



Pensa alla **produttività**, Pensa **HSS**

BROCCIATURA

UTENSILI

- 2 Le basi della brocciatura
- 3 Vantaggi della brocciatura
- 4 Zoom su una broccia
- 5 Quale HSS per la massima efficienza?
- 6 Rivestimenti PVD per migliori prestazioni
- 7 Vocabolario
- 8 Due design base della broccia
- 9 Brocciatura interna: fori rotondi e quadrati
- 10 Brocciatura interna: scanalature
- 11 Brocciatura di profili esterni
- 12 Confronto tra brocciatura in trazione e brocciatura in spinta
- 13 Passo del dente

14 Trucioli di brocciatura

15 Dimensioni

16 Brocche interne: tipi di estremità

PROCESSO DI BROCCIATURA

17 Velocità di taglio comuni

18 Fluidi da taglio

19 Tipici problemi di brocciatura

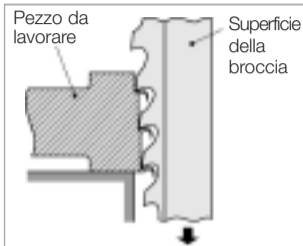
20 Usura

21 Calcolo del carico sulla broccia

22 La brocciatura in aeronautica

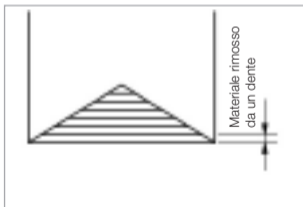
23 La brocciatura nell'industria degli autoveicoli

24 La brocciatura nella vita quotidiana

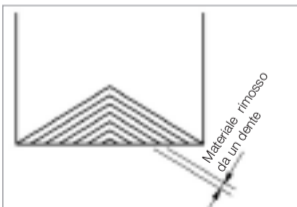


Processo di brocciatura della superficie

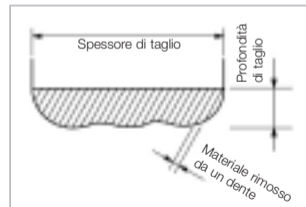
- La brocciatura è un'operazione di lavorazione nella quale l'utensile ha uno spostamento lineare.
- La forma dell'utensile è come la forma della parte ed è adatta alla produzione di sezioni complesse.
- Nella brocciatura, ogni dente rimuove progressivamente del materiale, al fine di produrre la forma finale.
- Tutte le operazioni (sgrossatura, semi-finitura, finitura) vengono effettuate in un singolo passaggio
- Raccomandata soprattutto per grandi serie, la brocciatura è un'alternativa tecnologica alla fresatura, foratura / alesatura, tornitura, rettifica e EDM.
- Prerequisito: la superficie da brocciare deve essere parallela alla direzione dello spostamento del dente.



Taglio convenzionale (OD o Altezza)



Taglio in forma



Taglio a generazione

Il processo di brocciatura è estremamente preciso. L'efficienza dimostrata nella produzione pesante non è riscontrata in alcun altro processo. La brocciatura è particolarmente indicata per l'industria automobilistica dove sono richiesti efficienza elevata e precisione.

- **Riduzione della durata del ciclo**

Le parti vengono prodotte in un passaggio unico (che di solito necessita di meno di un minuto). Con altri processi di lavorazione, sono richieste operazioni multiple per produrre forme complesse e/o irregolari.

- **Eccellente precisione e ripetitività del processo**

La dislocazione lineare vuole dire un numero ridotto di variabili di processo.

- **Superfici finite superiori**

La buona qualità si ottiene in un solo passaggio. L'ultimo dente di una broccia calibra o smeriglia i pezzi.

- **Lunga vita dell'utensile**

Ogni dente della broccia è a contatto con la superficie di lavoro solo una volta per ciclo. Quindi una broccia può produrre un ampio numero di parti prima di aver bisogno di riaffilatura.

- **Pratica e manutenzione semplificate**

Una brocciatrice non è una macchina complicata. Inoltre il carico e scarico delle parti è facilmente automatizzabile.

