Acciaio inox	0,40
Ghisa	Bronzo	0,28

CALCOLO DELLA POTENZA RICHIESTA ALL'ALBERO

Determinata la forza di trazione **totale** del trasportatore, suggeriamo la seguente procedura per il calcolo della potenza richiesta all'albero:

$$Mt = T \cdot \frac{dp}{2} \text{ [kgm]} \qquad Mt = 716{,}2 \cdot \frac{N}{n} \text{ [kgm]}$$

dove si intende:

Mt = momento torcente [kgm]
N = Potenza [CV-KW]
n = numero giri al 1' della ruota motrice del trasportatore
T = forza di trazione di tutte le catene [kg]
dp = diametro primitivo della ruota motrice [m]

Dalle due relazioni dei momenti possiamo affermare che:

$$T \cdot \frac{dp}{2} = 716{,}2 \cdot \frac{N}{n}$$

dalla quale ricaviamo

$$N = \frac{T \cdot dp \cdot n}{2 \cdot 716{,}2} \text{ [CV]}$$

oppure

$$N = \frac{T \cdot dp \cdot n}{2 \cdot 973.8} \text{ [KW]}$$

Il valore teorico di potenza dovrà essere corretto in funzione dei rendimenti meccanici dei componenti della trasmissione del moto (motori - riduttori - cinghie - etc.)

LUBRIFICAZIONE DELLE CATENE

Quattro validi motivi giustificano ampiamente la lubrificazione delle catene:

1) RIDUZIONE DEL COEFFICIENTE DI ATTRITO
2) LIMITAZIONE DELL'USURA DELLA CATENA E RISPARMIO ENERGETICO
3) PREVENZIONE DALLA CORROSIONE
4) CORRETTO FUNZIONAMENTO DELLA CATENA

1) RIDUZIONE DEL COEFFICIENTE DI ATTRITO

Si può genericamente definire l'attrito come la resistenza meccanica che si genera nel moto relativo tra due superfici.
Si deve distinguere innanzitutto tra attrito statico e dinamico.
Il primo, detto anche attrito di primo distacco, rappresenta la resistenza al movimento relativo tra due superfici per effetto di forze esterne. L'esperienza mostra che per ottenere il movimento di un corpo di peso P appoggiato ad un piano, la forza F necessaria deve superare il valore della resistenza di attrito statico Rs dato dal prodotto tra P ed il coefficiente di attrito statico μ.
L'attrito dinamico rappresenta la resistenza al mantenersi del movimento relativo che si produce tra due superfici per effetto di forze esterne. L'esperienza mostra che la resistenza da vincere per mantenere il movimento è sempre inferiore a quella necessaria per originarlo. La resistenza di attrito dinamico Rd è data dal prodotto tra P ed il coefficiente di attrito dinamico f.

$Rs = P \cdot \mu$ resistenza d'attrito statico o di primo distacco.

$Rd = P \cdot f$ resistenza d'attrito dinamico.

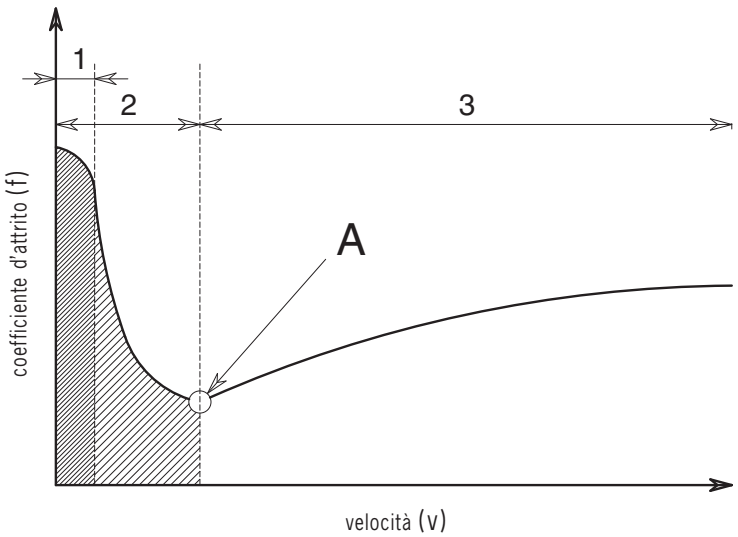
Nei casi più comuni μ è da 1.5 a 3 volte maggiore di f.

Il valore dei coefficienti di attrito μ e f dipende dalla qualità delle superfici a contatto, dal tipo di contatto (radente - volvente), dalla velocità relativa tra le superfici e dalla presenza di lubrificante.

Gli olii ed i grassi utilizzati come lubrificanti hanno la proprietà di formare veli superficiali, a livello molecolare, aderenti alle superfici di contatto. Questi sottilissimi strati possono presentare elevate resistenze all'asportazione e consentire una notevole riduzione del coefficiente d'attrito, anche sotto l'effetto di elevate pressioni. E' questo il caso dell'attrito untuoso o attrito limite.
Un'azione più decisiva esercita il lubrificante nella vera e propria lubrificazione idrodinamica (attrito mediato), che consiste nell'interposizione tra le superfici striscianti di un velo continuo di lubrificante avente uno spessore sufficiente per eliminare il contatto diretto tra le due parti. Tra le condizioni estreme di attrito untuoso e attrito mediato si possono verificare le condizioni intermedie di attrito combinato, nelle quali le superfici striscianti sono parzialmente in contatto tra loro.
(Vedi Fig. 10 Curva di Stribeck)

Fig. 10

Difficilmente per le catene
si possono creare le condizioni
per ottenere la lubrificazione idrodinamica,
l'attrito che si verifica è di tipo untuoso
o al più combinato.



