

# OPERAZIONI MECCANICHE

## Fresatrice

### FOGLI PILOTA

#### Preparatori:

la macchina, i movimenti, le operazioni,  
i mezzi di fissaggio, il divisore, gli utensili,  
i fattori di taglio, ecc.

#### Di operazioni fondamentali:

operazioni tipiche considerate indipendenti  
le une dalle altre.

#### Di operazioni d'impostazione:

operazioni che fanno variare la forma del pezzo,  
modificando opportunamente la posizione del pezzo,  
della fresa e dei moti relativi.

#### Speciali:

applicazione di apparecchiature  
che permettono l'esecuzione  
di operazioni particolari.

**PUBBLICAZIONI DELLO STESSO U.T.C.**  
(Ufficio Tecnico Centrale)

## **OPERAZIONI MECCANICHE**

**Fogli pilota per:**

1. **Aggiustaggio**
2. **Tornio**
3. **Fresatrice**
4. **Rettificatrice** (in preparazione)

**S.E.I. - TORINO**

## PREFAZIONE

Questo nuovo fascicolo di **FOGLI PILOTA** (F.P.) per Fresatori che si aggiunge a quelli del **Corso base d'aggiustaggio** e del **Corso per tornitori** segue la stessa linea caratteristica, che è quella di presentare ed illustrare all'allievo le norme pratiche più importanti per eseguire le operazioni fondamentali alla Fresatrice, indipendentemente dall'oggetto sul quale l'operazione potrà essere eseguita.

I F.P. di questo Corso per Fresatori si dividono in quattro parti e cioè:

Preparatori; Operazioni fondamentali; Operazioni d'impostazione; Applicazioni speciali.

1. **Preparatori:** (dal 01 allo 016) illustrano le nozioni teorico-pratiche preliminari. Come si osserva nell'elenco, in questi F.P. si presenta all'allievo: la macchina, i movimenti, le operazioni, i mezzi di fissaggio, il divisore, gli utensili, i fattori di taglio, i difetti da evitare, ecc.

2. **Operazioni fondamentali:** (dal 1F al 12 F) si passano in rassegna le operazioni tipiche che si possono eseguire alla fresatrice, considerate indipendenti le une dalle altre.

3. **Operazioni d'impostazione:** nei F.P. 13-14-15 F si trattano le norme relative all'impostazione del pezzo e dell'utensile per coordinare fra di loro diverse operazioni fondamentali (spianatura-parallelismo, ecc.).

Il F.P. 16F riassume le possibilità di variare la forma dei profili ottenibili alla fresatrice con le operazioni fondamentali semplici, modificando opportunamente la posizione del pezzo, della fresa e dei moti relativi.

Tutti i F.P. seguenti (dal 17F al 29F) sviluppano queste possibilità, trattando del modo d'impiego del divisore che permette di ripetere più volte la stessa operazione semplice sul medesimo pezzo (cilindrico, conico, piano) ottenendo così forme caratteristiche di particolare importanza (innesti, alberi scanalati, ruote dentate, frese, ecc.).

4. **Applicazioni speciali:** (dal 30 F al 32 F) in questi ultimi fogli s'illustrano alcune operazioni che si possono eseguire alla Fresatrice applicandovi attrezzature speciali, con un breve cenno ai cicli di lavoro automatico a programma. Come già nei F.P. Tornitori, sul **Fronte** di ogni foglio si osservano:

— Due o tre *Figure principali* che danno una idea prospettica dell'operazione con i dati tecnici relativi.

— Un certo *Numero di figure* che illustrano le fasi caratteristiche per eseguire l'operazione considerata, con un breve riassunto delle norme rispettive che vengono ampiamente specificate sul *Retro*.

— In basso il *Titolo del foglio* che identifica l'operazione trattata.

Sul **retro** di ogni foglio si ha la descrizione delle *Norme*, suddivise come segue:

— scopo dell'operazione;

— attrezzature da usare (utensili, mezzi di fissaggio e di controllo);

— caratteristiche specifiche dell'operazione e cioè l'importanza e le applicazioni che la stessa può avere;

— metodi di lavoro per i vari casi in cui l'operazione può essere suddivisa;

— eventuali *avvertenze* ossia alcune norme ausiliarie e complementari.

Dato che la Fresatrice è una macchina piuttosto complessa, prima di iniziare l'esecuzione pratica delle *operazioni fondamentali* si dovrebbe affrontare lo studio dei *F.P. preparatori* perché l'allievo possa prender contatto con la macchina con tutta sicurezza ed evitare false manovre o errori grossolani.

Ciò gli infonderà fiducia e lo farà progredire rapidamente nella conoscenza pratica effettiva di tutte le possibilità della macchina.

## ELENCO FOGLI PILOTA PER FRESATORI

### F. P. preparatori

- 01F: *Fresatrici: classifica, nomenclatura, spostamenti, controlli*
- 02F: *Traiettorie dei movimenti della tavola*
- 03F: *L'operatore alla fresatrice*
- 04F: *Operazioni fondamentali*
- 05F: *Antinfortunistica*
- 06F: *Mezzi di fissaggio: staffe*
- 07F: *Mezzi di fissaggio: morsa*
- 08F: *Divisore universale: messa a punto e norme d'uso*
- 09F: *Divisore universale: metodi e regole di divisione*
- 010F: *Frese e loro caratteristiche*
- 011F: *Montaggio delle frese*
- 012F: *Affilatura delle frese*
- 013F: *Velocità di taglio*
- 014F: *Scelta delle condizioni di lavoro*
- 015F: *Difetti e deformazioni sui pezzi fresati*
- 016F: *Richiami di trigonometria e tabelle*

### F. P. operazioni fondamentali

- 1F: *Spianatura di superfici orizzontali*
- 2F: *Spianatura di superfici verticali*
- 3F: *Spianatura di superfici inclinate*
- 4F: *Fresatura di superfici sagomate*
- 5F: *Scanalature a fianchi rettilinei*
- 6F: *Esecuzione di scanalature a « T »*
- 7F: *Coda di rondine a tenone*
- 8F: *Coda di rondine a martisa*
- 9F: *Scanalature non passanti*
- 10F: *Profilature multiple con più frese*
- 11F: *Foratura alla fresatrice*
- 12F: *Alesatura alla fresatrice*

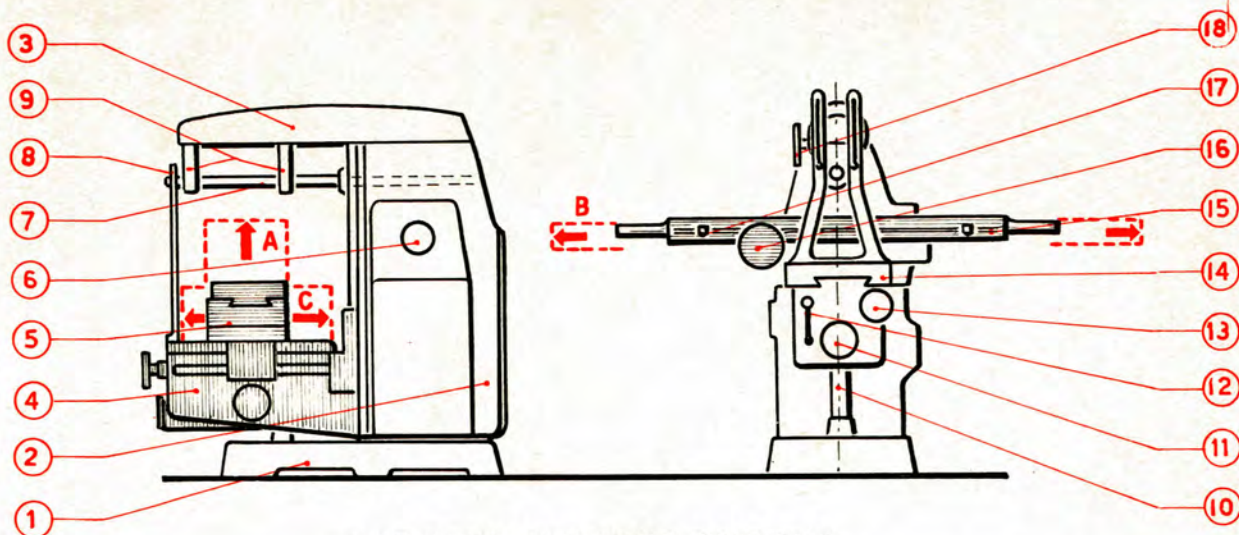
### F. P. operazioni d'impostazione

- 13F: *Superficie parallela a una esistente*
- 14F: *Superfici perpendicolari ad altre esistenti*
- 15F: *Superfici parallele-perpendicolari a gradini (Impostazione unica)*
- 16F: *Operazioni eguali-equidistanti su corpi in rivoluzione (Generalità)*
- 17F: *Superfici e scanalature eguali-equidistanti su un cilindro (Poligoni-Maschi-Alesatori)*
- 18F: *Scanalature eguali-equidistanti su un cilindro (Ruote dentate cilindriche)*
- 19F: *Scanalature eguali-equidistanti su un cilindro (Frese)*
- 20F: *Scanalature eguali-equidistanti su un cilindro (Alberi scanalati)*
- 21F: *Scanalature eguali-equidistanti su un cilindro (Ruote dentate per catene)*
- 22F: *Scanalature eguali-equidistanti su un cono (Ruote dentate coniche)*
- 23F: *Scanalature eguali-equidistanti su un tronco di cono (Frese coniche-biconiche-frontali)*
- 24F: *Scanalature eguali-equidistanti radiali al centro (Superficie piana - Innesti)*
- 25F: *Scanalature eguali-equidistanti elicoidali (Ruote dentate elicoidali)*
- 26F: *Scanalature elicoidali eguali-equidistanti su un cilindro (Frese elicoidali)*
- 27F: *Scanalature di forma eguale con passo corto su un cilindro (Vite perpetua-ruota elicoidale)*
- 28F: *Fresatura a spirale piana e cilindrica (Eccentrici e bocciuoli)*
- 29F: *Operazioni eguali-equidistanti di precisione (Graduazioni-cremaliera-fori)*

### F. P. applicazioni speciali

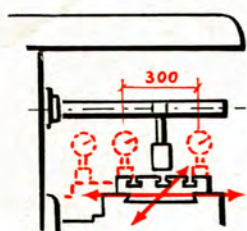
- 30F: *Applicazioni speciali: apparecchio stozzatore*
- 31F: *Applicazioni speciali: divisore automatico per fresare con creatore*
- 32F: *Applicazioni varie sulla fresatrice*



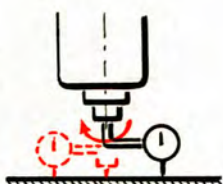


1. FRESATRICE ORIZZONTALE UNIVERSALE

Spostamenti: Verticale (A) della mensola; Longitudinale (B) della tavola; Trasversale (C) del carro; Rotativo (D) della tavola.



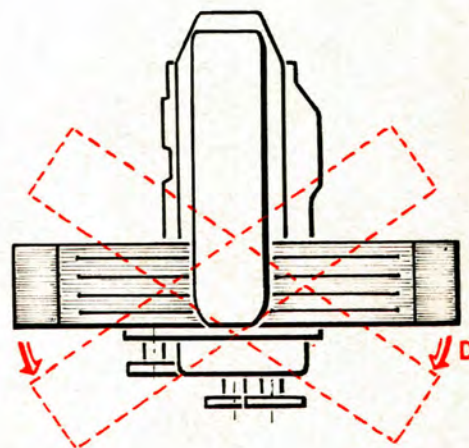
Controllo mandrino e tavola



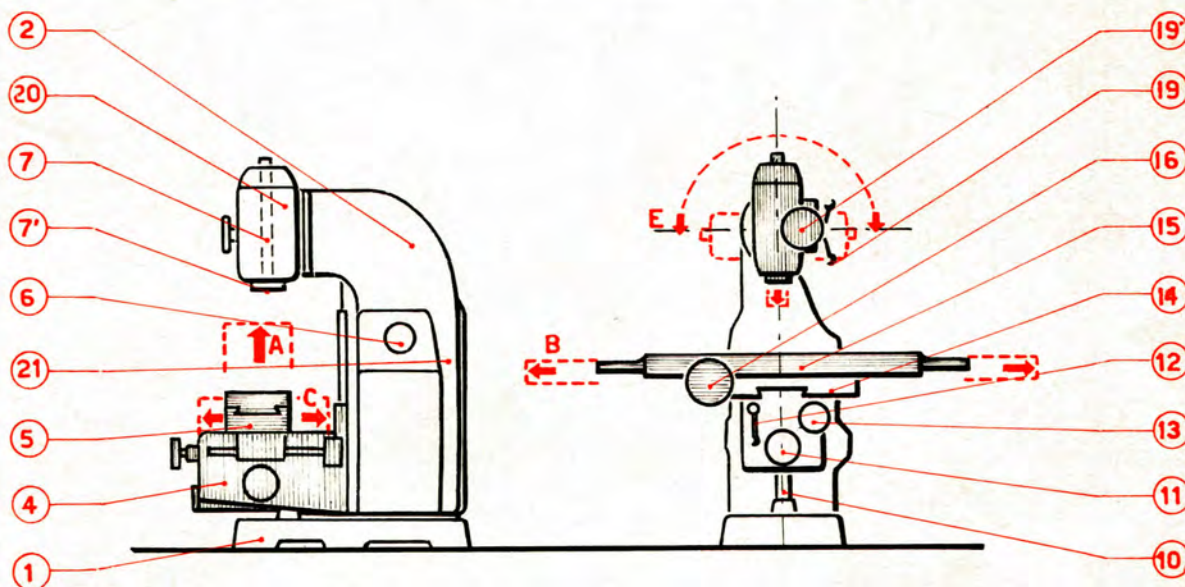
Controllo verticale testa

TERMINOLOGIA

1. Basamento
2. Montante
3. Braccio
4. Mensola
5. Carro
6. Comando velocità mandrino
7. Mandrino porta fresa
8. Sostegno del braccio (bretelle)
9. Sostegno principale ed intermedio
10. Sostegno vite telescopica
11. Preselettore cambio velocità
12. Spostamento automatico mensola
13. Spostamento slitta trasversale
14. Slitta trasversale
15. Tavola portapezzi
16. Spostamento tavola
17. Scontri sulla tavola
18. Spostamento braccio
19. Comando micrometrico testa
20. Testa orientabile
21. Riparo



3. FRESATRICE UNIVERSALE: Rotazione tavola



2. FRESATRICE VERTICALE

Spostamenti tipici: Verticale (A1) del mandrino; Orientabile (E) della testa



## 1. Tipi di fresatrici

**ORIZZONTALE - UNIVERSALE:** con slitta orientabile che permette inclinare la tavola di un certo angolo nei due sensi e, in unione con il divisore universale, la costruzione di eliche e camme.

**VERTICALE:** con il mandrino disposto verticalmente. La testa portamandrino può essere: fissa, orientabile, scorrevole (fig. 2).

**NOTA:** nei due tipi la tavola portapezzi possiede i tre movimenti ortogonali e cioè:

Longitudinale - Trasversale - Verticale (fig. 1-2).

## 2. Struttura generale ed organi di comando

Il gruppo dell'*incastellatura* comprende:

- basamento, montante, braccio superiore con supporti, albero portafresa, maniglie di comando.

Il gruppo che trasmette i *movimenti al pezzo* comprende:

- vite telescopica, mensola con movimento verticale, slitta trasversale, slitta longitudinale (tavola) orientabile sulla prima.

Il gruppo di *comando* è costituito da:

- *Motore principale*, che, attraverso la frizione ed il cambio di velocità trasmette il moto di rotazione alla fresa.
- *Motore secondario* che, attraverso i giunti di sicurezza e del cambio degli avanzamenti trasmette i moti di traslazione (rapidi o lenti) al pezzo.

Per *predisporre* i diversi movimenti (longitudinale, trasversale, verticale) si opera sulle rispettive leve; dopo di ciò si agisce su di una unica leva per effettuarli.

## 3. Lavorazioni caratteristiche alla fresatrice (F.P. 04F)

- superfici piane;
- superfici combinate (diedri retti, acuti, ottusi, concavi, convessi);
- creazione di profili semplici e complessi;
- scanalature di varia profondità e forma;

- taglio di ruote dentate (cilindriche, coniche, elicoidali, per catene, ecc.);
- taglio di viti senza fine, cremagliere, divisioni di precisione, ecc.;
- costruzione di eliche, camme, bocciuoli, ecc.

## 4. Pregi di una fresatrice

- vasta gamma di numero di giri del mandrino e degli avanzamenti;
- grande capacità dimensionale di lavoro;
- potenze elevate dei motori di comando;
- facilità di accesso alle varie parti di comando (disposti su unico pannello);
- rigidità della macchina e del mandrino portafresa;
- facilità di applicazione dell'apparecchio verticale o universale;
- facilità di montaggio e smontaggio degli utensili (albero con estrattore);
- facilità di registrazione del mandrino;
- facilità di spostamento degli organi mobili;
- possibilità di misurazioni con blocchetti e dell'applicazione di lettori ottici.

## 5. Norme per la buona conservazione della macchina

- a) non usare utensili o chiavi per battere sui pezzi o sugli organi della macchina;
- b) prima d'innestare l'avanzamento automatico assicurarsi che durante le passate non vi siano intoppi (supporto del mandrino che tocca nella morsa, bulloni troppo lunghi, ecc.);
- c) assicurarsi che il bloccaggio del pezzo sia efficiente, prima di avviare la macchina;
- d) non appoggiare pezzi alla macchina, anche se questa è ferma;
- e) assicurarsi che gli utensili siano ben centrati e fissi;

- f) osservare che l'alimentazione del pezzo avvenga sempre in senso opposto alla rotazione della fresa, se la macchina non dispone di mezzi per la lavorazione in *concordanza*;
- g) impiegare sempre l'estrattore per fissare o espellere l'albero portafresa dalla sua sede.

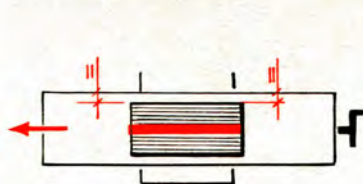
## 6. Controlli sulle fresatrici

Affinché una macchina fresatrice funzioni correttamente è necessario che sia installata con la tavola perfettamente orizzontale nei due sensi, sia adoperata con cura ed attenzione e risponda positivamente alle norme di collaudo.

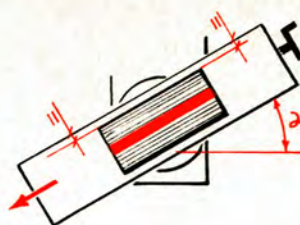
Le **NORME DI COLLAUDO** (Schlesinger, Salmon, DIN) prescrivono per la fresatrice universale i seguenti controlli principali:

- a) guide verticali dell'*incastellatura* perpendicolare all'asse del mandrino (errore ammesso = 0,02 su 300 mm.);
- b) guide del braccio superiore parallele all'asse del mandrino (errore ammesso = 0,02 su 300 mm.);
- c) fori dei supporti d'estremità ed intermedio assiali al mandrino (errore ammesso = 0,02 su 300 mm.);
- d) oscillazione trasversale della sede conica del mandrino vicino, all'*incastellatura* e ad una distanza di 300 mm. (errore ammesso = 0,01);
- e) oscillazione assiale del mandrino (errore ammesso = 0,02);
- f) movimento trasversale della tavola parallela all'asse del mandrino (errore ammesso = 0,02 su 300 mm.);
- g) superficie della tavola parallela all'asse del mandrino (errore ammesso = 0,02 su 300 mm.);
- h) scanalatura mediana a «T» della tavola, parallela all'asse della guida di scorrimento della medesima (errore ammesso = 0,02 su 300 mm.);
- i) livellamento della tavola portapezzi in direzione longitudinale e trasversale (errore ammesso = 0,02 su 300 mm.);
- l) perpendicolarità del mandrino dell'apparecchio verticale nei due sensi (errore ammesso = 0,02 su 300 mm.).

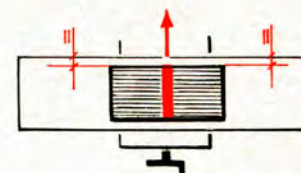




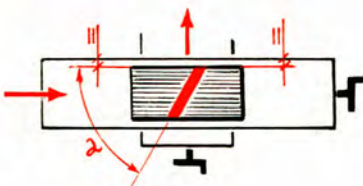
1. Movimento longitudinale



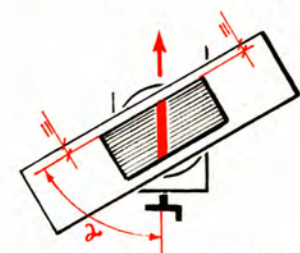
2. Movimento longitudinale obliquo



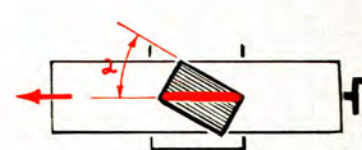
3. Movimento trasversale



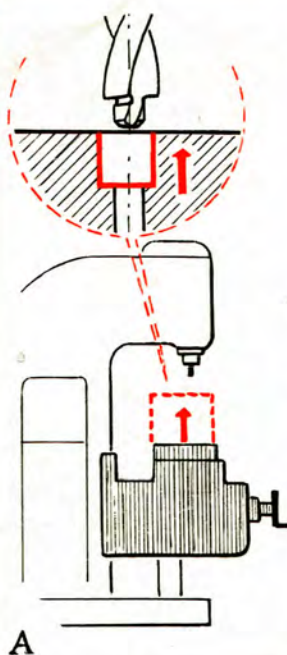
4. Movimenti ortogonali simultanei



5. Movimento trasversale (tavola inclinata)



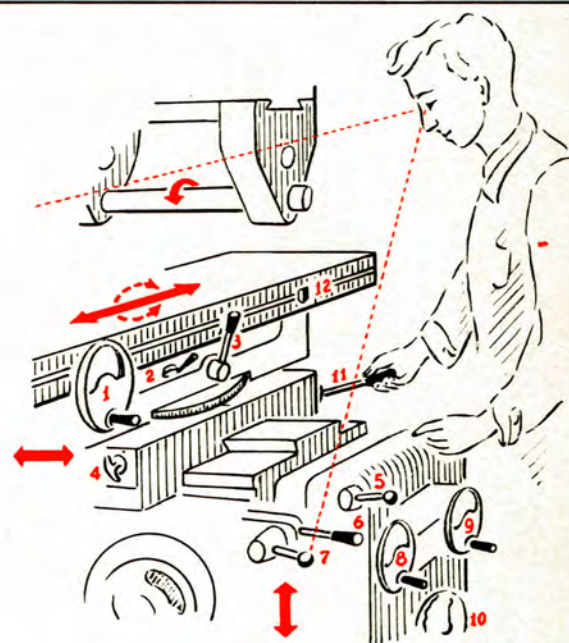
6. Movimento longitudinale (pezzo inclinato)



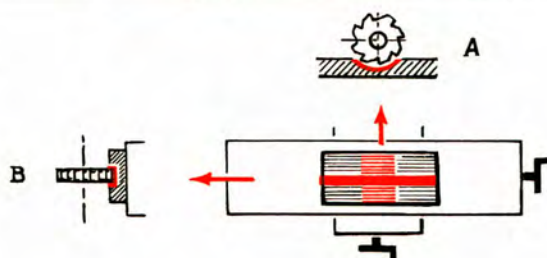
A

### COMANDI MENSOLA E TAVOLA

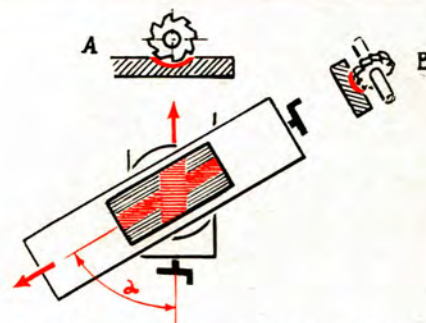
1. Comando manuale tavola
2. Ripresa dei giuochi
3. Avanzam. autom. longitudinale
4. Pompa lubrificazione guide
5. Avanzamento automatico verticale
6. Arresto macchina
7. Avanzamento rapido
8. Spostamento verticale mensola
9. Spostamento trasversale carro
10. Preselettore avanzamenti
11. Avanzam. automatico trasversale
12. Disinnesto avanzam. longitudinale.



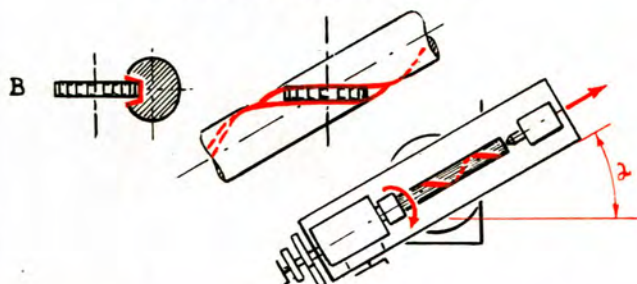
B



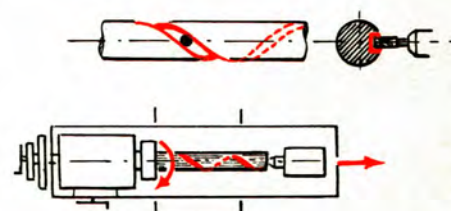
7. Movimenti ortogonali alternati



8. Movimenti ortogonali (tavola inclinata)



9. Movimenti combinati (con divisore): fresa orizzontale



10. Movimenti combinati (con divisore): fresa verticale

1. Qualunque sia l'inclinazione della tavola longitudinale, si ottiene sempre, nella sua traslazione, una traiettoria parallela alle guide della stessa (fig. 1 con fresa a disco; fig. 2 con fresa a gambo).
2. Per ottenere una traiettoria orizzontale perpendicolare alle guide della tavola, vi è un solo metodo e cioè il movimento della slitta trasversale (fig. 3 con fresa a gambo).
3. Per ottenere traiettorie oblique vi sono tre metodi e cioè:
  - a) combinazione manuale dei movimenti trasversali e longitudinali (scanalatura di forma grossolana ottenuta manualmente fig. 4);
  - b) posizionamento del pezzo con piano di riferimento parallelo alle guide della tavola inclinata dell'angolo voluto (fig. 5 con fresa a gambo);
  - c) lo stesso risultato si può ottenere orientando il piano di riferimento del pezzo sulla tavola dell'angolo voluto (fig. 6 con fresa a disco).
4. Operando con frese a disco (con l'asse della fresatrice orizzontale) per ottenere scanalature esattamente corrispondenti allo spessore della fresa (fig. 7b) occorre disporre il pezzo e la tavola come in fig. 1-7. Con il movimento trasversale il profilo risulta concavo (fig. 7a) con raggio corrispondente a quello della fresa.
5. Inclinando la tavola, sempre con frese a disco, si ottiene:
  - a) con movimento trasversale; un profilo concavo corrispondente al raggio della fresa inclinato dell'angolo  $\alpha$ ;
  - b) con quello longitudinale: un profilo concavo diverso, da quello della fresa, ma parallelo all'asse del pezzo (fig. 8b).
6. Con l'ausilio del divisore universale opportunamente collegato alla vite madre della fresatrice e con la tavola inclinata dell'angolo corrispondente, si possono ottenere scanalature ad elica, che però non possono avere i fianchi paralleli, perché la fresa a disco a tre tagli all'entrare ed all'uscire dalla scanalatura asporta del materiale sui fianchi (fig. 9b).
7. Scanalature ad elica con fianchi paralleli si possono ottenere soltanto con frese a gambo, anche senza inclinare la tavola (fig. 10).
8. Operazioni di foratura, alesatura e fresatura verticale si possono eseguire unicamente con il movimento della mensola (fig. A).  
Le dette operazioni si possono pure effettuare con la mensola ferma, disponendo di fresatrice con testa verticale dotata di movimento autonomo oppure con movimento verticale del solo mandrino.

**NOTA:** le operazioni illustrate nelle figure 1-6-7 si possono eseguire su fresatrici semplici e quella indicata nella figura 9 unicamente sulla fresatrice universale.





« IMPARARE A LAVORARE CON INTEL-  
LIGENZA SIGNIFICA PREOCCUPARSI NON  
SOLO DEL "COME" (HOW), MA ANCHE DEL  
"PERCHÈ" (WHY) IN OGNI OPERAZIONE ».



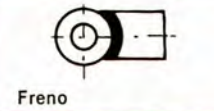
SIMBOLI USATI

## QUALITÀ PERSONALI DEL FRESATORE

1. Qualità fisiche
2. Conoscenza del disegno e del calcolo
3. Padronanza della macchina e delle attrezzature

## COMPITI SPECIFICI

1. Verifica e registrazione dei giochi
2. Messa a punto delle attrezzature e del lavoro
3. Esecuzione razionale del lavoro



NELLE TARGHETTE DELLE MACCH. UTENS.



« È RELATIVAMENTE FACILE ACQUISTARE UNA  
BUONA ABITUDINE DI LAVORO, MA È DIFFICILE  
ESTIRPARNE UNA CATTIVA CHE SI FOSSE PRE-  
SA PER NEGLIGENZA ».





L'operatore alla fresatrice universale deve: (vedi fig. 1-14):

**1. Possedere in maniera sufficiente le seguenti qualità fisico-intellettuali.**

- estremità inferiori robuste per poter lavorare costantemente in piedi;
- agilità e sicurezza negli arti superiori, per effettuare messe a punto precise e rigorose;
- buon coordinamento occhio-mano e di entrambe le mani per azionare contemporaneamente slitte diverse della macchina;
- buona acutezza visiva;
- sensibilità di percezione dei rilievi e delle profondità;
- buona capacità nei calcoli necessari per l'impostazione e controllo del proprio lavoro;
- elasticità di adattamento all'esecuzione di lavori sempre diversi;

**2.** Conoscere bene il disegno industriale meccanico, le sue convenzioni, tolleranze di lavorazione, ecc. Deve inoltre saper interpretare i fogli di istruzione ed i cicli di lavorazione.

**3.** Conoscere i materiali che deve lavorare, le loro proprietà meccaniche e tecnologiche, i loro trattamenti termici al fine di poter adottare per ognuno la velocità di lavoro, i tipi di frese, la refrigerazione più opportuna, ecc.

**4.** Conoscere e saper usare con raziocinio ed efficienza tutte le attrezzature che si utilizzano nel fissaggio dei pezzi e degli utensili, nonché la corretta manipolazione degli strumenti di misura e di controllo.

**5.** Conoscere e saper applicare in ogni momento durante il lavoro le norme antinfortunistiche proprie del fresatore (F.P. 05F).

**6.** Saper conservare la macchina in modo che mantenga nel tempo la sua efficienza e precisione e perciò:

- mantenerla pulita e lubrificata specialmente nelle parti scorrevoli;
- non lasciar mancare l'olio nei serbatoi ed assicurarsi che l'olio giunga nei punti previsti;
- non depositare sulla tavola: chiavi, martelli, strumenti, pezzi da lavorare, ma deporli su apposita tavoletta;
- mantenere nel massimo ordine il posto di lavoro e l'armadio, collocando ogni accessorio, utensile, strumento, ecc. al posto assegnato;
- maneggiare con delicatezza gli alberi porta-fresa, evitando colpi, cadute, torsioni; pulire inoltre accuratamente il codolo prima di infilarlo nel mandrino principale, o in quello della testa verticale;

**7. Saper controllare e registrare nella macchina:**

- i giochi: nelle viti di comando; nei lardoni delle slitte; nel mandrino principale; nel mandrino della testa verticale;
- l'efficienza della frizione;
- la tensione delle cinghie;
- la centratura dell'albero portafresa;
- il centraggio della punta del divisore universale;
- l'allineamento della controtesta con il divisore.

**8.** Saper adoperare razionalmente tutti i mezzi di fissaggio dei pezzi (staffe, bulloni, morse, squadre, attrezzature diverse) avendo cura di non deformarli (F.P. 06F-07F).

**9.** Scegliere il tipo di fresa più conveniente al lavoro da eseguire (F.P. 010) e mantenerle in efficienza (F.P. 011F).

**10.** Montare convenientemente la fresa curando la centratura sugli alberi portafresa, pinze espansibili, coni di riduzione, ecc., in relazione con il suo modo di lavorare (F.P. 011F).

**11.** Determinare la velocità, gli avanzamenti e le profondità di passata per le operazioni di sgrossatura e di finitura, in relazione al materiale da

lavorare, alla solidità di fissaggio, alla fresa ed all'operazione da compiere (F.P. 013F).

**12.** Conoscere e saper coordinare le operazioni di fresatura, dalle più semplici di *esecuzione* alle più complesse di *impostazione* (vedi F.P. Operazioni).










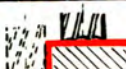






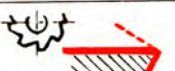

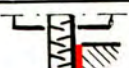


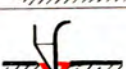




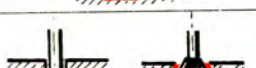

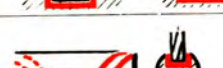


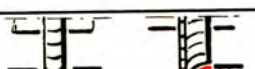


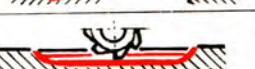


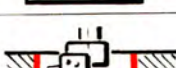

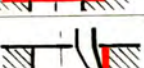





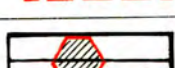

**13.** Controllare il pezzo finito in macchina (prima di smontarlo dalle attrezzature), osservando specialmente di non dimenticare nessuna operazione il che obbligherebbe a un laborioso rimontaggio ed allineamento.

**14.** Verificare i pezzi eseguiti in tutti i dettagli, valutare i tempi impiegati e rendersi conto di eventuali errori commessi (scheda di collaudo).

**NOTA:** le operazioni indicate ai punti: 8-9-10-11 sono generalmente indicate con il termine: *messaggio a punto della macchina* per una data lavorazione. Il Fresatore deve inoltre conoscere:

- le manovre necessarie per avviare e fermare (anche rapidamente) la rotazione del mandrino e gli avanzamenti automatici;
- le diverse velocità disponibili del mandrino portafresa;
- i diversi valori degli avanzamenti al pezzo, nei suoi movimenti longitudinale, trasversale e verticale ed elicoidale, nei due sensi, a mano ed automaticamente, lentamente e rapidamente;
- il modo di bloccare le slitte che debbono rimanere ferme durante il lavoro;
- il modo di riprendere il giuoco delle viti di manovra e cioè: ruotando opportunamente i volantini secondo il movimento che si vuole ottenere, in modo che la vite sia *sotto tensione*;
- il modo di manovrare i tamburi graduati e cioè: dopo aver ripreso il giuoco della vite, impostare il tamburo sulla linea di fede in modo che coincida con la divisione che dista dallo zero della quantità corrispondente allo spostamento da effettuare;
- i simboli unificati indicati nelle targhette della macchina fresatrice (figure centrali).



Fresatura di			A - con fresa a gambo	B - con fresa a disco	C - con fresa speciale	F.P. n.	
Super. plane	orizzontali	1				1	
	verticali	2				2	
	oblique	3				3	
	parallele	4					
Superfici ad angolo	esterno	retto	5				2-10
		ottuso	6				
		acuto	7				
	interno	retto	8				15
		ottuso	9				
		acuto	10				
Sup. combinate	scanalature	semplici	11				5
		composte	12				6-7
		elicoidali	13				
S. sagomate	esterne	14				4	
	interne	15				4	
Superfici varie	forate	16				11	
	alesate	17				12	
	stozzate	18					
	tagliate	19					
	dentate	20				18	
	poligonate	21				17	
	filettate	22				27	
SPS MECCANICI		OPERAZIONI FONDAMENTALI ALLA FRESATRICE				04 <sub>F</sub>	



1. **La maggior parte delle operazioni fondamentali alla fresatrice si possono compiere con unico posizionamento della fresa e del pezzo, le altre con posizionamenti successivi.**

## 2. **Posizionamento delle frese**

A) *Frese a gambo*: con un solo posizionamento di questo tipo di fresa si possono eseguire tutte le operazioni elencate, con eccezione delle n. 6-7-9 per le quali occorre spostare l'asse della fresa e delle n. 16-17-18 che abbisognano di altri tipi di utensili.

B) *Frese a disco*: il posizionamento di queste frese non può essere modificato, se non si ricorre alla testa verticale o universale. Le operazioni n. 3-9 si potrebbero eseguire inclinando l'asse della fresa, mentre quelle indicate ai n. 13-16-17-18-22, non sono eseguibili con questo tipo di frese.

C) *Frese sagomate*: le operazioni che non si possono eseguire con questo tipo di frese sono i n. 1-7-8-11-12-16-18-19-21.

## 3. **Posizionamento del pezzo**

Per effettuare le operazioni illustrate

(n. 22) il pezzo dovrebbe modificare la sua posizione soltanto nelle operazioni n. 4-20-21 per fresa del tipo A); n. 4-5-6-7-20-21 usando la fresa del tipo B); e n. 13-15-20 con frese del tipo C).

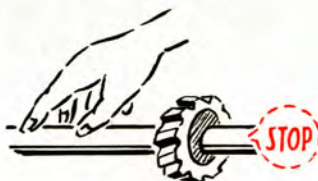
**NOTA:** I posizionamenti successivi delle frese (fase di operazioni) per eseguire le operazioni indicate con unico posizionamento del pezzo sono contrassegnati con un triangolo nella parte inferiore della figura corrispondente.

I posizionamenti successivi dei pezzi (operazioni) sono indicati con un triangolo nella parte superiore della figura corrispondente.





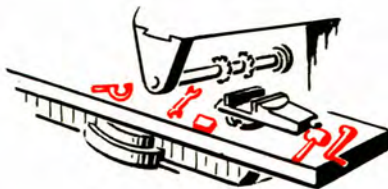
1. Macchina in ordine e con protezione



2. Toccare solo a macchina ferma



3. Pulire a macchina ferma



1'. Macchina in disordine e senza protezione



2'. Pericolo con la fresa in moto



3. Pericolo con la fresa in moto

#### GENERALITÀ SULL'INFORTUNISTICA

1. Montaggi sicuri e razionali
2. Velocità economiche
3. Continuità di lavoro

#### L'OPERATORE DEVE POSSEDERE

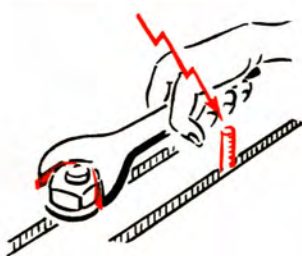
1. Prontezza d'intervento
2. Oculatezza e riflessione
3. Prudenza nell'agire

#### LA MACCHINA RICHIEDE

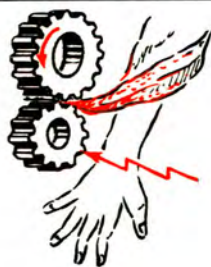
1. Ordine e pulizia
2. Efficienza nel lavoro
3. Lubrificazione accurata



4. TEMERITÀ E DISTRAZIONE



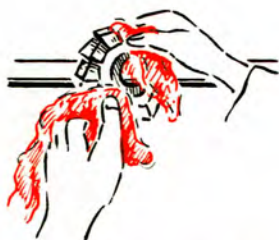
5. Chiave inadatta e ostacolo



6. Maniche svolazzanti



7. Mancanza di protezione



8. Protezione alle mani



9. Protezione alla vista



10. Soccorso e disinfezione



## NORME GENERALI

Gli infortuni si evitano applicando correttamente le norme preventive ma più ancora con: l'ordine, la cautela, l'attenzione e la consapevolezza da parte dell'operatore.

In genere gli infortuni dipendono dal fattore umano.

Il *disordine* e la *disattenzione* sono la causa di molti infortuni e quindi dovere ed interesse dell'operatore:

- a) di mantenere il posto nel massimo ordine;
- b) non distrarsi e non distrarre i compagni di lavoro;
- c) non parlare senza necessità;
- d) concentrarsi il più possibile nel proprio lavoro;
- e) non essere precipitato nei movimenti e non correre nel reparto macchine;
- f) agire sempre con calma, tranquillità e ponderatezza;
- g) evitare qualunque imprudenza in prossimità delle macchine in movimento specialmente quando la stanchezza espone più facilmente ad azioni irriflessive.

*La fresatrice non è di per sé una macchina pericolosa, lo può divenire per i negligenzi e distratti.*

## NORME RELATIVE ALL'OPERATORE

1. Usare occhiali protettivi (fig. 9) oppure applicare sulla macchina pro-

tezioni opportune che fermino i trucioli proiettati dalla fresa quando si lavora ottone, bronzo, ghisa.

2. Non approssimare troppo il viso alla fresa in rotazione e non soffiare sui trucioli, per evitare che questi entrino negli occhi.
3. Non approssimare le mani, né spazzole né stracci alla fresa in movimento; potrebbero essere impigliate fra la fresa ed il pezzo.
4. Dovendo misurare o comunque controllare il pezzo in lavorazione, fermare prima la macchina.
5. Non avviare la macchina senza prima assicurarsi che tutto (lubrificazione, protezioni, posizionamento e bloccaggio del pezzo, ecc.) sia in ordine.
6. Dovendo toccare i taglienti delle frese, usare apposite protezioni alle mani (fig. 8), e rimetterle al proprio posto appena finito di usarle per evitare di toccarle inavvertitamente.
7. Togliere i trucioli con il gancio o spazzola e mai con le mani.
8. Per il trasporto o collocazione sulla macchina di pezzi pesanti usare le apparecchiature convenienti (carrelli, gru, ecc.).
9. Collocare appositi ripari dove occorrono (fig. 1).
10. Lavorare sempre con abito da lavoro, tenendo abbottonate le maniche (fig. 6).

11. Scartare le chiavi con apertura difettosa od allargata ed in quanto possibile non usare quelle regolabili per evitare di ferirsi (fig. 5).

12. Asportare nelle chiavi, le eventuali sbavature o ruvidità per non ferirsi le mani.

13. Maneggiare le chiavi tirandole verso la propria persona e non spingerle in avanti.

14. Assicurarsi nell'usare chiavi di bloccaggio che le nocche delle dita non abbiano a battere contro qualche ostacolo (fig. 5).

15. Mantenere ordine e pulizia negli accessori, nei pezzi da lavorare, ed attorno alla macchina (una goccia d'olio sul pavimento può causare cadute pericolose).

16. Curare la propria nettezza personale ed in caso di ferite, farle disinfettare subito e tenerle bendate sino alla completa guarigione (fig. 10).

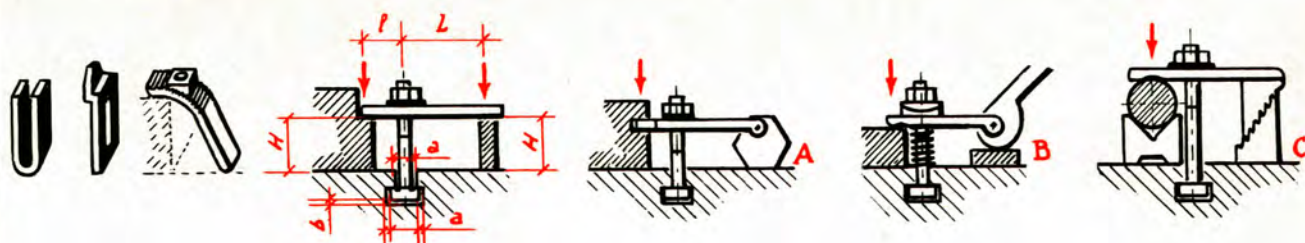
17. Prima di toccare fili, od apparecchi elettrici assicurarsi che non vi sia corrente.

18. Durante il montaggio dei pezzi tenere la fresa più lontana possibile per poter lavorare liberamente.

19. Usare cacciaviti adatti alla testa delle viti, con manico adatto evitando di tenere la vite con la mano sinistra.

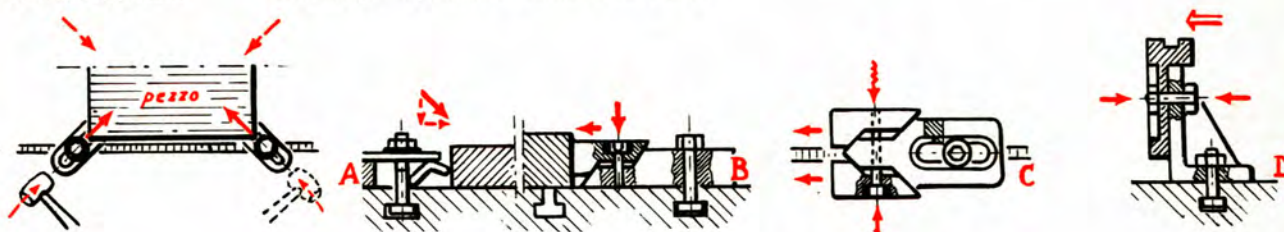
20. Non usare martelli scheggiati, oppure con il manico allentato o fessurato.





1. Staffe regolabili

2. Staffaggi: a pressione verticale di vari tipi



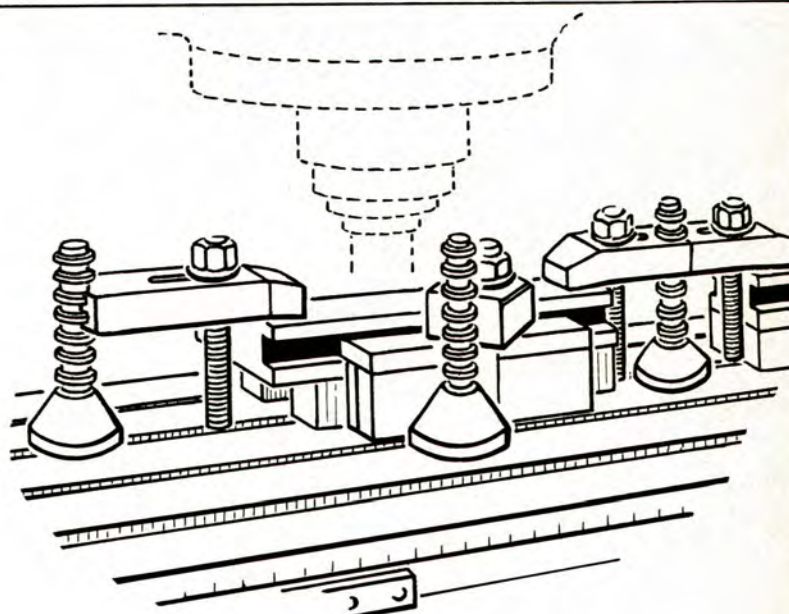
3. Staffaggi a pressione laterale: sugli spigoli, sui fianchi, su squadra

#### CARATTERISTICHE DEI MONTAGGI

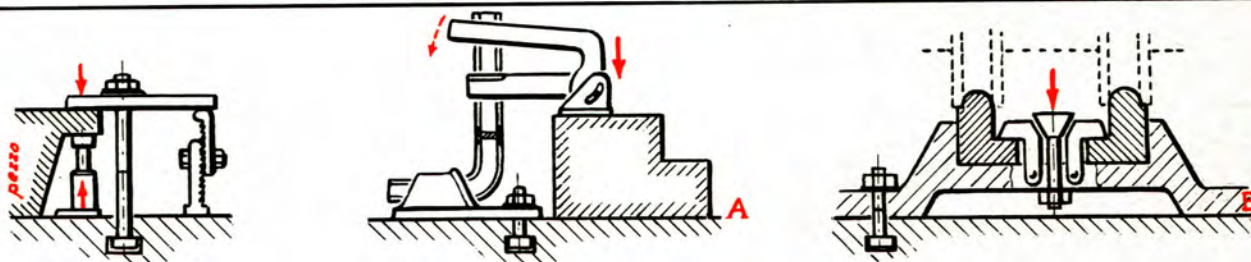
1. Sicurezza nel fissaggio
2. Assenza di deformazioni nel pezzo
3. Semplicità e rapidità

#### TIPI DI MONTAGGI

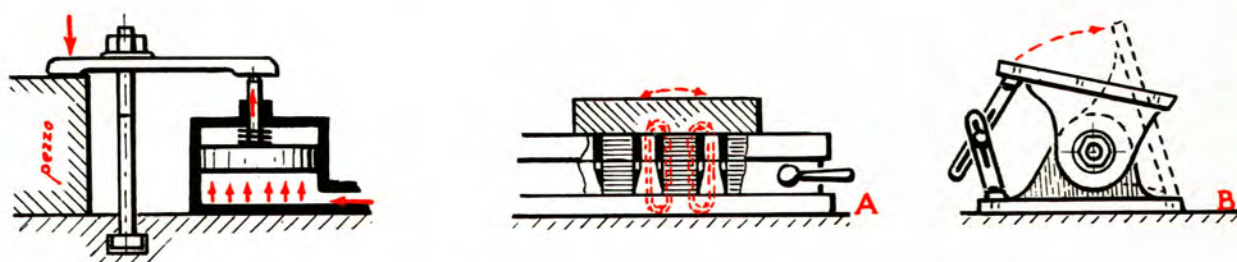
1. Comuni a pressione verticale
2. Comuni a pressione laterale
3. Comuni con supporti di reazione
4. Speciali per pezzi in serie
5. Speciali a fissaggio oleodinamico
6. Speciali a fissaggio magnetico
7. Speciali a fissaggio orientabile



STAFFAGGIO PER PICCOLA SERIE DI PEZZI



4. Ancoraggi speciali: con supporto di contrasto, con elementi articolati, con chiusura simultanea



5. Ancoraggi speciali: con pressione pneumatica, piano magnetico e piano orientabile



## 1. Generalità sui mezzi di fissaggio

Per fissaggio o bloccaggio s'intende l'operazione con la quale si immobilizzano i pezzi da lavorare sulla tavola della fresatrice, in modo che resistano alla pressione ed alla spinta della fresa.

Si devono soddisfare le condizioni seguenti:

- evitare le deformazioni delle scanalature della tavola; perciò non usare bulloni con testa deformata;
- evitare la deformazione della tavola stringendo esageratamente i pezzi di grandi dimensioni;
- evitare la deformazione dei pezzi nello staffaggio, a tal fine il punto di pressione della staffa deve sempre corrispondere a quello di appoggio del pezzo.

Nel fissaggio dei pezzi sulla tavola si possono presentare due casi:

- Il pezzo ha una *superficie lavorata*, ed allora si appoggia direttamente sulla tavola, interponendovi un pezzo di carta spessa per aumentare l'attrito di scorrimento.
- Il pezzo è *grezzo* e tracciato sulle parti da lavorare (fuso, forgiato, saldato, ecc.) ed allora occorre regolarne il piazzamento con spessori, supporti o nottolini registrabili, ecc., controllando con il graffietto che le linee longitudinali e trasversali di tracciatura siano parallele alla tavola.

**NOTA:** un fissaggio non efficiente può produrre:

- Superfici vibrare e scabrose.
- Deformazioni e svergolamento dei pezzi.
- Spostamento del pezzo sotto l'azione della fresa con conseguente lavorazione difettosa ed inoltre rottura della fresa con pericolo di infortunio (F.P. 015F).

## 2. Fissaggio con staffe

Il metodo normale e più semplice è quello di una piastra rettangolare forata, con apposito bullone ed uno spessore di contrasto di altezza conveniente (fig. 2). Occorre osservare che:

- la testa del bullone entri con leggero giuoco nella scanalatura della tavola, sia di forma rettangolare (che presenta maggior appoggio) ed abbia una piccola gola per non rovinare lo spigolo interno della scanalatura.
- lo spessore di contrasto sia della stessa altezza del pezzo (H in fig.).
- le staffe siano sufficientemente robuste ed il loro numero sia tale da raggiungere con sicurezza le stabilità del montaggio.
- la distanza *L* sia minore di quella *L*, poiché lo sforzo di pressione è inversamente proporzionale a tali distanze;
- la pressione di chiusura del dado o del bullone sia sufficiente ma non esagerata. Le staffe di bloccaggio

possono anche assumere le forme indicate nella figura 1.

La punta della staffa illustrata in figura 2A si può introdurre in un foro del pezzo e permettere così la spianatura completa; lo spessore esagonale di contrasto può assumere sei altezze diverse.

La figura 2B presenta la staffa a chiusura eccentrica, la quale, una volta regolata, permette grande risparmio di tempo nel bloccaggio di pezzi eguali.

Pezzi rotondi o poligonali si fissano su prismi a «V» a loro volta convenientemente bloccati alla tavola (fig. 2C).

L'allineamento dei pezzi è assicurato, quando i prismi hanno nella parte inferiore due tasselli di guida che entrano esattamente nelle scanalature della tavola.

## 3. Staffaggio laterale e su squadre

Elementi meccanici di varia dimensione, avente una faccia piana e che debbono essere lavorati su tutta la superficie si possono bloccare sugli spigoli (fig. 3), oppure sui fianchi con un supplemento curvo ad una staffa ordinaria (fig. 3A) o con elementi scorrevoli su piani inclinati (fig. 3B-C).

Pezzi già spianati su di una faccia perpendicolare a quella da lavorare, si possono fissare su apposite squadre a diedro (fig. 3D); in questo caso oltre al bloccaggio dei bulloni, occorre (se possibile) far appoggiare il pezzo sulla parte superiore della squadra.

**NOTA:** le staffe ed i bulloni normali devono essere convenientemente induriti. Dopo ogni bloccaggio, prima di iniziare la passata automatica di fresatura, assicurarsi sempre che non vi siano staffe o bulloni sporgenti che possano toccare l'albero porta fresa oppure il supporto.

## 4. Reazioni efficienti del fissaggio

Quando il pezzo fissato con staffe non appoggia completamente sulla tavola e la pressione è esercitata sullo sbalzo, occorre assolutamente contrastare detta pressione con appoggi regolabili (fig. 4); per assicurarsi che l'appoggio sia efficiente, si osservi con il comparatore, che durante il bloccaggio non vi siano deformazioni nel pezzo.

## 5. Attrezzi speciali per lavori di serie

Tutte le volte che la forma o il numero dei pezzi da fresare lo consiglia, si studiano attrezzature speciali di bloccaggio che permettono:

- di fissare i pezzi con facilità;
- di sostituirli con rapidità;
- immobilizzarli con sicurezza;
- scaricare prontamente i trucioli;
- ricuperare facilmente il liquido refrigerante.

Queste attrezzature ben studiate diminuiscono i tempi passivi di fissaggio

e permettono una costante uniformità dei pezzi caratteristica dei lavori in serie.

Si costruiscono tenendo conto della posizione del pezzo sulla macchina, dei possibili piani di appoggio, dei sistemi di bloccaggio, degli utensili che lavorano i pezzi, ecc.

Si osservi inoltre che:

- i dadi (se possibile) siano tutti della stessa misura di chiave;
- le rosette siano tagliate per facilitarne la sostituzione del pezzo;
- dove sia possibile si utilizzano maniglie di chiusura ed eccentrici di fissaggio;
- tutti gli appoggi delle parti grezze siano registrabili;

La fig. 4A illustra un bloccaggio con chiusura eccentrica con altezza ampiamente variabile, e la fig. 4B lo staffaggio simultaneo di due pezzi eguali. Nella figura centrale si rappresenta un supporto di contrasto speciale formato da un cilindro scanalato sul quale s'incastra l'estremità della staffa scanalata con lo stesso passo e forma. Il cilindro si può regolare avvitandosi alla base ed inoltre permette l'appoggio contemporaneo di due staffe allineate.

## 6. Fissaggio oleodinamico

I grandi vantaggi dei comandi oleodinamici possono essere utilizzati nello staffaggio dei pezzi alla fresatrice con diverse maniere di effettuare il bloccaggio. La fig. 5 rappresenta uno dei casi più semplici in cui l'olio premendo sulla faccia di un pistone di grande diametro per mezzo di un puntalino spinge la staffa, fissando il pezzo.

## 7. Piattaforma magnetica

È un fissaggio assai rapido e comodo per la lavorazione leggera di superfici parallele spianate completamente o per riprese di finitura (fig. 5A).

Occorre collocare sempre un bloccetto (più basso dello spessore del pezzo da fresare) davanti al pezzo nel senso opposto all'avanzamento per evitare possibili slittamenti.

## 8. Fissaggio su tavola orientabile

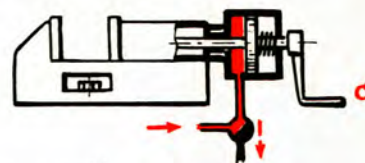
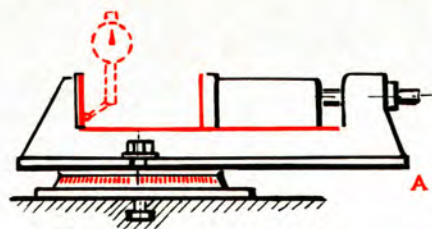
Pezzi che devono subire lavorazioni di facce non parallele al piano di appoggio si possono convenientemente fissare sull'attrezzo illustrato dalla fig. 5B, la cui parte superiore si sposta angolarmente da 0° a 90°.

L'angolo di spostamento è controllato da opportuna graduazione.

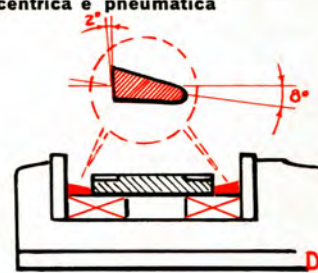
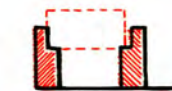
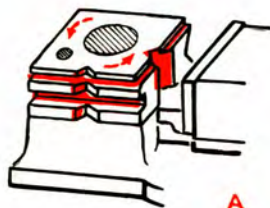
## Avvertenze

I pezzi tondi o poligonali si fissano generalmente sul *divisore universale* (F.P. 03).





1. Tipi fondamentali di morse per fresatrici: su piattaforma girevole, a chiusura eccentrica e pneumatica



2. Ganasce speciali: a «V», con battente, inclinate; cunei, per pezzi sottili

#### TIPI DI MORSE

1. Fisse
2. Orientabili
3. Speciali

#### CARATTERISTICHE

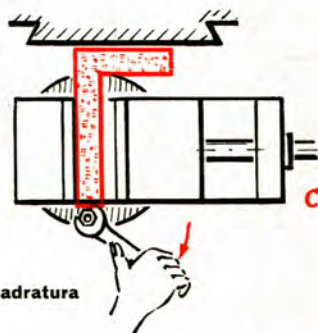
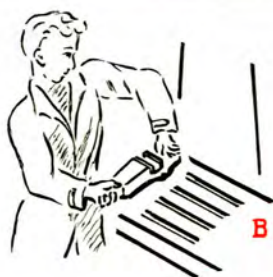
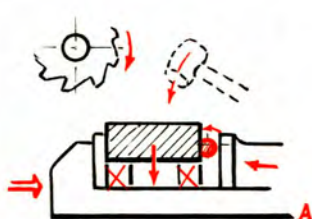
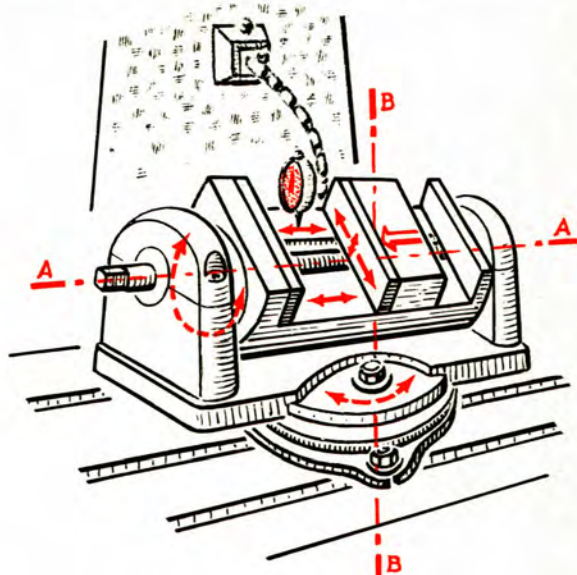
1. Solidità
2. Squadratura perfetta
3. Efficienza di bloccaggio

#### POSIZIONAMENTO (sulla tavola)

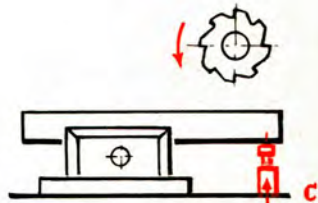
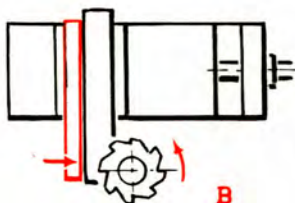
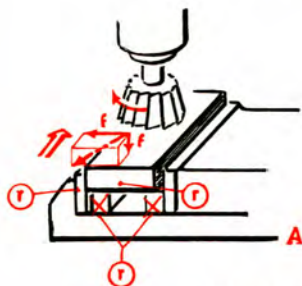
1. Sicuro
2. Rapido
3. Preciso

#### POSIZIONAMENTO (del pezzo)

1. Stabile
2. Razionale
3. Antideformante



3. Posizionamento: del pezzo in morsa; della morsa sulla tavola e squadratura



4. Posizionamento di pezzi speciali: paralleli, sporgenti, e sostenuti razionalmente



## 1. Generalità

Gli elementi a facce parallele di medie e piccole dimensioni si fissano normalmente con la morsa.

Il bloccaggio con morsa è vantaggioso perché facile, rapido e sicuro.

La morsa blocca il pezzo premendolo su due facce laterali oppure su generatrici opposte parallele.

In questo caso (pezzi cilindrici) l'azione di bloccaggio dovrà essere estesa alla maggior superficie possibile a mezzo di attrezzi ausiliari (bocchetti a « V »).

## 2. Tipi di morse per macchine

- a) *semplice*: con i tasselli di guida per il suo esatto posizionamento sulla tavola (fig. 1B);
- b) *orientabile sul piano orizzontale*: con base graduata che consente al pezzo di raggiungere qualunque posizione angolare sul piano orizzontale (fig. 1A);
- c) *orientabile attorno a due assi*: uno verticale: B-B (base girevole) e l'altro orizzontale: A-A (fig. centrale);
- d) *orientabile attorno a tre assi*: costituita da due snodi (graduati) ortogonali, che in unione alla base girevole permettono di orientare il pezzo in qualsiasi posizione nello spazio.

## 3. Sistemi di chiusura nelle morse

- a) *con vite e madrevite*: è il tipo più semplice e comune;
- b) *con vite differenziale*: munita di una vite di passo rapido, per l'accostamento della ganasca anteriore, e di un'altra di passo fine che interviene per il bloccaggio rigido del pezzo.  
Con poco sforzo sulla maniglia si ottiene una grande sicurezza di bloccaggio;
- c) *con eccentrico*: viene predisposta con metodi diversi alla misura voluta e quindi un eccentrico con maniglia provvede rapidamente al bloccaggio e sbloccaggio del pezzo. Ha il vantaggio di un grande risparmio di tempo nelle lavorazioni in serie (fig. 1B);
- d) *pneumatica*: la ganasca mobile è avvicinata con la solita vite, il bloc-

caggio avviene invece con aria compressa agente sul pistone. Una apposita molla la richiama in posizione di riposo appena deviato il getto di aria (fig. 1C);

- e) *oleodinamica*: avendo due cilindri di diametro diverso comunicanti fra loro, ed applicando una forza (f) sul pistone di diametro minore, questa viene ampliata sul pistone più grande in ragione del quadrato del rapporto dei diametri e cioè:

$$F = f \left( \frac{D}{d} \right)^2$$

## 4. Applicazione di ganasce speciali

Nei lavori in serie si può usufruire dei sistemi di chiusura delle morse e cambiare la forma delle ganasce per fissare pezzi di forma speciale non facilmente bloccabili con le ganasce piane ordinarie (fig. 2B-C). La fig. 2A presenta una morsa con ganasca girevole quadrata che permette quattro prestazioni diverse, una per lato.

Nella fig. 2D s'illustra il modo di bloccare pezzi sottili con la morsa; la leggera inclinazione dei due spessori costringe il pezzo ad aderire perfettamente sui bocchetti di sostegno.

## 5. Caratteristiche di precisione nelle morse

- a) faccia di appoggio rigorosamente piana;
- b) faccia della ganasca fissa perfettamente perpendicolare alla base di appoggio e quella mobile parallela alla ganasca fissa;
- c) gioco minimo di scorrimento fra il corpo della morsa e la ganasca mobile;
- d) scanalatura della faccia di appoggio per fissarvi i tasselli di allineamento perfettamente perpendicolare alle ganasce;
- e) gioco minimo dei tasselli nella scanalatura della tavola.

**NOTA:** per ottenere un perfetto appoggio del pezzo sulle guide della morsa (faccia inferiore) si richiedono morse di forma e costruzione particolare nelle quali con l'aumento dello sforzo

di chiusura si obbliga il pezzo ad aderire alla base (fig. 2-3).

## 6. Fissaggio della morsa sulla tavola

Per quanto è possibile la morsa si fissa sulla tavola della fresatrice in modo che ad ogni componente (f) dello sforzo di taglio sul pezzo, corrisponda una conveniente reazione degli appoggi (r) e cioè allo sforzo maggiore si oppone la ganasca fissa della morsa. Si dovrà inoltre collocare bocchetti d'appoggio, ed eventualmente anche un arresto sulla testata nel senso opposto all'avanzamento.

Il controllo del posizionamento si fa con la squadra (fig. 3) oppure con il comparatore (fig. principale) secondo il grado di precisione richiesto correggendo con leggeri colpi di martello di plastica di piombo ed infine bloccando rigidamente. Qualora il pezzo fosse più lungo delle ganasce, il controllo si può realizzare direttamente su di esso (fig. 4C).

## 7. Posizionamento del pezzo nella morsa

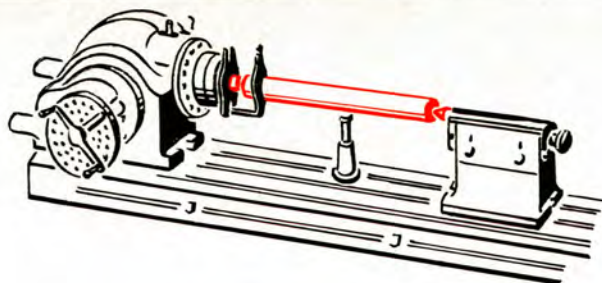
Per pezzi il cui spessore è inferiore all'altezza delle ganasce si ricorre all'uso dei bocchetti calibrati, di spessore tale da permettere ancora una sufficiente presa dell'elemento nella morsa (fig. 3A).

Quando il pezzo è sporgente dalle ganasce occorre sostenerlo con appoggi opportuni, avendo poi l'avvertenza di far ruotare la fresa come indicato in fig. 4B-4C.