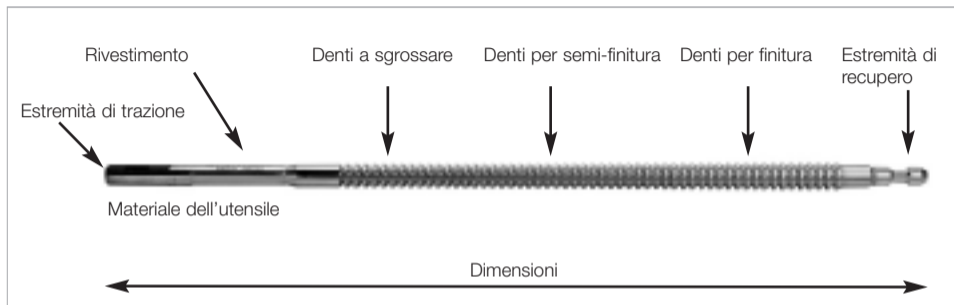
- **Processo con costi estremamente competitivi**

Per un'elevata produttività, si possono brocciare in un solo passaggio dei grandi gruppi di pezzi.

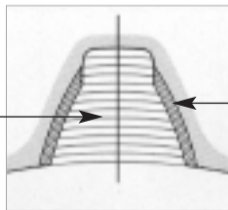


**SUGGERIMENTI
AI PRODUTTORI
DI UTENSILI**

*Ricordare che su
una broccia
la sezione
di finitura
è più grande
di quella di
sgrossatura*



Materiale rimosso
dai denti a sgrossare



Materiale rimosso
dai denti a finire



**SUGGERIMENTI
AI PRODUTTORI
DI UTENSILI**

*Per grandi serie,
rinforzate la vostra
produttività con le
brocche HSS-PM*

HSS

- Per materiali facili da lavorare, come alluminio, magnesio, acciai di facile lavorazione (Rm < 800 Mpa)
- Sempre meno impiegato

HSS-E

- Scelta base
- Per materiali quali acciai, acciai inossidabili, ghisa (Rm < 1000 Mpa)

HSS-PM
(metallurgia
delle polveri)

- Per un'alta produttività e una lunga vita dell'utensile
- Per leghe di nickel e titanio
- Adatto per lavorazione a secco

**SUGGERIMENTI
AI PRODUTTORI
DI UTENSILI**

*Per prestazioni
sempre migliori,
combinare un
rivestimento con un
substrato HSS-PM*

TiN
Oro

- Scelta base
- Miglior resistenza all'abrasione
- Per una più lunga vita dell'utensile

**TiAlN o
TiAlCN**
Nero-viola

- Per velocità e produttività elevata, soprattutto negli acciai
- Adatto anche per essere usato con micro lubrificazione o lavorazione a secco

**Acciaio
C45**

STORIA DI SUCCESSO

Operazione

- Broccatura interna ad alta velocità con una broccia rivestita HSS-PM e micro lubrificazione

Lunghezza di taglio • 30 mm

Benefici paragonati

- con lavorazione con una broccia HSS Co e olio
- **Velocità di taglio x 10** (v_c 50 m/min vs. 5 m/min)
- **Vita dell'utensile aumentata del 25%**
- Ridotta rugosità della superficie
- 15% in meno di costo per componente e minor consumo di energia