LEGENDA:
1 - Attrito limite
2 - Attrito combinato
3 - Attrito mediato
A - Punto di conversione (passaggio alla lubrificazione idrodinamica)

2) LIMITAZIONE DELL'USURA DELLA CATENA E RISPARMIO ENERGETICO

Nella catena, il movimento relativo tra perno-bussola e bussola-rullo, in assenza di film lubrificante, determina, per il contatto diretto delle superfici, una progressiva abrasione delle punte di rugosità delle superfici, e in seguito, delle superfici stesse.
Questa condizione favorisce il precoce deterioramento della catena e induce un sensibile aumento della resistenza di attrito che il motore di comando dovrà vincere.
La presenza di un opportuno film lubrificante evita il contatto diretto delle superfici metalliche, eliminando questi inconvenienti.

La figura 11 mostra qualitativamente l'allungamento percentuale di una catena dovuto ad usura, in funzione del tempo di esercizio e del tipo di lubrificazione.

L'interpretazione delle varie curve è la seguente:
a) rappresenta la condizione di funzionamento a secco della catena,
b) mostra la caratteristica di allungamento di una catena prelubrificata dal costruttore e poi abbandonata al funzionamento a secco,
c) esemplifica il caso in cui l'intervallo di rilubrificazione è troppo lungo e si verificano ciclicamente periodi di funzionamento a secco,
d) rappresenta la condizione di lubrificazione inadeguata a causa della quantità troppo ridotta o della non idoneità del prodotto utilizzato,
e) la lubrificazione ottimale.

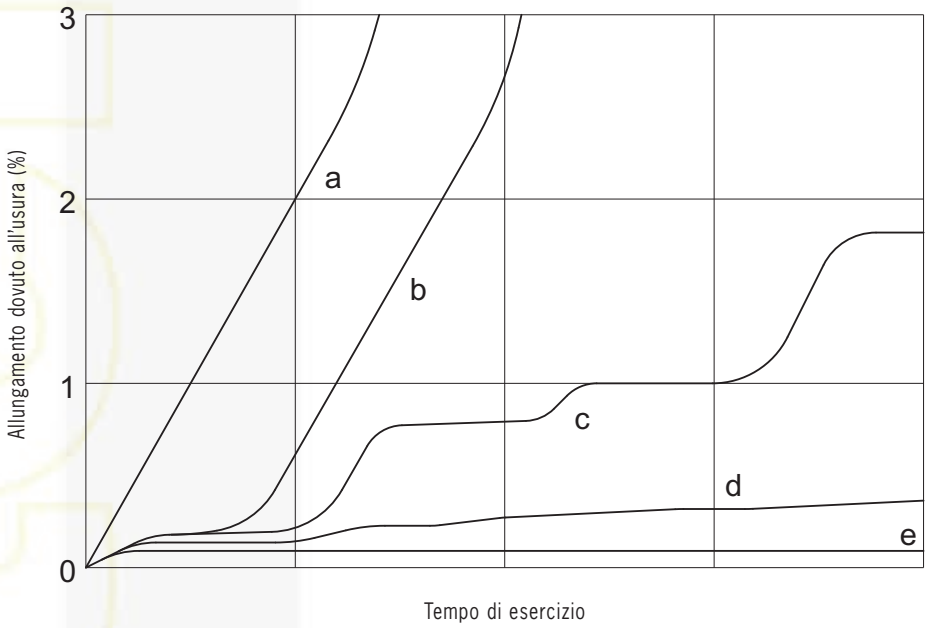


Fig. 11

3) PREVENZIONE DALLA CORROSIONE

Qualunque metallo non protetto tende ad ossidarsi.
Questo fenomeno può essere accentuato da condizioni particolari di funzionamento, quali:
- alte temperature
- elevata umidità
- presenza di sostanze chimiche aggressive

L'ossidazione è una seria minaccia alla durata della catena.
La presenza di un film lubrificante sulle superfici dei componenti della catena, che si interponga tra questa e l'ambiente esterno, previene la formazione di ossido e l'innesco della corrosione. L'efficacia di questa protezione può essere migliorata dalla presenza, all'interno del lubrificante, di inibitori di corrosione.

4) CORRETTO FUNZIONAMENTO DELLA CATENA

Come tutti gli organi meccanici in movimento, anche la catena **deve** essere lubrificata. Ai vantaggi già menzionati occorre aggiungere che una corretta lubrificazione evita fastidiose rumorosità di funzionamento ed assicura una durata pressoché illimitata della catena.

SCELTA DEL LUBRIFICANTE

L'obiettivo di ogni utilizzatore di poter risolvere tutti i problemi di lubrificazione con un unico prodotto non è stato ancora conseguito.
I parametri che determinano la scelta del lubrificante sono molteplici; si può comunque affermare che quello fondamentale è la temperatura di esercizio della catena, in funzione della quale possiamo operare una suddivisione schematica in quattro fasce:

a) bassa temperatura	-	da –40° C a 15° C
b) temperatura normale	-	da 15° C a 110° C
c) alta temperatura	-	da 110° C a 250° C
d) altissima temperatura	-	oltre 250° C

A) BASSA TEMPERATURA (da –40° C a 15° C)

E' necessario utilizzare un lubrificante, normalmente sintetico, a bassissima viscosità. Nei casi in cui non è tollerabile l'inevitabile gocciolamento dei prodotti fluidi si deve far ricorso a grassi o a dispersioni di questi ultimi in opportuni solventi.
Segnaliamo per questi impieghi l'olio KLÜBERSYNTH UH14-68N ed il grasso ISOFLEX NBU 15 (KLÜBER LUBRICATION).