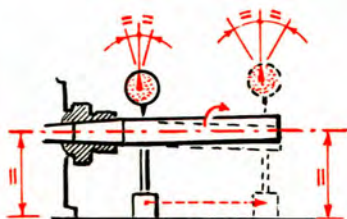
## 8. Avvertenze

- assicurarsi che le ganasce siano pulite e libere da grasso od olio e interporre tra piano e ganasce foglio di carta;
- posizionare sempre il pezzo per quanto è possibile al centro delle ganasce;
- non battere sull'asta o manovella di bloccaggio;
- scegliere una morsa con capacità di chiusura proporzionata alle dimensioni del pezzo da lavorare;
- pezzi con pareti sottili, si possono deformare durante la lavorazione, occorre sostenerli con apposite mordacchie che impediscono l'apertura delle pareti (fig. 2B).

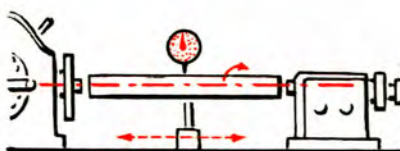




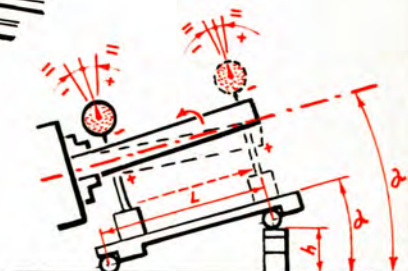
1. Montaggio del pezzo fra le punte



2. Controllo eccentricità (orizzontale)



3. Controllo allineamento



4. Controllo eccentricità (obliqua)

CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO  
DEL DIVISORE UNIVERSALE

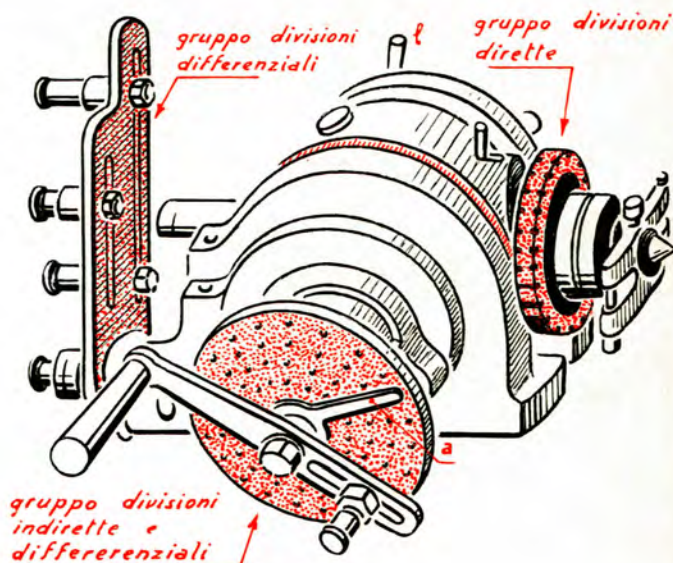
1. Precisione coppia vite-ruota elicoidale
2. Contenimento dei giochi
3. Centraggio assiale

MESSA A PUNTO

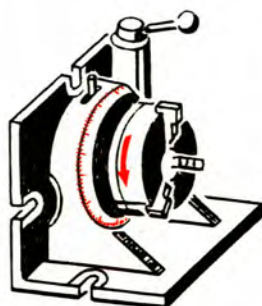
1. Pulizia base d'appoggio
2. Bloccaggio razionale
3. Allineamento esatto

SISTEMI DI LAVORO

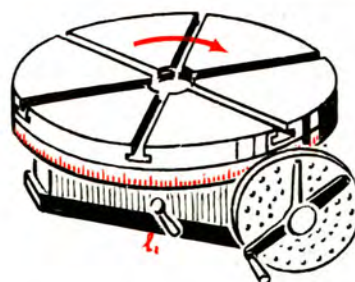
1. Di sbalzo, con asse parallelo alla tavola
2. Di sbalzo con asse inclinato
3. Tra le punte



DIVISORE UNIVERSALE



6. Apparecchio divisore su squadra



5. Tavola girevole con disco



7. Tavola a culla



8. Testa a dividere orientabile



Il divisore permette di eseguire lavorazioni ripartite sulla circonferenza in parti uguali, ovvero orientate fra di loro secondo una apertura angolare. In collegamento con la vite della tavola permette pure l'esecuzione di scanalature elicoidali e di divisioni lineari di precisione.

Può essere:

**semplice:** con ingranaggi o con dischi a tacche;

**con dischi forati:** con asse fisso (non inclinabile);

**universale:** con dischi forati, mandrino orientabile e lira per i ruotismi delle divisioni differenziali e lavorazioni elicoidali (fig. principale);

**multiplo:** (F.P. 32F);

**automatico:** per fresare con creatore (F.P. 31F);

**ottico:** per divisioni molto precise in gradi (con approssimazione di 1' e possibilità di valutazione per stima di 30"); non ha dischi forati né manovella, la posizione angolare viene letta nell'oculare del microscopio.

## 1. Messa a punto del divisore sulla tavola

### A) Controllo dell'asse del mandrino

#### 1) parallelo alla tavola

È necessario che l'asse del mandrino risulti perfettamente parallelo alla tavola e per questo:

- fissare un cilindro rettificato di precisione sul nasello oppure sul mandrino autocentrante;
- disinnestare la vite senza fine dalla ruota elicoidale;
- controllare con il comparatore l'oscillazione del cilindro alle due estremità facendo girare il mandrino a mano;
- affinché l'asse geometrico del mandrino risulti parallelo alla tavola, l'oscillazione dell'indice del comparatore (che può risultare di distinta ampiezza nei due casi) deve risultare simmetrica allo zero del quadrante preso come riferimento (fig. 2).

**NOTA:** per il controllo del parallelismo dell'asse del mandrino con le guide della tavola, occorre fissare il comparatore sull'incastellatura della macchina, facendo scorrere la tavola con il palpatores disposto sul cilindro fisso al mandrino.

#### II) inclinato

Questo caso si verifica quando si debbano fresare superfici coniche (fresche coniche, ruote coniche, tamburi graduati conici, ecc.) (fig. 4).

Il controllo si effettua come nel caso precedente, appoggiando la base del comparatore sul barra-seno inclinato all'angolo voluto.

**NOTA:** nel caso particolare di lavorazioni con l'asse del mandrino verticale, si controlla la perpendicolarità del divisore fissando il comparatore sull'incastellatura della macchina e facendo scorrere verticalmente la mensola.

### B) Controllo della contropunta

Eseguita la messa a punto del divisore come nel primo caso (A) si dispone la contropunta in modo che un cilindro di precisione collocato fra le punte risulti parallelo al movimento della tavola sul piano orizzontale (fig. 3). Per effettuare

questo controllo si fissa il comparatore sull'incastellatura e si esegue il movimento longitudinale della tavola.

È importante che la punta bloccata nel mandrino del divisore sia assolutamente centrata.

## 2. Montaggio del pezzo sul divisore

**A) Di sbalzo con asse parallelo alla tavola**  
Per garantire la precisione del lavoro è necessario che l'asse del pezzo coincida con l'asse del mandrino.

Per assicurarsene:

- a) fissare il pezzo sul mandrino autocentrante;
- b) disporre il comparatore sul pezzo in prossimità del mandrino;
- c) far girare il mandrino di un giro completo;
- d) risultando una certa oscillazione, battere con mazzuolo sul mandrino (dopo avere leggermente allentato le viti di fissaggio alla flangia) in modo da ottenere una buona centratura;
- e) disporre il comparatore all'estremità del pezzo, far girare nuovamente il mandrino e correggere l'eccentricità battendo col mazzuolo sul pezzo (già leggermente allentato);
- f) ripetere le operazioni: c-d-e, fino a ottenere la centratura perfetta.

**NOTA:** a misura che si procede alla messa a punto bloccare progressivamente mandrino e pezzo.

**B) Di sbalzo con asse inclinato (fig. 4).**  
Il controllo si effettua come nel caso precedente.

**C) Fra le punte con asse parallelo alla tavola (fig. 1-3).**

Il divisore e la contropunta si fissano più al centro possibile della tavola, in relazione alla lunghezza del pezzo da fresare (vedi nota).

Occorre una brida di trascinamento che abbia il codolo piegato ad angolo retto, la quale si fissa con le dovute precauzioni all'estremità del pezzo. Introdotto il centro del pezzo sulla punta del divisore, la parte piegata della brida entra nella scanalatura del menabrida (fig. 1).

È necessaria molta attenzione nel registrare le viti di pressione contro il codolo della brida per non provocare distorsioni o spostamenti nel pezzo; a questo fine le viti dovranno semplicemente essere appoggiate al codolo della brida senza forzare.

La contropunta si accosta al pezzo (il cui centro sia debitamente ingrassato) con la bussola leggermente sporgente in modo che ritirando questa, il pezzo possa essere rimosso, e quindi si fissa la contropunta alla tavola.

La pressione della punta sul pezzo dev'essere sufficiente a garantire la stabilità del pezzo, tanto più che la rotazione del pezzo è sempre molto lenta

**NOTA:** Se il pezzo deve subire lavorazioni elicoidali, il divisore si fissa sulla tavola perfettamente allineato con la ruota conduttrice della vite.

Se il pezzo collocato fra le punte è molto lungo si sostiene nella parte inferiore centrale con il *sopportino regolabile in altezza*, che si deve sempre allontanare prima di effettuare le divisioni (fig. principale).

## 3. Norme di manutenzione ed uso

- a) pulire ed oliare gli accoppiamenti mobili, assicurandosi che l'olio arrivi ai luoghi destinati;
- b) tenere chiusi i fori degli oliatori;
- c) accertarsi che la vite senza fine-ruota elicoidale siano in presa senza giuoco;
- d) assicurarsi che la punta dell'otturatore entri bene nei fori del disco;
- e) girare sempre la manovella nello stesso senso rotatorio (se per caso si sorpassa il foro di riferimento, occorre girare indietro la manovella di almeno  $\frac{1}{4}$  di giro e riportarla quindi nella posizione voluta);
- f) appena spostato l'otturatore, far ruotare l'alidada in modo che sia nella posizione esatta per la prossima divisione;
- g) la sostituzione del disco si effettua togliendo la manovella ed il compasso alidada, scoprendo così le viti che fissano il disco. Occorre molta pulizia ed anche un leggero strato di grasso sul disco;
- h) mantenere in efficienza le molle che stringono l'alidada sul disco;
- i) nel montaggio fra le punte si osservi anche che la brida sia ben fissa e che non incontri ostacoli nella sua rotazione;
- j) osservare che la fresa sia correttamente affilata; se tagliasse solo da un lato potrebbe influire sulla divisione spostando progressivamente il pezzo;
- m) allentare la levetta (1) di bloccaggio del divisore quando si effettua la divisione.

**A) Divisore verticale o piattaforma girevole**  
Permette di eseguire ogni tipo di divisione come il divisore universale (con eccezione delle divisioni differenziali) e consta essenzialmente di una piattaforma circolare provvista di scanalature a «T» per il bloccaggio dei pezzi da lavorare (fig. 5).

Si aziona con una manovella che fa girare la tavola attraverso un gruppo «vite senza fine - ruota elicoidale».

Si usano i dischi forati per effettuare le divisioni di circonferenze in parti uguali. Per ottenere elevate precisioni nella divisione si muniscono le tavole girevoli di divisore ottico.

Nelle piattaforme girevoli vi è sempre un eccentrico che permette di svincolare la tavola per poterla girare a mano.

Vi è pure una levetta (1) che blocca la tavola durante il lavoro della fresa sul pezzo ivi collocato.

La piattaforma girevole si usa generalmente in unione con la testa verticale nella lavorazione di elementi voluminosi che presentano una faccia piana e che sarebbero difficilmente bloccabili sul divisore universale.

Nei lavori di contornitura con fresa a gambo, l'asse della piattaforma e quello della testa verticale devono coincidere perfettamente; a tal fine si controlla con il comparatore il foro centrale della piattaforma.

Dovendo poi centrare il pezzo si dovrà agire unicamente su questo, senza spostare le slitte longitudinale e trasversale.

Per lavorazioni speciali esistono piattaforme girevoli e divisori semplici, applicabili ad attrezzature che le permettono di spostarsi angularmente (fig. 6-8).

La fig. 7 illustra una *tavola a culla* sulla quale si fissano i pezzi che devono subire lavorazioni inclinate di un certo angolo.





1. Divisioni dirette

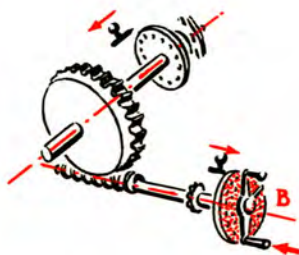
**1. Divisioni dirette:**

- con disco di 16 tacche si fanno: 16-8-4-2 divisioni;
- con disco di 36 tacche si fanno: 36-18-12-9-6-4-3-2 divisioni;
- con disco di 42 tacche si fanno: 42-21-14-7-3-2 divisioni;
- con disco di 60 tacche si fanno: 60-30-15-12-10-6-5-4-3-2 divisioni;

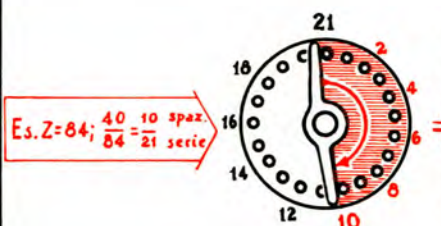
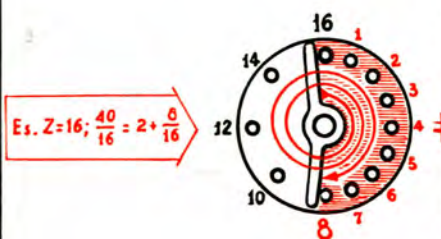
**NOTA:** Per le divisioni non comprese nell'elenco, si può preparare un disco apposito, assai utile per lavori in serie.

**Operazioni da compiere:**

- svincolare la vite senza fine dalla ruota elicoidale con l'apposita leva (fig. 1);
- sistemare sul nasello del mandrino il disco con tacche, marcando con matita colorata le tacche da usare per la divisione;
- far penetrare l'estremità dell'otturatore nella prima tacca ed eseguire l'operazione;
- ritirare l'otturatore, girare a mano il disco e reinserire l'otturatore nella tacca seguente, ripetendo il ciclo di lavoro.



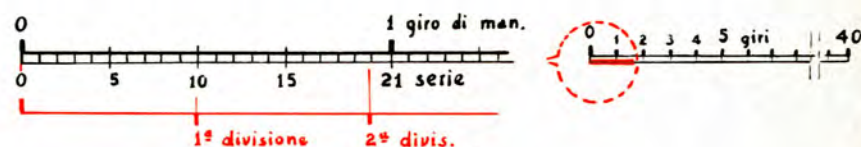
2. Divisioni indirette e angolari



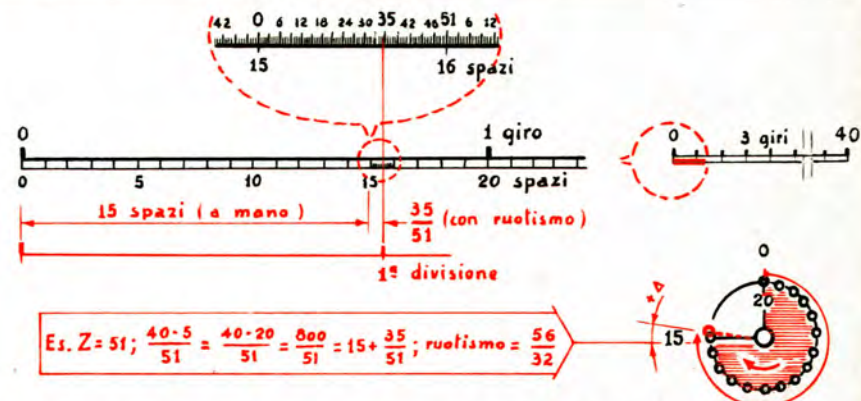
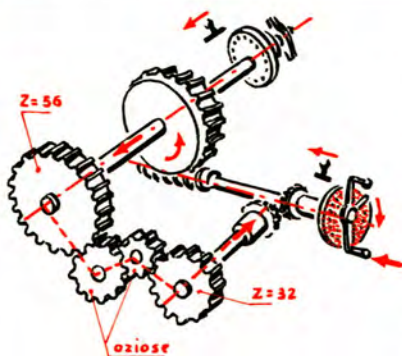
2 A. con giri interi di manovella; Es.: di 8 divisioni



2 B. con giri interi e frazioni di giro; Es.: di 16 divis.



2 C. con frazioni di giro (oltre 40); Es.: di 84 divisioni



3. Divisioni differenziali con ruotismo; Rotazione del disco nello stesso senso della manovella - Es.: di 51 divisioni



## 1. Divisioni indirette semplici

Si presentano tre casi:

### A) Divisioni con numero intero di giri della manovella.

Avendo la vite senza fine un solo principio e la ruota elicoidale 40 denti, occorrono 40 giri della manovella perché il pezzo compia un giro completo, per cui chiamando  $n$  il numero di giri interi da effettuare con la manovella, e  $Z$  il numero delle divisioni da ottenere, si ha la seguente

**REGOLA:** per ottenere il numero di giri da dare alla manovella, si divide il numero 40 per il numero delle divisioni da eseguire, e cioè:

$$n = \frac{40}{z}$$

Esempio:

$$z = 8; n = \frac{40}{8} = 5 \text{ (giri della manovella).}$$

**NOTA:** praticamente con i giri interi della manovella si possono ottenere soltanto le seguenti divisioni: 20-10-8-5-4-2, facendo rispettivamente 2-4-5-8-10-20 giri.

**Dimostrazione grafica** (fig. 2A):

Immaginando di sviluppare la circonferenza del pezzo in linea retta, essa risulterebbe divisa in 40 parti, corrispondenti ai 40 giri della manovella necessari per effettuare un giro esatto del pezzo. Nell'esempio proposto (8 divisioni) si devono quindi dare 5 giri per ogni divisione.

**Operazioni da compiere:**

- controllare che non esista gioco fra la vite e la ruota elicoidale;
- fissare l'otturatore sul braccio della manovella in corrispondenza della serie di fori più grande;
- marcare con matita rossa un foro nella parte superiore del disco;
- introdurre in esso l'otturatore ed eseguire l'operazione di fresatura;
- sfilare l'otturatore, effettuare la divisione girando la maniglia verso destra del numero di giri ( $n$ ) necessario e rimettere l'otturatore nel foro;
- eseguire l'operazione e ripetere il ciclo fino a lavoro finito.

**NOTA:** se nella rotazione della manovella si oltrepassasse il foro marcato occorre ritornare indietro di circa  $\frac{1}{2}$  giro per la ripresa del gioco.

### B) Divisioni con giri della manovella e frazioni di giro.

Tutte le divisioni corrispondenti ai numeri minori di 40 (eccetto quelli del caso A) appartengono a questa categoria.

Normalmente i dischi dei divisori sono forati con le seguenti serie di fori: 15-16-17-18-19-20-21-23-27-29-31-33-37-39-41-43-47-49.

Si ottengono i giri interi ed i fori da far passare con la seguente

**REGOLA:** ridurre la frazione  $\frac{40}{z}$  a numero

misto e trasformare convenientemente la parte frazionaria in modo che il denominatore risulti un numero della serie di fori dei dischi, e cioè:

$$\frac{40}{z} = n + \frac{r}{z}$$

dove:

$n$  = giri della manovella;

$r$  = spazi da passare;  
 $z$  = disco da scegliere.

Esempio 1°:

$$z = 16; \frac{40}{16} = 2 + \frac{8}{16}$$

e cioè 2 giri interi e 8 spazi su di una circonferenza di 16 fori.

**Dimostrazione grafica** (fig. 2B).

Immaginando come sopra di sviluppare la circonferenza in linea retta e dividendo lo spazio corrispondente a ciascun giro in tante parti quanti sono i fori del disco, si osserva (nel primo esempio proposto) che la manovella dovrà effettuare due giri e quindi aggiungere ad essi 8 spazi passati su di un disco di 16 fori.

### C) Divisioni con sole frazioni di giro (fig. 2C).

Tutte le divisioni superiori al numero 40 appartengono a questa categoria (eccettuati i numeri primi superiori al 49 ed i numeri pari: 96-102-106-112-114-118-122-126-134) limitando le divisioni al numero 150.

Chiamando  $z$  il numero delle divisioni da ottenere si può formulare la seguente

**REGOLA:** ridurre la frazione  $\frac{40}{z}$  in modo

che al denominatore risulti un numero compreso nella serie di fori dei dischi.

Esempio 1°:

$$z = 84; \frac{40}{84} = \frac{40 : 4}{84 : 4} = \frac{10}{21} \text{ spazi da contare.}$$

**Dimostrazione grafica** (fig. 2C)  $z = 84$ .

Come nei casi precedenti riducendo in linea retta la circonferenza da dividere, ed essendo il numero delle divisioni superiore a 40 sarà sufficiente una frazione di giro per effettuare la divisione e cioè 10 spazi sopra la serie di 21 fori.

## 2. Divisioni differenziali (fig. 3).

Tutte le divisioni corrispondenti ai numeri primi superiori al 49 ed ai numeri pari 96-102-106-112-114-118-122-126-134 appartengono a questa categoria.

A differenza dei casi precedenti in cui l'otturatore al termine del percorso calcolato veniva a corrispondere esattamente in un foro, in questo caso esso verrebbe a trovarsi tra un foro e l'altro, rendendo impossibile il suo posizionamento esatto. Si ricorre quindi a un meccanismo che faccia girare automaticamente il disco della quantità corrispondente alla frazione non riducibile, mentre l'operatore sposta l'otturatore del numero intero di fori.

La serie di ruote nei divisori normali è la seguente: 24-24-28-32-40-44-48-56-64-72-86-100.

Chiamando  $f$  un numero della serie di fori dei dischi, ed  $s$  gli spazi da contare sulla stessa serie di fori, si può formulare la seguente

**REGOLA:** moltiplicare il numero 40 per un numero qualunque della serie di fori  $f$  e dividere il prodotto per il numero delle divisioni da eseguire  $z$  e cioè

$$\frac{40 \cdot f}{z} = s + \frac{r}{z}$$

Il resto della divisione con il denominatore  $z$  indica lo spazio che bisogna aggiungere o togliere mediante la rotazione del disco. Il ruotismo necessario per ottenere tale spostamento del disco

si ottiene trasformando la frazione  $\frac{r}{f}$ .

Esempio:  $z = 51$ ; (scelgo la serie di 20 fori)

$$\frac{40 \cdot 20}{51} = \frac{800}{51} = 15 + \frac{35}{51}, \text{ e cioè: } 15 \text{ spazi da passare sul disco di } 20 \text{ fori ed in più la frazione } \frac{35}{51} \text{ da otte-}$$

nersi con il ruotismo:  $\frac{r}{f} = \frac{35}{20} =$

$$= \frac{35 : 5}{20 : 5} = \frac{7 \cdot 8}{4 \cdot 8} = \frac{56}{32}$$

vedi la dimostrazione grafica (fig. 3).

Per effettuare la divisione di  $z = 51$  si passeranno dunque 15 fori sopra la serie di 20 fori e sulla lira delle divisioni differenziali (F.P. 08 Fr) si collocheranno le ruote 56-32.

**NOTA:** il numero delle ruote intermedie da collocare nel ruotismo dipende dal disco scelto ma anche dalla costruzione cinematica del divisore; occorre provare una prima volta e quindi regolarsi di conseguenza.

## 3. Divisioni angolari

Si tratta di ruotare il pezzo di un angolo determinato (nei casi precedenti si divideva in parti). I mezzi per ottenere tali spostamenti sono gli stessi impiegati nelle divisioni indirette.

Considerando che ogni giro della manovella corrisponde a  $9^\circ$  poiché:

$$\frac{360^\circ}{40} = 9,$$

per ruotare il pezzo di  $1^\circ$  si dovrebbe contare uno spazio sopra un disco di 9 fori, oppure due spazi su 18 fori, oppure 3 spazi su 27 fori; si può quindi formulare la seguente

**REGOLA:** si divide il numero dei gradi dell'angolo da ottenere per il numero 9, formando con il resto un numero misto.

**NOTA:** come nei casi precedenti, il numero intero indica i giri interi della manovella, il numeratore della frazione gli spazi da contare, ed il denominatore la serie di fori da usare (quest'ultima sarà sempre il numero 18, oppure 27).

Esempio 1°: angolo di  $65^\circ$

$$\frac{65}{9} = 7 + \frac{2}{9} = 7 + \frac{4}{18}$$

cioè: 7 giri interi più 4 spazi su un disco di 18 fori.

**OSSERVAZIONE:** con il divisore si possono pure effettuare spostamenti angolari del valore di  $20'-30'-40'$  poiché, come si è visto,  $1^\circ$  corrisponde allo spostamento di 2 spazi su disco di 18 fori (oppure 3 spazi su disco di

27 fori). Pertanto:  $\frac{1}{18}$  corrisponde a

$$30'; \frac{1}{27} \text{ corrisponde a } 20'; \frac{2}{27}$$

corrispondono a  $40'$ .

Nella pratica si cercano i giri, gli spazi ed il disco corrispondenti ai gradi interi; a questi si sommano i valori fissi corrispondenti ai primi ( $20'-30'-40'$ ).

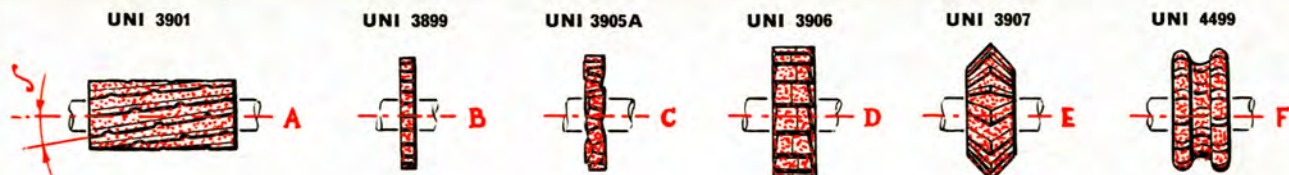
Esempio 2°: angolo di  $23^\circ 30'$

$$\frac{23}{9} = 2 + \frac{5}{9} \text{ e quindi}$$

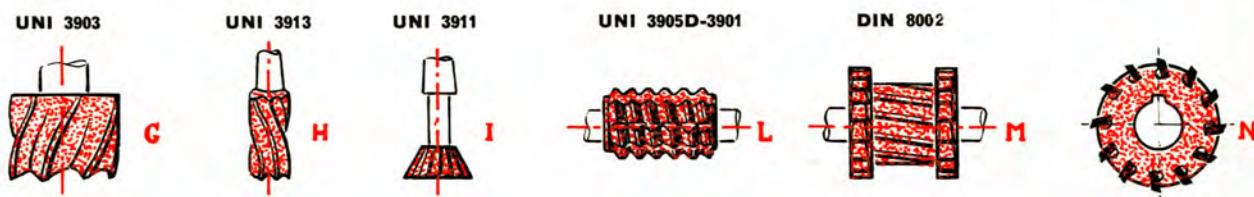
$$23^\circ 30' = 2 + \frac{10}{18} + \frac{1}{18} =$$

$$= 2 \text{ giri} + \frac{11}{18} \text{ spazi serie fori}$$





1. Tipi di frese: cilindrica (A), a disco (B-C-D), ad angolo (E), a profilo (F)



2. Tipi di frese: cilindrico-frontali (F-G), piano-conica (H), a vite (L), combinate (H), a lame intercambiabili (N)

### TIPI DI FRESE

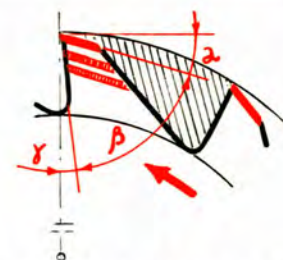
1. Rispetto alla forma del dente:  
denti fresati e denti spogliati
2. Rispetto alla forma della fresa:  
cilindriche, angolari, sagomate a denti riportati

### CRITERI PER LA SCELTA DELLA FRESA

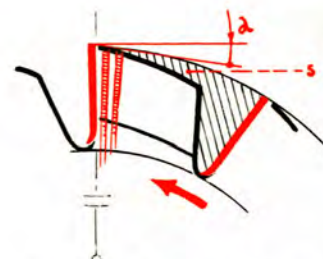
1. Superiorità dei denti elicoidali
2. Preferenza delle frese piccole
3. Rendimento massimo con denti riportati

### MODO DI LAVORARE DELLE FRESE

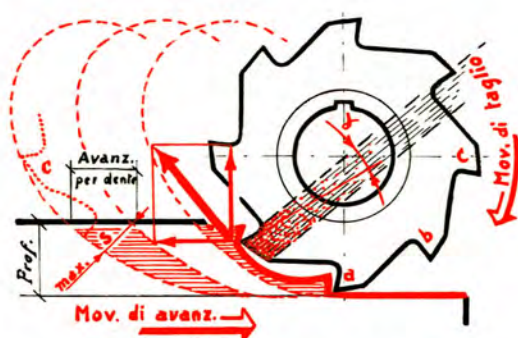
1. Fresatura periferica  
(unidirezionale o bidirezionale)
2. Fresatura frontale



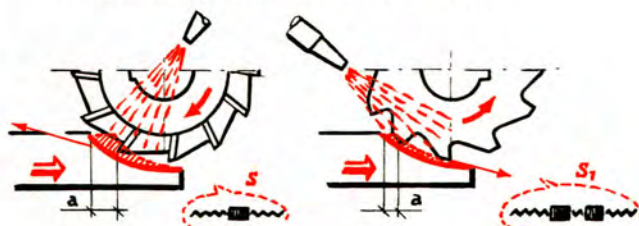
3. Denti fresati o di sega (UNI 3901-3916)



4. Denti spogliati o profilo costante

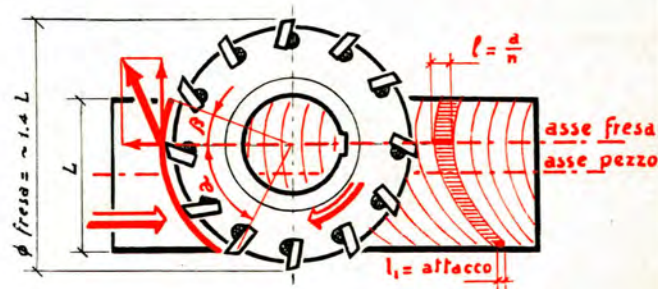


5. Fresatura periferica: movimenti e sforzi

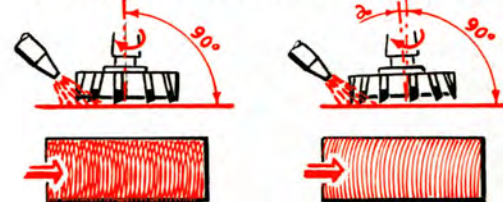


6. Fresatura bidirezionale

7. Fresatura unidirezionale



8. Fresatura frontale: sforzi e posizionamenti



9. Fresa verticale

10. Leggermente inclinata



## 1. Generalità

Il rendimento del lavoro dipende soprattutto dall'efficienza degli utensili; quelli propri delle fresatrici sono chiamati *frese*.

La *fresa* è l'assieme di vari utensili chiamati denti disposti sulla circonferenza, ricavati integralmente dal blocco oppure fissati meccanicamente o con saldatura al blocco stesso.

Possono essere a gambo integrale, oppure forate per il montaggio su albero portafresa.

## 2. Classifica delle frese

### A) Rispetto alla forma dei denti

- a) *a denti di sega* (fresati): per superfici piane e scanalature, con dentature speciali: tipo: N-D-T (vedi 3°), sono preferibili quelle elicoidali si affilano sempre sul dorso (fig. 3) UNI 3901.
- b) *a denti spogliati* (profilo costante): per superfici e scanalature curve, mantengono sempre lo stesso profilo, sono più costose e di minor rendimento, si affilano radialmente (fig. 4).

### B) Rispetto alla forma della fresa:

#### a) cilindriche

- frontali a due tagli con foro (fig. 2F) UNI: 3903
- frontali a due tagli con gambo conico (fig. 2G) UNI: 3913
- frontali a due tagli con gambo cilindrico: UNI: 3912
- a disco con foro di: 1-2-3 tagli, fisse oppure registrabili, preferibili a denti elicoidali (fig. 1A): UNI: 3904 3905-3906.

#### b) ad angolo

- piano conica (45°-50°-55°-60°-70°) fig. 2H (3908-3911)
- biconica simmetrica (45°-60°-90°) fig. 1E (3907)
- biconica asimmetrica (48°-12°, ecc.) 3909;

#### c) sagomate

- in genere a profilo costante e di forme relazionate con il lavoro da eseguire (fig. 1F);

#### d) a denti riportati

(quando il diametro supera i 100-150 mm.):

- con denti di placchette saldate (UNI 3899)
- con denti fissati meccanicamente (sono di grande rendimento ed economiche) (fig. 2N e fig. 8).

## 3. Particolarità di costruzione

Le frese cilindriche a denti acuti possono avere i denti diritti (paralleli all'asse) specie quelle di piccolo spessore, ma in genere hanno i denti elicoidali con inclinazioni e passi diversi e cioè:

**Esecuzione « N »:** denti inclinati sino a 15°; il passo fra un dente e l'altro è piuttosto ridotto. Servono per fresare

acciai semiduri, ghisa e leghe di rame. Si usano nelle fresatrici di media potenza e sono di scarso rendimento (fig. 1A).

**Esecuzione « D »:** con pochi denti robusti e profondi di grande passo e di forte inclinazione; lavorano, con grande rendimento, materiali duri e tenaci (leghe di rame crudi su fresatrici di grande potenza (fig. 2F).

**Esecuzione « T »:** hanno pochissimi denti molto inclinati. Si usano per fresare alluminio e materiali sintetici a grande velocità.

## NOTA

1) Le frese a denti elicoidali facilitano l'asportazione del truciolo, eliminando gli urti e sforzi violenti sui denti, perché il loro tagliente entra gradualmente a contatto con il materiale. Producono però una spinta assiale proporzionale all'inclinazione del dente e per eliminarla, quando è possibile, si uniscono in gruppi di due frese con eliche di senso contrario (F.P. 011F).

2) Se non vi sono esigenze particolari conviene usare frese di piccolo diametro, perché:

- a) sono meno costose;
- b) rendono di più;
- c) esigono minore sforzo dall'albero portafresa.

## 4. Angoli caratteristici delle frese

Le frese a *profilo costante* devono avere il fronte del dente perfettamente radiale al centro (fig. 4); si affilano sul fronte del dente.

Nelle frese *fresate* l'angolo di spoglia superiore ( $\gamma$ -fig. 3) ha un valore medio di 12°; quello di spoglia inferiore ( $\alpha$ ) varia da 3° a 10° (vedi F.P. 012F).

In questo tipo di frese, affilando la testa dei denti diminuisce:

- a) l'altezza del dente;
- b) il diametro della fresa;
- c) le capacità di alloggiare i trucioli.

## 5. Modo di lavorare delle frese

Se il pezzo avanza contro il petto dei denti della fresa che asportano il truciolo si ha la *fresatura in opposizione* detta pure *bidirezionale* (fig. 5-6) e lo sforzo di taglio cresce gradualmente perché la sezione del truciolo aumenta sino al distacco.

La tavola mantiene la vite sempre in tensione, però il pezzo tende a staccarsi dalla tavola; il fissaggio dovrà quindi essere rigido e sicuro. Inoltre i taglienti della fresa tendono a *rifiutare il truciolo* perciò strisciano in parte sulla superficie e si logorano più facilmente.

Se il pezzo avanza verso il dorso dei denti della fresa che asportano il truciolo si ha la *fresatura in concordanza* detta pure *unidirezionale* (fig. 7) e lo sforzo di taglio è maggiore all'inizio.

Questo metodo è migliore del precedente, perché i denti non strisciano ma ha il difetto di *prendere sotto il pezzo*, pertanto si può soltanto adottare su fresatrici robuste e munite di *dispositivo per la ripresa dei giuochi nella vite*.

La fresatura con frese ad asse perpendicolare alla superficie è migliore di

quella tangenziale, anche perché lo spessore del truciolo varia pochissimo dall'entrata all'uscita (fig. 6).

Inoltre: il maggior numero di denti in presa, l'albero portafresa assai corto ed altri positivi fattori permettono maggiori avanzamenti e profondità di passata.

Per poter eseguire il lavoro in una sola passata il diametro della fresa deve essere maggiore della larghezza del pezzo, ed il suo centro spostato da quello del pezzo, affinché l'angolo d'entrata ( $\alpha$ ) sia maggiore dell'angolo d'uscita ( $\beta$ ).

In fase di sgrossatura, per evitare che i taglienti striscino sulla parte lavorata, si può inclinare leggermente l'asse della fresa (fig. 10) ma per ottenere superfici piane è necessaria la perfetta perpendicolarità dell'asse della fresa. L'incrocio delle linee di fresatura garantisce questa perpendicolarità (fig. 9).

## 6. Potenza di taglio

Si può ritenere che, tanto con le frese che lavorano tangenzialmente come con quelle frontali, lo sforzo di taglio ( $F_t$ ) sia eguale alla pressione specifica della fresa sul pezzo ( $p_s$ ) per la sezione del truciolo ( $s$ ), e cioè:  $F_t = p_s \times s$ . Una formula pratica per il calcolo della *potenza di fresatura* è la seguente:

$$CV = \frac{p \cdot b \cdot a \cdot B \cdot C \cdot E}{1000 \cdot c} \quad ; \text{dove:}$$

$p$  = profondità di passata;

$b$  = larghezza della fresatura;

$a$  = velocità di avanzamento in mm/min.

$B$  = coefficiente del materiale della fresa;

$C$  = coefficiente degli utensili;

$E$  = coefficiente dello stato della macchina;

$c$  = rendimento specifico del taglio equivalente al volume in cm<sup>3</sup>/min. per 1CV.

## Valore dei coefficienti

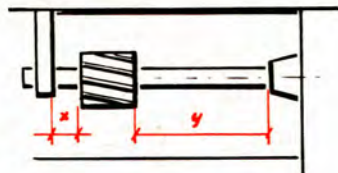
B	1,25 per acciaio rapido
	1 per acciaio superrapido
	0,8 per carburi metallici
C	1,40 per frese fresate
	1,60 per frese a profilo costante
E	1,25 per macchine nuove
	1,6 per macchine cattivo stato
c	50 per alluminio
	40 per duralluminio
	34-20 dal bronzo alla ghisa
	18-7 dalla ghisa dura all'acciaio R = 100

I fattori che concorrono a determinare la potenza di taglio sulle fresatrici, sono molto numerosi e variabili per cui si può dire che ad ogni tipo di lavorazione ci dovrebbe essere una formula specifica.

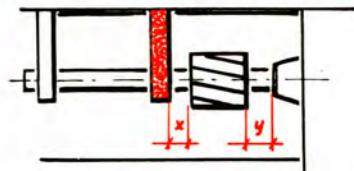
Le case costruttrici per stabilire la potenza del motore, si attengono alle condizioni più sfavorevoli e maggiorano sempre di un 25 % la potenza calcolata da installare.

(Vedi anche diagramma F.P. 014F).

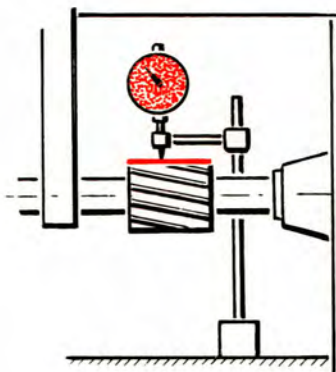




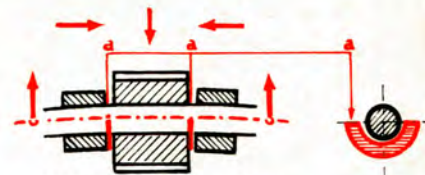
1. Distanziamento errato



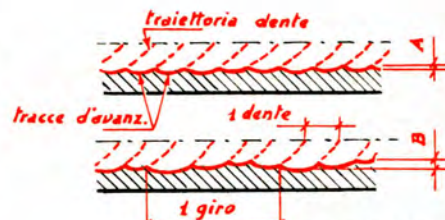
1'. Distanziamento esatto



2. Controllo della concentricità



2'. Eventuale correzione



3. Effetti della fresa centrata (A) e non centrata (B)

#### REQUISITI PER IL MONTAGGIO DI FRESE FORATE

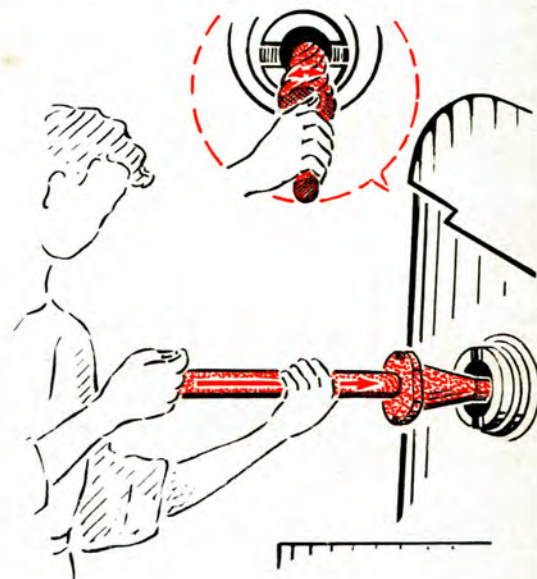
1. Spinte razionali
2. Vicinanza al supporto
3. Centramento perfetto

#### REQUISITI PER IL MONTAGGIO DI FRESE FRONTALI

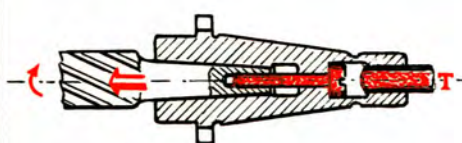
1. Pulizia della sede conica
2. Spinte razionali
3. Bloccaggio sicuro

#### EFFETTI DI MONTAGGIO IRRAZIONALE

1. Vibrazioni
2. Irregolarità nelle superfici lavorate.



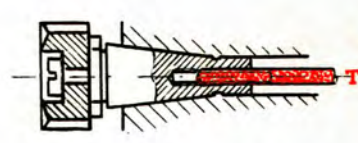
MONTAGGIO DELL'ALBERO PORTAFRESE



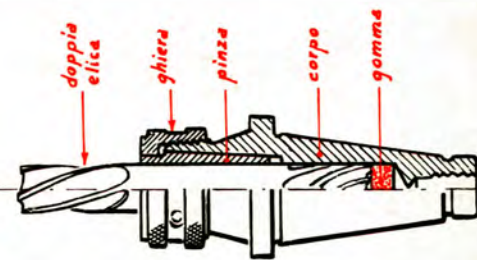
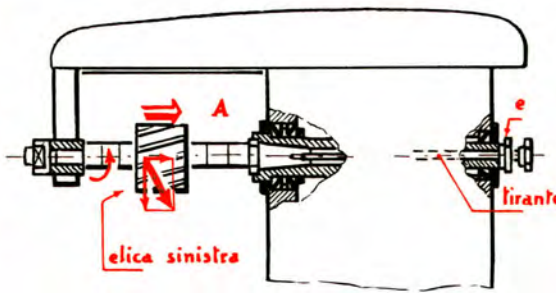
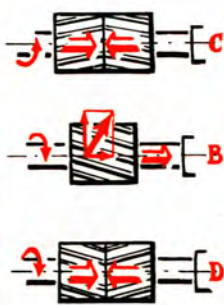
4. Innesto fresa a codolo



5. Senso della rotazione



7. Applicazione del tirante



9. Pinza per frese a codolo cilindrico

8. Spinte assiali verso il mandrino (A-B-E-F) e compensate (C-D) Spinte: UNI 3900 Alberi: UNI 3090



## 1. Montaggio delle frese forate

Per il montaggio sulla fresatrice delle frese forate si richiedono:

- a) *L'albero portafresa*: ha il cono di attacco a conicità 7/24 (UNI 3088) con foro filettato e con una flangia che viene trascinata da due tasselli frontali. L'altra estremità dell'albero è filettata, ad elica sinistra, per evitare lo svitamento del dado durante il lavoro di fresatura.

Ogni fresatrice dev'essere (secondo la sua grandezza) dotata di vari alberi portafrese corrispondenti al diametro dei fori delle stesse e cioè: di mm. 16-22-27-32-38-40.

- b) *Gli anelli distanziatori*: di diversi spessori e con facce perfettamente parallele; permettono di collocare la fresa sull'albero nella posizione più conveniente e cioè più vicino possibile ai sopporti, per diminuire al massimo la flessione dell'albero (freccia) (fig. 1).

Tuttavia a volte il genere di lavoro od il diametro della fresa esige di allontanare alquanto i sopporti, nel qual caso si deve diminuire la profondità di passata e l'avanzamento.

Gli anelli distanziatori hanno la funzione di posizionare la fresa sull'albero, mentre per il trascinamento, la fresa deve essere impegnata all'albero mediante linguetta.

## 2. Montaggio delle frese frontali

Le frese frontali a due tagli, con foro, che lavorano di sbalzo, sono montate sull'estremità di un albero corto e robusto.

Un'apposita linguetta con rosetta e vite a testa piana, fissa la fresa sull'albero e vince il momento torcente di lavoro (fig. 7).

Le frese con gambo cilindrico si bloccano per mezzo di pinze ad espansione azionando l'apposita ghiera filettata; uno solo di questi moderni attrezzi può servire per vari diametri, cambiando opportunamente la pinza interna (fig. 9).

Le frese a gambo conico si fissano al mandrino direttamente o per mezzo delle bussole di riduzione (fig. 4).

## 3. Centraggio della fresa

Perché tutti i denti lavorino egualmente e producano superfici lisce, è necessario che la fresa sia perfettamente centrata.

Per ottenere tale centramento occorre anzitutto pulire bene il cono dell'albero portafresa e la sede conica del mandrino (con opportuno tampone munito di strisce di feltro) osservando pure che non vi siano ammaccature (fig. principale).

È pure di grande importanza pulire i fori ed i fianchi di ognuno degli anelli distanziatori e dei sopporti.

Si osserva anzitutto il centraggio dell'albero (con il comparatore) e quindi quello della fresa montata e bloccata all'albero, girando a mano in senso contrario al moto di taglio (fig. 2).

**NOTA:** non riuscendo ad ottenere la centratura perfetta, ricercare le cause:

affilatura non centrata;  
facce non parallele;  
gioco tra foro-fresa e albero;  
accidentali introduzioni di trucioli tra gli anelli distanziatori; occorre provvedere ad eliminarle.

In casi eccezionali si possono introdurre due mezzi anelli di carta sottile, fra la fresa e gli anelli, dalle parti opposte al massimo decentramento (fig. 2).

## 4. Spinte assiali sulle frese elicoidali

### a) Senso di rotazione:

Il moto di taglio della fresa si considera *orario* quando un osservatore posto dalla parte da cui proviene il moto vede la fresa girare come le lancette dell'orologio (fig. 5). Si considera *antiorario*, se la fresa gira in senso inverso.

- b) *Senso dell'elica nelle frese elicoidali*: Si dice che i denti della fresa sono ad *elica destra* quando, disponendo la fresa, con l'asse verticale i suoi denti si vedono salire verso destra (fig. 4); si dice *elica sinistra* quando i denti salgono verso sinistra (fig. 9).

### c) Spinte assiali:

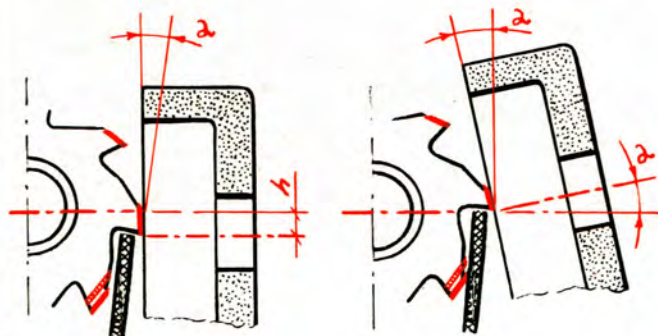
È una componente delle forze generate dal truciolo contro i denti della fresa; essa agisce lungo l'asse e tende ad estrarre o a spingere il codolo contro la sede, secondo che il senso dell'elica sarà destra o sinistra e la rotazione oraria o antioraria (fig. 4).

Per lavorazioni periferiche sono preferibili le frese che generano una spinta assiale diretta verso la sede del cono (fig. 8).

Nelle frese frontali a due tagli, quando si verifica la condizione sopraccennata i trucioli sono spinti verso la superficie lavorata; conviene in questo caso usare frese che generano una spinta assiale diretta ad estrarre la fresa dalla sua sede, purché siano convenientemente trattenute con apposito tirante o con pinza di effetto sicuro (fig. 4-9).

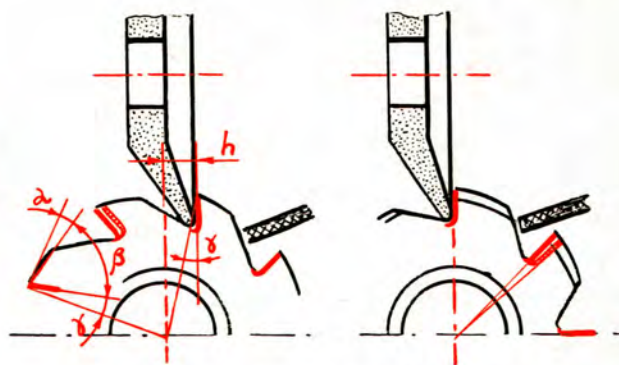
Una fresa frontale con i denti aventi elica destra dovrà dunque girare in senso orario (fig. 4) o viceversa.





1. Affilatura con mola a tazza

2. Idem inclinando l'asse della mola



3. Affilatura con mola a scodella

4. Idem per fresa a profilo costante

#### GENERALITÀ SULL'AFFILATURA

1. Vantaggi di una buona affilatura
2. Scelta delle mole abrasive

#### AFFILATURA FRESE FRESATE

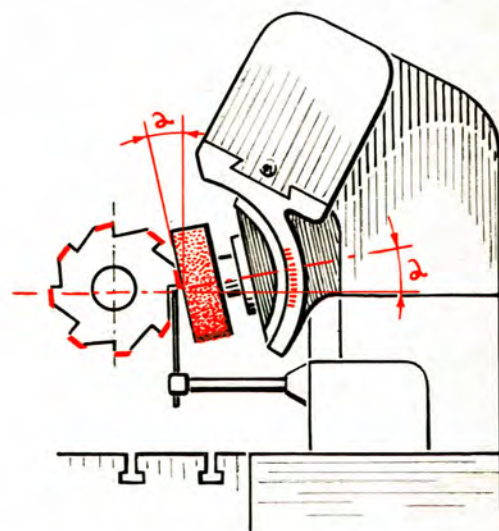
1. Angoli caratteristici
2. Uso di mole a disco
3. Impiego di mole a tazza

#### AFFILATURA FRESE SPOGLIATE

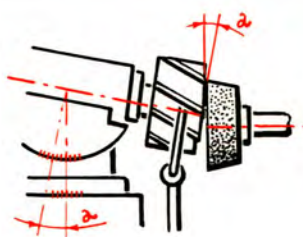
1. Radiali al centro
2. Con mole coniche

#### CONTROLLO DELL'AFFILATURA

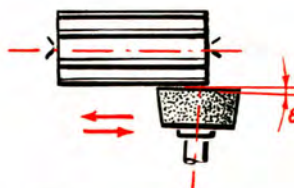
1. Con calibri fissi
2. Con apparecchi speciali



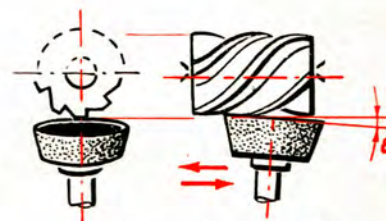
AFFILATRICE UNIVERSALE



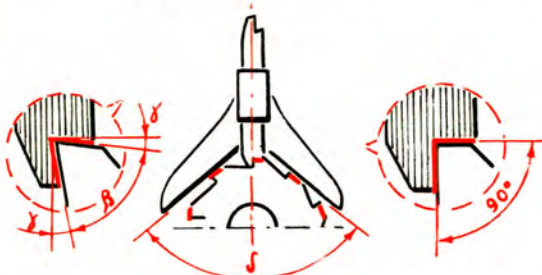
5. Affilatura denti frontali



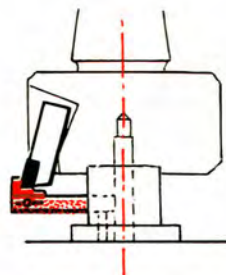
6. Affilatura periferica



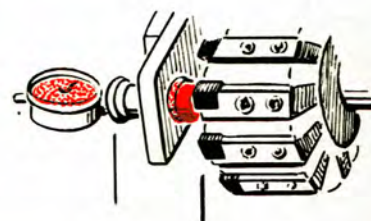
7. Idem su fresa elicoidale



8. Controllo con squadra a centro



9. Dima d'impostazione



10. Dima con comparatore



**Premessa:** l'affilatura delle frese non è propriamente una operazione che debba eseguire il fresatore, essendo generalmente affidata ad operai specializzati.

Si danno tuttavia alcune norme generali in proposito, affinché il fresatore in casi particolari possa mettere a punto i propri utensili e segnalare gli inconvenienti di affilatura.

## 1. Generalità

Il rendimento di una fresa dipende anzitutto dall'affilatura, poiché una fresa che taglia poco, oltre ad esigere maggiore potenza ed eseguire male il lavoro, si rovina in proporzioni sempre maggiori, con grande rischio di rompersi.

Una corretta affilatura assicura:

- maggior durata del filo tagliente;
- miglior grado di finitura;
- possibilità di alte velocità e forti avanzamenti.

**NOTA:** un buon fresatore prima di iniziare il lavoro esamina lo stato dei taglienti e se è necessario ritorna l'utensile alla riaffilatura.

- Una buona affilatura deve presentare un tagliente lucido e liscio.

L'affilatura delle frese richiede l'impiego di una affilatrice adatta allo scopo (fig. principale) e cioè che permetta l'orientamento della mola in ogni direzione; che abbia un movimento della tavola regolare, dolce e senza gioco.

L'operazione si effettua mediante mole abrasive tenendo presenti le seguenti norme generali:

- Asportare poco materiale con leggere passate e possibilmente a secco.
- La pressione della mola sulla fresa dev'essere tanto minore quanto più fine è la grana della mola.
- Per la sgrossatura: usare mole al corindone di grana 46 e di durezza da K a M.
- Per la finitura: usare mole da 60 L a 60 M con abrasivo di ossido di

alluminio per acciai rapidi e super rapidi.

- Per denti di carburi metallici usare mole al carburo di silicio.
- Ravvivare sovente le mole.
- Arrotondare gli spigoli della mola e farla girare contro il tagliente.

**NOTA:** affrettando l'operazione si riscaldano i taglienti perdendo la originale durezza.

- Se è possibile il raffreddamento; (aria, acqua) esso dev'essere continuo e abbondante.

## 2. Affilatura delle frese fresate

Si affilano sul dorso dopo una leggera rettificazione circolare (fig. 1-2), ma dopo un certo numero di affilature conviene approfondire il vano del dente con mola a scodella (fig. 3).

L'angolo di spoglia superiore ( $\gamma'$ ) è di  $8^\circ$  per lavorare ghisa;  $15^\circ$  per lavorare acciaio;  $20^\circ-30^\circ$  per alluminio (fig. 3).

Questo angolo però dipende anche dal tipo di fresa come si osserva nella tabella che segue:

Materiale da fresare	Frese a spianare		Frese cilindriche frontali		Frese a disco		Frese a gambo	
	$\gamma'$	$\alpha$	$\gamma'$	$\alpha$	$\gamma'$	$\alpha$	$\gamma'$	$\alpha$
Acciaio $R = 100$	$5^\circ-8^\circ$	$5^\circ-6^\circ$	$7^\circ$	$5^\circ$	$6^\circ$	$5^\circ$	$5^\circ$	$5^\circ$
Acciaio $R = 75$	$8^\circ-10^\circ$	$5^\circ-8^\circ$	$10^\circ$	$6^\circ$	$10^\circ$	$6^\circ$	$8^\circ$	$6^\circ$
Acciaio $R = 50$	$10^\circ-15^\circ$	$5^\circ-10^\circ$	$12^\circ$	$7^\circ$	$12^\circ$	$7^\circ$	$10^\circ$	$6^\circ$
Ghisa	$10^\circ-12^\circ$	$5^\circ-10^\circ$	$12^\circ$	$7^\circ$	$12^\circ$	$7^\circ$	$10^\circ$	$6^\circ$
Bronzo-Ottone	$5^\circ-8^\circ$	$5^\circ-10^\circ$	$6^\circ$	$5^\circ$	$5^\circ$	$6^\circ$	$4^\circ$	$5^\circ$
Alluminio	$20^\circ-30^\circ$	$10^\circ-15^\circ$	$25^\circ$	$12^\circ$	$25^\circ$	$8^\circ-10^\circ$	$20^\circ$	$10^\circ$

L'angolo di spoglia inferiore ( $\alpha$ ) varia da  $4^\circ$  per l'acciaio duro a  $15^\circ$  per l'alluminio come si nota nella stessa tabella.

Il quadretto di affilatura non dovrebbe essere maggiore di mm 0,8-1,6 e quando la sua larghezza aumenta con il numero di affilature si può effettuare una spoglia secondaria inclinata da  $4^\circ$  a  $6^\circ$  rispetto alla spoglia precedente.

L'affilatura delle frese fresate si realizza in due tempi:

1° affilatura del petto del dente con mola a scodella:

- piano della mola passante per l'asse della fresa  $\gamma = 0^\circ$ ;
- piano della mola spostato dall'asse della fresa del valore  $h$   
 $h = R \cdot \sin \gamma$  per  $\gamma > 0^\circ$ ,  
 $R$  = raggio della fresa,  
 $\gamma$  = angolo di spoglia;

2° affilatura del dorso del dente con mola a tazza cilindrica o conica:

- si dispone la punta del dente più bassa dell'asse della fresa di una quantità  $h$ ; asse mola orizzontale (A)  
 $h = R \cdot \sin \alpha$ ,  
 $R$  = raggio fresa,  
 $\alpha$  = angolo di spoglia;
- si dispone la punta del dente all'al-

tezza asse-fresa e si inclina la testa portamola dell'angolo  $\alpha$  (B).

**NOTA:** A e B con linguetta di sostegno perpendicolare al petto del dente.

**NOTA:** le frese a denti riportati si affilano come quelle a denti fresati.

## 3. Affilatura delle frese a profilo costante

Si affilano unicamente sul petto del dente il cui piano deve passare esattamente per il centro ( $\gamma = 0$ ) con mola a scodella (fig. 4).

Una affilatura sopra centro ( $\gamma < 0$ ) o sottocentro ( $\gamma > 0$ ) modificherebbe il profilo per cui la fresa è stata creata.

Per aumentare il rendimento di queste frese occorre che il petto dei denti sia liscio il più possibile per facilitare lo scorrimento del truciolo.

## 4. Controllo dell'affilatura

Per garantire la coassialità, è assai importante che il mandrino che porta la fresa durante l'affilatura sia perfettamente centrato.

Vi sono appositi apparecchi che controllano tale coassialità; quello della fig. 8 permette di controllare l'angolo di spoglia inferiore  $\alpha$  tanto per le frese fresate (sinistra) come per quelle a profilo costante (destra).

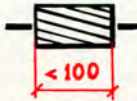

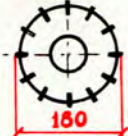



La forma del dente per frese a utensili fissati meccanicamente si controlla con apposita dima di impostazione e di centramento (fig. 9). La fig. 10 illustra un apparecchio che verifica mediante comparatore la sporgenza dei denti frontali in una fresa a denti riportati.

## 5. Avvertenze

- pulire bene la fresa prima di affilarla;
- la guida o lama di appoggio denti (fig. 1-2) si monta sulla tavola per le frese a denti diritti; sulla testa porta mola o su apposito sostegno orientabile per quelle elicoidali;
- il petto del dente dev'essere tenuto a contatto con la lama di appoggio poiché un piccolo spostamento compromette la concentricità dei denti;
- nell'affilatura di frese, occorre ravvivare sovente la mola affinché tagli bene e non riscaldi il filo tagliente.



TABELLA VALORI Vt (velocità di taglio - m/min) a (avanzamento - mm/min)

MATERIALE lavorato	Frese cilindriche				Frese frontali				a denti riportati				a codolo				a 3 tagli				a sega	
																						
	SGR.		FINIT.		SGR.		FIN.		SGR.		FIN.		SGR.		FIN.		SGR.		FIN.		TAGLIO	
	profondità di passata								profondità di passata								profondità di passata					
	5 m/m		0,5 m/m		5		0,5		5		0,5		5		0,5		10		10		10	
	Vt	a	Vt	a	Vt	a	Vt	a	Vt	a	Vt	a	Vt	a	Vt	a	Vt	a	Vt	a	Vt	a
A	10	50	14	36	10	55	14	42	14	36	18	30	15	20	17	65	12	50	14	25	25	30
A <sub>1</sub>	14	80	18	50	14	50	18	55	16	65	23	60	15	40	19	100	14	80	18	30	35	40
A <sub>2</sub>	18	100	22	60	18	100	22	70	20	20	30	30	18	50	22	120	19	100	22	40	45	50
G	12	120	18	60	12	140	18	70	16	100	24	90	15	60	19	120	14	120	18	40	35	50
B.O.	35	70	35	50	36	190	53	150	50	200	60	120	35	80	55	120	96	150	55	95	100	200
L	200	200	250	100	200	250	250	110	250	250	320	90	160	80	190	120	200	200	250	100	300	130

Leggenda: A = Acciaio R < 100 - A<sub>1</sub> = Acciaio R < 75 - A<sub>2</sub> = Acciaio R < 50

G = Ghisa Hd < 180 - B = Bronzo - O = Ottone - L = Leghe leggere

- Note:
1. La tabella si riferisce alle frese di acciaio super rapido
  2. La refrigerazione aumenta i valori di 1,5
  3. Per frese di carburi metallici: Vt × 2,5; a × 1,6

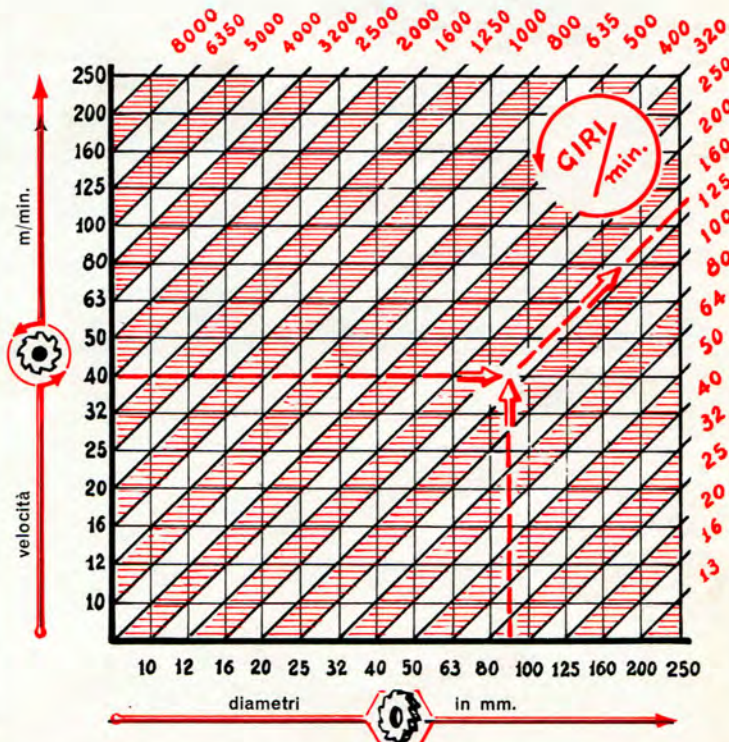
Stabilita la velocità in relazione al materiale ed al tipo di fresa, si ricorre a questo diagramma per impostare il numero di giri, tenendo conto del diametro della fresa usata.

Esempio: Vt = 40 m/min.  
Ø fresa = 90 mm.

Seguendo la linea inclinata si trova a = 140

Che si può controllare con la formula:

$$a = \frac{Vt \times 1000}{\pi \times \varnothing} = \frac{40.000}{283} = 144$$





## 1. Generalità

Tutti i metodi sperimentali usati per determinare la velocità di taglio in funzione di altre variabili (spessore del truciolo, costituzione dell'utensile e natura del metallo da lavorare) si basano:

- sulla scelta di una velocità di taglio ( $V_t$ ) base, corrispondente al rendimento massimo dell'utensile fra due affilature consecutive (8-10 ore);
- sull'applicazione di coefficienti che permettano di correggere detta  $V_t$  quando sono modificate le variabili sopraccennate.

## 2. Relazioni fra i diversi fattori di taglio

La velocità di taglio ( $V_t$ ), l'avanzamento ( $a$ ) e la profondità di passata ( $p$ ) sono fattori essenziali nella lavorazione con le macchine utensili. Nell'operazione di sgrossatura essi devono essere scelti in modo da utilizzare la massima potenza della macchina.

Nella fresatura in genere questi fattori dipendono:

- dalla rigidità della macchina;
- dalla rigidità dell'albero portafresa;
- dal materiale da lavorare e da quello della fresa;
- dalla larghezza della passata;
- dalla refrigerazione e lubrificazione dei taglienti.
- dal sistema di bloccaggio.

Un buon sfruttamento della macchina non dipende dalla massima  $V_t$ , ma dal valore di  $a$  in quanto da esso dipende il tempo della lavorazione.

Mantenendo costante  $a$  e diminuendo  $V_t$ , la macchina sopporta meglio le vibrazioni. In genere per favorire il corretto impiego degli utensili, ed affinché la lavorazione si svolga secondo le migliori caratteristiche della qualità e della quantità conviene:

- $V_t$ : proporzionalmente ridotta;
- $a$ : elevato;
- $p$ : limitato (da 2-5 per sgrossatura a 0,2-0,5 per finitura).

## 3. Calcolo dell'avanzamento ( $a$ )

I valori normali degli avanzamenti in mm. per dente ( $a_z$ ) della fresa sono dati dalla tabellina seguente:

MATERIALE DA LAVORARE	Frese cilindriche e frontali	Frese a disco	Frese a coltelli riportati
Acciaio $R=50-60$	0,20	0,07	0,30
Acciaio $R=70-85$	0,15	0,06	0,20
Acciaio $R=110$	0,10	0,05	0,15
Ghisa	0,20	0,07	0,30
Bronzo	0,15	0,07	0,30
Ottone	0,20	0,07	0,30
Leghe leggere	0,10	0,07	0,15

Con questa base si possono avere gli avanzamenti per giro ( $a_n$ ):

$a_n = a_z \times z$  e quindi gli avanzamenti per minuto ( $a$ ); chiamata pure velocità di avanzamento

$a = n \times a_n$  e sostituendo il valore di  $n$  si ha:

$$a = \frac{1000 \times V_t}{D} \times a_n; \text{ in mm/min.}$$

## 4. Tabella della velocità di taglio e diagramma per la ricerca del numero di giri della fresa (vedi fronte).

La tabella si riferisce ai vari tipi di frese e di materiali per le operazioni di sgrossatura e finitura.