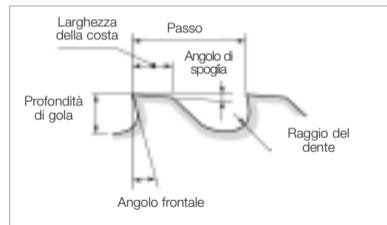
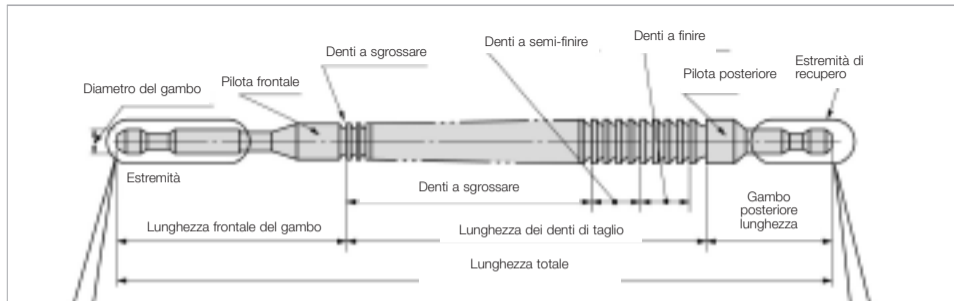
**UNA BROCCIA
NEL MONDO**

*Francese:
une broche*

*Tedesco:
ein Raumwerkzeug*

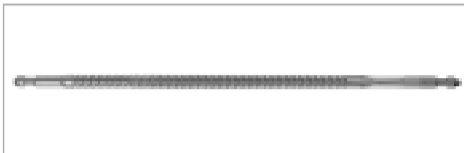
*Inglese:
a broach*

*Spagnolo:
una brocha*



Forma del dente





Broccia integrale

La scelta base



Broccia assemblata

Le brocche assemblate sono formate da vari segmenti di brocche.

- + Miglioramento della precisione del pezzo
- + Maggiore lunghezza dell'utensile paragonato con brocche integrali
- + Forme complesse che non sono possibili con brocche integrali

**SUGGERIMENTI
AI PRODUTTORI
DI UTENSILI**

La brocciatura è il solo sistema per produrre fori quadrati con angoli affilati



Brocche a impronta rotonda

Le brocche rotonde sono utilizzate per fori di precisione. Ci sono vari tipi di brocche rotonde: brocche a taglio rotativo usate per tagliare i pezzi di colata senza pre lavorazione, brocche a doppio taglio e brocche calibratrici per migliorare la finitura di superficie.



Brocche a impronta quadrata

Le brocche piatte e quadrate sono usate per produrre fori piatti e quadrati.



Brocche per cave di chiavetta

Le brocche per cave di chiavetta sono largamente impiegate spesso con una boccola di guida che stabilizza la broccia durante il processo. Quando la broccia non è abbastanza lunga per tagliare una cava di chiavetta in un passaggio, tra la broccia e la guida viene posta una camicia metallica. Ciò consente alla broccia di essere tirata due o tre volte.



Bocciatura di scanalature

La broccia per chiavette è usata per la finitura di scanalature ad evolvente o per scanalature a fianchi dritti.



Le brocche per scanalature a evolvente vengono impiegate nelle produzioni automotive.

Sono disponibili con denti rotondi di fronte, o denti rotondi in fondo o, per ridurre l'eccentricità sul diametro minore o maggiore di una scanalatura, con denti alternati dritti e arrotondati.



Brocciatura di scanalature a fianchi paralleli

Le brocche per scanalature a fianchi paralleli sono di solito usate in parti di rotaie o nella produzione di parti di macchine.



Brocciatura per alberi dentellati

Una broccia combinata, con denti sia dritti che arrotondati, possono diminuire l'eccentricità sul diametro minore o maggiore di una scanalatura.



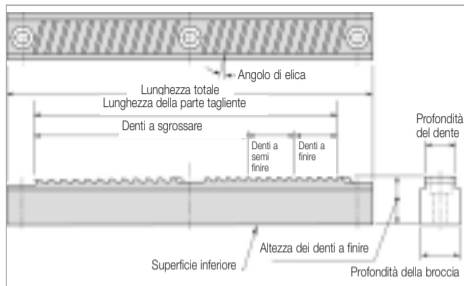
Brocciatura di forme speciali

Le scanalature elicoidali possono anche essere brocciate con brocche con dente a spirale.

I denti sono disposti su un percorso elicoidale intorno all'asse dell'utensile. L'angolo di elica corrisponde a quello richiesto per il lavoro.