B) TEMPERATURA NORMALE (fino a 110° C con punte fino a 150° C)

Rappresenta la condizione di esercizio più generalizzata e di più facile soluzione.
Sconsigliamo, comunque, l'utilizzazione di oli minerali, mentre suggeriamo specifici prodotti per catene, opportunamente "addittivati" per evitare il gocciolamento e migliorare la capillarità. Un prodotto che risponde a questi requisiti è il grasso fluido STRUCTOVIS FHD (KLÜBER LUBRICATION). Le peculiarità di questo prodotto sono la elevata adesività, che riduce drasticamente la possibilità di gocciolamento, e la bassa tensione superficiale, che consente di "scalzare" le gocce di fluidi eventualmente presenti sulla superficie metallica, assicurando la piena lubrificazione anche in condizioni gravose.

C) ALTE TEMPERATURE (da 110° C a 250° C)

In questo intervallo di temperatura è necessario impiegare oli sintetici, perché presentano una stabilità termica decisamente superiore agli oli minerali. Normalmente sono da preferire gli oli contenenti combinazioni di pigmenti solidi a base di grafite o bisolfuro di molibdeno, che assicurano al prodotto caratteristiche di lubrificazione di emergenza e che aumentano la caricabilità (valore di pressione specifica ammissibile).
E' fondamentale in questi oli la qualità degli additivi presenti per prevenire la formazione di morchie dannose alle successive lubrificazioni ed alla catena. Ottimi risultati sono stati conseguiti con l'impiego dell'olio sintetico SYNTHESCO (KLÜBER LUBRICATION).
Caratteristiche salienti sono la ridotta tendenza allo sviluppo di fumi, in ogni caso NON tossici.

D) ALTISSIME TEMPERATURE (oltre 250° C)

In queste condizioni di temperatura non è ipotizzabile una lubrificazione fluida.
La scelta deve orientarsi su sospensioni solide in veicolo sintetico che, dopo la sua evaporazione, assicurino una lubrificazione a secco di estrema durata.
E' inevitabile in questo caso la formazione di una certa quantità di fumi e va prestata molta attenzione alla corretta modalità di applicazione del lubrificante, che deve essere effettuata dove la catena ha la temperatura più bassa possibile.
Un'efficace soluzione a questi problemi è offerta dalla sospensione WOLFRAKOTE TOP FLUID S (KLÜBER LUBRICATION).

PULIZIA DELLA CATENA

Questa operazione, insieme alla lubrificazione, rappresenta il presupposto essenziale per garantire un corretto funzionamento della catena.
La stessa lubrificazione può risultare del tutto inefficace se non è preceduta da una buona pulizia delle parti interessate.
E' opportuno eseguire la pulizia delle catene quantomeno nelle seguenti circostanze:
- prima di periodi di fermo prolungati, ad es. prima delle ferie, è buona norma eseguire la pulizia della catena prima di applicare

un prodotto protettivo opportuno,
- quando lo sporco ancoratosi alle catene è di natura e consistenza tali da non poter essere eliminato con i metodi usuali dalla catena montata sull'impianto,
- quando il prodotto impiegato per la rilubrificazione ed il lubrificante d'esercizio ancora presente sulla catena non sono miscelabili tra loro.

Il procedimento suggerito per la pulizia è il seguente:

1) eliminare lo sporco più evidente utilizzando spazzole o stracci,
2) lavare la catena con un solvente che sciolga il lubrificante,
3) immergere la catena per alcune ore in un solvente che sciolga il lubrificante quindi muoverla per facilitare l'eliminazione dei residui.

Qualora non sia possibile operare il fermo macchina è consigliabile l'applicazione del lubrificante di esercizio in diluizione 1:1 con il detergente. Ogni caso va comunque discusso con i tecnici della lubrificazione.

PRE-LUBRIFICAZIONE

L'operazione di pre-lubrificazione delle catene è effettuata con il lubrificante speciale STRUCTOVIS FHD prodotto da KLÜBER LUBRICATION. Questo fluido a struttura viscosa si differenzia nettamente dai tradizionali lubrificanti per catene grazie alle seguenti caratteristiche:

- elevata adesività (antigoccia),
- idrorepellenza,
- ottime proprietà antiusura,
- eccezionale stabilità all'invecchiamento,
- ottima stabilità termica fino a 150° C.

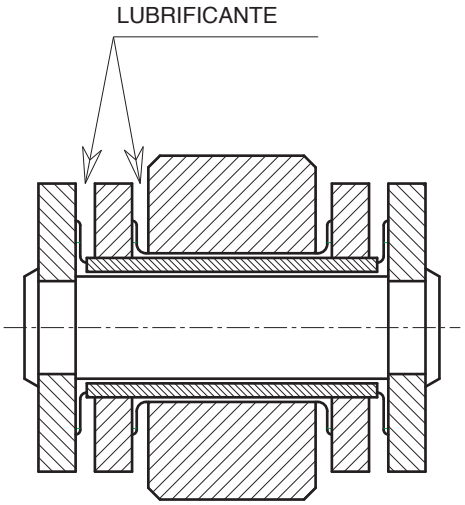
STRUCTOVIS FHD - Caratteristiche chimico-fisiche.	
Densità DIN 51757 a 20° C [g/cm^3]	Ca. 0,890
Viscosità cinematica DIN 51561 [mm^2/sec]	
40° C	145
50° C	86
100° C	15
Indice di viscosità ISO 2909	100
Punto di fiamma DIN 51376 (° C)	>250
Punto di scorrimento DIN ISO 3016 (° C)	–12

Klüber Lubrication Italia è dal 1956 la diretta emanazione della Klüber Lubrication Munchen KG di Monaco di Baviera, presente in tutto il Mondo con 20 stabilimenti di produzione ed oltre 50 rappresentanze.
Klüber Italia è presente sul mercato con una ampia gamma di lubrificanti speciali volti a soddisfare tutte le esigenze nel campo della lubrificazione.
Klüber Lubrication Italia è certificata ISO 9002, ISO 14001 ed EMAS.