Per le frese a profilo costante occorre ridurre la velocità e l'avanzamento di circa 1/3 in relazione allo sviluppo (lunghezza) del tagliente.

Con il diagramma si trovano con facilità il numero di giri corrispondente alla velocità di taglio, scelta in relazione al materiale da lavorare.

## 8. Avvertenze

si deve aumentare la velocità di taglio quando:

- i materiali sono teneri;
- si vuole una ottima finitura;
- il diametro della fresa è piccolo;
- le passate sono leggere.

si deve diminuire la velocità quando:

- i materiali sono duri;
- i materiali provocano forte usura alla fresa;
- le passate sono profonde;
- si lavorano materiali con forte tenore di Nichel e Cromo;
- l'utensile si scalda troppo.

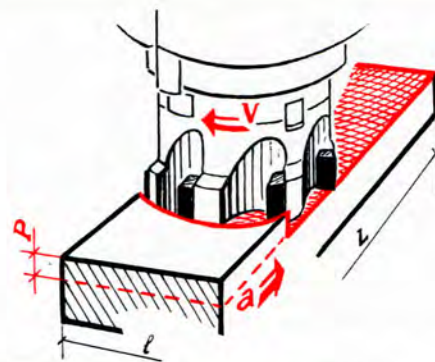
## 7. Lubrificanti e refrigeranti consigliati nella fresatura

I refrigeranti abbassano la temperatura del pezzo (aria soffiata, acqua saponata sotto pressione); i lubrificanti abbassano lo sforzo di taglio; l'olio, l'olio solubile, il petrolio, la trementina, posseggono le due proprietà.

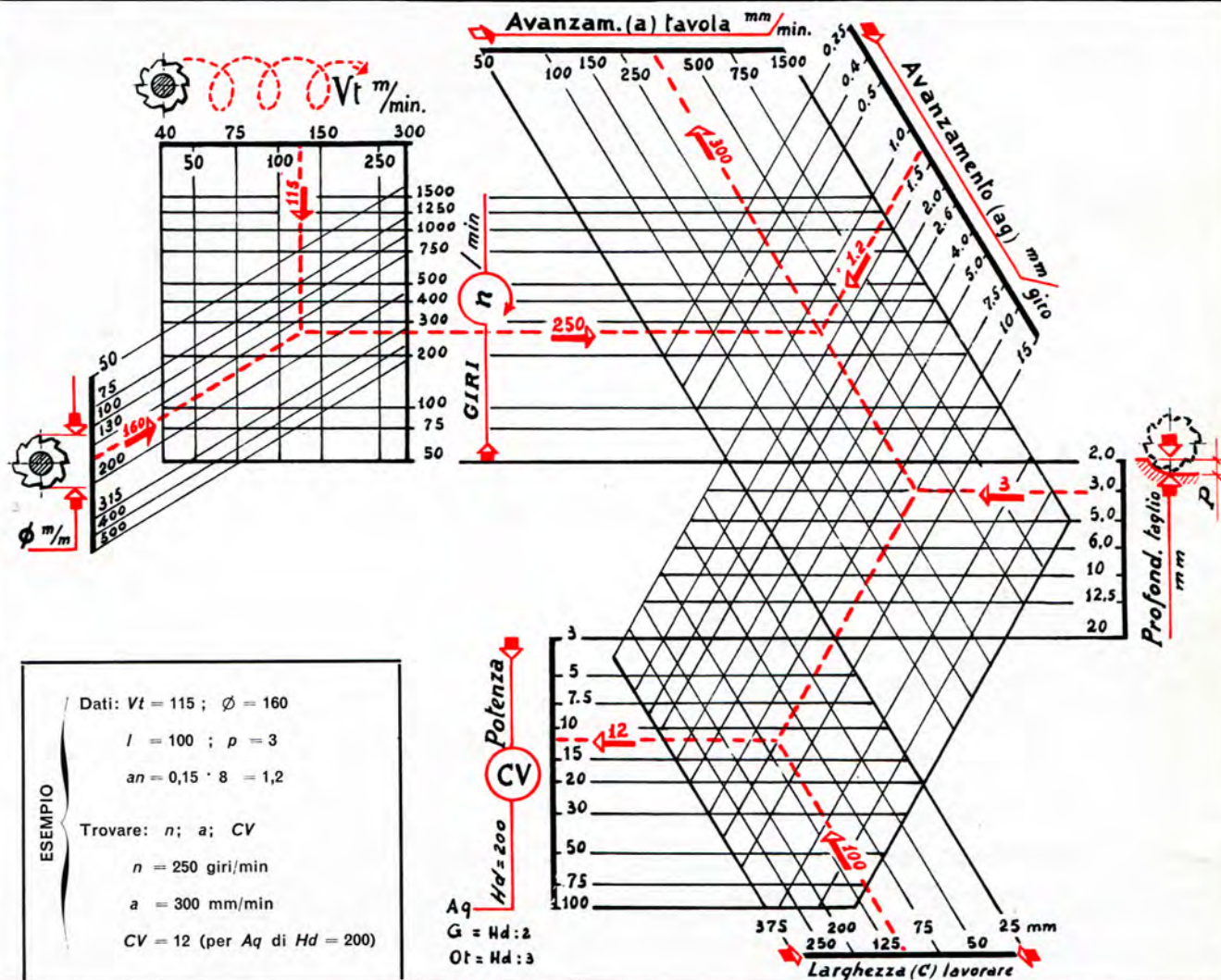
Materiale da lavorare	Lubrificazione o refrigerante
Acciai a basso e medio tenore di carbonio	Olio emulsionabile (miscela 1 : 20)
Acciai alto tenore di carbonio Acciai legati	Olio emulsionabile 1:10 Oli solforati semifluidi e densi - Miscele olio animale e petrolio
Acciai legati molto duri	Oli solforati densi Miscele olio animale
Ghisa dolce Durezza Brinell 180	A secco - Getto d'aria compressa
Ghisa dura, oltre 180 Brinell	Petrolio - Olio minerale fluido o diluito in petroli Olio di trementina con petrolio
Ghisa acciaio-sa e malleabile	Olio emulsionabile (miscela 1:30)
Bronzo	A secco
Ottone	Olio emulsionabile 1:40 - Petrolio
Rame	Olio emulsionabile 1:30 per sgrossatura Miscela olio grasso ed olio minerale per fin.
Alluminio Leghe dolci	A secco - Olio emulsionabile 1:40 - Acqua saponata
Alluminio Leghe dure	Olio emulsionabile 1 : 40 - petrolio Olio minerale fluido diluito con petrolio
Leghe di magnesio	A secco - Oli da taglio speciali esenti di acqua - Getto aria compressa
Materie pressate e plastiche	A secco o con aria compressa



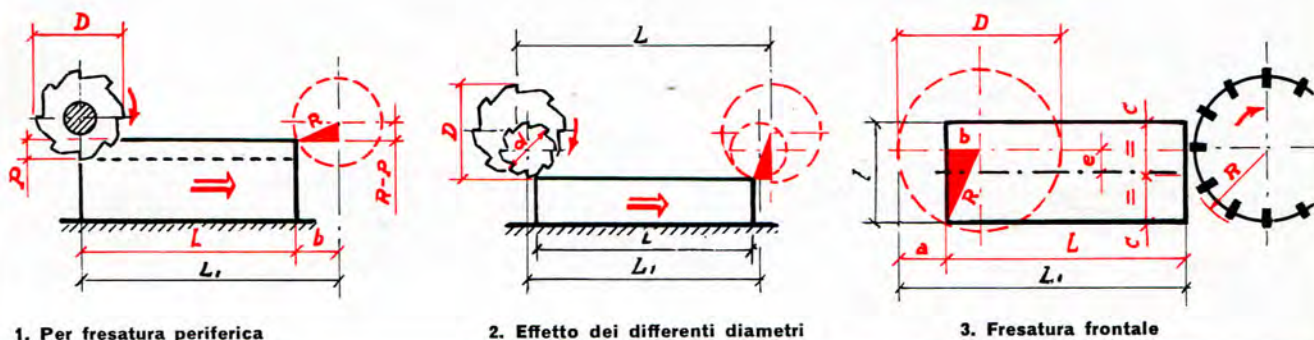
QUALITÀ DELLE SUPERFICI UNI 3963		Rugosità Ra in micron									
ottenibili con la Fresatura		0,2	0,4	0,8	1,6	3	6	12	16	20	25
sgrossata	▽										
lisciata	▽▽										
levigata	▽▽▽										



VALORI SULLA PRODUTTIVITÀ NELLA SPIANATURA FRONTALE



VALORI ORIENTATIVI (Sandvik) per:  $n - a - CV$



VALORI ORIENTATIVI PER LA LUNGHEZZA CORSA E CALCOLO DEL TEMPO



## 1. Uso del grafico

Oltre ai dati ricavabili nel F.P. precedente ( $Vt - n - a -$ ) il fresatore deve a volte conoscere la potenza richiesta per eseguire un dato lavoro in base ad altri elementi conosciuti.

Il grafico rappresentato sul fronte permette di trovare (per lavori di spianatura con frese moderne) i fattori di lavoro incogniti ( $n$  = giri;  $a$  = avanzamento in mm.;  $P$  = potenza richiesta) conoscendo il diametro della fresa ( $D$ ); la velocità assunta in base al materiale ( $Vt$ ); la larghezza del pezzo da lavorare ( $l$ ) la profondità di passata ( $p$ ) e l'avanzamento per giro ( $an$ ). Vedi l'esempio sul fronte.

## 2. Lunghezza della corsa e tempo impiegato

In ambo i casi (fresatura periferica

oppure frontale) la corsa della tavola dipende dalla lunghezza del pezzo ( $L$ ) e dal diametro della fresa ( $D$ ); quanto più piccolo è il diametro della fresa tanto minore sarà la corsa totale  $L_1$  (fig. 2).

Con fresatura periferica (fig. 7) occorre tener conto del triangolo d'entrata il cui cateto  $b$  si somma alla lunghezza del pezzo, per cui:

$$L_1 = L + b; \text{ essendo } b = \sqrt{R^2 - (R - p)^2}.$$

Con fresa frontale il cui centro corrisponde a quello del pezzo la lunghezza  $L_1$  della corsa è uguale a quella del pezzo più il diametro della fresa diminuito del cateto  $b$  del triangolo dove:

$$b = \sqrt{R^2 - c^2}; \text{ ed allora:}$$

$$L_1 = L + (D - b) \text{ essendo: } c = \frac{l}{2}.$$

Con fresa frontale che lavora (come dovrebbe), con il suo asse spostato dal

centro di simmetria del pezzo (fig. 3) il valore del cateto  $b$  risulta leggermente maggiore, per cui sarà minore la corsa totale della fresa e cioè:

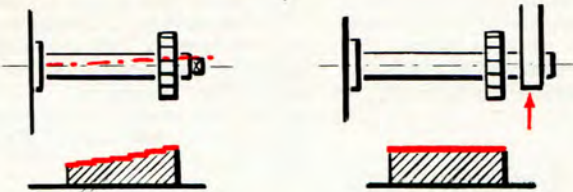
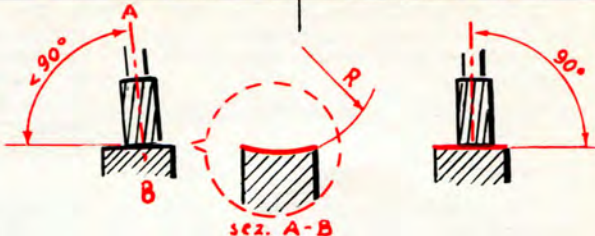

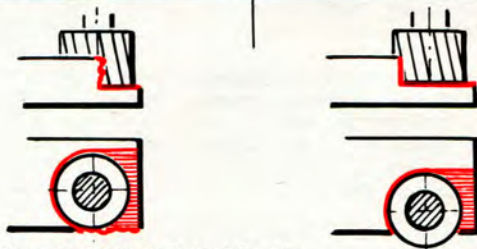
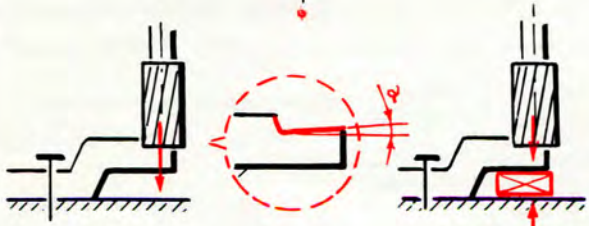

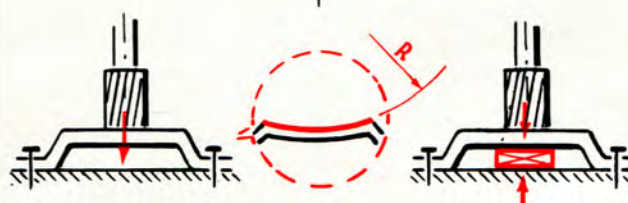
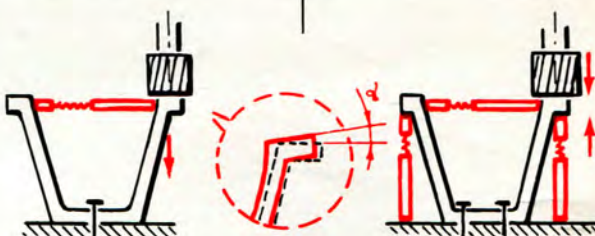
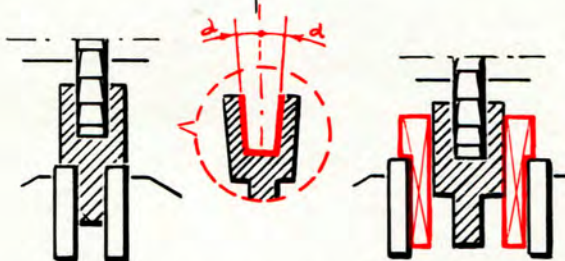


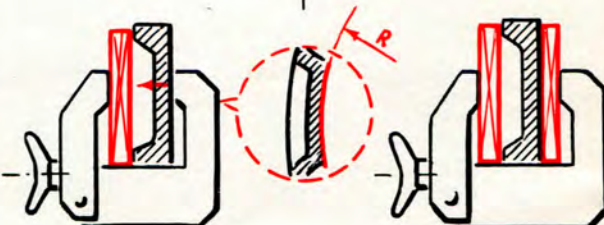
$$c = 1/2 \text{ larghezza del pezzo} + \text{disassamento (e) ossia: } b = \sqrt{R^2 - (c + e)^2}.$$

Dalla lunghezza totale della corsa  $L_1$  si ricava il tempo  $t$  necessario per effettuare una passata con la formula:

$$t = \frac{L_1}{a} \text{ dove } a = \text{velocità di avanzamento in mm/min.}$$

**NOTA:** dovendo effettuare più passate si dovrà moltiplicare il tempo ( $t$ ) per il numero delle passate, notando che per la finitura le condizioni di lavoro ( $Vt - an$ ) e perciò anche ( $a$ ) vengono modificate.



CAUSA: posizionamento della Fresa		CAUSA: mancanza di sostegno		CAUSA: staffaggio irrazionale		
ERRATO	ESATTO	ERRATO	ESATTO	ERRATO	ESATTO	
						
1. Fresa troppo lontana dal supporto		2. Fresa frontale inclinata				
						
3. Fresa frontale troppo piccola		4. Fresa frontale mal posizionata				
						
5. Difetto di parallelismo		6. Deformazione per schiacciamento				
						
7. Flessione per troppa distanza		8. Doppio tirante regolabile				
						
9. Deformazione prodotta dal calore		10. La staffa non preme sull'appoggio				
						
11. Curvatura del pezzo		12. Flessione del pezzo				
SPS MECCANICI		DIFETTI E DEFORMAZIONI SUI PEZZI FRESATI				015 <sub>F</sub>



I difetti e le deformazioni sui pezzi fresati sono dovuti specialmente alla mancanza di applicazione delle norme indicate per:

- a) il montaggio degli utensili (fresse) (F.P. 011);
- b) il montaggio dei pezzi (F.P. 06-07).

Più precisamente, nei pezzi lavorati alle fresatrici si possono avere difetti e deformazioni, per:

#### 1. Difettoso posizionamento della fresa

- A) La fresa collocata troppo lontana dal supporto produce superfici vibrato ed irregolari (fig. 1).  
Lo stesso difetto si produce quando fra l'anello ed il supporto esiste un giuoco eccessivo.
- B) Collocando la testa verticale, occorre controllare che sia orientata esattamente a 90°; in caso contrario la fresa produce una superficie concava (fig. 2), questo difetto è tanto maggiore, quanto più inclinata è la fresa e quanto più il suo diametro è ridotto.
- C) Una fresa a gambo di diametro troppo piccolo, in relazione alla profondità di passata ed all'avanzamento può flettersi e produrre superfici difettose come in figura 3.  
Se la fresa oltre al piccolo diametro fosse anche bloccata troppo leggermente, si produrrebbero pericolose vibrazioni con grave pericolo di rottura dell'utensile stesso.

- D) La fresa frontale per spianatura dovrebbe essere di un diametro pari a 1,2-1,5 volte maggiore della larghezza da fresare, in caso contrario per evitare la formazione di bavature occorre posizionarla come in fig. 4 (destra).

#### 2. Mancanza di opportuni sostegni del pezzo

Anche se la fresa e tutti gli altri fattori di taglio sono ben scelti, la lavorazione può risultare difettosa per: deformazioni, svergolature, schiacciamenti, ecc., dei pezzi durante il lavoro come illustrano le fig. 5-6-7-8.

Occorre dunque disporre dei sostegni adatti alla forma del pezzo, senza cadere nell'eccesso opposto di forzare troppo i sostegni producendo una deformazione inversa.

Nei casi molto importanti si può collocare il palpato del comparatore sopra il pezzo, nel punto voluto, osservando se vi sono delle oscillazioni mentre si colloca o si adatta il sostegno.

#### 3. Staffaggio irrazionale del pezzo

Il sistema di fissaggio va studiato in modo da impedire qualsiasi spostamento del pezzo durante il lavoro ed ogni sua possibile deformazione (F.P. 06F).

Se il pezzo ha già una faccia piana, occorre servirsi di questa nel procedere ad altre lavorazioni; in caso contrario si usano puntalini registrabili, spessori regolabili, pezzi di carta, ecc., per prepa-

rare un appoggio conveniente in modo che il pezzo non possa oscillare.

Le deformazioni possono anche essere causate dal calore che si sviluppa durante il lavoro (fig. 9) oppure dalle staffe che appoggiano sul falso, le fig. 10-11-12 illustrano deformazioni che sarebbero prodotte dallo staffaggio difettoso.

Altri difetti possono avere origine:

- a) dal mandrino o dalla morsa non bene assicurati;
- b) dal pezzo debolmente bloccato;
- c) da spessori non paralleli;
- d) da trucioli interposti sul piano di appoggio;
- e) dall'eccessivo gioco delle slitte;
- f) dall'eccessivo riscaldamento durante la lavorazione.

Così pure la *rugosità* delle superfici, oltre ai motivi già accennati indicati al punto A -a-b-c può essere prodotta da:

- g) denti della fresa troppo logori;
- h) esagerata velocità di taglio o di avanzamento;
- i) mancanza di refrigerante;
- l) difettosa evacuazione dei trucioli.

*Il buon fresatore, conoscendo le cause dei difetti elencati ed illustrati, deve procurare di evitarli in tutte le lavorazioni che deve eseguire.*





**A) FUNZIONI TRIGONOMETRICHE**

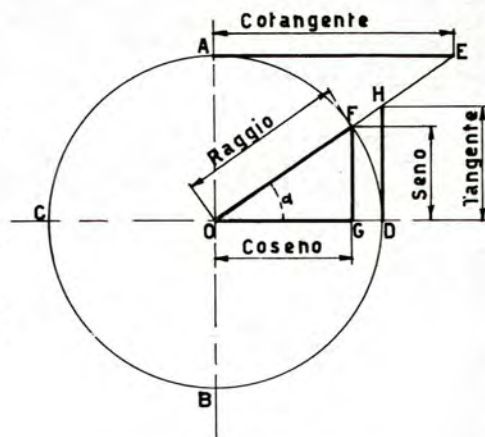
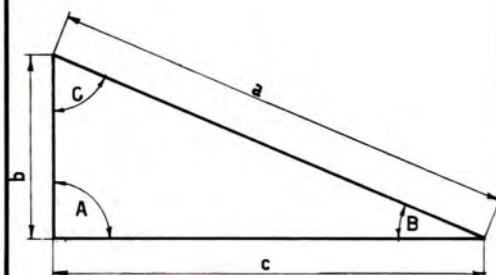
Le funzioni trigonometriche più usate sono: seno, coseno, tangente, cotangente; il loro valore è riferito alla circonferenza di raggio = 1 e dipende dall'ampiezza dell'angolo. Sono perciò chiamate *Funzioni dell'angolo*.

Il loro valore si ricerca nelle tabelle riprodotte sul RETRO.

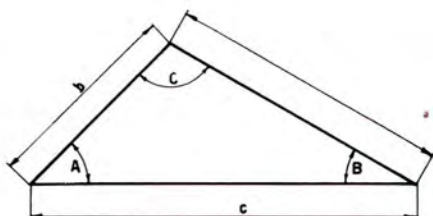
**B) RELAZIONI FRA LE FUNZIONI TRIGONOMETRICHE ED IL TRIANGOLO RETTANGOLO (vedi figura)**

L'ipotenusa ( $a$ ) è opposta all'angolo retto. Il cateto è adiacente all'angolo ( $C$ ) ed è opposto all'angolo ( $B$ ). Il cateto ( $c$ ) è adiacente all'angolo ( $B$ ) e opposto all'angolo ( $C$ ). Inoltre  $B + C = 90^\circ$ ; e perciò:

$$90^\circ - C = B; \quad 90^\circ - B = C$$

**C) TAVOLA RIASSUNTIVA PER LA RICERCA DEGLI ELEMENTI TRIGONOMETRICI DEL TRIANGOLO RETTANGOLO**

Elementi dati	Elementi incogniti		
Lati $a$ e $b$	$c = \sqrt{a^2 - b^2}$	$\text{sen } B = \frac{b}{a}$	$C = 90^\circ - B$
Lati $a$ e $c$	$b = \sqrt{a^2 - c^2}$	$\text{sen } C = \frac{c}{a}$	$B = 90^\circ - C$
Lati $b$ e $c$	$a = \sqrt{b^2 + c^2}$	$\text{tang } B = \frac{b}{c}$	$C = 90^\circ - B$
Lato $a$ , angolo $B$	$b = a \cdot \text{sen } B$	$c = a \cdot \text{cos } B$	$C = 90^\circ - B$
Lato $a$ , angolo $C$	$b = a \cdot \text{cos } C$	$c = a \cdot \text{sen } C$	$B = 90^\circ - C$
Lato $b$ , angolo $B$	$a = \frac{b}{\text{sen } B}$	$c = b \cdot \text{cotg } B$	$C = 90^\circ - B$
Lato $b$ , angolo $C$	$a = \frac{b}{\text{cos } C}$	$c = b \cdot \text{tang } C$	$B = 90^\circ - C$
Lato $c$ , angolo $B$	$a = \frac{c}{\text{cos } B}$	$b = c \cdot \text{tang } B$	$C = 90^\circ - B$
Lato $c$ , angolo $C$	$a = \frac{c}{\text{sen } C}$	$b = c \cdot \text{cotg } C$	$B = 90^\circ - C$

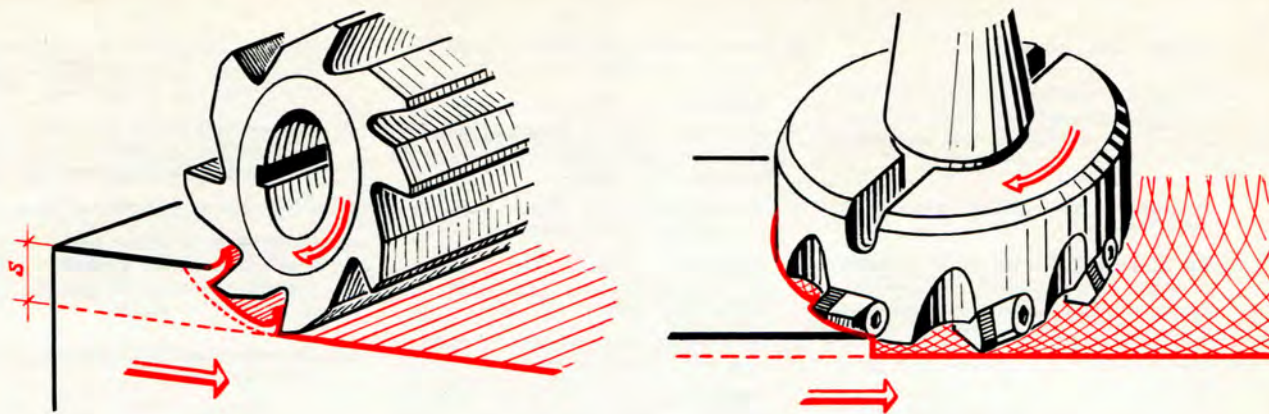
**D) TAVOLA RIASSUNTIVA PER LA RICERCA DEGLI ELEMENTI DEL TRIANGOLO**

Elementi dati	Elementi incogniti	
Lati $a-b-c$	$\text{cos } A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}; \quad \text{cos } B = \frac{c^2 + a^2 - b^2}{2ca}$ $C = 180^\circ - B - A$	
Lati $a-b$ Angolo $C$	$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \text{ cos } C}; \quad \text{sen } A = \frac{a \cdot \text{sen } C}{c}$ $\text{tg } A = \frac{a \cdot \text{sen } C}{b - a \text{ cos } C} \quad \text{tg } B = \frac{b \cdot \text{sen } C}{a - b \cdot \text{cos } C}$	
Lati $a-b$ Angoli $A-C$	$\text{sen } B = \frac{b \cdot \text{sen } C}{a}; \quad c = \frac{a \cdot \text{sen } C}{\text{sen } A}$	
Lato $a$ Angoli $A-B$	$c = \frac{a \cdot \text{sen } C}{\text{sen } A}; \quad b = \frac{a \cdot \text{sen } B}{\text{sen } A}$	



Gradi	Seno						
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01454	89
1	0,00745	0,00936	0,01127	0,01318	0,01509	0,01699	88
2	0,01490	0,01781	0,02072	0,02363	0,02654	0,02945	87
3	0,02234	0,02525	0,02816	0,03107	0,03398	0,03689	86
4	0,02978	0,03269	0,03560	0,03851	0,04142	0,04433	85
5	0,03722	0,04013	0,04304	0,04595	0,04886	0,05177	84
6	0,04466	0,04757	0,05048	0,05339	0,05630	0,05921	83
7	0,05210	0,05501	0,05792	0,06083	0,06374	0,06665	82
8	0,05954	0,06245	0,06536	0,06827	0,07118	0,07409	81
9	0,06698	0,06989	0,07280	0,07571	0,07862	0,08153	80
10	0,07442	0,07733	0,08024	0,08315	0,08606	0,08897	79
11	0,08186	0,08477	0,08768	0,09059	0,09350	0,09641	78
12	0,08930	0,09221	0,09512	0,09803	0,10094	0,10385	77
13	0,09674	0,09965	0,10256	0,10547	0,10838	0,11129	76
14	0,10418	0,10709	0,11000	0,11291	0,11582	0,11873	75
15	0,11162	0,11453	0,11744	0,12035	0,12326	0,12617	74
16	0,11906	0,12197	0,12488	0,12779	0,13070	0,13361	73
17	0,12650	0,12941	0,13232	0,13523	0,13814	0,14105	72
18	0,13394	0,13685	0,13976	0,14267	0,14558	0,14849	71
19	0,14138	0,14429	0,14720	0,15011	0,15302	0,15593	70
20	0,14882	0,15173	0,15464	0,15755	0,16046	0,16337	69
21	0,15626	0,15917	0,16208	0,16499	0,16790	0,17081	68
22	0,16370	0,16661	0,16952	0,17243	0,17534	0,17825	67
23	0,17114	0,17405	0,17696	0,17987	0,18278	0,18569	66
24	0,17858	0,18149	0,18440	0,18731	0,19022	0,19313	65
25	0,18602	0,18893	0,19184	0,19475	0,19766	0,20057	64
26	0,19346	0,19637	0,19928	0,20219	0,20510	0,20801	63
27	0,20090	0,20381	0,20672	0,20963	0,21254	0,21545	62
28	0,20834	0,21125	0,21416	0,21707	0,22000	0,22291	61
29	0,21578	0,21869	0,22160	0,22451	0,22742	0,23033	60
30	0,22322	0,22613	0,22904	0,23195	0,23486	0,23777	59
31	0,23066	0,23357	0,23648	0,23939	0,24230	0,24521	58
32	0,23810	0,24101	0,24392	0,24683	0,24974	0,25265	57
33	0,24554	0,24845	0,25136	0,25427	0,25718	0,26009	56
34	0,25298	0,25589	0,25880	0,26171	0,26462	0,26753	55
35	0,26042	0,26333	0,26624	0,26915	0,27206	0,27497	54
36	0,26786	0,27077	0,27368	0,27659	0,27950	0,28241	53
37	0,27530	0,27821	0,28112	0,28403	0,28694	0,28985	52
38	0,28274	0,28565	0,28856	0,29147	0,29438	0,29729	51
39	0,29018	0,29309	0,29600	0,29891	0,30182	0,30473	50
40	0,29762	0,30053	0,30344	0,30635	0,30926	0,31217	49
41	0,30506	0,30797	0,31088	0,31379	0,31670	0,31961	48
42	0,31250	0,31541	0,31832	0,32123	0,32414	0,32705	47
43	0,32494	0,32785	0,33076	0,33367	0,33658	0,33949	46
44	0,33238	0,33529	0,33820	0,34111	0,34402	0,34693	45
45	0,34987	0,35278	0,35569	0,35860	0,36151	0,36442	44
46	0,37181	0,37472	0,37763	0,38054	0,38345	0,38636	43
47	0,38930	0,39221	0,39512	0,39803	0,40094	0,40385	42
48	0,40629	0,40920	0,41211	0,41502	0,41793	0,42084	41
49	0,42328	0,42619	0,42910	0,43201	0,43492	0,43783	40
50	0,44027	0,44318	0,44609	0,44900	0,45191	0,45482	39
51	0,45781	0,46072	0,46363	0,46654	0,46945	0,47236	38
52	0,47535	0,47826	0,48117	0,48408	0,48699	0,48990	37
53	0,49244	0,49535	0,49826	0,50117	0,50408	0,50699	36
54	0,50903	0,51194	0,51485	0,51776	0,52067	0,52358	35
55	0,52617	0,52908	0,53199	0,53490	0,53781	0,54072	34
56	0,54381	0,54672	0,54963	0,55254	0,55545	0,55836	33
57	0,56100	0,56391	0,56682	0,56973	0,57264	0,57555	32
58	0,57869	0,58160	0,58451	0,58742	0,59033	0,59324	31
59	0,59588	0,59879	0,60170	0,60461	0,60752	0,61043	30
60	0,61262	0,61553	0,61844	0,62135	0,62426	0,62717	29
61	0,62931	0,63222	0,63513	0,63804	0,64095	0,64386	28
62	0,64690	0,64981	0,65272	0,65563	0,65854	0,66145	27
63	0,66454	0,66745	0,67036	0,67327	0,67618	0,67909	26
64	0,68173	0,68464	0,68755	0,69046	0,69337	0,69628	25
65	0,69947	0,70238	0,70529	0,70820	0,71111	0,71402	24
66	0,71686	0,71977	0,72268	0,72559	0,72850	0,73141	23
67	0,73420	0,73711	0,74002	0,74293	0,74584	0,74875	22
68	0,75159	0,75450	0,75741	0,76032	0,76323	0,76614	21
69	0,76898	0,77189	0,77480	0,77771	0,78062	0,78353	20
70	0,78637	0,78928	0,79219	0,79510	0,79801	0,80092	19
71	0,80371	0,80662	0,80953	0,81244	0,81535	0,81826	18
72	0,82105	0,82396	0,82687	0,82978	0,83269	0,83560	17
73	0,83840	0,84131	0,84422	0,84713	0,85004	0,85295	16
74	0,85575	0,85866	0,86157	0,86448	0,86739	0,87030	15
75	0,87319	0,87610	0,87901	0,88192	0,88483	0,88774	14
76	0,89054	0,89345	0,89636	0,89927	0,90218	0,90509	13
77	0,90789	0,91080	0,91371	0,91662	0,91953	0,92244	12
78	0,92524	0,92815	0,93106	0,93397	0,93688	0,93979	11
79	0,94264	0,94555	0,94846	0,95137	0,95428	0,95719	10
80	0,96000	0,96291	0,96582	0,96873	0,97164	0,97455	9
81	0,97736	0,98027	0,98318	0,98609	0,98900	0,99191	8
82	0,99472	0,99763	1,00054	1,00345	1,00636	1,00927	7
83	1,01208	1,01499	1,01790	1,02081	1,02372	1,02663	6
84	1,02944	1,03235	1,03526	1,03817	1,04108	1,04399	5
85	1,04685	1,04976	1,05267	1,05558	1,05849	1,06140	4
86	1,06420	1,06711	1,07002	1,07293	1,07584	1,07875	3
87	1,08155	1,08446	1,08737	1,09028	1,09319	1,09610	2
88	1,09895	1,10186	1,10477	1,10768	1,11059	1,11350	1
89	1,11635	1,11926	1,12217	1,12508	1,12799	1,13090	0
90	1,13381	1,13672	1,13963	1,14254	1,14545	1,14836	
91	1,15127	1,15418	1,15709	1,15999	1,16290	1,16581	
92	1,16872	1,17163	1,17454	1,17745	1,18036	1,18327	
93	1,18618	1,18909	1,19200	1,19491	1,19782	1,20073	
94	1,20364	1,20655	1,20946	1,21237	1,21528	1,21819	
95	1,22110	1,22401	1,22692	1,22983	1,23274	1,23565	
96	1,23856	1,24147	1,24438	1,24729	1,25020	1,25311	
97	1,25602	1,25893	1,26184	1,26475	1,26766	1,27057	
98	1,27348	1,27639	1,27930	1,28221	1,28512	1,28803	
99	1,29094	1,29385	1,29676	1,29967	1,30258	1,30549	
100	1,30840	1,31131	1,31422	1,31713	1,32004	1,32295	
101	1,32586	1,32877	1,33168	1,33459	1,33750	1,34041	
102	1,34332	1,34623	1,34914	1,35205	1,35496	1,35787	
103	1,36078	1,36369	1,36660	1,36951	1,37242	1,37533	
104	1,37825	1,38116	1,38407	1,38698	1,38989	1,39280	
105	1,39571	1,39862	1,40153	1,40444	1,40735	1,41026	
106	1,41317	1,41608	1,41899	1,42190	1,42481	1,42772	
107	1,43054	1,43345	1,43636	1,43927	1,44218	1,44509	
108	1,44791	1,45082	1,45373	1,45664	1,45955	1,46246	
109	1,46527	1,46818	1,47109	1,47400	1,47691	1,47982	
110	1,48268	1,48559	1,48850	1,49141	1,49432	1,49723	
111	1,50000	1,50291	1,50582	1,50873	1,51164	1,51454	
112	1,51745	1,52036	1,52327	1,52618	1,52909	1,53199	
113	1,53440	1,53731	1,54022	1,54313	1,54604	1,54895	
114	1,55136	1,55427	1,55718	1,56009	1,56299	1,56590	
115	1,56881	1,57172	1,57463	1,57754	1,58045	1,58336	
116	1,58627	1,58918	1,59209	1,59500	1,59791	1,60082	
117	1,60373	1,60664	1,60955	1,61246	1,61537	1,61828	
118	1,62119	1,62410	1,62701	1,62992	1,63283	1,63574	
119	1,63865	1,64156	1,64447	1,64738	1,65029	1,65320	
120	1,65611	1,65902	1,66193	1,66484	1,66775	1,67066	
121	1,67357	1,67648	1,67939	1,68230	1,68521	1,68812	
122	1,69103	1,69394	1,69685	1,69976	1,70267	1,70558	
123	1,70849	1,71140	1,71431	1,71722	1,72013	1,72304	
124	1,72595	1,72886	1,73177	1,73468	1,73759	1,74050	
125	1,74341	1,74632	1,74923	1,75214	1,75505	1,75796	
126	1,76087	1,76378	1,76669	1,76960	1,77251	1,77542	
127	1,77833	1,78124	1,78415	1,78706	1,78997	1,79288	
128	1,79579	1,79870	1,80161	1,80452	1,80743	1,81034	
129	1,81325	1,81616	1,81907	1,82198	1,82489	1,82780	
130	1,83071	1,83362	1,83653	1,83944	1,84235	1,84526	
131	1,84817	1,85108	1,85399	1,85690	1,85981	1,86272	
132	1,86563	1,86854	1,87145	1,87436	1,87727	1,88018	
133	1,88309	1,88600	1,88891	1,89182	1,89473	1,89764	
134	1,90055	1,90346	1,90637	1,90928	1,91219	1,91510	
135	1,91801	1,92					



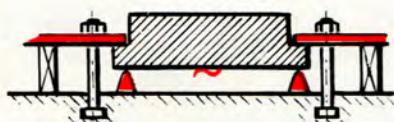


con fresa cilindrica

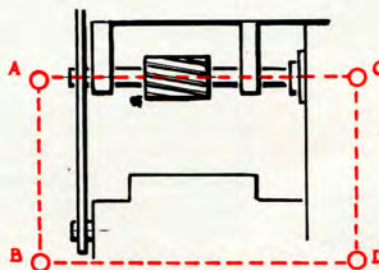
SPIANATURA ORIZZONTALE

con fresa frontale

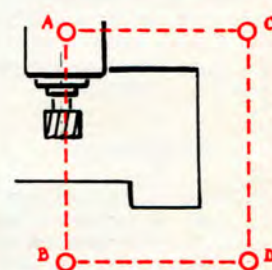
Preparazione



1. Montaggio dei pezzi



2. Montaggio fresa orizzontale



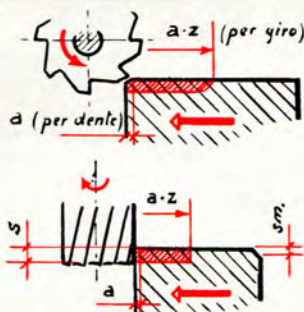
3. Montaggio fresa frontale

— La forma, dimensioni, stato del pezzo e tipo di operazione determinano il modo di fissaggio e la fresa da usare.

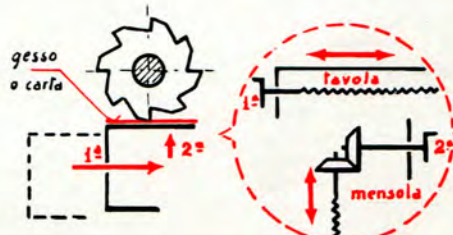
Preselezione (fattori di lavoro)



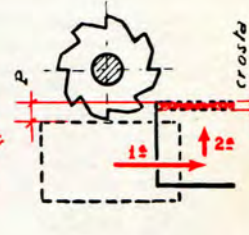
4. Scelta giri (n)



5. Avanzamento giro (a)



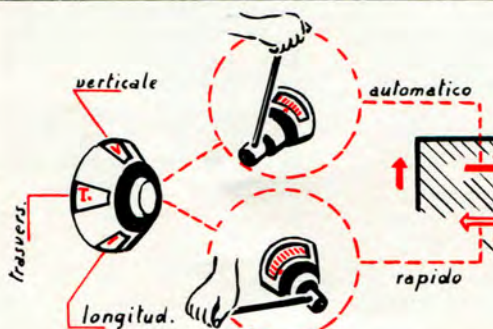
6. Sforatura pezzo



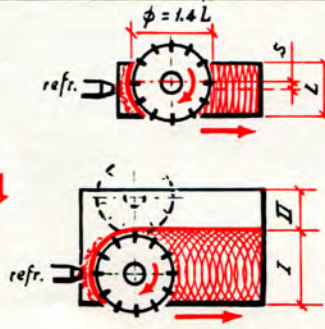
7. Profondità di passata (p)

— I fattori di taglio ( $n-p-a$ ) si stabiliscono consultando il F.P. 013. Il numero delle passate si definisce in relazione alla quantità di materiale da asportare.

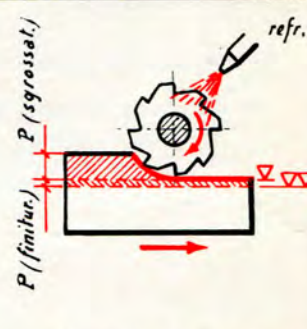
Esecuzione



8. Scelta avanzamenti - Movimenti pezzo



9. Posizionamento fresa frontale



10. Sgrossatura e finitura

— Prima di eseguire qualsiasi manovra occorre assicurarsi bene quale sarà il movimento prodotto sulla macchina.



## 1. Scopo dell'operazione

Generare una superficie piana disposta orizzontalmente mediante frese ad asse parallelo o perpendicolare alla superficie stessa.

## 2. Fissaggio del pezzo (vedi F.P. 06F-07F)

a) Sulla tavola della fresatrice se si tratta di pezzi di dimensioni rilevanti con opportuni spessori se la superficie d'appoggio è grezza (fig. 1).

b) Nella morsa a sua volta fissata sulla tavola.

Si osservi che le frese a taglio periferico esercitano uno sforzo maggiore e tendono a sollevare il pezzo, per cui lo staffaggio dev'essere più rigido.

In ambedue i casi (fresa periferica o frontale) occorre esaminare bene il pezzo e, in relazione alle sue dimensioni, al materiale, al metodo scelto per la fresatura, scegliere il sistema di bloccaggio e fissare il pezzo nel modo più comodo, rigido e sicuro.

## 3. Attrezzature

**Utensili:** in base al materiale da lavorare ed al metodo scelto nella lavorazione, si sceglierà la fresa più adatta al lavoro da eseguire; di esecuzione: *N*, *D*, o *T* (F.P. 010F);

**Strumenti di misura:** calibro ventesimale, guardapiani, comparatore;

**Mezzi ausiliari:** alberi portafrese, elementi di fissaggio, ecc.

## 4. Criteri di scelta della fresa

L'adottare l'uno o l'altro tipo di fresa nella spianatura orizzontale dipende molto dalla forma dei pezzi e dal loro numero e dal grado di rugosità richiesto.

Come è detto nel F.P. 010/3-5 le frese frontali lavorano meglio di quelle periferiche per il maggior numero di denti in presa, per l'uniformità del truciolo, per la rigidità dell'albero, ecc.; tuttavia non sempre si possono adottare, per cause diverse, per la posizione della superficie da spianare, per cui esamineremo i due metodi.

Le figure 2-3 illustrano il «quadri-terzo di resistenza A-B-C-D» dei due tipi di fresatrici (orizzontali e verticali) usando frese cilindriche.

Con le fresatrici orizzontali si aumenta la rigidità di lavoro per mezzo delle *bretelle* ed avvicinando i sopporti alla fresa (fig. 2).

## 5. Metodo di lavoro

### A) Spianatura con fresa cilindrica

**Sgrossatura:** (bassa velocità, notevoli avanzamenti, profondità di passata relazionata al lavoro).

a) montare la fresa ben centrata sull'albero rispettivo (F.P. 011F);

b) determinare i fattori di taglio e cioè: — il numero di giri in relazione al tipo di diametro della fresa e materiale da lavorare (F.P. 013/4);

— l'avanzamento per dente per giro e per minuto (F.P. 013/3);

c) impostare sulla macchina questi fattori manovrando le opportune maniglie (fig. 4-5);

d) determinare la profondità di passata, operando come segue:

— mettere in moto la fresa, sollevare la mensola fino a sfiorare con l'utensile la superficie da lavorare (fig. 6) (interporre fra la fresa ed il pezzo un sottile pezzo di carta perché i taglienti della fresa non striscino su di una superficie indurita, ghisa dura, acciai fucinati, croste sabbiose, ecc.);

— azzerare il tamburo graduato;

— avanzare a mano la slitta orizzontale (tavola) portando il pezzo a pochi millimetri dalla fresa (fig. 7) alzare la mensola di una quantità eguale alla profondità di passata (fig. 7);

— bloccare le slitte verticale e trasversale, ed eventualmente le bretelle (fig. 2);

e) innestare l'avanzamento automatico, osservando che il getto refrigerante (se necessario) sia correttamente orientato (fig. 10).

**NOTA:** non è conveniente innestare l'avanzamento automatico quando la fresa si trova a contatto del pezzo, perché la tavola potrebbe avanzare di colpo e produrre seri inconvenienti.

f) completare la passata di sgrossatura e disinnestare l'avanzamento automatico;

g) effettuare il ritorno a mano nelle prime esercitazioni per addestrarsi correttamente alle manovre, in seguito manovrare la maniglia selettiva dei rapidi e retrocedere la tavola nella posizione conveniente (fig. 8);

h) se necessario ripetere le passate di sgrossatura, lasciando mm 0,5-0,6 per la passata di finitura.

**Finitura:** (elevate velocità, bassi avanzamenti, modeste profondità di passata)

i) determinare i fattori di taglio, che sono diversi da quelli della sgrossatura (F.P. 013/4);

j) segnare col gesso o matita la superficie sgrossata;

m) sfiorare, con la fresa in moto, la superficie del pezzo; la fresa deve asportare il gesso senza intaccare il metallo;

n) azzerare il tamburo graduato della mensola, riprendendo opportunamente i giochi;

o) retrocedere la tavola ed effettuare il movimento verticale corrispondente alla profondità di passata;

p) avvicinare il pezzo alla fresa in moto (alla distanza di mm 2-3) ed innestare il movimento automatico della tavola;

q) effettuare la passata di finitura;

r) controllare lo stato della superficie ottenuta e se necessario ripetere la passata correggendo opportunamente i fattori di taglio.

### B) Spianatura con fresa cilindrica frontale Sgrossatura:

v) determinare i fattori di taglio (F.P. 013F) (la profondità di passata è bene che non superi 6-7 mm; e l'avanzamento si determina per dente);

x) impostare la profondità di passata operando come in c);

y) avanzare a mano la tavola ed eseguire la passata come indicato in d...h;

## NOTA:

I) Ricordare che la fresa frontale deve essere posizionata in modo che il suo centro si trovi ad una distanza:  $S = 0,05D$  dall'asse del pezzo  $D$  = diametro della fresa dal lato contrario all'entrata dei denti (fig. 9);

II) Non disponendo di una fresa frontale del diametro 1,5 la larghezza della superficie da spianare, conviene effettuare l'operazione in due passate (fig. 9).

III) Si può inclinare la testa verticale di  $\frac{1}{2}$  grado per evitare lo strisciamento dei denti dalla parte che non lavorano.

## Finitura

z) Procedere in tutto come nella finitura del caso A).

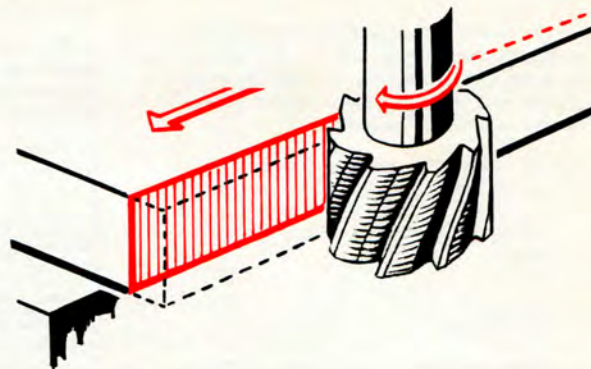
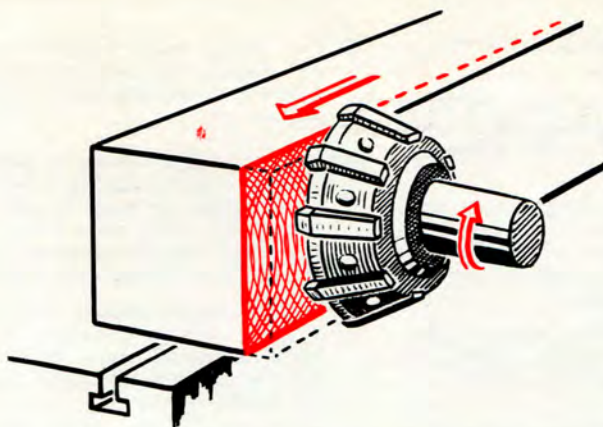
**NOTA:** perché la fresa frontale produca un piano perfetto, si deve orientare con l'asse esattamente perpendicolare alla superficie da lavorare; in tal caso le linee della fresatura risultano incrociate (fig. Principale). Piccolissime asportazioni di mm 0,1 ÷ 0,15 non sono possibili su materiali duri e tenaci; la fresa in questi casi rifiuta il materiale.

## 6. Avvertenze

— Trattandosi di molti pezzi eguali, di facile fissaggio e sicuro riferimento, conviene procedere alla sgrossatura di tutti i pezzi e successivamente, dopo aver cambiato la fresa, effettuare la finitura.

— Se si usano le bretelle (fig. 2), occorre ricordarsi di allentare i bulloni di bloccaggio tutte le volte che si deve spostare la mensola.



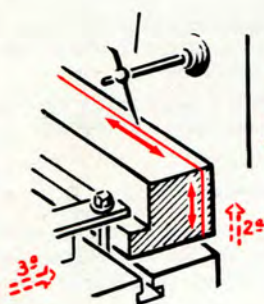


asse fresa orizzontale

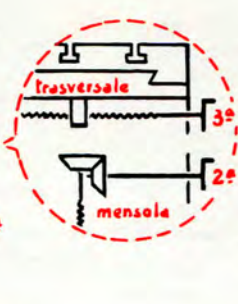
SPIANATURA VERTICALE

asse fresa verticale

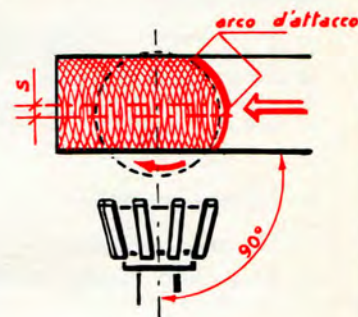
Con fresa frontale



1. Posizionamento pezzo



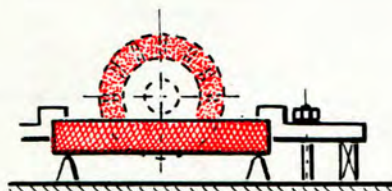
2. Sforatura con fresa



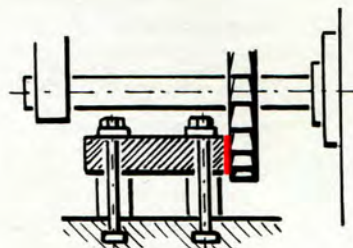
3. Azione della fresa

— Questo sistema è da usarsi normalmente, per le sue caratteristiche di rigidità.

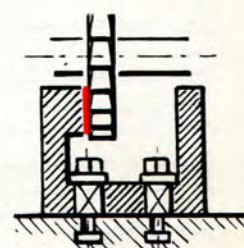
Con fresa a 3 tagli



4. Staffaggio con base irregolare



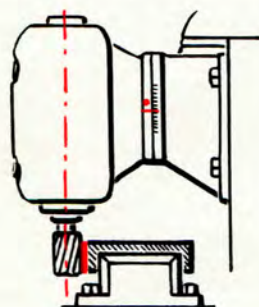
5. Lavorazione faccia esterna



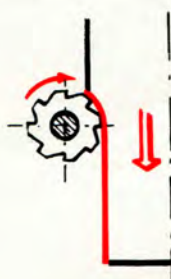
6. Lavorazione faccia interna

— Questo sistema si adopera in casi particolari perché è di basso rendimento.

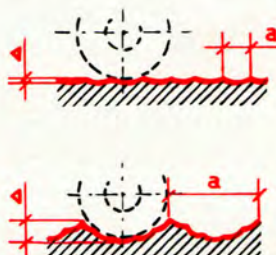
Con fresa cilindrica



7. Lavorazione con testa verticale



8. Avanzamento Unidirezionale



9. Superfici fresate



10. Avanzamento bidirezionale

— Questo sistema (pur non presentando i vantaggi delle frese frontali) permette di eseguire, con un solo montaggio, superfici diversamente orientate fra di loro.



## 1. Scopo dell'operazione

Generare una superficie piana disposta verticalmente, senza riferimento geometrico ad altre superfici, mediante frese disposte con asse perpendicolare o parallelo alla superficie lavorata.

NOTA: possono essere disposte con l'asse perpendicolare alla superficie da lavorare sia le frese frontali (fig. 1-2-3) come quelle a tre tagli (fig. 4-5-6).

## 2. Attrezzature

**Utensili:** fresa cilindrica frontale del diametro e altezza sufficiente, che può eseguire l'operazione con l'asse perpendicolare o parallelo.

Fresa a tre tagli di diametro sufficientemente grande.

**Mezzi ausiliari:** albero porta fresa corto e robusto, adattabile alla fresa ed alla testa verticale; albero portafresa normale. Elementi di bloccaggio adatti al pezzo da fissare.

## 3. Metodo di lavoro

### Bloccaggio del pezzo

- a) scegliere il sistema di bloccaggio più efficiente;
- b) preparare i mezzi di bloccaggio (staffe, morsa, attrezzatura) e fissare provvisoriamente il pezzo;
- c) controllare con il graffietto che la faccia da spianare sia parallela al movimento della tavola (fig. 1) e fissare rigidamente (fig. 2).

A) Con fresa frontale disposta perpendicolarmente alla superficie da lavorare (figura principale sinistra).

- d) scegliere la fresa e montarla correttamente su apposito mandrino;
- e) pulire il foro dell'albero principale ed infilarvi il codolo del mandrino portafresa, fissandolo con il tirante (F.P. 011F).

### Sgrossatura:

- f) manovrare opportunamente le tre slitte della fresatrice in modo da portare il centro della superficie da spianare leggermente spostato dal centro della fresa (cfr. F.P. 1F e fig. 3);
- g) determinare: il numero di giri, l'avanzamento e la profondità di passata

in base al materiale ed al tipo di fresa (F.P. 013F).

- h) mettere in moto la fresa, sfiorare la superficie da spianare, ed azzerare il tamburo del carro trasversale (F.P. 1/b);
- i) con movimento longitudinale della tavola allontanare il pezzo dalla fresa, quindi spostare il carro trasversale del valore corrispondente alla profondità di passata;
- l) iniziare la passata a mano e proseguirla con movimento automatico, staccare di 2 mm e innestare l'automatizzato;
- m) volendo eseguire altre passate ricondurre il pezzo nella primitiva posizione servendosi del movimento rapido longitudinale.

### Finitura

- n) Ridimensionare i fattori di lavoro (giri, avanzamento) adattandoli al tipo di operazione (finitura F.P. 013F);
- o) sfiorare con la fresa in moto, la superficie sgrossata (F.P. 1-q);
- p) ricondurre la tavola alla prima posizione, azzerare il tamburo, ed avanzare di mm 0,2-0,4 il carro trasversale;
- q) eseguire la passata con avanzamento automatico e controllare la superficie spianata.

B) Con fresa a tre tagli disposta con asse perpendicolare alla superficie da spianare (fig. 5).

NOTA: il pezzo (grezzo) deve essere collocato su blocchetti paralleli (fig. 4) perché la fresa non tocchi la tavola; si osservi inoltre che i bulloni di fissaggio o il pezzo non tocchino l'albero portafresa (fig. 5-6).

- r) posizionare il pezzo rispetto alla fresa, assicurandosi che la periferia della stessa oltrepassi di mm 1-2 la parte inferiore del pezzo;
- s) determinare gli elementi di taglio e procedere come in l-m; tenendo conto che: la mancanza di opportuno angolo di spoglia nei denti laterali, ed il largo contatto della fresa con la superficie da spianare, possono provocare spostamenti nel pezzo;
- t) dopo la passata di finitura controllare lo stato della superficie spianata ed eventualmente ripetere l'operazione modificando i fattori di taglio.

C) Con fresa a gambo a taglienti elicoidali disposta con asse parallelo alla superficie da lavorare (fig. 7 principale destra).

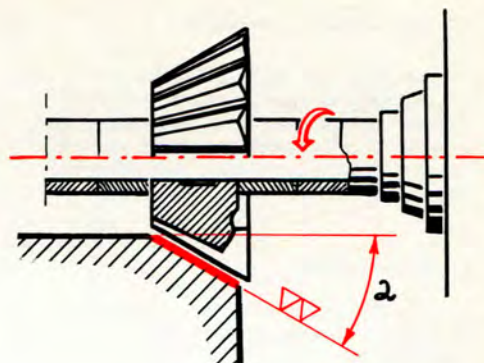
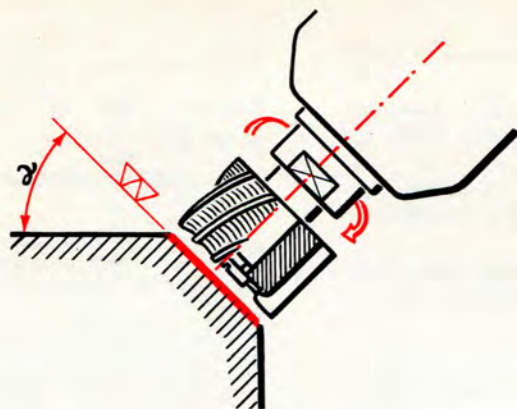
NOTA: con questo metodo si possono spianare superfici relativamente corte sulla testata di pezzi lunghi, con movimento della slitta trasversale, operazione che non sarebbe possibile con frese frontali a disco (fig. 10).

- u) montare sulla fresatrice universale la testa verticale e fissarla rigidamente all'incastellatura; controllare, con cura la perpendicolarità rispetto alla tavola (F.P. 01/5);
- v) con opportuno movimento delle slitte, posizionare il pezzo rispetto alla fresa, osservando che essa lavori possibilmente vicino al gambo (fig. 7.);
- z) determinare i fattori di taglio, osservando che la profondità di passata va proporzionata alla robustezza della fresa (una fresa di piccolo diametro, può flettersi);
- x) procedere come da l...q per le passate di grossatura e di finitura.

## 4. Avvertenze

- Osservare che la spinta assiale determinata dall'inclinazione dei denti non generi spostamenti nel pezzo.
- Prima di iniziare le passate con movimento automatico, bloccare, con le apposite maniglie, le slitte che non devono spostarsi e cioè:  
nel caso A): la slitta trasversale e verticale;  
nel caso B): la slitta trasversale e verticale;  
nel caso C) la slitta verticale e inoltre quella trasversale (fig. 7) oppure quella longitudinale (fig. 10).
- La profondità di passata nelle frese a disco dev'essere (anche per la finitura) di almeno mm 0,3-0,5 per evitare che l'utensile rifiuti il materiale.
- La bavatura prodotta dalle frese a disco è maggiore che negli altri casi e dipende dal materiale e soprattutto dallo stato di affilatura dei denti delle frese; inoltre la finitura risulta più rugosa specialmente se la superficie da lavorare è relativamente ampia.
- La figura 9 illustra lo stato della superficie lavorata con fresa a gambo centrata oppure non centrata; occorre quindi centrare bene la fresa prima d'iniziare la lavorazione.





con fresa frontale

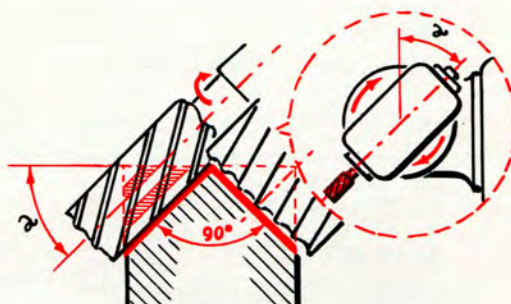
SUPERFICI INCLINATE

con fresa ad angolo

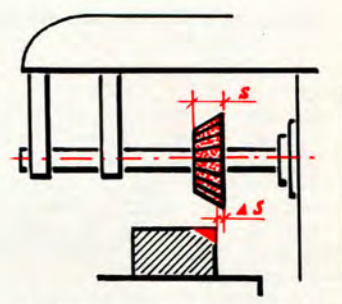
Posizionamento fresa



1. Inclinazione testa verticale



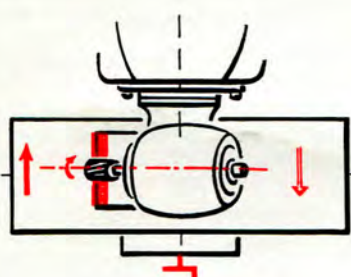
2. Inclinazione testa universale



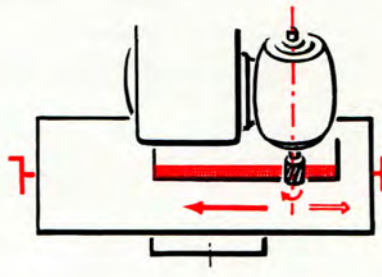
3. Allineamento fresa ad angolo

— Esecuzione di superfici inclinate, sfruttando diversi metodi di lavoro e diversi tipi di frese (periferiche, frontali, di forma).

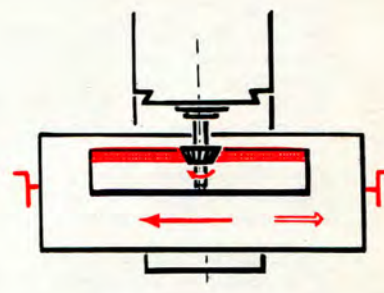
Movimenti di lavoro



4. Con testa verticale



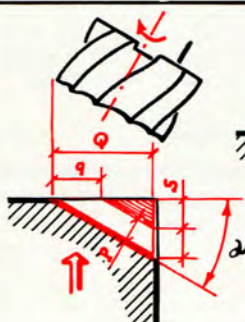
5. Con testa universale



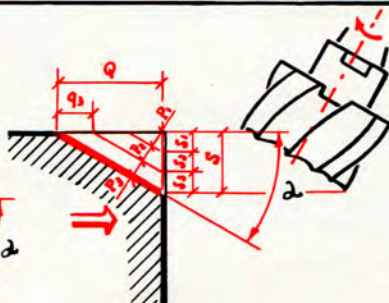
6. Con fresa ad angolo

— Esecuzione di superfici inclinate, ottenute con moto di avanzamento appropriato al metodo di lavoro adottato.

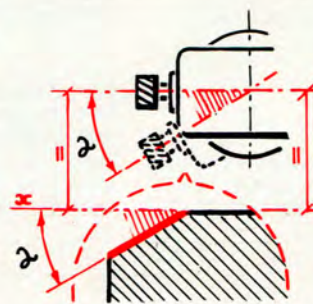
Particolarità operativa



7. Spostamento verticale



8. Spostamento orizzontale



9. Rotazione della testa (due metodi)

— Valore e direzione degli spostamenti ortogonali in relazione all'angolo da ottenere: fig. 7:  $S_1 = \frac{p_1}{\cos}$ ;  $S = \text{tg} \cdot Q$ ;

fig. 8:  $S_1 = \frac{p_1}{\text{sen}}$ ;  $Q = \frac{S}{\text{tg}}$ .



## 1. Scopo dell'operazione

Generare una superficie inclinata di un angolo qualunque, mediante una fresa frontale disposta con asse perpendicolare o parallelo alla superficie lavorata, oppure con una fresa di forma con l'asse orizzontale.

## 2. Attrezzature

**Utensili:** fresa cilindrica frontale di altezza e diametro proporzionato al lavoro (fig. 2);

fresa frontale, ad angolo (fig. 3).

**Mezzi ausiliari:** albero portafresa per frese cilindriche frontali e frese frontali, ad angolo.

## 3. Generalità sui metodi di spianatura inclinata

A) La spianatura inclinata con fresa frontale si effettua inclinando dell'angolo voluto la testa verticale (fig. 4) se si tratta di spianare pezzi corti (inferiori alla corsa della slitta trasversale); oppure utilizzando la *testa universale* (fig. 5) se si tratta di pezzi lunghi (al massimo come la corsa della tavola). È il metodo più efficiente perché permette di usare frese con i dovuti angoli di spoglia, ed anche frese a denti riportati.

B) Le frese cilindrico-frontali (che lavorando in questo caso sulla periferia) possono spianare superfici inclinate orientando la testa come nel primo caso (fig. 2). Occorre scegliere frese sufficientemente robuste per evitare flessioni durante il lavoro. Questo metodo si dovrebbe usare soltanto in casi speciali per superfici sottosquadra, oppure quando con una stessa fresa si volesse ottenere superfici inclinate ed altre perpendicolari alle medesime (fig. 2).

C) L'uso della fresa ad angolo (fig. 3) è riservato a spianature inclinate disposte sulla tavola nel senso longitudinale (fig. 6); l'angolo d'inclinazione non può variare essendo vincolato a quello della fresa (a meno che non si dia una diversa posizione al pezzo).

Anche nel bloccaggio del pezzo occorre speciale attenzione, perché gli anelli dell'albero portafresa non tocchino sulle staffe, bulloni, contralbero, sopporti, ecc.

## 4. Metodo di lavoro

A) Con fresa frontale (disposta con asse perpendicolare alla superficie da spianare fig. principale sinistra).

a) fissare convenientemente il pezzo (F.P. 2F/a-b-c);

b) montare sulla fresatrice universale la *testa verticale*, oppure quella *universale*;

c) scegliere la fresa, controllare l'efficienza dei taglienti e bloccarla sul mandrino;

d) orientare la testa (vedi nota 2) dell'angolo voluto, procedendo nel modo seguente:

— allentare i bulloni;

— inclinare a mano la testa approssimativamente dell'angolo richiesto (fig. 1);

— chiudere leggermente i bulloni;

— far collimare il valore dell'angolo allo zero della testa con leggeri colpi della mano (non usare martelli od altro che possono recare danni);

— bloccare rigidamente la testa alla parte fissa;

e) determinare gli elementi di taglio (F.P. 013F);

f) posizionare il pezzo rispetto alla fresa;

g) sfiorare con la fresa la parte superiore della superficie da spianare, osservando che normalmente il primo contatto avviene in questo caso su di uno spigolo;

h) azzerare il tamburo della slitta verticale e bloccare quella longitudinale;

i) ricondurre il pezzo fuori del contatto della fresa, eseguire lo spostamento di un valore  $s_1$  corrispondente alla profondità di passata;

**NOTA 1:** lo spostamento  $s_1$  della slitta verticale dev'essere di:  $s_1 = \frac{p_1}{\cos \alpha}$  il valore totale della passata ( $s_1 + s_2$  ecc.) sarà:  $S = \text{tg } \alpha \cdot Q$

l) effettuare le passate di sgrossatura, servendosi sempre del « rapido » per il ritorno della slitta ed osservando che il valore di  $p$  può essere maggiore nelle prime passate in cui la superficie da asportare è minore;

m) controllare l'angolo ottenuto con il goniometro, per assicurarsi contro eventuali errori provenienti dalla falsa interpretazione dell'angolo complementare (vedi Nota);

n) pulire il pezzo e la fresa da eventuali trucioli interposti, aumentare il numero di giri ed effettuare la passata di finitura.