SUGGERIMENTI AI PRODUTTORI DI UTENSILI

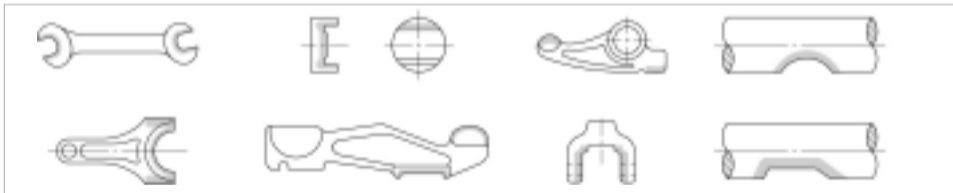
*Per una produzione
di massa,
la brocciatura
è una buona
alternativa
alla fresatura.
Migliora anche la
precisione!*



Broccia per profili esterni

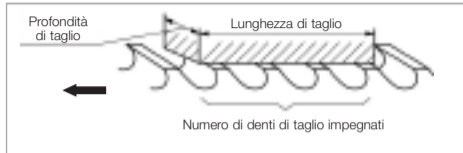
Brocche per profili esterni

- Una broccia per profili esterni è usata per rimuovere il materiale da una superficie esterna.
- La brocciatura di superficie è generalmente eseguita su una macchina verticale con movimento dall'alto in basso o viceversa.
- La broccia è generalmente fissata alla macchina per la sua intera lunghezza.



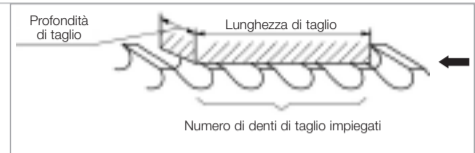
Esempio di parti brocciate

BROCCIATURA DI PROFILI ESTERNI



Broccatura in trazione

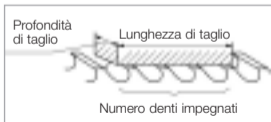
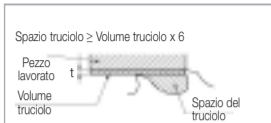
- La broccatura viene generalmente fatta in trazione.



Broccatura in spinta

- Quando il materiale da tagliare è relativamente piccolo, si userà una broccia di spinta.
- Una broccia di spinta ha una breve durata a causa dello sfregamento che avviene sul ritorno.
- La broccatura di spinta può anche essere fatta su un centro di lavorazione o un tornio.

CONFRONTO TRA BROCCIATURA IN TRAZIONE E BROCCIATURA IN SPINTA



Passo e vano truciolo

- Il passo è determinato come funzione dell'ammontare del metallo rimosso da un dente (t = spessore del truciolo). Per evitare che i trucioli si inceppino, il vano truciolo deve essere 6 volte superiore al volume asportato (Lunghezza di taglio x spessore del truciolo).

Passo variabile

- Per evitare segni del passo sulla superficie finita, sono usati due o tre diversi passi di lunghezza diversa.

Passo e lunghezza del taglio

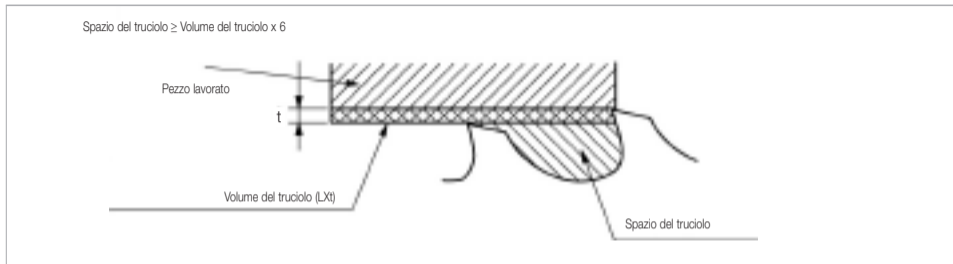
- Passo $P = 1,2$ to $2,0 \sqrt{L}$.