Klüber Lubrication Italia sas - Via Monferrato, 57
20098 S. Giuliano Milanese (MI)
Tel: 02.98.21.31 - Fax 02.98.28.15.95
klita@it.klueber.com

SISTEMI DI LUBRIFICAZIONE

E' sempre raccomandabile l'erogazione dei lubrificanti con apparecchiature automatiche. Questo metodo evita l'accidentale funzionamento a secco della catena e allo stesso tempo assicura l'ottimale dosaggio di lubrificante, riducendo la possibilità di sovralubrificazione e del conseguente gocciolamento del prodotto.
Il lubrificante, spruzzato, nebulizzato, etc., deve essere portato sui fianchi del rullo e tra le piastre, in corrispondenza del perno, perché possa penetrare in tutta l'articolazione della catena.
In generale, utilizzando un lubrificante **idoneo,** ad elevata capacità lubrificante, non è richiesto che la catena sia bagnata, ma semplicemente umettata.
In merito agli intervalli di lubrificazione ed alle quantità di prodotto da applicare, non è possibile dare indicazioni generali.
Ogni caso va verificato singolarmente.



CONCLUSIONI

Le indicazioni riportate sopra non hanno la pretesa di voler esaurire l'argomento in questione; sono innumerevoli le problematiche connesse alle differenti applicazioni.
Lo scopo principale di questa trattazione consiste nell'evidenziare l'importanza dell'argomento, a volte ignorato, spesso sottovalutato, raramente considerato determinante.
Tutti i Vostri problemi potranno essere affrontati e risolti con l'aiuto dei nostri tecnici.

CODIFICAZIONE DELLE CATENE

Al fine di usare un medesimo linguaggio tecnico che non dia adito ad errate interpretazioni, suggeriamo una comune terminologia da adottare nella identificazione delle catene.
Per semplicità di esposizione, prendiamo in considerazione separatamente il tipo di catena e il tipo di attacco.

TIPO DI CATENA

a) In generale è definito dal "Numero Catena" che sintetizza tutte le caratteristiche dimensionali quali: passo, larghezza interna, diametro rullo, etc.

Esempio:

Catena N° 352 - N° C2080H - N° 400C

b) In particolare le catene "non unificate in pollici", "serie DIN 8167" e "serie DIN 8165" sono definite, oltre che dal "N° catena", da una lettera che identifica la soluzione a bussola (A), o a rullo piccolo (B), o a rullo grande (C), o a rullo flangiato (D) e dal numero che specifica il passo della catena, poiché per questa serie, ad un medesimo numero di catena corrispondono diversi passi.

Esempi:

a) catena N° Z40-A-101,6
significa:

Z40	=	catena a perni pieni serie non unificata in pollici
A	=	soluzione a bussola
101,6	=	passo mm 101,6 (4 pollici)

b) catena N° MC112-D-200
significa:

MC112	=	catena a perni forati serie DIN 8168
D	=	soluzione a rullo flangiato
200	=	passo mm 200

c) Le catene speciali, non riportate a catalogo, sono classificate in funzione del passo, della larghezza interna, del diametro rullo e del relativo disegno che illustra tutte le altre caratteristiche.

Esempio:

catena passo 150 X 23 X 45 a disegno n. 001954

Ogni deroga agli standard di produzione deve essere puntualizzata nella sua caratteristica.

Esempi:

a) catena N° 500 zincata
b) catena N° 500 con piastre bonificate
c) catena N° 500 con rulli diametro 20 mm

TIPO DI ATTACCO

E' definito nelle sue caratteristiche dimensionali dalle tabelle degli attacchi corrispondenti ai diversi tipi di catena o, nel caso di soluzioni speciali, da un disegno particolareggiato.
La necessità di specificare, nell'identificazione delle catene, quando l'attacco sia previsto, come si debba posizionarlo, quanti fori debba avere, etc. si concretizza completando l'identificazione del tipo "catena" (vedi paragrafo precedente) con i seguenti simboli:

A	=	per attacco piegato da 1 lato
M	=	per attacco verticale da 1 lato
K	=	per attacco piegato da 2 lati
MK	=	per attacco verticale da 2 lati
1	=	per attacco ad 1 foro
2	=	per attacco a 2 fori
3	=	per attacco a 3 fori
01	=	per attacco su tutti i passi
02	=	per attacco ogni 2 passi
10	=	per attacco ogni 10 passi
0X	=	per attacco ogni X passi

- **ATTACCHI SPECIALI A RICHIESTA CLIENTE**

Esempi:

a) Catena N° 500A202
significa:
catena tipo 500 con attacchi da 1 lato, a 2 fori, ogni 2 passi

b) Catena N° 703K304
significa:
catena tipo 703 con attacchi da 2 lati, a 3 fori, ogni 4 passi

c) Catena N° M160C125A203

significa:
catena serie M... con attacchi da 1 lato, a 2 fori, ogni 3 passi

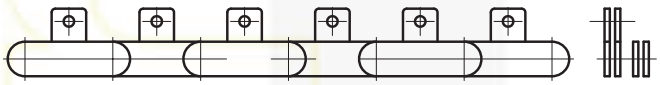
Attacchi speciali o difformi da quelli a catalogo sono regolati dagli stessi criteri di classificazione degli attacchi standard, ma devono sempre fare riferimento ad un numero di disegno.

Esempio:
catena N° 704A101 a disegno N° 001988

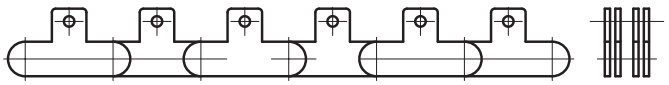
Quando gli attacchi sono previsti ad intervalli di passi pari (02-04-06 etc.), è consuetudine intenderne il montaggio sulle maglie esterne della catena. Sarà perciò opportuno precisare “SU MAGLIE INTERNE” qualora fosse richiesta questa soluzione.

Le pagine che seguono illustrano anche visivamente le più consuete combinazioni di montaggio degli attacchi.