**NOTA 2:** Lo spostamento del pezzo verso la fresa per le successive passate si può effettuare con la slitta verticale (fig. 7) o con quella trasversale longitudinale (fig. 8), in questo secondo caso il valore dello spostamento  $s_1$

dev'essere di:  $s_1 = \frac{p_1}{\sin \alpha}$ ; lo spostamento totale sarà eguale alla quota  $Q = \frac{S}{\text{tg } \alpha}$ .

— nello spostamento della testa si danno due casi:

I) **Lavorazione con fresa cilindrica frontale.** Si dispone l'asse della fresa *parallela* alla linea di riferimento della quota angolare ( $x-x$  fig. 9) e si orienta la testa dell'angolo segnato in modo da portare l'asse della fresa *parallelo* alla faccia da fresare.

II) **Lavorazione con fresa frontale:** si dispone l'asse della fresa *perpendicolare* alla linea di riferimento ( $x-x$ ) della quota angolare e si orienta la testa dell'angolo segnato in modo da portare l'asse della fresa *perpendicolare* alla faccia da fresare (fig. 10).

B) Con fresa cilindrica frontale con codolo (disposta con asse parallelo alla superficie da lavorare fig. 9).

o) Procedere come in: a-b-c-d;

p) posizionare il pezzo rispetto alla fresa, tenendo conto del modo di effettuare le successive passate (con slitta longitudinale, fig. 4, o con quella trasversale, fig. 5).

q) determinare gli elementi di taglio, tenendo presente che nella prima passata (per la forma dello spigolo che si asporta) vi è pericolo di incuneamento dei denti;

r) effettuare adagio l'accostamento del pezzo alla fresa e le passate di sgrossatura necessarie ( $p_1 - p_2$  ecc., fig. 8);

s) previa pulizia del pezzo e della fresa, effettuare la passata di finitura.

C) Con fresa frontale, ad angolo (disposta sull'albero portafresa comune, ad asse orizzontale fig. 3).

t) Procedere come in: a-c, curando specialmente l'allineamento del pezzo e la centratura della fresa sull'albero;

u) posizionare il pezzo rispetto alla fresa, osservando che la parte verticale della stessa risulti leggermente fuori dell'estremità del pezzo (fig. 3);

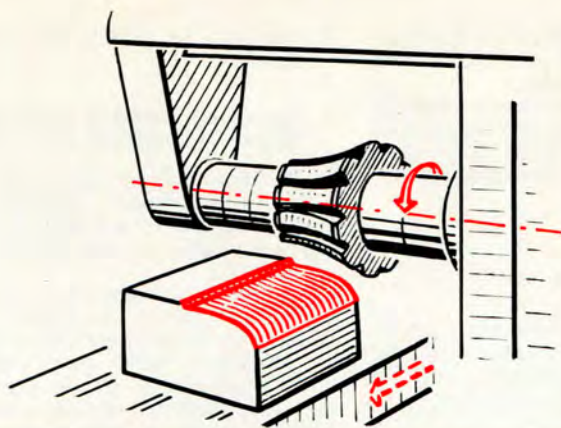
v) procedere come in: p-q-r-s, notando che per questo tipo di fresa occorre una velocità maggiore ed un avanzamento minore di quello indicato dalla tabella essendo i denti rettilinei propensi a produrre una superficie ondulata;

z) controllare sempre lo stato della superficie e le misure prima di togliere il pezzo dalla tavola.

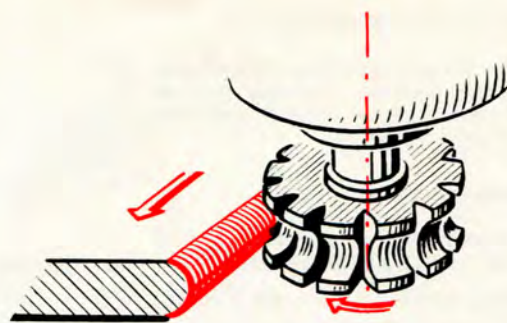
## 5. Avvertenze

— Per lavorare superfici inclinate (chiuse o aperte) a forma di coda di rondine vedi F.P. 7F.





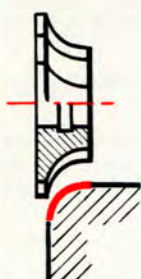
asse orizzontale



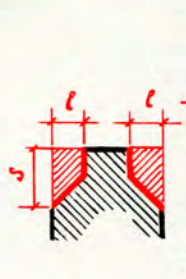
asse verticale

## SAGOMATURA

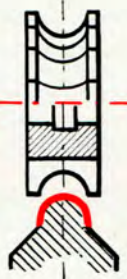
Superfici raccordate



1. Raccordo semplice



2. Arrotondamento sgrossato



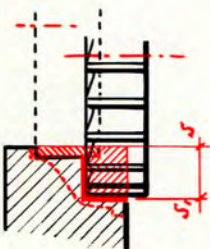
3. Concavità sgrossata



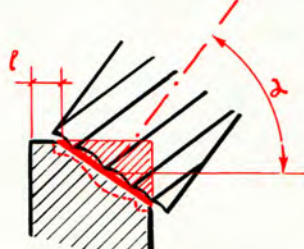
4. Concavità semplice

— Le superfici sagomate si ottengono con frese appropriate, direttamente oppure con sgrossatura preliminare.

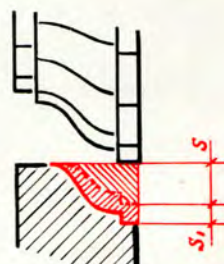
Superfici fortemente sagomate



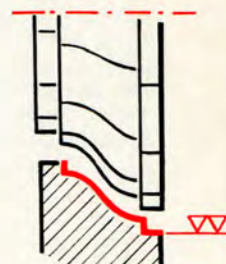
5. Sgrossature successive



6. Sgrossatura obliqua



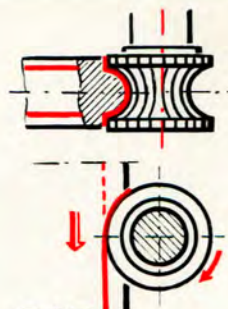
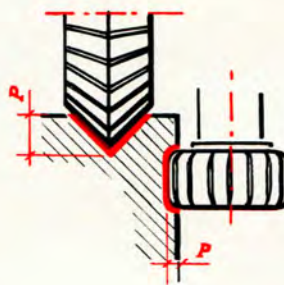
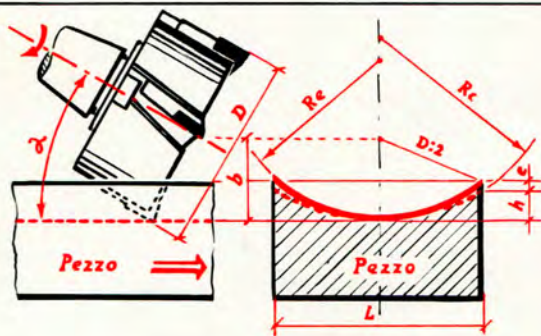
7. Sgrossatura sagomata



8. Finitura

— Metodi diversi di sgrossatura preliminare per ottenere superfici sagomate profonde.

Sagomature varie



— Metodo per ottenere una superficie concava di raggio approssimato inclinando l'asse portafrese ( $\cos \alpha = \frac{D}{2 R_c}$ ) e modo d'impiego delle frese sagomate ad asse verticale.



## 1. Scopo dell'operazione

Generare una superficie sagomata con profilo non rettilineo, mediante frese di forma corrispondente, disposte con asse orizzontale o verticale.

## 2. Attrezzature

**Utensili:** fresa a profilo costante di sagoma corrispondente al profilo;

**Mezzi ausiliari:** come nel F.P. 3F;

**Strumenti di controllo:** calibro ventesimale, calibro fisso del profilo voluto con le battute di riferimento.

## 3. Generalità sull'uso delle frese a profilo costante (F.P. 010).

Queste frese mancano generalmente dell'angolo di spoglia anteriore, poiché il petto del dente è radiale; sono quindi di rendimento relativo e devono essere affilate sovente.

Dovendo generare superfici sagomate occorre tra l'altro tener conto dei seguenti elementi:

- I) Il numero e la forma dei pezzi da fresare;
- II) La quantità di metallo da asportare per produrre il profilo desiderato;
- III) La superficie di contatto della fresa sul pezzo;
- IV) Il modo di distaccarsi dei trucioli, che si disturbano a vicenda.

Questi fattori negativi esigono una speciale attenzione:

- nel fissaggio dei pezzi e della fresa (sicuro bloccaggio e supporto avvicinato sull'albero porta-fresa);
- riduzione della velocità (circa il 20 % delle frese a tre tagli aventi lo stesso diametro massimo);
- riduzione dell'avanzamento;
- efficiente refrigerazione.

Inoltre: se il materiale da asportare è minimo, si lavorano direttamente con fresa di forma (fig. 1-4);

se il materiale da asportare è rilevante, conviene procedere ad una sgrossatura preventiva, con una fresa di maggior rendimento (a denti elicoidali, frontali, ecc.) (fig. 2-3).

## 4. Metodo di lavoro

- a) bloccare convenientemente il pezzo, opportunamente allineato (per i lavori in serie, opportuni tasselli di riferimento possono facilitare l'operazione);
- b) montare la fresa del profilo voluto sull'albero relativo e centrarla;
- c) con gli opportuni movimenti delle tre slitte, collocare il pezzo nella sua esatta posizione rispetto alla fresa;
- d) impostare gli elementi di taglio;
- e) mettere in moto la fresa e, manovrando il volantino della slitta verticale e longitudinale, avanzare il pezzo contro la fresa in modo da generare parte del profilo (sulla testata del pezzo fig. 7);
- f) osservare praticamente che non vi siano intoppi nel movimento durante la fresatura;
- g) con apposito calibro fisso controllare la posizione del profilo ottenuto rispetto alle facce di riferimento e se è il caso effettuare gli spostamenti di correzione;
- h) approfondire la sagomatura fino a raggiungere la forma e profondità voluta, lasciando 0,3 ÷ 0,5 mm per la finitura (fig. 8);
- i) bloccare le slitte verticale e trasversale;
- l) ricondurre indietro il pezzo di qualche millimetro ed inserire l'avanzamento automatico, effettuando l'intera passata con abbondante refrigerazione;

m) effettuare la finitura alla quota richiesta.

## 5. Superficie concava ottenuta mediante inclinazione della fresa

Un grande raggio concavo ( $R_c$ , fig. 9) può essere ottenuto approssimativamente inclinando l'asse della fresa frontale di un angolo rispetto alla superficie da lavorare.

La sezione ottenuta risulta un arco di ellisse, ma quando la profondità dell'incavatura ( $h$ ) è poco profonda e l'angolo  $\alpha$  è di valore ridotto l'arco fresato si avvicina all'arco di circolo ( $R_c$ ) ed in certe applicazioni il risultato è soddisfacente. In caso contrario occorre tener conto della differenza ( $t$ ) fra il raggio circolare ( $R_c$ ) e quello ellittico ( $R_e$ ) spostando lateralmente la fresa e controllando con una controsagoma in lamiera.

Chiamando  $D$  = diametro della fresa;  $R_c$  = raggio della superficie concava, si ha:

$$\cos \alpha = \frac{D}{2 R_c}$$

**NOTA:** nel caso che l'angolo risultasse troppo grande per un dato valore di  $R_c$  si può aumentare il diametro della fresa.

**Esempio:**

Dati:  $D = 120$ ;  $R_c = 100$  si ha:

$$\cos \alpha = \frac{120}{200} = 0,6; \quad \alpha = 53^\circ 7';$$

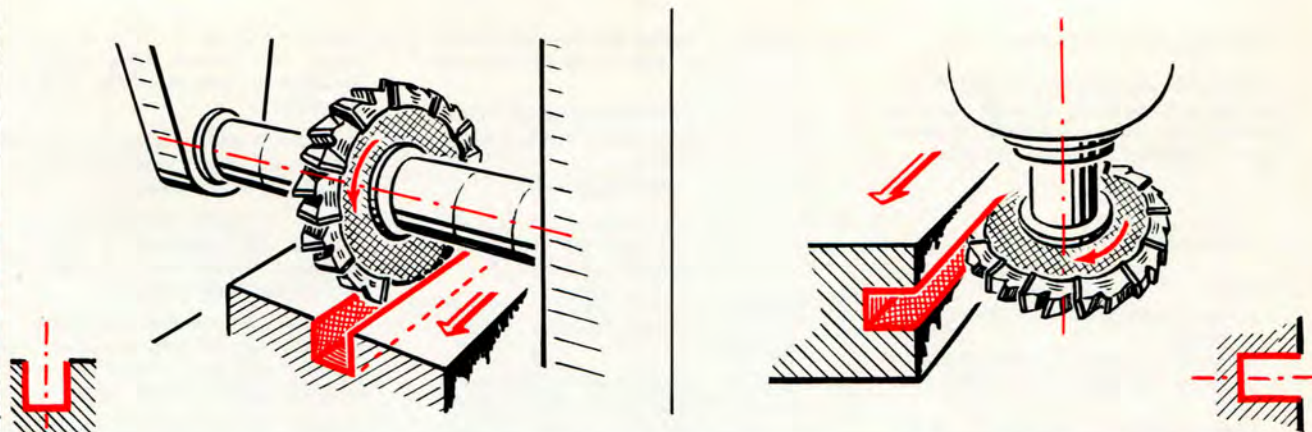
essendo un angolo molto ampio provo con una fresa di 180 mm di diametro e cioè:

$$\cos \alpha = \frac{180}{200} = 0,9; \quad \alpha = 25^\circ 50'$$

## 5. Avvertenze

- Superfici sagomate semplici (racordi, smussi, ecc.) si possono eseguire anche con frese a gambo; (F.P. 8F).



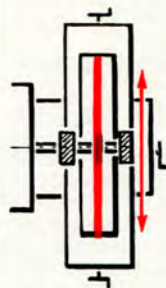


verticali

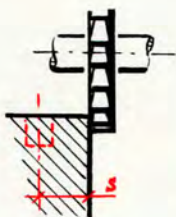
SCANALATURE

orizzontali

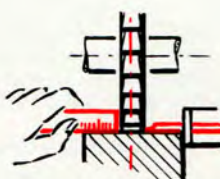
Verticali su pezzi lunghi



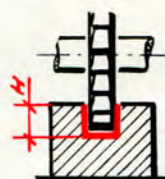
1. Posizionamento



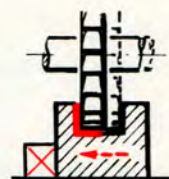
2. Sfiatura



3. Centramento



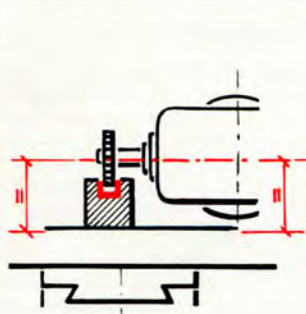
4. Esecuzione ed allargamento



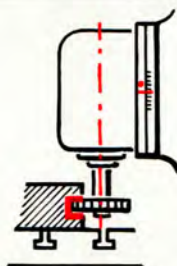
5. Controllo

— Esecuzione di scanalature ad assi verticali con frese a tre tagli, montate su albero portafrese orizzontale.

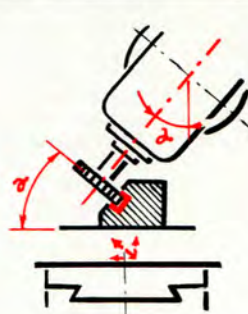
Direzioni varie con testa verticale



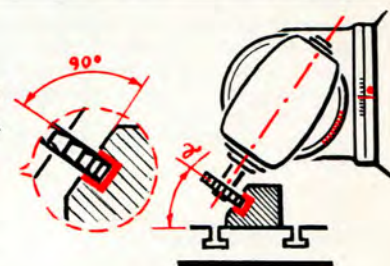
6. Per pezzi corti



7. Per pezzi lunghi



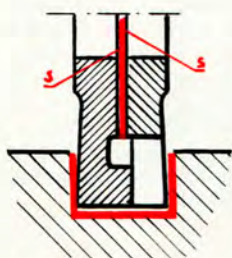
8. Per pezzi corti



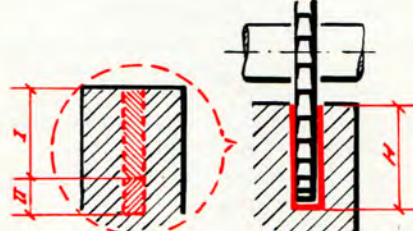
9. Per pezzi lunghi.

— Esecuzione di scanalature ad asse comunque disposto mediante frese a tre tagli montate su testa verticale o universale.

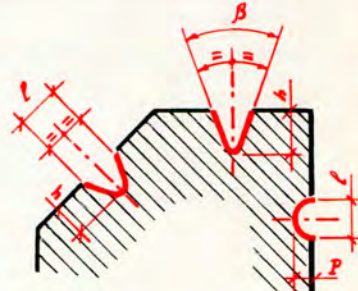
Esempi particolari:



10. Possibilità di allargamento



11. Grande profondità



12. Scanalature sagomate

— Esecuzione di scanalature di caratteristiche particolari: larghezza di grande precisione; profondità rilevante.



## 1. Scopo dell'operazione

Generare scanalature con fianchi rettilinei oppure sagomati, disposti con asse verticale, con asse orizzontale, o variamente orientate, mediante frese adatte.

## 2. Attrezzature

### Utensili:

Fresa a disco a tre tagli della misura richiesta.

Fresa sagomata a profilo costante. Fresa a tre tagli registrabile (UNI 3906).

Fresa cilindrica frontale a gambo, del diametro richiesto (per casi speciali).

Mezzi ausiliari: (come in F.P. 3F).

## 3. Tipi di scanalature

A) Ad asse verticale.

B) Ad asse inclinato (variamente orientato).

C) Ad asse orizzontale.

**NOTA:** le scanalature a fianchi paralleli e quelle a fianchi sagomati si eseguono praticamente nello stesso modo, sostituendo la fresa. Le frese a disco a tre tagli con denti alternati hanno maggior rendimento e perciò si utilizzano anche per sgrossare le scanalature sagomate. Le scanalature ad asse orizzontale si distinguono dalle precedenti unicamente per la forma e dimensione dei pezzi (slitte, basi di macchine, tavole, guide, ecc.) che non permettono di collocarli verticalmente sulla tavola. Si appoggia quindi il pezzo orizzontalmente sulla tavola (direttamente o su appositi blocchetti paralleli). La fresa usata è quella a disco a tre tagli.

## 4. Metodo di lavoro

A) *Esecuzione di scanalature ad asse verticale*

- disporre il pezzo con l'asse longitudinale della scanalatura parallelo a quello della tavola (fig. 1) e bloccarlo osservando che le staffe non siano di intoppo, specialmente quando la scanalatura raggiunge la sua massima profondità (fig. 4);
- montare sull'albero portafresa la fresa a tre tagli e centrarla;
- determinare ed impostare le caratteristiche di taglio (diverse per frese a tre tagli, da quelle a profilo costante) (F.P. 013);
- disporre il pezzo nella corretta posizione rispetto alla fresa procedendo come segue (fig. 2);

- sfiorare la faccia laterale del pezzo con il fianco della fresa ed azzerare il tamburo;
- spostare il pezzo della distanza richiesta e cioè della quota  $s$  più  $\frac{1}{2}$  spessore della fresa;
- bloccare la slitta trasversale;

- sfiorare la superficie con la periferia della fresa, ed azzerare il tamburo della slitta verticale (fig. 3).
- spostare il pezzo, alzare la mensola di un valore corrispondente alla prima passata;
- iniziare la passata a mano con avanzamento ridotto ed innestare l'avanzamento automatico, dopo di aver allontanato la fresa di alcuni millimetri.

**NOTA:** se la fresa è di spessore minore della larghezza della scanalatura, dopo la sgrossatura centrale si lavorano progressivamente i due fianchi fino a raggiungere la misura (fig. 4). Le scanalature ad asse verticale si possono pure eseguire con la testa verticale avente l'asse disposto orizzontalmente (fig. 6, pezzi corti).

B) *Esecuzione di scanalature inclinate:*

- disporre il pezzo come nel caso precedente collocando sulla fresatrice la testa verticale inclinata all'angolo richiesto (fig. 8);

- procedere in tutto come nel caso: A.

**NOTA:** se la scanalatura inclinata è profonda, nel posizionamento del pezzo dopo la prima passata occorre manovrare opportunamente le slitte trasversale e verticale (vedi F.P. 6F fig. 7). Essendo questo posizionamento alquanto laborioso, se è possibile inclinare i pezzi in modo che la scanalatura risulti con l'asse orizzontale oppure verticale.

C) *Esecuzione di scanalature ad asse orizzontale:*

- scegliere il sistema di bloccaggio (trasversale o longitudinale) e fissarlo sulla tavola controllandone accuratamente l'allineamento;
- montare sulla fresatrice la *testa verticale* controllando che il suo asse sia perfettamente verticale (fig. 7);
- scegliere la fresa adatta ed il mandrino relativo;
- fissare il mandrino alla testa e la fresa sul mandrino, osservando che giri perfettamente centrata;
- stabilire i fattori di taglio e fissare nella giusta posizione il tassello di fine passata;
- centrare il pezzo rispetto alla fresa procedendo come in: d.;
- bloccare le slitte che non si spostano durante il lavoro;

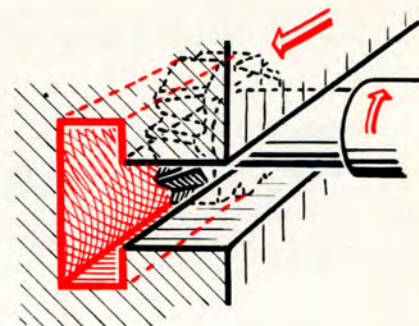
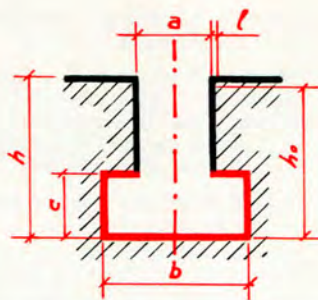
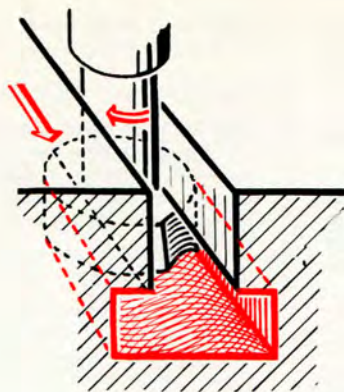
- mettere in moto la fresa, sfiorare il pezzo con i denti della stessa ed azzerare il tamburo della slitta trasversale;
- spostare il pezzo, avanzare la slitta trasversale di un valore eguale alla profondità di passata;
- iniziare a mano con attenzione la passata, far arretrare il pezzo di qualche millimetro ed innestare l'avanzamento automatico;
- effettuare la passata completa, rimettere il pezzo nella primitiva posizione, usando il « rapido », previa accurata pulizia della scanalatura;
- ripetere (se necessario) le passate sino alla misura richiesta, lasciando pochi decimi per la finitura;
- effettuare la finitura, sbavature e controllare prima di togliere il pezzo;

**NOTA IMPORTANTE:** le scanalature su pezzi che superano in lunghezza la corsa della slitta trasversale (dei tipi: A-B) non si possono eseguire con la testa verticale. Si ricorre pertanto al primo metodo per il tipo A oppure alla *testa universale* (fig. 9) con la quale si eseguono scanalature con asse verticale, inclinate ed orizzontali su pezzi di tutte le lunghezze compatibili con le dimensioni della macchina. Tuttavia le scanalature ad asse orizzontale (fig. 7) si possono eseguire con la testa verticale, usando se è necessario o conveniente la slitta trasversale per pezzi corti e quella longitudinale per pezzi più lunghi.

## 5. Avvertenze

- Quando la misura in larghezza (della scanalatura) richiede elevata precisione e si deve spostare la fresa, occorre molta attenzione nel lavorare il secondo fianco per non errare la misura; la misurazione (fig. 5) si deve fare dopo che la fresa è entrata completamente nella scanalatura.
- Con una fresa registrabile con spessori al centro (fig. 10) si evitano in parte le misurazioni, essendo ciò assai vantaggioso, specialmente quando le scanalature da eseguire sono numerose.
- Le scanalature molto profonde si ottengono con varie passate (fig. 11) procurando di tenere pulita la scanalatura dai trucioli e refrigerando abbondantemente (per un lavoro di precisione è necessario eseguire la sgrossatura e quindi la finitura).
- Se le scanalature sono varie e divise in parti eguali, i pezzi si sostengono e si orientano con il divisore universale (F.P. 08F).
- Le scanalature di cui sopra possono anche avere forme diverse sagomate (fig. 12).



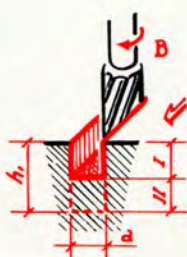
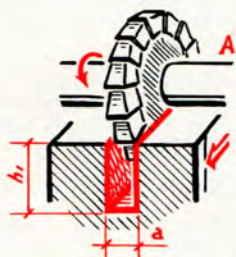


asse verticale

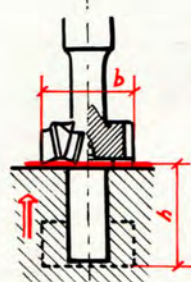
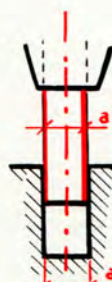
SCANALATURE A « T »

asse orizzontale

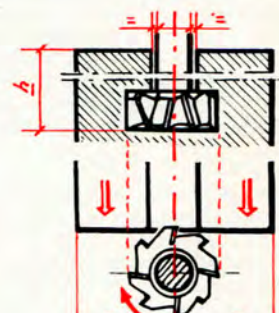
Scanalature a « T » verticali



1. Preparazione (due metodi)



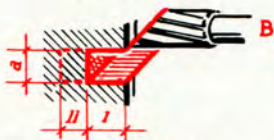
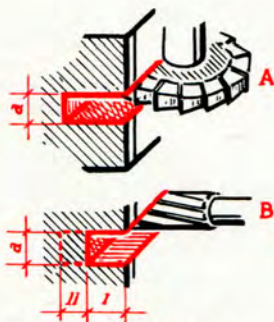
2. Centraggio e sfioratura



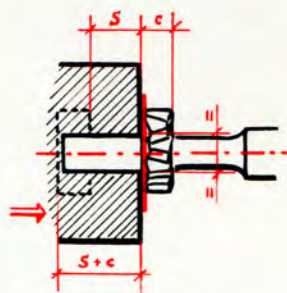
3. Entrata fresa

— Impostazione delle frese e successione delle operazioni per l'esecuzione di scanalature a « T » con asse verticale.

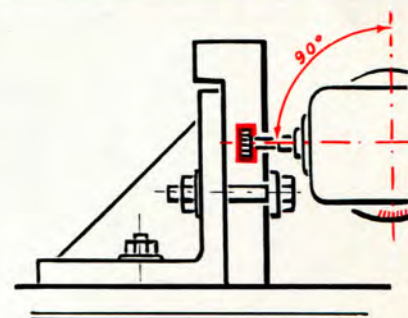
Scanalature a « T » orizzontali



4. Preparazione (due metodi)



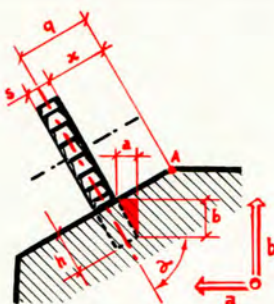
5. Centraggio e sfioratura



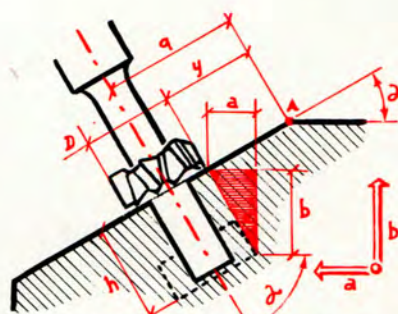
6. Bloccaggio su squadra

— Impostazione delle frese e successione delle operazioni per l'esecuzione di scanalature a « T » con asse orizzontale.

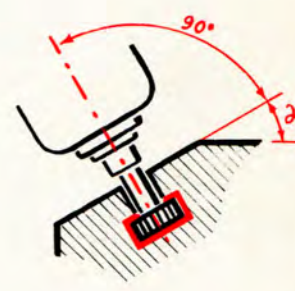
Scanalature variamente orientate



7. Movimenti preparazione



8. Movimenti centratura



9. Fresatura « T » inclinata

— Impostazione delle frese e calcolo degli spostamenti ortogonali per l'esecuzione di scanalature a « T » ad asse inclinato.  
 $a = h_1 \cdot \cos \alpha$        $b = h_1 \cdot \sin \alpha$



## 1. Scopo dell'operazione

Generare scanalature a «T» con l'asse perpendicolare, oppure orizzontale o variamente orientate, mediante frese adatte.

## 2. Attrezzature

Come nel F.P. 5F per la prima scanalatura a fianchi rettilinei ed inoltre: fresa per scanalature a «T» a codolo cilindrico o conico e relativi mezzi di ritenuta (pinze, bussole di riduzione, ecc.).

## 3. Particolarità dell'operazione

L'esecuzione delle scanalature a forma di «T» va preceduta dalla scanalatura a fianchi rettilinei della larghezza richiesta (quota  $a$ ) e profondità leggermente superiore (pochi decimi) della scanalatura a «T» che si vuole ottenere (F.P. 5F). Se il «T» non viene eseguito immediatamente dopo la prima scanalatura, occorre assicurarsi della possibilità di allineare nuovamente e perfettamente il pezzo.

**Osservazione:** Nel metodo di lavoro si suppone di eseguire successivamente le due operazioni.

Le scanalature a «T» per usi meccanici sono unificate e le loro principali misure sono indicate nella tabella che segue, estratta dalla tabella UNI 3937, (vedi figura principale).

### Dimensioni delle scanalature a «T»

$a$	$b$	$c$	$h$	$r$
6	11	5,5	13	0,5
8	15	7,5	19	0,5
10	18	8,5	21	0,5
12	21	9,5	24	0,5
14	24	10,5	27	0,5
16	27	11,5	30	0,5
18	30	12,5	34	1
22	38	16,5	43	1

## 4. Metodo di lavoro

### A) Scanalature a «T» con asse verticale

a) bloccare il pezzo ed eseguire la scanalatura a fianchi paralleli della misura voluta (F.P. 5F); (fig. 1A-B);

b) montare sulla fresatrice la testa verticale orientandola convenientemente;

c) fissare la pinza e la bussola di riduzione all'albero della testa;

d) bloccare la fresa per scanalature a «T» del diametro voluto;

e) determinare ed impostare i fattori di taglio (giri, avanzamenti) tenendo presente che la fresa a «T» è piuttosto debole nel gambo, quindi l'avanzamento dev'essere ridotto;

f) centrare il pezzo in altezza nella seguente forma:

— sfiorare con la faccia inferiore della fresa a «T» la faccia superiore del pezzo (fig. 2) ed azzerare il tamburo della slitta verticale;

— spostare il pezzo, alzare la mensola della quota:  $h$  in fig. 2;

g) centrare approssimativamente il gambo della fresa rispetto alla scanalatura a fianchi rettilinei (fig. 3);

h) mettere in moto la fresa ed iniziare lentamente la passata con avanzamento a mano; a misura che la fresa penetra nel pezzo correggere opportunamente il centraggio definitivo del gambo (fig. 3);  
Il centraggio esatto della fresa a «T» si può effettuare chiudendo nella pinza un tondino del diametro =  $a$ , che dovrà entrare nella scanalatura rettangolare precedentemente eseguita (fig. 2).

i) bloccare le slitte che non si devono muovere e con aggiustaggio preciso anche quella che scorre.

j) quando la fresa è entrata di poco oltre il suo diametro con avanzamento manuale, far arretrare di qualche millimetro la tavola ed innestare l'avanzamento automatico, completando la passata con abbondante refrigerazione.

**NOTA:** generalmente le scanalature a «T» si eseguono in una sola passata (vedi avvertenze).

### B) Scanalature a «T» con asse orizzontale

m) bloccare il pezzo ed eseguire la scanalatura a facce parallele con fresa a tre tagli (fig. 4A) in casi eccezionali si può eseguire anche con frese a gambo (fig. 4B);

n) collocare il mandrino portafresa sull'albero della fresatrice e fissare in esso la fresa a «T».

o) procedere come in: f...; notando per il

centraggio della fresa si dovrà operare sulla slitta trasversale (fig. 5).

### C) Scanalature a «T» variamente orientate

p) disporre sulla fresatrice la testa verticale o universale con l'inclinazione richiesta e praticarvi la scanalatura a fianchi rettilinei, (asse della fresa parallelo alla faccia inclinata fig. 7).

q) per posizionare esattamente la fresa a tre tagli operare come segue:

— avvicinare la fresa al pezzo e misurare con la punta del calibro la distanza  $x$  dall'estremità destra del pezzo al fianco della fresa.

$(x = q - \frac{s}{2})$ ; essendo  $s$  lo spessore della fresa (fig. 7);

— spostare il pezzo ed eseguire i due movimenti:  $a$  e  $b$  il cui valore dipende dall'angolo  $\alpha$  e dall'altezza  $h_1$  e cioè:  $a = h_1 \times \cos \alpha$ ;  $b = h_1 \times \sin \alpha$

r) centrare la fresa a «T» e procedere in tutto come per le scanalature con asse verticale;

s) per posizionare la fresa a «T» si eseguono i movimenti:  $a$  e  $b$  come per la fresa a tre tagli, notando che il valore di  $y$  è uguale a:

$(q - \frac{D}{2})$ , fig. 8; essendo  $D$  il diametro della fresa a «T» ed  $h$  il valore dell'altezza totale.

**NOTA:** dovendo approfondire la scanalatura a facce parallele, occorre rifare il calcolo introducendo nella formula l'esatto valore di  $h_1$ .

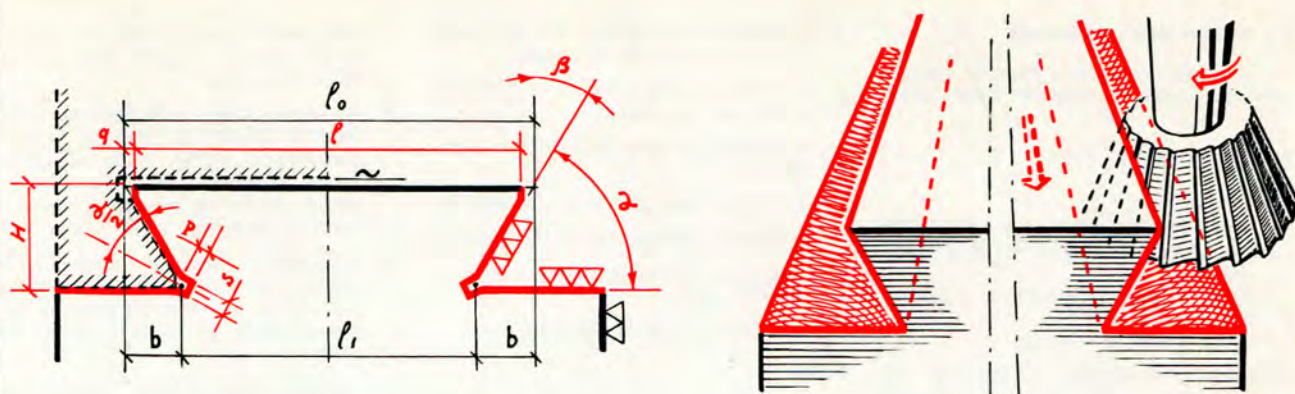
## 5. Avvertenze

— Se la scanalatura a «T» non è passante, arrivati a fine corsa occorre fermare, pulire bene la scanalatura e far ritornare la tavola lentamente e con precauzione alla primitiva posizione;

— in questo genere di lavoro l'allontanamento dei trucioli prodotti è assai difficoltoso; se a ciò si aggiunge la debolezza naturale del gambo, si comprende che è facile la rottura di questo tipo di frese. Occorre pertanto aiutare lo sgombero dei trucioli dal lato non ancora lavorato, servendosi di una stecca di legno avente dimensioni proporzionate (non mai di mezzi metallici);

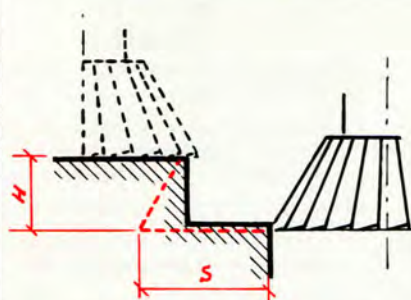
— se il pezzo non è forato si fa aderire alla squadra e si fissa con staffe (fig. 6).



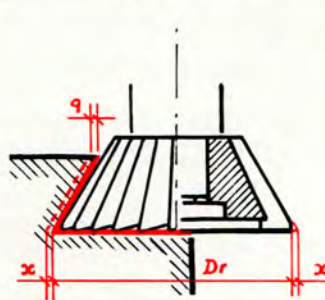


## CODA DI RONDINE (tenone)

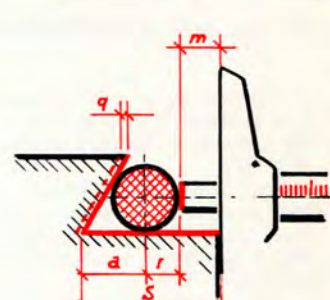
Lavorazione 1° fianco



1. Sfiatura e posizionamento



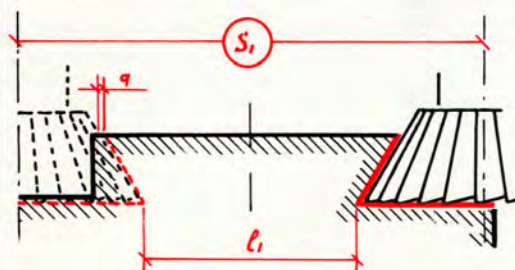
2. Sgrossatura



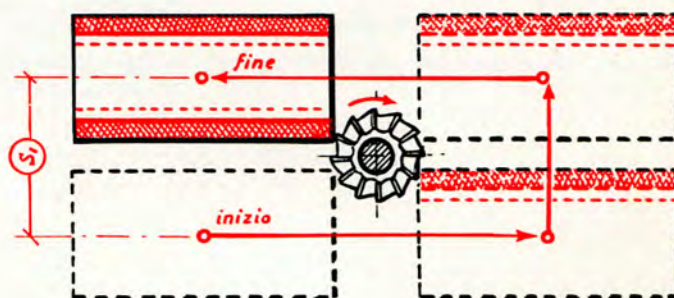
3. Primo controllo

— Determinazione degli spostamenti  $H - S$  servendosi dei tamburi graduati con riferimento alle superfici superiore e laterale.

Lavorazione 2° fianco e ciclo



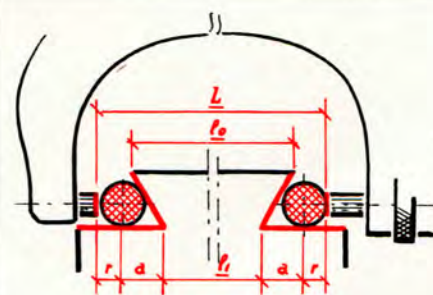
4. Finitura 1° fianco e spostamento pezzo



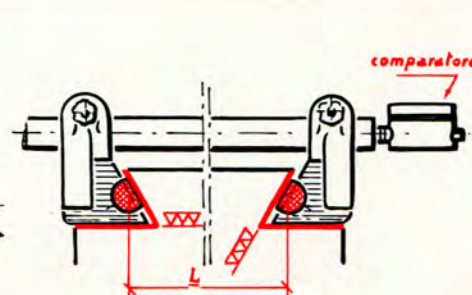
Ciclo degli spostamenti

— Determinazione del valore dello spostamento  $S_1$  ( $S_1 = Dr \times l_1 + 2x + q$ ) e norme per effettuare i moti di lavoro e di avanzamento.

Controlli e scarichi



6. Con rulli e micrometro



7. Con strumento comparatore



8. Smusso



9. Scarico

— Metodi di controllo delle dimensioni delle code di rondine mediante rulli calibrati e micrometro, oppure mediante strumento di comparazione e calibro campione a coda di rondine.



## 1. Scopo dell'operazione

Generare superfici a coda di rondine esterne (tenone), mediante frese adatte

## 2. Attrezzature

### Utensili:

Fresa frontale ad angolo (UNI 3908);  
fresa ad angolo con codolo cilindrico (UNI 3911);  
fresa circolare di spessore e diametro adatti;  
fresa cilindrica frontale.

**Strumenti di controllo:** rulli calibrati, micrometro di profondità e normale per esterni; misuratore speciale per code di rondine.

**Mezzi ausiliari:** mandrini portafrese; elementi di fissaggio.

## 3. Particolarità dell'operazione e controllo

Qualora il pezzo richieda una sgrossatura preventiva, si potrà operare con fresa a disco a tre tagli, oppure frontale (F.P. 6F).

Sul vertice interno della « coda di rondine » si esegue sempre uno scarico che può avere la forma indicata nella figura principale, se le superfici di contatto sono interne.

Gli spigoli esterni vengono eliminati mediante uno smusso di grandezza proporzionata (fig. 8).

Prima di procedere alla lavorazione, analizzando bene il disegno si procede al calcolo degli elementi necessari per il controllo con i rullini calibrati, a questo scopo (fig. principale fig. 6) indichiamo rispettivamente con:

$H$  = altezza della coda di rondine;

$L$  = distanza totale misurata con il micrometro sui rullini;

$a$  = distanza dal centro del rullino al fondo della « coda di rondine »;

$b$  = larghezza del cateto che forma la « coda di rondine »;

$r$  = raggio dei rulli usati nella misurazione;

$l_0$  = misura teorica sui vertici esterni;

$l_1$  = misura teorica sui vertici interni;

$\alpha$  = angolo della « coda di rondine » (da  $50^\circ$  a  $60^\circ$ );

$\beta$  = complemento dell'angolo.

Si ha:

$$b = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad a = \frac{r}{\operatorname{tg} \cdot \frac{\alpha}{2}};$$

$$l_1 = L - 2(a + r); \quad l_1 = l_0 + 2b;$$

$$L = l_1 + 2(a + r).$$

## 4. Metodo di lavoro

a) bloccare il pezzo convenientemente allineato sulla tavola; (usare tasselli di allineamento per vari pezzi eguali);

b) montare sulla fresatrice la testa verticale e fissare sul mandrino la fresa adatta;

c) sfiorare (interponendo un sottile foglio di carta) la parte superiore della coda con la parte piana della fresa (fig. 1);

d) allontanare il pezzo ed effettuare lo spostamento verticale del valore  $H$  (fig. 1);

e) con il vertice dei denti della fresa sfiorare il fianco rettilineo del pezzo ed azzerare il tamburo (fig. 1);

f) eseguire lo spostamento laterale  $S$  del pezzo ridotto di una quantità

sufficiente per il primo controllo e di un valore  $x$  eguale allo smusso della fresa (fig. 2);

g) fresare un tratto sufficiente per accogliere il cilindro di controllo tenendo presenti le norme sulla sfioratura, primo contatto della fresa con il pezzo, modo di innestare l'avanzamento automatico (F.P. 1-2F);

h) verificare la quota  $m$  usando la formula:  $m = S - (a + r) + q$ , essendo:  $S$  il valore ricavato dal disegno;  $q$  il soprametello da lasciare per la finitura;

i) eseguire la sgrossatura completa del primo fianco;

l) senza muovere il pezzo in altezza, posizionando per la seconda parte (fig. 4) calcolando lo spostamento  $S_1$  come segue:

$$S_1 = D_r + l_1 + 2x + q; \quad (\text{fig. 4})$$

( $q$  = quantità di controllo);

m) fresare il secondo fianco invertendo il senso dell'avanzamento (fig. 5);

n) controllare con due rulli e micrometro fino a raggiungere la quota prevista per la sgrossatura ( $S + 2q$ );

o) ripetere il ciclo e le misurazioni;

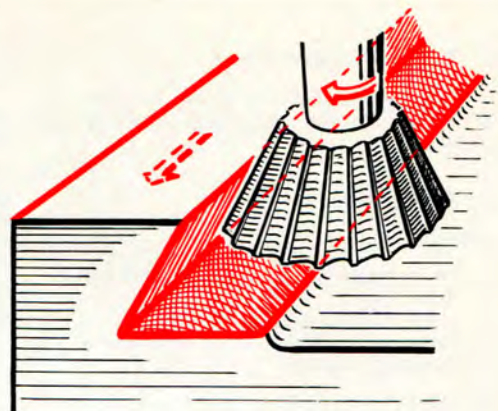
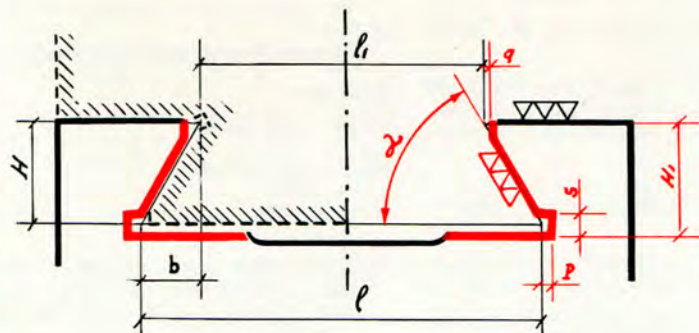
p) sostituire la fresa con una cilindrica ed effettuare lo smusso (fig. 8);

q) sostituire alla fresa una sega circolare di spessore adatto ad effettuare lo scarico dalle due parti (fig. 9) inclinando opportunamente la testa verticale o universale.

## 5. Avvertenza

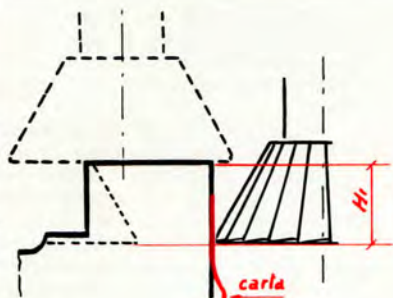
L'operazione di smusso dello spigolo esterno (fig. 8) si può ottenere preparando già il pezzo più stretto e cioè alla quota  $l_0$  meno il valore dei due smussi.



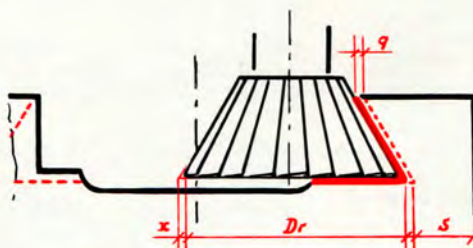


# CODA DI RONDINE (martise)

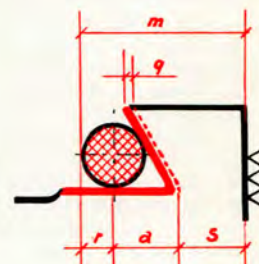
Lavorazione 1° fianco



1. Sforatura e posizionamento



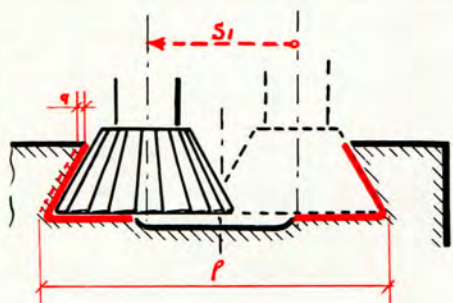
2. Sovrassatura 1° fianco



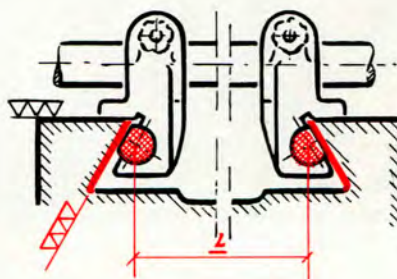
3. Primo controllo

— Determinazione degli spostamenti  $H_1 - S$  servendosi dei tamburi graduati con riferimento alle superfici superiore e laterale.

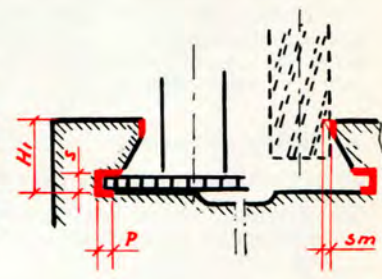
2° fianco, controllo e scarichi



4. Finitura e spostamento



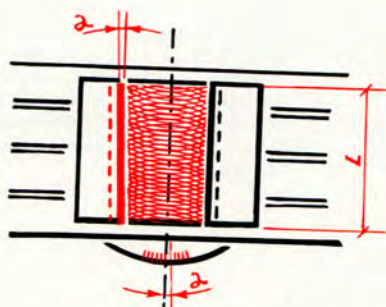
5. Controllo con strumento



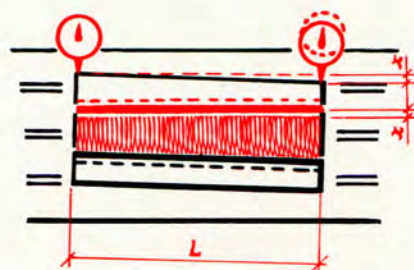
6. Scarico e smusso

— Determinazione del valore dello spostamento  $S_1$  ( $S_1 = l - (Dr + 2x) - q$ ) e controllo con apposito strumento di comparazione. Se la base della coda è lavorata a misura precisa il controllo si può effettuare con i rulli calibrati.

Lavorazione 2° fianco conico



7. Smusso con spostamento tavola



8. Con spostamento pezzo



9. Con spostamento tavola girevole

— Metodi diversi per ottenere code di rondine aventi facce convergenti.



## 1. Scopo dell'operazione

Generare superfici a forma di coda di rondine interne (martisa), mediante frese adatte.

## 2. Attrezzature

### Utensili:

fresa frontale ad angolo (come nel F.P. 7F);  
fresa cilindrico-frontale;  
fresa speciale a «T» di spessore e diametro adatto.

Strumenti di controllo e mezzi ausiliari: come nel F.P. 7F.

## 2. Particolarità dell'operazione e controllo

Gli scarichi della coda di rondine interna (martisa) hanno generalmente la forma indicata nella figura principale, che si esegue con apposita fresa a «T» speciale (fig. 6) ad asse verticale; lo smusso sui vertici si effettua nello stesso modo nelle code esterne (tenone).

Prima di procedere alla lavorazione, esaminando bene il disegno si procede al calcolo degli elementi di controllo con i rullini, per cui mantenendo per le lettere della figura principale il significato dato nel F.P. 7F, ed inoltre chiamando:  $L_1$  la distanza misurata all'interno dei rulli si ha:

$$b = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad a = \frac{r}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

$$l = L_1 + 2(a + r)$$

$$l_1 = l - 2b; \quad L_1 = l - 2(a + r)$$

Qualora la faccia inferiore della coda di rondine (che non viene impegnata nell'accoppiamento) sia realizzata con grande tolleranza sulla quota ( $H_1$ ), occorre far uso dell'apparecchio di controllo, illustrato nella fig. 5.

## 3. Metodo di lavoro

- procedere come in: a-b-c del F.P. 7F;
- spostare il pezzo fuori della fresa ed effettuare lo spostamento verticale del valore  $H_1$  (fig. 1);
- con il vertice dei denti sfiorare la parte esterna del pezzo ed azzerare il tamburo (fig. 1);
- effettuare lo spostamento orizzontale di un valore eguale a  $Dr + S + q + x$ , dove le lettere hanno il significato indicato nella figura 2;
- fresare un tratto sufficiente per accogliere il cilindro di controllo;
- spostare il pezzo, verificare la quota:  $m$ , correggere (se occorre) la differenza riscontrata, lasciando il soprametello per la passata di finitura (fig. 3); per tale controllo usare la formula:

$m = S + a + r + q$ ; essendo:  $S$  un valore ricavato dal disegno.

- eseguire la sgrossatura del primo fianco;
- posizionare il pezzo per fresare la seconda parte della coda di rondine, calcolando lo spostamento  $S_1$  come segue:  
 $S_1 = l - (Dr + 2x) - q$  (fig. 2-4);  
( $q$  = quantità di controllo e per la finitura);
- sgrossare il secondo fianco invertendo il senso dell'avanzamento;
- controllare con due rullini e blocchetti di riscontro o con micrometro per interni, fino a raggiungere la misura prevista per la sgrossatura;
- ripetere il ciclo e le misurazioni per le passate di finitura sui due fianchi;
- sostituire la fresa con una cilindrica a gambo, ed effettuare lo smusso sui due vertici della coda di rondine (fig. 6);
- sostituire la fresa con quella a «T» speciale ed effettuare lo scarico sui due vertici interni (fig. 6).

## 4. Lavorazione di code di rondine non parallele

Gli accoppiamenti scorrevoli a coda di rondine richiedono sempre una registrazione per la ripresa del gioco che si ottiene generalmente mediante righe lavorate, chiamate «lardon».

In genere i lardon sono di due tipi e cioè:

- Paralleli di forma trapezoidale.
- Leggermente conici nella loro lunghezza e di forma romboidale.  
Questi ultimi esigono la sede coda di rondine conica che si esegue generalmente nella martisa (coda interna), con un angolo di inclinazione di  $0^\circ 55'$  (corrispondente all'inclinazione percentuale di 1,6%).  
Nell'esecuzione pratica delle code di rondine a fianchi non paralleli si possono adottare vari metodi in relazione con le dimensioni del pezzo e del tipo di fresa usata.

### I) Pezzi corti:

Un pezzo corto (di lunghezza minore della corsa trasversale) si colloca trasversalmente sulla tavola e perfettamente allineato (fig. 7).

Dopo aver fresato il primo fianco parallelo all'asse della coda, si fa ruotare la slitta girevole di  $0^\circ 55'$  e si fresa il secondo fianco misurando con calibro e rullini le due estremità del pezzo.

### Esempio:

Lunghezza del pezzo  $L = \text{mm } 250$   
Inclinazione percentuale = 1,6 (corrispondente all'angolo  $0^\circ 55'$ ;  
Misura della parte minore = mm 181;

### Trovare:

La differenza di misura sulla lunghezza  $L$ ;

La misura esatta dalla parte maggiore;

### Soluzione:

$0^\circ 55' - \text{incl. } 1,6 \%$

$$250 \times \frac{1,6}{100} = 4,00$$

$$181 + 4 = 185$$

NOTA: la misurazione dev'essere effettuata esattamente sulle due estremità, mantenendo fermi i rullini con appositi morsetti.

Si può anche diminuire la misura  $L$  di 20 mm ed effettuare le misure a 10 mm per parte.

### II) Pezzi lunghi

Se il pezzo è più lungo della corsa del carro trasversale, si dovrà collocare longitudinalmente sulla tavola, osservando l'allineamento con il comparatore (fig. 8).

Dopo aver fresato il primo fianco parallelo all'asse della coda di rondine, si sposta leggermente il pezzo controllando il valore di tale spostamento con il comparatore fissato fuori della tavola.

La differenza riscontrata da una estremità all'altra deve corrispondere all'inclinazione percentuale, come nel caso precedente.

### Esempio:

Lunghezza del pezzo = 720 mm

Angolo di inclinazione =  $1^\circ$  (1,746 %)

Misura del lato maggiore = 248,5 mm.

### Trovare:

La differenza di misura sulla lunghezza  $L$ ;

La misura del lato minore.

### Soluzione:

$1^\circ - \text{incl. } 1,746 \%$

$$720 \times \frac{1,746}{100} = 12,5712$$

$$248,5 - 12,5712 = 235,9288$$

$$12,5712 : 2 = 6,2856$$

NOTA: essendo generalmente soltanto 10 mm la corsa dell'asta del comparatore, si potranno tracciare sul pezzo due linee alla distanza di:

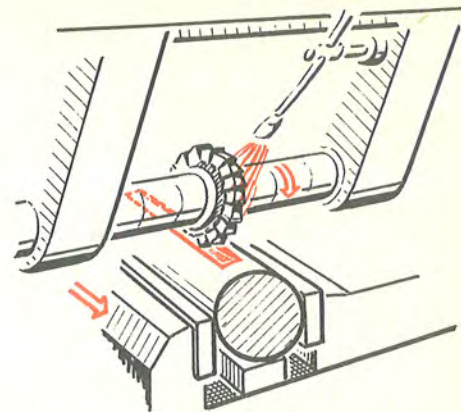
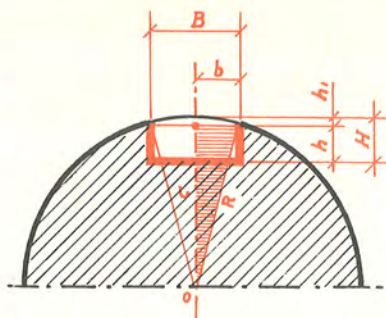
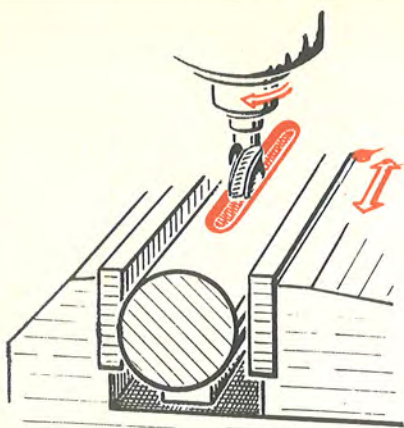
$$\frac{720}{2} = 360 \text{ mm.}; \text{ misurando fra di}$$

esse la mezza differenza totale e

$$\text{cioé: } \frac{10,63}{2} = 5,31.$$

III) Code di rondine su pezzi corti si possono anche eseguire con fresatrici verticali, oppure non universali fissando il pezzo ben centrato su di una tavola o morsa girevole (fig. 9) e ruotando per la lavorazione del secondo fianco la tavola girevole dell'angolo richiesto.



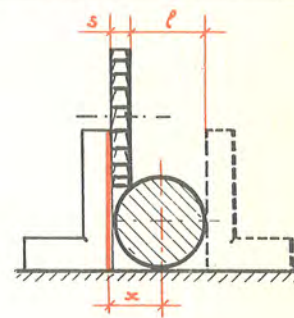
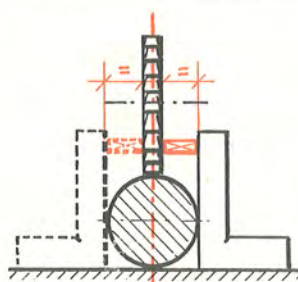
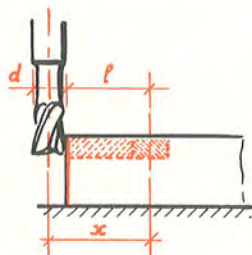
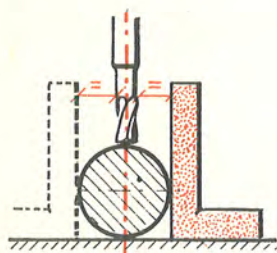


con fresa a cilind. a 2 taglienti

C A V E

con fresa a disco

Centrata fresa



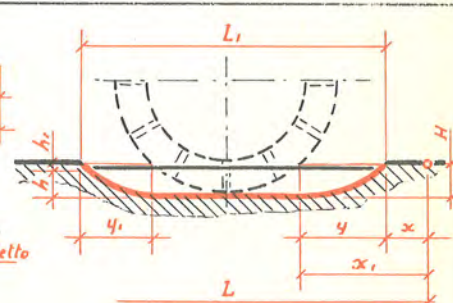
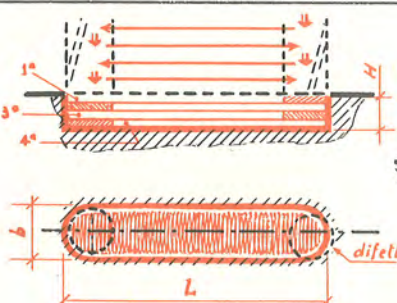
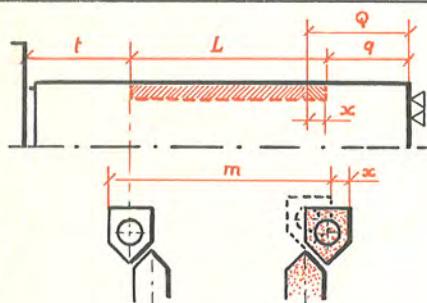
1. Centrata con fresa cilindrica 2. Centrata su piano

3. Centrata con fresa a disco

4. Altro metodo

— Operazione preliminare per la buona riuscita delle cave consiste nella perfetta coincidenza dell'asse della fresa con l'asse del pezzo.

Lavorazione cave per chiavette



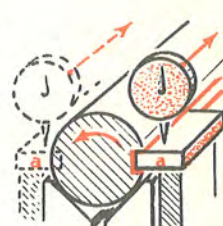
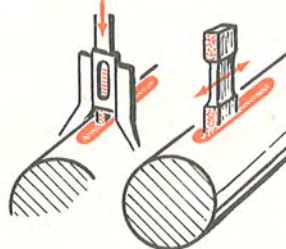
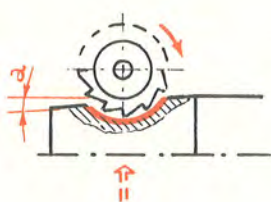
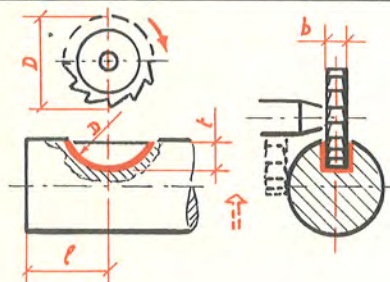
5. Registrazione tasselli

6. Esecuzione cava

7. Regolazione tasselli per fresa a disco

— La messa a punto razionale dei tasselli d'arresto permette un lavoro sicuro e preciso per le successive passate.

Cave americane e controlli



8. Posizionamento e esecuzione cave per linguette americane

9. Controllo misura e parallelismo

— Questo tipo di cave non comporta l'uso dei tasselli, ma solo l'avanzamento verticale. Richiede (previa messa a punto) il bloccaggio dei carrelli longitudinale e trasversale.



## 1. Scopo dell'operazione

Generare scanalature a fianchi paralleli, variamente inclinate non passanti, mediante frese per cave, a tre tagli e speciali.

## 2. Attrezzature

### Utensili:

Fresa per cave con codolo conico o cilindrico a due taglienti;  
Fresa cilindrica a tre tagli di spessore adatto;  
Fresa per sedi di linguette Americane a codolo cilindrico.

Mezzi ausiliari: morsa, blocchetti a « V », calibri di controllo.

## 3. Particolarità dell'operazione

Le scanalature non passanti a facce parallele si eseguono specialmente su pezzi tondi, come sede per chiavette e linguette.

Si possono però eseguire scanalature non passanti di diversa forma e profondità su pezzi piani o di qualunque profilo.

Come illustrano le figure principali e come si è visto nel F.P. 5F queste scanalature si ottengono con « frese cilindriche a due taglienti per cave » e con « frese a disco a denti spogliati per scanalature » ci sono poi le sedi per linguette americane o Woodruff che si eseguono con « frese per sedi di linguette americane o a disco », queste ultime hanno un diametro da 4 mm a 65 mm ed uno spessore da 1 mm a 12 mm.

## 4. Metodo di lavoro

A) Con fresa frontale a due tagli per cave: (a farfalla)

a) stabilire il tipo di fissaggio e bloccare il pezzo;

b) scegliere la fresa del diametro corrispondente alla larghezza della scanalatura e montarla sulla testa verticale con apposita porta pinza;

c) posizionare il pezzo rotondo sotto la fresa, quindi mediante squadretta disposta sulla tavola ed appoggiata alternativamente ai due lati opposti del pezzo, controllare con il calibro che l'asse del pezzo coincida con quello della fresa (fig. 1).

d) per pezzi piani (fig. 2) sfiorare con il tagliente il lato di riferimento ed effettuare lo spostamento del pezzo della quantità voluta usando la formula:

$$x = l + \frac{d}{2};$$

e) posizionare approssimativamente a distanza inferiore alla misura gli arresti che limitano la corsa longitudinale nei due sensi e correggere la posizione come segue:

— 1° Tassello:

— mettere in moto la macchina ed effettuare una passata con la profondità

di pochi decimi, lasciando fermare la tavola dai tasselli;

— controllare la quota ottenuta  $Q$  confrontandola con quella da ottenere  $q$  (fig. 5);

— partendo dal 2° tassello spostare il primo della differenza riscontrata ( $x = Q - q$ ) misurando la distanza fra i tasselli con le punte interne del calibro (fig. 5).

— 2° Tassello:

— ripetere le misurazioni e regolare nello stesso modo il 2° tassello.

f) stabilire il numero di giri e la velocità di avanzamento;

g) sfiorare il pezzo (tenendo conto dei decimi già asportati) ed azzerare il tamburo della slitta verticale;

h) mettere in moto la fresa ed iniziare la lavorazione della cava;

i) lo spostamento della slitta verticale si effettua gradualmente alla fine di ogni corsa (fig. 6) procurando d'innestare subito l'avanzamento automatico per evitare che la fresa asporti di più nel senso del taglio (difetto tratteggiato nella fig. 6).

NOTA: scanalature di notevole lunghezza passanti o no si possono sgrossare con frese a tre tagli e quindi finire successivamente i due fianchi controllando con il calibro differenziale (fig. 9).