Numero di denti impiegati

- Generalmente, diversi denti tagliano contemporaneamente.
Numero di denti da taglio impiegati = Lunghezza di taglio/Passo (non deve essere un numero intero).

**SUGGERIMENTI
AI PRODUTTORI
DI UTENSILI**

IL vano truciolo deve essere di sei volte maggiore il volume asportato

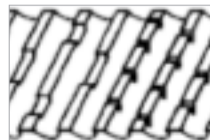


Rompitruciolo

I rompitrucioli sono usati sulle brocche per evitare la compressione del truciolo e facilitarne la rimozione. Senza rompitrucioli, la broccia produrrebbe trucioli a forma di anello che rimarrebbero bloccati nella gola del dente e potrebbero causare la rottura dell'utensile.

I rompitrucioli sono prodotti parallelamente all'asse dell'utensile.

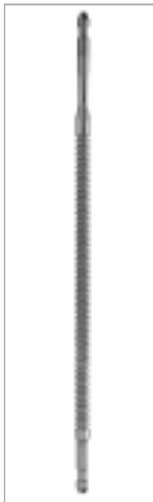
I rompitrucioli su denti alternati sono sfalsati così che ogni rompitruciolo sia seguito da un bordo tagliente.



**SUGGERIMENTI
AI PRODUTTORI
DI UTENSILI**

*Le brocche sono
generalmente utensili
molto lunghi, da 5xD
fino a 100xD e oltre.*

*Per evitare di
danneggiarle durante
l'immagazzinamento,
le brocche dovrebbero
essere appese
verticalmente*



Brocche piccole

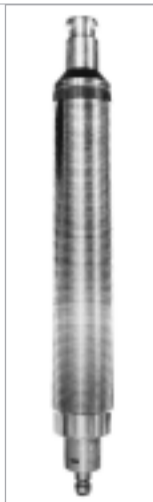
Esempi:

Broccia per chiavette rotonda

- Spessore: 0,4181 mm
- Diametro: 3,175 mm
- Lunghezza: 332 mm

Broccia quadrata

- Spessore quadrato: 2,3 mm
- Lunghezza: 220 mm



Brocche grandi

Esempio:

Broccia per ingranaggio interno

- Diametro: 290 mm
- Lunghezza: 2150 mm

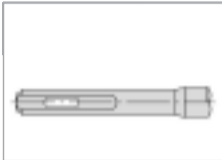
Le brocche sono generalmente utensili molto lunghi, da 5xD fino a 100xD e oltre.

**SUGGERIMENTI
AI PRODUTTORI
DI UTENSILI**

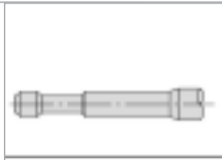
*La scelta delle
estremità di trazione
e recupero dipende
dal tipo di macchina
per brocciare
impiegata.*

*Non dimenticare
che i diametri
di entrambe
le estremità devono
essere inferiori
al foro pre-brocciato.*

ESTREMITÀ DI TRAZIONE



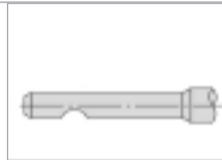
Coppiglia



Griffa/innesto filettato

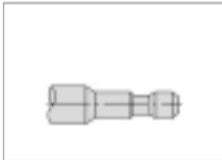


Filettata

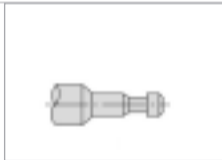


Spinotto

ESTREMITÀ DI RECUPERO



Griffa/innesto



Manicotto rotondo



Trapezoidale

**SUGGERIMENTI
AI PRODUTTORI
DI UTENSILI**

*Le velocità maggiori
possono essere
raggiunte grazie ai
nuovi materiali
HSS-PM con nuovi
rivestimenti PVD*

- La velocità di taglio influenza la precisione della brocciatura, la superficie del lavoro finito, e la vita dell'utensile.