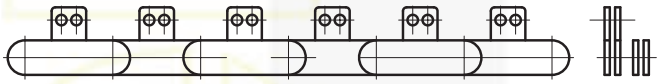
MONTAGGIO DEGLI ATTACCHI



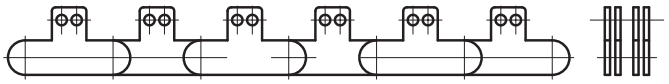
M1-01



MK1-01

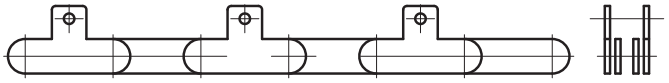


M2-01



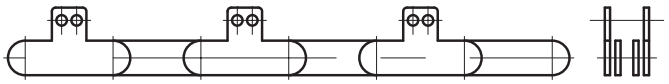
MK2-01

M1-02

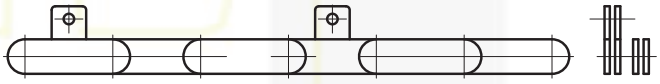


MK1-02

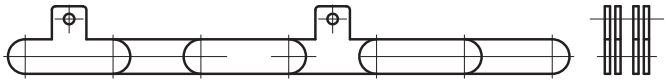
M2-02



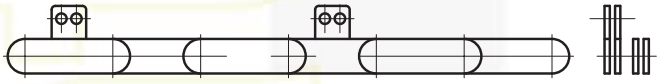
MK2-02



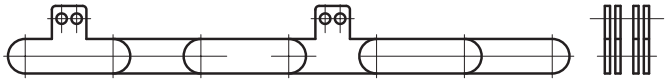
M1-03



MK1-03

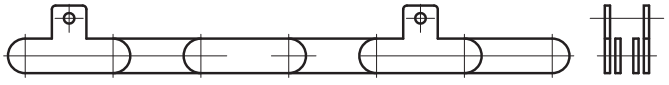


M2-03

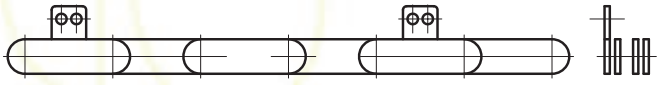


MK2-03

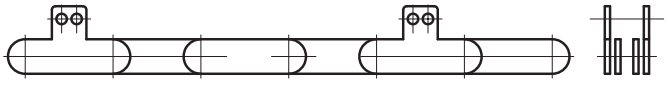
M1-04



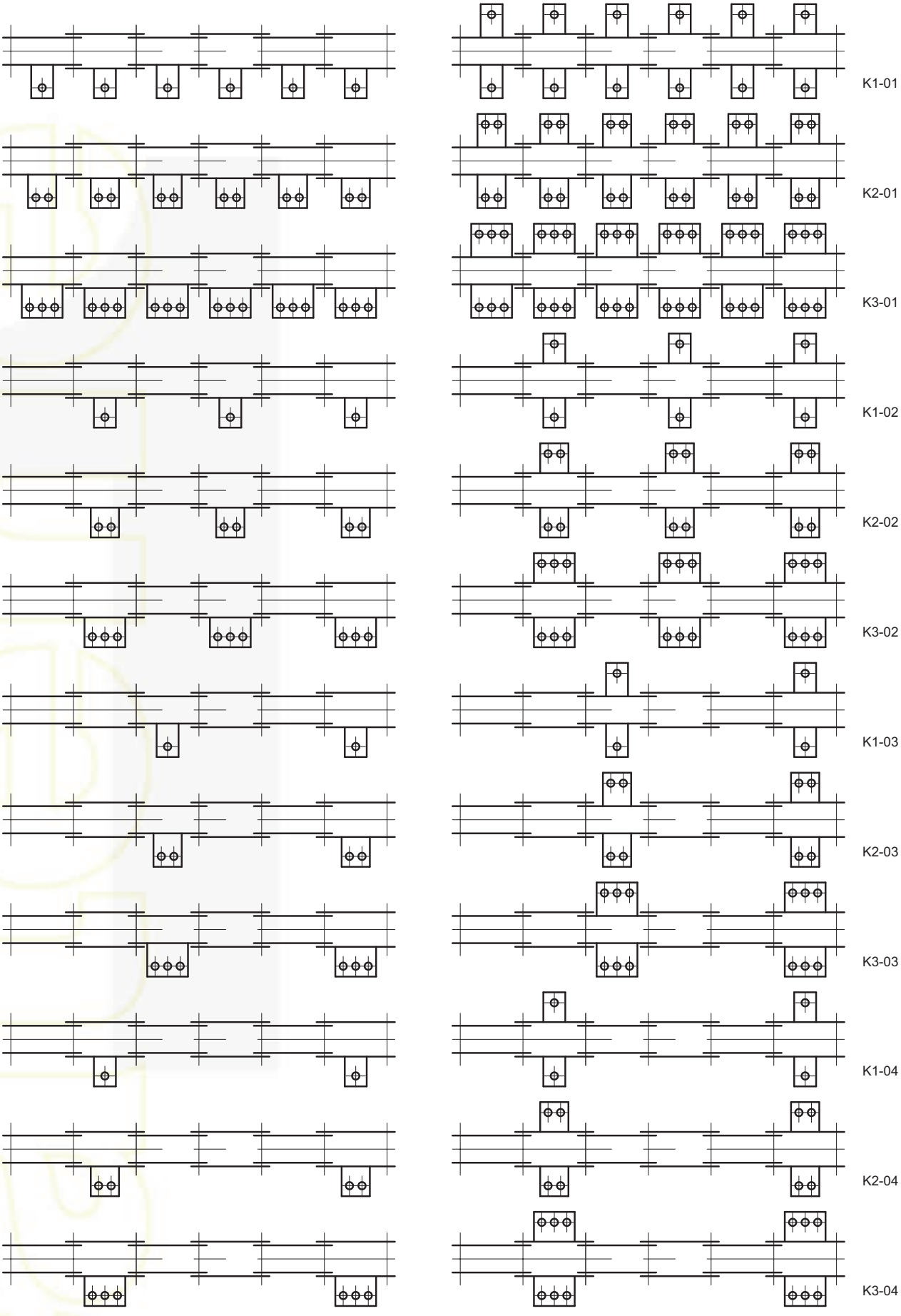
MK1-04



M2-04



MK2-04



- **ATTACCHI SPECIALI A RICHIESTA CLIENTE**

FATTORI DI CONVERSIONE

Unità di misura	LUNGHEZZA	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
m	metri	39,3701	pollici	in
m	metri	3,28084	piedi	ft
m	metri	1,09361	yarde	yd
cm	centimetri	0,393701	pollici	in
cm	centimetri	0,032808	piedi	ft
mm	millimetri	0,039370	pollici	in
mm	millimetri	0,003280	piedi	ft
in	pollici	25,4	millimetri	mm
in	pollici	2,54	centimetri	cm
in	pollici	0,0254	metri	m
ft	piedi	304,8	millimetri	mm
ft	piedi	30,48	centimetri	cm
ft	piedi	0,3048	metri	m
mi	miglia statute/statute miles	1,60934	kilometri	km
mi	miglia statute	1609,344	metri	m
km	kilometri	0,621371	miglia statute	mi
Unità di misura	AREA	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
m^2	metri quadrati	1550	pollici quadrati	in^2
m^2	metri quadrati	10,7639	piedi quadrati	ft^2
m^2	metri quadrati	1,19599	yarde quadrate	yd^2
cm^2	centimetri quadrati	0,001076	piedi quadrati	ft^2
cm^2	centimetri quadrati	0,155	pollici quadrati	in^2
mm^2	millimetri quadrati	0,00155	pollici quadrati	in^2
mm^2	millimetri quadrati	0,000010 ($1{,}07639 \times 10^{-5}$)	piedi quadrati	ft^2
in^2	pollici quadrati	0,000645 ($6{,}64516 \times 10^{-4}$)	metri quadrati	m^2
in^2	pollici quadrati	6,4516	centimetri quadrati	cm^2
in^2	pollici quadrati	645,16	millimetri quadrati	mm^2
ft^2	piedi quadrati	0,092903	metri quadrati	m^2
ft^2	piedi quadrati	929,03	centimetri quadrati	cm^2
ft^2	piedi quadrati	92903	millimetri quadrati	mm^2
Unità di misura	VOLUME	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
m^3	metri cubici	61023,7	pollici cubici	in^3
m^3	metri cubici	35,3147	piedi cubici	ft^3
m^3	metri cubici	219,969	galloni imperiali inglesi	UK gallon
m^3	metri cubici	264,172	galloni USA	gal (U.S. liquid)
l (dm^3)	litri (decimetri cubici)	61,0237	pollici cubici	in^3