B) Con fresa a tre tagli a denti diritti o alternati dello spessore voluto:

l) procedere come in a-b, osservando che la fresa giri centrata sul rispettivo albero;

m) centrare il pezzo rispetto alla fresa usando la squadretta e il calibro, come nel caso precedente (fig. 3); volendo usare il tamburo graduato si appoggia il fianco della fresa alla squadretta e si azzerà il tamburo, spostando quindi della quantità:

$$x = \frac{D}{2} - \frac{s}{2} \quad (\text{fig. 4});$$

n) posizionare gli arresti procedendo come segue:

— sfiorare la superficie esterna del pezzo azzerare il tamburo verticale e sistemare il primo tassello in modo che il pezzo si fermi con la fresa approssimativamente a  $\frac{1}{2}$  della scanalatura (fig. 7);

— bloccare le slitte trasversali e longitudinali, mettere in moto la fresa ed effettuare lo spostamento di profondità  $H$  (fig. 7);

— controllare la misura  $x_1$  ottenuta e sottrarre ad essa la distanza  $x$  in modo da ottenere la misura  $y$  ( $y$  è lo spostamento da effettuare sul tassello per raggiungere la misura  $x$ );

— regolare il 2° tassello in base alla differenza  $y$ , riferendosi al 1° tassello (fig. 7);

o) sbloccare la slitta longitudinale; mettere in moto la macchina, facendo fermare la tavola con il primo tassello;

p) effettuare la passata di profondità  $H$  all'inizio della cava, ed innestare l'avanzamento automatico in senso inverso, che con il 2° tassello farà fermare la tavola al punto voluto.

C) Con fresa per sede di linguette americane o Woodruff.

NOTA: queste scanalature sono molto usate per le estremità cilindriche e coniche degli alberi sui quali si devono calettare: pulegge, ruote dentate, ecc. le linguette di questo tipo sono assai robuste e di facile montaggio e smontaggio (fig. 8);

q) bloccare la fresa UNI 3916 con la pinza meno sporgente possibile;

r) centrare il pezzo nei due sensi rispetto alla fresa, come indicato sopra (fig. 8);

s) bloccare le slitte longitudinale e trasversale e con aggiustaggio « rigido scorrevole » anche quella verticale;

t) stabilire le condizioni di taglio; mettere in moto la macchina e sfiorare il pezzo con la periferia della fresa;

u) azzerare il tamburo ed eseguire l'avanzamento di lavoro alzando gradualmente la slitta verticale fino alla profondità stabilita con abbondante refrigerazione.

## 5. Avvertenze

— Se la fresa gira non centrata, produce una scanalatura più larga del suo diametro o spessore; occorre quindi assicurarsi che giri centrata e che non si sposti durante il lavoro

— Il controllo della larghezza delle scanalature si effettua con i beccucci per misure interne del calibro e per quelle di precisione con calibri differenziali (fig. 9).

— Si possono eseguire scanalature non passanti disponendo la fresa a gambo orizzontalmente e direttamente sull'albero principale, operando per la profondità di passata con il carro trasversale.

— Per cave su pezzi tondi occorre calcolare la profondità totale ( $H$  - fig. principale) della scanalatura, che è data dalla quota del disegno ( $h$ ) e dalla saetta del segmento circolare ( $h_1$ ) il cui valore si trova con le formule:

$$c = \sqrt{R^2 - b^2}; \quad h_1 = R - c;$$

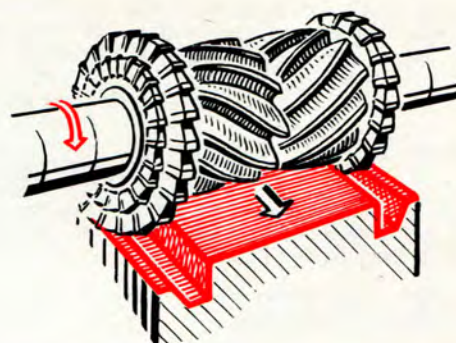
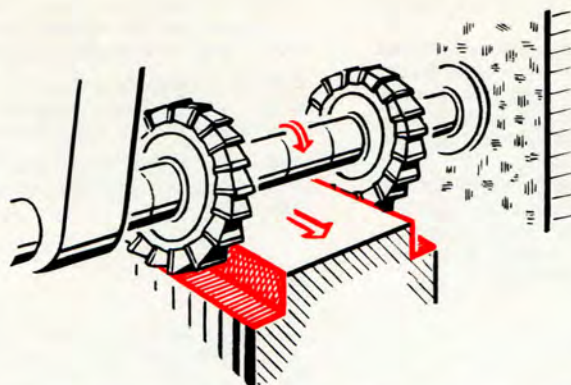
$$\text{da cui } H = h + h_1$$

— Conoscendo la larghezza della scanalatura ( $B$ ) ed il raggio del pezzo ( $R$ ) si può anche usare la formula:

$$h_1 = R - \sqrt{R^2 - \frac{B^2}{4}}$$

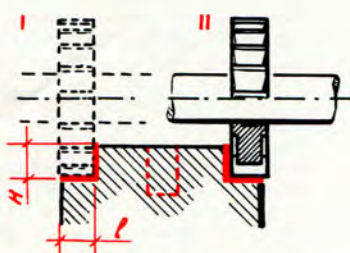
$$\text{e quindi: } H = h + h_1.$$



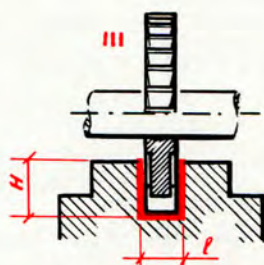


## PROFILATURA CON GRUPPO DI FRESE

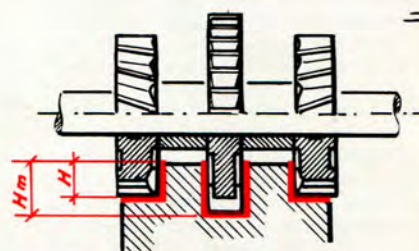
Fresatura singola e combinata



1. Operazione singola (due fasi)



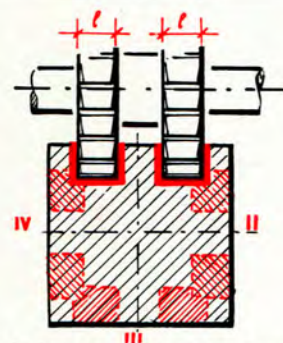
2. Operazione singola (tre fasi)



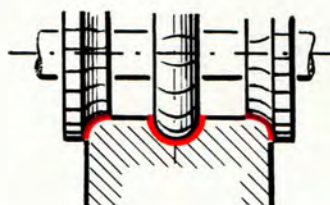
3. Con gruppo di frese

— Nelle lavorazioni di serie l'uso dei gruppi di frese è sommamente vantaggioso nel confronto delle frese singole. Richiede però la massima rigidezza.

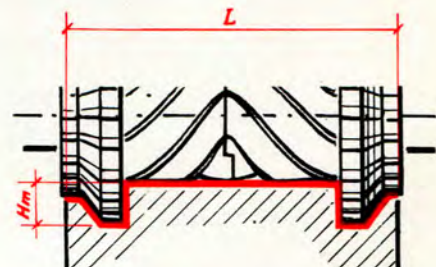
Fresatura con gruppo di frese



4. Abbinamento di due frese



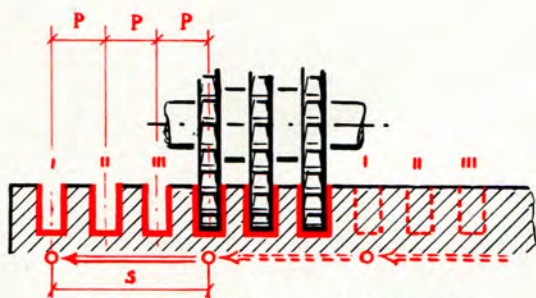
5. Abbinamento con frese distinte



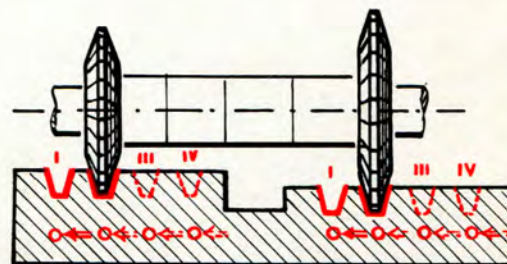
6. Abbinamento con quattro frese

— Nell'impiego dei gruppi di frese occorre preparare con grande esattezza gli anelli distanziatori relativi.

Fresatura periodica



7. Ripetizione di tre scanalature eguali



8. Dentatura con frese distanziate

— I gruppi di frese accelerano l'esecuzione di scanalature eguali-equidistanti, anche quando la distanza totale fra la prima e l'ultima supera la corsa trasversale della macchina.



## 1. Scopo dell'operazione

*Generare profili e scanalature varie con più frese che lavorano contemporaneamente, allo scopo di ottenere maggiore precisione e risparmio di tempo.*

## 2. Attrezzature

**Utensili:** frese cilindriche con foro, della forma e diametri corrispondenti ai profili da ottenere.

**Mezzi ausiliari:** anelli distanziatori su misura; elementi di fissaggio.

## 3. Vantaggi e particolarità dell'operazione

La lavorazione con gruppo di frese è soprattutto conveniente nei lavori di serie, per i quali (se necessario) si fanno costruire frese di forma e dimensioni speciali.

Per profili semplici si possono utilizzare con vantaggio delle frese normali, opportunamente cambiate e distanziate.

Per ottenere, ad esempio, il profilo della figura 3, si dovrebbero effettuare (con frese singole) tre passate con altrettanti laboriosi posizionamenti (fig. 1-2).

Con il gruppo di frese normali invece (fig. 3) si ottiene lo stesso profilo, ma con un solo posizionamento e una sola

passata, ossia con un tempo molto inferiore.

Per lavorare con efficienza con gruppo di frese, occorrono fresatrici di notevole potenza, frese con il foro più grande possibile compatibilmente con il diametro esteriore che dev'essere in relazione al profilo da ottenere.

Per i materiali che lo richiedono è necessaria una refrigerazione particolare abbondante, che aiuti pure ad espellere la grande quantità di trucioli prodotti dal gruppo di frese.

## 4. Metodo di lavoro

- a) fissare rigidamente il pezzo collocando pure un arresto che contrasti la spinta di lavoro;
- b) scegliere le frese e gli anelli distanziatori occorrenti e montarle sull'albero portafrese;  
Normalmente la preparazione di questi gruppi di frese viene effettuata nell'apposito reparto attrezzatura.
- c) sfiorare il pezzo con la periferia della fresa di diametro maggiore;
- d) posizionare il pezzo rispetto al treno di frese, servendosi dei tamburi graduati o della tracciatura;
- e) ritirare il pezzo ed effettuare lo spostamento verticale opportuno;
- f) predisporre gli elementi di taglio, osservando che l'avanzamento deve

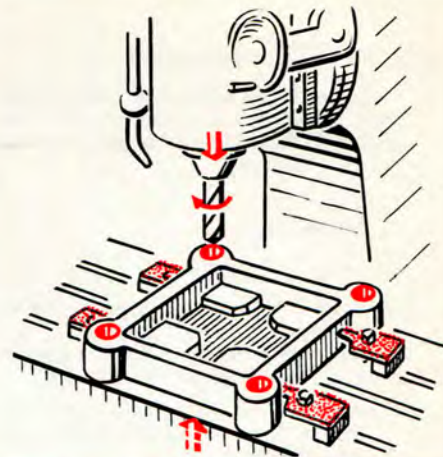
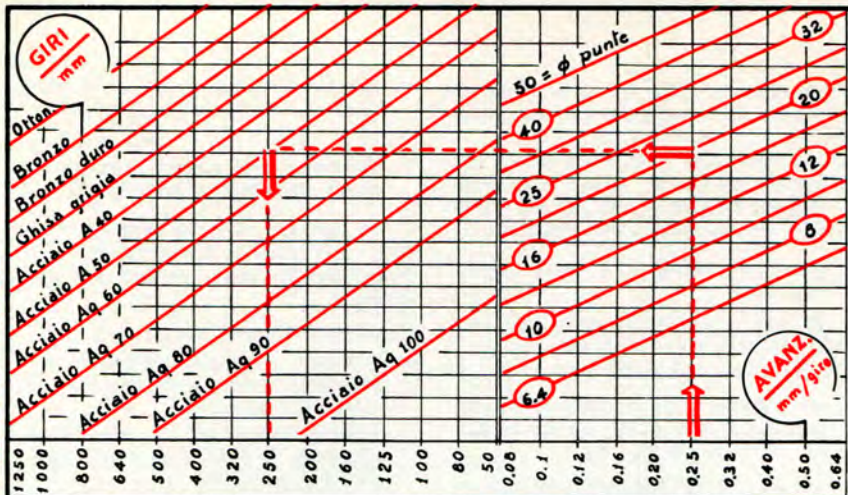
essere in relazione alla profondità di passata ed alla velocità periferica della fresa di diametro maggiore;

- g) iniziare la passata a mano ed innestare quindi l'avanzamento automatico eseguendo tutta la passata;
- h) qualora si richieda una finitura superiore, ripetere la passata con profondità ridotta.

## 5. Avvertenze

- Le figure: 4-5-6 illustrano rispettivamente lavorazioni con gruppi di due, tre, e quattro frese, risultando evidentemente l'intercambiabilità ed il risparmio di tempo.
- Dovendo eseguire un gran numero di intagli eguali, si possono collocare più frese identiche alla distanza voluta (fig. 7); in questo caso lo spostamento dovrà risultare eguale alla distanza degli intagli  $p$  per il numero delle frese ( $s = p \times n$ ).
- Il sistema di frese multiple può inoltre risultare utile qualora si debbano eseguire un numero di scanalature di passo eguale, per una lunghezza superiore alla corsa trasversale della tavola. In questo caso è assolutamente necessario che la distanza delle frese risulti esattamente multipla del passo delle scanalature (fig. 8).



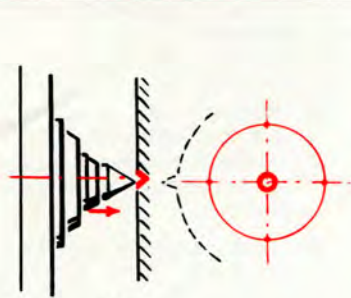


diagramma

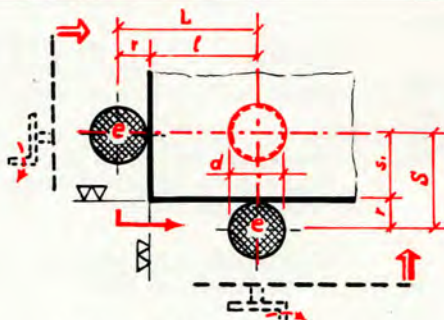
FORATURA

montaggio

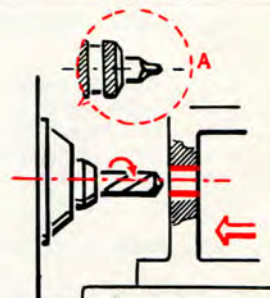
Con slitta trasversale



1. Centratura con foro tracciato



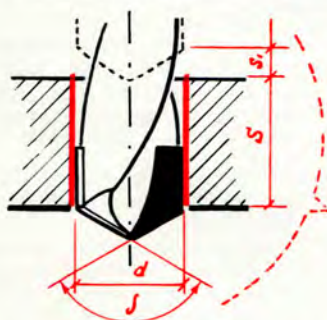
2. Impostazione della punta



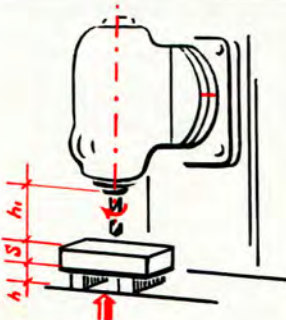
3. Centratura e foratura

— L'operazione preliminare per la buona riuscita della foratura consiste nel perfetto posizionamento dell'asse della punta; esso si effettua con metodi diversi.

Con testa verticale



4. Altezza di foratura e di posizionamento

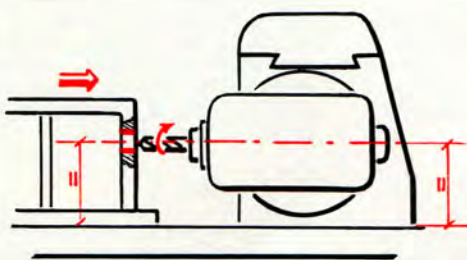


5. Con avanforo

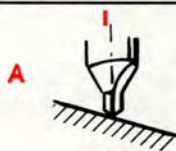


— Posizionamento del pezzo e predisposizione della profondità di foratura nell'esecuzione di fori diversi.

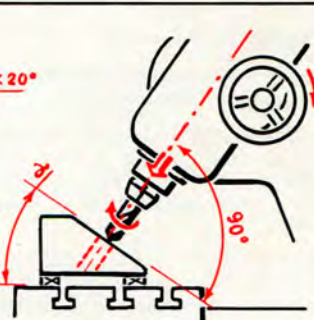
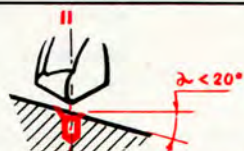
Con testa inclinata



8. Posizionamento orizzontale



9. Forature oblique al piano



10. Inclinazione della testa

— Per fori rispettivamente orizzontali o verticali si opera l'avanzamento con la slitta longitudinale o trasversale. Per fori inclinati il mandrino portapunta deve possedere l'avanzamento autonomo.



## 1. Scopo dell'operazione

Eseguire fori passanti e ciechi di diversa lunghezza e diametro su pezzi collocati sulla tavola della fresatrice, mediante utensili appropriati.

## 2. Attrezzature

### Utensili:

punta a centrare di diametro conveniente;  
punte da forare ad elica di diametro e lunghezza relazionata al lavoro.

**Strumenti di controllo:** calibro ventesimale calibro fisso per verifica dell'angolo delle punte.

**Mezzi ausiliari:** mandrino portapunte; bussole di riduzione.

## 3. Preparazione della punta elicoidale

Scegliere la punta con l'angolo dell'elica adatta per il materiale da forare. Controllare con l'apposito calibro fisso la simmetria dei labbri taglienti e correggere gli eventuali errori.

## 4. Particolarità dell'operazione

Si eseguisce la foratura alla fresatrice specialmente quando il pezzo ha dovuto subire (o dovrà subire) altre operazioni sulla stessa macchina senza modificarne la posizione (figura principale).

Ciò significa che si può anzitutto spianare, scanalare, contornare, ecc., il pezzo con opportune frese e quindi eseguire su di esso dei fori, che risulteranno perpendicolari alla superficie lavorata.

Dopo la foratura si potrà alesare il foro eseguito e procedere ad altre eventuali operazioni, sempre con il vantaggio di una perfetta perpendicolarità.

Inoltre sulla fresatrice si possono eseguire vari fori, ad interassi relativamente esatti senza la preventiva tracciatura, servendosi cioè dei tamburi graduati (F.P. 30F e fig. 2).

Contrariamente al modo di agire delle trapanatrici, la penetrazione della punta avviene spostando trasversalmente il carro (fig. 3); verticalmente la mensola (fig. 4) oppure longitudinalmente la tavola (fig. 8).

Il notevole sforzo di penetrazione della punta consiglia di bloccare leggermente anche la slitta che scorre e fissare rigidamente quelle che stanno ferme.

## 5. Centratrice del foro

A) **Foro preventivamente tracciato** (fig. 1)  
Si procede come segue:

- puntinare fortemente il centro del foro e leggermente le intersezioni delle perpendicolari con la circonferenza corrispondenti alle punte da usare;
- chiudere nel mandrino una punta a tracciare corta ed avvicinarla al pezzo da forare già bloccato sulla tavola;
- far girare la punta che sfiorando il pezzo traccierà su di esso una circonferenza;

d) spostare le slitte fino a che questo circolo risulti centrato perfettamente.

**NOTA:** nella fig. 1 si è collocata una punta conica al centro del foro. Questo metodo è utile per pezzi piccoli che offrono piena visibilità.

B) **Foro con riferimento a facce, spigoli, fori, ecc.**

Si colloca sull'albero della testa verticale un mandrino perfettamente centrato e si procede come segue:

- far sfiorare detto mandrino (in leggera rotazione) su di una parte spianata del pezzo (fig. 2);
- azzerare il tamburo corrispondente;
- abbassare la tavola e spostare (servendosi del tamburo graduato o del comparatore) il pezzo della misura:  $l + r$  (fig. 2);
- bloccare la tavola nella posizione raggiunta e ripetere il posizionamento sull'altro piano ortogonale.

**NOTA:** se il foro fosse diretto in senso orizzontale (fig. 3) si opera nello stesso modo agendo sul carro verticale e sulla tavola.

## 6. Determinazione dell'avanzamento e del numero di giri

La macchina fresatrice non è molto indicata per eseguire fori di piccolo diametro, perché, in generale la testa verticale non permette un numero elevato di giri.

Dato che su queste macchine viene generalmente indicato da tabella apposita l'avanzamento per giro, conviene servirsi del grafico rappresentato nella figura principale.

A tal fine occorre anzitutto stabilire l'avanzamento per giro  $a$  in relazione al diametro della punta ed al materiale da forare; passando dagli acciai duri a quelli dolci:

$$a = \frac{1}{100} \cdot d \div \frac{1}{60} \cdot d;$$

$$\text{ghisa dolce: } a = \frac{1}{50} \cdot d$$

Quindi puntualizzato il valore di  $a$  sull'ascissa degli avanzamenti, s'innalza da tale punto una verticale fino ad incontrare la retta indicante il diametro della punta. Da questo punto si traccia una orizzontale fino ad incontrare l'inclinata di sinistra corrispondente alla qualità del materiale. La verticale abbassata da questa intersezione indicherà il numero di giri sull'asse delle ascisse.

**Esempio sul grafico:**

Dati:  $\varnothing$  punta:  $d = 20$  mm, in acciaio rapido; foratura su acciaio:  $R = 50$  kg/mm<sup>2</sup>

$$\text{Calcolo di } a: a = \frac{1}{70} \cdot 20 \approx 0.28 \text{ mm.}$$

scelgo:  $a = 0.25$  mm.  
dal diagramma: i giri della punta = 250.

**NOTA:** usando punte di acciaio super-rapido si possono aumentare i giri di una divisione del grafico (nell'esempio = 320); dovendo lavorare a secco (senza refrigerazione) si di-

minuisce circa di una divisione (nell'esempio = 200 g/min).

## 7. Foratura con punta bloccata sul cono del mandrino (fig. 3)

Si utilizza per fori relativamente corti, per motivo della ridotta corsa trasversale del carro, procedendo come segue:

- estrarre l'albero portafresa;
- bloccare il pezzo rivolto verso il montante della fresatrice parallelo a quello del mandrino;
- fissare nel mandrino il cono di riduzione ed in esso il mandrino portapunta a tre griffe;
- allineare il foro all'asse del mandrino (vedi punto 5);
- bloccare le slitte verticale e longitudinale e leggermente anche la trasversale;
- iniziare il foro con la punta a centrare (fig. 3);
- impostare sulla macchina il numero di giri conveniente;
- sostituire la punta ed eseguire il foro, con abbondante lubrificazione se necessaria.

**NOTA:** fori di grande diametro si eseguono con punte di diametro progressivo, impostando per ognuna di esse il conveniente numero di giri (fig. 5).

## 8. Foratura con punta bloccata sulla testa verticale (fig. 4)

In relazione alla posizione dell'asse della testa, si possono in questo caso eseguire:

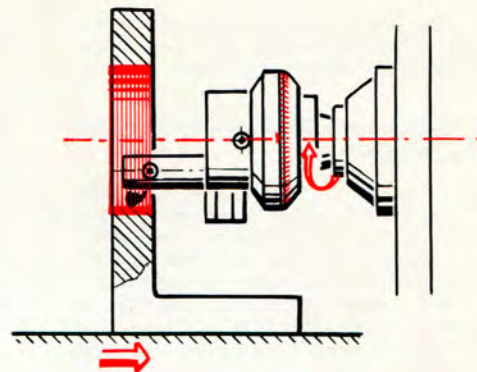
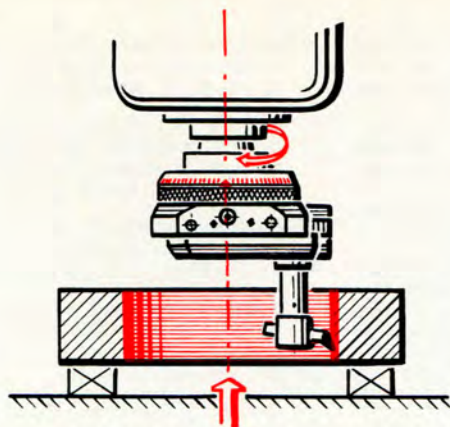
- Fori disposti con l'asse verticale** (fig. 4)  
la profondità del foro può essere maggiore che nel caso precedente essendo maggiore la corsa della slitta verticale utilizzata.
- Fori disposti con l'asse orizzontale** (fig. 9) e cioè coincidenti con l'asse della tavola.  
Si dispone orizzontalmente l'asse della testa e si effettua l'avanzamento con slitta longitudinale. Sia il pezzo che la testa devono essere rigidamente fissati, poiché un lieve spostamento pregiudicherebbe l'allineamento del foro e potrebbe causare la rottura della punta.

- Fori disposti con l'asse inclinato**  
Disponendo di una testa verticale con movimento autonomo, s'inclina nell'angolo voluto e si procede alla foratura manovrando a mano la maniglia della testa (fig. 10). Qualora il foro fosse verticale sopra una superficie d'attacco inclinata, si fresa prima un piano dello stesso diametro della punta e quindi si eseguisce il foro (fig. 9).

## 9. Avvertenze

- Per fori ciechi il controllo della profondità del foro si effettua azzerando il tamburo all'inizio dell'operazione.
- Vedi anche avvertenze F.P. 11T (Tornitori).



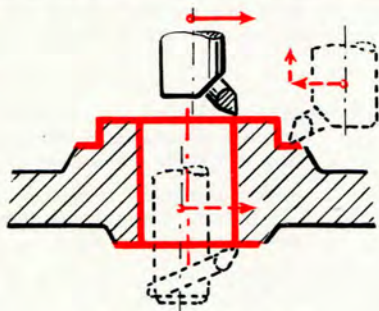


in posizione verticale

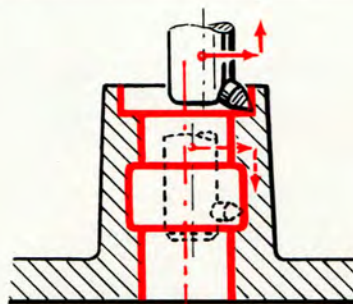
ALESATURA CON TESTA REGISTRABILE

in posizione orizzontale

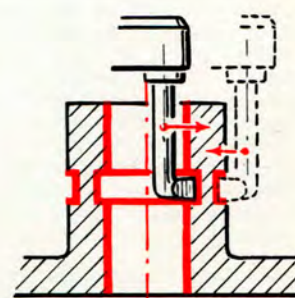
Testa con avanzamento radiale



1. Alesatura e sfacciatura



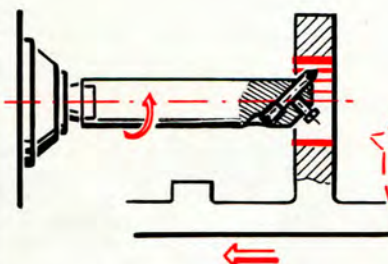
2. Alesatura e gole



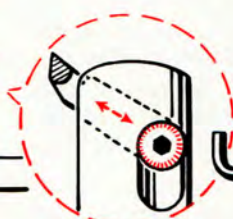
3. Gole interne ed esterne

— Operazioni realizzabili con testa alesatrice dotata di avanzamento radiale: Alesatura - Cilindratura - Spianatura - Gole interne ed esterne.

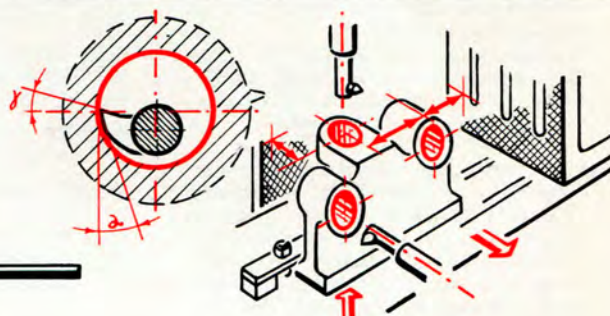
Con bareno di sbalzo



4. Ad asse orizzontale



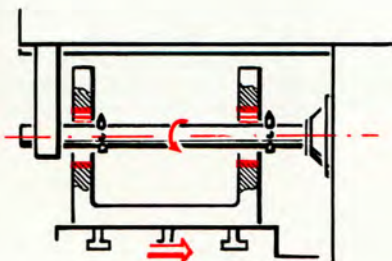
5. Regolazione utensili



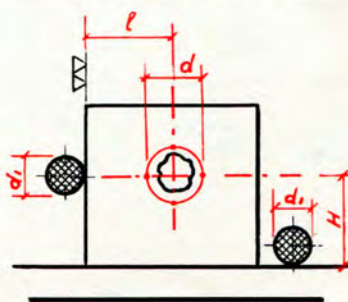
6. Alesatura con assi ortogonali

— Le dimensioni di precisione con il bareno di sbalzo si possono ottenere con utensili speciali dotati di regolazione micrometrica.

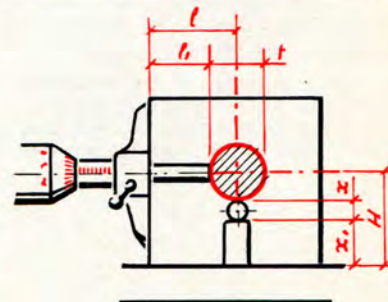
Con bareno sopportato



7. Due alesature simultanee



8. Impostazione del bareno



9. Controllo micrometrico

— Lavorazioni lunghe o multiple si eseguono con il bareno sopportato che presenta maggiore rigidezza, ed offre la possibilità di lavorare contemporaneamente con più utensili.



## 1. Scopo dell'operazione

Allargare a quota precisa e con superficie levigata, fori passanti o ciechi mediante attrezzature appropriate.

## 2. Sistemi principali di alesatura alla fresatrice

A) *Con testa eccentrica* (fig. 1-2). Esistono vari tipi di teste per alesare applicabili sulle fresatrici, nelle quali l'utensile si può spostare assialmente con controllo micrometrico. Nei modelli più recenti l'utensile si può allontanare od avvicinare al centro anche durante la rotazione della testa; in questo caso si possono anche eseguire gole interne o sfacciare spallamenti e superfici perpendicolari al foro (fig. 3).

B) *Con barenò di sbalzo* (chiamato pure spina di alesatura) (fig. 4): i barenò sono alberi di varia lunghezza e diametro, aventi da un lato l'attacco conico corrispondente a quello del mandrino su cui si lavora (Morse oppure ISO), e all'estremità opposta un foro trasversale entro cui fissare e regolare micrometricamente l'utensile. Servono per alesare fori a una distanza proporzionata al loro diametro.

C) *Con barenò sostenuto all'estremità* (fig. 7): la corsa trasversale ridotta e la relativa larghezza della tavola non permettono (nelle fresatrici normali) l'uso del barenò sostenuto caratteristico delle macchine alesatrici. Può tuttavia tornare utile qualora si debbano alesare due fori di lunghezza limitata, disposti sullo stesso asse e distanti fra loro (fig. 7). Limitatamente alle dimensioni della tavola e del pezzo, il barenò sostenuto si usa specialmente per alesare fori già ottenuti per fusione.

NOTA: I primi due sistemi si possono applicare sul mandrino principale alesando fori orizzontali con il movimento del carro trasversale (fig. 4); oppure si inseriscono sulla testa verticale che permette di alesare fori ad asse verticale ed orizzontale (fig. 6). Qualora poi si disponga di una testa universale con moto di avanzamento autonomo si potranno alesare fori aventi qualsiasi inclinazione.

## 3. Centatura del foro

Nel posizionare esattamente il pezzo rispetto all'asse del mandrino si possono presentare due casi:

a) *esecuzione di un foro senza riferimento ad altra superficie*. In questo caso la centratura si eseguisce riferendosi alla tracciatura

(quattro punti sulle intersezioni della circonferenza), servendosi di una punta ricurva fissata al posto dell'utensile.

b) *Esecuzione di un foro con riferimenti di precisione a facce, spigoli, fori, ecc.* (fig. 8).

In questo caso si colloca sull'albero principale (o su quello della testa) un mandrino perfettamente centrato, e si procede nel modo seguente:

- alzare la tavola in modo da sfiorare con detto mandrino in leggera rotazione (oppure interponendo un blocchetto di misura conveniente);
- azzerare il tamburo togliendo prima il gioco;
- abbassare la tavola in relazione alla quota  $H$  stabilita dal disegno meno il raggio del mandrino;
- procedere nello stesso modo per impostare la centratura rispetto al piano verticale.

NOTA: Per la lettura degli spostamenti ortogonali si fanno sempre più comuni i lettori ottici come ormai si usa in quasi tutte le alesatrici.

## 4. Metodo di lavoro

A) *Con testa eccentrica*:

- a) se il pezzo non è già forato eseguire (dopo la centratura) il foro preliminare di alcuni mm. più piccolo della misura finale (F.P. 11F);
- b) sostituire la testa alesatrice al mandrino (o bussole di riduzione) usati per la foratura;
- c) controllare l'affilatura dell'utensile, posizionando alla misura voluta sulla testa e fissarlo rigidamente;
- d) determinare il numero dei giri della testa eccentrica, dimezzando le velocità indicate nel F.P. 013F;
- e) bloccare le slitte eccettuata quella corrispondente all'asse del foro;
- f) eseguire la prima passata di calibratura del foro, rispetto ad un calibro tampone, oppure ad un mandrino rettificato;
- g) controllare la posizione (centratura) del foro in relazione alla preventiva tracciatura, se questa è l'unico riferimento; oppure agli elementi di riferimento (facce, spigoli, fori, ecc.) operando come segue:

- collocare il calibro a tampone, o il mandrino nel foro alesato;
- misurare con calibro o micrometro le rispettive distanze dagli elementi di riferimento orizzontale e verticale (fig. 9);
- aggiungere alla misura (o togliere secondo il sistema di controllo adottato) il raggio del mandrino (fig. 9);

— per mezzo dei tamburi graduati, o meglio con il comparatore, correggere le eventuali differenze;

h) in base al diametro del foro, distribuire il materiale da asportare nel numero di passate convenienti, lasciando mm 0,2-0,3 per la finitura;

i) sistemare l'utensile per la finitura, iniziare una passata e controllare con il calibro o tampone differenziale;

l) dopo le eventuali correzioni, eseguire la finitura del foro.

B) *Con barenò di sbalzo*:

Occorre scegliere la barra di lunghezza minima e di diametro più grande possibile.

NOTA: Con il barenò di sbalzo e con la testa verticale è possibile eseguire alesature su assi ortogonali (fig. 6) senza muovere il pezzo.

C) *Con barenò sostenuto all'estremità*:

m) fissare leggermente il pezzo sulla tavola e procedere al centraggio del foro operando come segue:

— fissare una punta piegata in un foro del barenò (oppure appoggiare un graffietto sulla barra);

— far girare a mano la barra (o il graffietto) manovrando le slitte fino a che le 4 intersezioni della circonferenza con le perpendicolari si trovino centrate.

n) bloccare rigidamente il pezzo sulla tavola;

o) procedere come in: c-d-e;

p) regolare la profondità di passata agendo sulla vite di registrazione dell'utensile;

q) operare come in: h-i-l.

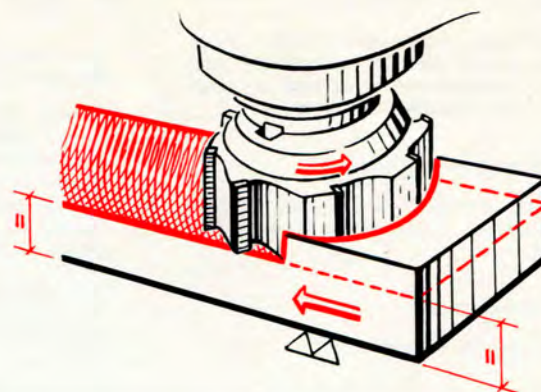
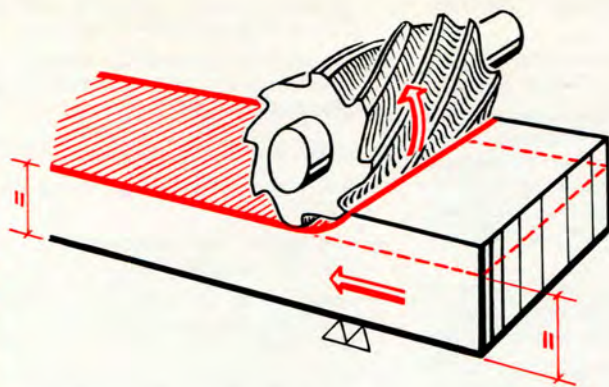
## 4. Avvertenze

— Nei lavori in serie con barenò sostenuto si può preparare un anello temprato il cui diametro interno corrisponda a quello del barenò e l'esterno al diametro del foro ultimato. Infilando detto anello sul barenò subito dopo l'utensile si ottiene miglior finitura del foro perché si evitano le vibrazioni.

— Per non togliere il barenò nel controllo della quota di finitura si può preparare un anello temprato e rettificato con un gradino differenziale di « P » e « NP ». Il diametro interno di questo anello deve permettergli di passare sopra l'utensile per effettuare la misurazione.

— Per centrare il barenò con riferimento ad una superficie si può anche usare il « micrometro di profondità » (fig. 9).



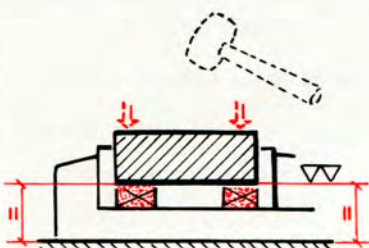


con fresa cilindrica

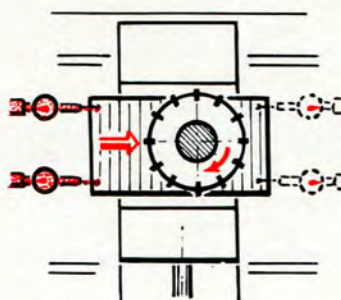
SPIANATURA

con fresa frontale

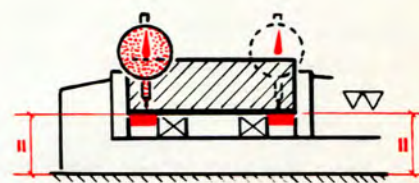
Posizionamento



1. Appoggio superf. lavorata



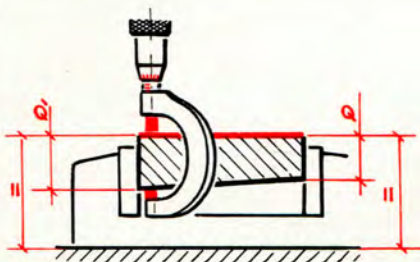
2. Controllo superf. lavorata



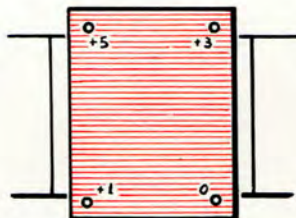
3. Controllo con regoli appoggiati

— Per ottenere una superficie parallela ad altra lavorata occorre assicurarsi (con mezzi appropriati) che questa a sua volta sia parallela alla superficie della tavola.

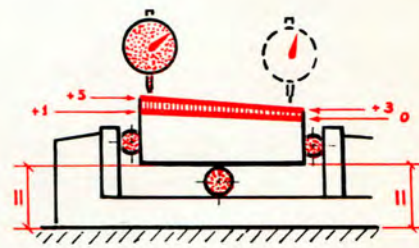
Controllo e regolazione



4. Controllo parallelismo



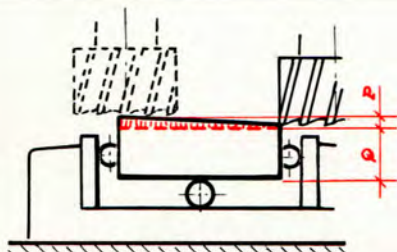
5. Errori riscontrati (vista dall'alto)



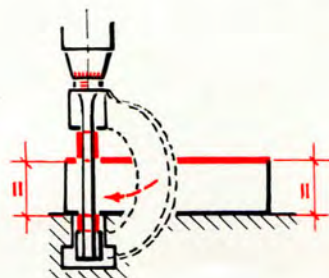
6. Messa a punto pezzo

— Eventuali errori di parallelismo riscontrati con il micrometro e segnati sul pezzo si correggono modificando la posizione del pezzo con l'aiuto del comparatore.

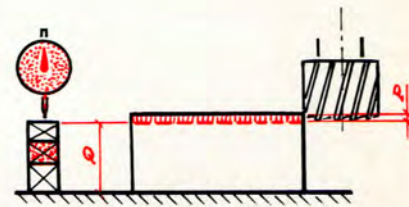
Finitura e controllo



7. Passata di finitura



8. Controllo quota Q



9. Controllo con blocchetti e comparatore

— Il metodo più rapido e sicuro di ottenere il parallelismo (quando il pezzo lo consente) consiste nel far combaciare la faccia lavorata sulla tavola.



## 1. Scopo dell'operazione

Generare una superficie piana, parallela ad altra di riferimento, mediante fresa ad asse parallelo oppure ad asse perpendicolare alla superficie da lavorare.

## 2. Fissaggio del pezzo

Sulla morsa parallela (fig. 1-2-3) e per superfici molto ampie direttamente sulla tavola.

## 3. Attrezzatura

Come nel F.P. 1F.

## 4. Metodo di lavoro

**NOTA:** È del tutto simile al metodo di lavoro descritto nel F.P. 1 F (spianatura orizzontale), qui si illustrano le norme per l'impostazione del pezzo, perché la spianatura sulla seconda faccia risulti parallela a quella esistente.

### A) Pezzo fissato nella morsa:

- a) fissare la morsa sulla tavola, previa accurata pulizia;
- b) in relazione allo spessore del pezzo (ed altezza delle mordacchie) scegliere i blocchetti paralleli d'appoggio;
- c) chiudere il pezzo in morsa battendo leggermente sulla parte superiore

del pezzo con apposito mazzuolo (fig. 1);

- d) controllare la posizione della faccia lavorata procedendo come segue:
  - in base alla precisione richiesta può essere sufficiente far affidamento sulla precisione della morsa e dei tasselli, previo controllo preliminare (F.P. 07F); oppure, sarà necessario un controllo diretto sulla superficie lavorata del pezzo, in tal caso:
  - se il pezzo sporge dalla morsa si controlla con il comparatore, facendo scorrere la base sulla tavola (fig. 2);
  - se il pezzo non sporge dalla morsa occorre servirsi di un regolo aderente alla superficie lavorata nei punti estremi (fig. 3);
- e) disporre i fattori di taglio come in: b-c-d del F.P. 1F;
- f) effettuare la prima passata, osservando che la spinta della fresa sia contraria alla posizione della ganascia fissa (fig. 2);
- g) qualora il parallelismo non risultasse della precisione voluta, segnare sui quattro angoli, gli errori riscontrati con il micrometro assumendo come riferimento lo spessore minimo che sarà contrassegnato con lo zero;
- i) correggere la posizione del pezzo con l'ausilio del comparatore, in modo che: *portando successivamente il pal-*

*patore sui quattro angoli si riscontri l'errore precedentemente segnato;*

- l) eseguire la passata di finitura tenendo conto della dimensione da raggiungere (fig. 7).

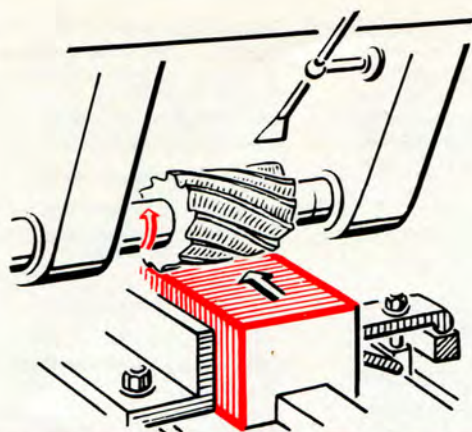
### B) Pezzo fissato sulla tavola:

- m) pulire accuratamente la tavola ed il pezzo;
- n) appoggiare accuratamente la faccia lavorata sulla tavola;
- o) scegliere le staffe, bulloni, ecc. in relazione alle dimensioni del pezzo (F.P. 06F);
- p) bloccare il pezzo, osservando che nel chiudere i dadi, non si sollevi il pezzo dalla base di appoggio;
- q) procedere come in: e-f;
- r) controllare il parallelismo e la misura e procedere alla passata di finitura, tenendo conto delle dimensioni da raggiungere (fig. 8).

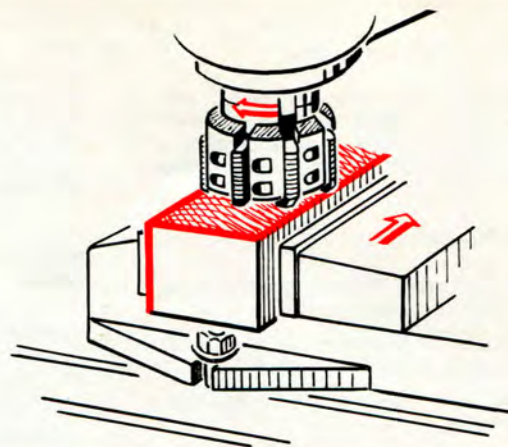
**NOTA:** il parallelismo in questo caso è condizionato dalla precisione della tavola e alla qualità di contatto del pezzo.

Qualora le staffe impedissero di introdurre lo strumento di misura fra le scanalature si dovrebbe ricorrere a una misura di paragone (blocchetti piano paralleli, calibro a tampone, ecc.) (fig. 9).





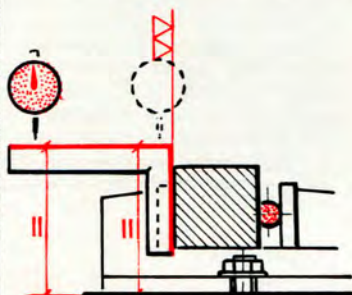
con fresa cilindrica



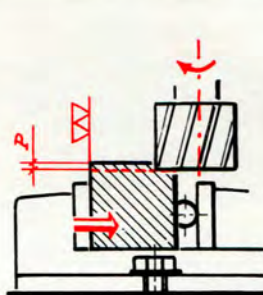
con fresa frontale

## SQUADRATURA

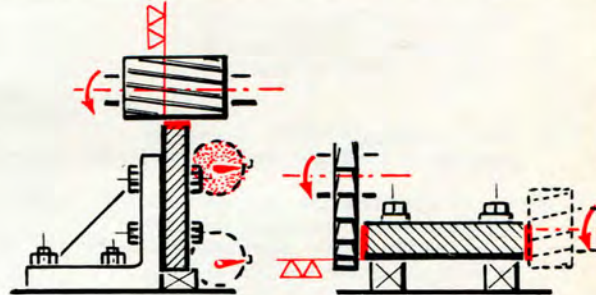
Fresatura angolare diedro



1. Controllo posizionamento



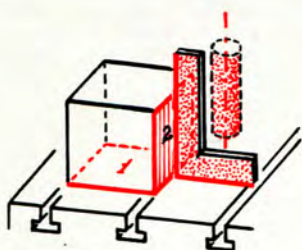
2. Fresatura 2ª faccia



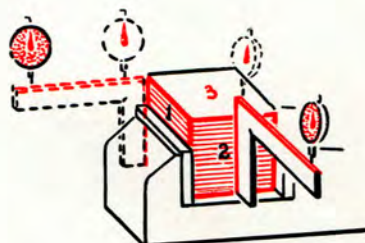
3. Fresatura con differenti fissaggi

— Per ottenere una superficie perpendicolare ad altra lavorata occorre assicurarsi (con mezzi appropriati) che questa (o queste) risulti perpendicolare alla tavola.

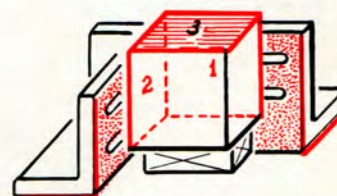
Controllo e posizionamento



4. Controllo angolo diedro a 90°



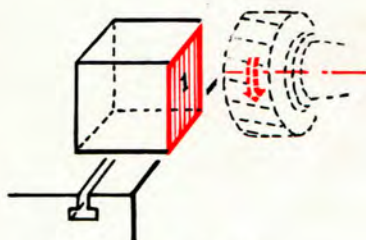
5. Posizionamento due facce lavorate



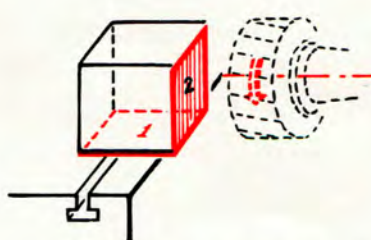
6. Fissaggio su squadre

— Per ottenere una superficie perpendicolare ad altre due lavorate, occorre assicurarsi (con mezzi appropriati) che entrambe le facce siano perpendicolari alla tavola.

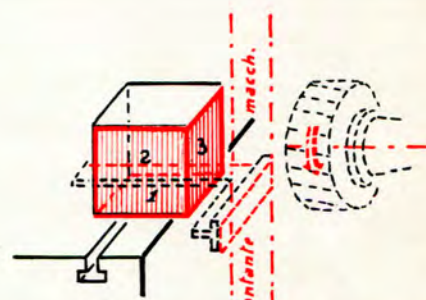
Posizionamenti successivi



7. Appoggio su tavola



8. Appoggio per 2ª faccia



Appoggio per 3ª faccia e seguenti

— Il metodo più rapido e sicuro per ottenere la perpendicolarità è quello di far combaciare la faccia lavorata sulla tavola ed operare con fresa ad asse orizzontale.



## 1. Scopo dell'operazione

*Generare una superficie piana, perpendicolare ad uno o più piani di riferimento mediante frese ad asse parallelo o perpendicolare alla superficie da lavorare.*

## 2. Attrezzature

*Utensili:* frese diverse secondo il genere di lavoro e cioè:

- a) frontale di diametro proporzionato alla larghezza della superficie;
- b) a disco a tre tagli di diametro conveniente;
- c) cilindrica a denti elicoidali adatta al materiale.

*Strumenti di misura:* calibro, squadra di precisione, comparatore;

*Mezzi ausiliari:* morsa; squadra diedro; staffe; bulloni; blocchetti paralleli, ecc. adatti al metodo di fissaggio.

## 3. Posizionamento della superficie lavorata e fissaggio del pezzo

**NOTA:** la superficie già lavorata (esistente) dev'essere collocata in posizione perfettamente perpendicolare al piano da generare e cioè al movimento orizzontale della tavola. A tal fine il pezzo può fissarsi:

- a) *In morsa:* previa un'efficiente verifica del posizionamento della morsa (F.P. 07F). Si controlla la perpendicolarità della superficie lavorata con squadra e comparatore (fig. 1).
- b) *Con squadra diedro:* dopo aver controllato la perpendicolarità della squadra con il comparatore (fig. 3) si applica il pezzo da fresare procurando che appoggi anche alla base.

- c) *Sulla tavola:* la fig. 3 illustra l'appoggio del pezzo sui tasselli che dovranno in questo caso essere perfettamente paralleli ed eguali in altezza. Per il fissaggio sulla tavola occorrono sempre almeno due bulloni collocati alla massima distanza fra di loro.

## 4. Metodo di lavoro per la seconda faccia

- a) posizionare l'attrezzo sulla tavola ed il pezzo sull'attrezzo come indicato nel punto 3;
- b) scegliere il tipo di fresa adatto e montarlo correttamente (F.P. 010F);
- c) determinare le condizioni di taglio;
- d) avvicinare il pezzo alla fresa, mettere in moto la macchina e sfiorare la superficie da fresare (F.P. 1F);
- e) allontanare il pezzo dalla fresa, sollevare la slitta verticale nel caso delle fig. 1-2-3, oppure spostare il carro trasversale (fig. 3 destra) per effettuare la passata di sgrossatura;
- f) controllare con la squadra di precisione la perpendicolarità delle superfici (fig. 4);
- g) correggere, se necessario, il posizionamento fino ad ottenere una squadratura perfetta;
- h) se il pezzo va ridotto a misura, definire l'entità delle passate necessarie, ed eseguirle aiutandosi con il tamburo graduato;

## 5. Metodo di lavoro per squadrature successive

Dopo la spianatura delle due prime facce, come indicato nel punto precedente:

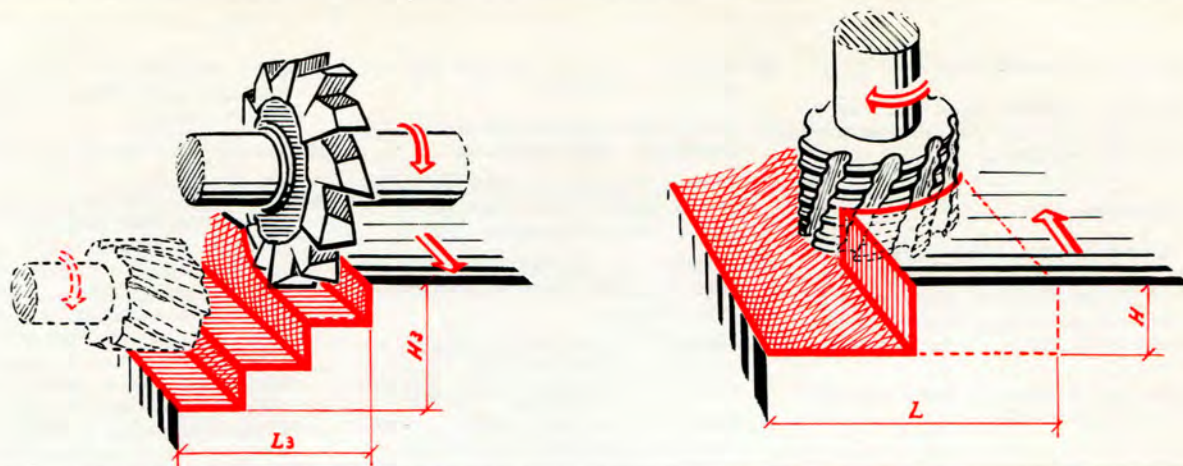
- i) appoggiare la prima faccia sulla mordacchia fissa della morsa e disporre la seconda perpendicolare al movimento della tavola e cioè alla faccia da eseguire mediante l'uso della squadra e comparatore (fig. 5);
- j) spianare la faccia n. 3;
- m) spianare successivamente le facce 4-5-6 posizionando il pezzo con uno dei seguenti mezzi:
  - morsa con squadra retta precisa (fig. 5) e comparatore;
  - due squadre diedro (fig. 6);
  - controllando l'allineamento della faccia laterale con la squadra di precisione appoggiata al montante della macchina (fig. 7-8) ed usando una fresa frontale fissata sull'albero principale (fig. 9).

**NOTA:** dovendo ottenere la squadratura rispetto a due facce contemporaneamente, occorre che la mordacchia fissa della morsa sia perfettamente perpendicolare (F.P. 07F). Disponendo di un piano magnetico si può eseguire la finitura delle facce 4-5-6 perfettamente parallele alle facce 1-2-3, senza particolari montaggi.

## 6. Avvertenze

- Dovendo correggere di piccole quantità la squadratura del pezzo, conviene battere sul pezzo con il martello d'acciaio, attraverso un punzone di bronzo.
- Con la prima faccia appoggiata sulla tavola si possono anche lavorare successivamente le facce 2 e 3.
- Per garantire maggiore sicurezza di fissaggio conviene fissare dei tasselli di fronte al pezzo che contrastino lo sforzo di taglio della fresa.



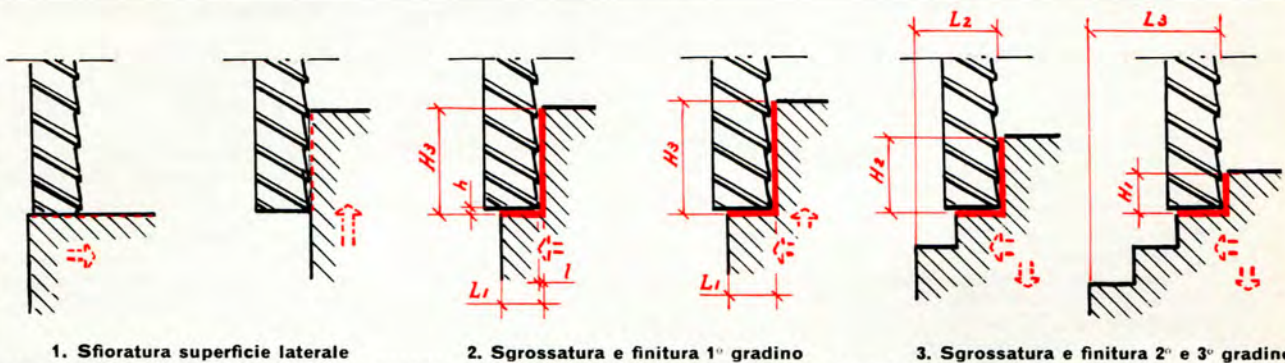


asse orizzontale

SPALLAMENTI

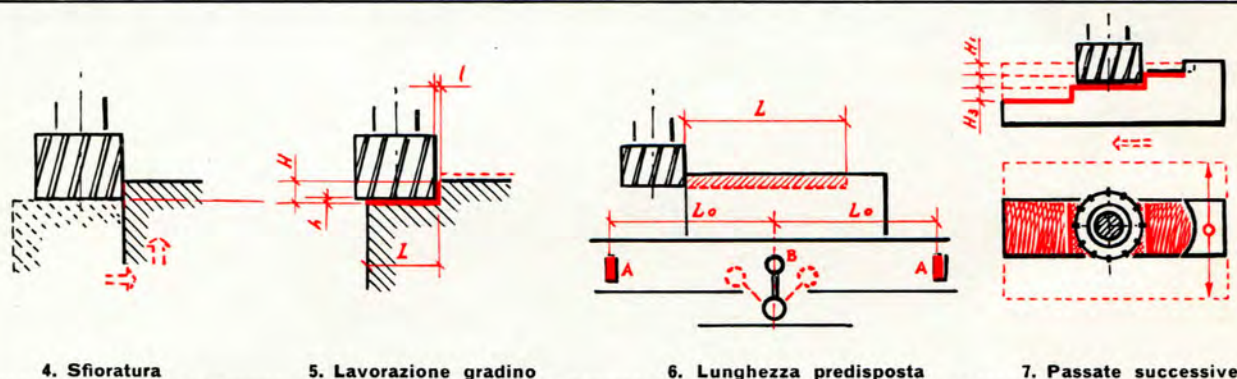
asse verticale

Con fresa a tre tagli



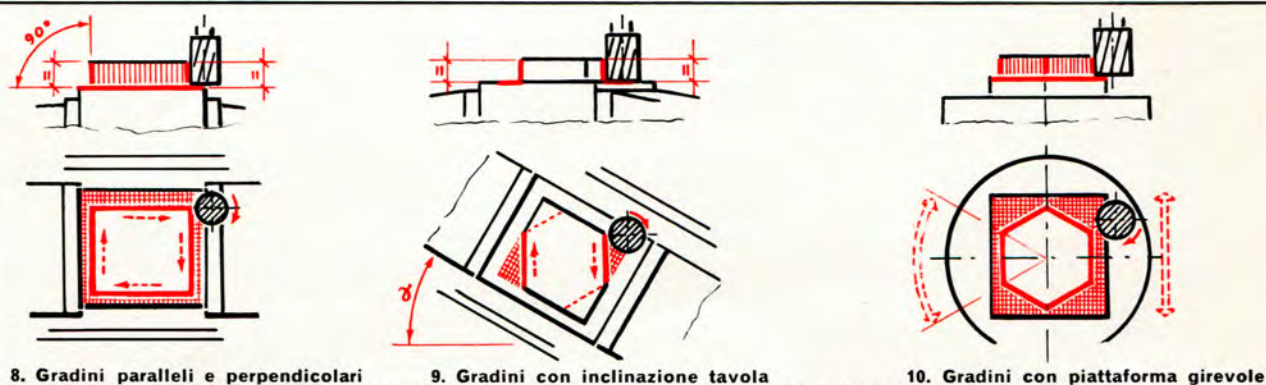
— Posizionamenti per ottenere gradini con frese ad asse orizzontale (due o tre tagli).

Con fresa frontale



— Impiego della fresa ad asse verticale per ottenere gradini diversi.

Con fresa frontale



— Operando successivamente con l'avanzamento longitudinale e trasversale in combinazione con l'inclinazione della tavola si possono ottenere gradini diversi disposti ad angoli vari.



## 1. Scopo dell'operazione

*Generare superfici piane, parallele e perpendicolari fra di loro ed a gradini con un solo montaggio.*

## 2. Attrezzature

*Utensili:* fresa a disco a tre tagli di spessore leggermente superiore alla larghezza del gradino e di diametro proporzionato al gradino più profondo. Fresa frontale di diametro e altezza adatta al lavoro.

*Strumenti di misura e mezzi ausiliari:* come nel F.P. 13-14F.

## 3. Particolarità dell'operazione

La fresa a tre tagli si può usare quando i gradini sono relativamente stretti, lavorando con il moto di alimentazione longitudinale.

Con la fresa frontale si ha il vantaggio di poter sfruttare i due movimenti della tavola (longitudinale e trasversale) il che consente di eseguire superfici o gradini perpendicolari fra di loro (fig. 8).

Ruotando poi la tavola o collocando la piattaforma girevole e lavorando con il moto trasversale si possono ottenere anche superfici e gradini inclinati fra di loro (fig. 9-10).

La caratteristica principale di questa operazione è quella di poter lavorare completamente un pezzo con un solo posizionamento, con eccezione della parte che è servita per il bloccaggio.

## 4. Metodo di lavoro

### A) Con fresa a disco a tre tagli:

- a) scegliere la fresa e montarla ben centrata sull'albero portafresa;

- b) fissare il pezzo in relazione alla sua forma e dimensioni;

- c) determinare le condizioni di taglio ed impostarle sulla macchina;

- d) sfiorare la parte superiore del pezzo con la periferia della fresa ed azzerare il tamburo verticale (fig. 1);

- e) eseguire lo spostamento verticale della quantità voluta e bloccare la slitta (fig. 1);

- f) sfiorare la parte perpendicolare del pezzo con il fianco della fresa ed azzerare il tamburo relativo (fig. 1);

- g) stabilire il numero delle passate necessarie (compresa quella di finitura) per asportare il gradino più profondo alla misura voluta;

- h) eseguire le passate di sgrossatura suddette, innestando l'avanzamento automatico poco prima che la fresa tocchi il pezzo (fig. 2);

- i) con leggero aumento di velocità e previo controllo delle misure eseguire la passata di finitura contemporaneamente su entrambe le facce (fig. 2).

**NOTA:** dovendo eseguire un secondo (o più gradini) si ripete il ciclo nello stesso ordine, prendendo come base il piano (o i piani) già effettuati (fig. 3).

### B) Con fresa frontale:

- l) impostare la lavorazione come in: a-b-c-d-e-f (fig. 4);

- m) stabilire il numero delle passate necessarie (compresa quella di finitura) per asportare il primo gradino alla misura voluta, notando che se la quota  $L$  (figura principale) fosse mag-

giore del diametro della fresa, si predispongono diverse passate alla stessa altezza;

- n) procedere come in: h-i (fig. 5).

**NOTA:** dovendo fresare più gradini con la fresa frontale conviene eseguire anzitutto il gradino meno profondo e più lungo, e successivamente tutti gli altri (fig. 6-7). In questo caso dopo avere effettuato il primo gradino conviene ritornare allo zero iniziale, ed avanzare la tavola (o il carro trasversale) successivamente alle diverse misure. Per ogni gradino si dovrà effettuare il relativo spostamento in altezza, sommando successivamente le diverse misure, dopo l'azzeramento iniziale (fig. 7).

## 5. Avvertenze

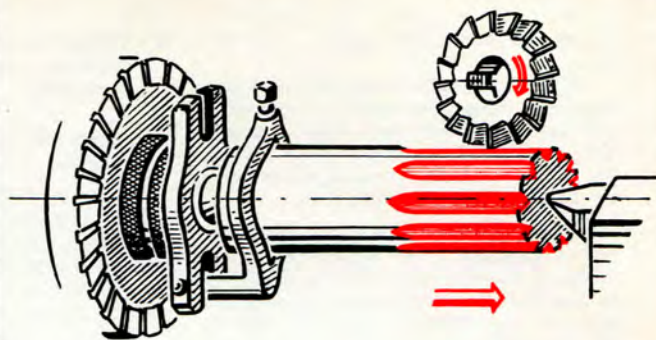
- Lavorando con fresa a disco, prima di iniziare le passate, conviene effettuare una corsa della slitta a fresa ferma, per assicurarsi che il pezzo e le staffe non urtino l'albero portafresa o il supporto d'estremità.

- In certi casi si può lavorare con fresa frontale, prescindendo dalla testa verticale, eseguendo l'operazione con la fresa collocata sul mandrino orizzontale della macchina (F.P. 14F).

- Nel caso B, se il gradino va eseguito su di un pezzo stretto e lungo, conviene effettuare le passate nel senso della lunghezza fino a pochi decimi dalla quota (fig. 6); giunti poi a fine corsa, si sposta trasversalmente il pezzo dopo di averlo posizionato esattamente alla distanza  $L$  (fig. 7).



« Il presente foglio pilota intende dimostrare che qualunque solido di rivoluzione può essere diviso in parti eguali, ognuna delle quali potrà assumere forme diverse secondo gli utensili impiegati, i movimenti dei pezzi e il loro orientamento ».



Forma dell'utensile		UNI 3905-D;	UNI 3407;	UNI 3901;	UNI 3914;	UNI 3807
Movimenti del pezzo	verticale 	1	2	3	4	4 bis
	Longitudinale 	5	6	7	8	
	Trasversale 	9	10		11	
Orientamenti del pezzo rispetto all'utensile		12	13	14	15	16
		17	18			19
Combinazione movimenti e orientamento		20	21	22	23	
SPS MECCANICI		OPERAZIONI EGUALI EQUIDISTANTI SU CORPI IN RIVOLUZIONE (GENERALITÀ)				
		16 <sub>F</sub>				



## 1. Scopo dell'operazione

Il presente foglio pilota intende dimostrare che qualunque solido di rivoluzione può essere diviso in parti eguali, ognuna delle quali potrà assumere forme diverse secondo gli utensili impiegati, i movimenti dei pezzi e il loro orientamento.

Effettivamente qualunque forma o profilo ripartito sulla superficie di un corpo di rivoluzione è ottenuta mediante la ripetizione di operazioni elementari eseguite con utensili adatti per mezzo del divisore.

Inoltre con un dato utensile si possono ottenere profili diversi semplicemente impostando diversamente i movimenti e l'orientamento del pezzo.

È ovvio poi che a parità di movimento e d'impostazione del pezzo i profili cambieranno variando la forma dell'utensile (A-B-C-D-E).

## 2. Attrezzature

**Utensili:** frese adatte al profilo da ottenere.

**Mezzi ausiliari:** divisore universale con mandrino autocentrante e eventuale contropunta. Serie di ruote per i movimenti elicoidali.