Materiale del del Pezzo	HSS broccia	HSS Co broccia	Rivestito HSS-PM broccia
Acciaio	3-8	3-10	3-60*
Acciaio inox – tenace	2-5	2,5-4	2,5-5
Acciaio inox a buona lavorabilità	4-6	4-8	4-10
Ghisa	8-10	8-12	8-60*
Ottone	8-10	8-12	8-60*
Bronzo	8-10	8-12	8-60*
Alluminio	8-10	8-12	8-80*
Magnesio	8-10	8-12	8-80*

** Si richiede una speciale macchina per la brocciatura*

I fluidi da taglio nella brocciatura

- La refrigerazione è essenziale nella brocciatura. Ridurre la temperatura di 50° può aumentare la vita dell'utensile del 50%. La scarsa lubrificazione può addirittura causare l'interruzione dell'operazione di brocciatura.
- Il tipo di refrigerante usato per la brocciatura ha un grande effetto sul numero delle parti brocciate, sulla precisione e l'efficienza.
- Un refrigerante con bassa lubrificazione o durata provocherà un'usura più veloce dei denti da taglio e, di contro, la qualità superficiale sul profilo finito risulterà inferiore. Se la viscosità è troppo elevata, i trucioli si attaccheranno alla broccia, riducendone l'efficienza. Generalmente, un'elevata viscosità è raccomandata per le macchine orizzontali piuttosto che per quelle verticali.
- L'olio è consigliato per la brocciatura con additivi a basso attrito. La scelta del refrigerante dipende anche dal tipo di macchina per brocciare.
- I fluidi avanzati a base acquosa vengono sempre più impiegati per migliorare la refrigerazione a velocità elevata o per tagliare materiali resistenti al calore. Si consiglia l'impiego di olii solubili per evitare di dover ripulire delle parti e per ridurre il rischio d'incendio.

Quantità minima di lubrificazione

- Anche la microlubrificazione si sta sviluppando.
- La microlubrificazione fa sì che non serva la pulitura del pezzo e si tratta di una tecnologia eco-compatibile.
- Con I rivestimenti TiAlN e gli acciai HSS-PM si possono raggiungere dei risultati eccezionali (vedere il caso a pag. 6).



Problema	Soluzioni
Precisione dimensionale (sopradimensionata, sottodimensionata)	Anticipare la riaffilatura. Migliorare il flusso refrigerante. Controllare che non ci siano sbavature sui denti. Controllare la precisione dimensionale della broccia. Controllare il pezzo.
Precisione di affilatura e posizione (rotondità, fondo corsa)	Controllare l'estremità di trazione. Controllare l'angolo del profilo Controllare fissaggio e allineamento del pezzo, soprattutto se con pareti sottili. Controllare la lunghezza del taglio.
Scarsa finitura superficiale	Anticipare la riaffilatura. Migliorare il flusso refrigerante. Aumentare la velocità. Controllare che non ci siano sbavature sui denti. Controllare se ci sono vibrazioni.
Breve vita dell'utensile	Anticipare la riaffilatura. Migliorare il flusso refrigerante. Utilizzare una broccia HSS-PM e rivestimenti. Controllare se ci sono vibrazioni. Aumentare la lunghezza della guida.



Usura del fianco

- Normale tipologia di usura
- Diminuire la velocità di taglio (v_c)
- Utilizzare una broccia HSS-PM con rivestimento
- Aumentare il flusso refrigerante

Craterizzazione

- Da limitare
- Diminuire la velocità di taglio (v_c)
- Utilizzare una broccia rivestita per impedire l'usura chimica
- Controllare il flusso refrigerante

Deformazione

- Da evitare
- Diminuire la velocità di taglio (v_c)
- Aumentare il flusso refrigerante
- Utilizzare una broccia rivestita



- Carico stimato (kN) = profondità di taglio (mm)
x profondità di taglio/dente (mm)
x numero di denti taglienti impiegati
x specifica resistenza al taglio (kN/mm²)
- Carico di sicurezza (kN) = 1,8 x carico stimato