l (dm^3)	litri (decimetri cubici)	0,035314	piedi cubici	ft^3
l (dm^3)	litri (decimetri cubici)	0,219969	galloni imperiali inglesi	UK gallon
l (dm^3)	litri (decimetri cubici)	0,264172	galloni USA	gal (U.S. liquid)
cm^3	centimetri cubici	0,061023	pollici cubici	in^3
cm^3	centimetri cubici	0,000035 ($3{,}53147 \times 10^{-5}$)	piedi cubici	ft^3
ft^3	piedi cubici	0,028316	metri cubici	m^3
ft^3	piedi cubici	28,3168	litri (decimetri cubici)	l (dm^3)
ft^3	piedi cubici	28316,8	centimetri cubici	cm^3
in^3	pollici cubici	0,000016 ($1{,}63871 \times 10^{-5}$)	metri cubici	m^3
in^3	pollici cubici	0,016387	litri (decimetri cubici)	l (dm^3)
in^3	pollici cubici	16,3871	centimetri cubici	cm^3
UK gallon	galloni imperiali inglesi	0,004546	metri cubici	m^3
UK gallon	galloni imperiali inglesi	4,54609	litri (decimetri cubici)	l (dm^3)
Unità di misura	ANGOLI	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
°	gradi angolari	0,017453	radianti	rad
rad	radiante	57,2958	gradi angolari	°

FATTORI DI CONVERSIONE

Unità di misura	MOMENTO TORCENTE	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
N m	newton metri	0,101972	kilogrammetri	kgf m
N m	newton metri	0,737562	libbre forza piede	lbf ft
N m	newton metri	8,85075	libbre forza pollice	lbf in
kgf m	kilogrammetri	9,80665	newton metri	N m
kgf m	kilogrammetri	7,23301	libbre forza piede	lbf ft
kgf m	kilogrammetri	86,7962	libbre forza pollice	lbf in
lbf in	libbre forza pollice	0,112985	newton metri	N m
lbf in	libbre forza pollice	0,0115212	kilogrammetri	kgf m
lbf ft	libbre forza piede	1,35582	newton metri	N m
lbf ft	libbre forza piede	0,138255	kilogrammetri	kgf m

Unità di misura	FORZA e FORZA PESO	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
N	newton	0,101972	kilogrammi forza	kg
N	newton	0,224809	libbre forza	lbf
kgf	kilogrammi forza	9,80665	newton	N
kgf	kilogrammi forza	2,20462	libbre forza	lbf
lbf	libbre forza	4,44822	newton	N
lbf	libbre forza	0,453592	kilogrammi	kgf
ton f (UK)	ton forza UK	9964,02	newton	N
ton f (UK)	ton forza UK	1016,05	kilogrammi forza	kgf
ton f (US)	ton forza US	8896,44	newton	N
ton f (US)	ton forza US	907,185	kilogrammi forza	kgf
tf	tonnellata metrica forza	9806,65	newton	N
tf	tonnellata metrica forza	1000	kilogrammi forza	kgf

"Nota: al fine di evitare ogni confusione con l'unità di massa ""kilogrammo"" (sigla kg) è opportuno indicare sempre il ""kilogrammo forza"" con la sigla kgf. Nell'uso comune è tuttavia frequente la sigla kg anche per il ""kilogrammo forza""."