## 3. Forme e profili ottenuti con il divisore, applicando il principio generale

### A) Forme ottenibili cambiando solo l'utensile.

La forma dell'utensile (frese a disco a 3 tagli, sagomate, ad angolo, frontali, punte a forare, ecc.) incide naturalmente sul profilo del pezzo (fig. 1-2-3-4-4 bis). Si possono così ottenere profili caratteristici ed unificati come:

- Poligoni, maschi ed alesatori a denti rettilinei (F.P. 17F);
- Ruote dentate cilindriche (F.P. 18 F).
- Frese fresate a denti diritti e tagli per frese spogliate (F.P. 19 F).
- Alberi scanalati (F.P. 20F).
- Ruote per catena (F.P. 21 F).

### B) Forme ottenibili cambiando solo i movimenti del pezzo.

Con i tre movimenti ortogonali (longitudinale, verticale e trasversale) si possono ottenere con lo stesso utensile, svariate forme, come illustrano le figure: 1-5-9 oppure: 2-6-10 oppure: 3-7 oppure 4-8-11. Per ottenere le operazioni 9-10 si è disposta la fresa con l'asse parallelo a quello del pezzo.

### C) Forme ottenibili cambiando solo l'orientamento reciproco: fresa - pezzo:

Secondo l'orientamento (orizzontale, perpendicolare o inclinato) del pezzo rispetto all'utensile e il suo spostamento rispetto alla fresa (o alla punta da forare, i profili ottenuti possono ancora variare come nelle figure: 5-12-17 oppure: 13-18 oppure: 7-14 oppure: 16-19.

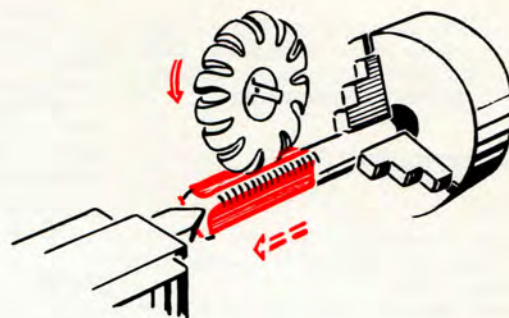
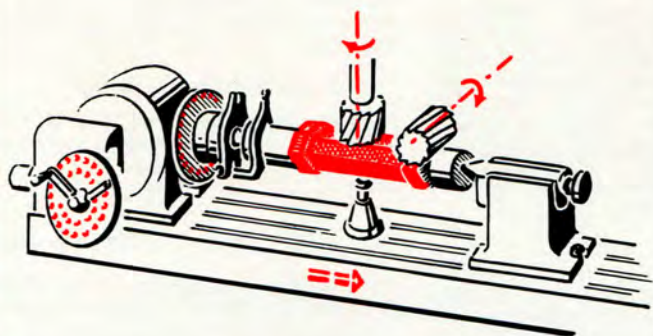
### D) Forme ottenibili combinando opportunamente l'orientamento ed i movimenti longitudinale e rotatorio del pezzo.

Da questa combinazione ne risulta un moto elicoidale (fig. 20-21-22-23) che permette di ottenere:

- Ruote dentate elicoidali (F.P. 25 F).
- Frese cilindriche ed alesatori a denti elicoidali (F.P. 26 F).
- Viti senza fine a uno o più principi (F.P. 27 F).
- Camme a disco, a tamburo, frontali (F.P. 28 F).

**NOTA:** conoscendo perfettamente tutte le possibilità del divisore universale, queste forme e profili si possono moltiplicare, rendendo possibile l'esecuzione dei più svariati lavori alla fresatrice universale.



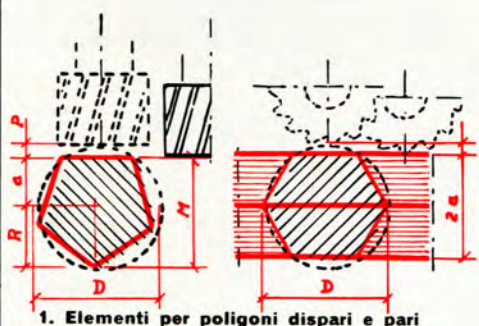


## POLIGONI

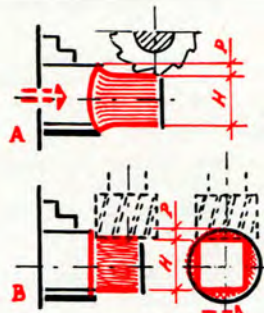
## MASCHI

## ALESATORI

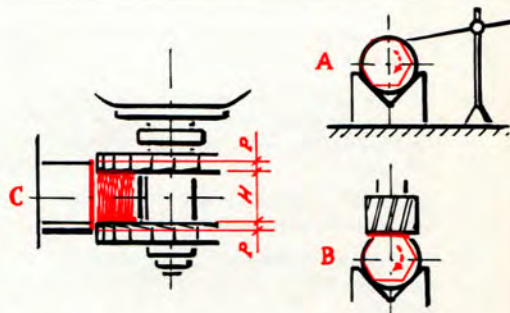
## Lavorazione di poligoni



1. Elementi per poligoni dispari e pari



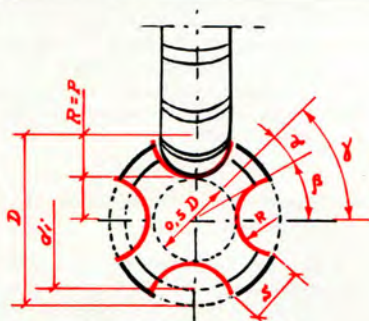
2. Fresatura longitudinale e trasversale



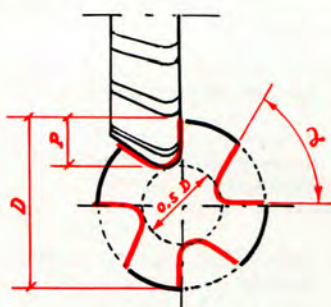
3. Fresatura senza divisore

— La scelta degli utensili e del metodo di lavoro per eseguire poligoni dipende: dal numero pari o dispari delle facce, dalla forma della radice curva o ad angolo, dalla lunghezza dei lati, ecc.

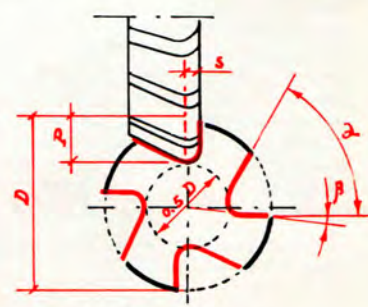
## Scanalature per maschi



4. Taglienti simmetrici



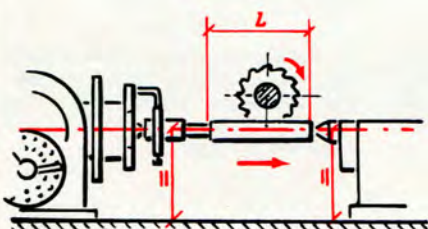
5. Spoglia nulla



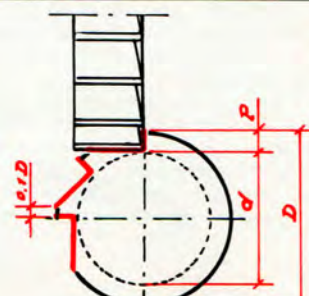
6. Spoglia positiva.

— La scelta della fresa e l'impostazione della medesima per eseguire maschi dipende: dalla forma dei taglienti; simmetrici, oppure con angolo di spoglia nulla o positiva.

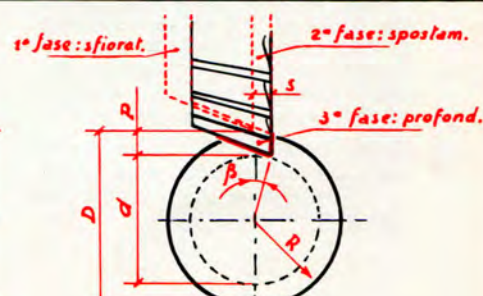
## Scanalature per alesatoi



7. Impostazione lavoro



8. Spoglia nulla



9. Spoglia positiva

— La scelta della fresa e l'impostazione della medesima per eseguire alesatori dipende: dall'angolo di scarico, da quello di spoglia anteriore e dalla conicità dell'alesatoio.



## 1. Scopo dell'operazione

Eseguire superfici e scanalature eguali equidistanti su di un cilindro, con frese a posizioni adatte, per costruire: poligoni, maschi, alesatori a denti dritti.

## 2. Attrezzature

### Utensili:

frese frontali ed a tre tagli;  
fresa semicircolare convessa del raggio voluto;  
fresa speciale per alesatori a denti rettilinei.

### Mezzi ausiliari:

divisore universale; mandrino autocentrante; eventuali spine coniche e contropunta.

## 3. Operazioni preliminari per la fresatura di poligoni

- Allineare l'asse del divisore nei due piani (orizzontale e longitudinale) ed eventualmente con la contropunta (FP. 09F);
- verificare il diametro del cilindro da trasformare e montarlo sul divisore;
- controllare la centratura con il comparatore (se il pezzo è chiuso di sbalzo);
- bloccare la fresa sul rispettivo albero;
- determinare le caratteristiche di taglio sulla macchina;
- sfiurare il cilindro con la fresa ed azzerare il tamburo;
- allontanare il pezzo dalla fresa ed alzare la tavola di una quantità  $p$ , in relazione al raggio del cilindro  $R$  ed al numero dei lati del poligono (con qualche decimo di sicurezza) secondo la tabellina seguente:  
triangolo equilatero:  $p = 0,5 R$   
quadrato:  $p = 0,293 R$   
Pentagono:  $p = 0,191 R$   
Esagono:  $p = 0,134 R$   
ottagono:  $p = 0,076 R$
- bloccare le slitte verticale e trasversale.

## 4. Metodo di lavoro

### A) Poligoni a lati dispari:

- fresare la prima faccia con l'avanzamento conveniente per questo e sfiurare la circonferenza effettuare la misura:  $M = A + R$ , e cioè:  $D - p$  (fig. 1, dove  $D$  è il diametro teorico). Qualora il diametro non fosse esatto occorre tenerne conto nella profondità di passata  $p$  e perciò controllare l'esattezza della quota:  $R + A$ .
- fresare tutte le facce ruotando la manovella del divisore di un valore corrispondente al numero dei lati (F.P. 09F).

### B) Poligoni a lati pari:

Si può procedere come nel caso A). Per ottenere però maggior precisione dopo avere fresato la prima faccia lavorare la faccia opposta ruotando il pezzo di  $180^\circ$  (20 giri di manovella) effettuando così la misura  $2A$  (fig. 1); l'eventuale errore di misura per eccesso diviso per 2 corrisponde alla correzione da compiere.

n) lavorare successivamente tutte le facce: come in I.

### NOTE:

- Per lavorazione in serie di poligoni a lati pari si possono posizionare due frese di egual diametro lavorando contemporaneamente due facce (fig. 2C). In tal caso occorre disporre fra le due frese un anello dello spessore conveniente affinché la distanza interna tra i denti delle due frese sia quella richiesta.
- Con due frese si possono lavorare anche i pezzi collocati verticalmente su mandrino autocentrante o sulla tavola girevole.
- Dovendo fresare una porzione esagona all'estremità di un cilindro e non potendo, per qualsiasi motivo montare il pezzo sul divisore (o sulla tavola girevole) si può fissare il cilindro da fresare convenientemente tracciato sulla testata, sopra due blocchi a « V » allineando successivamente i lati con il graffietto (fig. 3).
- Volendo ottenere la radice del poligono piana e perpendicolare alle facce, sfruttando il moto trasversale, si possono usare indifferentemente delle frese frontali (fig. 2) oppure a tre tagli (fig. 3) montate su testa verticale.
- Con due frese eguali montate sul comune albero portafrese orizzontale si possono fresare poligoni a lati pari e con radice piana, utilizzando il movimento verticale dall'alto in basso.

## 4. Esecuzione delle scanalature nei maschi

**AVVERTENZA:** Per la costruzione di maschi ed alesatori, ecc. in grande serie, si richiedono: calcoli, esperienza, attrezzature ed utensili speciali.

Si danno qui brevi norme per risolvere casi di fortuna per esempio quando non si trovasse la misura voluta nel commercio, oppure si dovessero eseguire come esercitazioni didattiche.

Le scanalature per lo scarico dei trucioli nei maschi ordinari si possono eseguire con fresa a profilo semicircolare convesso, con raggio  $R$ , che entra nel cilindro radicalmente (fig. 4), nel qual caso i taglienti risultano simmetrici;

oppure con fresa speciale sagomata posizionata fuori centro (disassata) che permette di ottenere spoglie diverse adatte ai diversi materiali da lavorare (fig. 5-6).

### Calcoli per taglienti simmetrici:

Per calcolare il raggio  $R$  della fresa adatta si usano le formule seguenti:

$$S = \frac{di}{4}; \quad \gamma = \frac{180^\circ}{n};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{di}; \quad \beta = \gamma - \alpha; \quad R = \frac{di}{2} \operatorname{tg} \beta$$

nelle quali le lettere hanno il significato indicato nella fig. 4;  $n$  significa il numero dei taglienti;  $di$  il diametro interno del filetto ricavato dalle tabelle.

**NOTA:** la profondità di passata è eguale al raggio della fresa.

**Esempio:** calcolare il raggio della fresa adatta per scanalare un maschio di 20MA con 4 taglienti ( $di = 16,5$ ).

### Soluzione:

$$S = \frac{20 \text{ mm}}{4} = 5 \text{ mm}; \quad \gamma = \frac{180^\circ}{4} = 45^\circ;$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{5}{16,5} = 0,303;$$

$$\alpha = 16^\circ 50'; \quad \beta = 45^\circ - 16^\circ 50' = 28^\circ 10';$$

$$\operatorname{tg} 28^\circ 10' = 0,535;$$

$$R = \frac{16,5 \text{ mm}}{2} \times 0,535 = 4,42 \text{ mm}.$$

**Risposta:** arrotondando, il raggio della fresa sarebbe di mm 4,5 (spessore = 9 mm) e così pure la profondità della stessa nel cilindro.

**NOTA:** la fresatura delle scanalature nei maschi aventi un angolo di spoglia prestabilito dipende da molti fattori: diametro del maschio, numero dei taglienti, angolo e raggio di curvatura della fresa, per cui in caso di bisogno occorre consultare manuali specializzati.

## 5. Esecuzione di alesatori a denti rettilinei

Si possono eseguire le scanalature per alesatori a denti dritti con una fresa a due tagli (fig. 8) che produce i fianchi rettilinei lasciando un arco di affilatura di mm 0,5—1,5 (0,1  $D$ ) che dopo la tempera di affila con un angolo di  $5^\circ$ .

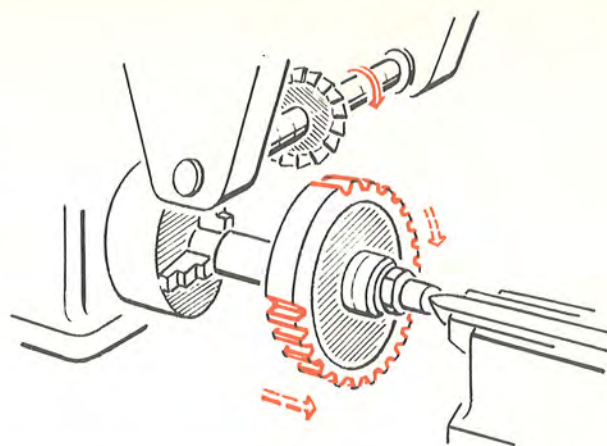
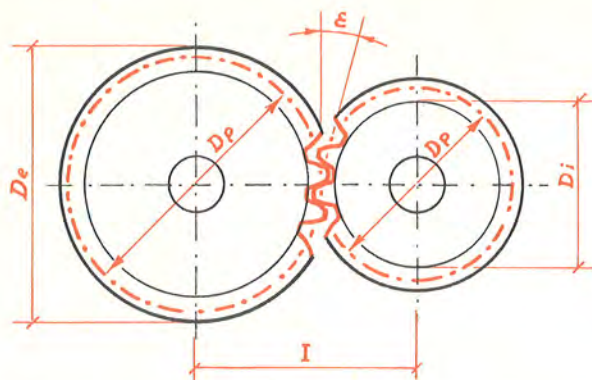
Affinché il fronte del dente possa avere una leggera spoglia frontale (fig. 9) occorre spostare l'asse dell'alesatoio dal piano della fresa.

Questo disassamento ( $s$ ) dipende dall'angolo ( $\beta$ ) di spoglia e dal raggio del pezzo, ed il suo valore in mm si ottiene con la formula:

$$S = R \cdot \sin \beta.$$

Esistono poi delle serie di frese speciali che profilano il dorso dei denti con una forma più robusta e danno al vano una maggior capacità nella formazione dei trucioli.



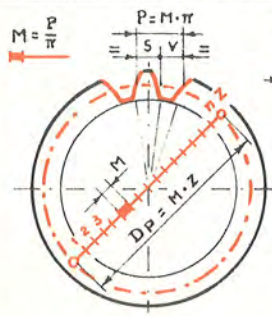


elementi

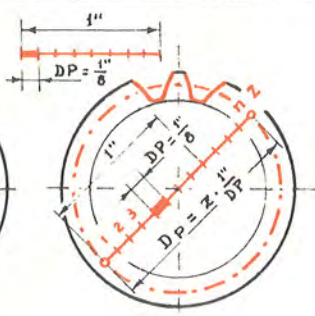
RUOTE DENTATE

denti dritti

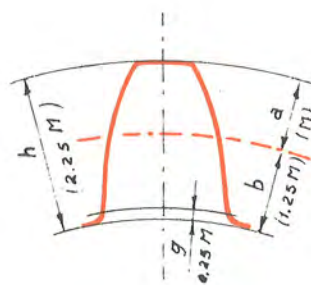
Elementi fondamentali



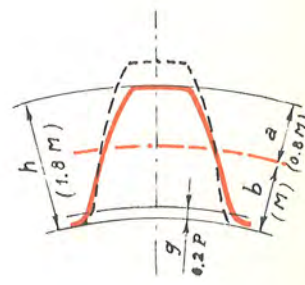
1. Modulo e passo



2. Diametral Pitch (DP)



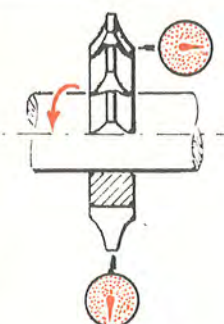
3. Dente normale



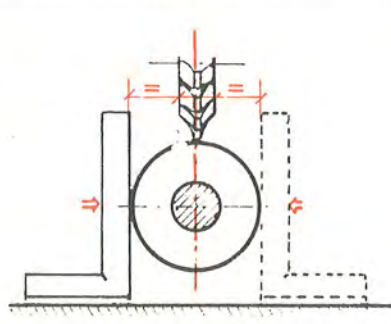
4. Dente ribassato

— Dimostrazione grafica relativa agli elementi caratteristici delle ruote dentate e comparazione fra il sistema modulare ed americano (diametral pitch) per dentatura normale e ribassata.

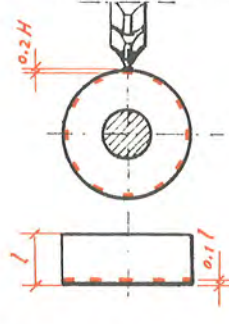
Posizionamento ed esecuzione



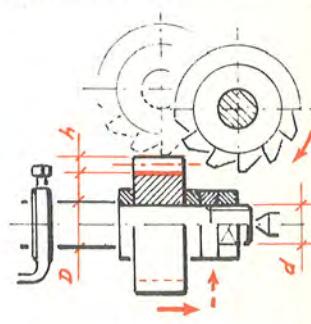
5. Centatura fresa



6. Posizionamento: fresa-pezzo



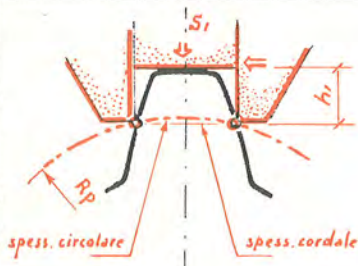
7. Prova divisione



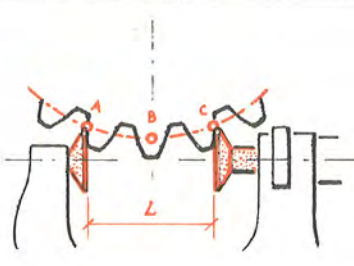
8. Sforatura e profondità

— Condizioni essenziali per la perfetta esecuzione delle ruote dentate sono: scelta appropriata della fresa, centramento assiale e radiale di questa e della ruota, esattezza nella divisione e nella profondità di passata.

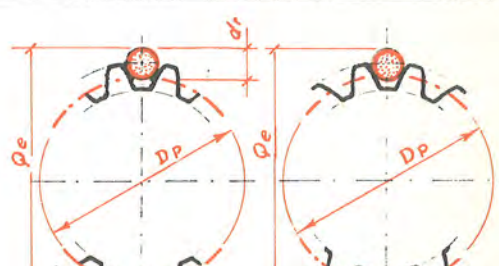
Controllo dei denti



9. Con calibro doppio-corsoio



10. Con micrometro a piattelli



11. Con micrometro e rullini

— Per il controllo delle dentature si ricorre a metodi diversi secondo l'importanza delle ruote e degli strumenti a disposizione.



## 1. Scopo dell'operazione

Eseguire scanalature eguali, equidistanti, sagomate ad evolvente di cerchio con fresa di forma corrispondenti (a profilo costante) per ottenere ruote dentate cilindriche a denti dritti.

## 2. Attrezzature

**Utensili:** fresa corrispondente al modulo ed al numero dei denti della ruota da fresare;

**Strumenti di misura:** calibro a doppio corsoio, micrometro con piattelli speciali per il controllo del passo, comparatore.

**Mezzi ausiliari:** mandrini o spine coniche della misura voluta, mandrino con battuta laterale e dado di chiusura.

## 3. Elementi fondamentali delle ruote dentate

I principali sono:

**Modulo:** è quella grandezza lineare in mm che sommata tante volte quanti sono i denti della ruota, dà il diametro primitivo.

**Diametro primitivo:** è quello della circonferenza dove avviene la tangenza teorica dei denti.

**Passo:** è la distanza da centro a centro di due denti consecutivi, misurato sulla circonferenza primitiva.

**Altezza dente:** è formata dalla base  $b$  e dalla sommità  $a$  (fig. 3).

$$M = \frac{DP}{z}$$

## 4. Sistemi di dentature

Se non vi sono indicazioni speciali, gli utensili da taglio (fresa a modulo) hanno l'angolo di pressione di  $20^\circ$ , con altezza del dente di  $2,25 M$  (sistema modulare UNI 3521;  $2 M + \text{gioco} = 2 M + 0,25 M$ ; fig. 3).

È però ancora molto diffuso il profilo a  $15^\circ$ , con altezza del dente di  $2,16 M$  ( $2 M + \text{gioco} = 2 M + 0,16 M$ ).

Si usa pure il sistema *Stub Metrico* a dentatura ribassata, in cui l'altezza del dente è ridotta a:  $1,8 M$  (vedi punto 5).

## 5. Calcolo delle dimensioni nei sistemi normale e ribassato

**Chiamando:**  $D_p$  = diametro primitivo;  $D_e$  = diametro esterno;  $D_i$  = diametro interno;  $M$  = modulo;  $h$  = altezza del dente;  $g$  = gioco;  $P$  = passo circolare  $S$  = spessore del dente;  $I$  = interasse;  $a$  = sommità del dente;  $b$  = bassofondo del dente;  $Z$  = numero dei denti.

## 6. Particolarità dell'operazione

Il taglio delle ruote dentate si eseguisce oggi su macchine che lavorano per inviluppo sfruttando sistemi diversi (creatore, coltelli circolari, coltelli rettilinei, ecc.).

L'uso della fresa a modulo per il taglio di un dente per volta è ormai considerato un metodo antieconomico e antiquato.

Tuttavia, ove non si dispone di macchine speciali, si tagliano ancora delle ruote dentate con la fresatrice universale.

Teoricamente il profilo del dente varia (per il medesimo modulo) da un numero di denti all'altro, e ciò richiederebbe una fresa con profilo adatto per ogni ruota.

Si è convenuto di adottare una serie di 8 frese per ogni modulo fino al modulo 9, e 14 frese per i moduli superiori.

Per il sistema *Modulare* la numerazione delle frese cresce (fino al modulo 9) (da 1 a 8) con quello dei denti da fresare; con quello dei denti da fresare e cioè: 12-13; 14-16; 17-20; 21-25; 26-34; 35-54; 55-134; 135-dentiera.

**7. Metodo di lavoro** (norme pratiche per il taglio di ruote cilindriche).

- scegliere la fresa adatta e montarla ben centrata sul rispettivo albero, con il sopporto più avvicinato possibile (fig. 5);
- mettere a punto il divisore (circonferenza di fori; spazi da passare, allineamento ponte, ecc. F.P. 09F);
- montare il disco da dentare su apposita spina e fissare ad essa la brida con il codolo ben allineato;
- collocare la spina fra le punte del divisore con discreta pressione della contropunta e vincolare la brida senza deformarla;
- centrare il disco in relazione con la mezzaria della fresa (fig. 6);
- determinare i fattori di taglio adatti alla fresa di profilo costante;
- eseguire la prova pratica della divisione, intaccando leggermente il disco da dentare ogni 5 divisioni (specie se la ruota è di materiale di valore), assicurandosi che eseguita l'ultima divisione, la fresa entri esattamente nella prima tacca fresata (fig. 7);
- sfiorare la circonferenza esterna del disco con la fresa (fig. 9);
- alzare la tavola di una quantità eguale all'altezza del dente (meno qualche decimo di mm per la sicurezza), bloccare le slitte verticale e trasversale, ed eseguire il primo vano;
- effettuare la divisione e procedere al taglio del secondo vano;
- eseguire il controllo con il calibro a doppio corsoio (fig. 9);

- eseguire le eventuali correzioni e procedere al taglio di tutti i vani;
- effettuare il controllo definitivo delle dimensioni mediante il micrometro a piattello (fig. 10) oppure con il micrometro ed i rullini calibrati (fig. 11).

**NOTA:** se il modulo delle ruote da fresare è relativamente grande è bene eseguire i denti in due passate con il rinforzo delle bretelle. Inoltre quando si eseguisce la divisione occorre allentare leggermente la contropunta, procurando però di riaccostarla con la stessa intensità (servendosi di opportuni segni).

## 8. Controllo delle ruote dentate

- per lo spessore e l'altezza del dente si effettua il controllo con il calibro a doppio corsoio (fig. 9).

Lo spessore del dente è teoricamente la metà del passo ( $S = \frac{P}{2}$ ). Lo strumento però misura la corda sottesa all'arco la cui misura si ottiene con la formula:

$$S_1 = M \left( Z \sin \frac{90^\circ}{Z} \right) = D_p \cdot \sin \frac{90^\circ}{Z}$$

Un controllo più preciso si può eseguire;

- con micrometro a piattelli speciali (fig. 10).

La dimensione da controllare dipende dal numero dei vani interposti, dall'angolo di pressione, dal numero dei denti della ruota e si trova nell'apposita tabella del F.P. 016 F;

- Con i rullini calibrati (fig. 12). È un metodo simile a quello usato per il controllo delle filettature di precisione. Si presentano due casi e cioè:

I) ruote con numero di denti pari che si misurano con due rullini (fig. 11a)

II) ruote con numero di denti dispari che si misurano con tre rullini (fig. 11b). Per il calcolo della quota totale ( $Q_e$ ) chiamando:

$\alpha$  = angolo di pressione ( $14^\circ 30' - 20^\circ$ , ecc.);

$$\beta = \text{angolo} = \frac{90^\circ}{Z}$$

$$d_r = \text{diametro rullo}; d_r = \frac{D_p \cdot \sin \beta}{\cos(\alpha + \beta)}$$

Per il I caso si ha:

$$Q_e = \frac{D_p \cdot \cos \alpha}{\cos(\alpha + \beta)} + d_r$$

$$\text{Per il II caso: } Q_e = \frac{D_p}{2}$$

$$\left[ \frac{\cos \alpha (1 + \cos 2\beta)}{\cos(\alpha + \beta)} \right] + d_r$$

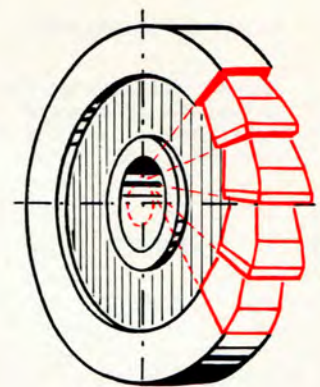
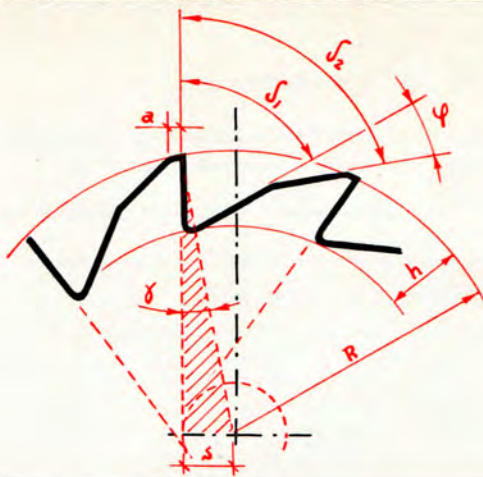
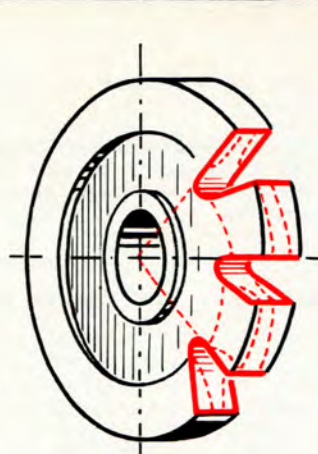
**NOTA:** questo ottimo sistema di misurazione può dar luogo ad errori per ruote ottenute con frese a profilo costante.

## 9. Avvertenze

- È assai importante ottenere un buon centraggio periferico e laterale della fresa e del disco (fig. 6); affinché lavorino tutti i denti della fresa e perché la ruota risulti di ingranamento regolare e silenzioso.
- La collocazione dei tasselli per l'arresto a fine corsa dev'essere accurato, una corsa eccessiva può ritardare assai il lavoro.
- Stabilire l'avanzamento in funzione della rigidità dell'appostamento della ruota sul mandrino e del profilo della fresa.
- Per il taglio di ruote in serie, si può applicare sulla fresatrice un *divisore rotativo* che permette di tagliare le ruote con il sistema di inviluppo, e cioè con il creatore (F.P. 31F).

$D_p = M \cdot Z = D_e - 2M$	$D_e = D_p + 2M = M \cdot (Z + 2) = D_i + 2h$		
$D_i = D_p - 2,32M = D_e - 2h$ * = $D_p - 2,5 M$	$M = \frac{D_p}{Z} = \frac{h}{2,16} = \frac{D_e}{Z + 2}$		
$h = 2,16M = M + 1,16M$ * = $2,25M = M + 1,25M$	$g = 0,16M$ * = $0,25M$	$P = 3,14M$	$S = \frac{P}{2} = 1,57M$
<b>NOTA:</b> * corrisponde al Sistema UNI 3521 Per il Sistema <i>Stub</i> ribassato (fig. 4) si ha: $a = 0,8M$ ; $b = 1M$ ; $g = 0,2M$ ; $h = 1,8M$			



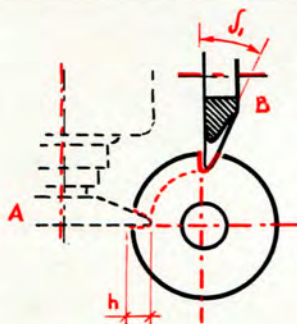


Spogliate

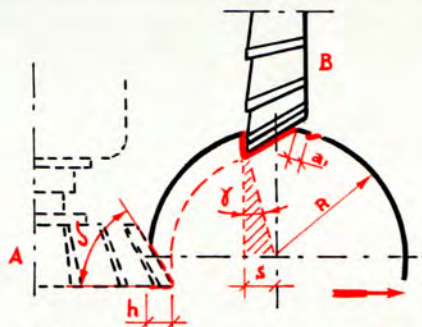
FRESE

a denti fresati

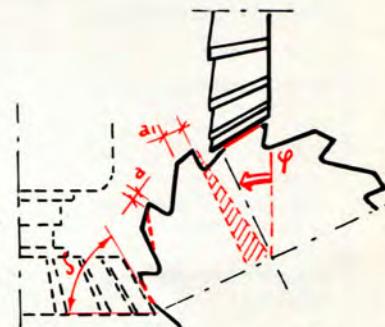
Dentatura della fresa



1. Vano radiale



2. Vano con spoglia frontale

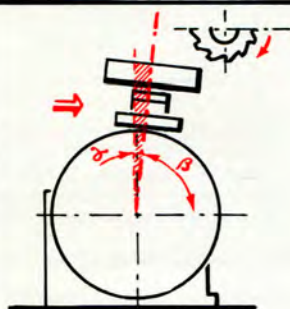


3. Esecuzione spoglia dorsale

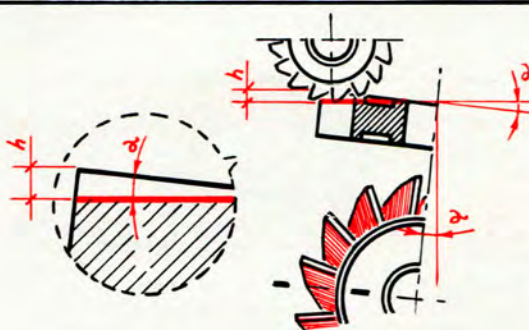
— Impostazione del pezzo rispetto alla fresa piano-conica nelle successive fasi lavorative per l'esecuzione dei denti periferici.

Esecuzione della spoglia sui fianchi

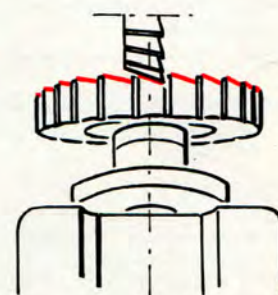
Con fresatrice orizzontale



4. Inclinazione divisore



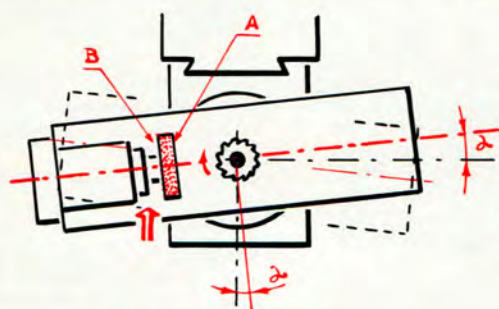
5. Esecuzione spoglia laterale



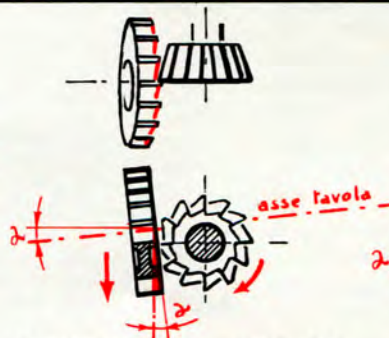
5. Idem vista di profilo

— Impostazione del pezzo rispetto alla fresa piano-conica per il taglio dei denti frontali con il metodo della fresa ad asse orizzontale (inclinazione del divisore).

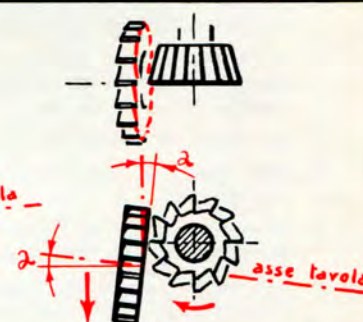
Con testa verticale



7. Inclinazione della tavola



8. Esecuzione spoglia destra (A)



9. Esecuzione spoglia sinistra (B)

— Impostazione del pezzo rispetto alla fresa piano-conica per il taglio dei denti frontali con il metodo della fresa ad asse verticale (inclinazione tavola).



## 1. Scopo dell'operazione

Eseguire scanalature eguali-equidistanti su superfici cilindriche e piane con frese appropriate per costruire frese a tre tagli con denti diritti.

## 2. Attrezzature

Utensili: frese ad angolo per scanalature dritte con angoli appropriati.

Mezzi ausiliari: divisore, mandrini o na-

selli per il fissaggio del pezzo da lavorare.

## 3. Calcolo degli elementi fondamentali per il taglio di una fresa a denti acuti con o senza spoglia anteriore

Elemento	Simbolo	Formule	Esempio	Osservazioni
Numero di denti per fresare acciaio, ghisa, bronzo.	$Z$	$Z = K \sqrt{D}$	$Z = 6,5 \sqrt{80} = 12,5$	$K = 1,2$ fino a $D=50$ $K = 1,4$ oltre a $D=50$
Numero di denti per fresare alluminio	$Z$	$Z = K \sqrt{D}$	$Z = 0,65 \sqrt{110} = 6,8$	$K = 0,65$
Passo periferico	$P$	$P = \frac{\pi \cdot D}{Z}$	$P = \frac{3,14 \cdot 80}{20} = 12,56$	$Z = 20$
Profondità di passata	$h$	$h = 0,5 P$	Si regola in opera in modo da ottenere un arco di affilatura conveniente	
Angolo fresa tagliente	$\delta$	$\delta = \frac{360^\circ}{Z} + 45^\circ$	$\delta = \frac{360^\circ}{20} + 45^\circ = 63^\circ$	$\delta = 65^\circ$ (normale)
Angolo spoglia anteriore	$\gamma$		$\gamma = 5^\circ$	da $5^\circ$ a $15^\circ$
Ang. fresa tagliente per spoglia anteriore	$\delta_1$	$\delta_1 = \frac{360^\circ}{Z} + (45^\circ - \gamma)$	$\delta_1 = \frac{360^\circ}{20} + 45^\circ - 5^\circ = 58^\circ$	$\delta_1 = 60^\circ$ (normale)
Spostamento per spoglia anteriore	$S$	$S = R \cdot \sin \gamma$	$S = 40 \cdot 0,087 = 3,48$	$D = 80$ mm
Angolo dorso con l'asse del pezzo	$\delta_2$	$\delta_2 = 75^\circ - 85^\circ$	$\delta_2 = 75^\circ$	
Rotazione angolare per il dorso	$\varphi$	$\varphi = \delta_2 - \delta$ (fig. 3) $\varphi = \delta_2 - \delta_1$	$\varphi = 75^\circ - 65^\circ = 10^\circ$ $\varphi = 75^\circ - 60^\circ = 15^\circ$	
Rotaz. divis. o tavola per tagli frontali	$\alpha$	$\cos \alpha = \operatorname{tg} \frac{360^\circ}{Z} \cdot \cot \delta_2$	$\cos \alpha = 0,325 \cdot 0,267 = 0,087$ ; $\alpha = 85^\circ$	$\delta_2 = 75^\circ$

Note alla tabella (1): si è arrotondato l'angolo per poter usare una fresa normalizzata.

In genere si ha:

angolo fresa tagliente  $80^\circ$   $75^\circ$   $70^\circ$   $65^\circ$   $60^\circ$   
fresa da tagliare  $10^\circ$   $20^\circ$   $30^\circ$   $60^\circ$  oltre  
(2°) Si dovrà inclinare il divisore (fig. 7) o la tavola (fig. 9) di  $5^\circ$  verso un lato per la prima faccia (A) e dal lato opposto per la seconda (B).

## 4. Metodo di lavoro

### A) Per frese tangenziali

- scegliere la fresa tronco-conica dell'angolo richiesto ( ) e montarla ben centrata sull'albero portafresa;
- sistemare il disco (da convertire in fresa) conveniente fissato su apposito nasello, tra le punte del divisore;
- preparare la divisione necessaria;
- predisporre le condizioni di taglio convenienti;
- centrare il disco da tagliare con la faccia piana della fresa (fig. 1);
- avvicinare il pezzo allo spigolo dell'utensile fino a sfiorarlo;
- spostare la tavola ed eseguire un piccolo intaglio (fig. 2), che indicherà dove si inizia il dente;
- eseguire una divisione circolare sul divisore ed eseguire altro piccolo intaglio;
- alzare la slitta verticale di un valore inferiore alla profondità di passata ed eseguire un vano;

l) verificare il valore della parte circolare, tenendo conto della seconda passata sul dorso e dell'arco di affilatura (fig. 2).

m) effettuare le opportune correzioni e procedere al taglio di tutti i vani.

NOTA: la fig. 1 rappresenta il taglio dei denti di una fresa a profilo costante che dovrà poi essere spogliata al tornio (fig. principale sinistra).

### B) Per frese con angolo di spoglia anteriore

- procedere in tutto come da a fino a e;
- spostare il disco dalla mezzzeria di un valore eguale ad  $S$  (fig. 2);
- procedere come in da f fino a m.

### C) Esecuzione del secondo taglio sul dorso (di $75^\circ - 80^\circ$ sull'asse).

Si può usare la stessa fresa impiegata per il primo taglio (ad angolo) ruotando il divisore dell'angolo (fig. 3). Oppure (quando vi fosse una sola fresa da eseguire) si può sostituire la fresa con quella che servirà subito dopo per effettuare i tagli sui fianchi (fig. 6) facendo eventualmente la differenza degli angoli.

Esempio: volendo utilizzare una fresa di  $\alpha = 85^\circ$  nel caso considerato nella tabella degli elementi si ha:  
 $85^\circ - 75^\circ = 10^\circ$  da girare in senso orario per portare il secondo taglio sul dorso, allineato con il piano di taglio della fresa (fig. 3).

NOTA: per la profondità di passata si tiene conto praticamente dell'arco di affilatura (mm 0,5 — 1,5) in relazione al ( $\varnothing$  della fresa).

Dovendo fresare più dischi di  $\varnothing$  eguale, si monteranno sul medesimo mandrino, curando la centratura e la quadratura; ciò ridurrà il tempo passivo di entrata e uscita della fresa.

### D) Esecuzione dei denti sui fianchi

- fissare il disco (già dentato sulla periferia) ben centrato di sbalzo sul divisore (fig. 4-7);
- bloccare sull'albero portafresa la fresa dell'angolo conveniente;
- far ruotare il divisore o la tavola dell'angolo (fig. 4-7);
- centrare la fresa come in e; spostare la tavola ed eseguire uno o più denti iniziando con profondità di passata notevolmente minore del previsto (fig. 8);
- controllare che il quadretto di affilatura sia sufficiente e parallelo ed in caso contrario effettuare le correzioni opportune;
- effettuare il taglio di tutti i vani da un lato della fresa con avanzamento dall'esterno verso l'interno (fig. 8);
- capovolgere la fresa da eseguire sul nasello ed inclinare la tavola dello stesso angolo dal lato opposto;
- fresare i denti dal lato opposto, con avanzamento dall'interno verso l'esterno (fig. 9).

## 5. Avvertenze

- Come si osserva nelle figure: 1-2-3 (parte tratteggiata) il taglio dei denti si può anche realizzare con fresa disposta con l'asse verticale.







## 1. Scopo dell'operazione

Eseguire scanalature eguali, equidistanti su di un cilindro mediante il divisore, con frese appropriate ai vari tipi di alberi scanalati.

## 2. Attrezzature

**Utensili:** fresa speciale sagomata secondo il tipo di albero (fig. 1-2). Coppie di frese a tre tagli di egual diametro (fig. 6).

**Mezzi di controllo:** calibro a corsoio; micrometro; calibro speciale ad anello

## 3. Generalità sugli alberi scanalati

Gli accoppiamenti a profili scanalati permettono fra il mozzo e l'albero:

- un buon centraggio (molto migliore che con chiavette);
- facilità di montaggio e smontaggio;
- possibilità di scorrimento del mozzo sull'albero.

In relazione alla superficie d'appoggio (numero di scanalature a parità di diametro) la U.N.I. contempla quattro tipi di alberi scanalati e cioè:

A) Appoggio stretto - Centraggio esterno UNI 220;  $\varnothing$  11-112; Z = 4-6-8-10.

B) Appoggio medio - Centraggio interno UNI 221;  $\varnothing$  11-112; Z = 6-8-10.

C) Appoggio medio - Centraggio sui fianchi UNI 222;  $\varnothing$  11-112; Z = 6-8-10.

D) Appoggio ampio - Centraggio sui fianchi UNI 223;  $\varnothing$  16-112; Z = 10-16-20.

Negli alberi scanalati i fianchi sono rettilinei e paralleli e la sommità dei denti è smussata a 45° (fig. principale).

Per quelli a centraggio interno i fianchi si prolungano verso il centro dell'albero al disotto della circonferenza interna e si raccordano ad essa con uno smusso a 60° (fig. principale).

Il centraggio interno è più diffuso per la relativa facilità di rettificare il diametro interno dell'albero ed il diametro interno corrispondente del mozzo brocciato.

Il centraggio sui fianchi comporta maggiore difficoltà nella rettifica ed è quindi più costoso.

Vi sono poi degli alberi scanalati di forma speciale, usati nell'industria in casi particolari, come i tipi: UNI 1264-1265; Stub; Whitworth; Kerb; ecc. (fig. 9-10-11).

## 4. Metodo di lavoro

- osservare bene il disegno per stabilire il tipo di scanalature da eseguire;
- sistemare il divisore e la contropunta sulla tavola controllandone: l'allineamento, il parallelismo e la centratura delle punte (F.P. 09F);
- montare fra le punte l'albero da scanalare e predisporre la divisione necessaria;
- scegliere la fresa in relazione al tipo di scanalatura, al diametro ed al numero di denti; bloccarla ben centrata sull'albero ed allinearla all'asse del pezzo (fig. 2).
- predisporre le condizioni di taglio, tenendo conto del profilo sagomato della fresa;
- avvicinare il pezzo alla fresa in modo che questa sfiori la superficie dell'albero con la sua parte centrale (fig. 3 particolare);
- alzare la tavola di un valore eguale:
$$h = \frac{D-d}{2} \quad (\text{fig. 3}).$$
- eseguire il primo vano per una lunghezza tale che l'asse della fresa superi di alcuni millimetri (l, fig. 4) il piano d'estremità dell'albero.
- eseguire un secondo vano della stessa lunghezza ruotando il divisore di  $\frac{360}{Z}^\circ$ ;
- controllare con il micrometro lo spessore dell'aletta e se è necessario correggere la profondità;
- tagliare tutti gli altri vani nelle stesse condizioni;
- controllare con il calibro ad anello (fig. 5);
- effettuare le eventuali correzioni su tutti i vani fino a che il calibro ad anello entri esattamente;
- bloccare la slitta verticale e tagliare i vani alla lunghezza richiesta dal disegno (L, fig. 4).

**NOTA:** Per alberi che verranno induriti: seguire in tutto il Metodo di lavoro indicato sopra, lasciando il dovuto soprametello per la rettifica; misurare il diametro interno e le alette con il micrometro.

— Alberi scanalati di forma speciale

Tipo UNI (non ancora unificato) il pro-

filo è trapezoidale con leggero raggio di arrotondamento al vertice ( $r = 0,1$ ). Si può dentare con una sola fresa.

**Tipo Stub:** ha la forma dei denti delle ruote dentate con angolo di pressione di 30° (fig. 8).

Si possono dentare con frese speciali o creatori.

**Tipo Kerb e tipo Whitworth** (fig. 7) hanno profilo e caratteristiche diverse dai precedenti.

**NOTA:** Il controllo del diametro primitivo delle dentature Stub e Whitworth deve essere effettuato con i rullini (vedi FP. 18 F). Nella esecuzione delle scanalature, curare in modo particolare la divisione.

## 5. Avvertenze

- Non disponendo delle frese speciali per alberi scanalati normali ed avendo pochi alberi da fresare, si possono usare due frese di egual diametro, convenientemente distanziate (quota b) (fig. 6).

In questo caso la profondità di passata C si ricava con sufficiente approssimazione con le formule:

$$\sin \beta = \frac{\frac{b}{2}}{Ri} \quad C = \frac{Rr - Ri}{\cos \beta}$$

(figura principale).

Per una maggior esattezza (fig. principale) conoscendo:

$$\frac{b}{2}; Re; Ri; \text{ si ha:}$$

$$A - B = C; \quad A = \frac{b}{2} \cdot \cotg \alpha;$$

$$B = \frac{b}{2} = \cotg \beta; \quad \sin \alpha = \frac{\frac{b}{2}}{Re};$$

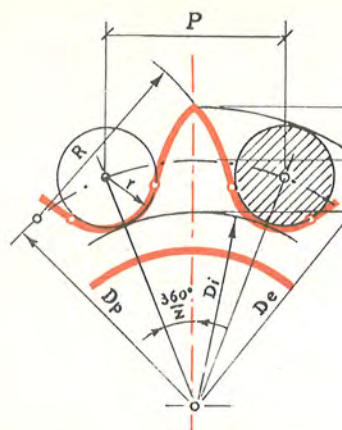
$$\sin \beta = \frac{\frac{b}{2}}{Ri}$$

Praticamente come tutti gli alberi scanalati hanno una porzione tornita all'estremità di diametro = d, si sfiora questo tratto con gli spigoli delle due frese eguali e si procede alla fresatura (fig. 6 sinistra).

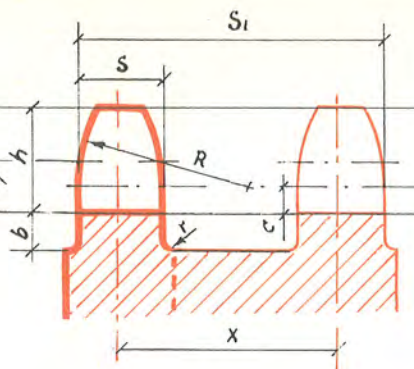
Si lavora e controlla quindi la parte intermedia circolare di diametro d, tenendo la fresa sull'asse del pezzo ed alla profondità h (fig. 6, destra).

Nel caso di non disporre di due frese a tre tagli di egual diametro, si può usarne una sola di diametro qualunque, spostandola convenientemente.

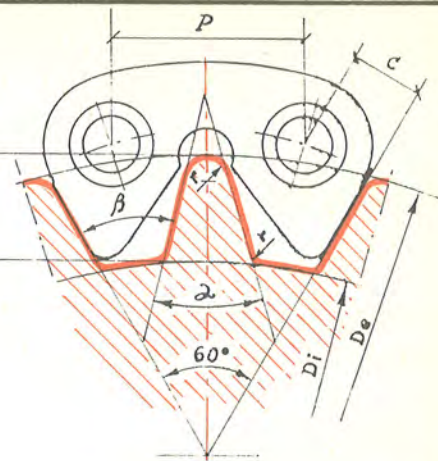




a rulli

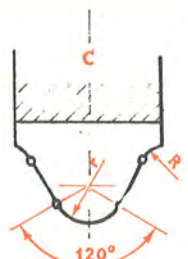
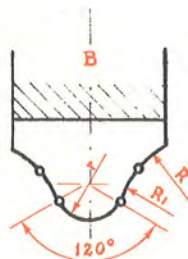
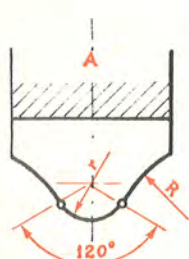


RUOTE PER CATENE

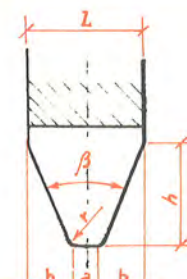


silenziose

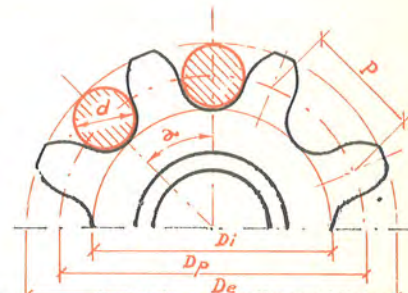
## Generalità



1. Profili frese: A = 9-12 Z; B = 13-19 Z; C = 20 e + Z



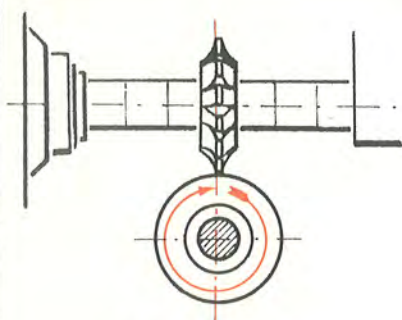
2. Per catena silenz.



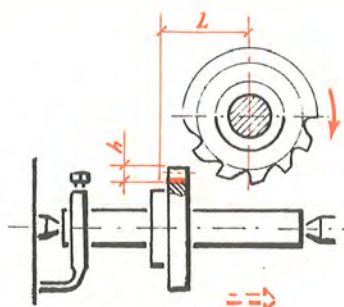
3. Ruota con rullo equidistante

— La scelta della fresa va fatta tenendo presente: il tipo di dentatura e gli elementi caratteristici delle medesime (diametro del rullo, numero dei denti, ecc.).

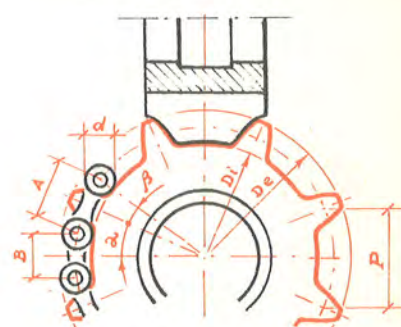
## Costruzione



4. Centatura e sfioratura



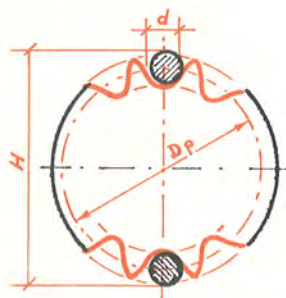
5. Profondità di passata



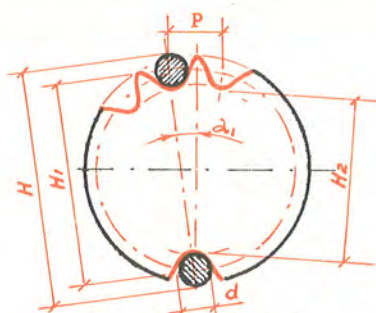
6. Catena gemella

— L'impostazione della fresa prescelta richiede la conoscenza esatta degli elementi della ruota da costruire, particolarmente di quelli che ne determinano il diametro interno.

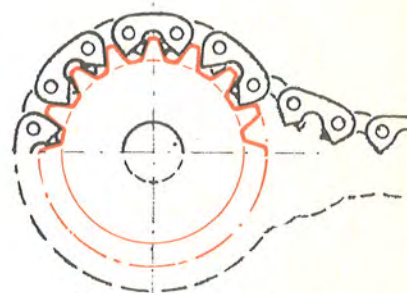
## Controllo



7. Controllo per denti pari



8. Controllo per denti dispari



9. Prova con catena sovrapposta

— Per il controllo delle ruote per catene si procede come in figure usando rulli calibrati del diametro di quelli della catena. Una prova complementare può farsi avvolgendo sulla ruota una catena nuova.



## 1. Scopo dell'operazione

Eseguire scanalature eguali, equidistanti sagomate, mediante frese adatte, al fine di ottenere ruote dentate per catene (a rulli o silenziose).

## 2. Attrezzature

**Utensili:** fresa corrispondente al tipo e passo della catena;

**Strumenti di misura:** rulli del diametro adatto e micrometro; calibro a punte sottili;

**Mezzi ausiliari:** divisore, mandrino porta pezzo con battuta e dado di chiusura.

## 3. Caratteristiche delle ruote dentate a catena

I dati costruttivi delle ruote dipendono essenzialmente da quelli della catena. Le catene usate per la trasmissione del moto continuo fra due ruote sono specialmente quelle articolate a rullo semplice o gemello, oppure quelle silenziose, costituite da piastrelle a forma di doppio triangolo (fig. principale) unite ed articolate con perni e bussole.

Le catene a rulli possono essere semplici (con una sola fila di rulli) UNI 2578, oppure con due o tre file di rulli UNI 2579-2580.

Le dimensioni delle catene dipendono dal passo fra un elemento ed il successivo, che generalmente è espresso in pollici.

Nelle indicazioni per la designazione, le tabelle UNI danno il passo in pollici ed il vano della catena in mm; questo vano poi è sempre di alcuni decimi più ampio dello spessore del dente della ruota corrispondente; (quota  $S$  in fig. principale).

Oltre alle catene a rullo equidistante vi sono quelle a rullo gemello (fig. 6) e cioè con due rulli avvicinati che riempiono il vano fra un dente e l'altro.

## 4. Calcolo delle dimensioni

### A) Catene a rulli equidistanti

Chiamando (fig. 1);

$P$  = passo della catena

$d$  = diametro del rullo

$Zr$  e  $Zp$  = numero denti della ruota e del pignone;

$De$  e  $Di$  = diametri esterno ed interno della ruota;

$\alpha$  = angolo corrispondente alla metà del passo;

$At$  = altezza del dente;

$Rt$  = rapporto di trasmissione, si ha:

$\alpha = \frac{180^\circ}{Z}$	$Dp = \frac{P}{\sin \alpha}$
$Di = Dp - d$	$At = d$
$De = Dp + d$	
$Rt = \frac{Dpr}{Dpp} = \frac{Zr}{Zp}$	

Per i pignoni con numero di denti inferiori a 17, il valore di  $De$  dev'essere

diminuito del fattore di correzione  $E$ , per impedire l'interferenza fra la punta del dente e la catena. Si ha in questo caso:

passo	$Z$	$E$
1/2" — 3/4"	8 — 12	1,57
	13 — 16	0,8
1" — 2"	8 — 12	3,17
	13 — 16	1,57

Lo spessore  $S$  (fig. principale) delle ruote a catena per rulli varia con il passo della catena e con il tipo di esse (UNI A-B-C 3750).

### B) Catene a rulli gemelli (fig. 6)

Usando le abbreviazioni del caso precedente si ha:

$$\alpha = \frac{180^\circ}{Z}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \alpha}{\frac{B}{A} + \cos \alpha};$$

$$Dp = \frac{A}{\sin \beta}; \quad De = Dp + d;$$

$$Di = Dp - d; \quad P = A + B.$$

### C) Catene silenziose (fig. principale).

Si ottiene il diametro esterno  $De$  con la formula che segue e gli altri elementi si calcolano come nelle ruote dentate a denti diritti normali, e cioè:

$$De = P \cdot \cotg \left( \frac{180^\circ}{Z} \right) \text{ e quindi:}$$

$$M = \frac{P}{3,14}; \quad At = 2,16 M;$$

$$Di = De - 2 At.$$

## 5. Scelta delle frese

### A) Per catene a rulli equidistanti

Variano di profilo secondo il numero dei denti (fig. 1): si usa una serie di 5 frese e precisamente:

la n. 1 per ruote con  $Z$  da 6 a 8

la n. 2 per ruote con  $Z$  da 9 a 12

la n. 3 per ruote con  $Z$  da 13 a 19

la n. 4 per ruote con  $Z$  da 20 a 29

la n. 5 per ruote con  $Z$  da 30 in avanti.

## Dimensioni principali delle ruote per catene a rulli

Misura in pollici	Passo in mm.	Spessore del dente			Diametro del rullo	Riferimento della Catena
		A	B	C		
—	8,00	2,6	2,6	2,6	5	8 × 3
3/8"	9,525	3,5	5,2	5,2	6,35	3 8" × 3,1-5,7
1/2"	12,7	2,8	4,4	—	7,75	1/2" × 3,2-4,9
1/2"	12,7	4,7	7,1	7,2	8,51	1/2" × 5,2-7,8-7,9
5/8"	15,875	5,9	8,9	—	10,16	5/8" × 9,6
3/4"	19,05	10,8	10,8	18,8	12,07	3/4" × 11,7
1"	25,4	11,8	15,9	—	15,88	1" × 12,7-17
1 1/4"	31,75	18,3	18,3	—	19,84	1 1/4" × 19,6
1 1/2"	38,10	23,9	23,9	—	25,4	1 1/2" × 25,4
1 3/4"	44,45	29,2	29,2	—	27,78	1 3/4" × 31
2"	50,80	29,2	29,2	—	29,21	2" × 31

### B) Per catene a rullo gemello.

Si usa una fresa sagomata indicata nella figura 6 il cui profilo varia pure con il passo ed il numero dei denti.

### C) Per catene silenziose.

Sono a fianchi inclinati, simmetrici e rettilinei (fig. 2) leggermente smussate ai vertici e le loro dimensioni variano al variare del numero dei denti della ruota da tagliare.

## 6. Metodo di lavoro

- scegliere la fresa adatta e montarla ben centrata sull'albero con il supporto avvicinato;
- posizionare il divisore sulla tavola della fresatrice ed il mandrino porta-pezzo sul divisore;
- determinare i fattori di taglio e mettere a punto il divisore per la divisione della ruota da fresare;
- centrare il disco con la mezzaria della fresa (fig. 4);
- sfiare il disco con la fresa in movimento e bloccare la slitta del carro trasversale;
- eseguire la prova pratica della divisione;
- alzare la tavola di una quantità eguale al diametro del rullo, bloccare la slitta verticale ed eseguire il primo vano;
- eseguire un secondo vano diametralmente opposto al primo (se  $Z$  è dispari si frenerà il più vicino al diametro opposto (fig. 6);
- collocando due rulli di diametro eguali a quelli della catena nei vani eseguiti misurare il diametro esterno con il micrometro (fig. 7-8);
- effettuare, se necessario, le opportune correzioni e procedere alla fresatura di tutti i vani;

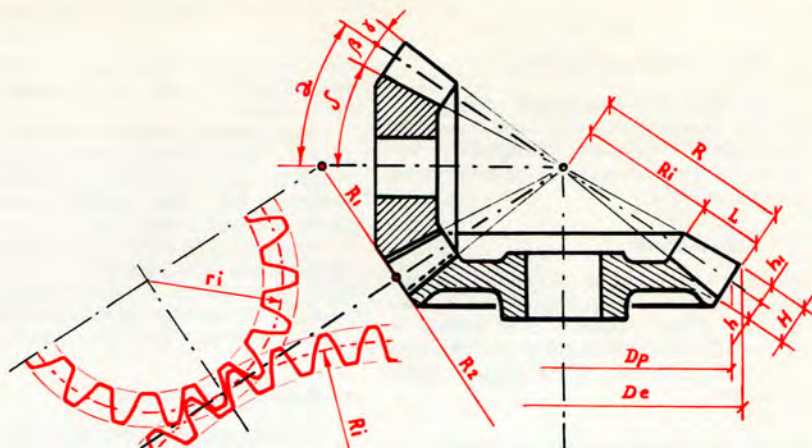
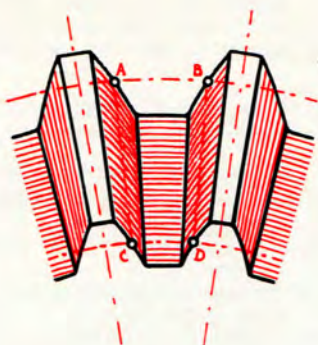
**NOTA:** Se  $Z$  è dispari si avrà:

$$\alpha_1 = \frac{180^\circ}{2Z}; \quad H_1 = \frac{P/2}{\sin \alpha_1};$$

$$H = H_1 + d; \quad H_2 = H_1 - d;$$

**NOTA:** Il controllo del diametro interno si può effettuare sul diametro interno con un calibro a corsoio a punte sottili, essendo questa la misura più importante per questo tipo di ruote ( $H_2$ , fig. 8).



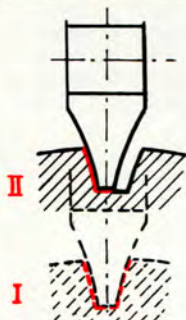


dettaglio

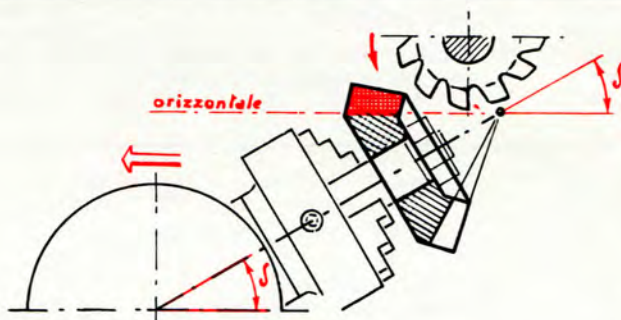
RUOTE DENTATE CONICHE

sezione

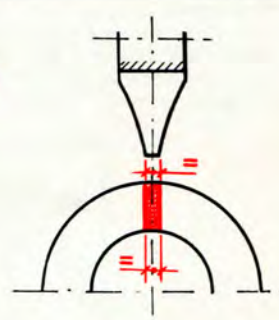
Primo posizionamento



1. Fresa unica



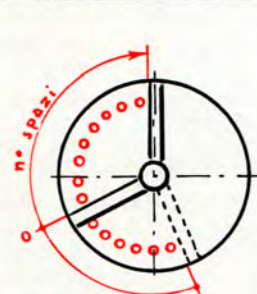
2. Posizione divisore e movimenti



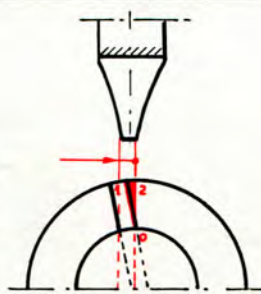
3. Taglio centrale

— Sulla fresatrice non si può eseguire la dentatura di queste ruote in modo razionale, ma solo approssimato. La scelta della fresa e l'impostazione del divisore si opera perciò in fasi successive.

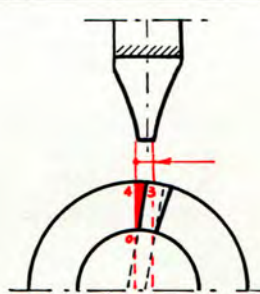
Metodo delle tre passate



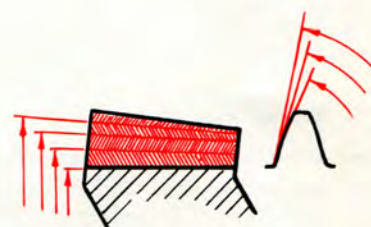
4. Determinazione spazi



5. Passata laterale destra



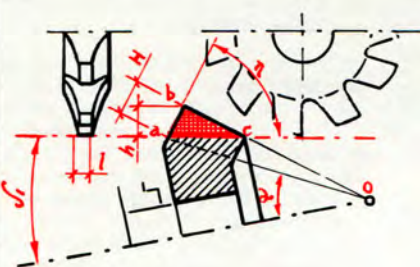
6. Passata laterale sinistra



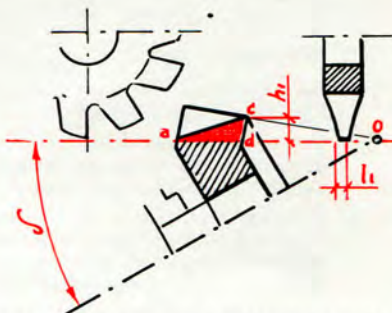
7. Finitura fianchi in più passate

— Con il «METODO DELLE TRE PASSATE» dopo il taglio centrale, si ruota la ruota a destra e quindi a sinistra di un valore corrispondente a:  $\frac{90^\circ}{Z}$ .