Materiale da lavorare	Profondità di taglio/dente (mm)			Specifica resistenza di taglio (N/mm ²)
	Broccia rotonda	Broccia per scanalature	Broccia per superficie esterna	
Acciai al carbonio	0,010-0,020	0,025-0,030	0,030-0,070	3000 - 4000
Acciai legati	0,010-0,020	0,025-0,030	0,030-0,070	3000
Ghisa	0,025-0,040	0,025-0,040	0,050-0,075	2000
Ghisa malleabile	0,025-0,035	0,025-0,035	0,050-0,075	1300-3000
Acciai inossidabili	0,020-0,030	0,020-0,030	0,030-0,060	4000
Leghe non ferrose	0,035-0,050	0,030-0,040	0,060-0,100	1000-2000

Esempi di calcolo

Brocciatura del lato parallelo della chiavetta 20 x 16 x 4 x 6SP in acciai legati

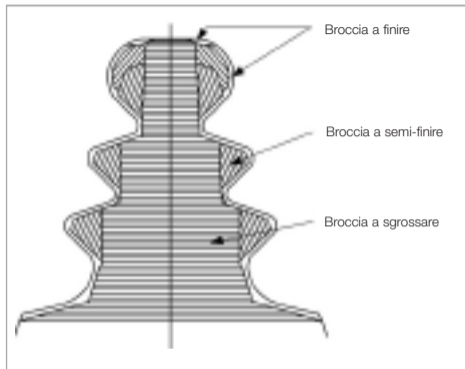
- Lunghezza del taglio = 25 mm
- Passo: $1,5 \times \sqrt{25} = 7,5$ mm
- Numero di denti impiegati: $25/7,5 = 3,4 \rightarrow 4$
- Profondità di taglio/dente: 0,025 mm
- Resistenza di taglio: 3 kN/mm²



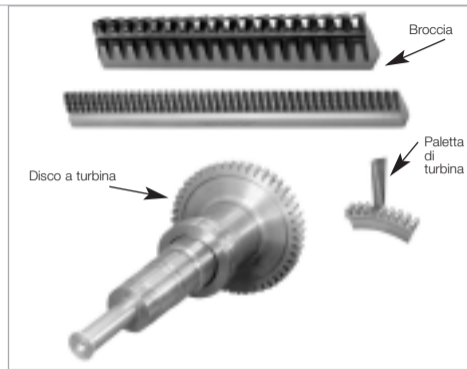
- Carico stimato: $(4 \times 6) \times 0,025 \times 3 \times 4 = 7,2$ kN
- Carico di sicurezza: $1,8 \times 7,2 = 13$ kN

**SUGGERIMENTI
AI PRODUTTORI
DI UTENSILI**

*Le brocche a pino
sono usate
per produrre
le scanalature dei
dischi turbina
per l'industria
aeronautica
o per la produzione
di energia*

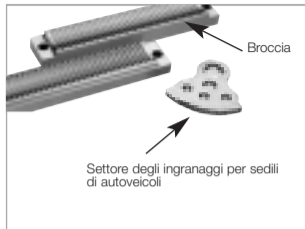


Profilo della broccia a pino

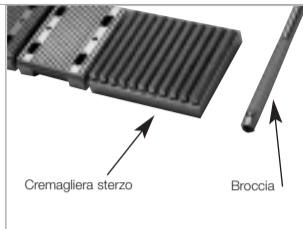


**SUGGERIMENTI
AI PRODUTTORI
DI UTENSILI**

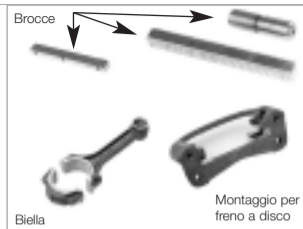
*Le brocche hanno
costi molto
competitivi per la
produzione in massa
di componenti per
autoveicoli.*



Brocciatura di ingranaggi



Brocciatura della cremagliera dello sterzo



Brocciatura delle bielle e dei freni a disco



Brocciatura di fori a chiave