Unità di misura	MASSA/PESO	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
kg	kilogrammi	2,20462	libbre	lb
kg	kilogrammi	0,000984 ($9,84207x10^{-4}$)	ton UK (long ton)	ton UK
kg	kilogrammi	0,001102	ton US (short ton)	ton US
kg	kilogrammi	0,001	tonnellata metrica	t
lb	libbre	0,453592	kilogrammi	kg
ton UK	ton UK (long ton)	1016,05	kilogrammi	kg
ton US	ton US (short ton)	907,185	kilogrammi	kg
t	tonnellata metrica	1000	kilogrammi	kg

Unità di misura	DENSITA' massa per unità di volume	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
kg/m^3	kilogrammi al metro cubico	0,62428	libbre al piede cubico	lb/ft^3
kg/m^3	kilogrammi al metro cubico	0,000036 ($3,61273x10^{-5}$)	libbre al pollice cubico	lb/in^3
kg/m^3	kilogrammi al metro cubico	0,001	kilogrammi al litro	kg/l
lb/ft^3	libbre al piede cubico	16,0185	kilogrammi al metro cubico	kg/m^3
lb/in^3	libbre al pollice cubico	27679,9	kilogrammi al metro cubico	kg/m^3
kg/l	kilogrammi al litro	1000	kilogrammi al metro cubico	kg/m^3
kg/l	kilogrammi al litro	62,428	libbre al piede cubico	lb/ft^3
kg/l	kilogrammi al litro	0,036127	libbre al pollice cubico	lb/in^3
lb/ft^3	libbre al piede cubico	0,016018	kilogrammi al litro	kg/l
lb/in^3	libbre al pollice cubico	27,6799	kilogrammi al litro	kg/l

Unità di misura	PESO PER UNITA' DI LUNGHEZZA	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
kg/m	kilogrammi al metro	0,671972	libbre al piede	lb/ft
lb/ft	libbre al piede	0,13826	chilogrammi forza al metro	kg/m

Unità di misura	POTENZA	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
Hp	horsepower	746	watt	W
CV	cavallo vapore	735,499	watt	W
W	watt	0,001340	horsepower	Hp
W	watt	0,001359	cavallo vapore	CV

FATTORI DI CONVERSIONE

Unità di misura	POTENZA	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
kW	kilowatt	1000	watt	W
kW	kilowatt	1,34048	horsepower	Hp
kW	kilowatt	1,35962	cavallo vapore	CV
Hp	horsepower	0,746	kW kilowatt	kW
CV	cavallo vapore	0,735499	kW kilowatt	kW
Unità di misura	PRESSIONE	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
Pa (N/m^2)	pascal	0,00000010 ($1,01972x10^{-7}$)	chilogrammi forza al millimetro quadrato	kgf/mm^2
Pa (N/m^2)	pascal	0,000010 ($1,01972x10^{-5}$)	chilogrammi forza al centimetro quadrato	kgf/cm^2
Pa (N/m^2)	pascal	0,00001 (10^{-5})	bar	bar
Pa (N/m^2)	pascal	0,000009 ($9,86923x10^{-6}$)	atmosfera	atm
Pa (N/m^2)	pascal	0,020885	libbre al piede quadrato	lbf/ft^2
Pa (N/m^2)	pascal	0,000145 ($1,45038x10^{-4}$)	libbre al pollice quadrato	lbf/in^2 (psi)
Mpa (N/mm^2)	megapascal	0,101972	chilogrammi forza al millimetro quadrato	kgf/mm^2
Mpa (N/mm^2)	megapascal	10,1972	chilogrammi forza al centimetro quadrato	kgf/cm^2
Mpa (N/mm^2)	megapascal	10	bar	bar
Mpa (N/mm^2)	megapascal	9,86923	atmosfera	atm
Mpa (N/mm^2)	megapascal	20885,4	libbre forza al piede quadrato	lbf/ft^2
Mpa (N/mm^2)	megapascal	145,038	libbre forza al pollice quadrato	lbf/in^2 (psi)
kgf/cm^2	chilogrammi forza al centimetro quadrato	98066,5	pascal	Pa (N/m^2)
kgf/cm^2	chilogrammi forza al centimetro quadrato	0,098066	megapascal	Mpa (N/mm^2)
kgf/cm^2	chilogrammi forza al centimetro quadrato	14,2233	libbre forza al pollice quadrato	lbf/in^2 (psi)
kgf/cm^2	chilogrammi forza al centimetro quadrato	2048,16	libbre forza al piede quadrato	lbf/ft^2
kgf/cm^2	chilogrammi forza al centimetro quadrato	0,980665	bar	bar
kgf/cm^2	chilogrammi forza al centimetro quadrato	0,967841	atmosfera	atm
kgf/mm^2	chilogrammi forza al millimetro quadrato	9806650	Pascal	Pa (N/m^2)
kgf/mm^2	chilogrammi forza al millimetro quadrato	9,80665	megapascal	Mpa (N/mm^2)
kgf/mm^2	chilogrammi forza al millimetro quadrato	1422,33	libbre forza al pollice quadrato	lbf/in^2 (psi)
kgf/mm^2	chilogrammi forza al millimetro quadrato	204816	libbre forza al piede quadrato	lbf/ft^2
kgf/mm^2	chilogrammi forza al millimetro quadrato	98,0665	bar	bar
kgf/mm^2	chilogrammi forza al millimetro quadrato	96,7841	atmosfera	atm
lbf/ft^2	libbre forza al piede quadrato	47,8803	pascal	Pa (N/m^2)
lbf/ft^2	libbre forza al piede quadrato	0,000047 ($4,78803x10^{-5}$)	megapascal	Mpa (N/mm^2)
lbf/ft^2	libbre forza al piede quadrato	0,000488	chilogrammi forza al centimetro quadrato	kgf/cm^2
lbf/ft^2	libbre forza al piede quadrato	0,000004 ($4,88243x10^{-6}$)	chilogrammi forza al millimetro quadrato	kgf/mm^2
lbf/ft^2	libbre forza al piede quadrato	0,000478 ($4,78803x10^{-4}$)	bar	bar
lbf/ft^2	libbre forza al piede quadrato	0,000472 ($4,72541x10^{-4}$)	atmosfera	atm
lbf/in^2 (psi)	libbre forza al pollice quadrato	6894,76	pascal	Pa (N/m^2)
lbf/in^2 (psi)	libbre forza al pollice quadrato	0,006894	megapascal	Mpa (N/mm^2)
lbf/in^2 (psi)	libbre forza al pollice quadrato	0,070307	chilogrammi forza al centimetro quadrato	kgf/cm^2
lbf/in^2 (psi)	libbre forza al pollice quadrato	0,000703 ($7,0307x10^{-4}$)	chilogrammi forza al millimetro quadrato	kgf/mm^2
lbf/in^2 (psi)	libbre forza al pollice quadrato	0,068947	bar	bar
lbf/in^2 (psi)	libbre forza al pollice quadrato	0,068046	atmosfera	atm
bar	bar	100000	Pascal	Pa (N/m^2)
bar	bar	0,1	megapascal	Mpa (N/mm^2)
bar	bar	0,986923	atmosfera	atm
atm	atmosfera	101325	Pascal	Pa (N/m^2)
atm	atmosfera	0,101325	megapascal	Mpa (N/mm^2)
atm	atmosfera	1,01325	bar	bar
Unità di misura	PORTATA IN MASSA	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
kg/sec	kilogrammi al secondo	60	kilogrammi al minuto	kg/min
kg/sec	kilogrammi al secondo	3600	kilogrammi all'ora	kg/h
kg/sec	kilogrammi al secondo	132,277	libbre al minuto	lb/min
kg/sec	kilogrammi al secondo	7936,64	libbre all'ora	lb/h
kg/sec	kilogrammi al secondo	3,6	tonnellate all'ora	t/h