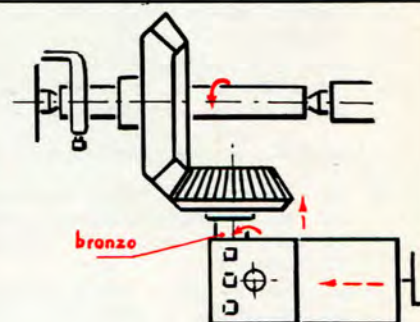
2° Metodo: Con 2 frese



8. Posizionamento per prima fresa



9. Posizionamento per seconda fresa



Accoppiamento rotante (rodatura)

— Con il sistema delle «DUE FRESE» si ottengono profili più esatti alle due estremità del dente. Occorre quindi collegare i due profili mediante passate complementari.



## 1. Scopo dell'operazione

Generare delle scanalature eguali, equidistanti su di un tronco di cono, mediante frese adatte e spostamenti opportuni, per costruire con approssimazione delle ruote dentate coniche.

## 2. Attrezzature

**Utensili:** frese di forma adatta (punto 4).  
**Strumenti di controllo:** come nel F.P. 18F.  
**Mezzi ausiliari:** nasello con battuta e il dado di chiusura del pezzo che non interferisca con il passaggio della fresa.

## 3. Particolarità dell'operazione

I denti delle ruote dentate coniche (a denti diritti) si possono generare perfettamente soltanto con macchine speciali (Reinecker, Gleason, ecc.) che lavorano con utensili a moto rettilineo alternato, dalla periferia al centro, costruendo dei denti di spessore decrescente.

Le coppie di ruote dentate coniche

funzionanti nei vari tipi di macchine sono ormai tutte costruite con questi moderni sistemi.

Può tuttavia essere necessario costruire ruote dentate coniche mediante fresatura; specialmente se hanno una larghezza dei denti ridotta e debbano girare a limitata velocità.

Vari sono i metodi che si possono adottare per tale lavorazione alla fresatrice. Nel Metodo di lavoro indichiamo soltanto il sistema Della rotazione del divisore e quello delle Due frese.

## 4. Scelta delle frese

Devono essere scelte secondo il numero immaginario dei denti  $Z_i$ , che si ottiene con la formula:  $Z_i = \frac{Z}{\cos \alpha}$  (essendo  $\alpha$  il 1/2 angolo d'inclinazione del cono primitivo).

**NOTA:** in pratica si usa la fresa n. 8 (per cremagliere) corrispondente al modulo interno, Per le passate

lateral (fig. 7) si può anche usare una fresa a tre tagli di spessore eguale al vano del modulo minore.

## 5. Formule principali per il calcolo delle ruote coniche

Chiamando rispettivamente:

$\alpha r - \alpha p = 1/2$  angolo primitivo della ruota e del pignone.

$Z_r$  e  $Z_p = n$ . di denti della ruota e del pignone.

$D_{pr}$  e  $D_{pp}$  = Diametro primitivo della ruota e del pignone.

$Der$  e  $Dep$  = diametro esterno della ruota e del pignone.

$M$  = Modulo della parte esterna dei denti.

$R$  = lunghezza della generatrice primitiva.

$\beta$  = angolo del piede del dente.

$\gamma$  = angolo della testa del dente.

$D_{pi}$  = diametro primitivo dalla parte interna del dente;

$M_i$  = modulo della parte interna dei denti;

$R_i$  = lunghezza della generatrice primitiva dalla parte interna dei denti;

$L$  = larghezza del dente; si ha:

$\tan \alpha r = \frac{Z_r}{Z_p} = \frac{D_{pr}}{D_{pp}}$	$\tan \beta = \frac{M}{R}$	$D_{pi} = \frac{D_p \cdot R_i}{R}$
$\alpha p = 90^\circ - \alpha r$	$\tan \gamma = \frac{1,16 M}{R}$	$R_i = R - L$
$D_{pr} = Z_r \cdot M$	$Der = D_{pr} + 2(M \cdot \cos \alpha r)$	$M_i = \frac{D_{pi}}{Z}$
$D_{pp} = Z_p \cdot M$	$Dep = D_{pp} + 2(M \cdot \cos \alpha p)$	$\text{Ang. tornitura} = \alpha + \gamma$
$R = \frac{D_{pr}}{2 \sin \alpha r}$	$L = 4M - 6M$	$\text{Ang. fresatura} = \alpha - \beta$
	$h = 2,16 \cdot M$	

## 6. Posizione angolare della ruota da fresare

Il divisore va inclinato (salvo casi speciali) all'angolo di fresatura e cioè:  $\delta = \alpha - \beta$ .

Il piano di fresatura corrisponde così al cono interno del dente (fig. 2).

## 7. Metodo di lavoro

### A) Rotazione circolare del divisore:

- scegliere la fresa corrispondente al modulo dalla parte interna (vedi Nota al punto 4) e montarla ben centrata sul rispettivo albero;
- inclinare il divisore dell'angolo voluto (punto 6) e prepararlo per la divisione corrispondente al n. dei denti.
- sistemare la ruota al centro della fresa;
- fresare tutti i vani, che risulteranno paralleli sul fondo e più larghi verso l'esterno (per la differenza di altezza del dente);
- dopo aver segnato la posizione dell'otturatore sul disco ruotarlo verso destra dei fori corrispondenti all'angolo di  $\frac{90^\circ}{Z}$  (vedi esempio e fig. 4);
- spostare leggermente il carro trasversale per rimettere la fresa al centro della parte interna del vano già effettuato;
- asportare in tutti i vani la quantità corrispondente al triangolo: 1-2-0 (fig. 5);
- riportare l'otturatore nella primitiva posizione sul disco e spostarlo della stessa quantità di fori verso sinistra;
- operare sul secondo fianco come indicato in: f—g, asportando la quantità corrispondente al triangolo: 3-4-0 (fig. 6);

**NOTA:** con una fresa corrispondente al modulo della parte esterna si potrà controllare l'esattezza raggiunta, ed

eventualmente procedere alle dovute correzioni.

**Esempio:** di quanti spazi si dovrà spostare (rispettivamente dalle due parti) l'otturatore del divisore per correggere i denti di una ruota conica di 45 denti?

**Soluzione:** 1) Per la divisione si ha:  
 $\frac{40}{45} = \frac{8}{9} = \frac{24}{27}$  spazi disco (F.P. 09F).

2) Per la correzione:

$\frac{90^\circ}{45} = 2^\circ; \frac{2}{9} = \frac{6}{27}$  spazi disco

**Risposta:** dopo aver effettuato il taglio dei vani con la posizione centrale (fig. 3) si dovrà dare in tutti i vani una passata con l'otturatore spostato di 6 fori verso sinistra e quindi con lo stesso spostato di 6 fori verso destra (fig. 5-6).

### B) Con due frese

- scegliere le frese corrispondenti ai due moduli (esterno ed interno) in base alla formula  $Z_i = \frac{Z}{\cos \alpha}$  (quella più stretta può essere per cremagliera (vedi Nota: punto 4);
- fissare sull'albero la fresa corrispondente al modulo esterno e centrarla rispetto alla ruota da fresare;
- inclinare il divisore di un angolo minore di  $\delta$  ed effettuare le opportune prove in modo che la fresa asporti l'altezza totale sulla parte esterna del dente e sfiori appena la superficie troncoconica nella parte interna del dente (fig. 8). In tal modo i denti risulteranno di altezza e larghezza esatta dalla parte esterna.

**NOTA:** l'angolo d'inclinazione  $\delta_i$  minore di  $\delta$  si può trovare con le formule

$$\cot \eta = \frac{H}{L} - \tan \gamma; \delta_i = \alpha + \eta - 90^\circ$$

(fig. 8).

- inclinare il divisore dell'angolo esatto

di fresatura ( $\delta = \alpha - \beta$ ) (fig. 9);

- sostituire la fresa con quella corrispondente al modulo minore e centrarla esattamente nei vani già eseguiti
- fresare tutti i vani, che risulteranno esatti dalla parte interna della ruota;
- con una fresa adatta, ed orientando convenientemente la ruota con il divisore, raccordare dalle due parti i profili esatti ottenuti (fig. 7).

**NOTA:** in questo allacciamento del profilo maggiore con il minore occorre soprattutto ottenere il fondo del dente conico spostando circolarmente il divisore come nel 1° caso.

La parte curva si potrà ottenere con fresa a modulo, sempre osservando che non si allarghi il vano dalla parte interna.

Per ruote oltre al modulo 3 si possono effettuare anche più passate sui fianchi (fig. 7).

## 8. Ritocco e finitura delle ruote coniche fresate

Come si è già indicato, i due metodi illustrativi servono per il taglio approssimato della coppia di ruote coniche.

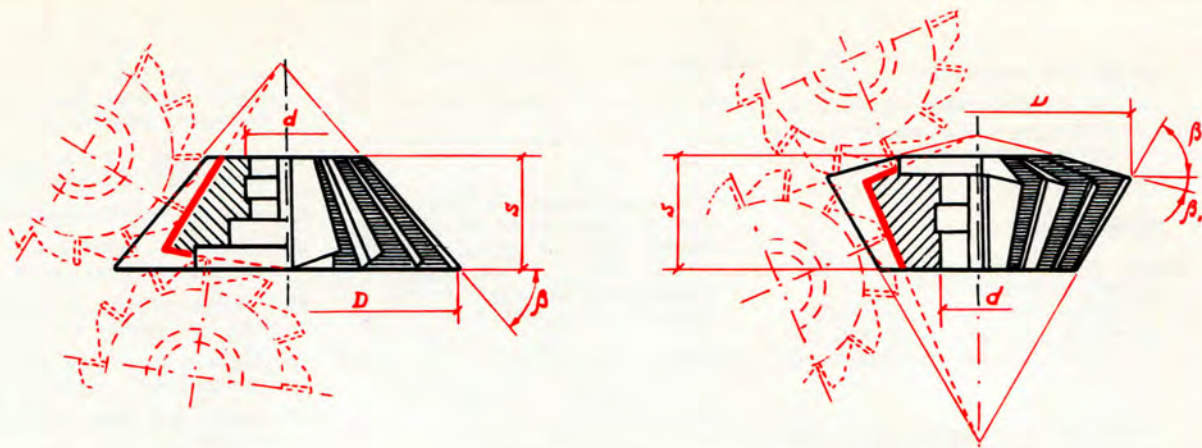
Per raggiungere un risultato discreto, si fissa una delle ruote (la più grande) ben centrata su di un mandrino che si colloca tra le punte del tornio.

L'altra ruota si monta folle su di un mandrino fissato, perfettamente normale, all'asse del tornio (fig. 10) interponendo fra il mandrino e il foro della ruota una bronzina.

Ingranando opportunamente le ruote e facendole girare adagio, si noteranno sui denti le imperfezioni principali, che si correggeranno con lime a coltello di taglio adatto.

Ottenuto, dopo varie prove e correzioni, un ingranamento passabile, si ritoccheranno le macchie con tela abrasiva sempre più fine, e facendo infine girare la coppia per qualche tempo con abbondante lubrificazione.



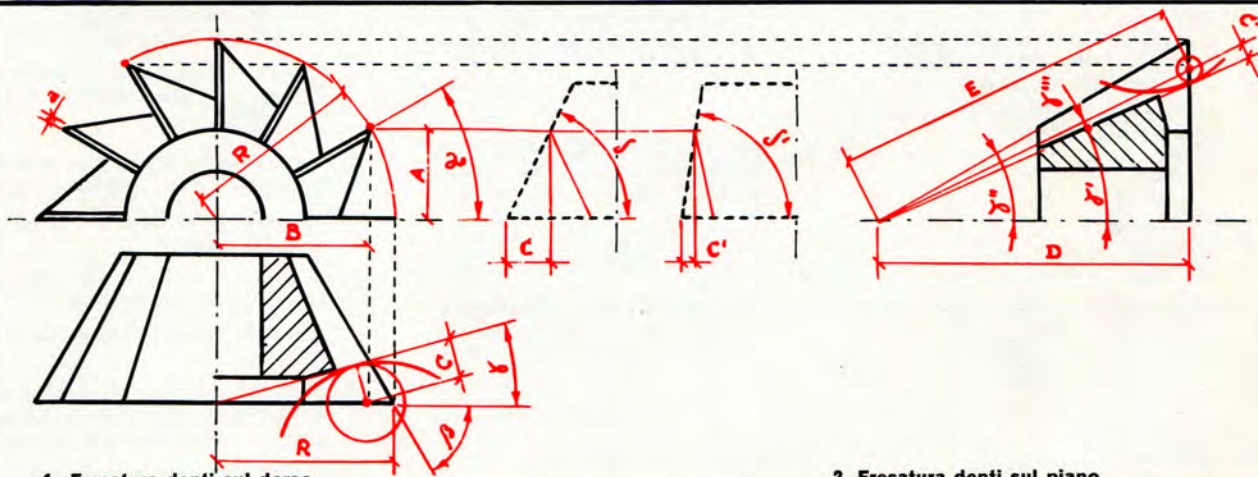


frontali

FRESE AD ANGOLO

per scanalature di utensili

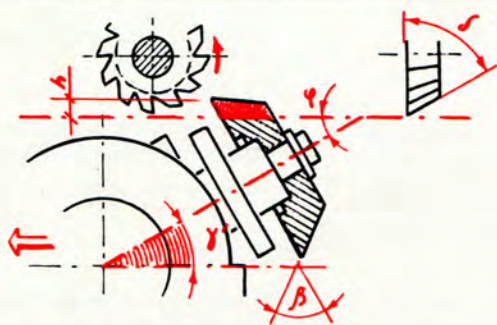
Elementi di calcolo



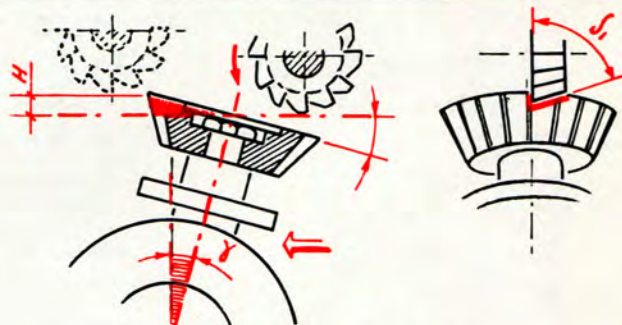
1. Fresatura denti sul dorso

2. Fresatura denti sul piano

Fresa piano-conica



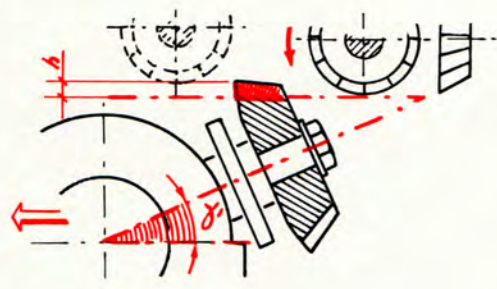
3. Fresatura denti sulla generatrice



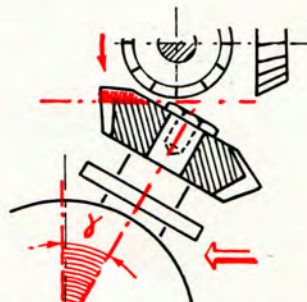
4. Fresatura denti piano

— Impostazione degli utensili e del divisore per la fresatura dei denti di frese frontali ad angolo.

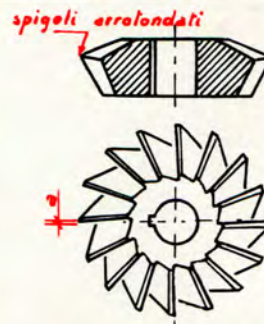
Fresa biconica



5. Dentatura prima faccia



6. Dentatura seconda faccia



7. Fresa ultimata

— Per l'esecuzione di frese per scanalature di utensili, l'impostazione della fresa e del divisore è simile per entrambi. Cambiano però i valori che dipendono dagli angoli del pezzo da fresare.



## 1. Scopo dell'operazione

Eseguire scanalature eguali-equidistanti lungo la generatrice e sulla base del tronco di cono, con frese adatte, per tagliare frese ad angolo.

## 2. Attrezzature

**Utensili:** frese frontali ad angolo (dell'angolo richiesto).

**Mezzi ausiliari:** divisore, nasello conico da inserire sull'albero del divisore per sostenere l'elemento da tagliare di sbalzo.

## 3. Elementi fondamentali per la fresatura dei denti lungo la generatrice del cono (fig. 1)

Chiamiamo:

$Z$  = numero dei denti della fresa da tagliare;

$R$  = raggio della fresa da tagliare;

$\beta$  = angolo della fresa da tagliare;

$\delta'$  = angolo della fresa tagliente;

$\gamma'$  = angolo di fresatura (di cui si deve inclinare il divisore).

Si ha:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{Z}$$

$$A = R \cdot \sin \alpha$$

$$B = R \cdot \cos \alpha$$

$$D = R \cdot \tan \beta$$

$$\tan \gamma'' = \frac{B}{D} = \frac{\cos \alpha}{\tan \beta}$$

$$C' = A \cdot \cotg \delta'$$

$$E = \sqrt{B^2 + D^2}$$

$$\sin \gamma''' = \frac{C'}{E} = \frac{A \cdot \cotg \delta'}{\sqrt{B^2 + D^2}} =$$

$$= \frac{R \cdot \sin \alpha \cdot \cotg \delta'}{\sqrt{R^2 \cdot \cos^2 \alpha + R^2 \cdot \tan^2 \beta}} =$$

$$= \frac{\sin \alpha \cdot \cotg \delta'}{\sqrt{\cos^2 \alpha + \tan^2 \beta}} =$$

$$= \frac{\tan \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \cotg \delta'}{\sqrt{\cos^2 \alpha + \tan^2 \beta}} =$$

$$= \frac{\tan \alpha \cdot \cotg \delta'}{\sqrt{1 + \frac{\tan^2 \beta}{\cos^2 \alpha}}} =$$

$$= \tan \alpha \cdot \cotg \delta' \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \cotg^2 \gamma''}} =$$

$$\sin \gamma''' = \tan \alpha \cdot \cotg \delta' \cdot \sin \gamma''$$

$$\gamma' = \gamma'' - \gamma'''$$

**Esempio:** determinare l'angolo d'inclinazione del divisore per tagliare i denti di una fresa sul tronco di cono il cui angolo  $\beta = 60^\circ$  impiegando una fresa frontale ad angolo  $\delta' = 75^\circ$  essendo il numero dei denti  $Z = 18$ .

$$\text{Soluzione: } \alpha = \frac{360^\circ}{Z} = \frac{360^\circ}{18} = 20^\circ$$

$$\tan \gamma'' = \frac{\cos \alpha}{\tan \beta} = \frac{\cos 20^\circ}{\tan 60^\circ} =$$

$$= \frac{0,99969}{1,73205} = \frac{0,940}{1,73} = 0,543$$

$$\gamma'' = 28^\circ 31'$$

$$\sin \gamma''' = \tan \alpha \cdot \cotg \delta' \cdot \sin \gamma'' =$$

$$= \tan 20^\circ \cdot \cotg 75^\circ \cdot \sin 28^\circ 31' =$$

$$= 0,364 \cdot 0,268 \cdot 0,477 = 0,0458$$

$$\gamma''' = 2^\circ 38'$$

$$\gamma' = \gamma'' - \gamma''' = 28^\circ 31' - 2^\circ 38' = 25^\circ 53'$$

## 4. Elementi fondamentali per la fresatura dei denti sulla base del tronco di cono

chiamiamo (fig. 1A):

$Z$  = numero dei denti della fresa da tagliare;

$R$  = raggio della fresa da tagliare;

$\delta$  = angolo della fresa tagliente;

$\gamma$  = angolo d'inclinazione del divisore;

Si ha:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{Z} = \text{angolo compreso fra due}$$

denti consecutivi;

$$A = R \cdot \sin \alpha$$

$$B = R \cdot \cos \alpha$$

$$C = A \cdot \cotg \delta = R \cdot \sin \alpha \cdot \cotg \delta$$

$$\sin \gamma = \frac{C}{B} = \frac{R \cdot \sin \alpha \cdot \cotg \delta}{R \cdot \cos \alpha} =$$

$$= \tan \alpha \cdot \cotg \delta$$

**Esempio:** determinare l'angolo d'inclinazione  $\gamma$  del divisore, per fresare i denti della faccia piana della fresa, di cui all'esempio precedente, impiegando una fresa piano-conica avente l'angolo  $\delta = 65^\circ$ .

$$\text{Soluzione: } \sin \gamma = \tan \alpha \cdot \cotg \delta =$$

$$\tan 20^\circ \cdot \cotg 65^\circ = 0,364 \cdot 0,466 = 0,1697$$

$$\gamma = 9^\circ 46'$$

## 5. Metodo di lavoro

A) Per tagliare le scanalature lungo il tronco di cono per frese dei due tipi

- a) esaminare il disegno della fresa da tagliare e controllare l'angolo dell'elemento tronco-conico tornito;
- b) posizionare il divisore sulla tavola, inclinandolo dell'angolo  $\gamma'$  (fig. 2);
- c) mettere a punto il sistema di divisione;
- d) montare la fresa scelta ( $75^\circ$ ) ben centrata sull'albero porta-fresa;
- e) collocare la fresa da tagliare ben centrata sul nasello del divisore;
- f) centrare lo spigolo della fresa tagliente con il centro del pezzo;
- g) determinare sulla macchina i fattori di taglio;
- h) alzare la mensola ed eseguire un piccolo solco del  $1^\circ$  dente;
- i) passare al  $2^\circ$  dente e fresare fino ad ottenere la quota  $a$   
 $a = 0,8 \div 1,2$  per  $\varnothing$  da  $45 \div 60$  (fig. 1a)
- l) fresare tutti i denti osservando le norme per una corretta divisione (F.P. 08F).

B) Per tagliare le scanalature sulla parte piana delle frese frontali ad angolo.

m) capovolgere la fresa sul nasello fissato sul divisore;

n) inclinare il divisore dell'angolo secondo il calcolo fatto al n. 4;

o) procedere come in: d-e-f, con la fresa tagliente;

p) posizionare la fresa da tagliare in modo che i denti coincidano perfettamente con il vertice dei denti già eseguiti;

q) fresare il  $1^\circ$  vano e procedere quindi come in h-i-l.

B.) Per frese per scanalature di utensili a solchi elicoidali.

r) capovolgere la fresa come in m;

s) inclinare il divisore in base al calcolo dall'angolo in relazione alla fig. 1b;

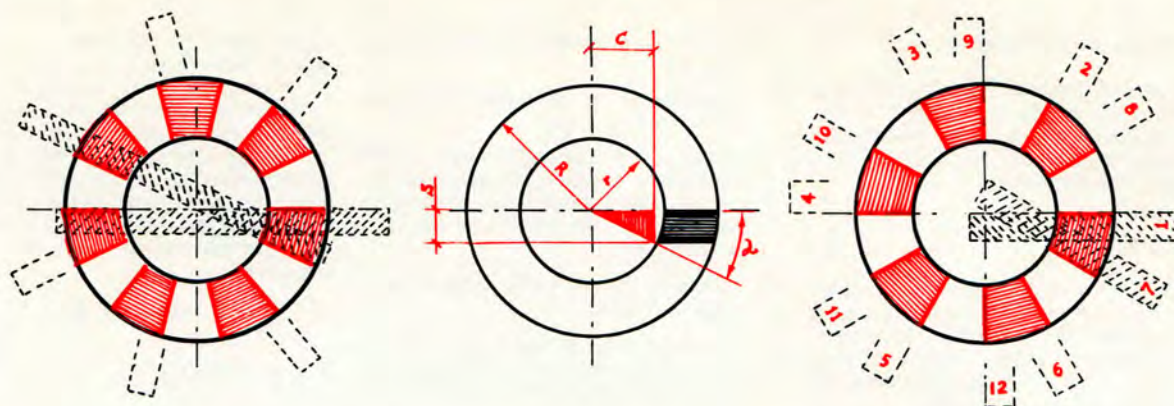
t) procedere come in o-p-q.

## 6. Avvertenze

— Praticamente i calcoli ed il metodo di lavoro per il taglio dei denti delle frese coniche (fig. 1) e quelli per le due facce delle frese biconiche (fig. 4-5) sono identici.

— Frese ad angolo per scanalature di utensili vedi UNI 3909-3908.



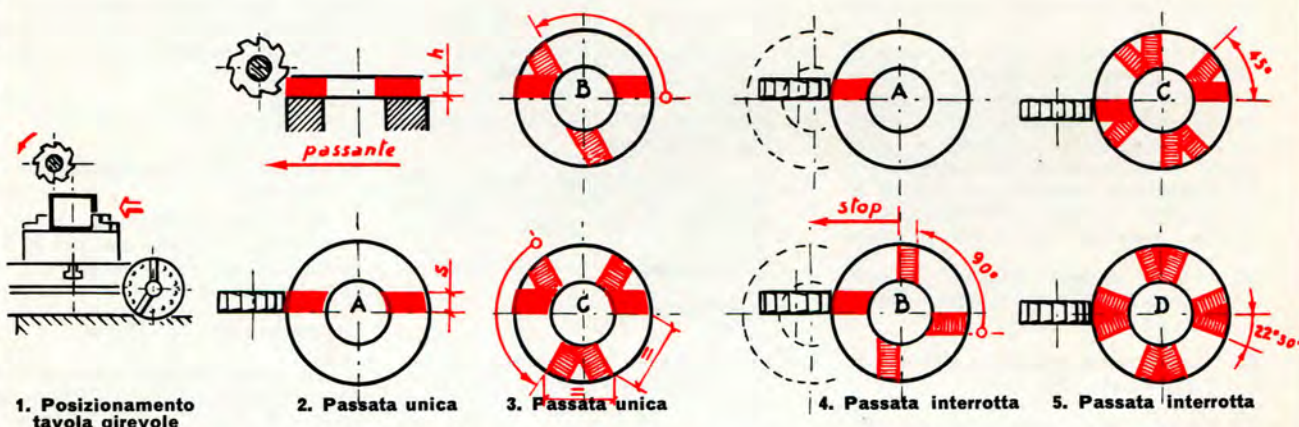


con denti dispari

INNESTI

con denti pari

Denti dispari e pari



1. Posizionamento tavola girevole

2. Passata unica

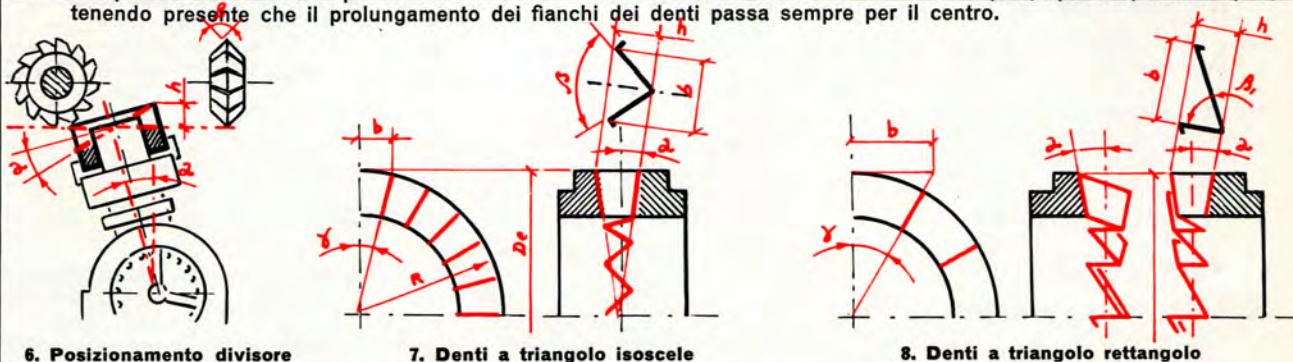
3. Passata unica

4. Passata interrotta

5. Passata interrotta

— L'impostazione della fresa per l'esecuzione di denti frontali sarà: unica se i denti sono dispari; ripetuta per denti pari, tenendo presente che il prolungamento dei fianchi dei denti passa sempre per il centro.

Innesto a denti triangolari



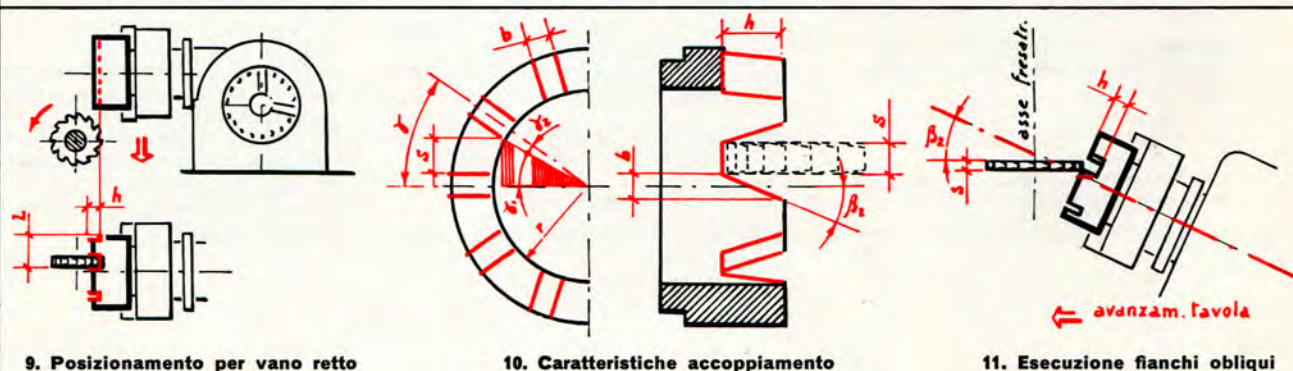
6. Posizionamento divisore

7. Denti a triangolo isoscele

8. Denti a triangolo rettangolo

— L'impostazione del divisore negli innesti a denti acuti dipende: dal numero e forma dei denti e dal diametro esterno, tenuto presente che il prolungamento del fondo dei denti s'incontra sempre sull'asse.

Innesto a denti trapezoidali



9. Posizionamento per vano retto

10. Caratteristiche accoppiamento

11. Esecuzione fianchi obliqui

— L'impostazione dell'utensile e del divisore e dei relativi calcoli in questi innesti, si divide in due fasi distinte: esecuzione della parte piana; esecuzione dei fianchi obliqui.



## 1. Scopo dell'operazione

*Eseguire scanalature eguali-equidistanti radiali, sulla testata di un cilindro, con frese appropriate per costruire innesti frontali-radiali e denti: paralleli, acuti, a forma di sega, e trapezoidali.*

## 2. Attrezzature

**Utensili:** fresa a tre tagli dello spessore e diametro adatti, per innesti a denti paralleli e trapezoidali; fresa prismatica simmetrica per innesti a denti acuti; fresa ad angolo frontale per innesti a denti di sega.

**Mezzi ausiliari:** divisore o tavola girevole, mandrino universale autocentrante.

## 3. Uso degli innesti e tipi principali

Gli innesti sono organi di macchine atti a collegare le estremità di due alberi coassiali, in modo da poter trasmettere un dato momento torcente dall'uno all'altro conservando la possibilità di sciogliere il collegamento (disinnestare) o di ricostruirlo (innestare) a volontà in pochi secondi; in ciò si differenziano dai giunti. I principali tipi di innesti sono:

A) a *denti paralleli* (dispari o pari): innesto e disinnesto a motore fermo; (fig. principale);

B) a *denti acuti*: somma facilità di innesto e disinnesto (fig. 7);

C) a *denti acuti inclinati da un solo lato*: per motori che girano sempre nello stesso senso (fig. 8);

D) a *denti trapezoidali simmetrici*: trasmettono sforzi limitati (fig. 10).

**NOTA:** per il modo con cui vengono lavorati, si distinguono gli innesti con denti dispari (taglio passante) da quelli con denti pari (taglio non passante).

## 4. Metodo di lavoro

A) *Innesti a facce parallele con denti dispari*

a) bloccare il pezzo, perfettamente centrato sul mandrino autocentrante (fig. 1);

b) tracciare la mezzaria sulla testata del pezzo servendosi del graffietto e facendo ruotare il pezzo di 180°;

c) scegliere la fresa di spessore leggermente inferiore alla quota  $s$  ricavata dalla formula:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{Z}; \quad S = r \cdot \sin \alpha \quad (\text{dove}$$

$Z$  = numero dei vani;  $r$  = raggio interno dell'innesto (fig. centrale);

d) orientare il divisore con l'asse verti-

cale e controllare il posizionamento (fig. 1);

e) predisporre le condizioni di taglio convenienti;

f) avvicinare il pezzo alla fresa, e con opportuno movimento trasversale disporre l'asse del pezzo esattamente allineato ad una faccia laterale della fresa (fig. 2);

g) sfiorare il pezzo ed azzerare il tamburo verticale;

h) spostare longitudinalmente il pezzo, ed alzare la tavola di un valore eguale alla profondità di passata ( $h$  in fig. 2, alto);

i) effettuare la passata per tutta la lunghezza dell'innesto (fig. 2, basso);

l) ruotare il divisore di:  $\frac{360^\circ}{Z}$  per fresare il secondo vano (fig. 3, alto);

m) controllare lo spessore cordale di un vano e di un dente (che devono risultare eguali), effettuando eventualmente le opportune correzioni (fig. 3, basso);

n) se risulta necessario, ruotare (per una sola volta) il divisore e spostare la tavola di un valore eguale a:  $\frac{S}{2}$  asportando i cunei rimasti al centro dei vani.

**NOTA:** essendo i denti dispari si dovranno effettuare tante passate quanti sono i denti, poiché mentre da un lato si fresa il fianco sinistro, dal lato opposto si fresa il fianco destro (fig. 3).

A<sub>1</sub>) *Innesti a facce parallele con denti pari:*

o) procedere come nel caso precedente da  $a$  fino ad  $h$ ;

p) effettuare la passata dal lato destro del primo vano, con avanzamento dalla periferia al centro dell'innesto (fig. 4, alto);

q) ruotare successivamente il divisore di:  $\frac{360^\circ}{Z}$  e fresare tutti i vani dalla parte destra (fig. 4, basso);

r) ruotare il divisore di mezzo passo angolare ( $\frac{360^\circ}{2Z}$ ) e spostare tra-

sversalmente il pezzo di una quota eguale allo spessore della fresa;

s) fresare tutti i vani dalla parte sinistra, previo controllo dello spessore cordale del primo vano con il primo dente (fig. 5, alto);

t) asportare la parte centrale dei vani come indicato in:  $n$  (fig. 5, basso).

B) *Innesti a denti acuti radiali*

Occorre tornire la testata del cilindro

leggermente conica verso l'interno, del valore dell'angolo  $\alpha$  (fig. 7).

Così pure, nella fresatura dei denti si dovrà inclinare il divisore dello stesso angolo, ma in senso contrario (fig. 6).

Il taglio dei denti si effettua con una unica fresa ad angolo prismatica i cui denti sono inclinati dell'angolo  $\beta$ .

In relazione alla figura 7 il valore dei vari elementi si ricavano con le formule seguenti:

$$\gamma = \frac{360^\circ}{2Z}; \quad b = \operatorname{tg} \gamma \cdot R;$$

$$h = b \cdot \cotg \frac{\beta}{2}; \quad \sin \alpha = \frac{h}{De}.$$

C) *Innesti a denti acuti inclinati da un solo lato* (profilo del triangolo rettangolo, fig. 8).

La costruzione è identica al caso precedente, usando una fresa ad angolo frontale con l'angolo richiesto ( $\beta$ ).

Servono pure le stesse formule di calcolo ad eccezione della prima che risulta:

$$\gamma = \frac{360^\circ}{Z}; \quad \text{ed } h = b \cdot \cotg \beta_1.$$

D) *Innesti a denti trapezoidali simmetrici* (fig. 10).

Occorrono tre passate, ed il piano della fresa a tre tagli, anziché al centro (come nel caso A) dovrà essere posizionata ad una distanza  $L$  dalla periferia

tale che  $L = R - \frac{b}{2}$  (fig. 9).

La prima passata effettua il vano della larghezza minore della parte piana; nelle altre due si fresano i fianchi inclinati dell'angolo  $\beta$ , facendo ruotare la tavola prima da un lato e poi dall'altro, dello stesso angolo (fig. 11).

Le formule di calcolo dei vari elementi sono le seguenti (fig. 10):

$$b = \operatorname{tg} \beta \cdot h; \quad \gamma = \frac{360^\circ}{2Z};$$

$$\sin \gamma_2 = \frac{b}{2}; \quad \gamma_1 = \gamma - \gamma_2;$$

$$S = r \cdot \sin \gamma_1 - \frac{b}{2}.$$

**NOTA:** qualora si disponga di una fresa a profilo trapezoidale simmetrica all'angolo  $\beta_2$  la tavola rimarrà nella posizione 0°, e saranno sufficienti due passate.

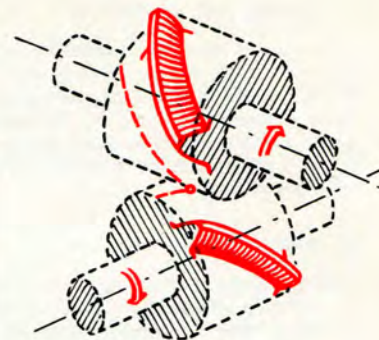
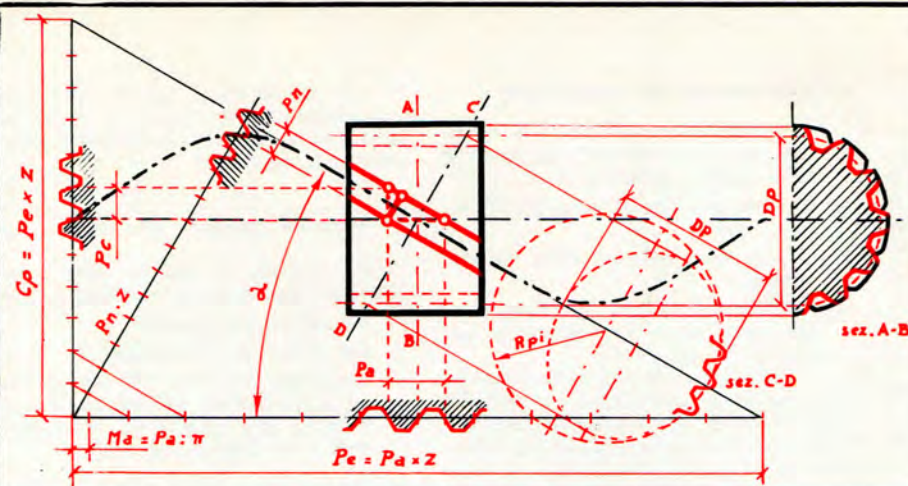
## 5. Avvertenze

— Una cura particolare occorre per bloccare la piattaforma del mandrino autocentrante perché non si svisi durante il lavoro.

— A tal fine conviene effettuare le divisioni in senso antiorario e disporre la fresa come indica la figura 2 (sotto).

— Per innesti di grandi dimensioni (in relazione alla potenza della fresatrice) si potranno fresare i denti in due passate, lasciando nella prima l'opportuno soprammetallo.



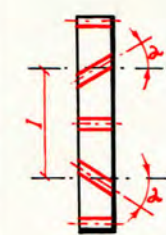


elementi

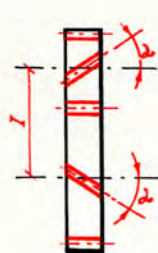
RUOTE ELICOIDALI

dettaglio denti

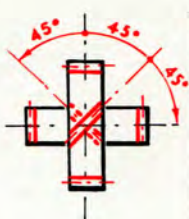
Elementi di calcolo



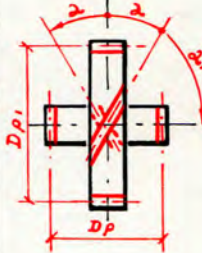
1. Assi paralleli  
Dp e Z eguali  
Angoli eguali



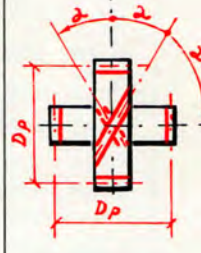
2. Assi paralleli  
Dp e Z disuguali  
Angoli eguali



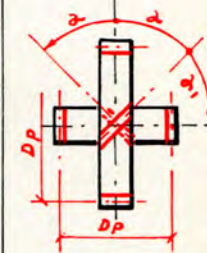
3. Assi ortogonali  
Dp e Z eguali  
Angoli di 45°



4. Assi ortogonali  
Dp disuguali  
Z eguali  
 $\tan \alpha = Dp : Dp'$

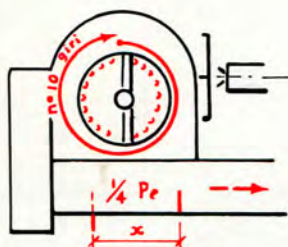


5. Assi ortogonali  
Dp eguali  
Z disuguali  
 $\tan \alpha = Zr : Zp$

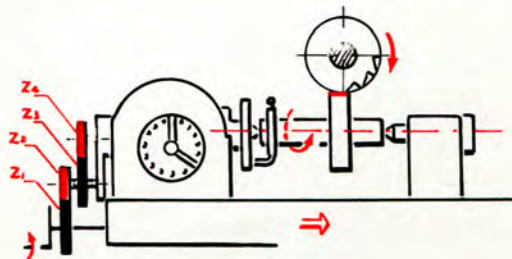


6. Assi ortogonali  
Dp e Z disuguali  
 $Zp = \frac{Z \cdot l \cdot \sin 45^\circ}{Mn [1 + R \cdot \tan 45^\circ]}$   
 $Zr = Zp \cdot R$

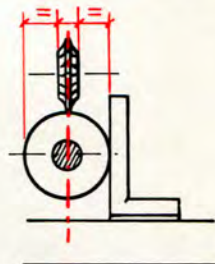
Preparazione



7. Prova del passo (x)



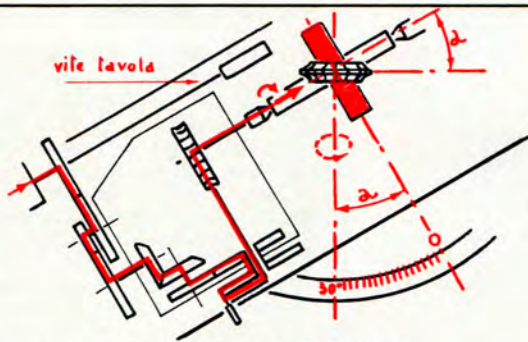
8. Montaggio ruotismi



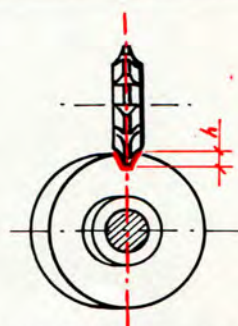
9. Centratura e sfioratura

— Per assicurarsi che la messa a punto del divisore è stata fatta correttamente, occorre eseguire a vuoto la prova del passo e dell'andamento dell'elica.

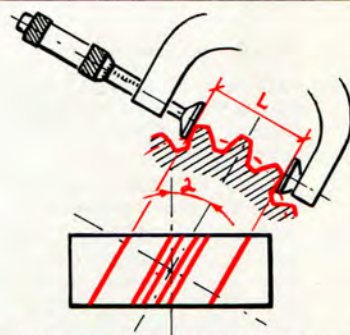
Esecuzione e controllo



10. Inclinazione tavola (elica destra)



11. Profondità di passata



12. Controllo con calibro a piattelli

— Prima di ruotare la tavola dell'angolo corrispondente a quello dell'elica è necessario posizionare e bloccare la slitta trasversale in modo che la mezzaria dei denti della fresa coincida con l'asse del pezzo.



## 1. Scopo dell'operazione

Generare scanalature elicoidali, eguali-equidistanti su di un cilindro, con moto di alimentazione, ottenuto dalla combinazione di quello rotatorio del divisore con quello rettilineo assiale della tavola, mediante il collegamento cinematico del divisore alla tavola.

## 2. Attrezzature

**Utensili:** fresa corrispondente al modulo normale, scelta secondo il numero di denti immaginario (fig. principale);

**Strumenti di controllo:** come nel F.P. 18F.

**Mezzi ausiliari:** divisore con ruote di assortimento; mandrino conico oppure con battuta e dado di chiusura.

## 3. Particolarità dell'operazione

Le ruote cilindriche con denti elicoidali, sono una variante di quelle a denti diritti e permettono:

- di ottenere maggior dolcezza di funzionamento;
- di poter trasmettere il moto tra assi sghembi;
- di poter modificare il rapporto di trasmissione senza variare la distanza fra gli assi.

Si possono costruire sulle fresatrici universali, che permettono il movimento elicoidale (F.P. 08F); notando però che non si possono fresare ruote che richiedano la divisione differenziale, a meno che non si disponga di dischi forati speciali per il divisore.

I principali tipi di questi ingranaggi sono illustrati nelle figure 1-6 che riportano pure le formule fondamentali particolari per ogni tipo.

## 4. Formule generali di calcolo

Le formule di calcolo delle ruote elicoidali, derivanti dai tre passi e cioè:

- dal passo normale  $P_n$ ;
- dal passo circonferenziale  $P_c$ ;
- dal passo dell'elica  $P_e$ ; che a loro volta dipendono dall'angolo d'inclinazione (fig. principale) sono indicate nella tabella seguente:

### FORMULE DI CALCOLO PER INGRANAGGI ELICOIDALI

Elemento	Simbolo	Formule
Modulo normale	$M_n$	$M_n = \frac{P_n}{3,14}$
Passo circolare	$P_c$	$P_c = \frac{P_n}{\cos \alpha} = \frac{D_p \cdot 3,14}{Z}$
Passo normale	$P_n$	$P_n = M_n \cdot 3,14 = P_c \cdot \cos \alpha$
Passo elica	$P_e$	$P_e = \frac{P_n \cdot Z}{\sin \alpha} = \frac{D_p \cdot 3,14}{\operatorname{tg} \alpha}$
Diametro primitivo	$D_p$	$D_p = \frac{P_c \cdot Z}{3,14} = M_c \cdot Z$
Diametro esterno	$D_e$	$D_e = D_p + 2 M_n$
Diametro interno	$D_i$	$D_i = D_p - 2,334 M_n$
Altezza dente	$h$	$h = 2,167 \cdot M_n$
Numero immag. denti	$Z_i$	$\frac{Z}{\cos^3 \alpha}$
Rapporto di trasmissione	$R_t$	$R_t = \frac{P_e}{p \cdot e}$

**NOTA:** per il significato delle lettere vedi figura principale, ed inoltre:

$p$  = passo della vite fresatrice;

$r$  = rapporto del divisore (1/40);

$R_t$  = ruotismo da collocare fra il divisore e la vite della tavola.

Generalmente si conoscono i valori costruttivi:  $M_n$ ,  $Z$ ,  $\alpha$ ; nel caso di dover rifare una ruota consumata si ricorre a:  $M_n$ ,  $Z$ ,  $D_i$  dai quali si ricavano gli altri elementi.

## 5. Metodo di lavoro

- sistemare il divisore sulla tavola collocando sugli assi rispettivi (asse divisore, vite tavola e lira) le ruote calcolate ( $R_t$ );
- ritirare il nottolino che fissa la posizione del disco divisore;
- provare praticamente il passo sviluppato dal ruotismo, facendo eseguire un giro completo al pezzo e controllando lo spostamento effettuato dalla tavola (40 giri di manovella del divisore);

**NOTA:** qualora il passo fosse troppo lungo la rotazione del pezzo potrà essere di 1/2-1/4, ecc. di giro e la corsa della tavola proporzionale (esempio: nella fig. 7 si sono effettuati 10 giri ed il passo è ridotto ad 1/4 della lunghezza);

- scegliere la fresa e bloccarla ben centrata sull'albero portafresa;

- bloccare l'elemento da fresare sul divisore, centrare la fresa su di esso e bloccare la slitta trasversale (fig. 9);

- inclinare la tavola dell'angolo  $\alpha$  a destra o a sinistra secondo il disegno;

- controllare se la rotazione del pezzo risulta corrispondente al senso dell'elica, in caso contrario si colloca un'altra ruota intermediaria;

- determinare i fattori di taglio sulla macchina e la divisione sul divisore;

- far sfiorare il pezzo con la fresa (fig. 9);

- ritirare l'elemento, alzare la tavola di una quantità eguale all'altezza del dente (fig. 11) e bloccare leggermente la slitta verticale, in modo da permettergli un movimento preciso;

- azzerare il tamburo ed eseguire il primo vano (vedi nota), osservando che il pezzo esca completamente dal contatto della fresa;

- abbassare la mensola di un valore corrispondente a due o tre giri del volantino e ricondurre la tavola a mano alla primitiva posizione, perché la fresa, a causa dei giuochi non imbocca più il vano eseguito;

- effettuare la divisione e ripetere il ciclo per alcuni vani seguenti;

- controllare, con apposito calibro (fig. 12) lo spessore e l'altezza del dente;

- effettuare, se necessarie le opportune correzioni e procedere al taglio di tutti i vani;

**NOTA:** conviene operare a mano e lentamente il primo contatto del pezzo con la fresa e quindi innestare l'automatico.

## 6. Controllo definitivo

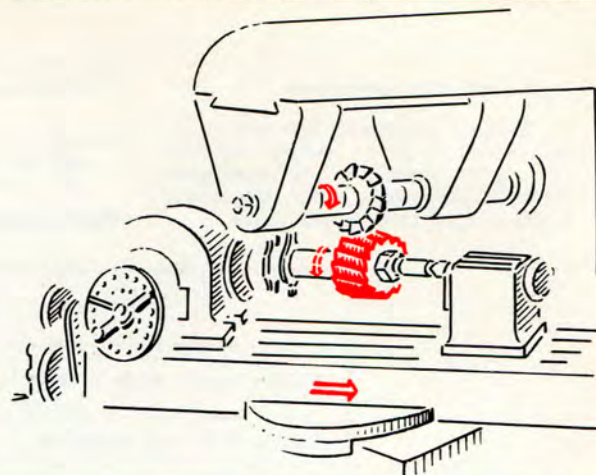
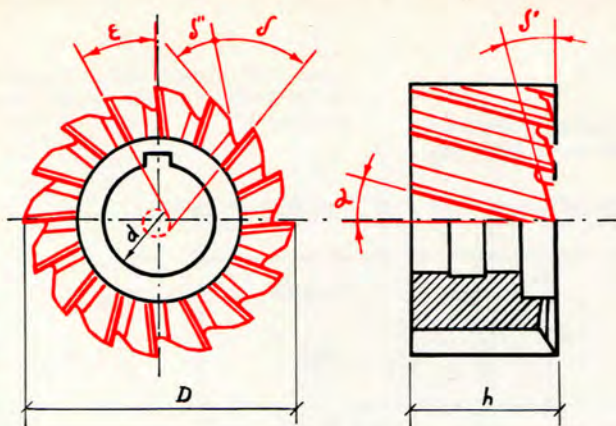
Per il controllo dello spessore dei denti e dei diametri si usano i metodi indicati nel F.P. 18F (calibro per ingranaggi; micrometro a piattello, fig. 12; rulli calibrati) osservando che le misure devono eseguirsi normalmente al dente. Inoltre, le ruote cilindriche a denti elicoidali devono essere soprattutto molto precise nell'angolo d'inclinazione.

Quelle ad assi paralleli si provano facendole ruotare, una contro l'altra su di un piano di riscontro, osservando la figura di contatto fra i denti ed eventualmente correggendo il passo dell'elica.

Gli ingranaggi ad assi ortogonali vanno montati su appositi supporti, che mantengono gli assi perfettamente a 90° e permettono loro di ruotare con i denti a contatto.

Disponendo dell'apparecchio o della macchina su cui detti ingranaggi dovranno lavorare, si possono collocare in sede, eseguendo la prova pratica con maggior efficacia.



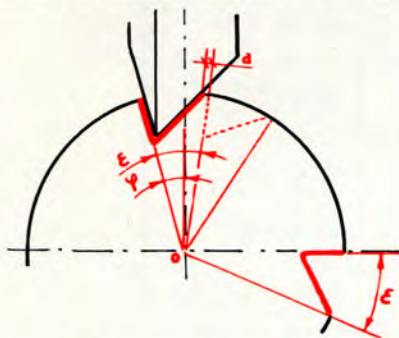


elementi

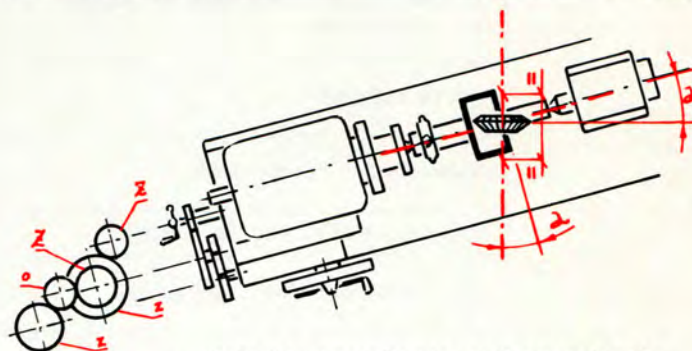
FRESA ELICOIDALE

montaggio

Elementi di calcolo



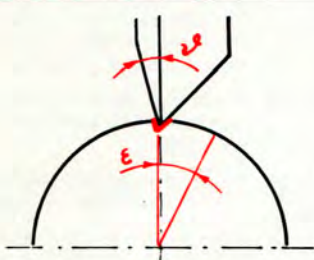
1. Posizionamento fresa



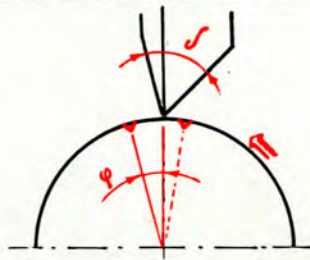
2. Centraggio, ruotismo e inclinazione tavola

— Prima di ruotare la tavola dell'angolo  $\alpha$  occorre posizionare la slitta trasversale in modo che la fresa biconica si trovi come indicano le figure 1 oppure 7 secondo che la fresa da ottenere avrà angolo nullo o positivo.

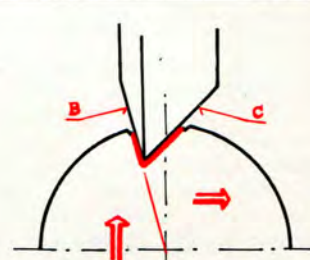
Inizio denti periferici



3. Prima tacca



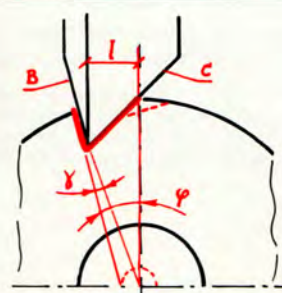
4. Spostamento angolare



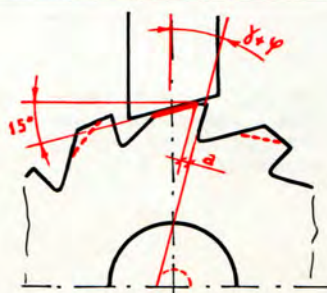
5. Profondità di passata

— Il posizionamento del pezzo per ottenere l'esatta impostazione angolare dei denti si effettua in fasi successive (fig. da 3 a 6).

Dentatura periferica e frontale



6. Prima e seconda spoglia sulla periferia



7. Prima e seconda spoglia sul fronte

— Il dorso del dente si eseguisce con frese ad angolo aventi angoli appropriati. Per i denti frontali occorre inoltre inclinare il divisore dell'angolo  $\alpha$ .



## 1. Scopo dell'operazione

Generare scanalature elicoidali eguali equidistanti su di un cilindro con frese ad angolo, frontali e per scanalature elicoidali appropriate e con il collegamento cinematico del divisore alla tavola.

## 2. Attrezzature

**Utensili:** frese per scanalature elicoidali con gli angoli appropriati (esempio: 12° — 60°; 75°);

**Mezzi ausiliari:** divisore universale, man-

drino con nasello per il fissaggio tra le punte e di sbalzo del pezzo da fresare.

## 3. Formule di calcolo

Elemento	Simbolo	Formule
Angolo fra un dente e l'altro	$\varepsilon$	$\varepsilon = \frac{360^\circ}{Z}$
Angolo di spoglia superiore	$\gamma$	da 5° a 15°
Angolo d'inclinazione sul cilindro	$\alpha$	da 5° a 25°
Angolo minore della fresa ad angolo Angolo completo della fresa ad angolo per scanalature	$\vartheta$ $\delta$	da 12° a 20° da 60° a 80°
Passo dell'elica	$Pe$	$Pe = \frac{3,14 \cdot D}{\text{tg } \alpha}$
Ruotismo del divisore-tavola	$Rt$	$Rt = \frac{Pe}{p \cdot r}$
Inclinazione divis. per tagli frontali	$\alpha$	da 5° a 25°
Angolo posizionamento fresa-pezzo	$\varphi$	$\text{tg } \varphi = \frac{\text{tg } \beta}{\cos \alpha}$

## 4. Metodo di lavoro

A) Per frese a denti di sega elicoidali con un solo angolo sul dorso:

- montare sull'albero portafresa, ben centrata, la fresa ad angolo per scanalature;
- sistemare il divisore sulla tavola collocando sugli assi rispettivi e sulla lira le ruote calcolate in relazione all'angolo  $\alpha$ ;
- ritirare il nottolino che fissa la posizione del disco divisore;
- inclinare la tavola dell'angolo  $\alpha$  e provare praticamente il passo (F.O. 25F);
- bloccare l'elemento da fresare sull'apposito mandrino e questi sulle punte del divisore;
- disporre il piano verticale del pezzo in corrispondenza dello spigolo della fresa, ed eseguire un leggero intaglio sulla periferia (fig. 3);
- far ruotare il divisore dell'angolo  $\varepsilon$  e praticare un altro leggero intaglio (fig. 4);
- ruotare il divisore nel senso indicato dalla freccia dell'angolo  $\varphi$  (fig. 5);
- spostare il pezzo nel senso trasversale e verticale in modo tale che la faccia B della fresa, sfiori la prima tacca eseguita, e la faccia C si avvi-

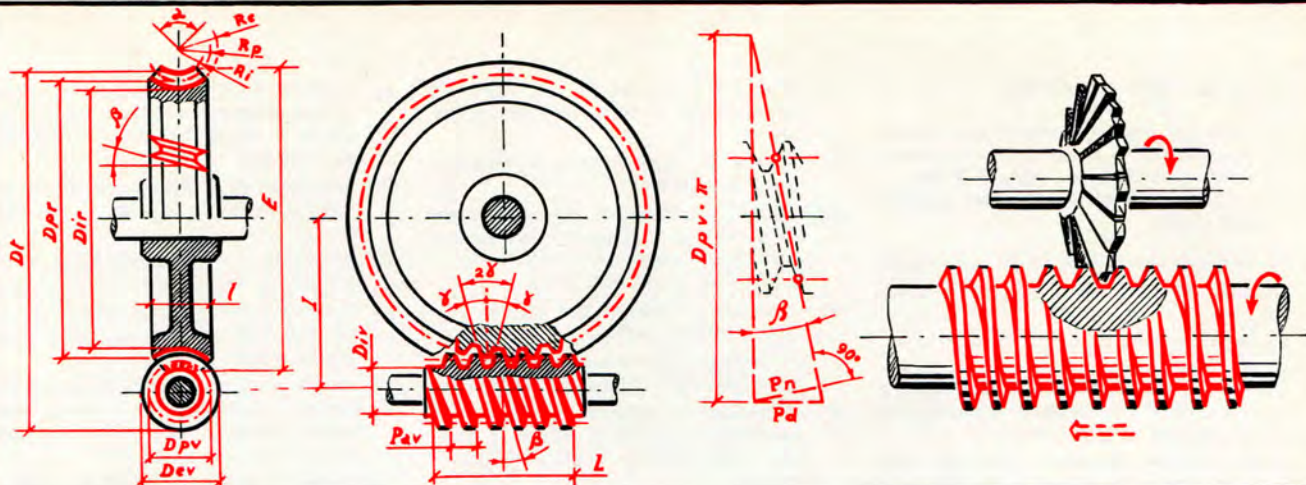
cini alla seconda tacca, tenendo conto dell'arco di affilatura (fig. 6);

- eseguire un secondo vano e controllare con il calibro il valore della parte non fresata a (fig. 1) che dovrebbe avere un valore di mm 1-1,5;
  - effettuare, se necessarie, le opportune correzioni e procedere alla fresatura di tutti i vani.
- B) Per frese a doppio angolo sul dorso e con angolo di spoglia superiore:
- per il primo taglio, procedere in tutto come nel caso precedente, notando che alla fase i, prima di regolare la profondità di passata occorre spostare il disco dalla mezzaria di un valore  $l = R \cdot \sin \gamma$  e quindi spostare il pezzo in modo che la faccia B della fresa sfiori la prima tacca eseguita, mentre che la faccia C passi per la metà circa dell'arco fra un dente e l'altro (fig. 7A);
  - sostituire la fresa ad angolo per scanalature con una ad angolo frontale, avente un angolo da 70° a 80° (esempio: 75°, fig. 7D);
  - centrarla sul dente ed effettuare il secondo taglio sul dorso osservando che la parte non fresata a, abbia sempre un valore di mm 1-1,5.

C) Per denti frontali con spoglia superiore positiva:

- riportare la macchina nelle condizioni normali (raddrizzare la tavola, togliere il ruotismo di collegamento alla tavola divisore, rimettere in sede il nottolino di vincolo del disco, ecc.);
- fissare il pezzo (già fresato sulla periferia) ben centrato di sbalzo sul divisore;
- inclinare il divisore dell'angolo  $\alpha$  dalla verticale (valore della spoglia);
- centrare il pezzo rispetto al piano della fresa ad angolo, osservando che coincida con l'inizio del dente elicoidale periferico (fig. 7C);
- spostare la tavola, alzare la mensola di una quantità conveniente, fresando la parte A del vano (fig. 7C);
- eseguire un secondo vano correggendo progressivamente l'altezza del dente;
- effettuare la fresatura di tutti i vani;
- sostituire la fresa con altra di 75° e riportare il divisore sull'asse verticale;
- spostare il pezzo (senza rotazione) in modo che la fresa lavori sul dorso nella parte B del vano, lasciando un quadretto piano di mm 1-1,5 (fig. 7D).

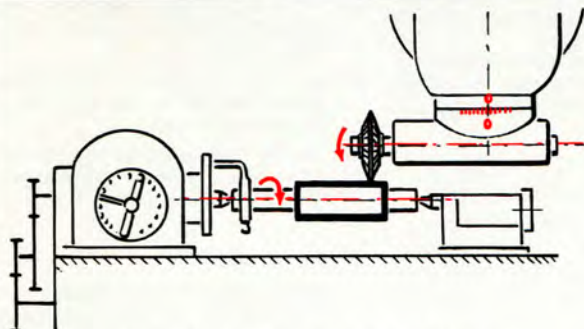




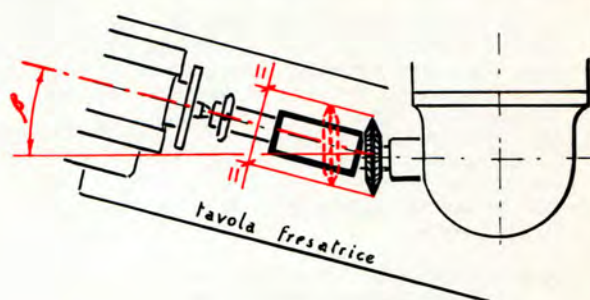
RUOTA ELICOIDALE

VITE SENZA FINE

Vite senza fine



1. Montaggio del pezzo e della fresa



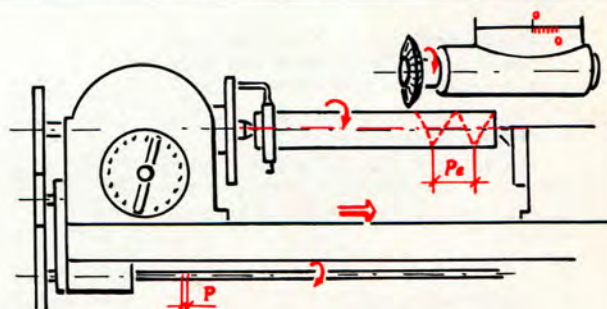
2. Inclinazione tavola e centraggi

— Per fresare passi corti (viti senza fine) non potendo ruotare la tavola dell'angolo corrispondente (maggiore di 45°) si ricorre alla testa universale speciale che permette di orientare l'asse della fresa in qualsiasi posizione.

Casi speciali



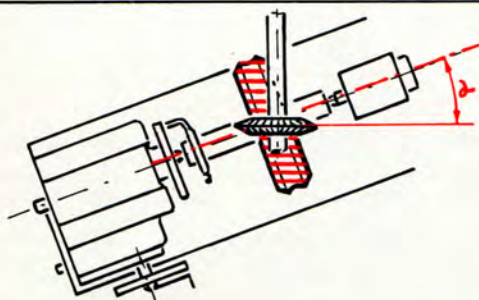
3. Inclinazione asse fresa



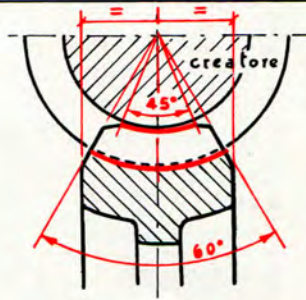
4. Collegamento diretto: vite-divisore

— Per le viti a più principi occorre disporre di un disco che permetta di effettuare la divisione sul cilindro per passare da un filetto all'altro. Il collegamento cinematico del divisore-vite madre avviene direttamente sull'asse del mandrino.

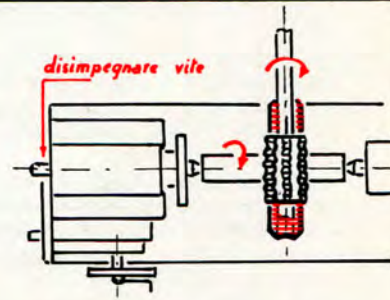
Fresatura ruota elicoidale



5. Fresatura preventiva con fresa



6. Centraggio ruota



7. Finitura con creatore

— L'esecuzione di queste ruote si effettua in due tempi:  
1) Sgrossatura con fresa a singola e tavola inclinata.  
2) Finitura con creatore a trascinamento libero e tavola normale.