FATTORI DI CONVERSIONE

Unità di misura	PORTATA IN MASSA	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
kg/sec	kilogrammi al secondo	3,54314	ton Uk all'ora	ton UK/h
kg/sec	kilogrammi al secondo	3,96832	ton USA all'ora	ton US/h
kg/min	kilogrammi al minuto	0,016666	kilogrammi al secondo	kg/sec
kg/h	kilogrammi all'ora	0,000277 ($2{,}77778 \times 10^{-4}$)	kilogrammi al secondo	kg/sec
lb/min	libbre al minuto	0,00755987	kilogrammi al secondo	kg/sec
lb/h	libbre all'ora	0,000125 ($1{,}25998 \times 10^{-4}$)	kilogrammi al secondo	kg/sec
t/h	tonnellate all'ora	0,277778	kilogrammi al secondo	kg/sec
ton UK/h	ton Uk all'ora	0,282235	kilogrammi al secondo	kg/sec
ton US/h	ton USA all'ora	0,251996	kilogrammi al secondo	kg/sec

Unità di misura	VELOCITA'	Moltiplicando per	si ottiene	Unità di misura
m/sec	metri al secondo	39,3701	pollici al secondo	in/sec
m/sec	metri al secondo	2362,2	pollici al minuto	in/min
m/sec	metri al secondo	3,28084	piedi al secondo	ft/sec
m/sec	metri al secondo	196,85	piedi al minuto	ft/min
m/sec	metri al secondo	3,6	kilometri all'ora	km/h
m/sec	metri al secondo	2,23694	miglia all'ora	mi/h
m/min	metri al minuto	0,016666	metri al secondo	m/sec
m/min	metri al minuto	0,656168	pollici al secondo	in/sec
m/min	metri al minuto	39,3701	pollici al minuto	in/min
m/min	metri al minuto	0,054680	piedi al secondo	ft/sec
m/min	metri al minuto	3,28084	piedi al minuto	ft/min
m/min	metri al minuto	0,06	kilometri all'ora	km/h
m/min	metri al minuto	0,037282	miglia all'ora	mi/h
in/sec	pollici al secondo	0,0254	metri al secondo	m/sec
in/min	pollici al minuto	0,000423 ($4{,}23333 \times 10^{-4}$)	metri al secondo	m/sec
ft/sec	piedi al secondo	0,3048	metri al secondo	m/sec
ft/min	piedi al minuto	0,00508	metri al secondo	m/sec
km/h	kilometri all'ora	0,2778	metri al secondo	m/sec
mi/h	miglia all'ora	0,44704	metri al secondo	m/sec
in/sec	pollici al secondo	1,524	metri al minuto	m/min
in/min	pollici al minuto	0,0254	metri al minuto	m/min
ft/sec	piedi al secondo	18,288	metri al minuto	m/min
ft/min	piedi al minuto	0,3048	metri al minuto	m/min
km/h	kilometri all'ora	16,6667	metri al minuto	m/min
mi/h	miglia all'ora	26,82240	metri al minuto	m/min

Unità di misura	TEMPERATURA	Applicando la seguente formula	si ottiene	Unità di misura
°C	gradi Celsius	$(t_C \times 1{,}8) + 32$ t_C=temperatura in °C	gradi Fahrenheit	°F
°F	gradi Fahrenheit	$5/9 \times (t_F - 32)$ t_F=temperatura in °F	gradi Celsius	°C
K	kelvin	$t_K - 273{,}15$ t_K= temperatura in K	gradi Celsius	°C