## 1. Scopo dell'operazione

A) Eseguire una o più scanalature eguali-equidistanti, di passo corto (vite senza fine); con fresa a modulo e con il collegamento cinematico del divisore alla tavola.

B) Eseguire la dentatura di una ruota elicoidale per vite senza fine.

## 2. Attrezzature

Utensili: fresa speciale per cremagliere e creatore corrispondenti al modulo ed angolo di pressione;

Mezzi ausiliari: divisore universale con ruotismo appropriato, testa universale speciale, mezzi di fissaggio del pezzo.

## 3. Particolarità dell'operazione

La coppia Vite senza fine-ruota elicoidale rappresenta un caso particolare degli ingranaggi elicoidali, in essa uno di questi assume la forma di una vite trapezoidale e l'altro di un ingranaggio con denti elicoidali e concavi.

Generalmente questa coppia trasmette il moto fra due assi ortogonali, però lo può fare pure su assi sghembi. In particolare:

A) Vite perpetua (o senza fine). Siccome lavora con attrito radente, è necessario che i fianchi dei filetti siano ben levigati.

Il filetto si può tagliare al tornio (F.P. 31T) (F.P. 40T).

Si può fresare con macchine filetatrici speciali oppure sulla fresatrice universale (come si indica nel presente foglio).

B) Ruota elicoidale: si esegue normalmente sulle dentatrici con creatore appositamente costruito.

Sulla fresatrice si può eseguire con il divisore automatico (F.P. 31).

Nel presente foglio indicheremo un sistema di costruzione sufficientemente approssimato, possibile anche senza tale divisore.

## 5. Metodo di lavoro

A) Vite perpetua:

- esaminare il disegno ed il pezzo tornito preparando tutti gli accessori di lavorazione;
- sistemare il divisore sulla tavola collocando sugli assi rispettivi e sulla lira le ruote ottenute dal calcolo (Rt);
- ritirare il nottolino del divisore e provare praticamente il passo (F.P. 25F c)
- inclinare la tavola (fig. 2) oppure la testa (fig. 3); nel senso voluto dell'angolo  $\beta$ ;
- collocare sulla macchina la testa universale speciale, disponendo orizzontalmente il mandrino portafresa;
- fissare la fresa ben centrata sul mandrino della testa;
- controllare il senso di rotazione della fresa, rispetto a quello del pezzo;
- impostare sulla macchina le condizioni di lavoro;
- posizionare il pezzo al centro della fresa (fig. 2-3);
- sfiorare il pezzo con la fresa in movimento, azzerare il tamburo e bloccare convenientemente le slitte;
- ruotare indietro il pezzo, togliendolo dal contatto della fresa;

- alzare la mensola di una quantità leggermente minore dell'altezza totale  $h$ ;
- iniziare la sgrossatura effettuando due o tre filetti;
- fermare la macchina, azzerare il tamburo verticale, abbassare la mensola e ruotare il pezzo in modo da riportarlo nella posizione iniziale;
- controllare l'altezza del filetto e lo stato delle superfici;
- procedere alle eventuali correzioni e riprendere la fresatura fino alla fine;
- abbassare la mensola, ritornare alla posizione di partenza alzare la mensola della altezza  $h$  ed eseguire la finitura.

## NOTA:

- Se la vite senza fine è di modulo ridotto, si può fresare in una sola passata, con avanzamento e velocità adeguata.
- Disponendo di una testa universale speciale anziché inclinare la tavola si può inclinare la testa dell'angolo  $\beta$ .

## B) Ruota elicoidale:

- bloccare la ruota sul mandrino e questo fra le punte del divisore;
- inclinare la tavola dell'angolo  $\beta$ ;
- collocare sull'albero portafresa ordinario, una fresa normale del modulo corrispondente e centrarla rispetto alla ruota (fig. 4);
- preparare le divisioni in relazione ai denti della ruota da fresare;
- far sfiorare il centro concavo della ruota con la periferia della fresa ed azzerare il tamburo;
- bloccare le slitte trasversale e della tavola, e con aggiustaggio preciso, anche quella verticale;

g.) mettere in moto la fresa ed alzare progressivamente la mensola fino alla quota  $h$  meno 1-2 mm, in relazione al modulo;

h.) effettuare la divisione ed effettuare, nello stesso modo, tutti i vani della ruota;

i.) sostituire il creatore alla fresa e rad-drizzare la tavola alla posizione zero;

l.) togliere la brida del mandrino ed osservare che giri fra le punte senza sforzo e senza gioco;

m.) alzare gradualmente la mensola fino a che il creatore sfiori il centro della parte concava della ruota, ed azzerare il tamburo verticale;

n.) alzare la mensola progressivamente, girando a mano il creatore e procurando d'ingranarlo nei denti già eseguiti;

o.) dopo alcuni giri, mettere in moto il creatore, che trascinerà nella rotazione anche la ruota;

p.) ad ogni giro della ruota alzare progressivamente la mensola fino a raggiungere la quota  $h$ ;

q.) lasciar ruotare il creatore per qualche giro, con il fine di lisciare perfettamente i vani eseguiti.

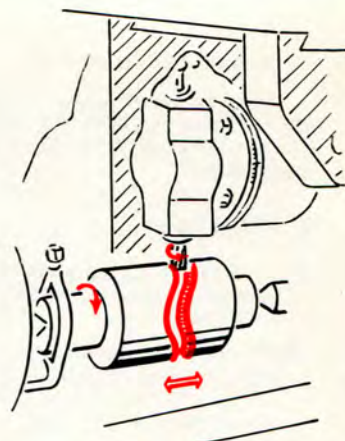
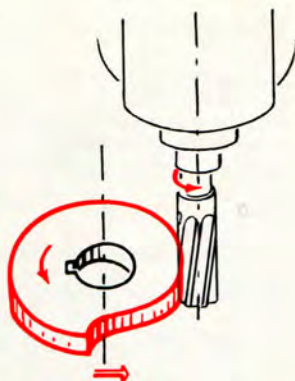
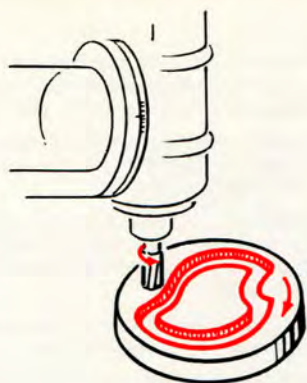
## 6. Avvertenze

— Se la vite è a vari principi, dopo la sgrossatura completa del primo filetto si iniziano i seguenti, effettuando la rotazione o divisione del pezzo per mezzo del disco divisore (fig. 3);

— Sulla fresatrice si possono anche fresare viti di passo corto disinnestando la coppia elicoidale del divisore e collocando il ruotismo direttamente dalla vite della macchina all'asse principale del divisore (fig. 4).

Elementi	SIMBOLO	Vite senza fine (v)	Ruota elicoidale (r)
Modulo normale	$Mn$	$Mnv = Mav \cdot \cos \beta$	$Mnr = Mar \cdot \cos \beta$
Modulo assiale	$Ma$	$Mav = \frac{Mnv}{\cos \beta}$	$Mar = \frac{Mnr}{\sin \beta}$
Modulo circonf.	$Mc$	$Mcv = \frac{Mnv}{\sin \beta}$	$Mcr = \frac{Mnr}{\cos \beta}$
Passo normale	$Pn$	$Pnv = Mnv \cdot \pi$	$Pnr = Mnr \cdot \pi$
Passo assiale	$Pa$	$Pav = Mav \cdot \pi$	$Pcr = Mar \cdot \pi$
Passo circonf.	$Pc$	$Pcv = Mcv \cdot \pi$	$Par = Mcr \cdot \pi$
Numero di denti	$Z$		$Z = \frac{Dpr}{Mar}$
Numero di principi	$np$	$np = \frac{Dpv}{Mcv}$	
Diametro primitivo	$Dp$	$Dpv = \frac{Mnv \cdot np}{\sin \beta}$	$Dpr = Dpr \cdot 2 Mnr$
Diametro esterno	$De$	$Dev = Dpv - 2 Mnv$	$Der = Dpr \cdot 2 Mnr$
Diametro interno	$Di$	$Div = Dpv - 2,334 Mnv$	$Dir = Dpr - 2,334 Mnr$
Altezza dente	$h$	$h = 1,167 Mnv$	$h = 1,167 Mnr$
Angolo d'inclinaz.	$\beta$	$\tan \beta = \frac{Mav}{Mcv}$	$\tan \beta r = \frac{Mcr}{Mar}$
Diametro esterno tornitura	$E$		$E = Div \left( 1 - \cos \frac{2}{\alpha} \right) + Der$
Rapporto vite ruota	$R$	$R = \frac{np}{Z}$	
Ruotismo divisore	$Rt$	$Rt = \frac{Pav}{p \cdot r}$	



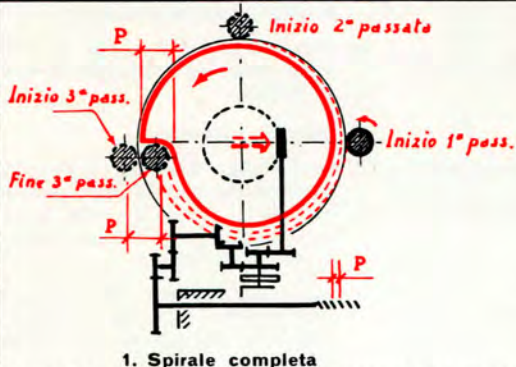


A DISCO

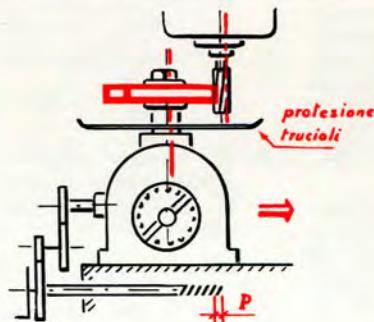
CAMME

A TAMBURO

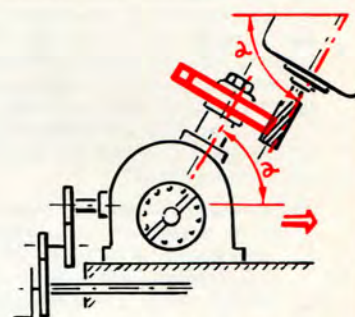
Posizionamento divisore



1. Spirale completa



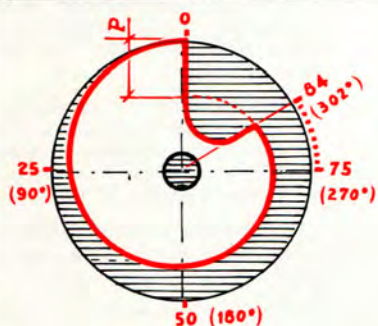
2. Con divisore verticale



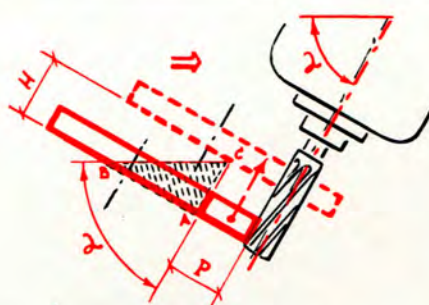
3. Con divisore inclinato

— Le spirali vengono realizzate disponendo: divisore e testa verticali oppure divisore e testa inclinati all'angolo  $\alpha$ .

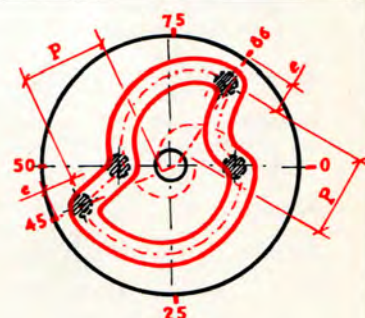
Camme esterne ed interne



4. Spirale incompleta



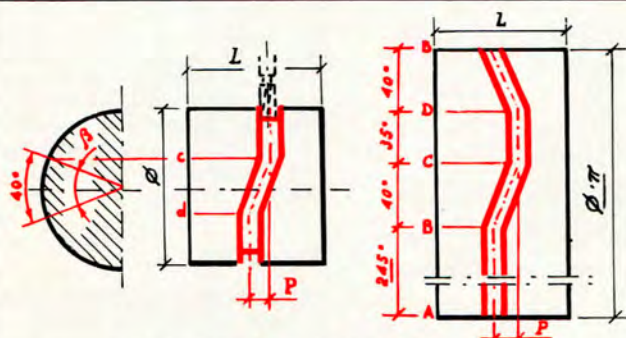
5. Spostamento della fresa sul pezzo



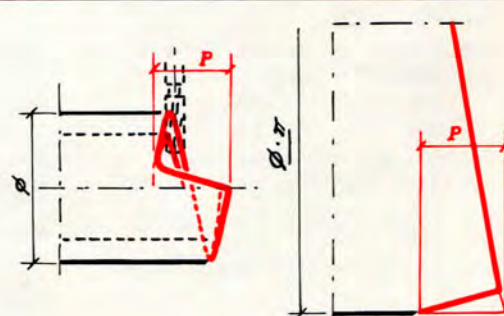
6. Spirali doppie interne

— Per calcolare il ruotismo occorrente alla realizzazione di spirali contenute in archi minori di 360°, si deve cercare il ruotismo corrispondente alle spirali complete (360°).

Camme a tamburo e frontali



7. Elica parziale su cilindro e sviluppo



8. Idem con camma frontale

— Per calcolare il ruotismo occorrente all'esecuzione di camme occorre prima stabilire il passo esatto completo di ciascuna spirale (corrispondenti ad un giro) e disporre il divisore con asse orizzontale.



## 1. Scopo dell'operazione

Eseguire spirali piane o eliche cilindriche, intere o parziali, con collegamento cinematico del divisore alla tavola e con frese adatte.

## 2. Attrezzature

**Utensili:** fresa a gambo del diametro e lunghezza appropriata (vedi Nota al punto 3);

**Mezzi ausiliari:** divisore con mandrino autocentrante, naselli per il fissaggio dei pezzi da fresare e ruotismo conveniente.

## 3. Particolarità dell'operazione

### A) Spirali complete

La fresatura di una spirale d'Archimede, sviluppantesi su una superficie piana è analoga a quella elicoidale, generalmente di passo ridotto, effettuata disponendo il divisore con l'asse verticale o inclinato, utilizzando la testa verticale ed una fresa a gambo che lavora contornando la periferia.

**Primo caso: divisore con asse verticale:** se le prestazioni della macchina lo consentono e la serie di ruote di assortimento permettono di realizzare il passo esatto della spirale (fig. 2).

**Secondo caso: divisore con asse inclinato** se non è possibile combinare le ruote per il passo richiesto, si usa un ruotismo approssimato, e, per correggere la differenza rispetto al passo effettivo (A-B in fig. 5), s'inclina il divisore di un angolo ottenuto con la seguente espressione:

$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{passo effettivo (definito dal disegno)}}{\text{passo approssimato (ottenuto dal ruotismo)}} = \frac{p}{P}$$

**Esempio:** fresare una spirale con:  $p = 12$  mm, su di una fresatrice con la vite di  $P = 6$  mm.

**Soluzione:**

$$I) Rt = \frac{p}{P \cdot 40} = \frac{12}{240} = \frac{12 \cdot 1}{48 \cdot 5} = \frac{24 \cdot 20}{96 \cdot 100}$$

ruote non disponibili nella dotazione normale.

II) Le ruote di serie che permettono di avvicinarsi maggiormente al passo richiesto sono:

$$\frac{24 \cdot 24}{86 \cdot 100} = \frac{576}{8600} \text{ e cioè le più piccole e le più grandi della serie che permettono di effettuare un passo di:}$$

$$\frac{p}{240} = \frac{576}{8600}; p = \frac{576 \cdot 240}{8600} = 16,07 \text{ mm.}$$

Dovendo con tali ruote fresare la spirale di mm 12 di passo si ha:

$$\text{sen } \alpha = \frac{12}{16,07} = 0,748; \quad \alpha = 48^\circ 20'$$

(angolo d'inclinazione del divisore).

### B) Spirali non complete

Sovente su di uno stesso disco occorre effettuare un tratto di spirale che non abbraccia tutta la circonferenza (fig. 4), oppure vari tratti di spirali di passo diverso (fig. 6).

In tal caso si calcola il passo  $p$  della spirale completa, in rapporto con quella in cui la spirale si sviluppa (passo

fittizio  $p_1$ ) con la proporzione seguente:

$$p : c = p_1 : c_1$$

$p$  = passo spirale;  $c$  = circonferenza  $p_1$  = passo fittizio;  $c_1$  = arco di circonferenza dove  $c_1$  può essere espresso in percentuale della circonferenza ( $c = 100$ ) oppure in gradi ( $c = 360^\circ$ ) si ha quindi:

$$p = \frac{p_1 \cdot 100}{\%}; \quad p = \frac{p_1 \cdot 360^\circ}{\alpha}$$

$\alpha$  = angolo abbracciato dalla spirale.

**Esempio:** trovare il passo di una spirale che su 84 % di circonferenza ha un incremento  $P_1$  di mm 10,5. Trovare inoltre a quanti gradi corrisponde tale percentuale di circonferenza in ampiezza angolare.

**Soluzione:**

a) passo spirale =

$$p = \frac{p_1 \cdot 100}{84} = \frac{10,5 \cdot 100}{84} = 12,5$$

b) ampiezza angolare =  $84 : 100 = \alpha : 360^\circ$

$$\alpha = \frac{84 \cdot 360^\circ}{100} = 302^\circ 24'$$

**NOTA:** dovendo eseguire questo tratto di spirale nella fresatrice di cui all'esempio precedente, ed utilizzando le stesse ruote si ha:

$$\text{sen } \alpha = \frac{12,5}{16,07} = 0,777;$$

$\alpha = 51^\circ$  angolo d'inclinazione del divisore.

### Lunghezza della fresa

Se il divisore è inclinato, il pezzo si va avvicinando al codolo della fresa a gambo durante la rotazione del disco su cui la spirale si effettua (fig. 5). Detta fresa dovrà quindi essere tanto più lunga, quanto minore è l'angolo d'inclinazione del divisore, poiché mentre il disco ruota di  $c_1$  e la tavola si sposta della distanza  $CB$  (fig. 5) il pezzo avanza verso il codolo della

$$\text{distanza } CA = H; \text{ dove } H = \frac{AB}{\text{tg } \alpha} = \frac{p_1}{\text{tg } \alpha}$$

### C) Camme (a tamburo e frontali)

Se la parte elicoidale si sviluppa su di una parte del cilindro, si trova anzitutto il passo di un giro completo di esso servendosi delle formule precedenti.

**Esempio:** dati (fig. 7)  $p_1 = 10$ ;  $\alpha = 40^\circ$  (di elica) si ha:

$$a) p = \frac{10 \cdot 360^\circ}{40^\circ} = 90 \text{ mm};$$

al quale passo nella fresatrice di cui sopra corrispondono le ruote:

$$Rt = \frac{90}{6 \cdot 40} = \frac{90}{240} = \frac{24 \cdot 24}{48 \cdot 32}$$

b) per trasformare l'ampiezza angolare di  $40^\circ$  in numero di giri e spazi da passare sul divisore universale (F.P. 09F = divisioni angolari) si ha:

$$\frac{40^\circ}{9} = 4 + \frac{4}{9}, \text{ ossia 4 giri interi e}$$

12 spazi su di un disco di 27 fori.

## 4. Metodo di lavoro

### A) Per camme a disco

a) posizionare il divisore sulla tavola, preparando su di esso la catena cinematica corrispondente al passo;

b) fissare il disco da fresare sul divisore, e, se necessario, inclinare l'asse del medesimo dell'angolo  $\alpha$  (fig. 3);

c) collocare sulla fresatrice la testa verticale, inclinandola, se necessario, dell'angolo  $\alpha$  (fig. 3);

d) bloccare sul mandrino la fresa a gambo del diametro e lunghezza necessaria e determinare le condizioni di lavoro;

e) centrare il disco con il comparatore; sfiorarlo con la fresa in moto (fig. 1);

f) azzerare il tamburo, allontanare il pezzo dalla fresa in modo da poter effettuare la prima passata di sgrossatura, nella zona di maggior eccentricità (fig. 1);

g) avvicinare progressivamente il pezzo alla fresa e ripetere le passate fino a raggiungere la profondità richiesta;

h) aumentare leggermente la velocità della fresa ed effettuare la passata di finitura.

### B) Camma a tamburo

i) procedere come da a fino ad e, osservando che la fresa usata sia più corta possibile e la testa sia posizionata perpendicolarmente alla faccia da lavorare;

l) sgrossare il primo tratto di scanalatura circolare (A B, fig. 7) con la sola rotazione del pezzo, bloccando la slitta della tavola;

m) inserire il ruotismo (già preparato in precedenza) ed eseguire il tratto elicoidale, raccordandolo perfettamente al precedente (B C);

n) interrompere nuovamente la catena cinematica di comando elicoidale, ed eseguire il secondo tratto rettilineo (C D, fig. 7);

o) procedere come in m (tratto C D, fig. 7) notando che per esso occorre interporre una intermedia oziosa nel ruotismo, essendo il tratto di elica di senso contrario al primo;

p) procurare che il tratto in esecuzione si raccordi perfettamente con il primo tratto eseguito (A B, fig. 7);

q) ripetere il ciclo con fresa di diametro esatto per la finitura.

### C) Camme frontali

— Per eseguire camme frontali (fig. 8) si segue il metodo indicato in B), usando una fresa più robusta possibile.

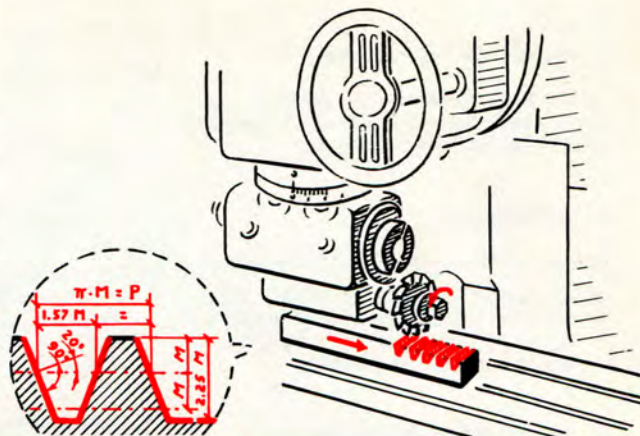
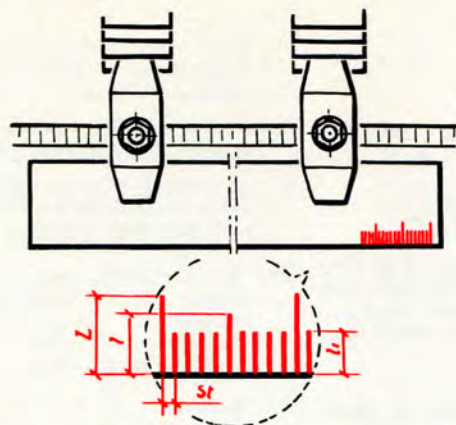
— Per l'esecuzione di camme piane (fig. principale a sinistra) di profilo qualunque, occorre pure tracciare le camme in relazione con i movimenti che la stessa deve produrre e servirsi della piattaforma circolare (per i tratti circolari) e delle slitte trasversale e longitudinali per i tratti di altra forma.

## 5. Avvertenze

— Per le spirali a più rientranze (fig. 6) occorre tracciare la camme, effettuare anzitutto gli scarichi e cambiare il ruotismo ad ogni lobo, se sono di ampiezza e di passo diverso.

— Disponendo di un giunto cardanico, che imprime il movimento automatico alla tavola girevole, i tratti a spirale si potranno eseguire automaticamente.



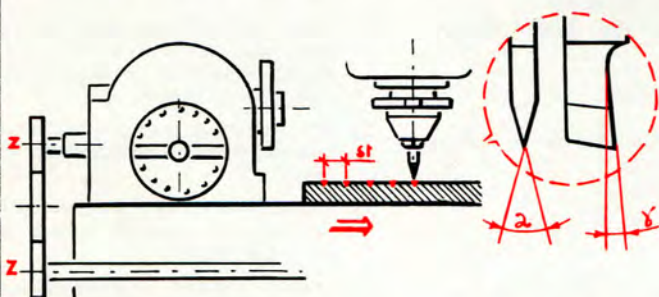


righe graduate

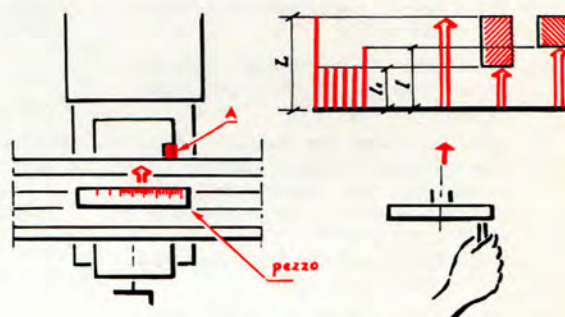
DIVISIONI

cremagliere

Graduazioni su piano



1. Posizionamento del divisore

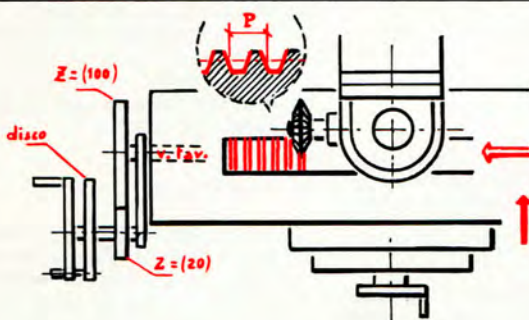


2. Dettaglio utensile

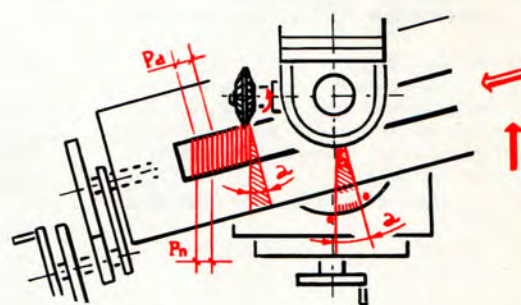
3. Arresti per le lunghezze

— Per ottenere divisioni lineari di precisione, si può ricorrere con vantaggio all'uso del divisore collegato cinematicamente alla vite della tavola con opportuno ruotismo.

Lavorazione cremagliere



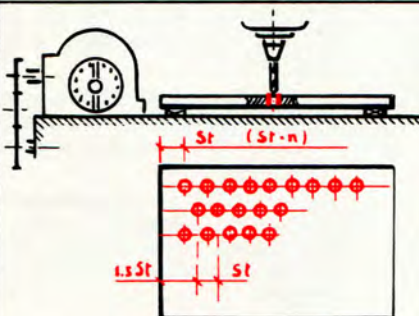
4. Applicazione divisore speciale



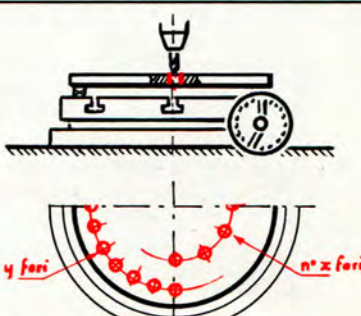
5. Cremagliera inclinata

— Disponendo di apparecchio divisore speciale per cremagliere, applicabile all'estremità della tavola, il calcolo del passo risulta semplificato ed il campo di lavoro più esteso.

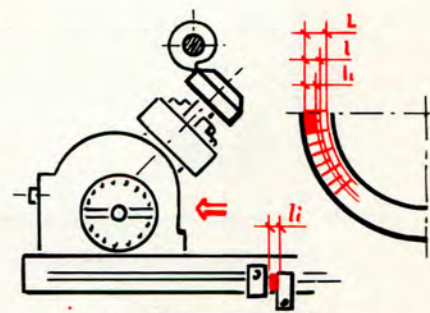
Suddivisioni diverse



6. Forature equidistanti di precisione



7. Idem con rotazione del pezzo



8. Graduazioni su cono o cilindro

— Con l'uso dei divisori detti sopra, in combinazione con altri dispositivi (tavola girevole, ecc.) movimenti ortogonali della tavola, ed impostazioni varie, si può estendere moltissimo il campo di applicazione sulle divisioni.



## 1. Scopo dell'operazione

Eseguire graduazioni, dentiere, fori equidistanti, ecc., servendosi di utensili adatti e del divisore universale.

## 2. Attrezzature

**Utensili:** in relazione ai lavori da eseguire.

**Mezzi ausiliari:** divisore universale, divisore per cremagliere, tavola girevole, mezzi di fissaggio dei pezzi, blocchetti limitatori di corsa.

## 3. Particolarità dell'operazione

Sulla fresatrice universale si possono effettuare spostamenti uguali della tavola mediante il movimento manuale:

- del volantino, regolandosi con il tamburo graduato;
  - della manovella del divisore speciale per cremagliere, applicato alla testata della tavola (fig. 4-5);
  - della manovella del divisore universale collegato cinematicamente alla tavola (fig. 1-6). Questi ultimi due metodi garantiscono spostamenti più sicuri e più precisi.
- Applicazioni pratiche di questi metodi si ha nell'esecuzione di:
- graduazioni lineari su righe, calibri, ecc.;
  - cremagliere diritte ed inclinate;
  - fori equidistanti, ecc.

## 4. Calcoli per lo spostamento della tavola con il divisore (F.P. 09F)

Chiamando:

$St$  = spostamento tavola in mm;  
 $n$  = giri interi della manovella;  
 $f$  = serie di fori del disco da usare;  
 $s$  = spazi da contare sulla serie di fori del disco;  
 $P$  = passo della vite della fresatrice, si ha:

$$\frac{40 \cdot St}{P} = n + \frac{s}{f}$$

**Esempio I** - Dati:  $St = 1$  mm;  $P = 6$  mm, si ha:

$$\frac{40 \cdot 1}{6} = \frac{40}{6} = 6 + \frac{12}{18}; \text{ e cioè } 6 \text{ giri interi, } + 12 \text{ spazi su un disco di 18 fori.}$$

**Esempio II** - Dati:

$$St = \frac{19}{20}; P = 8 \text{ mm; si ha:}$$

$$\frac{40 \cdot 19}{8 \cdot 20} = \frac{19}{4} = 4 + \frac{3}{4} =$$

$$4 \text{ giri } + \frac{15}{20} \text{ spazi fori}$$

**NOTA:**  $\frac{19}{20}$  = valore di ogni divisione del nonio del calibro ventesimale.

**Esempio III** - Dati:  $St = \frac{1}{16}$ ;  $P = 6$  mm,

si ha:

$$\frac{1''}{16} = \frac{25,4}{16} = 1,587; \frac{40 \cdot 1,587}{6000} = \frac{63480}{6000} = 10 \frac{348}{600} = 10 \frac{29}{50}$$

**NOTA:** non essendoci il disco di 50 fori, si potranno fare 10 giri di manovella passando quindi 18 spazi sopra un disco di 31 fori, con un errore trascurabile.

## 5. Calcoli per lo spostamento della tavola con il divisore per dentiere (figg. 4-5).

Caratteristiche del divisore per dentiere:

disco con 50 e 100 fori

serie di ruote con 20-50-100 denti

si ha:

$$\frac{m \cdot \pi \cdot Z_2}{P \cdot Z_1} \cdot f = \text{spazi.}$$

**Esempio III** - Dati: modulo = 2  $P = 6$  scelgo  $f = 100$

$$Rt = \frac{1}{5} = \frac{20 Z_1}{100 Z_2}$$

sostituendo:

$$\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5}{6 \cdot 1} 100 = \frac{3140}{6} = 523,3 \text{ spazi.}$$

$$\frac{523}{100} = 5 \text{ giri } + \frac{23 \text{ spazi}}{100 \text{ fori.}}$$

Calcolo dell'errore sul passo:

$$\frac{523 \cdot 6}{100 \cdot 5} = \frac{31,38}{5} = 6,276$$

$$6,28 - 6,276 = 0,004 \text{ mm.}$$

## 6. Metodo di lavoro

### A) Graduazioni

- fissare il divisore sulla tavola collocando sugli assi le due ruote eguali di 24 denti e cioè il rapporto di trasmissione eguale a  $\frac{1}{1}$  (fig. 1);
- posizionare la riga da graduare sulla tavola, controllandone l'allineamento con il comparatore;
- disporre il disco ed il compasso alidada per ottenere le divisioni previste dal calcolo;
- controllare l'affilatura dell'utensile, e se necessario riaffilarlo (fig. 2);
- bloccare l'utensile nella sua sede ed orientarlo con diligenza per evitare oscillazioni nella punta dell'utensile, si può bloccare la parte superiore del mandrino con due mezze piastre (fig. 1);
- posizionare la tavola in modo che la punta del tagliente corrisponda all'inizio della graduazione;
- sforare con la punta dell'utensile la superficie del pezzo con moto trasversale;

h) alzare leggermente la mensola per dare alla linea tracciata la profondità ed ampiezza voluta;

i) bloccare la slitta verticale e registrare le altre con aggiustaggio preciso;

l) eseguire le divisioni successive limitando la corsa delle slitte con opportuni blocchetti limitatori (fig. 3).

**NOTA:** i blocchetti limitatori (fig. 3) dovranno avere rispettivamente uno spessore di:  $L - l_1$ ; e di  $L - l$ , ed essere muniti di piccole maniglie per facilitarne la collocazione e rimozione.

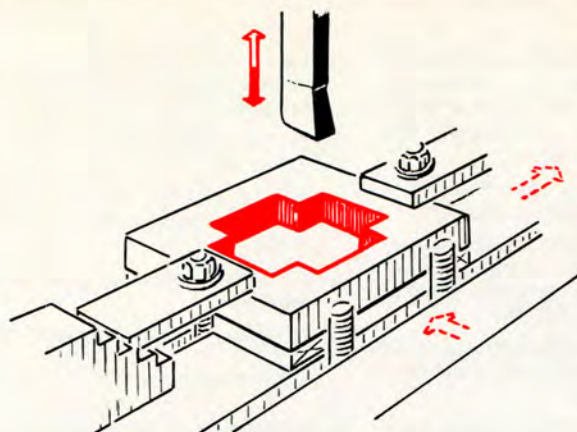
### B) Dentiere

- procedere come in a-b-c, fissando la dentiera della morsa, se essa è corta; se essa fosse lunga si posiziona direttamente sulla tavola (fig. 4) con opportuni riscontri e staffe;
- fissare sulla fresatrice la testa speciale per dentiera e bloccare sul mandrino la fresa (n. 8 speciale per cremagliere) adatta;
- sforare con la fresa in moto la superficie del pezzo in direzione del primo vano;
- spostare la tavola ed alzare la mensola di una quantità eguale all'altezza del dente;
- tagliare il primo vano previo la eliminazione del gioco del ruotismo;
- spostare la tavola ed effettuare la prima divisione secondo l'impostazione fatta sul divisore;
- tagliare il secondo vano e controllare le dimensioni del dente;
- effettuare, se necessario, le opportune correzioni, ed eseguire tutti i tagli modificando la posizione delle staffe (nelle dentiere lunghe), lasciando però sempre due staffe in presa sul pezzo.

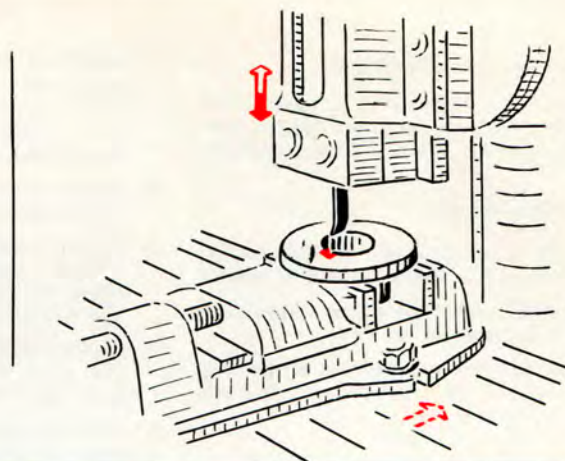
## 7. Avvertenze

- Per qualsiasi altra operazione di divisione precisa (fori su di una linea retta, scanalature di forma diversa, ecc.) si sposta la tavola con il divisore, come indicato nei due casi descritti (fig. 6).
- Per divisioni circolari (fig. 7) di dischi forati su circonferenze di vario raggio, tamburi graduati su cono (fig. 8) oppure su cilindri, ecc., si usa il divisore senza il cinematismo che lo collega alla tavola. Si applicano cioè le regole indicate nel F.P. 09F. per le divisioni dirette, indirette o differenziali.
- Non disponendo del divisore speciale per cremagliere, si utilizza il divisore universale come nel caso precedente (vedi esempio III).
- La punta dell'utensile per effettuare graduazioni dev'essere sottile, ma rettangolare, onde garantire la uniformità nella larghezza delle incisioni eseguite.





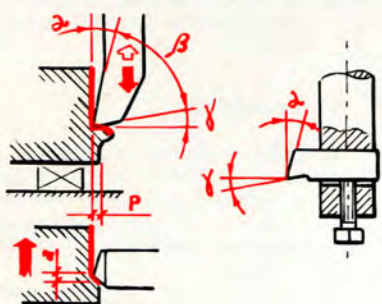
su tavola



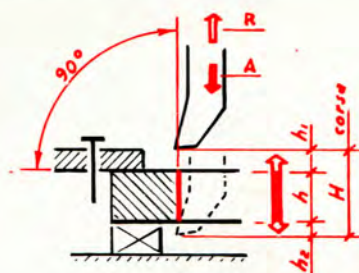
su morsa

STOZZATURA

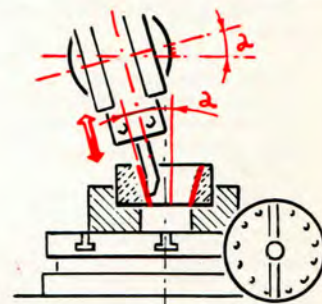
Generalità e posizionamento



1. Caratteristiche dell'utensile



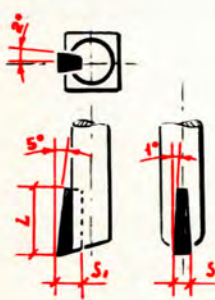
2. Lunghezza corsa



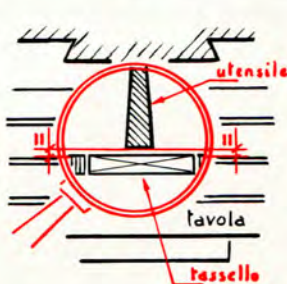
3. Direzione obliqua

— Per eseguire la stozzatura alla fresatrice si richiede l'impiego di un apparecchio speciale, che si applica al posto della testa verticale. Occorrono utensili adatti e la conoscenza delle norme per la stozzatura.

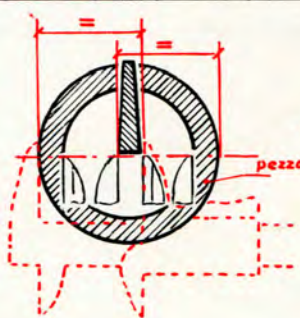
Esecuzione sedi chiave



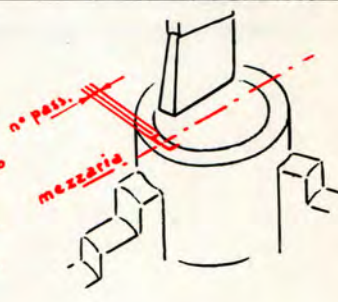
4. Utensile a placchetta



5. Fissaggio pezzo



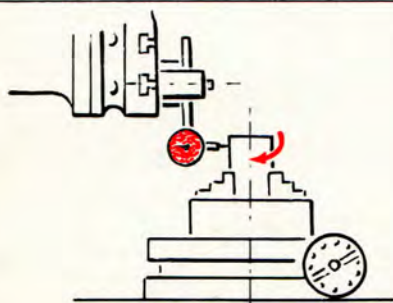
6. Allineamento utensili



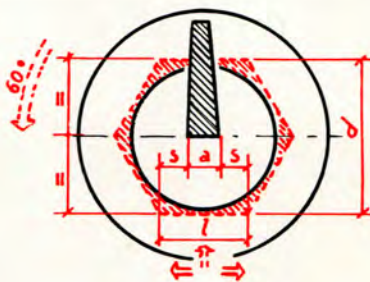
7. Centraggio foro

— L'esecuzione di scanalature all'interno di fori richiede l'impostazione precisa del pezzo in relazione all'utensile, con speciale riguardo al piano di lavoro, alla mezzaria ed alla corsa di lavoro.

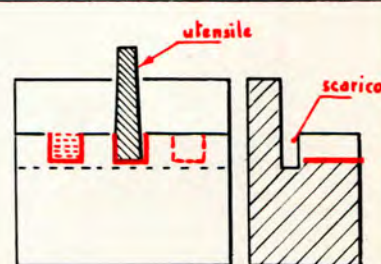
Profili interni ed esterni



8. Centraggio pezzo



9. Esecuzione esagono



10. Stozzatura esterna

— L'uso della testa a stozzare in combinazione con la tavola girevole, ed opportuni movimenti ortogonali della stessa, si possono ottenere svariati profili interni ed esterni.



## 1. Scopo dell'operazione

Ottenere scanalature, contorniture esterne ed interne applicando alla fresatrice un apparecchio speciale detto stozzatore.

## 2. Attrezzature

**Utensili:** integrali o con portautensili di forme e dimensioni adatte al lavoro;

**Strumenti di controllo:** calibro ventesimale calibri fissi in lamiera;

**Mezzi ausiliari:** apparecchio stozzatore, eventuali blocchetti paralleli di posizionamento.

## 3. Particolarità dell'operazione

L'apparecchio stozzatore converte il moto rotatorio dell'albero principale della fresatrice in movimento rettilineo alternativo.

Si applica alla fresatrice in luogo, della testa verticale, e, generalmente si usa disposto verticalmente, ma può anche ruotare angolarmente nei due sensi permettendo stozzature inclinate (fig. 3) ed orizzontali.

In combinazione con il divisore universale e la tavola girevole (fig. 3-8) questo apparecchio permette di eseguire sedi per alberi scanalati, profili e contorni esterni ed interni di diversa forma, sostituendo la macchina stozzatrice con un rendimento proporzionato alla sua robustezza.

## 4. Metodo di lavoro

A) *Per eseguire cave o sedi per linguette e chiavette.*

a) montare l'apparecchio a stozzare sulla

macchina, assicurandosi del suo corretto funzionamento e cioè regolare l'orientamento in modo che il movimento della slitta sia parallelo alla scanalatura da eseguire;

b) fissare l'utensile e controllare l'allineamento del tagliente (fig. 5);

c) fissare il pezzo alla tavola interponendovi opportuni blocchetti paralleli per rendere possibile lo scarico dell'utensile (fig. 2);

d) regolare la corsa dell'utensile in modo che esca di alcuni mm dalle due parti (fig. 2-h<sub>1</sub>-h<sub>2</sub>);

e) centrare il foro del pezzo con la mezzeria dell'utensile, possibilmente dal lato interno del foro (fig. 6);

f) determinare il numero delle corse per minuto adatto al materiale da lavorare;

g) sfiorare il foro con l'utensile;

h) eseguire alcune passate con leggero avanzamento, in modo da portare il centro del tagliente tangente alla circonferenza;

i) azzerare il tamburo della slitta trasversale;

l) procedere alla stozzatura con avanzamento manuale, regolandosi con il tamburo del carrello trasversale per raggiungere la quota stabilita;

m) controllare le misure con i beccucci interni del calibro ventesimale o con calibri fissi differenziali;

n) effettuare, se necessario, altre passate per la completa finitura.

B) *Per eseguire poligoni interni:*

o) procedere come da a fino a g, fis-

sando sulla tavola il divisore universale oppure la tavola girevole ed eseguire i calcoli relativi;

p) centrare l'utensile (fig. 9) come in figura 6;

q) sfiorare il centro dai due lati opposti (180°) definendo esattamente la quota *d* (fig. 9);

r) azzerare il tamburo della slitta trasversale;

s) effettuare successivamente nei due sensi lo spostamento  $S \left( S = \frac{1}{2} - \frac{a}{2} \right)$

t) eseguire la divisione corrispondente ai lati del poligono e ripetere il ciclo di stozzatura negli altri lati, lasciando il soprammetallo sufficiente per la finitura;

u) riaffilare l'utensile e finire con lo stesso metodo tutti i lati del poligono interno.

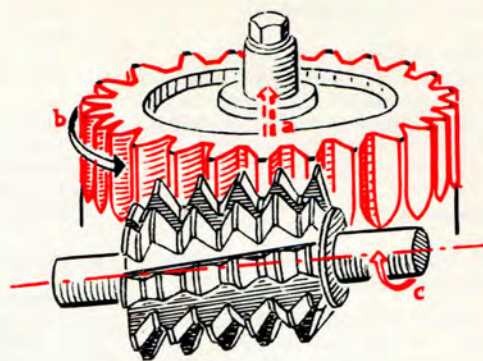
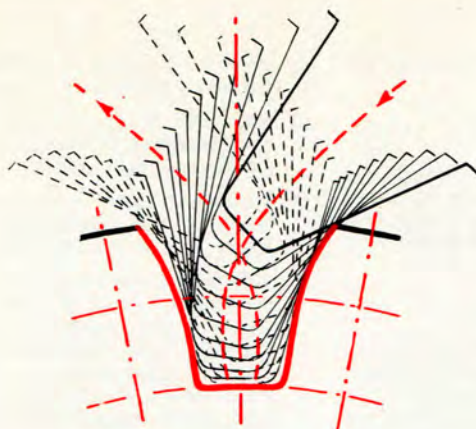
## 5. Avvertenze

— Nella stozzatura di poligoni è bene ricordare che la larghezza del lato *l* in relazione alla quota interna *d* per i poligoni più comuni è la seguente:

triangolo equilatero	: $l = 1,732 d$
quadrato	: $l = d$
pentagono	: $l = 0,7265 d$
esagono	: $l = 0,577 d$
ettagono	: $l = 0,481 d$
ottagono	: $l = 0,414 d$
decagono	: $l = 0,325 d$

— Dovendo eseguire contorni diversi, si potranno combinare i movimenti ortogonali della tavola con quello rotatorio della tavola girevole, secondo che il lavoro lo richiede.



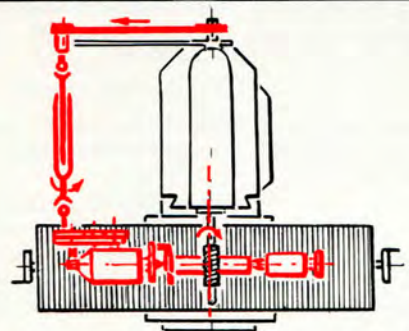


generaz. evolvente

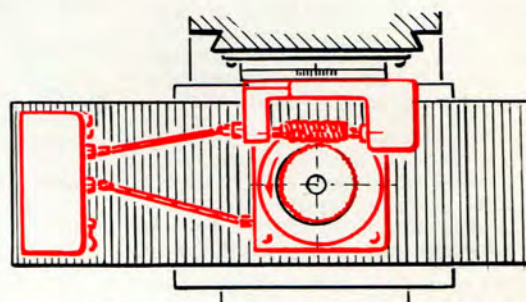
DENTATURA PER INVILUPPO

azione del creatore

Apparecchi divisori rotativi



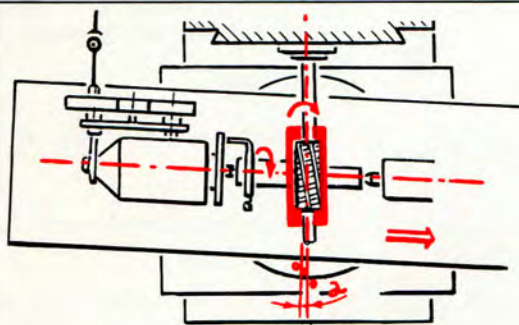
1. Dispositivo con trasmissione posteriore



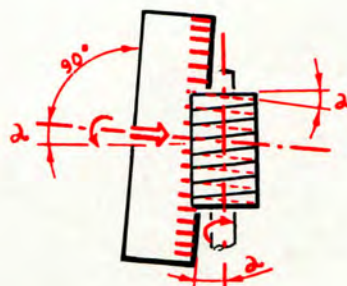
2. Dispositivo con trasmissione dalla testa

— L'applicazione di questi apparecchi alle fresatrici tende a trasformarle in dentatrici automatiche per ruote dentate con tutti i grandi loro vantaggi di precisione e di celerità.

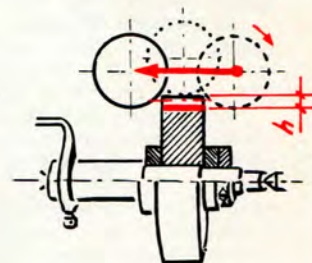
Fresatura di denti diritti



3. Inclinazione tavola e rotazione



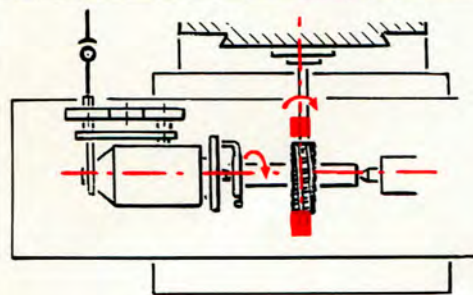
4. Azione del creatore



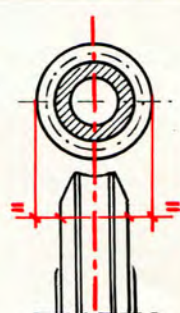
5. Profondità di passata

— L'impiego del creatore che determina un moto di generazione a ciclo chiuso esige l'impostazione del pezzo e il calcolo dei ruotismi in base agli elementi del creatore e della ruota da costruire.

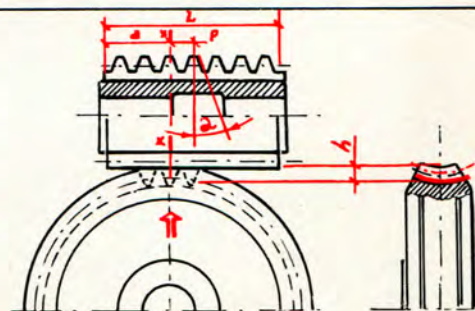
Fresatura ruota elicoidale



6. Lavorazione ruota elicoidale



7. Centraggio ruota



8. Profondità di passata.

— La costruzione delle ruote elicoidali richiederebbero l'impiego del creatore dello stesso diametro della vite e l'impostazione ortogonale fra gli assi della ruota e del creatore. In caso contrario occorre variare l'impostazione angolare del pezzo.



## 1. Scopo dell'applicazione

Fresare ruote dentate cilindriche e ruote elicoidali concave per viti perpetue con il procedimento d'involuppo, applicando alla fresatrice l'apparecchio divisore automatico.

## 2. Attrezzature

**Utensili:** creatore cilindrico del modulo corrispondente;

**Mezzi ausiliari:** apparecchio divisore automatico, mandrino di fissaggio, brida con codolo curvo, ruote d'assortimento.

## 3. Particolarità dell'operazione

L'apparecchio divisore automatico collegato cinematicamente all'albero principale della fresatrice, permette di fresare i denti delle ruote con il procedimento di involuppo e determina il caratteristico profilo ad evolvente.

Tale collegamento si può ottenere:

- a) con ruotismo situato in una scatola a forma di divisore, che si applica sulla tavola e riceve il movimento rotatorio dal mandrino principale per mezzo dei giunti cardanici (fig. 1-2-3);
- b) con un gruppo portacreatore situato in corrispondenza dell'albero principale, dal quale preleva il moto, che viene trasmesso mediante un albero con due giunti cardanici ad una scatola portaruotismo fissata sulla tavola.

Da questa, un altro albero con relativi giunti trasmette il moto alla tavola girevole portapezzo (fig. 2).

Il creatore, tagliando progressivamente tutti i denti, oltre al giusto profilo assicura l'esatta divisione, ed una grande rapidità di esecuzione.

Per tagliare ruote a denti dritti occorre inclinare la tavola o il gruppo portacreatore dell'angolo dell'elica del creatore; dovendo invece fresare ruote elicoidali per viti perpetue (con creatore di diametro eguale alla vite), la tavola o il portacreatore non vengono inclinati (vedi Avvertenza e F.P. 27F).

## 4. Calcoli di posizionamento

- A) Angolo d'inclinazione della tavola o del portacreatore

Corrisponde a quello segnato sul creatore e cioè:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{Diametro primitivo}}{\text{modulo}}$$

Essendo generalmente il creatore una vite destra, si dovrà ruotare la tavola dell'angolo  $\alpha$  in senso orario (fig. 3-4) o il gruppo portacreatore in senso antiorario (fig. principale destra).

### B) Ruotismo di collegamento

Ad ogni giro del creatore (di un principio) la ruota da costruire deve ruotare di un dente. Il ruotismo dev'essere tale da realizzare questo principio in relazione al rapporto del divisore e cioè della coppia: vite senza fine (che riceve il movimento) ruota elicoidale (che lo comunica al pezzo).

Chiamando  $K$  il numero di denti di detta ruota elicoidale e  $Z$  il numero di denti della ruota da costruire si ha:

$$Rt = \frac{K}{Z}$$

**Esempio:** fresare una ruota dentata di 60 denti con un divisore automatico avente il rapporto  $K = 24$ .

**Soluzione:**

$$Rt = \frac{K}{Z} = \frac{24}{60} = \frac{4}{10} = \frac{40}{100} \frac{\text{ruota conduttrice}}{\text{ruota condotta}}$$

con una intermedia di diametro conveniente.

## 5. Metodo di lavoro

### A) Per ruote a denti dritti

- a) montare il dispositivo sulla fresatrice con i relativi giunti cardanici ed assicurarsi del corretto funzionamento.
- b) disporre le ruote calcolate sull'apparecchio e provare il senso di rotazione;
- c) collocare, ben centrata, la ruota da fresare sul mandrino portapezzi;
- d) controllare praticamente (con opportuni segni sul creatore e sulla ruota) che il creatore faccia tanti giri quanti sono i denti della ruota, mentre questa ne fa uno solo;
- e) sfiorare il creatore con la superficie esterna della ruota, ed azzerare il tamburo corrispondente;

- f) inclinare la tavola, o il gruppo portacreatore, dell'angolo  $\alpha$  (punto 4);

- g) effettuare lo spostamento verticale (o trasversale) di una quantità eguale all'altezza  $h$  del dente (fig. 5);

- h) bloccare le slitte che devono stare ferme, e, con aggiustaggio preciso anche quelle che lavorano;

- i) avvicinare a mano la ruota in rotazione al creatore (pure in rotazione) ed innestare l'avanzamento automatico, notando che l'avanzamento della ruota in costruzione per ogni giro del creatore, dovrà essere tanto minore, quanto maggiore è il numero dei suoi denti.

### B) Ruote elicoidali per viti senza fine:

- l) procedere come da a fino a d;
- m) centrare la ruota da fresare nel senso della larghezza rispetto al creatore (fig. 7);
- n) bloccare le slitte come in h;
- o) sfiorare con il creatore il centro concavo della ruota, ed azzerare il tamburo;
- p) alzare (o spostare trasversalmente) la tavola fino a raggiungere l'altezza  $h$  del dente (fig. 8);
- q) effettuare alcuni giri a vuoto per lasciare i fianchi dei denti.

## 6. Avvertenze

Qualora nel caso B) il diametro del creatore non fosse eguale a quello della vite senza fine occorrerebbe calcolare l'angolo della vite e del creatore e quindi posizionare la tavola (o il portacreatore) in relazione alla differenza di tali angoli.

**Esempio:** dati:

$D_p$  del creatore = 55 mm

$D_p$  della vite senza fine = 45 mm

Modulo = 2

**Soluzione:**

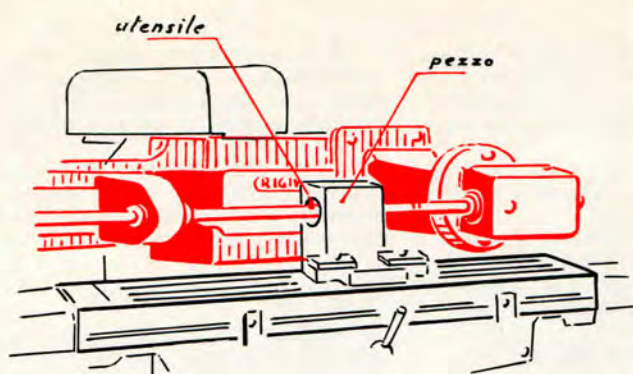
$$\text{Angolo vite creatore} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{55}{2} = 27,5; \alpha = 2^\circ 5'$$

$$\text{Angolo vite senza fine} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{45}{2} = 22,5; \alpha 2^\circ 33'$$

$$\text{Differenza: } 2^\circ 33' - 2^\circ 5' = 28'$$

**Risposta:** per fresare una corona elicoidale di Modulo = 2 e  $D_p = 45$ , con creatore di  $D_p = 55$  mm si dovrà ruotare la tavola di  $28'$ .

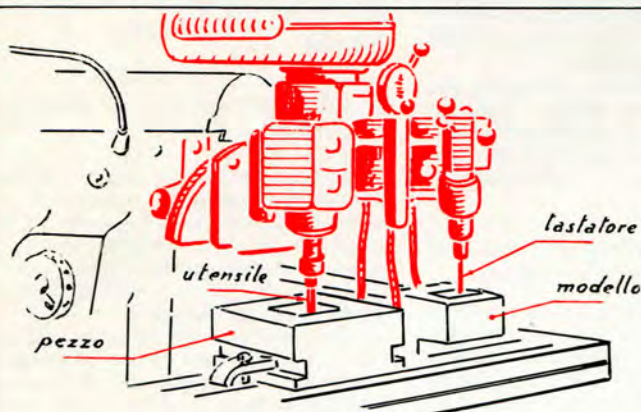




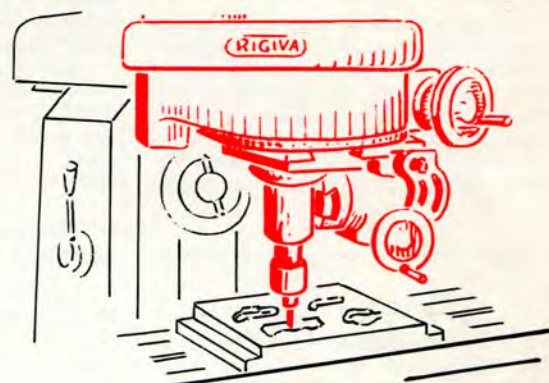
1. DISPOSITIVO ORIZZONTALE PER BARENARE



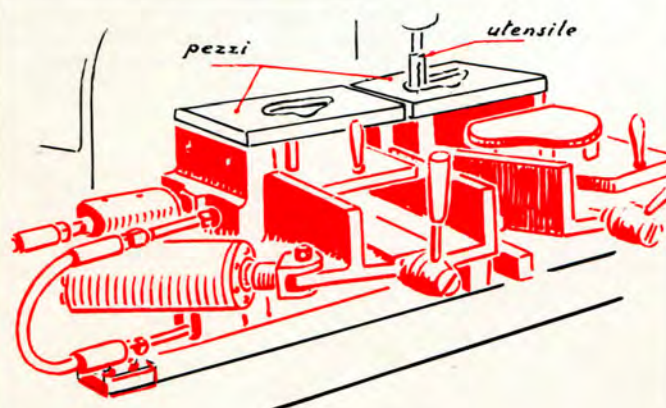
2. APPARECCHIO PER DENTARE RUOTE CONICHE



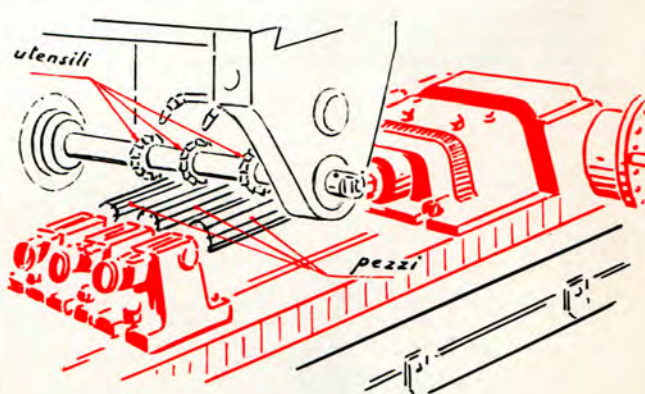
3. DIVISORE TRIPLO CON CONTROPUNTE



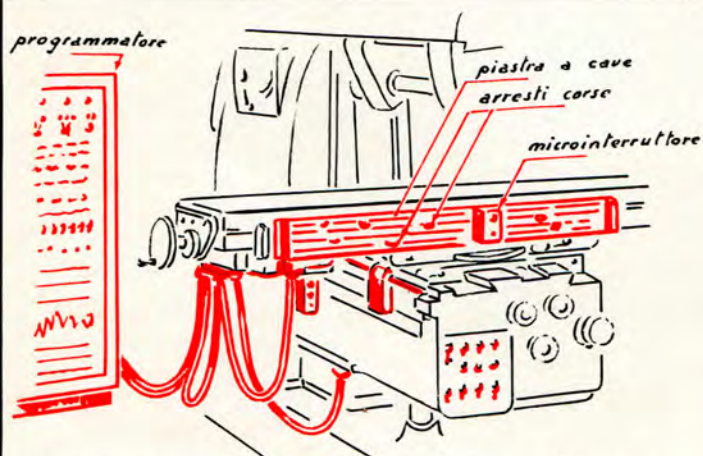
4. DISPOSITIVO PER FISSAGGIO IDRAULICO



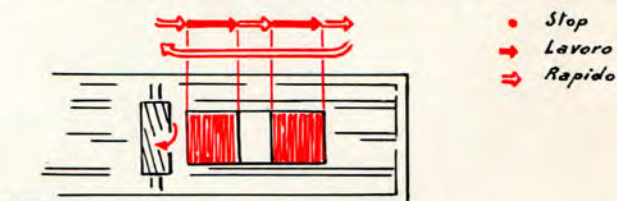
5. APPARECCHIO PER FRESARE STAMPI



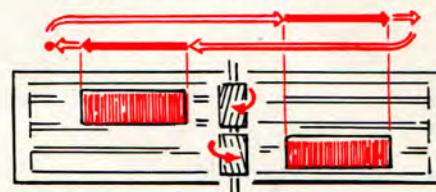
6. TESTA FRESATRICE CON COPIATORE IDRAULICO



7. DISPOSITIVI A PROGRAMMA PER CICLI AUTOMATICI



A. Esempio di fresatura normale



B. Esempio di fresatura pendolare



## Scopo del presente foglio

*Illustrare alcune lavorazioni speciali (A) con attrezzature adatte che estendono le possibilità di lavoro della macchina, e delle lavorazioni normali con attrezzature speciali (B) che ne aumentano la produttività.*

### A) Applicazioni speciali

#### 1) Apparecchio per barenare (fig. 1)

Consiste in un corpo monoblocco disposto orizzontalmente sulle guide verticali del basamento in corrispondenza del mandrino principale, dal quale preleva il moto per comunicarlo alla testa del barenò.

Questa si trova ad una estremità del monoblocco per consentire il massimo sfruttamento della corsa della fresatrice.

Al lato opposto, su apposite guide è collocato il supporto del barenò. I pezzi vengono fissati sulla tavola, che comunica loro il moto di avanzamento. Per quanto riguarda le lavorazioni, vedi F.P. 12F.

#### 2) Apparecchio per dentare ruote coniche (fig. 2).

Lavora in copia con l'apparecchio stozzatore disposto orizzontalmente (F.P. 30F) e può essere applicato su fresatrici di media e grandi dimensioni.

Il principio di funzionamento è il seguente:

Uno speciale utensile trapezoidale a doppia spoglia frontale, dotato di moto rettilineo alternativo taglia progressivamente i vani dei denti della ruota, fissata su apposito nasello opportunamente inclinato, all'estremità del quale si trova

la ruota divisoria e il settore arquato.

Il moto di generazione dell'evolvente del dente si ottiene per rotolamento di questo settore arquato sopra una superficie piana.

Per assicurare la perfetta aderenza, senza slittamento, il settore è vincolato da due nastri d'acciaio.

La divisione si effettua manualmente mediante un piolo trapezoidale che si innesta (pressato da una molla) su denti della ruota divisoria.

#### 3) Copiatore idraulico (fig. 3)

Si compone essenzialmente di una testa porta fresa e di un gruppo tastatore rigidamente collegati fra di loro.

Sotto il tastatore, passa, con corse alterne, il pezzo campione, che obbliga il tastatore a spostarsi secondo il profilo della traiettoria percorsa.

Questi spostamenti vengono trasmessi con buona fedeltà, mediante fluido in pressione al gruppo portafresa, che perciò riproduce la forma del campione. È assai utile per costruire stampi concavi.

#### 4) Apparecchio per fresare stampi di forma geometrica semplice (fig. 4).

Impostando direttamente la macchina con i dati del disegno (senza necessità di ricorrere al pezzo campione) questo apparecchio permette di eseguire sagome geometriche semplici come: gole, sporgenze circolari, cilindriche, sferiche e toroidali.

### B) Attrezzature speciali:

#### 5) Attrezzatura idraulica a più stazioni (fig. 5).

È un'applicazione assai importante per i lavori in serie, che permette di bloccare idraulicamente un elemento da lavorare, mentre si svincola quello già lavorato.

Si può così procedere alla rimozione del pezzo, alla pulizia della sede ed al bloccaggio del nuovo elemento senza fermare la macchina.

#### 6) Divisore multiplo (fig. 6).

Dispone di due o tre mandrini porta-pezzo e permette di eseguire contemporaneamente la stessa operazione su due o tre elementi eguali.

Il principio funzionale è eguale a quello del divisore universale (F.P. 08-09) ma la forma costruttiva varia, perché non può ruotare secondo il piano verticale.

#### 7) Dispositivo per cicli di lavoro programmati

Si può applicare su alcune macchine comuni, predisposte a riceverlo e consente di automatizzare i movimenti longitudinali (di accostamento rapido, di lavoro, di ritorno rapido, e dell'eventuale inversione dell'albero portafresa) per ottenere notevole risparmio di tempo.

Consiste essenzialmente in una piastra con diverse cave dove si dispongono i tasselli di comando. La posizione di questi determina la chiusura dei micro-interruttori i quali, per mezzo di apparecchiature elettriche di potenza, comandano i motori destinati ai movimenti della tavola.

Esistono poi fresatrici per lavorazioni in grande serie totalmente programmate nei tre movimenti ortogonali (verticale, trasversale, longitudinale).

